

# **Vliv typu zracího obalu na změny vybraných ukazatelů přírodního sýra holandského typu**

Bc. Martina Špunarová

---

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. Martina Špunarová**  
Osobní číslo: **T12577**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv typu zracího obalu na změny vybraných ukazatelů přírodního sýra holandského typu**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakterizace výroby sýrů holandského typu.
2. Popište zrací obaly pro přírodní sýry.
3. Charakterizujte změny přírodních sýrů v průběhu zrání.

### II. Praktická část

1. Vytvořte modelové přírodní sýry holandského typu v laboratorních podmínkách.
2. Využijte tři typy zracích obalů a založte s vyrobenými produkty zrací pokus v délce 2 měsíců.
3. V průběhu zrání sledujte hmotnostní ztráty přírodních sýrů a dále texturní parametry a obsah biogenních aminů.
4. Výsledky vyhodnoťte a formulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. [1] GAJDŮŠEK, S. Laktologie. 1. vydání. Brno: Ediční středisko MZLU v Brně 2003. 84 s. ISBN 80-7157-657-3.
2. [2] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. a kolektiv. Technologie potravin: Co byste měli vědět o výrobě potravin? 1. vydání. Brno NOVOPRESS 2009. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
3. [3] KAČENÁK, I. Základy balenia tovaru. 1. vydání. Bratislava: EKONÓM 2007, 382 s. ISBN 978-80-225-2429 -2.
4. [4] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T.M. Fundamentals of cheese science, Aspen Publisher, Inc. Maryland 2000, ISBN 0-8342-1260
5. [5] FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H. Dairy Chemistry and biochemistry, 1st ed. Blackie A&P 1998. 463 s. ISBN 978-0-412-72000-0.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. František Buňka, 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*

Příjmení a jméno: Bc. Špunarová Martina    Obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové 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 práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou 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 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 práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové 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 ..... 1.5.2014



---

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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).

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

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

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

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

## ABSTRAKT

Cílem této práce bylo sledování vlivu typu zracího obalu na změny vybraných ukazatelů přírodního sýra. V laboratorních podmínkách byly vyrobeny modelové přírodní sýry holandského typu, které byly zabaleny do tří typů zracích obalů. V průběhu zrání byly sledovány hmotnostní ztráty, texturní parametry a obsah biogenních aminů.

Z výsledků pokusu bylo prokázáno, že použité typy zracích obalů ovlivňují vybrané ukazatele sýra holandského typu. Největší hmotnostní ztráty, které se zvyšovaly úměrně s dobou zrání, byly prokázány použitím zracího obalu z polymerních hmot. Z texturních vlastností byly největší rozdíly sledovány u tvrdosti, přičemž nejvyšších hodnot se dosahovalo u sýrů balených do polymerního nátěru. U sýrů balených do smrštitelné fólie a sýrařského vosku byl zjištěn u tvrdosti zcela opačný trend. Nejvyšší celkové detekované množství u sledovaných biogenních aminů bylo ve vzorcích sýrů balených do smrštitelné fólie.

Klíčová slova: sýry holandského typu, zrací obal, vybrané jakostní ukazatele

## ABSTRACT

The aim of this work was to observe the influence of the types of ripening rinds of natural cheese on the change of chosen parameters. Test cases of natural Dutch type cheese were produced under laboratory conditions which were covered in three different types of ripening rinds. During ripening, mass loss, texture parameters and content of biogenic amines were observed.

From the results, it was proven that the used types of ripening rinds had an influence on the chosen parameters of Dutch type cheese. The largest mass loss, which increased proportionally with ripening time, was proven to be ripening rinds from polymer material. Concerning textural properties, the largest observed difference was hardness where the biggest value was achieved in cheese covered in a polymer coat. A complete opposite trend, relating to hardness, was observed with cheese covered in a contractible foil and curd wax. The largest total detectable amount of observed biogenic amines were in the samples of cheese covered with contractible foil.

Key words: Dutch type cheese, ripening rind, chosen quality parameters

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, rady a cenné připomínky k mé diplomové práci. Také bych chtěla poděkovat Ing. Vendule Pachlové, Ph.D. a Ing. Ludmile Zálešákové za konzultaci a pomoc při praktické části této diplomové práce a rodině za velkou podporu při studiu.

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



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 PŘÍRODNÍ SÝRY</b> .....	<b>13</b>
1.1    DEFINICE SÝRŮ.....	13
1.2    VÝROBA SÝRŮ HOLANDSKÉHO TYPU .....	14
1.2.1    Mléko jako surovina.....	14
1.2.2    Úprava mléka před zpracováním .....	14
1.2.3    Tepelné ošetření .....	15
1.2.4    Úprava mléka před zasýřením.....	15
1.2.5    Koaguace mléka .....	16
1.2.6    Zpracování sýřeniny.....	18
1.2.7    Formování .....	20
1.2.8    Solení.....	21
1.2.9    Ošetřování sýrů .....	22
<b>2 ZRACÍ OBALY PRO PŘÍRODNÍ SÝRY</b> .....	<b>23</b>
2.1    VÝZNAM A FUNKCE BALENÍ POTRAVIN.....	23
2.2    ZRÁNÍ SÝRŮ V OBALECH.....	24
2.2.1    Sýrařské vosky .....	25
2.2.2    Nátěry z polymerních hmot.....	26
2.2.3    Smršťovací obaly .....	28
<b>3 ZMĚNY PŘÍRODNÍCH SÝRŮ V PRŮBĚHU ZRÁNÍ</b> .....	<b>31</b>
3.1    ZRÁNÍ.....	31
3.2    HLAVNÍ BIOCHEMICKÉ REAKCE BĚHEM ZRÁNÍ.....	32
3.2.1    Metabolismus laktózy .....	32
3.2.2    Metabolismus laktátu .....	33
3.2.3    Metabolismus citrátu.....	34
3.2.4    Proteolýza.....	34
3.2.5    Metabolismus aminokyselin .....	36
3.2.6    Lipolýza a metabolismus mastných kyselin .....	37
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>39</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>40</b>
<b>5 MATERIÁL A METODY</b> .....	<b>41</b>
5.1    VÝROBA SÝRŮ.....	41
5.1.1    Příprava zákysu .....	41
5.1.2    Vlastní výroba .....	41
5.1.3    Balení do zracích obalů a schéma odběru vzorků.....	42
5.2    CHEMICKÁ ANALÝZA .....	43
5.2.1    Stanovení obsahu sušiny a hodnot pH .....	43
5.2.2    Extrakce a stanovení biogenních aminů.....	43
5.3    ANALÝZA TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ.....	44
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>47</b>
6.1    VÝSLEDKY MĚŘENÍ U SÝRŮ BALENÝCH VE SMRŠTITELNÉ FÓLII CRYOVAC.....	47
6.1.1    Hmotnostní ztráty.....	47

6.1.2	Výsledky sledování obsahu sušiny.....	49
6.1.3	Změny pH.....	50
6.1.4	Obsah biogenních aminů.....	50
6.1.5	Texturní parametry.....	55
6.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ SÝRŮ BALENÝCH POLYMERNÍM NÁTĚREM PLASTICOAT .....	56
6.2.1	Hmotnostní ztráty.....	56
6.2.2	Výsledky sledování obsahu sušiny.....	58
6.2.3	Změny pH.....	59
6.2.4	Obsah biogenních aminů.....	61
6.2.5	Texturní parametry.....	65
6.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ U SÝRŮ BALENÝCH DO POTRAVINÁŘSKÉHO VOSKU .....	66
6.3.1	Hmotnostní ztráty.....	66
6.3.2	Výsledky sledování obsahu sušiny.....	68
6.3.3	Změny pH.....	68
6.3.4	Obsah biogenních aminů.....	69
6.3.5	Texturní parametry.....	74
6.1	DISKUZE.....	75
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>89</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>91</b>

## ÚVOD

Sýry byly jak v dávné minulosti, tak i v dnešní době neustále jsou, důležitou složkou stravy. Velmi cenný je nejen vysoký podíl bílkovin, kdy z hlediska nutričního je nutné vyzdvihnout obsah esenciálních aminokyselin, ale i značný podíl vápníku, jehož množství se značně liší podle typu výrobku. Nezanedbatelný je i vliv snadno stravitelného tuku a v něm obsažených vitaminů. Sýrařství dobře zhodnocuje mléko jako surovinu, bohatě rozšiřuje sortiment mléčných výrobků a chuťově značně obohacuje lidský jídelníček. Zvyšující se spotřeba sýrů je také ukazatelem růstu životní úrovně [1].

Celosvětově v současnosti existuje více než 3 000 druhů sýrů. Jejich moderní výroba navazuje na prastaré tradice a postupy s využitím fyzikálně-chemických a biologických procesů. Z toho vyplývá, že vyrobit kvalitní sýr představuje složitou proceduru představující dokonalé znalosti technologie a vlastní sýrařské umění [2].

Jakost a kvalitu sýra ovlivňuje také použitý zrací obal. Nejenže má funkci ochrannou, vytváří racionální manipulační jednotku, je prostředkem vizuální komunikace, reguluje vlhkost, zabraňuje růstu nežádoucí mikroflóry, ale také ovlivňuje senzorycké a reologické vlastnosti. Pro balení polotvrdých sýrů se používají kopolymerové disperze, teplem smrštitelné fólie, kvalitní parafiny či mikrokrystalické vosky [3, 4].

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na výrobu sýrů holandského typu s možností použití různého obalového materiálu pro zrající sýry a popsání biochemických změn v průběhu zrání.

Cílem praktické části je sledovat v závislosti na použitém obalovém materiálu průběh zrání, úbytek hmotnosti, dále texturní parametry a obsah biogenních aminů v sýru gouda.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PŘÍRODNÍ SÝRY

## 1.1 Definice sýrů

Sýry patří mezi základní a tradiční produkty mlékárenského průmyslu. Z dnešního pohledu sjednocené evropské legislativy je sýr dle vyhlášky Ministerstva zemědělství 77/2003 Sb. v platném znění definován jako mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla či jiných koagulačních činidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky [5, 6]. Principem je tedy oddělení určitého podílu syrovátky ze sraženiny mléka stanovené tučnosti [7].

Jednou z důležitých vlastností přírodních sýrů je jejich konzistence, která může být ovlivněna řadou technologických operací, včetně procesu zrání. Podle konzistence rozeznává vyhláška Ministerstva zemědělství 77/2003 Sb., v platném znění, pět podskupin přírodních sýrů. Jako ukazatel je využíván obsah vody v tukuprosté hmotě sýra (VVTPH):

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

Podle tohoto kritéria můžeme přírodní sýry dělit na

- extra tvrdé - s obsahem VVTPH méně než 47 %
- tvrdé - s obsahem VVTPH 47,0-54,9 %
- polotvrdé - s obsahem VVTPH 55,0-61,9 %
- poloměkké - s obsahem VVTPH 62,0-68,0 %
- měkké - s obsahem VVTPH více než 68% [1, 3, 6, 8].

Podle způsobu vysrážení dělíme přírodní sýry na sladké (srážení proteinů převážně pomocí syřidel enzymatického charakteru) a kyselé (kyselé srážení kaseinových bílkovin snížením pH k jejich izoelektrickému bodu. Další dělení může být například podle obsahu tuku [1, 3, 6, 8].

Sýry holandského typu jsou přírodní polotvrdé zrající sýry vyrobené pomocí sladkého srážení z kravského mléka.

## **1.2 Výroba sýrů holandského typu**

Výroba sýrů zahrnuje řadu kroků a biochemických přeměn. Vzhledem k velkému množství typů sýrů a jejich variant je zřejmé, že schéma výroby v příloze P1 je pouze orientační, neboť relativně malé změny parametrů ve výrobě mohou zapříčinit rozdílný charakter výrobku [9].

### **1.2.1 Mléko jako surovina**

Základní surovinou pro výrobu sýrů holandského typu je kravské mléko. Předpokladem pro výrobu kvalitního sýra je použití odpovídající suroviny. Mezi základní parametry posuzování jakosti mléka patří obsah mikroorganismů, počet somatických buněk a rezidua veterinárních léčiv, jejichž limity jsou dány v Nařízení č.853/2004 [10]. Sýry jsou náročné na surovinu nejen z hlediska mikrobiální kvality. Velmi důležitou vlastností mléka pro výrobu sýrů je syřitelnost (schopnost enzymového srážení) a kysací schopnost, což je významná vlastnost mléka čistých mlékařských kultur. Chemické složení mléka má zase zásadní význam pro výtěžnost výroby a složení sýra. Výtěžnost určuje především obsah kaseinu. Poměr tuku a kaseinu je rozhodující pro výsledný obsah tuku v sušině [9].

### **1.2.2 Úprava mléka před zpracováním**

Obsah tuku a bílkovin v mléce není v průběhu roku stálý a jejich poměr se musí při standardizaci zohlednit, aby bylo dosaženo požadovaného obsahu tuku v sušině. Standardizace tučnosti mléka se provádí smícháním části smetany s odstředěným mlékem v požadovaném poměru pomocí směšovacího ventilu [9, 11]. Jedná se o kontinuální princip standardizace. Šaržovitá standardizace je na principu smíchání odstředěného mléka, smetany či mléka s vyšším obsahem tuku ve standardizačním tanku. Standardizace obsahu bílkovin se obvykle upravuje (zvyšuje) membránovými separačními procesy ultrafiltrací či reverzní osmózou [10].

Homogenizace se při výrobě přírodních sýrů holandského typu nepoužívá.

### 1.2.3 Tepelné ošetření

Pasterací mléka se sleduje omezení počtu nežádoucích mikroorganismů, napomáhá k zajištění zdravotní nezávadnosti a prodloužení trvanlivosti mléčných výrobků. Pasterační efekt  $PE$  (%) se vypočítá jako podíl snížení počtu mikroorganismů k počtu mikroorganismů v mléce před pasterací:

$$PE = \frac{CPM_0 - CPM_p}{CPM_0} \cdot 100$$

$CPM_0$  je počet mikroorganismů před pasteračním záhřevem a  $CPM_p$  je počet mikroorganismů po tepelném záhřevu. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, v platném znění, vyžaduje, aby pasterace představovala takové tepelné ošetření, které zajistí, aby výrobky (zejména mléko) bezprostředně po pasteraci vykazovaly negativní reakci při testu na alkalickou fosfatázu. Tepelné ošetření má kromě patogenních MO (mikroorganismů) usmrtit i další technologicky nežádoucí MO, z nichž řada může být mnohem termotolerantnější než zmíněné patogenní mikroorganismy. Tyto technologicky nežádoucí MO mohou způsobovat řadu vad a mohou také negativně ovlivňovat průběh technologických procesů [10].

Pro tvrdé a polotvrdé sýry se pro lepší syřitelnost mléka a oddělování syrovátky používá šetrná pasterace při teplotě 72 - 75 °C / 15 - 20 s. Vyšší pasterační záhřev není vhodný, neboť dochází k denaturaci sérových bílkovin, které neodcházejí do syrovátky. To zvyšuje výtěžnost tvarohů, ale také ovlivňuje zvýšenou vazbu vodné fáze snižování sušiny finálního produktu a ke zhoršení jejich jakosti (albumin a globulin zadržuje větší podíl vody, která se již následnými technologickými zásahy bez snížení jakosti sýra nedá odstranit) [1, 7, 9, 12].

### 1.2.4 Úprava mléka před zasýřením

Přídavek kyselých kultur bakterií mléčného kvašení (dále jen BMK) je nezbytným předpokladem výroby sýrů, protože upravují kyselost mléka před syřením, fermentují laktózu a tvoří kyselinu mléčnou během koagulace a zpracování sraženiny. Dále snižují pH, což má do jisté míry i konzervační účinek. Brání rozvoji nežádoucích MO, podílí se na koagulaci, a podporují odkapání syřeniny. Uplatňují proteolytické a lipolytické aktivity v průběhu zrání, utvářejí sensorické vlastnosti. Mají vliv na texturu a konzistenci (především tvorba ok a proteolytické změny bílkovin) [7, 9, 13].

BMK lze rozdělit do tří skupin: na zákysové kultury (primární), doplňkové nebo též sekundární a na NSLAB (non-starter lactic acid bacteria = nezákysové bakterie) [9, 16]. Mezi primární kultury, jež obsahují BMK a používají se především pro produkci kyseliny mléčné z laktózy v počáteční fázi výroby sýrů holandského typu, patří především bakterie rodů *Lactococcus* [7, 9, 14].

Sekundární kultury mají velmi důležitou roli při zrání sýrů a k vytvoření typických organoleptických vlastností daného druhu sýrů. Jako doplňkové kultury se u polotvrdých sýrů často používají druhy rodu *Lactobacillus* [14, 15].

NSLAB mohou negativně i pozitivně ovlivnit kvalitu sýra a vyskytují se přirozeně v mléce a okolí. Přispívají především k rozvoji chutě a v mnoha případech jsou považovány za žádoucí složku mléka a sýra. Mezi NSLAB patří např. *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum* [16, 17].

Při pasteraci dochází ke změně poměru mezi koloidními a rozpustnými formami vápníku a tím ke zhoršení syřitelnosti mléka. Nedostatek  $\text{Ca}^{2+}$  ovlivňuje hlavně průběh srážení. Projevuje se špatnými reologickými vlastnostmi vzniklého gelu a následně i problémy s uvolňováním syrovátky v dalších fázích technologie [1]. K obnově syřitelnosti se proto do mléka přidává rozpustný vápník ve formě nasyceného roztoku chloridu vápenatého [7, 9, 18].

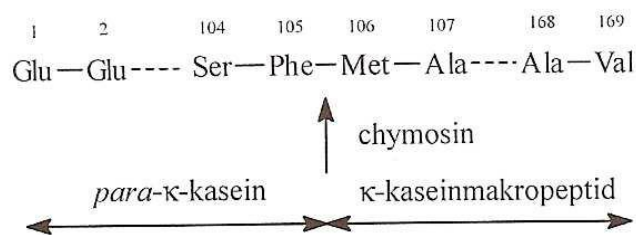
Dusičnan draselný se přidává do mléka pro výrobu sýrů zejména sýrů s nižší kyselostí, aby se omezilo jejich duření, způsobené činností koliformních bakterií a bakterií máselného kvašení. [9, 12].

Používáním barvy se docílí intenzivnější a sezónně se nelišící krémovou barvu v celé hmotě sýra [1].

### 1.2.5 Koaguace mléka

Při výrobě sýrů holandského typu se používá koagulace mléka syřidlem. Je založena na enzymovém štěpení specifické peptidové vazby mezi 105. a 106. aminokyselinou (fenylalaninem a metioninem) v kaseinové frakci  $\kappa$ . Vzniká tak hydrofóbní para- $\kappa$ -kasein a hydrofilní glykomakropeptid.  $\kappa$ -Kasein je soustředěn na povrchu kaseinové micely a chrání ostatní kaseinové frakce, jenž jsou citlivé na přítomnost  $\text{Ca}^{2+}$  v prostředí [9].





Obrázek 1: Hydrolýza  $\kappa$ -kaseinu chymosinem [23].

Syřidlové enzymy působí na kasein ve třech fázích:

- Primární (enzymová neboli destabilizační) fáze štěpí peptidové vazby mezi 105. a 106. aminokyselinou za vzniku hydrofóbního para- $\kappa$ -kaseinu, který zůstává v koagulátu a hydrofilního glykomakropeptidu, jenž odchází do syrovátky.
- V sekundární (koagulační) fázi dochází k tvorbě trojrozměrného gelu vyplněného syrovátkou. Probíhá synereze, tj. uvolnění syrovátky vlivem smrštění koagulátu.
- Terciární fáze nesouvisí již přímo s koagulací. Je to další působení proteolytických enzymů během následného zpracování koagulátu až do doby zrání sýrů i v průběhu zrání sýrů. Vzhledem k tomu, že zrání sýrů požadovaným směrem má ovlivňovat především mikroflóra specifická pro daný druh sýra, jedná se o nežádoucí působení syřidlových enzymů. Dochází ke štěpení  $\alpha$ - a  $\beta$ -kaseinů za vzniku hořkých peptidů [1,9, 15, 19].

Zásadní vliv na průběh sladkého srážení má teplota mléka. Při teplotě pod 15 °C sladké srážení neproběhne, a to z důvodu inhibice sekundární fáze srážení. Důležitý je rovněž obsah vápenatých iontů, s jejichž rostoucí koncentrací se sladké srážení zrychluje. Rovněž hodnota pH systému ovlivňuje rychlost srážení i kvalitu vzniklé sraženiny. Mírné snížení pH mléka (zejména činností čistých mlékařských kultur) zrychluje dobu srážení [10].

Mezi faktory ovlivňující primární a sekundární fázi syření mléka můžeme zahrnout homogenizaci mléka, obsah tuku, pH dávku syřidla, koncentraci  $\text{Ca}^{2+}$  iontů, teplotu syření, pasteraci mléka [20].

Aktivní složkou syřidla je enzym chymosin (EC 3.4.23.4). Klasické syřidlo se získává extrakcí telecích žaludků. Vzhledem k omezeným zdrojům této suroviny se používají další enzymové preparáty s obdobným působením živočišného, mikrobiálního nebo rostlinného původu. K živočišným syřidlům patří pepsinové syřidlo, které se může využívat ve směsi s

chymosinovým syřidlem. Pepsinové syřidlo se využívá při výrobě tvarohů. Z mikrobiálních syřidel se využívají preparáty izolované z plísní *Cryphonectria parasitica* a *Rhizomucor miehei*. V současné době řeší nedostatek syřidla rekombinantní chymosin získaný vnesením genu pro chymosin do produkčního mikroorganismu (*Aspergillus niger* var. *awamori*, *Escherichia coli*, *Kluyveromyces lactis*) [9, 21, 22]. Použitím různých syřidel ve výrobě bylo prokázáno, že mohou mít výrazný vliv na výtěžnost konečného produktu [23].

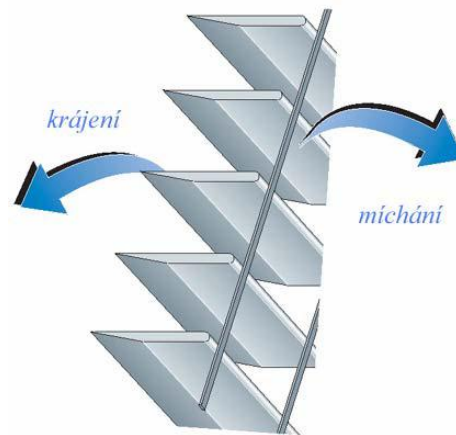
Syřidlo se přidává do upraveného mléka o teplotě 30-33 °C ve formě zředěného roztoku. Velmi důležité je řádné promíchání syřidla v celém objemu a uvedení mléka do klidu. Poté následuje samotné srážení [9].

### 1.2.6 Zpracování sýřeniny

Po úpravě všech parametrů mléka a přídavku syřidla, dokonale naředěného a rozptýleného, je nutné zamezit pohybu mléka. Na bílkoviny začíná působit syřidlo a to ve třech etapách (působení enzymů, mikrostrukturální změny, makroskopické změny). Výsledkem těchto změn je dosažení optimálních vlastností (především tuhosti), ale i dalších parametrů jako je třeba mírné zvýšení kyselosti [1].

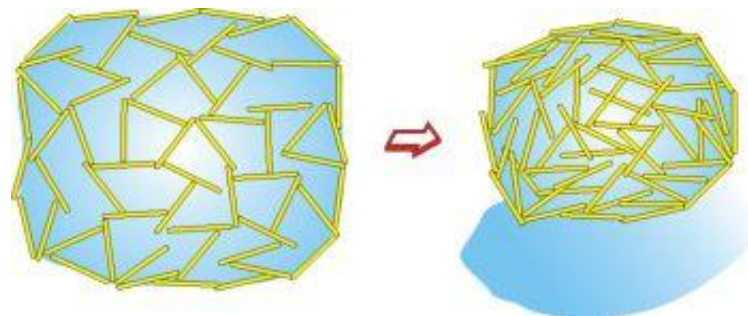
Doba vhodná pro zpracování sýřeniny je tehdy, když síly kohezí (soudržnost) převládnu nad adhezími (přilnavost). Tento okamžik se zjistí pokusně - ostrý lazurovitý lom gelu. Odpovídající doba srážení, správný způsob a intenzita zpracování sýřeniny (např. kyselost, zvýšená teplota při dosoušení) má zásadní vliv na konečné vlastnosti finálního produktu [1].

Krájení sýřeniny je zpracování sýřeniny, které se zahajuje v okamžiku, kdy je dosažena požadovaná tuhost gelu. První prokrojení musí být velmi opatrné, aby nedocházelo k mechanickému rozbíjení a uvolňování velmi malých částic, které odcházejí do syrovátky tzv. sýrový prach. Ten není zadržen v sýru, a zvyšují se tak ztráty do syrovátky. Současně však nesmí docházet k sedimentaci a slepování zrna. Krájení je prováděno mechanicky pomocí "sýrařské harfy" (obrázek 1), což jsou kovové rámy vyplněné svislými a podélnými kovovými noži, které jsou ukotveny v rámech. Nože jsou z jedné strany ostré, z druhé tupé. To zajišťuje univerzální použití (jedním směrem krájení, reverzním pohybem míchání) bez nutnosti výměny zařízení [1, 12].



Obrázek 2: Sýrařské harfy [1].

Krájením sýřeniny je podpořena synereze - vytékání kapaliny z gelu (obrázek 3). Synereze je proces, při kterém se uvolňuje syrovátka ze sýřeniny [3]. Uvolňování syrovátky podporují následující technologické úkony: snižování pasteračního záhřevu, zvyšování obsahu vápenatých solí, vyšší sýřicí teplota, vyšší dávka syřidla, rychlejší kysání, zpracování na menší zrno, míchání zrna, zvýšení dohřívací teploty a zvýšení počtu obráčení sýrů [7].



Obrázek 3: Schematické znázornění vytékání kapaliny z gelu [24].

Drobení je proces, při němž vznikají zárodky zrn, které jsou v průběhu dalšího zpracování zmenšovány a to na požadovanou velikost. Velikost sýrového zrna a jeho tuhost je dána typem sýra a z toho vyplývající sušiny. [1, 25].

Odpouštění syrovátky následuje po rozkrájení sýřeniny a po dosažení požadované velikosti sýrového zrna. Musí být dostatečně rychlé, neboť se provádí bez míchání a mohlo by dojít ke slepování zrna [9].

Praní sýrového zrna se používá u sýrů holandského typu. Při něm se snižuje obsah laktózy, současně se sýřenina dohřívá, protože k praní se používá teplá voda. Obvykle se odpouští

35 % množství syrovátky a přidá se 50-80 % jejího objemu vody teplé 50-60 °C. Teplota prací vody ovlivňuje průběh synereze sýrového zrna. Díky snížené koncentraci laktózy klesne pH pouze na hodnotu 5,1 - 5,4, jinak by pokles pokračoval k nižším hodnotám pH [1, 7, 9,12].

Dohřívání se provádí z důvodu dalšího vyloučení syrovátky ze sýřeniny. Je to zvyšování teploty sýření na teplotu dosoušení, která je závislá na druhu sýra. Vlastní dohřívání je možné provést několika způsoby. U sýrů holandského typu, kde není kladen požadavek na tvorbu ok, se využívá pomalý přímý přírůstek technologické vody [1, 9].

Dosoušení je vytužování při teplotě vyšší než teplota sýřící. Účelem dosoušení je kromě zvyšování sušiny zrna také ovlivnění probíhajícího prokysávání, jež rovněž upravuje konzistenci a jakost vyráběných sýrů. [1]. Sýry s nižším obsahem tuku vyžadují nižší teploty a kratší dobu zpracování. Proto u nízkodohřívávaných sýrů s obsahem tvs 30 % je teplota dosoušení 36 – 37 °C a teplota 39 – 40 °C je vhodná pro sýry se 45 % tvs. [9]. Teploty dosažené během dohřívání a dosoušení jsou schopny inhibovat růst většiny mikroorganismů [26].

Po dosažení požadovaných vlastností zrna nastává vypouštění. Tato operace by měla být co nejšetrnější. Vypouštění se provádí buď samospádem do níže položených tvořítek, anebo se čerpá speciálními čerpadly [1].

### 1.2.7 Formování

Formování začíná oddělením syrovátky od sýrového zrna. Způsob oddělování syrovátky i další formování jsou závislé na typu a tvaru sýra. [9]. Během tvarování probíhají mechanické procesy (např. uvolňování syrovátky, slepování zrn, vytváření pokožky) a pokračují i přeměny biochemického charakteru (např. prokysávání) [1, 12].

U sýrů holandského typu s tvorbou ok je důležité, aby zrno při formování nepřišlo do styku se vzduchem, protože zrna by se pak úplně nespojila. Při tomto způsobu formování se používá předlisování. Případné dutinky mezi zrny jsou zaplněny syrovátkou, ve které produkují kyselé kultury CO<sub>2</sub>. Ten se zprvu rozpouští v kapalně fázi, při přesycení vytvoří četné dírkky. Díky difuzi pak některé zaniknou, jiné se zvětší a vytvoří větší kulatá oka. Část CO<sub>2</sub> také uniká ze sýra [9].

Lisování je tvarování sýrů a s tím spojené uvolňování syrovátky z hmoty sýra za tlaku vyššího, než je atmosférický. Vyšší síla působící na zrno způsobí jeho větší odvodnění,

těsnější spojení jednotlivých zrn, pravidelnější tvar i tvorbu uzavřené a pevné pokožky na povrchu [1, 7].

Polotvrdé sýry se lisují postupně narůstajícím tlakem. Rychlé zvýšení tlaku vede k uzavření povrchu sýra a znemožní odtoku syrovátky. Při lisování probíhá další prokysávání sýrů. Pokud je lisování krátké, musí být zajištěno dokysání sýrů. Lisování napomáhá nejen oddělení syrovátky, ale dává sýrům finální tvar, zajišťuje texturu sýra [7, 9, 11]. V průběhu nesmí dojít k výraznějšímu poklesu teploty, neboť by došlo k zastavení činnosti kultur, která je nezbytná v dalších technologických operacích (zejména zrání) [27, 28].

### 1.2.8 Solení

Další technologická operace výroby sýrů, která následuje po lisování, je solení. Sůl je hlavním faktorem ovlivňujícím vodní aktivitu sýrů, růst a přežití bakterií, aktivitu enzymů v sýru, čímž ovlivňuje a kontroluje biochemii zrání i průběh kysání sýrů [15, 31].

Solení má vliv nejen na výslednou chuť, ale také zvýšením osmotického tlaku umožňuje další uvolnění syrovátky, zpevňuje povrch sýra, zlepšuje konzistenci, potlačuje činnost nežádoucí mikroflóry, ovlivňuje další průběh zrání a zastavuje nebo brzdí mléčné kvašení [7, 9, 15, 28, 29]. Množství soli v jednotlivých druzích sýra je velmi rozdílné a podílí se na typických chuťových vlastnostech. Sýry holandského typu mají střední obsah soli 1,5 – 3,0 %. Solí se v solné lázni, což je nejčastější způsob solení. Sůl proniká do sýra po ponoření do roztoku NaCl [1].

Koncentrace solné lázně se pohybuje v rozmezí 16-18 %, její kyselost (pH 4,8-5,4) je daná druhem sýra. Teplota solení je v rozmezí 10 - 15 °C. Doba solení je odvozena od velikosti, tvaru a závisí na požadované slanosti sýra. V průběhu solení dochází k difúzi NaCl dovnitř sýra. Rychlost tohoto procesu je závislá na koncentračním spádu, který je na začátku solení nejvyšší. V opačném směru ze sýra uniká do solné lázně část syrovátky a rozpustných solí. Proto je důležité dodržovat parametry cirkulující solné lázně v požadovaném rozmezí (doplňovat úbytek soli, upravovat pH a vzhledem k tomu, že dochází k uvolňování tepla, i solnou lázeň chladit). Osmotické jevy se uplatňují na povrchu sýrových zrn [1, 3, 7, 9]. Zajištění mikrobiální čistoty solných lázní se provádí pomocí membránové filtrace [10, 26, 30].

Sůl při solení postupuje od povrchu ke středu sýra. Nejvíce NaCl je obsaženo v pokožce a v hmotě pod povrchem sýra - tzv. solný prstenec. Ve středu sýra je obsah soli minimální. K

vyrovnání obsahu soli dochází až v průběhu zrání po přeměně jednotlivých zrn v celistvou hmotu pomocí difúze [1].

Po vysolení se sýry ponechávají oschnout a balí se do zracích obalů [7].

### 1.2.9 Ošetřování sýrů

Nárůst nekulturních plísní v potravinářském průmyslu je vždy nežádoucím činitelem, majícím za následek zničení pracně vyrobených produktů spolu s možností tvorby toxinů v takto kontaminovaných produktech s negativním působením na zdraví konzumenta. Proto je vhodné používat protiplísňové prostředky potravinářské kvality [31, 32, 33].

Delvocit je schválené potravinářské antimykotikum s aktivní látkou natamycinem. Je to přípravek zabraňující růstu kvasinek a plísní na povrchu tvrdých, polotvrdých a poloměkkých sýrů. Nepotlačuje růst bakterií, čímž nenarušuje přirozené zrání sýrů. Na sýry se aplikuje nástřikem nebo ponořením do připravené suspenze po vysolení. Působí jen na povrchu sýrů, které udržuje bez plísně po dlouhou dobu v závislosti na použité koncentraci a četnosti ošetření. Povrch sýrů se nechá po nástřiku schnout po dobu 3-4 dny [31].

Natamycin (dříve pimarin) je klasifikován jako pylyenové makrolidové antibiotikum produkované nejen *Streptomyces natalensis*, ale i jinými MO. Je používán jako přídatek do potravy (E235) pro povrchové ošetření tvrdých, polotvrdých a poloměkkých sýrů, protože vykazuje účinnost proti kvasinkám a plísním [33]. Účinnost látky Natamycin je ovlivněna rovnováhou mezi složením sýru, relativní vlhkostí sklepa, hygienickými podmínkami ve výrobě, ošetřováním sýrů [34].

## 2 ZRACÍ OBALY PRO PŘÍRODNÍ SÝRY

### 2.1 Význam a funkce balení potravin

Účelem balení je především ochrana výrobku před chemickým, fyzikálně-chemickým, a biologickým znehodnocením, a to při skladování, přepravě, distribuci a spotřebě. V případě potravin zabezpečuje ochranná funkce obalu dodržení většiny hygienických nároků při cestě výrobku z místa výroby ke spotřebiteli. U některých potravinářských výrobků je obal ve své ochranné funkci nejen zlepšením určitého stádia výroby a distribuce, ale je přímo bezpodmínečnou funkční součástí výrobku [4].

Pro obaly určené k balení potravin jsou kladeny zvýšené nároky, které jsou zajištěny legislativou. Základní obecné požadavky na obaly potravin formuluje zákon č. 110/1197 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích. Hygienické požadavky na obaly, které přichází do přímého kontaktu s potravinou, formuluje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 a Zákon 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Předpisem formulující povinnosti související s likvidací obalového odpadu zaručuje Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech. Balení potravin se týkají některé pasáže Zákona č. 634/1992 Sb., o ochraně spotřebitele ve znění doplňujících předpisů [9].

Obalům potravin se často přisuzuje celá škála funkcí. Ty ale prakticky vždy mohou být zahrnuty pod některou z funkcí základních, kterými je ochrana výrobku před nepříznivými vlivy okolí, a to jak chemickými, fyzikálními či biologickými. Ochranná funkce je pro obaly zvlášť významná, neboť podmiňuje možnost obalu jako jednoho z prodloužení údržnosti potravin a současně zajišťuje většinu hygienických nároků během výroby, skladování, distribuce. Další je vytvoření racionální manipulační jednotky přizpůsobené hmotností, tvarem i konstrukcí požadavkům přepravy obchodu i spotřebitele. Neméně důležitá je úloha vizuálně komunikační, neboť právě obal je nositelem důležitých informací pro spotřebitele, esteticky na něj působí a má tak samozřejmě značný význam na uplatnění výrobku na trhu [9, 41, 43]. Poskytování informací o potravinách spotřebitelům je nutné uvádět v souladu s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011.

Ochrannou funkci obalu lze vyjádřit i číselně, tzv. koeficientem ochranné účinnosti obalu  $K_{ob}$ , který udává, kolikrát je doba skladovatelnosti baleného výrobku delší než nebaleného za stejných podmínek uskladnění.

Je definována vztahem:

$$K_{ob} = \frac{D_b}{D_n}$$

$D_b$  je doba údržnosti baleného výrobku a  $D_n$  doba údržnosti téhož výrobku nebaleného. Hodnota koeficientu  $K_{ob}$  je silně závislá na teplotě skladování a vodní aktivitě potravin [9, 35, 36, 37].

Obecně lze ochrannou funkci rozlišit na pasivní, kdy je obal pouhou bariérou vloženou mezi prostředí a potravinu, a aktivní. Aktivní systémy balení jsou založeny na aktivní funkci některých částí obalů, které jsou schopny reagovat na podmínky vně i uvnitř obalu a změnou svých vlastností interaktivně přispívají k optimalizaci stavu baleného produktu [37]. Eliminují nebo zmírňují jejich nepříznivý dopad na kvalitu potravinářského výrobku prodloužením skladovatelnosti, zlepšením bezpečnosti nebo organoleptických vlastností atd. Většina doposud využívaných systémů aktivního balení je založena na sorpci, tj. odstraňování nežádoucích složek z vnitřního prostoru obalu nebo z baleného produktu či naopak uvolňování stabilizačních činidel (konzervovadel, antioxidantů atd.) do blízkosti balené potravin [38, 39, 40]. Antimikrobiální balení založené na ochranném uvolňování představuje slibnou formu aktivního balicího systému pro balení potravin [33].

Příkladem aktivního obalu je speciální patentovaný nátěr na sýry Delvocoat L s deklarovanou koncentrací natamycinu, zlepšenou adhezí suspenze zajišťující plné pokrytí povrchu sýra (včetně komplikovaných hran sýrů), který umožňuje snížit používané koncentrace pro ošetření. Dalším příkladem je vodní kopolymerová disperze Plasticoat s možností různých koncentrací Delvocidu vykazující velmi dobré bariérové vlastnosti. [31].

## 2.2 Zrání sýrů v obalech

Práce ve zracích sklepech je nejpracnější a nejnamáhavější úsek výroby polotvrdých a tvrdých sýrů. Snaha ji racionalizovat vedla k myšlence pozměnit původní způsob zrání tak, aby se odstranila co nejvíce ruční práce při ošetřování. To znamenalo nalézt způsob, který by vyžadoval co nejmenší manipulaci se sýry. Tuto myšlenku splňuje zrání sýrů ve smršťovacích sáčcích, pod disperzními nátěry z plastů, nebo zrání pod vrstvou vosku. Další výhodou je snížení ztrát při zrání [41].



### 2.2.1 Sýrařské vosky

Sýrařských vosků se používá zejména pro balení sýrů holandského typu, čedaru, moravského bochníku, ementálů a jiných sýrů z důvodu vyloučení nadměrných ztrát při zrání a úspory práce při ošetřování sýrů ve zracích sklepích. Také chrání sýr před růstem plísní, proti mechanickému poškození a poskytuje výrazný i atraktivní vzhled sýru. Existuje velké množství barevných odstínů žluté, oranžové, černé, bílé, hnědé, červené, růžové a zelené, aby se sýry mohly odlišovat. Všechna barviva a pigmenty mají vysokou kvalitu z hlediska využití u potravin. Parafinování (voskování) tvrdých sýrů během výroby je zvláště důležité proto, že většina těchto sýrů má anaerobní, popřípadě fakultativně anaerobní mikroflóru, čímž se zamezí přístup kyslíku ze vzduchu a tím se částečně urychlí také průběh zrání. Značně se tak omezuje aerobní zrání [28, 42, 43].

Z technologické, ochranné, ekonomické a estetické funkce sýrařských vosků vyplývají požadavky, které jsou kladeny na jakostní sýrařské vosky z hlediska jejich účinnosti. Potážení celého povrchu sýra souvislou vrstvou ze sýrařského vosku bez jakýchkoliv otvorů, trhlin a mezer, aby se zabránilo znečištění povrchu sýra a jeho vysychání, se docílí dobrými vlastnostmi z hlediska viskozity vosků. Velmi důležité je úplné přilnutí k povrchu sýra tak, aby byly vyplněny všechny otvory, skuliny a prohlubeniny, takže mezi vrstvou sýrařského vosku a vlastním povrchem sýra nejsou prakticky žádné vzduchové mezery. Důležitý požadavek je ohebnost a pružnost potahu ze sýrařského vosku, aby tento obal odolával mechanickému namáhání běžnému při ošetřování, manipulaci a skladování sýrů ve výrobě, dopravě, skladech i distribuci a zajištění stability barviv a pigmentů. Neméně důležitý je požadavek na snadné krájení [28, 42, 43].

U sýrařských vosků používaných k voskování nezralých sýrů, tj. ještě během výrobního procesu, je pak udržování souvislé vrstvy důležité nejen proto, aby se vytvořily podmínky pro anaerobní zrání sýrů, ale také proto, aby plyny, vznikající během zrání a unikající z hmoty sýra, neporušovaly celistvost jeho voskového obalu. Vytvoření takové správně fungující vrstvy sýrařského vosku na povrchu sýra vyžaduje, aby vosk měl předepsané fyzikální a chemické vlastnosti, zejména potřebnou přilnavost k povrchu sýra a pružnost. Žádoucích účinků se dosahuje tím, že se sýrařský vosk při vyšších teplotách roztaví a do takto roztaveného vosku se sýr ponoří [28, 42]. Změnou podmínek aplikace (teplota, četnost ponoření) je možné volit různé tloušťky vrstev na výrobku [31].

Významní činitelé ovlivňující účinnost voskování jsou nízká vlhkost povrchu sýra, celistvost povrchu, tuhost a, čistota povrchu, teplota voskové lázně, teplota voskovaného sýra [42].

Sýrařské vosky Paradip a Paracoat vyrábí firma Paramelt, která je významným výrobcem speciálních voskových směsí v Evropě s více jak stoletou tradicí. Vosky pro balení sýrů byly hlavní obchodní činností od samého začátku. Kromě ochrany sýrů před růstem plísní, ztrátou váhy a poškozením během dopravy významně přispívají ke zlepšení vzhledu produktu. Schopnost vyrábět si vlastní pigmenty pro zbarvení vosků od bílé až po černou potvrzuje přední pozici výrobce [44]. Paradip Red C2 je jeden z potravinářských vosků používaných v ČR pro povrchové ošetření sýrů. Je to směs rafinovaných uhlovodíků, polymerů a pigmentů [43]. Dalším zástupcem vysoce kvalitních parafinů a mikrokrystalických vosků, který je schválen pro použití v ČR, je obchodní značka Delvowax. Vyrábí se v různých druzích, s rozdílnými body tuhnutí a viskozitou. Je v mnoha odstínech od bezbarvého až po černý. Lze jej aplikovat plně automatickým, kontinuálním parafinovacím zařízením, stejně jako ručním namáčením [31].

### 2.2.2 Nátěry z polymerních hmot

Nátěrová hmota je tekutá nebo polotekutá hmota používaná k povrchové úpravě tuhých nebo polotuhých materiálů nebo výrobků. Tato hmota po nanesení v tenké vrstvě vytvoří zaschnutím tzv. film. Hotový ucelený povlak vzniklý nanesením a zaschnutím obvykle několika nátěrových vrstev (filmů) se nazývá nátěr [45].

Moderní sýrařská technologie zavádí ve stále větší míře zrání sýrů pod nátěrem z polymerních hmot. Všeobecně existují dva důvody, proč je používat. Prvním je ochrana kůry sýrů a druhým zvýšení atraktivity vzhledu sýrů. Nátěry z polymerních hmot vytvoří po zaschnutí film chránící sýr při zrání proti mechanickým vlivům, nadměrnému vysychání a zvláště proti plísním a kvasinkám. Zároveň může být současně i expedičním obalem [34, 46]. Nežádoucí mikrobiální růst je omezen, kartáčování a prací procesy jsou vyloučeny, a tudíž manipulační náklady jsou redukovány. Skladování, distribuce a prodej mají rovněž lepší parametry [47].

Hmota pro zrání sýrů musí splňovat řadu požadavků. Pro zabezpečení správného zrání nesmí vytvořený film bránit normálnímu zrání, nesmí mít vlastní chuť ani pach, aby jej neuděloval natíranému sýru. Musí být dostatečně pružný, přitom ale pevný, aby nepraskal při manipulaci se sýry. Také musí bránit růstu plísní a zlepšovat vzhled sýra. Je

samozřejmě, že z hlediska fyziologického musí být naprosto nezávadný. Jeden z nejdůležitějších požadavků, který je splněn, je snížení ztrát hmotnosti během zrání a skladování [41, 46, 47].

Existuje řada nátěrových hmot k ošetření sýra při zrání. Jsou to obvykle disperze polymerních hmot ve vodním prostředí, v nichž převažuje polyvinylacetát. Ten se kombinuje s dalšími látkami, prakticky výhradně organického původu. Obvykle obsahují i fungistatické nebo fungicidní látky, které zabraňují růstu plísní [41].

Příkladem zracího nátěru v současnosti je Plasticoat AGD 522. Je to vodní kopolymerová disperze určená k povrchovému ošetření sýrů s obsahem natamycinu. Jedná se o Poly-Vinyl-Acetát (PVA) - emulzi kopolymeru ve vodě. Pevné polymerové částičky jsou obklopeny vodou a během jejího odpařování se navzájem přibližují, až se na konci sušícího procesu vzájemně spojí. Kopolymerová emulze sestává ze dvou monomerů, přičemž jeden poskytuje tvrdý film a druhý zase měkký film. Správným poměrem obou monomerů se dosáhne potřebná pružnost filmu. K tomu patří ještě správný dokončovací proces, aby nenastala migrace monomerů do sýra. Ochranná známka Plasticoat splňuje přísné předpisy, tzn. že nedochází k nežádoucí migraci změkčovadel [48].

PVA nátěry jsou jednoduše aplikovatelné a k dispozici ve více variantách tak, aby se hodily do všech výrobních systémů - pro ruční i strojní aplikaci. Běžně jsou sýry ihned po solení ošetřeny z jedné strany. Předtím se povrch sýrů osuší intenzivně proudícím čistým vzduchem tak, aby byla solná lázeň co možná nejvíce odstraněna. Je třeba se postarat o to, aby nasávaný vzduch neobsahoval žádné aerosoly, které mohou obsahovat vysoký počet zárodků. Jiná možnost je nechat sýry sušit do druhého dne ve sklepě a teprve příští den provést první nános [34, 41].

Sýry se musí opatřit více vrstvami nátěrů. Množství potřebné k nátěru závisí na různých faktorech. Pro získání souvislého povrchu je lepší nanést dvě tenké vrstvy než jednu silnou. Čím mladší sýr, tím více nátěru by mělo být použito. Rozměry sýrů také ovlivní potřebné použité množství, protože velké sýry potřebují na ošetření tuny sýra relativně menší množství než u ošetření malých sýrů. Vysoká relativní vlhkost zase znamená použití větší vrstvy nátěru. Záleží také na ošetřovacím schématu. Je rozdílné, zda se jedná o preventivní nátěr, anebo "léčebný" [34].

Po zaschnutí se vytvoří na sýru lesklý film, tvrdý, ale pružný, který si tyto vlastnosti zachovává při dodržení správné relativní vlhkosti. Během zrání je nutné sýry obracet, aby

se nezměnil jejich tvar, či se spodní strana sýra nepřilepila na zrací desku, a předešlo se tak růstu plísní [34].

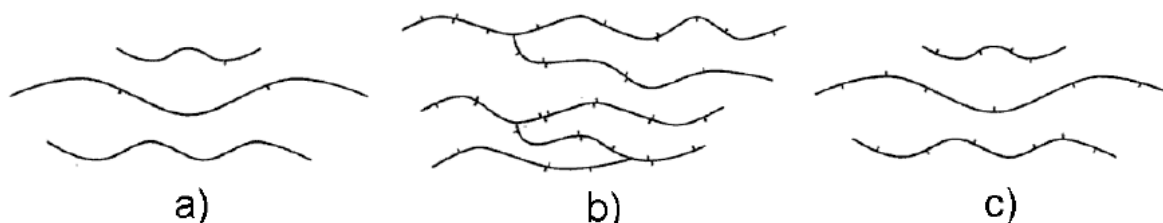
### 2.2.3 Smršťovací obaly

Balení sýrů do zracích sáčků bylo započato v minulém století. Mělo výrazný vliv na zvýšení produktivity práce ve zracích sklepech využitím automatizace a vlastní výtěžnosti sýrů neboť zabránilo vysychání sýrů během zrání a omezení ztrát při ošetřování sýrů [49].

Pro vakuové balení se používají polymerní obalové materiály, které jsou nejrychleji rozvíjející se skupinou obalových materiálů v této oblasti. Jejich škála používaná při balení potravin je velmi rozsáhlá a zahrnuje materiály, které se co do užitných vlastností diametrálně liší [9, 37].

Polyetylén (PE) patří do kategorie polyolefinů, ty představují kvantitativně největší skupinu syntetických polymerů. Jedná se jednoduchý uhlovodíkový polymer, vyznačující se jednoduchým zpracováním a nízkou výrobní cenou současně s vhodnými vlastnostmi a to zejména dobré odolnosti vnějším vlivům. Polyolefiny jsou polymery vzniklé z prostého olefinu, nenasyceného uhlovodíku s jednou dvojnou vazbou mezi atomy uhlíku v otevřeném řetězci [45, 50].

Polyetylén s různými vlastnostmi se dnes ve světě vyrábí řadou výrobních technologií. Vzhledem k tomu, že rozdíly ve struktuře se nejvíce projeví v hustotě PE, dělí se obvykle na rozvětvený polyetylén o nízké hustotě (PE-LD), polyetylén o střední hustotě (PE-MD), lineární polyetylén o vysoké hustotě (PE-HD). Malý, ale rychle vzrůstající objem výroby je zaznamenán u lineárního polyetylénu o nízké hustotě (PE-LLD), který je vlastně kopolymerem ethylenu s tzv.  $\alpha$ -olefiny [4, 51]. Příklady struktur jsou uvedeny na obrázku 4.



Obrázek. 4 : Struktura makromolekul různých typů polyetylénu:  
a) lineární polyetylén o vysoké hustotě (PE-HD), b) rozvětvený polyetylén o nízké hustotě (PE-LD), c) lineárního polyetylénu o nízké hustotě (PE-LLD)

Obaly na bázi jednoho polymeru jsou typické pro potraviny, u kterých systém balení zajišťuje hermetičnost a brání změnám vlhkosti. Při balení polotvrdých a tvrdých sýrů jsou nároky na ochranu větší. Důležitá je nepropustnost pro permanentní plyny a aromatické látky, větší tepelná vodivost atd. Proto je nezbytné vlastnosti jednotlivých polymerů kombinovat. [37]. Tento technologický postup byl umožněn zejména úspěšným vývojem bariérových zracích materiálů. Princip je postaven na vícevrstevných koextrudovaných materiálech, spojením několika polymerních vrstev, různých funkčních vlastností, do jedné struktury [49, 51, 52,].

Struktura koextrudovaného smršťovacího sáčku je složena z více vrstev. Je to kombinace PE-LLD/ PVDC / PE-LLD materiálů. PE-LLD má podobnou hustotu jako PE-LD. Jeho linearita zajišťuje pevnost, zatímco větvení poskytuje houževnatost. Hlavní výhody ve srovnání s PE-LD spočívají v jeho lepší chemické odolnosti, vyšší teplotě tání, vlastnostech při nízkých i vysokých teplotách, vyšším povrchovém lesku, vyšší pevnosti při dané hustotě a lepších tavících vlastnostech. Tyto výborné vlastnosti vedly k novým aplikacím a mnohdy nahrazuje použití PE-LD a PE-HD v nových oblastech [53]. PVDC (Polyvinylidénchlorid) se využívá spíše v kombinaci s jinými materiály. Jeho velkou výhodou je chemická odolnost a velmi malá propustnost pro plyny. Je také velmi nepropustný pro vodní páry a oxid uhličitý [54].

Snad nejvýznamnější společnou vlastností je plasticita při vysoké teplotě, která umožňuje poměrně snadné tvarování. Mezi další společné vlastnosti patří velmi vysoká odolnost proti propíchnutí, poškození a ochrana produktu během distribuce i vysokoá smrštiteľnost. Polymerní materiály s nižší teplotou měknutí jsou snadno tepelně svařovatelné, mají dobrou pevnost svárů a velmi dobře se přizpůsobuje širokému rozpětí tvarů a rozměrů [9, 37, 55].

Koextruzí se získá materiál umožňující prostup molekul vznikajícího  $\text{CO}_2$  během zrání směrem ven, současně ale zabraňuje prostupu molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , a tím zmiňovanému vysychání sýrů. Naopak směrem dovnitř zamezuje přístupu  $\text{O}_2$ , a tím zabraňuje nárůstu plísní a prakticky eliminují nutnost ošetřování sýrů během zrání. Bariérové vlastnosti fólií jsou přesně definovány podle typu sýra zejména ve vztahu k tvorbě a množství plynů během zrání [49, 52].

Vlastní proces balení je založen na využití vakuového balení sýrů do bariérové smrštiteľné fólie. Hlavním cílem je vždy odstranění kyslíku z obalu, za účelem prodloužení doby skladování potravin. Takto zabalené sýry jsou připraveny pro zrání a prakticky nepotřebují až

do expedice žádné ošetřování. Výjimku tvoří sýry s tvorbou ok, které se musejí během zrání obracet, aby oka byla pravidelná. Samozřejmě má zrání sýrů ve fóliích i vliv na vlastní technologii výroby. Vzhledem k tomu, že nedochází k vysychání sýrů, je nutné, aby balený sýr měl odpovídající sušinu již po vysolení [49, 56].

Používání bariérových fólií má vzrůstající tendenci pro svoje přednosti, za které se považuje hlavně omezená prostupnost kyslíku a tím prodloužení trvanlivosti výrobků, zamezení vysychání výrobků s následným snížením hmotnostních ztrát při zrání, zachování chuti a vůně, zabránění prostupu tuků a uchování specifického prostředí uvnitř obalu při vakuovém balení či balením v ochranné atmosféře [41, 55].

### 3 ZMĚNY PŘÍRODNÍCH SÝRŮ V PRŮBĚHU ZRÁNÍ

#### 3.1 Zrání

Zrání lze definovat jako veškeré biochemické procesy probíhající v sýrech působením mikrobiálních enzymů, případně syřidlových enzymů. Zrání sýrů ovlivňuje vzhled, chuť, vůni a konzistenci sýra. Během zrání podléhají největším změnám laktóza a mléčné bílkoviny, u některých sýrů také tuk. Rovněž zastoupení některých solí podléhá určitým změnám [7].

Délka a podmínky zrání jsou důležitými faktory, které tyto změny ovlivňují a jsou charakteristické pro daný typ produktu. U sýrů eidamského typu se teploty zrání obvykle pohybují v intervalu 8-12 °C a doporučená doba zrání se uvádí 6 - 8 týdnů. Zvýšená teplota při skladování může urychlit biochemické děje, naopak snížení teploty zrání může tyto procesy zpomalit. Hlavní biochemické procesy doprovázející zrání sýra lze rozdělit na primární děje, které zahrnují metabolismus laktózy, laktátu a citrátu, proteolýzu (konečným produktem jsou volné aminokyseliny) a v omezeném rozsahu i lipolýzu (konečným produktem jsou volné masné kyseliny). Dále probíhají sekundární biochemické děje, které zahrnují přeměnu volných mastných kyselin a volných aminokyselin na velké množství sloučenin, z nichž některé jsou sensoricky aktivní [8]. Biochemické procesy, které v průběhu zrání v sýrech probíhají, na sebe plynule navazují.

S výjimkou nezrajících sýrů, které se konzumují v čerstvém stavu, procházejí všechny sýry procesem zrání. Na zrání se podílí celá řada enzymů - enzymy použitého syřidla, nativní enzymy mléka, enzymy kyselých a doplňkových kultur (zástupci rodu *Lactococcus* a *Lactobacillus*) a v neposlední řadě enzymy nezákysových mikroorganismů (NSLAB). Mezi uvedenými mikroorganismy dochází k celé řadě interakcí: soutěžení o živiny, různé druhy kooperace, ale i antagonismu, jež mají významný vliv na jejich růst a přežívání v matrici sýra. Důležitou schopností použitých mikroorganismů je schopnost lýze, která má za následek uvolnění intracelulárních enzymů. Ty pak ovlivňují proteolýzu, katabolismus aminokyselin, lipolýzu, katabolismus volných masných kyselin během zráního procesu sýrů [13]. Při těchto procesech sýr získává typický vzhled, konzistenci, chuť, vůni a složení. Primárními reakcemi zodpovědnými za texturní změny a vznik sensoricky aktivních látek jsou glykolýza, proteolýza a lipolýza [9].

Bakterie mléčného kvašení (LAB – lactic acid bacteria) je početná, morfologicky heterogenní skupina fermentujících mikroorganismů. LAB disponují intracelulárními enzymy (peptidázami, lipázami a enzymy ovlivňující katabolismus aminokyselin) i extracelulárními enzymy, např. endopeptidázami. Enzymy LAB hrají klíčovou roli při zrání sýrů, včetně vývoje sensoricky aktivních látek. LAB se ve hmotě sýru pomnožují, ale také relativně rychle dochází k jejich lýzi. Autolýza buněk LAB ovlivňuje zrání přírodních sýrů prostřednictvím uvolnění vnitřního obsahu buňky včetně aktivních intracelulárních enzymů do prostředí hmoty sýru [6].

### 3.2 Hlavní biochemické reakce během zrání

Biochemické reakce probíhající během zrání přírodních sýrů je možné rozdělit na primární a sekundární procesy. K primárním řadíme přeměnu laktózy, proteolýzu, a limitovanou lipolýzu, která probíhá alespoň v omezeném rozsahu u všech typů zrajících sýrů. Produkty těchto dějů jsou kyseliny mléčné, volné aminokyseliny (FAA) a volné mastné kyseliny (FFA). Sekundární procesy zahrnují zejména reakce, při kterých jsou FAA a FFA metabolizovány za vzniku těkavých složek aroma. Jedná se například o procesy deaminace, dekarboxylace, transaminace, eliminace, desulfurace aj. [12, 57].

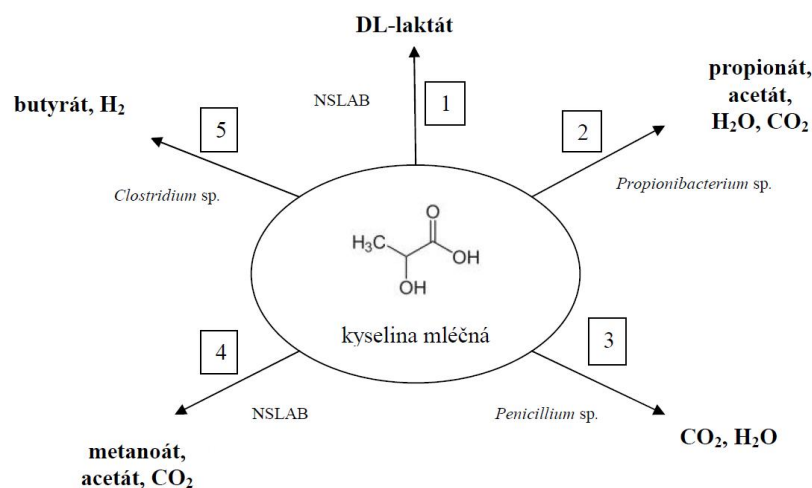
#### 3.2.1 Metabolismus laktózy

Základním rysem při výrobě sýrů je metabolismus laktózy na kyselinu mléčnou pomocí vybraných kultur bakterií mléčného kvašení (LAB). Za běžných podmínek je tato metabolická dráha zprostředkována startérovými kulturami již během přípravy sýřeniny nebo v prvních stupních zrání [26]. Převážný podíl laktózy odchází při technologickém zpracování syrovátkou v podobě laktózy nebo kyseliny mléčné. V sýřenině zůstává na konci výroby pouze nízká koncentrace laktózy (0,8 - 1,0 %) [3, 26, 58]. Při homofermentativním kvašením je metabolizována glykolyticky převážně prostřednictvím startérových bakterií. U heterofermentativních MO nejsou přítomny enzymy glykolýzy, proto štěpení probíhá fosfoketolázovou cestou (například *Leuconostoc* spp.) [6, 58, 59]. Pokud není metabolismus laktózy ukončen pomocí čistých mlékárenských kultur, je dokončen metabolismus pomocí nezákyslových bakterií mléčného kvašení [26].



### 3.2.2 Metabolismus laktátu

Základním produktem laktózového metabolismu je pyruvát, který je následně působením mikrobiální NAD-laktátdehydrogenázy přeměněn na L-laktát nebo D-laktát, popřípadě jejich racemickou směs. Nezákysové bakterie mléčného kvašení (NSLAB) přítomné v sýrech holandského typu mohou přeměňovat část L-laktátu na D-laktát, který produkuje rod *Lactococcus* [59]. Fermentace laktózy je rychlá a prakticky je celkově metabolizována v prvních dnech zrání. Okyselení hmoty inhibuje růst nežádoucí mikroflóry, ovlivňuje počáteční texturu sýřeniny a zastoupení solí v sýru (uvolnění vápníku z kaseinu za vzniku mléčnanu vápenatého; tvorba monokalciumpkaseinátu). V závislosti na druhu sýru může být laktát dále metabolizován mnoha cestami na další karboxylové kyseliny (kyseliny octovou a propionovou například účinkem *Propionibacterium* spp., kyseliny mravenčí metabolismem pediokoků aj.), které se mohou podílet na chuti a vůni. Meziprodukt metabolismu laktózy, pyruvát, je substrátem pro vytváření řady sensoricky aktivních látek s krátkým řetězcem (diacetyl, acetooin, acetaldehyd, etanol) vykazujících typickou jogurtovou a máselnou chuť a vůni. Účinkem NSLAB může být v sýrech laktát oxidován také na kyselinu octovou a CO<sub>2</sub> [3, 59]. *Clostridium* spp. může za anaerobních podmínek metabolizovat laktát na kyselinu máselnou a vodík, čímž dochází k nežádoucímu, tzv. pozdnímu duření sýrů [6, 26, 60].



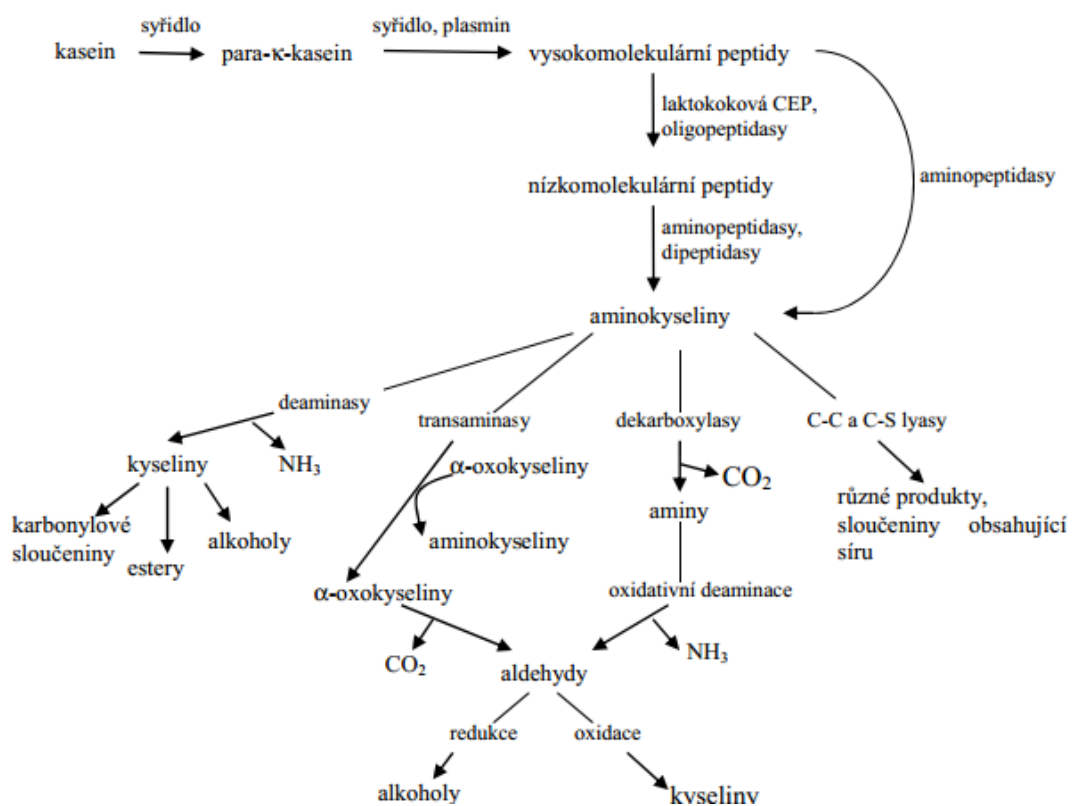
Obrázek 5: Metabolismus laktózy v průběhu zrání sýrů: 1 – racemizace, 2 – metabolismus způsobený *Propionibacterium* spp., 3 – oxidační metabolismus pomocí plísní a kvasinek, 4 – anaerobní metabolismus pomocí NSLAB, 5 – anaerobní metabolismus laktátu pomocí *Clostridium* spp. způsobující pozdní duření sýrů [26].

### 3.2.3 Metabolismus citrátu

Mléko přirozeně obsahuje malé množství citrátu ( $10^{-8}$  mmol.l<sup>-1</sup>), který je převážně odváděn syrovátkou. Malé množství je zachyceno ve sraženině a je důležitým prekurzorem pro metabolismus citronan-pozitivních mikroorganismů (citronan-pozitivní kmeny *Lactococcus lactis* nebo *Leuconosnoc* spp.), které metabolizují citronan za vzniku sensoricky aktivních látek jako jsou diacetyl, acetoin a 2,3-butandiol a menší množství CO<sub>2</sub>. Metabolismus citronanů je důležitý pro aroma sýrů holandského typu. [6, 26, 59, 60].

### 3.2.4 Proteolýza

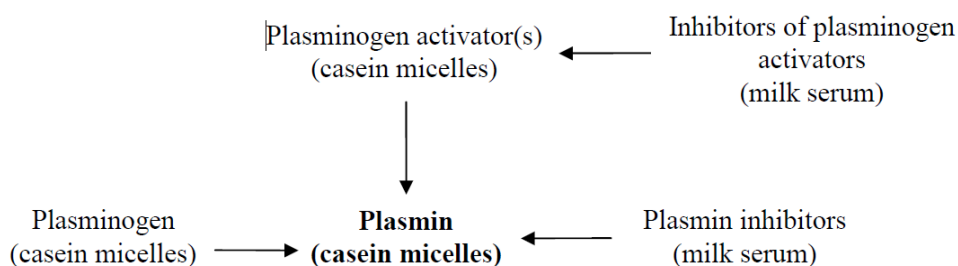
Proteolýza je pravděpodobně nejdůležitější biochemická reakce během zrání většiny druhů sýra s hlavním vlivem na chuť, vůni a texturu. [3, 6, 15, 59, 61]. Konzistence má význam nejen z hlediska sensorické kvality, ale též pro vlastnosti při mechanickém zpracování a při manipulaci [61]. Vliv proteolýzy se projevuje později než glykolýza, obvykle za 10 až 16 dnů [58]. Stupeň hydrolýzy lze hodnotit např. pomocí frakcí dusíkatých látek nebo elektroforetickým stanovením hydrolýzy kaseinu. Schéma proteolýzy je uvedeno na obrázku 6.



Obrázek 6: Proteolýza v sýrech [58]

Proces začíná hydrolyzou kaseinů, které utvářejí matici sýru. Významným zdrojem proteolytických enzymů v mnoha druzích sýrů je zbytkové syřidlo, nejčastěji chymozin, který zůstává v sýřenině i po odtoku syrovátky. Až 30 % syřicí aktivity, která zůstává v sýřenině, závisí na faktorech, jako jsou: typ enzymu či pH při odtoku syrovátky [70]. Zdrojem proteáz jsou i primární zákysové kultury, sekundární zákysové kultury, NSLAB a mléko. Přičemž z proteáz ve mléce se vyskytujících je v literatuře nejvíce popisovaný plazmin [6, 10, 59, 60]

Proteolytický enzym plazmin (EC 3.4.21.7.) je schopen hydrolyticky štěpit  $\alpha$ - a  $\beta$ -kaseiny. Plazmin přechází do mléka z krevního řečiště. Aktivní plazmin vzniká ze svého neaktivního prekurzoru plazminogenu hydrolytickým odštěpením další molekuly. Katalýzu této přeměny zabezpečuje skupina enzymů, které nazýváme aktivátory plazminogenu, jež jsou velmi tepelně stabilní. Aktivita plazminu je kontrolována systémem inhibitorů - přímo inhibitory plazminu a nepřímo také inhibitory aktivátorů plazminogenu. V průběhu ošetření teplotami 72-75 °C po dobu 15 s (parametry šetrné pasterace) dojde k mírné inaktivaci plazminu a plasminogenu, ale také k rozsáhlé destrukci inhibitorů aktivátoru plazminogenu. Z tohoto důvodu je možné očekávat, že v šetrně pasterovaném mléce bude paradoxně vyšší aktivita plazminu než v tepelně neošetřeném mléce. Plazmin se při zrání sýra částečně podílí na primárních proteolytických procesech [10, 26]. Schéma vzájemného ovlivnění plazminu, plazminogenu, inhibitorů plazminu a inhibitorů aktivátorů plazminogenu je uveden na obrázku 7.



Obrázek 7: Schematické znázornění systému plazminu v mléce [26]

Mléko obsahuje i další původní proteinázy pocházející z leukocytů somatických buněk, nejvíce prozkoumaný je katepsin D. Specifičnost katepsinu D na kaseiny je velmi podobná chymosinu, z tohoto důvodu je obtížné posoudit jeho roli při zrání sýrů koagulovaných pomocí syřidla. Nicméně, přínos ke zrání sýrů vyráběných kyselým srážením mléka bez přidání syřidla, je také omezený [16].

Hlavním úkolem lactocepinu v mléce je hydrolýza kaseinu na krátké peptidy, které se stávají substrátem pro laktokoky. Během zrání sýrů je však jeho úloha odlišná. Kasein je štěpen chymozinem a plazminem a až následně lactocypin hydrolyzuje vzniklé středně dlouhé řetězce polypeptidů. [59].

Vzniklé kratší oligopeptidy, zejména di- a tripeptidy, mohou být dále intracelulárně hydrolyzovány pomocí endopeptidáz a exopeptidáz (např. aminopeptidázy, dipeptidázy nebo tripeptidázy) primárních a sekundárních kyslíkových kultur a NSLAB [6, 59]. Pomocí enzymatického aparátu mohou být aminokyseliny dále katabolizovány za vzniku nejrůznějších sensoricky aktivních látek. Druhou cestou, kde mohou být aminokyseliny využity, je syntéza proteinů, avšak biosyntéza je možná pouze u vitálních buněk. Konečným produktem proteolýzy jsou volné aminokyseliny (FAA). Jejich koncentrace závisí na druhu sýru, použité výrobní technologii a podmínkách zrání. Ve většině případů však FAA neovlivňují vývoj aroma sýru přímo [6, 62].

Endopeptidázy jsou schopné štěpit peptidy uvnitř molekuly, exopeptidázy na začátku molekuly. Iminopeptidáza je exopeptidáza schopna odštěpit molekulu prolinu, která je na počátku molekuly. Karboxypeptidáza štěpí karboxylový konec molekuly. Dipeptidázy štěpí molekulu dipeptidu. Mezi dipeptidy také patří prolidáza a prolináza [3]. Bakterie mléčného kvašení obsahují řadu specifických prolinových peptidáz, které jsou v případě hydrolýzy kaseinu nezbytné, a to z důvodu vysokého obsahu prolinu v primární struktuře kaseinů [60].

### 3.2.5 Metabolismus aminokyselin

Volné aminokyseliny (FAA) jako konečný produkt proteolýzy neovlivňují vývoj aroma sýrů přímo. Mnohem významnější z hlediska vlivu na organoleptické vlastnosti sýru je konverze FAA na sensoricky aktivní látky (amoniak, aminy, karboxylové sloučeniny, fenoly, indol a alkoholy), a to prostřednictvím intracelulárních enzymů mikroorganismů. Schopnost produkovat sensoricky aktivní sloučeniny z aminokyselin je silně druhově, a dokonce i kmenově závislá. Ze složitého komplexu reakcí aminokyselin lze jmenovat například tyto: transaminace, deaminace, dekarboxylace za vzniku biogenních aminů, eliminace dehydrogenace, transfer acylové skupiny [3, 6, 15].

Transaminace je reverzní reakce. Tvoří první krok degradace aminokyselin za využití pyridoxal-5'-fosfátu jako kofaktoru pro enzymatickou katalýzu. Enzymatická katalýza je zprostředkována aminotransferázami (EC 2.6.1.x) za vzniku  $\alpha$ -ketokyselin, které slouží

jako prekurzory pro sensoricky aktivní látky. Z tohoto důvodu je pravděpodobně limitním krokem ve vývoji chuti a vůně [59].

Při deaminaci mohou být aminokyseliny degradovány aktivitou dehydrogenáz využívající NAD<sup>+</sup> jako akceptoru elektronu a produkující  $\alpha$ -ketokyselinu a NH<sub>3</sub>. Dalším možným činitelem deaminace jsou oxidázy, které využívají jako akceptor elektronu kyslík a za vzniku aldehydů a NH<sub>3</sub>. Oxidativní deaminací mohou vznikat kromě amoniaku a aldehydů (Streckerovou reakcí) také mastné kyseliny (např. isovalerová nebo isomáselná) [3, 59, 63].

Dekarboxylace je přeměna aminokyseliny na odpovídající amin, odchází přitom CO<sub>2</sub>. Většina biogenních aminů, které jsou toxickými zplodinami metabolismu aminokyselin, vzniká právě dekarboxylací. Množství produkovaných aminů v sýru závisí na koncentraci prekurzorů aminokyselin a na mikroflóře sýra, která může být ovlivněna faktory, jako jsou teplota zrání, pH a koncentrace soli [3].

Eliminace je katalyzována prostřednictvím aminokyselinových lyáz. Tato konverze je typická pro aromatické aminokyseliny (tyrozin a tryptofan) a metionin za vzniku fenolu, indolu, resp. metanethiolu [59].

Jako proces dehydrogenace je přeměna  $\alpha$ -ketokyselin na příslušné hydroxy-kyseliny, které nejsou významnými činiteli ve vývoji sensoricky aktivních látek [59].

Transfer acylové skupiny probíhá prostřednictvím acyltransferáz a esteráz za vzniku esterů jako např. etylesteru kyseliny máselné, které často přispívají k organoleptickým vlastnostem sýrů. Estery jsou tvořeny reakcí mezi alkoholem a organickou kyselinou, kde vazba může být zprostředkována pomocí koenzymu A (CoA) [59].

### 3.2.6 Lipolýza a metabolismus mastných kyselin

Nejmenším změnám při zrání sýrů podléhá mléčný tuk. Nevhodné podmínky pro rozklad tuku vytváří absorpční vrstvy kolem tukových kuliček a nízké napětí CO<sub>2</sub>. Lipolytická aktivita je pozorována zejména u druhů sýrů, které se vyznačují vysokým obsahem mikroorganismů štěpících tuk (sýry s modrou plísní uvnitř hmoty, sýry s bílou plísní na povrchu, tvrdé italské sýry). U těchto druhů sýrů jsou štěpné produkty velmi důležité pro tvorbu charakteristické chuti a vůně. U plísňových sýrů s plísní na povrchu se více uplatňuje jejich proteolytická aktivita [58]. V případě sýrů gouda je průběh lipolýzy mírný. Nadměrná intenzita lipolytických reakcí je u těchto sýrů nežádoucí a vede k defektům

projevujícím se jako např. žluklost. Oxidační změny jsou velmi limitovány nízkým redoxním potenciálem (-250 mV) a přítomností přirozených antioxidantů (vitamin E) [59].

Obecně mají lipidy vliv na texturu sýrů, působí jako zdroj mastných kyselin, které pak mohou být odbourávány na další sensoricky aktivní látky a působí jako rozpouštědlo pro chuťové aktivní látky. V sýrech podléhají hydrolytické a oxidační degradaci. Enzymatická hydrolýza triacylglycerolů (TAG) na mastné kyseliny a glycerol, monoacylglycerol (MAG) nebo diacylglycerol (DAG) je považována za zásadní pro vývoj chuti u některých sýrů [3, 26].

Lipolýza v sýrech probíhá v důsledku přítomnosti lipolytických enzymů. Lipolytické enzymy mohou být klasifikovány jako esterázy nebo lipázy. Jejich zdrojem je obecně mléko, zákysové bakterie, sekundární zákysové mikroorganismy NSLAB, popřípadě exogenní lipázové preparáty [3, 6, 10, 26, 59]. Bakterie mléčného kvašení obvykle nedisponují příliš aktivními lipázami a esterázami. Nicméně za podmínek dlouhého aktivního zrání mohou lipázy bakterií mléčného kvašení vykazovat větší aktivitu a jsou hlavními původci lipolýzy u sýrů, jako jsou čedar nebo gouda, které byly vyrobeny z pasterovaného mléka a které neobsahují sekundární mikroflóru se silnou lipolytickou aktivitou. Publikované studie naznačují, že stupeň lipolýzy u těchto sýrů souvisí s rychlostí rozpadu (lýze) zákysových buněk [60].

Volné mastné kyseliny (FFA), primárními produkty lipolýzy, jsou důležitými prekurzory katabolických reakcí, jejichž produkty mohou být sensoricky aktivní (metylketony, sekundární alkoholy a aldehydy, laktony, estery) [6, 59].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jaký byl vliv typu zracího obalu na změny vybraných ukazatelů přírodního sýra holandského typu.

Pro dosažení cílů bylo třeba:

- Charakterizovat výrobu sýrů holandského typu.
- Popsat zrací obaly pro přírodní sýry.
- Charakterizovat změny přírodních sýrů v průběhu zrání.

Pro zpracování praktické části diplomové práce bylo nutno naplnit tyto dílčí cíle:

- Vyrobit v laboratorních podmínkách modelové přírodní sýry holandského typu.
- Využít tři typy zracích obalů a založit s vyrobenými produkty zrací pokus v délce dvou měsíců.
- V průběhu zrání sledovat hmotnostní ztráty přírodních sýrů, texturní parametry a obsah biogenních aminů.



## 5 MATERIÁL A METODY

### 5.1 Výroba sýrů

Výroba sýrů holandského typu v laboratorních podmínkách včetně přípravy materiálu probíhala 3 dny. Veškeré pomůcky, které přišly do styku se surovinou nebo meziproduktem bylo nutné dezinfikovat a následně dostatečně oplachovat pitnou vodou, aby bylo zamezeno přenosu reziduí dezinfekčních látek. Pomůcky sterilované pomocí UV-záření se pitnou vodou oplachovat nemusely. Dezinfekce se připravila smícháním 30 l vody a 600 ml dezinfekčního prostředku (Aktivit D, BANCHEM, Slovenská republika)

#### 5.1.1 Příprava zákysu

Smetanový zákys byl připravován den před výrobou. Mléko pro výrobu zákysů bylo v množství 2x50 ml pasterováno ve zkumavkách 30 minut ve vroucí vodní lázni. Po vychladnutí v uzavřených zkumavkách bylo 50 ml mléka zaočkováno 0,15 g lyofilizované smetanové kultury (Laktoflora smetanová, Milcom a.s., Česká republika) obsahující *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var. *diacetylactis*. Připravený zákys byl inkubován při 25 °C do začátku výroby následujícího dne.

#### 5.1.2 Vlastní výroba

Pro jednu výrobu sýrů v laboratorních podmínkách bylo použito 10 l plnotučného mléka o tučnosti 3,5 % a 10 l polotučného mléka o tučnosti 1,5 %. Mléko bylo zahřáto na 32 ± 1 °C. Následovala inokulace mléka předem připraveným zákysem. Po přidavku 10 ml 36% CaCl<sub>2</sub> (Milcom a.s. Česká republika) se mléko dostatečně promíchalo. 30 minut probíhalo za občasného míchání pomnožení smetanové kultury. Poté bylo přidáno 1,5 ml syřidla Fromase 750 TL (DSM Food Specialties, Francie) v desetinásobku vody. Po důkladném promíchání se protipohybem ustálila hladina mléka a započalo syření, které trvalo 40 minut. Po ukončené době srážení a získání požadované tuhosti gelu nastalo opatrné ruční prokrojení syřeniny na stejně velké hranoly 5 x 5 cm. Poté zůstala syřenina ponechána 10 minut v klidu a docházelo k jejímu vytužení. Následovalo 20 minut ručního míchání a odebrání cca 5 l syrovátky za stálého míchání. Dohřívání na 41 ± 1 °C bylo provedeno přidáním horké prací vody o teplotě 80 ± 2 °C. Při dosoušecí teplotě se zrno míchalo při konstantních otáčkách 60 minut za použití míchadla. Zrno o velikosti 3 - 4 mm se slilo do

předlisovacích vaniček vyložených sýrařskou plachetkou za probíhající uvolňování syrovátky, kde pomocí vlastní váhy probíhalo formování sýřeniny. Třikrát po 10 minutách byla sýřenina otáčena. Po předlisování byla sýřenina z forem vyjmuta a rozkrojena na 12 rovnoměrných dílů a upěchována do plastových lisovacích formiček opět vyložených plachetkou. Lisování probíhalo 1 hodinu a 30 minut s postupně zvyšujícím se tlakem. Po vyjmutí sýru ze sýrařských forem byly vzorky uloženy do zrací komory a ponechány do druhého dne při laboratorní teplotě  $21 \pm 2$  °C k prokysání.

Následující den probíhalo solení po dobu 30 minut v solném roztoku o koncentraci 20 % NaCl (1600 ml vody a 400 g soli). Pro rovnoměrné nasolení byly sýry každých 15 minut v solné lázni otočeny. Po oschnutí následovalo na několik vteřin ponoření sýrů do roztoku DelvociduDip (DSM Food Specialties, Francie), osušení a balení.

### 5.1.3 Balení do zracích obalů a schéma odběru vzorků

Sýry byly zabaleny do tří typů zracích obalů. Kontrolní vzorky byly baleny do smrštitelné fólie cryovac. Další část vzorků byla zabalena do žlutého potravinářského vosku (DSM Food Specialties, Francie), přičemž vosk byl vytemperován vždy pro 4 vzorky na jinou teplotu a to 55 °C, 60 °C, 65 °C, 70 °C, 75 °C. Třetím zracím obalem byl použit polymerní nátěr Plasticoat (DSM Food Specialties, Francie). U první a druhé výroby byly analýzy provedeny po 35 a 54 dnech zrání. U třetí výroby se analyzovaly vzorky po 42 a 64 dnech. Viz. tabulka 1.

Tabulka 1: Schéma odběru vzorků

1. VÝROBA				2. VÝROBA				3. VÝROBA			
1. analýza (35 dní zrání)		2. analýza (54 dní zrání)		1. analýza (35 dní zrání)		2. analýza (54 dní zrání)		1. analýza (42 dní zrání)		2. analýza (64 dní zrání)	
Cryovac	Nátěr	Cryovac	Nátěr	Cryovac	Vosk	Cryovac	Vosk	Cryovac	Nátěr	Cryovac	Nátěr
PK-1	I-1	PK-2	I-2	VK-1	55°C-1	VK-2	55°C-2	PK-1	I-1	PK-2	I-2
PK-3	I-3	PK-4	I-4	VK-3	55°C-3	VK-4	55°C-4	PK-3	I-3	PK-4	I-4
	II-1		II-2		60°C-1		60°C-2		II-1		II-2
	II-3		II-4		60°C-3		60°C-4		II-3		II-4
	III-1		III-2		65°C-1		65°C-2		III-1		III-2
	III-3		III-4		65°C-3		65°C-4		III-3		III-4
	IV-1		IV-2		70°C-1		70°C-2		IV-1		IV-2
	IV-3		IV-4		70°C-3		70°C-4		IV-3		IV-4
	V-1		V-2		75°C-1		75°C-2		V-1		V-2
	V-3		V-4		75°C-3		75°C-4		V-3		V-4

## 5.2 Chemická analýza

### 5.2.1 Stanovení obsahu sušiny a hodnot pH

Stanovení pH u vzorků sýrů holandského typu bylo provedeno pomocí vpichového pH metru s pevnou vpichovou elektrodou a přesností  $\pm 0,01$  pH (pH Spear for food testing Eutech Instruments).

Při stanovení sušiny bylo podstatou vysoušení navážky v elektrické sušárně při teplotě  $103 \pm 2$  °C do konstantního úbytku hmotnosti. Výsledek byl uveden v hmotnostních procentech obsahu sušiny [64].

U stejného typu vzorku se provedly vždy dvě opakování.

### 5.2.2 Extrakce a stanovení biogenních aminů

Pro stanovení biogenních aminů byla využita vysoce účinná kapalinová chromatografie (HPLC), jež řadíme do kolonové chromatografie. Jejimi výhodami je vysoká citlivost, rychlost a značná reprodukovatelnost [65].

Extrakce biogenních aminů byla provedena podle Buňkové a kol. [66]. Před samotnou analýzou byla provedena lyofilizace vzorků. Na analytických vahách A&D GH-200 EC byl navážen vzorek (30–35 g) do hliníkového kelímku, který byl na 24 hodin umístěn do hlubokomrazicího boxu MDF-U3286S (Sanyo) o teplotě -80 °C a následně lyofilizován v lyofilizátoru (ALPHA 1-4 LSC, CHRIST). Po lyofilizaci byl vzorek dezintegrován.

Pro vlastní analýzu byl navážen 1 g rozmělněného lyofilizátu do 15 ml centrifugační zkumavky. Následovala třístupňová extrakce. K analyzovanému vzorku bylo přidáno 10 ml 0,6 M HClO<sub>4</sub>. Směs byla promíchána a homogenizována 30 minut pomocí laboratorní třepačky LT2 (KAVALIER, ČR) a poté odstředována 20 minut odstředivkou EBA 21 (Hettich ZENTRIFUGEN, Německo) při 6000 ot.min<sup>-1</sup>. Směs byla převedena do 25 ml odměrné baňky. Postup se následně 2x opakoval, rozdílné bylo pouze množství 7 ml 0,6 M HClO<sub>4</sub>. Směs byla promíchána a protřepána s následným odstředěním. Na závěr extrakce byla směs přelita do 25 ml baňky a doplněna po rysku 0,6 M HClO<sub>4</sub> (1 ml) a přefiltrována přes papírový filtr a připravena k derivaci.

Pomocí reakčního činidla dansylchloridu byla provedena derivatizace. Do derivační nádoby byl odpipetován 1 ml vzorku. K němu bylo přidáno 100 µl vnitřního standardu (1,7-heptandiamin v koncentraci 500 mg.l<sup>-1</sup>), 1,5 ml karbonátového pufru s pH 11,1 - 11,2

a 2 ml čerstvě připraveného roztoku dansylchloridu o koncentraci  $5\text{g.l}^{-1}$  v acetonu. Nádobka byla uzavřena a směs třepána 20 hodin v temnu na třepače. Poté bylo přidáno 200  $\mu\text{l}$  roztoku prolinu a třepáno další 1 hodinu. Dále bylo přidáno 3 ml heptanu a 3 minuty dobře ručně protřepáno. Z horní heptanové vrstvy byl odpipetován 1 ml do vialky. Odpaření do sucha pod proudem dusíku proběhlo při  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Suchý odparek byl zředěn 1,5 ml acetonitrilem. Vzorek byl uchován do doby analýzy v mrazícím zařízení termoblok (BENCHMARK DIGITAL BLOCK) při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bezprostředně před samotnou analýzou byl vzorek přefiltrován přes stříkačkový filtr s porozitou  $22\text{ }\mu\text{m}$ .

Detekce biogenních aminů byla stanovena s použitím systému HPLC (binární pumpa Lab-Alliance, USA, autosampler LabAlliance, USA, kolona Agilent Eclipse Plus C18 RRHD o rozměrech  $3,0 \times 50\text{ mm}$ , kolona byla umístěna v termostatu, UV/VIS DAD detektor ( $\lambda = 254\text{ nm}$ ); a degaser 1260 Infinity, Agilent Technologies). Měření probíhalo při teplotě kolony  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vlnové délce  $254\text{ nm}$  a průtoku  $0,45\text{ ml.min}^{-1}$ . Pomocí chromatografického stanovení biogenních aminů byly sledovány aminy (tryptofan, fenyletylamin, putrescin, histamin, kadaverin, tyramin, spermidin a spermin). Od každého vzorku byly provedeny tři paralelní stanovení.

Tabulka 2: Lineární gradientový eluční program HPLC

čas [min]	10%(w/w) Acetonitril ve vodě [obj. %]	Acetonitril [obj. %]
0,0	39	61
0,1	39	61
1,4	30	70
3,5	17	83
4,0	0	100
9,5	0	100
11,5	39	61
15,5	39	61

### 5.3 Analýza texturních vlastností

Pro kvantitativní popis texturních charakteristik se kromě hodnocení jednotlivých vlastností používá analýza texturního profilu. Profil textury se upřednostňuje proto, že poskytuje kompletní analýzu všech texturních vlastností. Instrumentální analýza texturního profilu hodnotí texturu potravin, přičemž lépe odráží senzorické vlastnosti textury než

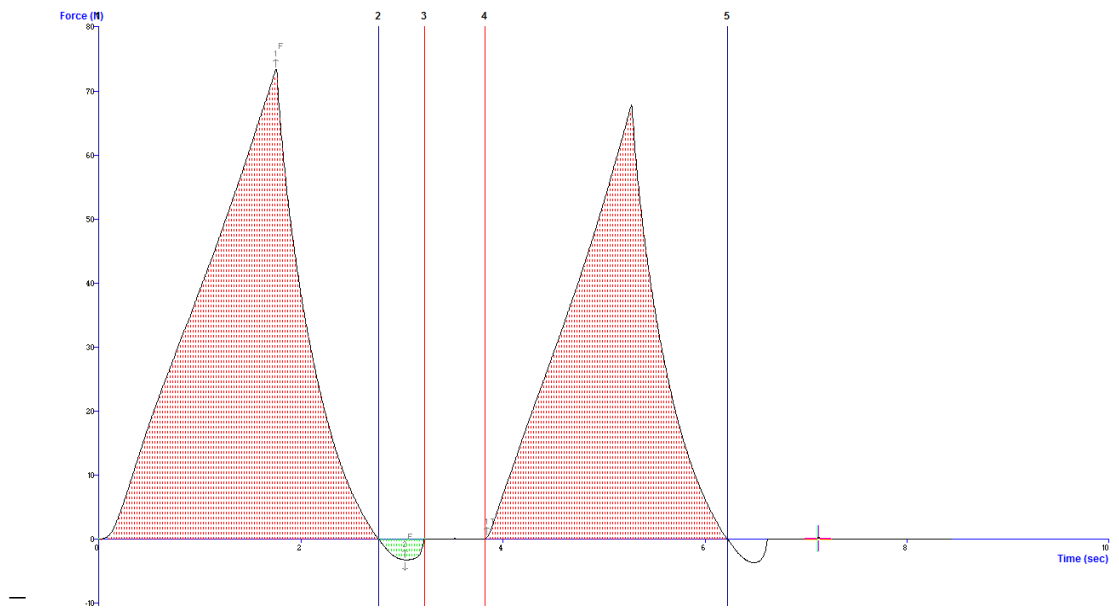
způsoby hodnocení, které měří jeden vybraný znak. Technika zahrnuje stlačování vzorku v několika (obvykle ve dvou) cyklech za přesně definovaných podmínek. Tento test stlačování napodobuje žvýkání potravin a měří sílu vynaloženou na potraviny; obvykle se napodobují první dvě skousnutí při žvýkání potravin [67, 68].

Pro měření byl použit analyzátor TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velká Británie). Před samotným měřením byla provedena kalibrace přístroje a úprava analyzovaných vzorků. Ze středu vzorku byl vykrojen válcový vzorek, jehož průměr byl 40 mm a výška 15 mm. Vzorek sýra byl umístěn mezi desky analyzátoru. Následovalo stlačení vzorku horní deskou stálou rychlostí  $1 \text{ mms}^{-1}$  sondou o průměru 50 mm. Byly provedeny dvě po sobě následující komprese vzorku o 25 % původní výšky. Mimořádně byla také použita u jednoho měření komprese 10 % původní výšky. Nižší komprese byla využita u třetí výroby druhého měření vzorků sýrů balených do zrcího obalu Plasticoat, neboť by byly při kompresi 25% z důvodu vysoké tvrdosti sýrů naměřené hodnoty zcela mimo rozsah. Hodnota tvrdosti (N) byla získána jako maximální síla naměřená během kompresního textu. Získaná závislost síly na deformaci vzorku byla zaznamenána zátěžovou křivkou viz. graf 1. Pomocí programu Exponent Lite byly vyhodnoceny další parametry a to tvrdost, soudržnost, lepivost. Každý analyzovaný vzorek byl měřen jednou. U stejného typu vzorku byla provedena dvě opakování.

Sledované parametry:

- Tvrdost - mechanická texturní vlastnost vztahující se k síle potřebné k dosažení deformace nebo penetrace výrobkem, neboli maximální hodnota píku během prvního kompresního cyklu.
- Soudržnost - mechanická texturní vlastnost vztahující se ke stupni, do něhož může být látka deformována, než se rozpadne, neboli vyjadřuje sílu vnitřních vazeb tvořící texturu produktu. Lze ji vypočítat jako bezrozměrný poměr ploch  $A_2/A_1$ .
- Přílnavost - mechanická texturní vlastnost vztahující se k síle potřebné k odstranění látky, která lne k ústům nebo k podkladu. Je to práce potřebná k překonání přitažlivých sil mezi povrchem potravin a čidlem přístroje. Jednotku jsou Joule [67, 68].

– Graf 1: Zátěžová křivka popisující závislost síly na deformaci vzorku



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Analýzy spočívaly ve stanovení hmotnostních ztrát, sušiny, pH, obsahu biogenních aminů a texturních vlastností. Vzorky byly zabaleny do tří typů zrajících obalů:

- smrštiteľná fólie (Cryovac)
- polymerní nátěr (Plasticoat)
- potravinářský vosk

### 6.1 Výsledky měření u sýrů balených ve smrštiteľné fólii Cryovac

#### 6.1.1 Hmotnostní ztráty

Sýry ve smrštiteľné fólii byly použity jako kontrolní vzorky. Hmotnosti vzorků během zrání byly váženy ve 2 - 8 denních intervalech po dobu přibližně dvou měsíců. Pokus byl proveden u třech výroby.

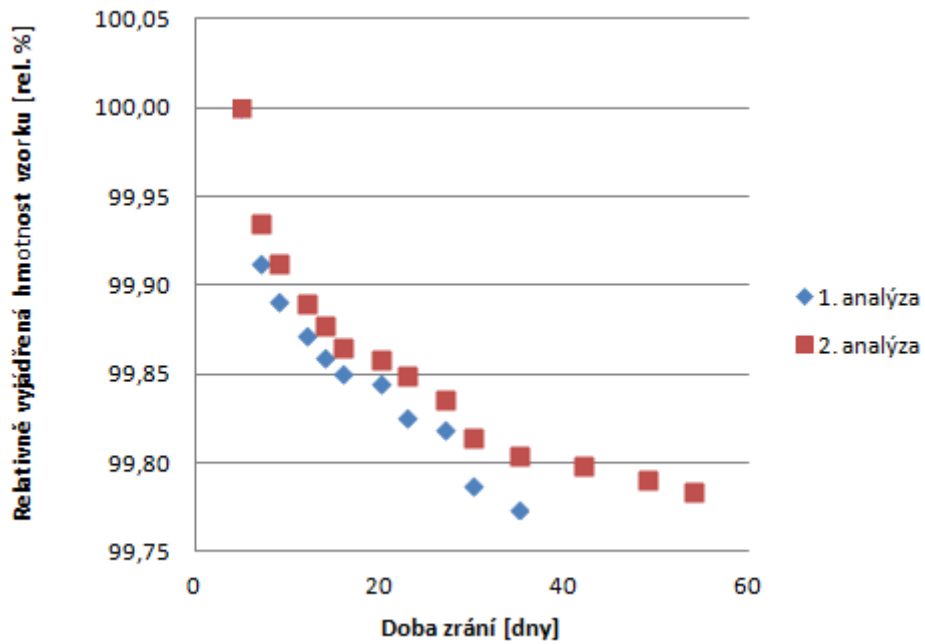
První a druhá výroba zrála ve zrací komoře za shodných podmínek. Teplota ve zrací komoře v rozmezí 8,4 - 11,5 °C a relativní vlhkost 20 - 63%. Velké výkyvy relativní vlhkosti byly ovlivněny extrémními venkovními teplotami. Analýza hmotnostní ztráty byla měřena 35. a 54. den zrání.

Výchozím bodem pro měření, tedy za 100% hmotnost, byla považována hmotnost baleného vzorku v 1.den měření. Průběžné měření první a druhé výroby probíhalo ve stejných dnech, tedy za srovnatelných podmínek pro zrání sýrů a stanovení jejich hmotnostní ztráty. U obou výroby byly dosaženy velmi obdobné hmotnostní ztráty, které nepřekročily hodnotu 0,25 %. Je však třeba uvést, že relativní vlhkost v laboratorních podmínkách neodpovídala výrobní praxi, kdy je ve zracích sklepech udržována na hodnotě cca 85%.

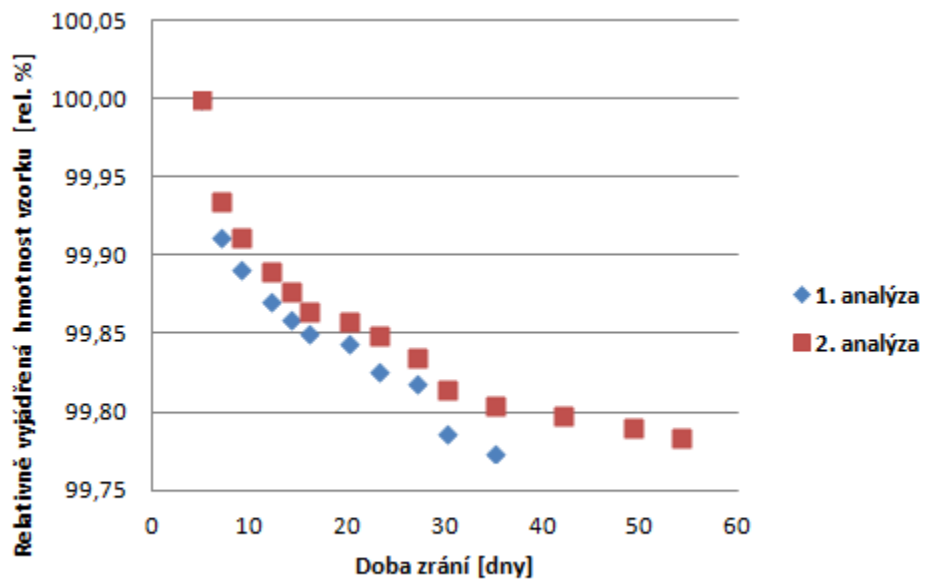
Podmínky pro zrání třetí výroby se pohybovaly v rozmezí teplot 12,0 - 18,2 °C a relativní vlhkosti 37 - 56 %. Analýza hmotnostní ztráty u třetí výroby byla měřena 42. a 64. den zrání. Zrání probíhalo za odlišných podmínek od první a druhé výroby. Lišilo se delší dobou zrání a vyšší teplotou při skladování. Po prvních 6 dnech od výroby byl zřejmý vyšší pokles hmotnosti. Celková ztráta na hmotnosti po 64 dnech činila 0,61 % z hmotnosti původní.

Při porovnání grafického vyjádření hmotnostní ztráty mezi třetí výrobou a výrobami jedna a dvě (Graf 2, 3, 4) je patrný odlišný průběh ztráty hmotnosti po dobu zrání.

Graf 2: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u první výroby sýrů balených do smrštitelné fólie

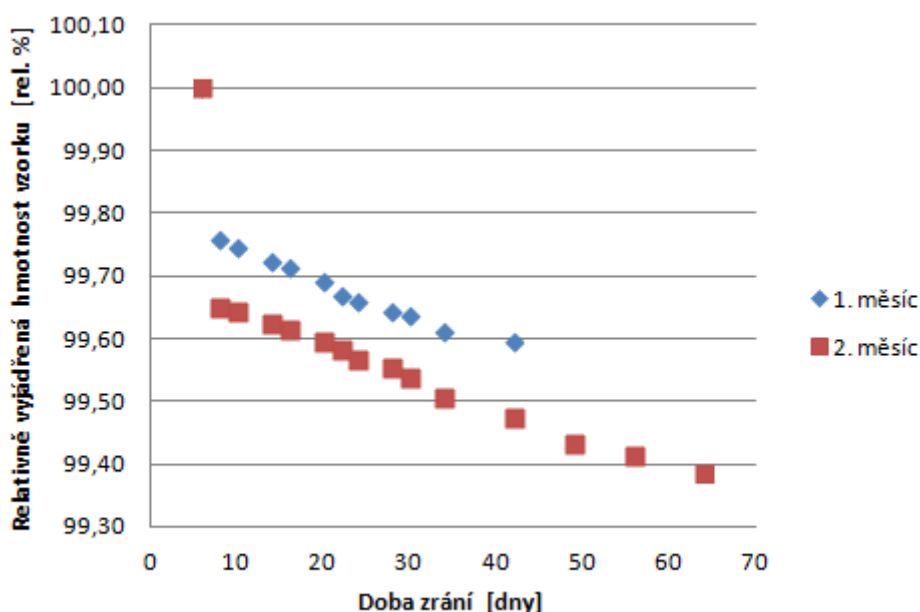


Graf 3: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u druhé výroby sýrů balených do smrštitelné fólie.





Graf 4: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u třetí výroby sýrů balených do smrštitelné fólie.



### 6.1.2 Výsledky sledování obsahu sušiny

Výsledky se stanovovaly z vážení misek před a po sušení. Výsledek byl vyjádřen v procentech. Sušina se stanovovala u všech tří výrob a měření (analýza) byla zjištěna dvakrát. První analýza byla zjištěna 35. den a druhá 54. den od výroby. Změna obsahu sušiny u první a druhé výroby zaznamenala velmi podobný vývoj. Při druhé anlyze byla vždy zjištěna nižší hodnota sušiny než u první analýzy. V případě třetí výroby byl výsledek měření sušiny opačný, tedy v druhé analýze, po 64 dnech, byla zjištěna vyšší hodnota než v případě první anlyzy po 42 dnech. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Stanovení sušiny u sýrů balených ve smrštitelné fólii [%].

Smrštitelná fólie	Sušina [%]	
	1. analýza	2. analýza
1. výroba	<b>56,76 ± 0,66</b>	<b>55,19 ± 0,64</b>
2. výroba	<b>55,22 ± 0,40</b>	<b>54,11 ± 0,42</b>
3. výroba	<b>54,06 ± 0,55</b>	<b>55,04 ± 0,44</b>

### 6.1.3 Změny pH

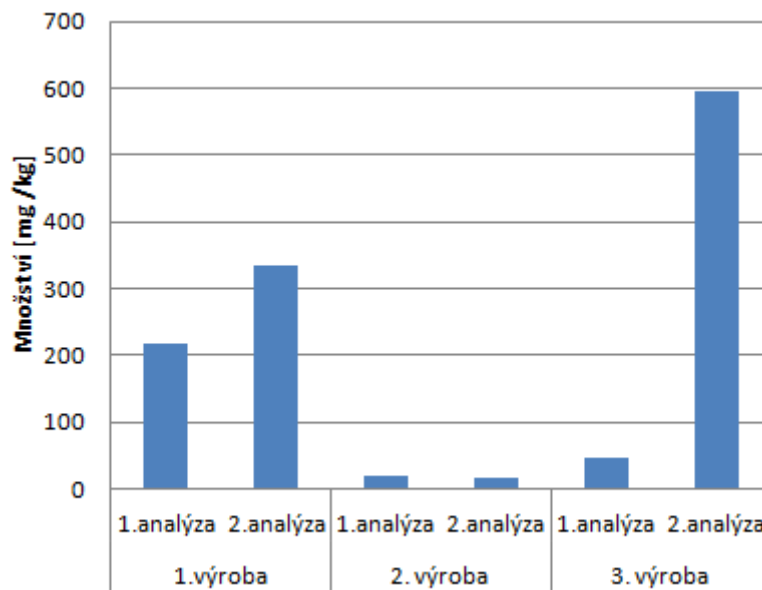
Principem této metody je určení kyselosti nebo zásaditosti vzorku pomocí vpichového pH metru. Měření se provádělo vpichem do homogenizovaného vzorku sýra ve shodných termínech jako tomu bylo u stanovení sušiny. Zjištěné pH u první a druhé výroby dosahovalo obdobných hodnot po první i druhé analýze. V případě třetí výroby však došlo u druhé analýzy po 64 dnech zrání ke zvýšení hodnoty pH ve srovnání s první analýzou po 42 dnech, viz. tabulka 5.

Tabulka 5: Stanovení pH u sýrů balených ve smrštitelné fólii.

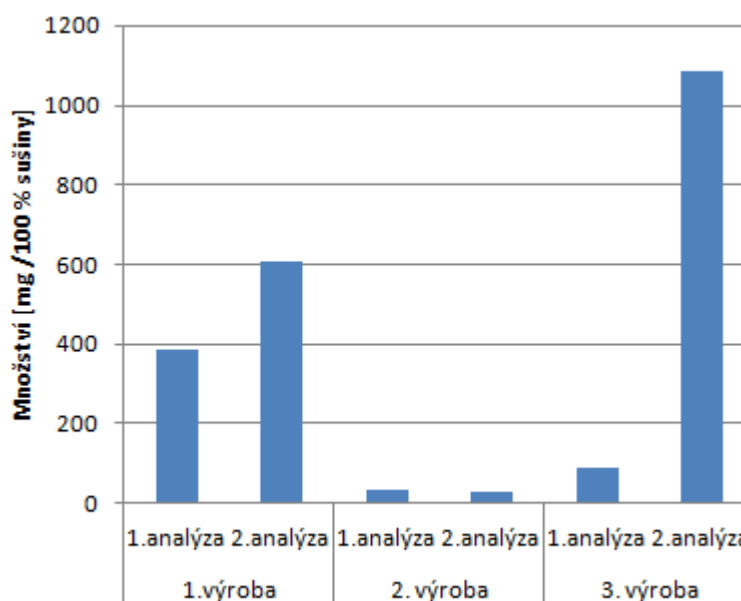
výroba	analýza	vzorek	průměr pH
1. výroba	1. analýza (35 dní zrání)	PK1	5,04 ± 0,01
		PK3	4,98 ± 0,01
	2. analýza (54 dní zrání)	PK2	4,95 ± 0,01
		PK4	5,04 ± 0,01
2. výroba	1. analýza (35 dní zrání)	VK1	4,96 ± 0,01
		VK3	4,98 ± 0,01
	2. analýza (54 dní zrání)	VK2	4,99 ± 0,02
		VK4	4,97 ± 0,01
3. výroba	1. analýza (42 dní zrání)	K1	4,98 ± 0,01
		K3	4,97 ± 0,01
	2. analýza (64 dní zrání)	K2	5,24 ± 0,02
		K4	5,19 ± 0,01

### 6.1.4 Obsah biogenních aminů

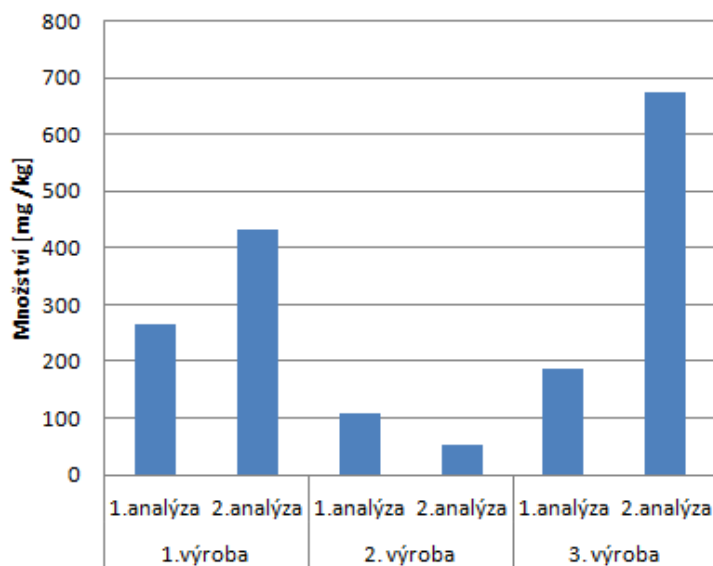
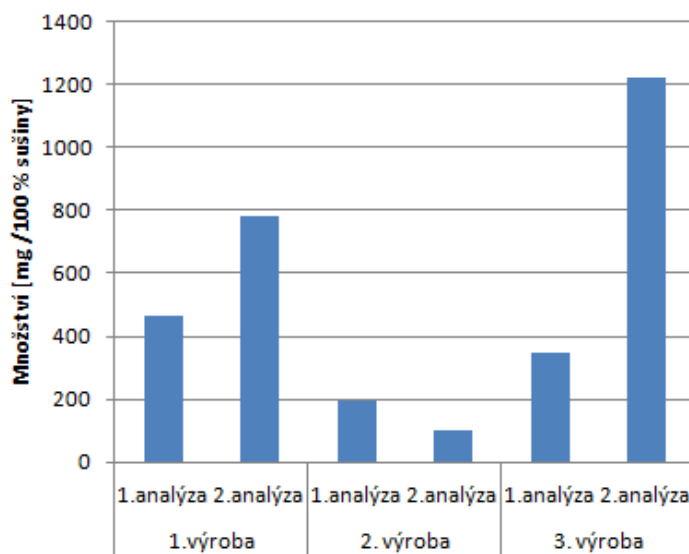
Extrakce aminů byla provedena navážením vzorků do hliníkového kelímku. Extrakci předcházela lyofilizace vzorků. Detekce biogenních aminů byla stanovena s použitím systému HPLC. Z osmi sledovaných biogenních aminů byly v kontrolních vzorcích detekovány pouze putrescin, tyramin, spermidin a spermin. Ani v jednom případě analyzovaných vzorků nebyly naměřeny žádné hodnoty u biogenních aminů tyramin, kadaverin, fenyletylamin a tryptofan.

Graf 5: Obsah putrescinu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).

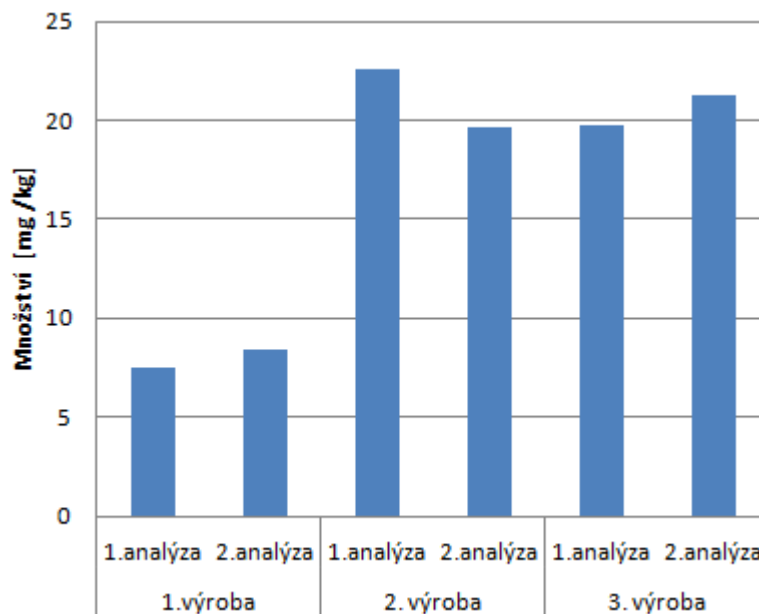
Graf 6: Obsah putrescinu v mg na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).



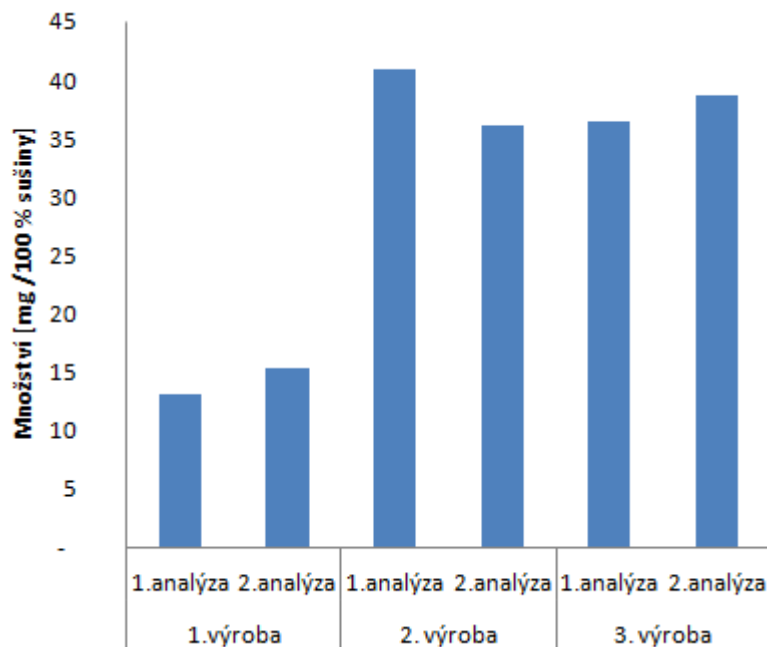
Z grafů 5 a 6 je zřejmé, že nejvyšší obsah putrescinu byl naměřen u třetí výroby při druhé analýze po 64 dnech zrání. Přestože první a druhá výroba probíhala za srovnatelných podmínek, zjištěné hodnoty se velmi lišily. Množství putrescinu v čerstvé hmotě i v přepočtu 100 % sušiny odpovídalo shodnému vývoji.

Graf 7: Obsah tyraminu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).Graf 8: Obsah tyraminu v  $\text{mg}$  na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).

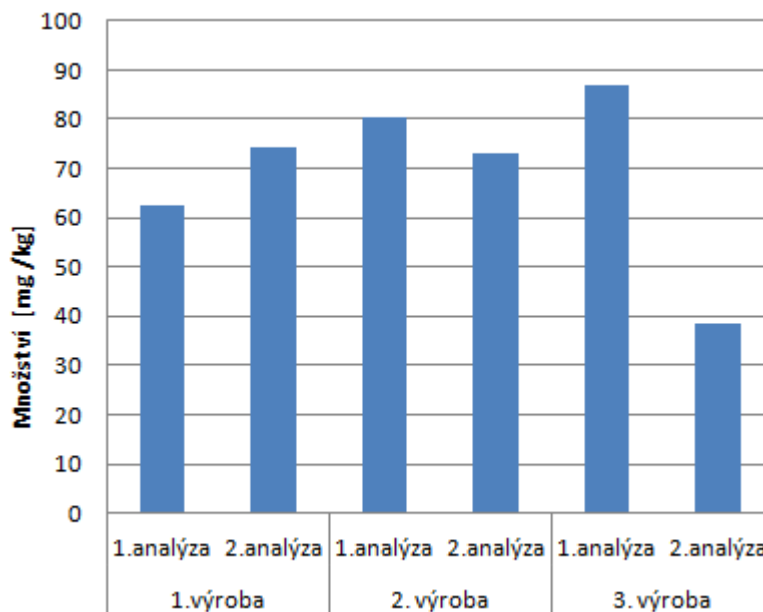
Z grafů 7 a 8 vyplývá, že nejvyšší obsah tyraminu byl naměřen u třetí výroby při druhé analýze po 64 dnech zrání. Přestože první a druhá výroba probíhala za srovnatelných podmínek, zjištěné hodnoty se velmi lišily. Množství tyraminu v čerstvé hmotě i v přepočtu 100 % sušiny odpovídalo shodnému vývoji.

Graf 9: Obsah spermidinu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (smržitelná fólie).

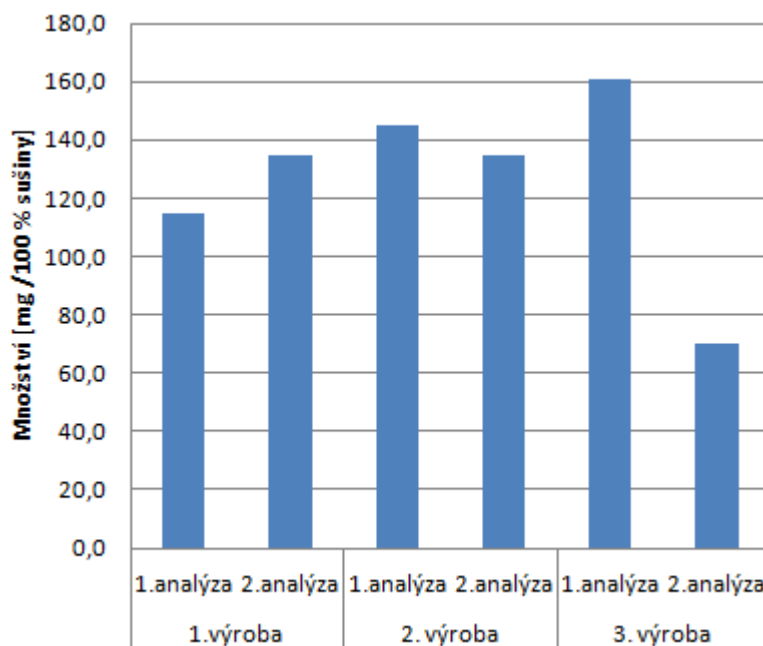
Graf 10: Obsah spermidinu v mg na 100 % sušiny vzorku (smržitelná fólie).



Při srovnání jednotlivých výroba byly zjištěny odlišné hodnoty obsahu spermidinu. Také u spermidinu lze pozorovat shodný vývoj naměřených hodnot v čerstvé hmotě i v přepočtu 100 % sušiny. (Graf 9, 10)

Graf 11: Obsah sperminu v  $\text{mg.kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).

Graf 12: Obsah sperminu v mg na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).



Obsah sperminu se pohyboval u všech tří výroby v rozsahu 114,8 - 160,5 mg na 100 % sušiny. Výjimkou je třetí výroba, u které došlo po 64 dnech zrání k velkému poklesu obsahu z původní hodnoty 160,5 na 70,0 mg na 100 % sušiny. U sperminu lze opět pozorovat obdobný vývoj naměřených hodnot v čerstvé hmotě i v přepočtu 100 % sušiny.

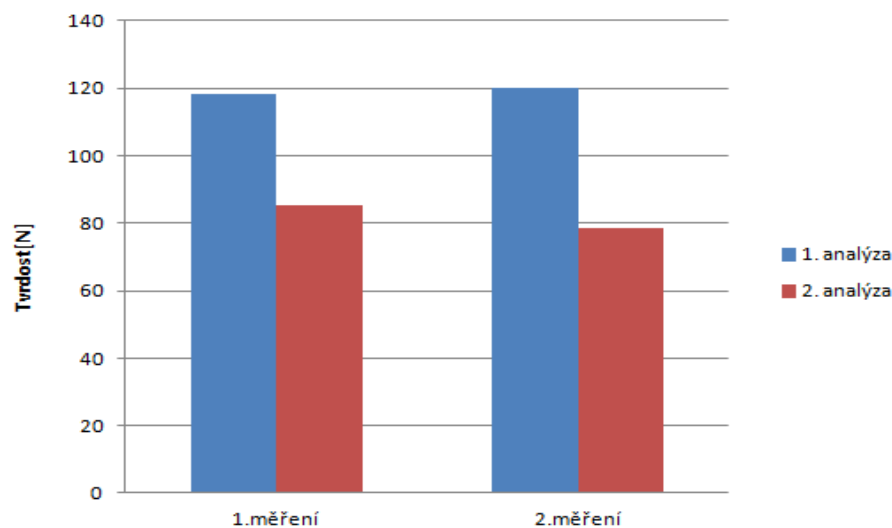
(Graf 11, 12)

### 6.1.5 Texturní parametry

Analyzátor textury TA.XT byl použit pro hodnocení vybraných texturních vlastností. První sledovaná vlastnost byla tvrdost. Za ukazatel tvrdosti je považována maximální hodnota píku síly během první komprese.

Vhodné kompresní podmínky pro stanovení texturních vlastností byly pouze u druhé výroby. U první a třetí výroby stanovení textury nebylo možné vyhodnotit, protože hodnoty komprese nebyly identické. Měření po 35 a následně po 54 dnech zrání bylo provedeno dvakrát. Výsledné hodnoty 1. a 2. měření byly obdobné. Z měření je evidentní, že s dobou zrání u sýrů balených ve smrštitelné fólii dochází k poklesu tvrdosti.

Graf 13: Změny tvrdosti během zrání (druhá výroba smrštitelná fólie).

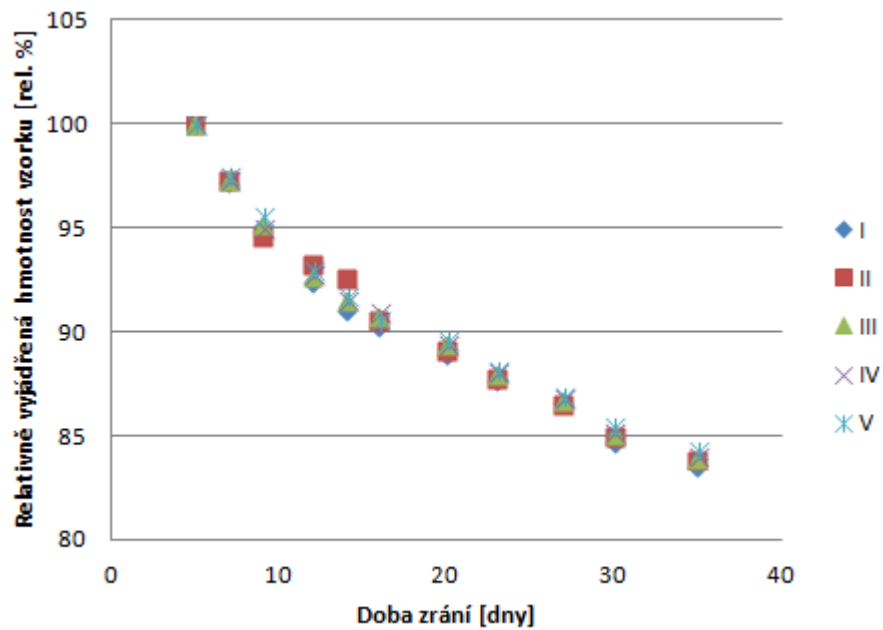


Další měřené parametry sýrů byly přilnavost a soudržnost. Hodnoty přilnavosti byly naměřeny v rozsahu od 1,743 až 5,838 J, přičemž hodnoty rostly přímo úměrně v čase s dobou zrání. Hodnoty soudržnosti se pohybovaly od 0,725 do 0,781. Z hodnot nevyplývají změny soudržnosti v čase po dobu zrání. U sýrů balených ve smrštitelné fólii je z naměřených texturních vlastností průkazný nárůst přilnavosti, pokles tvrdosti a neprůkazný trend u soudržnosti v čase s dobou zrání.

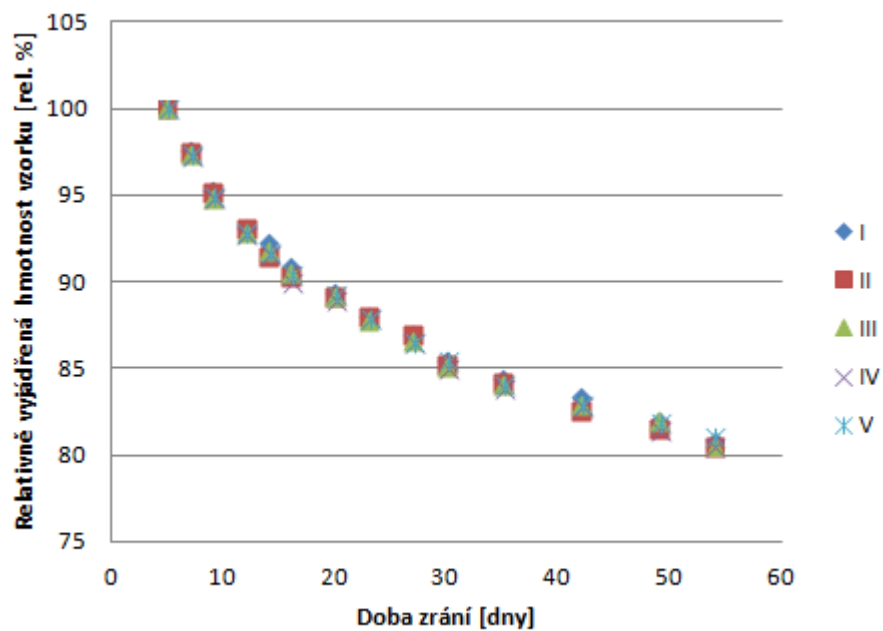
## 6.2 Výsledky měření sýrů balených polymerním nátěrem Plasticoat

### 6.2.1 Hmotnostní ztráty

Graf 14: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u první výroby, první analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat.



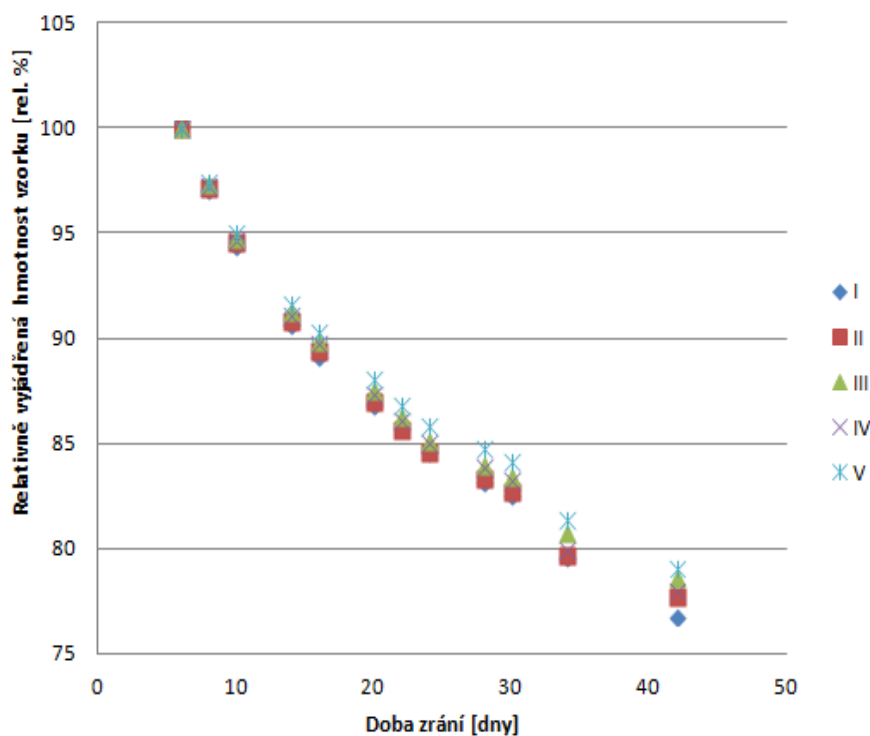
Graf 15: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u první výroby, druhé analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat.



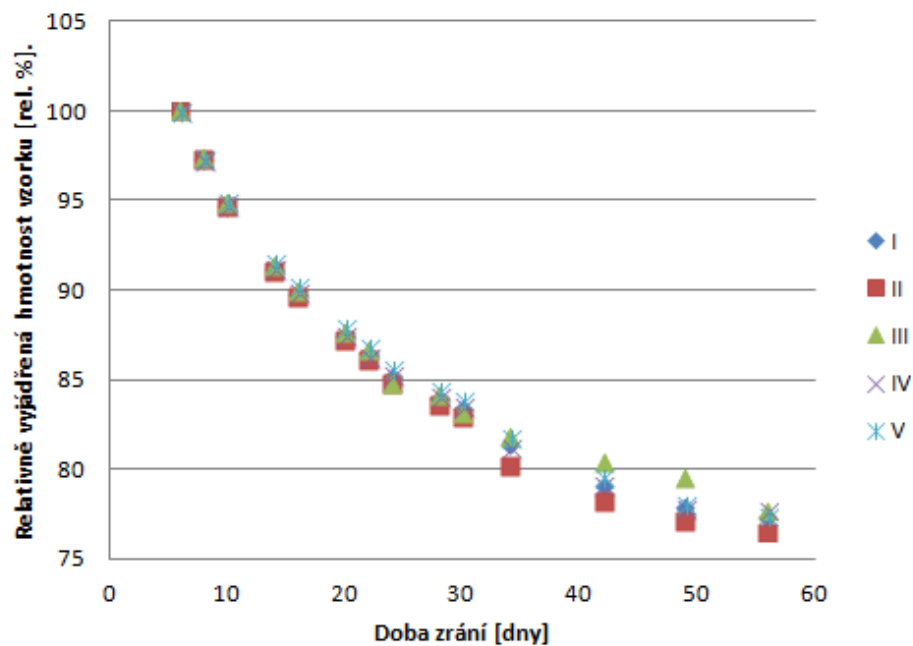


Z grafického vyjádření naměřených hodnot u první výroby po první a druhé analýze je zřejmé, že při obou měřeních docházelo k obdobnému poklesu hmotnosti. U první analýzy bylo měření ukončeno po 35 dnech zrání a hmotnostní ztráta činila 15,68 - 16,44 % . U druhé analýzy byla hmotnostní ztráta po 35 dnech také více jak 15%, přičemž měření pokračovalo až do 54. dne zrání. Po tomto časovém období byl pokles již 18,97 - 19,53 % . Z obou grafů je evidentní, že k největšímu poklesu hmotnosti docházelo do dvacátého dne měření.

Graf 16: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u třetí výroby, první analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat



Graf 17: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u třetí výroby, druhé analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat.



Z grafického vyjádření naměřených hodnot u třetí výroby po první a druhé analýze je zřejmé, že při obou měřeních docházelo k obdobnému poklesu hmotnosti. U první analýzy bylo měření ukončeno po 42 dnech zrání a hmotnostní ztráta činila 20,93 - 23,21 %. U druhé analýzy byla hmotnostní ztráta po 42 dnech také více jak 20 %, přičemž měření dle pokračovalo až do 64 dne zrání. Po tomto časovém intervalu byl pokles již v rozmezí 23,00 - 24,03 %.

### 6.2.2 Výsledky sledování obsahu sušiny

U první výroby byly naměřené hodnoty sušiny po 35 dnech zrání (1. analýza) v rozpětí  $77,19 \pm 1,80$  % až  $79,47 \pm 0,29$  %. Vliv počtu nátěrových vrstev obalu Plasticoat na obsah sušiny nebyl průkazný. Při měření po 54 dnech dosáhly hodnoty sušiny rozpětí  $79,06 \pm 2,73$  % až  $82,98 \pm 0,63$  %. Jednoznačně s dobou zrání roste úměrně i obsah sušiny. U třetí výroby bylo měření prováděno po 42 a 64 dnech a naměřené hodnoty potvrdily výsledky první výroby: počet vrstev nátěru obalových vrstev neměl průkazný vliv na obsah sušiny. Měření u třetí výroby také potvrdilo nárůst sušiny úměrně s dobou zrání. Po 64 dnech byla naměřena maximální hodnota  $85,01 \pm 0,14$  % sušiny. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Stanovení sušiny u sýrů balených ve zracích obalech Plasticoat [%].

Plasticoat	vrstvy	Sušina [%]	
		1. analýza	2. analýza
1. výroba	I.	$79,47 \pm 0,29$	$79,06 \pm 2,73$
	II.	$77,26 \pm 0,71$	$81,24 \pm 0,31$
	III.	$77,19 \pm 1,80$	$82,29 \pm 0,99$
	IV.	$77,48 \pm 1,47$	$82,98 \pm 0,63$
	V.	$78,45 \pm 0,97$	$82,73 \pm 0,12$
3. výroba	I.	$76,82 \pm 0,25$	$83,12 \pm 1,70$
	II.	$76,27 \pm 0,42$	$83,94 \pm 0,54$
	III.	$76,16 \pm 1,58$	$83,71 \pm 0,37$
	IV.	$77,19 \pm 0,10$	$85,01 \pm 0,14$
	V.	$76,32 \pm 0,49$	$84,01 \pm 0,68$

### 6.2.3 Změny pH

Zjištěné pH u první výroby po první analýze dosáhlo hodnot  $5,00 \pm 0,01$  až  $5,07 \pm 0,01$ , u druhé analýzy se hodnoty snížily na rozpětí  $4,92 \pm 0,01$  až  $5,02 \pm 0,01$ . Vliv počtu nátěrových vrstev obalu Plasticoat na pH nebyl průkazný. S dobou zrání došlo k mírnému poklesu pH. U třetí výroby výsledky měření nepotvrdily trend poklesu pH z první výroby. V případě třetí výroby naopak došlo ke zvýšení pH po druhé analýze. Po 64 dnech dosáhla hodnota pH rozmezí  $5,18 \pm 0,01$  až  $5,24 \pm 0,06$  na rozdíl od zjištěného pH po 42 dnech zrání v rozmezí  $4,97 \pm 0,01$  až  $5,05 \pm 0,02$ . Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.

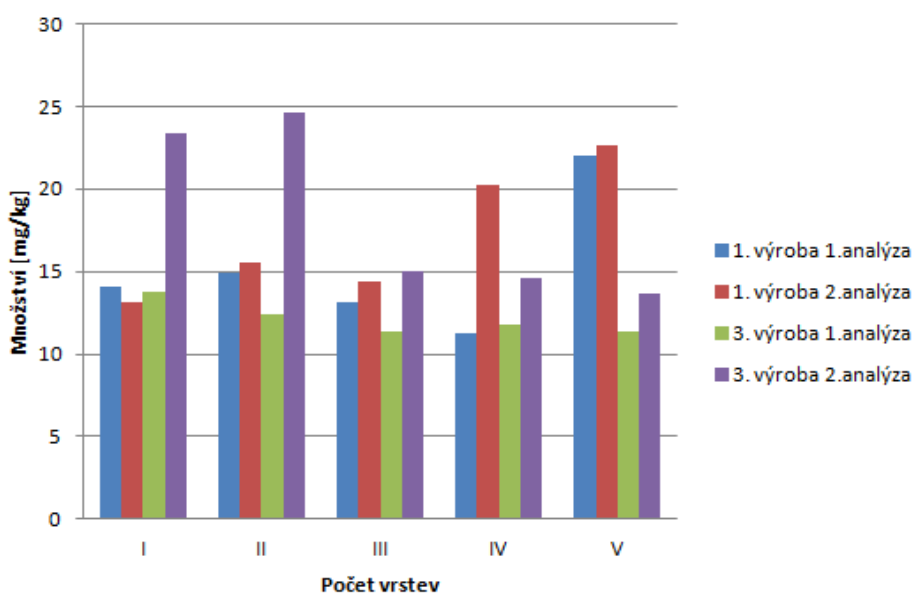
Tabulka 7: Stanovení pH u sýrů balených ve zracích obalech Plasticoat.

výroba	analýza	vrstvy	pH
1. výroba	1. analýza (35 dní zrání)	I-1	5,07 ± 0,01
		I-3	5,05 ± 0,01
		II-1	5,05 ± 0,01
		II-3	5,05 ± 0,04
		III-1	5,03 ± 0,01
		III-3	5,07 ± 0,01
		IV- 1	5,01 ± 0,01
		IV-3	5,06 ± 0,01
		V-1	5,00 ± 0,01
	V-3	5,04 ± 0,01	
	2. analýza (54 dní zrání)	I-2	4,99 ± 0,01
		I-4	4,97 ± 0,01
		II-2	4,97 ± 0,01
		II-4	4,97 ± 0,01
		III-2	4,97 ± 0,01
		III-4	5,02 ± 0,01
		IV- 2	4,92 ± 0,01
		IV-4	4,94 ± 0,01
V-2		4,93 ± 0,01	
V-4	4,95 ± 0,01		
3. výroba	1. analýza (42 dní zrání)	I-1	5,05 ± 0,02
		I-3	4,98 ± 0,01
		II-1	4,97 ± 0,01
		II-3	4,97 ± 0,01
		III-1	4,98 ± 0,01
		III-3	4,98 ± 0,01
		IV- 1	4,93 ± 0,04
		IV-3	4,98 ± 0,01
		V-1	5,00 ± 0,01
	V-3	4,85 ± 0,01	
	2. analýza (64 dní zrání)	I-2	5,24 ± 0,06
		I-4	5,20 ± 0,01
		II-2	5,22 ± 0,03
		II-4	5,19 ± 0,01
		III-2	5,18 ± 0,01
		III-4	5,22 ± 0,02
		IV- 2	5,21 ± 0,01
		IV-4	5,22 ± 0,01
V-2		5,22 ± 0,01	
V-4	5,20 ± 0,01		

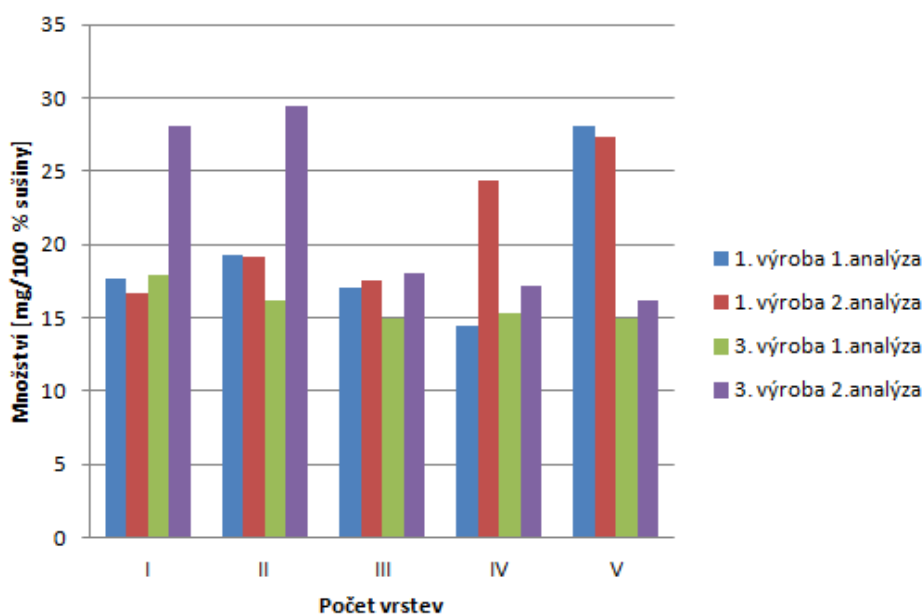
#### 6.2.4 Obsah biogenních aminů

Z grafického vyjádření obsahu putrescinu lze odvodit, že počet nátěrových vrstev zračního obalu Plasticoat neměl průkazný vliv na obsah putrescinu. Hodnoty jednotlivých měření oscilovaly kolem 16 mg ve 100 % sušiny, přičemž minimální zjištěná hodnota byla 14,50 mg ve 100 % sušiny a maximální hodnota 29,40 mg ve 100 % sušiny. V případě čerstvé hmoty vzorku sýra byl obsah putrescinu naměřen  $11,2 \pm 0,7$  až  $24,7 \pm 1,7$  mg.kg<sup>-1</sup>.

Graf 18: Obsah putrescinu v mg kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).

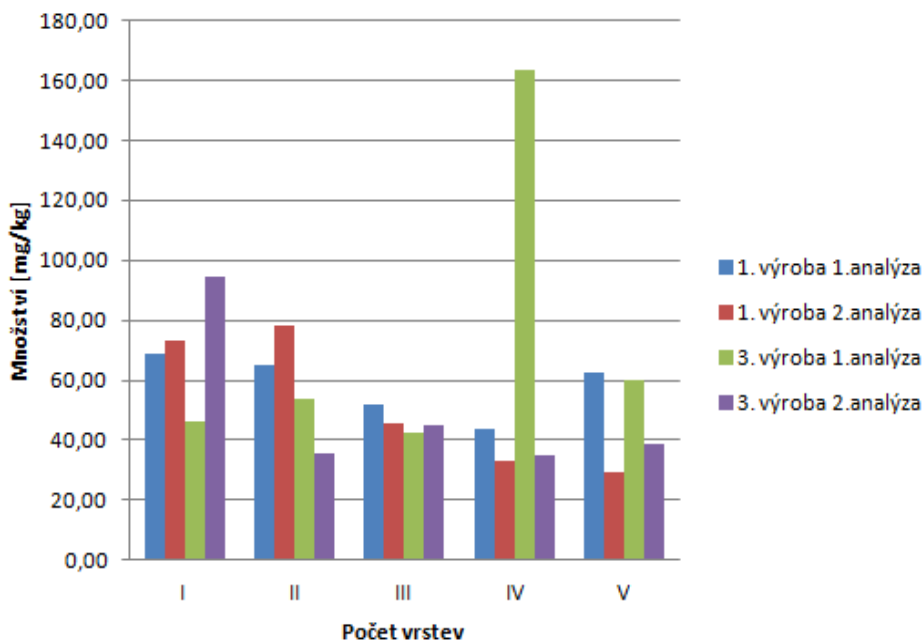


Graf 19: Obsah putrescinu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).

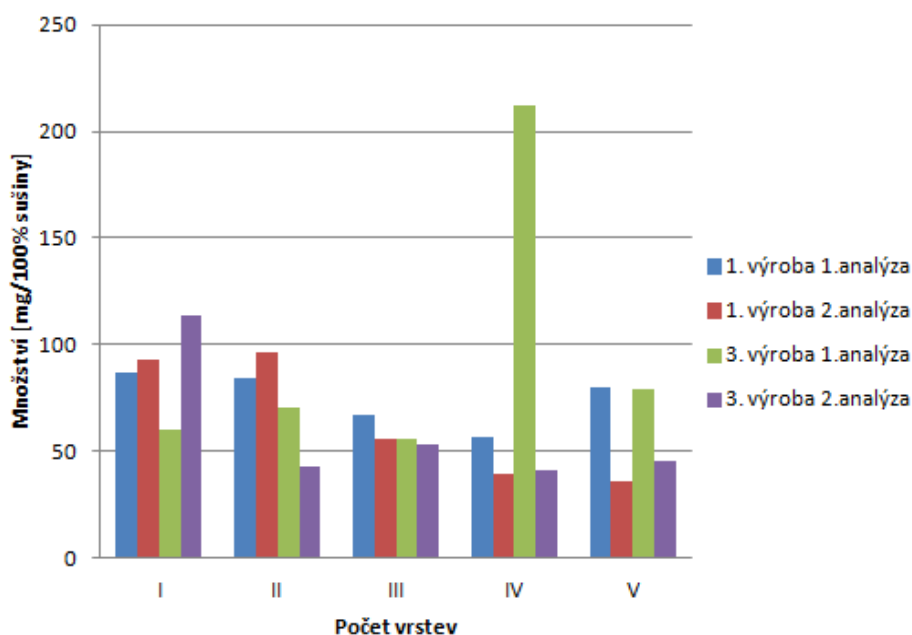


Z grafického vyjádření obsahu tyraminu je patrné, že při měření obsahu tyraminu v čerstvé hmotě vzorku sýra i ve 100 % sušiny měly naměřené hodnoty spíše klesající trend v závislosti na počtu vrstev Plasticoatu. Při jednom z měření u vzorku se čtyřmi nátěrovými vrstvami byla zjištěna nestandardní naměřená hodnota, která více než čtyřikrát překročila standardně naměřené hodnoty, viz graf 20, 21.

Graf 20: Obsah tyraminu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).

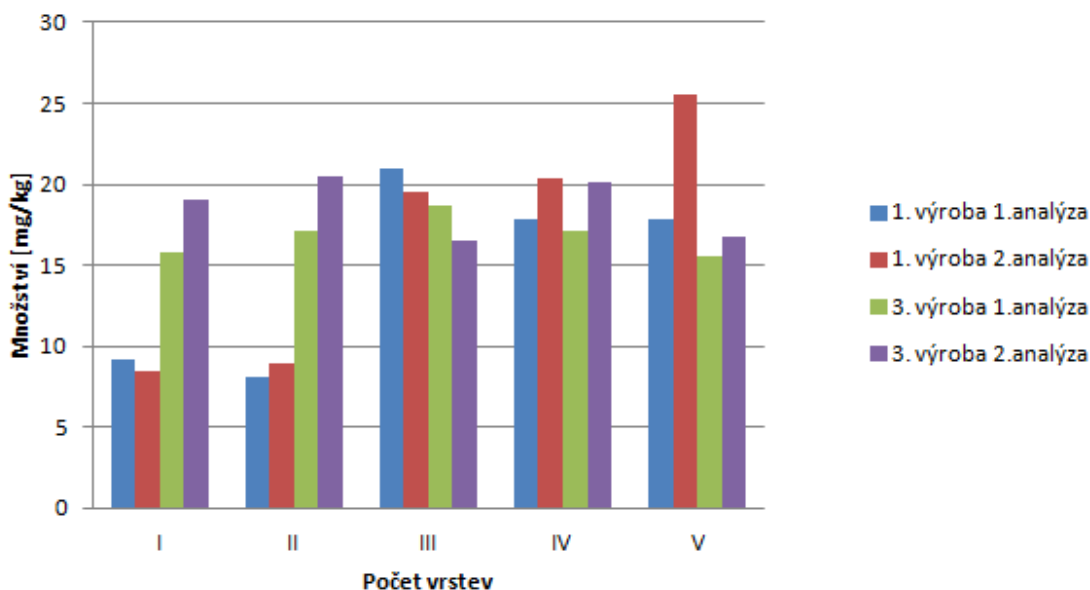


Graf 21: Obsah tyraminu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).

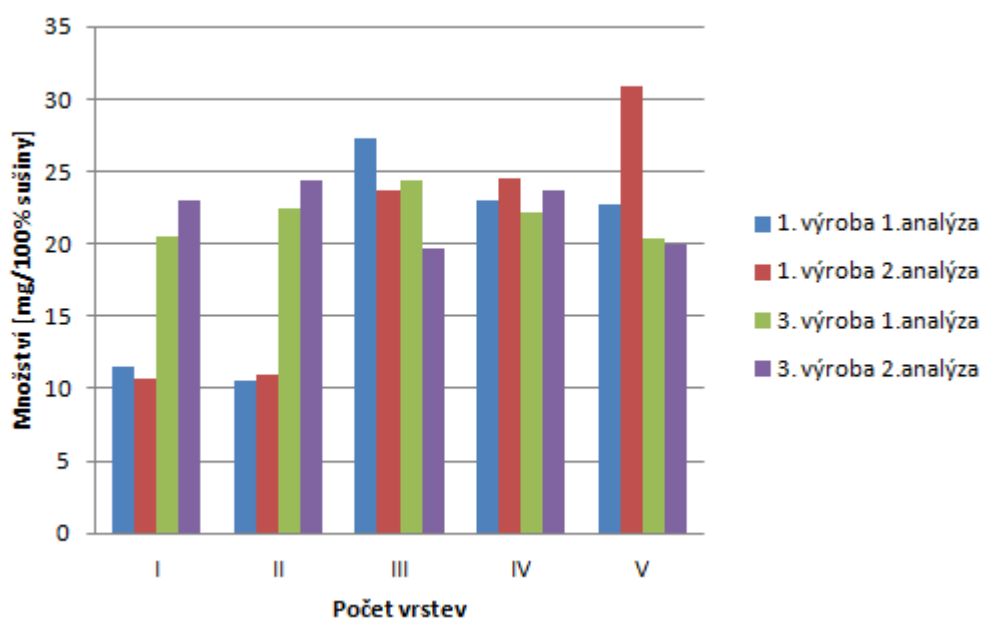


Obsah spermidinu v čerstvé hmotě vzorku sýra se pohyboval od  $8,13 \pm 0,5$  -  $25,6 \pm 1,4$   $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Obsah spermidinu ve 100 % sušiny vzorku byl odvozen v rozpětí od 10,5 mg - 30,9 mg. Průkazná souvislost mezi počtem vrstev a obsahem spermidinu nebyla zjištěna a z grafického znázornění není patrná.

Graf 22: Obsah spermidinu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).

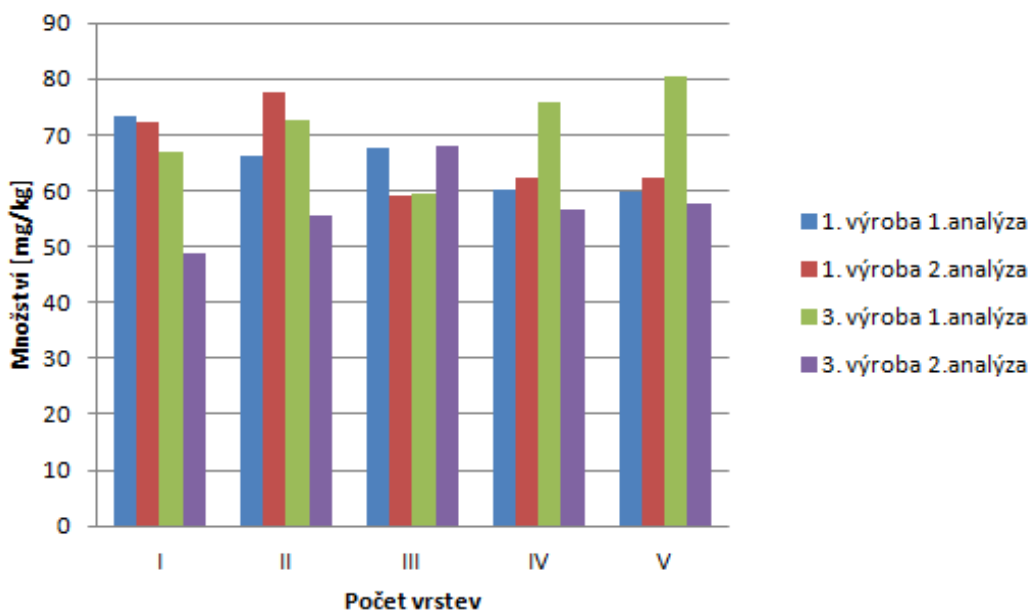


Graf 23: Obsah spermidinu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).

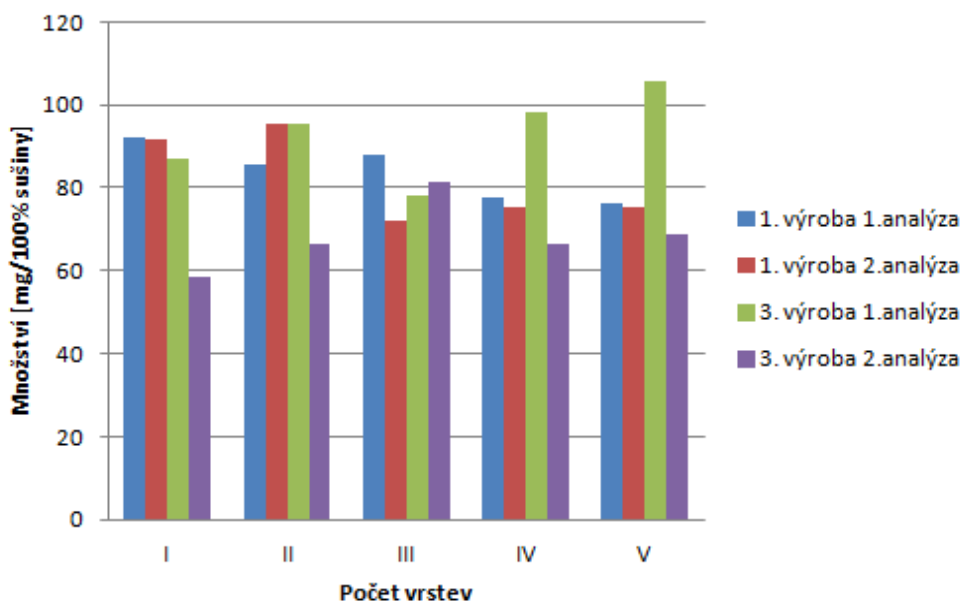


Obsah sperminu v čerstvé hmotě vzorku sýra se pohyboval od  $48,8 \pm 3,7$  -  $80,6 \pm 5,4$   $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Obsah sperminu ve 100 % sušiny vzorku byl odvozen v rozpětí od 58,7 mg - 105,6 mg. Průkazná souvislost mezi počtem vrstev a obsahem sperminu nebyla zjištěna a z grafického znázornění není patrná, viz graf (24, 25). Při srovnání obsahu všech prokázaných biogenních aminů byly zjištěny nejvyšší hodnoty u sperminu a naopak nejnižší u obsahu tyraminu.

Graf 24: Obsah sperminu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).



Graf 25: Obsah sperminu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat)



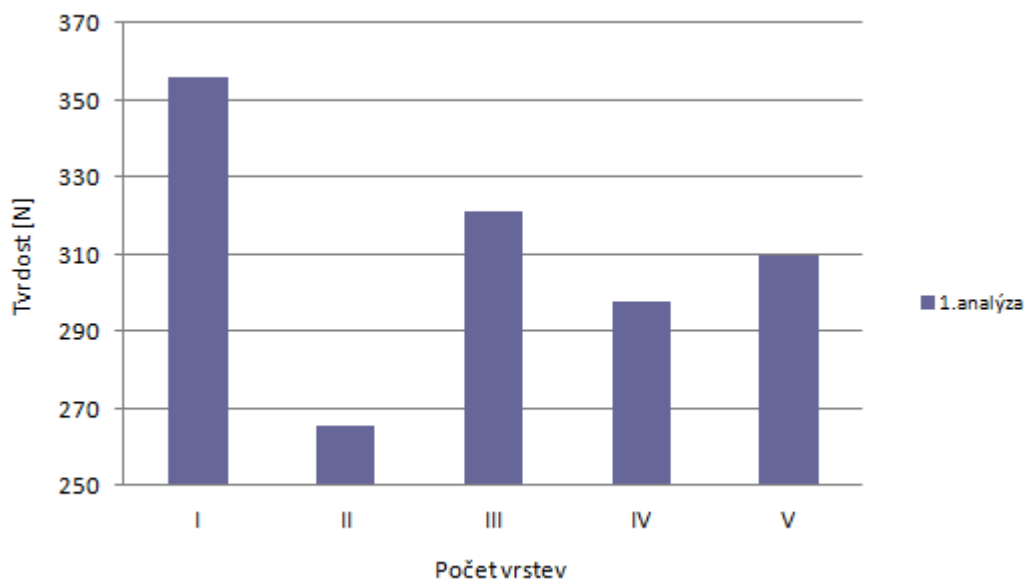


### 6.2.5 Texturní parametry

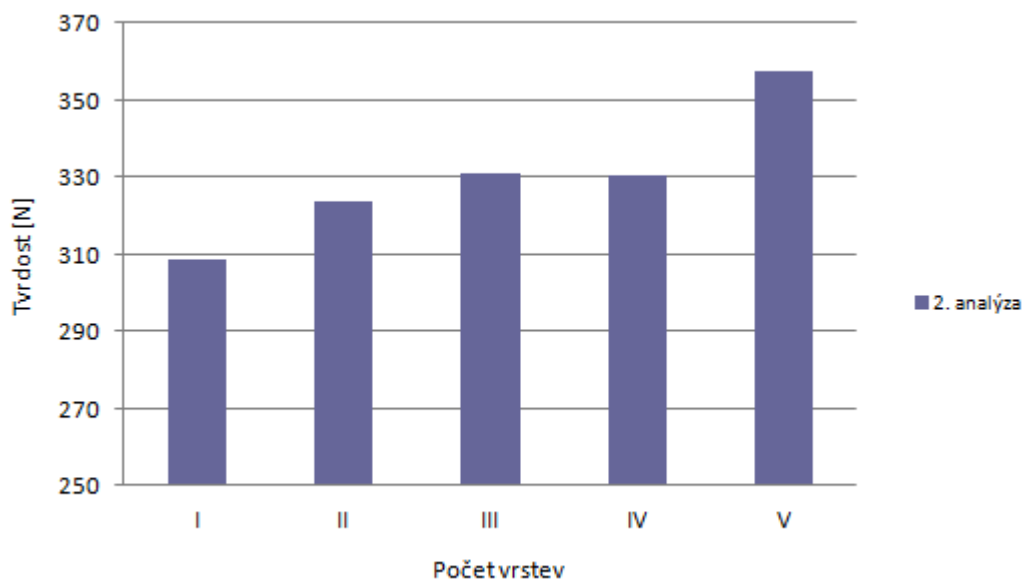
Základní rozdíl mezi grafy 26 a 27, tedy mezi první a druhou analýzou, je v použité kompresi. Důvodem rozdílu 25 % vs. 10 % použité komprese byla nutnost zohlednění zvýšené sušiny analyzovaných vzorků.

Zjištěné hodnoty tvrdosti v případě první analýzy byly v rozpětí hodnot  $265,701 \pm 68,080$  N až  $356,034 \pm 12,474$  N. Nejnižší hodnota byla naměřena u vzorků sýrů s dvěma nátěrovými vrstvami. Jako další texturní parametr byla stanovena přilnavost. Všechny vzorky dosahovaly minimálních hodnot v rozsahu od 0,003 až do 0,018 J, tedy zcela zanedbatelné hodnoty. Třetí stanovená texturní vlastnost byla soudržnost. Dosažené hodnoty byly v rozsahu 0,804 - 0,863.

*Graf 26: Změny tvrdosti během zrání u třetí výroby, první analýzy sýrů balených do zracích obalů Plasticoat s použitou kompresí 25 %.*



Graf 27: Změny tvrdosti během zrání u třetí výroby, druhé analýzy sýrů balených do zracích obalů Plasticoat s použitou kompresí 10 %.



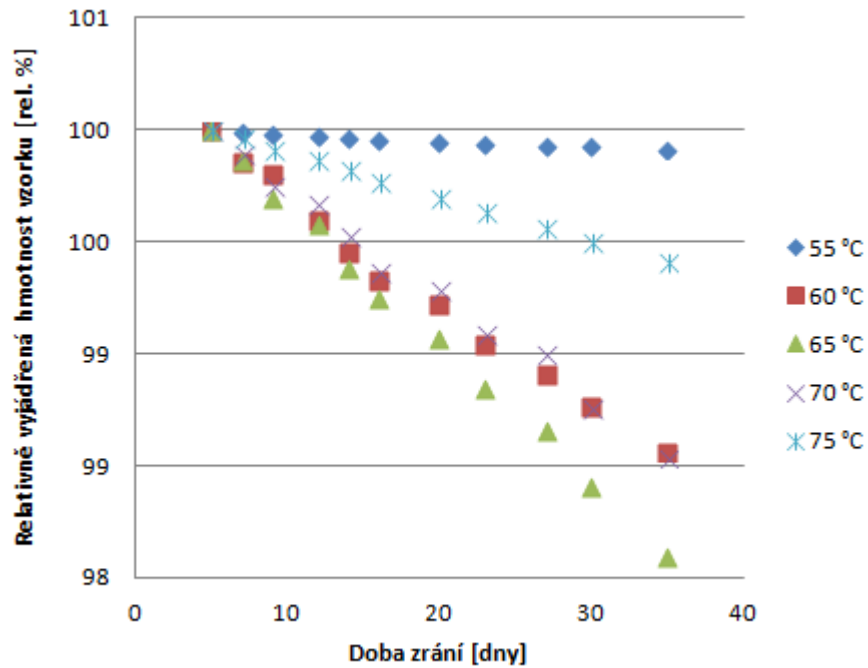
Zjištěné hodnoty tvrdosti v případě druhé analýzy u sýrů zrajících 64 dnů byly naměřeny v rozpětí hodnot  $308,915 \pm 21,106$  -  $357,681 \pm 14,871$  N při použité kompresi 10 %. Z grafu 27 vyplývá, že s počtem použitých nátěrových vrstev se zvyšovala tvrdost. Druhým měřeným texturním parametrem byla přilnavost. U druhé analýzy všechny vzorky dosahovaly zcela zanedbatelných nulových hodnot. Třetí stanovená texturní vlastnost byla soudržnost. Dosažené hodnoty byly naměřeny v rozsahu 0,885 - 0,920.

### 6.3 Výsledky měření u sýrů balených do potravinářského vosku

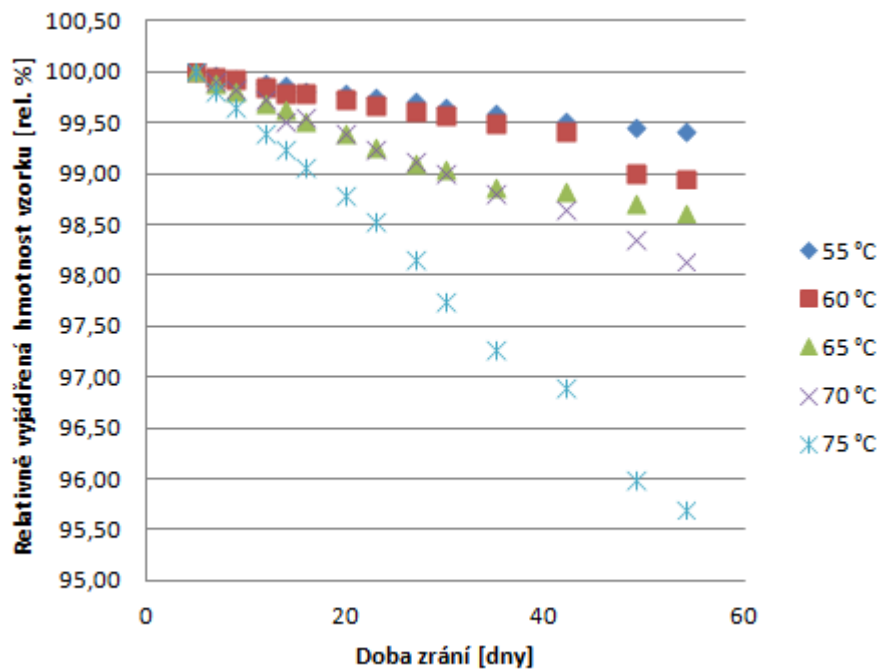
#### 6.3.1 Hmotnostní ztráty

Hmotnostní ztráty byly měřeny u první analýzy po 35 dnech ode dne výroby. Naměřené hodnoty byly závislé od teploty použitého vosku pro balení sýrů. Zjištěné ztráty byly v rozmezí 0,08 - 1,9 %. Nejnižší hmotnostní ztráty byly naměřeny u vosku zahřátého na nejnižší teplotu 55 °C. Nejvyšší úbytek hmotnosti byl zaznamenán u vosku zahřátého na 65 °C. Druhá analýza byla provedena po 54 dnech od výroby, přičemž zde byl zjištěn nejnižší hmotnostní úbytek při 55 °C a nejvyšší u vosku zahřátého na 75°C. Hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,59 až 4,29 %. U druhé analýzy narůstal úbytek hmotnosti úměrně s teplotou použitého potravinářského vosku.

Graf 28: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u druhé výroby, první analýzy u sýrů balených do zracího obalu potravinářský vosk.



Graf 29: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u druhé výroby, druhé analýzy u sýrů balených do zracího obalu potravinářský vosk.



### 6.3.2 Výsledky sledování obsahu sušiny

Hodnoty sušiny u sýrů balených v potravinářském vosku se pohybovaly v obou analýzách v rozmezí  $54,77 \pm 2,94$  až  $56,09 \pm 1,01$ %. Přímá souvislost mezi teplotou zahřátého potravinářského vosku a naměřenými hodnotami zde není evidentní.

Tabulka 8: Stanovení sušiny u sýrů balených v potravinářském vosku [%].

Potravinářský vosk	sušina [%]	
	1. analýza	2. analýza
55°C	<b><math>55,18 \pm 0,36</math></b>	<b><math>55,26 \pm 1,40</math></b>
60°C	<b><math>55,24 \pm 1,26</math></b>	<b><math>54,97 \pm 0,40</math></b>
65°C	<b><math>54,78 \pm 2,64</math></b>	<b><math>55,78 \pm 0,18</math></b>
70°C	<b><math>56,09 \pm 1,01</math></b>	<b><math>54,85 \pm 0,79</math></b>
75°C	<b><math>55,03 \pm 0,80</math></b>	<b><math>54,77 \pm 2,94</math></b>

### 6.3.3 Změny pH

Naměřené hodnoty pH u první a druhé analýzy při různých teplotách použitého vosku dosahovaly hodnot od  $4,63 \pm 0,01$  do  $5,08 \pm 0,01$ . Z výsledných hodnot v tabulce 9 není patrná zřejmá změna pH s ohledem na teplotu použitého potravinářského vosku ani s ohledem na dobu zrání, kdy bylo měření provedeno.

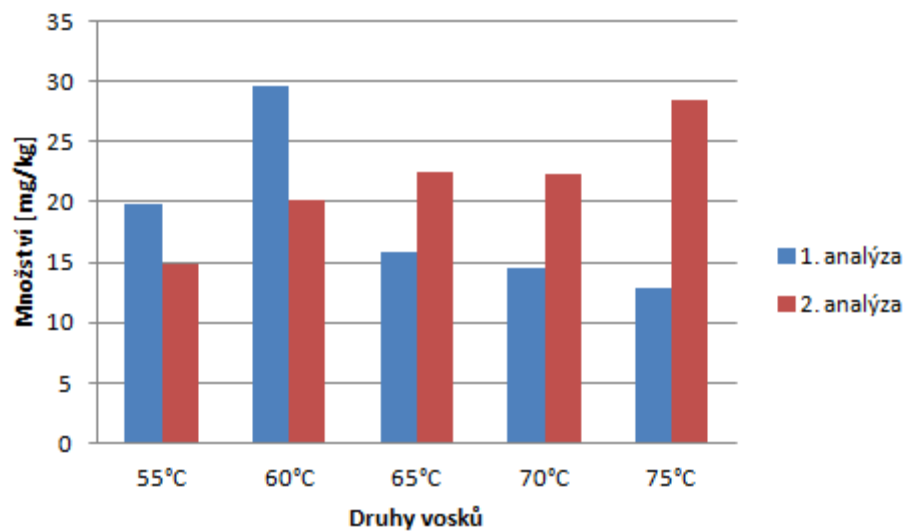
Tabulka 9: Stanovení pH u sýrů balených v potravinářském vosku

Potravinářský vosk	analýza	vzorek	pH
2. výroba	1. analýza	55°C 1	5,01 ± 0,01
		55°C 3	4,99 ± 0,01
		60°C 1	5,14 ± 0,01
		60°C 3	5,01 ± 0,01
		65°C 1	4,83 ± 0,01
		65°C 3	4,98 ± 0,01
		70°C 1	5,06 ± 0,01
		70°C 3	4,96 ± 0,01
		75°C 1	5,08 ± 0,01
		75°C 3	4,99 ± 0,01
	2. analýza	55°C 2	5,05 ± 0,01
		55°C 4	5,04 ± 0,01
		60°C 2	5,05 ± 0,01
		60°C 4	5,02 ± 0,01
		65°C 2	4,98 ± 0,01
		65°C 4	4,99 ± 0,01
		70°C 2	4,96 ± 0,01
		70°C 4	4,83 ± 0,01
75°C 2	4,63 ± 0,01		
75°C 4	4,98 ± 0,01		

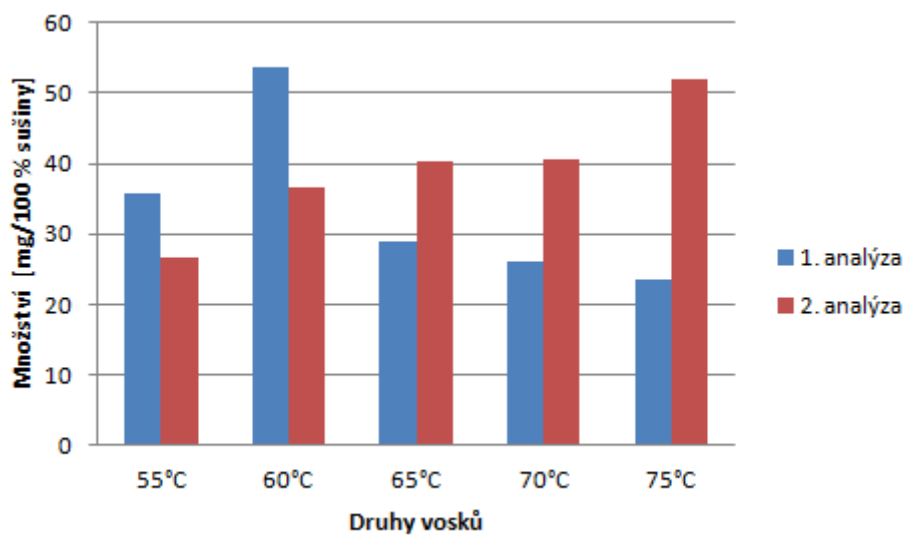
#### 6.3.4 Obsah biogenních aminů

Obsah putrescinu v mg čerstvé homoty sýra nebo ve 100 % sušiny vzorků dosahoval v první analýze stabilně obdobných hodnot, které nebyly přímo závislé od teploty použitého potravinářského vosku. Stejně tak tomu bylo i u druhé analýzy, která probíhala po 54 dnech od výroby sýra. Hodnoty putrescinu v čerstvé hmotě sýra byly naměřeny u první analýzy po 34 dnech v rozsahu  $12,9 \pm 0,8$  -  $29,6 \pm 2,4$  mg.kg<sup>-1</sup> a u druhé analýzy v rozmezí  $14,8 \pm 0,8$  -  $28,5 \pm 1,5$  mg.kg<sup>-1</sup>. Hodnoty putrescinu v mg na 100 % sušiny se pohybovaly u první analýzy v rozpětí 23,52 až 28,8 mg na 100% sušiny, v případě druhé analýzy dosáhly tyto hodnoty rozpětí 26,8 až 52,0. mg. Při měření po 54 dnech bylo zjištěno, že při teplotách použitého vosku 65°C a výše docházelo k nárůstu obsahu putrescinu.

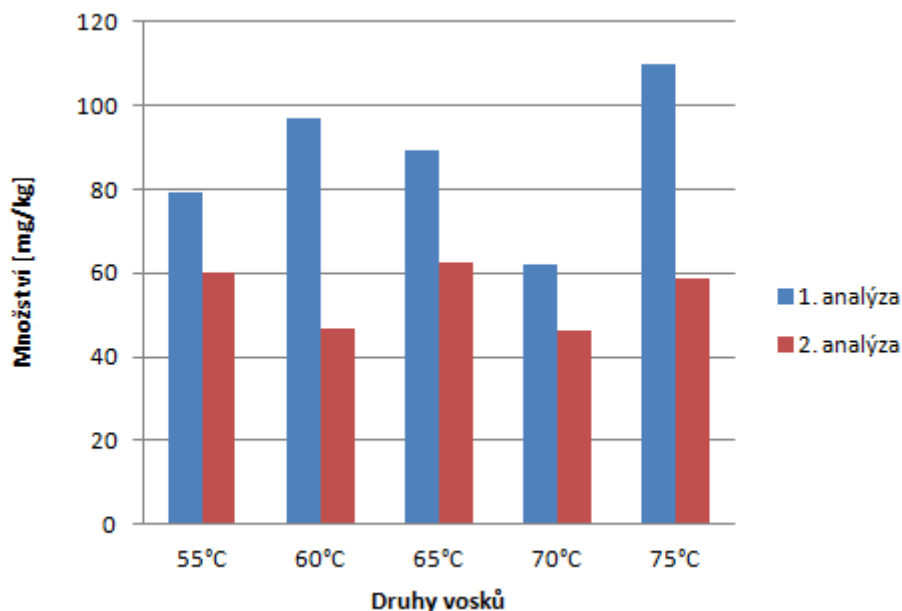
Graf 30: Obsah putrescinu v  $\text{mg.kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku (potravinářský vosk).



Graf 31: Obsah putrescinu v mg na 100% sušiny vzorku (potravinářský vosk).

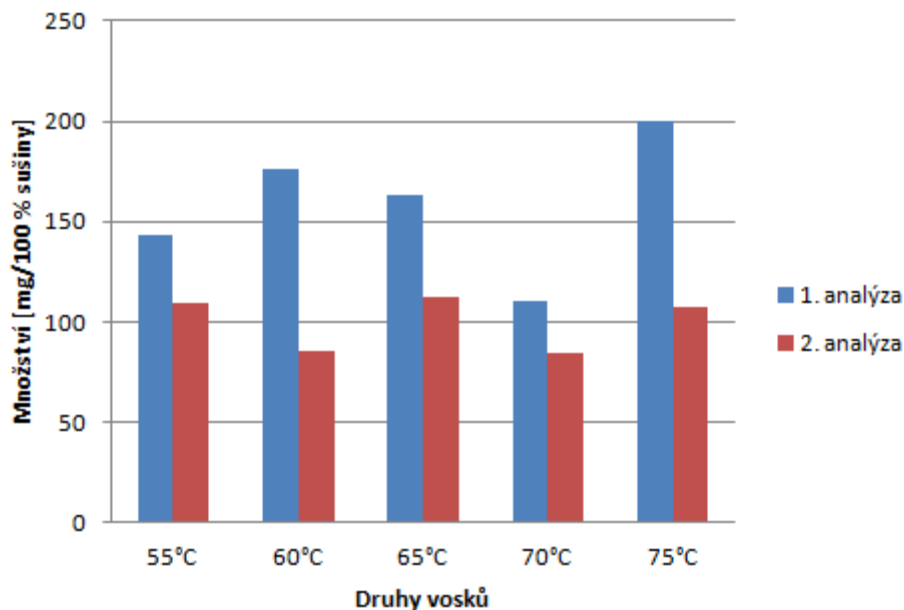
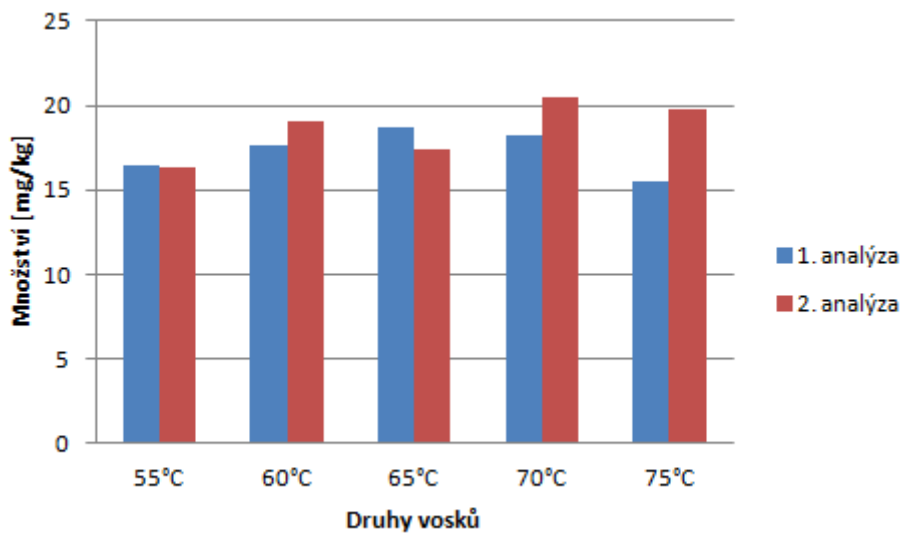


Graf 32: Obsah tyraminu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (potravinářský vosk).



Z grafu 32 vyplývá, že obsah tyraminu není závislý od teploty použitého potravinářského vosku a po dobu měření vykazoval v rámci jednotlivých analýz obdobný vývoj. Z měření lze odvodit, že s dobou zrání se snižoval obsah biogenního aminu tyramin. Hodnoty obsahu tyraminu v čerstvé hmotě vzorku sýra se u druhé analýzy pohybovaly  $46,2 \pm 0,2$  až  $62,7 \pm 3,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota však byla dosažena v analýze první a to  $110,0 \pm 6,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . V případě obsahu tyraminu ve 100 % sušiny vzorku sýru se pohybovaly získané hodnoty v první analýze v rozmezí od 110,7 - 199,8 mg. Naopak ve druhé analýze byly získané hodnoty nižší a to v rozsahu od 84,3 až 112,5 mg ve 100 % sušiny vzorku.

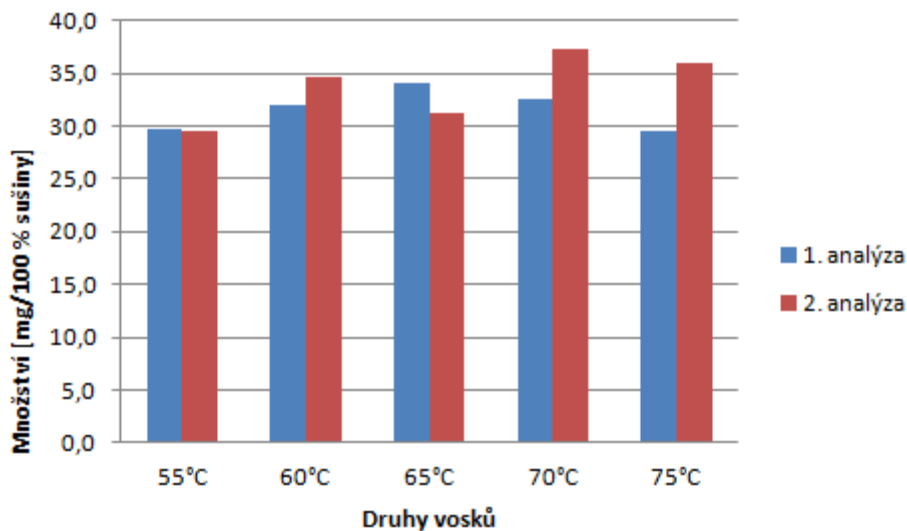
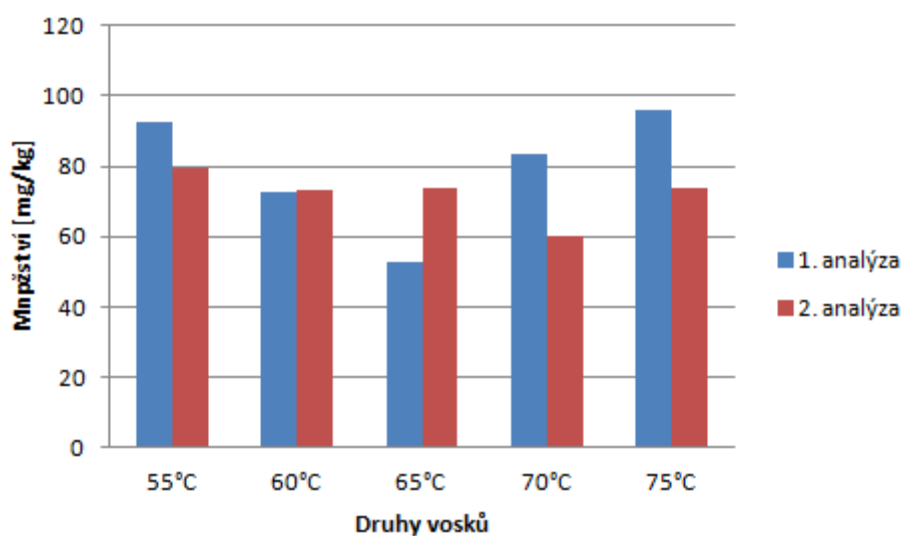
Graf 33: Obsah tyraminu v mg na 100 % sušiny vzorku (potravinářský vosk).

Graf 34: Obsah spermidinu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (potravinářský vosk).

Zjištěné množství spermidinu na 100% sušiny se pohybovalo u první i druhé analýzy v těsném rozmezí a to 29,6 - 36,0 mg. Obě krajní hodnoty byly u vzorků balených voskem při teplotě 75 °C, což je patrné i v grafu 35.

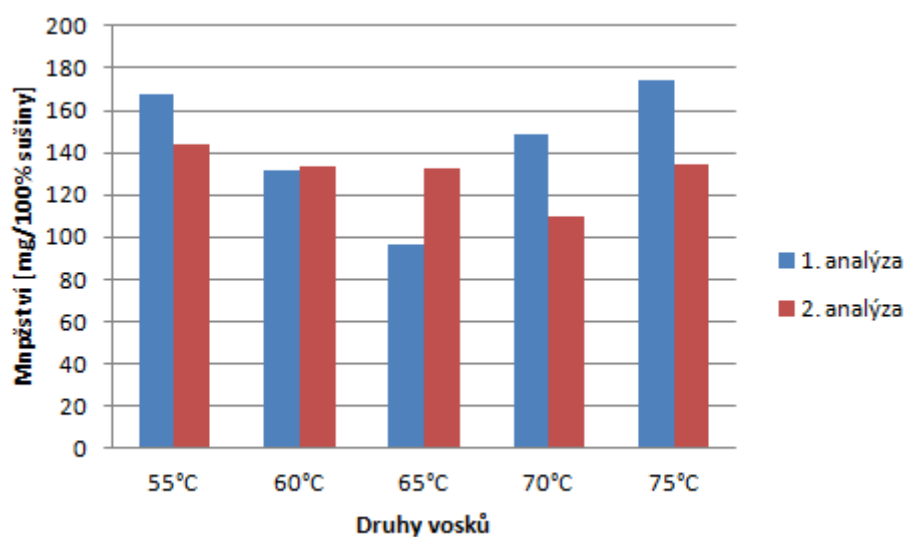


Graf 35: Obsah spermidinu v mg na 100% sušiny vzorku (potravinářský vosk).

Graf 36: Obsah sperminu v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty vzorku sýra (potravinářský vosk).

Rozdílné zjištění bylo u měření biogenního aminu sperminu, který byl naměřen ve vyšším množství. Měřením byly zjištěny velké rozdíly mezi jednotlivými vzorky, které však nekorrespondovaly s rostoucí použitou teplotou vosku při balení. Při sledování množství v čerstvé hmotě sýra byla nejvyšší hodnota sperminu  $95,8 \pm 7,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a nejnižší  $52,7 \pm 2,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Maximální a minimální hodnota byla naměřena již při měření po 34 dnech ode dne výroby, což je znázorněno v grafu 36.

Graf 37: Obsah sperminu v mg na 100% sušiny vzorku (potravinářský vosk).

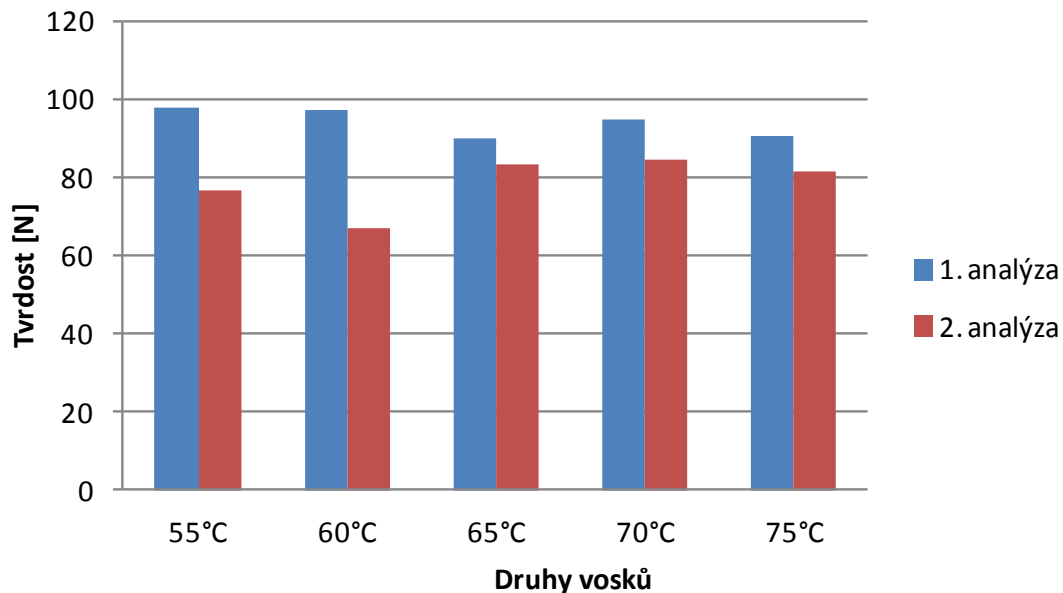


Obsah sperminu ve 100% sušiny se pohyboval v rozmezí 96,2 - 174,1 mg, přičemž obě krajní hodnoty byly zjištěny již při první analýze po 34 dnech od výroby, což je evidentní z grafu 37

### 6.3.5 Texturní parametry

Mezi měřené texturní parametry byla zařazena tvrdost, přilnavost a soudržnost. Pro měření tvrdosti byla použita komprese 25%. Hodnoty tvrdosti u první analýzy byly naměřeny v rozmezí od 86 - 98 N, v případě druhé analýzy se pohybovaly v rozmezí 64 - 72 N. Naměřené hodnoty tvrdosti při jednotlivých teplotách zahřátí sýrařského vosku při balení byly velmi obdobné, ať už při měření po 34 nebo i po 54 dnech zrání. V případě přilnavosti byly naměřené hodnoty u první analýzy v rozsahu 0,262 až 0,778 J. Hodnoty soudržnosti byly zjištěny u první analýzy v rozsahu 0,466 do 0,752. V případě druhé analýzy byly u přilnavosti změřeny nepoměrně vyšší hodnoty 2,608 až 7,269 J. Hodnoty soudržnosti byly srovnatelné s měřením po 34 dnech.

Graf 38: Změny tvrdosti během zrání u 2.výroby sýrů balených voskem s použitou kompresí 25 %.



## 6.1 Diskuze

V průběhu zrání byly sledovány výrazné rozdíly v hmotnostních ztrátách u jednotlivých typů zracích obalů. U smrštitelné fólie byly zjištěny nejmenší ztráty hmotnosti, které se pohybovaly k poslednímu dni měření v rozsahu od 0,22 do 0,61 %. Ve srovnání s ostatními typy obalů byly ztráty zcela minimální a nepřesahovaly v žádné ze tří výrob ztrátu vyšší jak 1%. V případě použití polymerního nátěru Plasticoat dosahovaly ztráty hmotnosti u první výroby v 54. dni zrání úrovně 18,97 - 19,53 %. U třetí výroby byly po první i druhé analýze zaznamenány rozdíly ještě vyšší. Hmotnostní ztráta po 42 dnech přesáhla hodnotu více jak 20 % u všech vrstev nátěru a po 64 dnech 23,00 - 23,45 %. Největší pokles byl naměřen u každé výroby v první třetině celkového sledovaného období, přičemž u obou výrob dosahovaly ztráty k 20. dni vážení více než 50 % z celkového dosaženého hmotnostního úbytku. Ani v jednom případě nebyl zřetelný rozdíl stanovených ztrát hmotnosti v závislosti na počtu vrstev polymerního nátěru. Hmotnostní ztráty, při použití sýrařského vosku k balení, byly sledovány u jedné výroby. Bylo prováděno měření po 35 a 54 dnech u všech pěti použitých teplot v rozsahu 55 °C - 75 °C. Při prvním měření po 35 dnech byly ztráty od 0,08 - 1,46 %. Při druhém měření po 54 dnech dosáhly ztráty rozpětí

0,56 - 4,29 %. Z výsledku druhého měření je zřetelně patrná souvislost mezi teplotou nanášeného vosku a hmotnostní ztrátou. Tedy se vzrůstající teplotou nanášeného vosku se zmenšovala vrstva vosku na povrchu a zvyšovaly se hmotnostní ztráty. U obou měření měly úbytky hmotnosti rovnoměrnou tendenci v čase. Při zhodnocení použitých zracích obalů lze konstatovat, že nejvyšší ztráty byly zjištěny u polymerního nátěru a nejnižší u smrštitelné fólie. Malé hmotnostní úbytky odpovídají skutečnosti, že struktura koextrudovaného smršťovacího sáčku je složena z více vrstev a zajišťuje značnou nepropustnost pro vodní páry, oxid uhličitý a velmi malou propustnost pro plyny a tím nedochází k vysychání sýrů [55, 56, 60].

Při stanovení hodnoty pH u jednotlivých typů obalu byly zaznamenány minimální změny hodnot. Pouze u třetí výroby měly naměřené hodnoty v čase zvyšující trend stejně jako uvádí Pachlová *et.al* [62]. U sýrů v obalu z polymerních hmot došlo k navýšení hodnot pH v souvislosti s dobou zrání v čase. Po 42 dnech dosáhla hodnota pH rozmezí  $4,97 \pm 0,01$  až  $5,05 \pm 0,02$  na rozdíl od zjištěného pH po 64 dnech zrání v rozmezí  $5,18 \pm 0,01$  až  $5,24 \pm 0,06$  pH. Také u kontrolních vzorků ze třetí výroby balených do smrštitelné fólie byla zaznamenána zvyšující se hodnota pH. Nárůst pH souvisí s odbouráváním kyseliny mléčné na další produkty metabolismu např. kyselinu propionovou, kyselinu máselnou  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a další aromativní sloučeniny [3, 58, 59, 62].

Obsah sušiny stanovený ke konci druhého měsíce zrání byl u sýrů balených ve smrštitelné fólii a v potravinářském vosku podobný. U vzorku sýrů balených ve smrštitelné fólii byla hodnota sušiny u všech tří výroby v rozpětí  $54,11 \pm 0,42$  až  $55,19 \pm 0,64$  %. U sýrů balených v sýrařském vosku byly vykazovány hodnoty sušiny v rozmezí  $54,77 \pm 0,94$  až  $55,78 \pm 0,18$  % a přímá souvislost mezi teplotou zahřátého sýrařského vosku a naměřenými hodnotami nebyla evidentní. V případě u sýrů balených ve zracím obalu Plasticoat však dosahovaly hodnoty sušiny na konci druhého měsíce vysokého navýšení a to v rozmezí  $83,12 \pm 1,70$  až  $85,01 \pm 0,14$ . Měření také potvrdilo nárůst sušiny úměrně s dobou zrání.

V průběhu zracího pokusu byly dále sledovány změny obsahu biogenních aminů. Nejdůležitější faktor ovlivňující tvorbu BA je přítomnost prekurzoru volných AMK, které vznikají při proteolýze [3]. Obecná úroveň BA v potravinách a nápojích je ( $<100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a toto množství nepředstavuje vážné riziko pro zdraví spotřebitelů, protože jsou detoxikovány enzymy v lidském zažívacím traktu. Vyšší množství BA může vyvolávat nežádoucí psychoaktivní a vasoaktivní účinky. Histamin, tyramin a fenyletylamin mohou

vyvolat nepříznivé účinky přímo. Putrescin a kadaverin nevykazují přímé toxické účinky, avšak mohou intenzifikovat toxické účinky jiných aminů [66].

Mezi sledované biogenní aminy patřily tryptamin, fenyletylalanin, putrescin, kadaverin, histamin, tyramin, spermidin a spermin, přičemž detekovány byly pouze putrescin, tyramin, spermidin a spermin. Při porovnání jednotlivých obalů bylo zjištěno nejvyšší celkové množství detekovaných biogenních aminů jednotlivých vzorků u sýrů balených do smrštitelné fólie. U balení do smrštitelné fólie bylo dále zjištěno, že u třetí výroby po 54 dnech zrání byly naměřeny vysoké hodnoty až  $1329 \text{ mg.kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě sýra. Takto vysoký obsah v potravině je zdraví nebezpečný. Naopak nejnižší množství v čerstvé hmotě sýra bylo zjištěno u druhé výroby po 54 dnech zrání, kdy celková naměřená hodnota byla  $161,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Z jednotlivě detekovaných aminů bylo v čerstvé hmotě sýra naměřeno nejméně spermidinu  $7,5 \pm 0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  v první výrobě po 34 dnech zrání, naopak nejvíce tyraminu  $672,8 \pm 39,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  bylo zjištěno v třetí výrobě po 64 dnech zrání. Naměřené hodnoty jednotlivých biogenních aminů v jednom analyzovaném vzorku čerstvé hmoty sýra nepřekročily hodnoty do  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$  pouze u jediného vzorku z druhé výroby při měření 54 dnech zrání, u něhož byl také naměřen nejmenší celkový obsah aminu a to  $161,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Při balení do zracích polymerních nátěrů bylo naměřeno ve vzorku třetí výroby po 35 dnech zrání množství  $268,6 \text{ mg.kg}^{-1}$  BA, což bylo nejvyšší celkové množství. Nejmenší celkové množství BA zjištěných ve vzorku třetí výroby po 64 dnech bylo  $126 \text{ mg.kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě sýra. Nejvyšší hodnota jednotlivého aminu byla ve vzorku analyzovaném po 42 dnech a to  $163,3 \pm 10,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  tyraminu v čerstvé hmotě sýra. Nejnižší hodnota  $8,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  individuálního aminu byla detekována v první výrobě po 34 dnech zrání u spermidinu. Ve sledovaných vzorcích balených do sýrašského vosku byl naměřen celkový nejvyšší počet biogenních aminů  $234 \text{ mg.kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě sýra jednoho vzorku po 35 dnech zrání, kdy byla zároveň i překročena hodnota u tyraminu  $110 \pm 6,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ , což byla jediná hodnota překračující  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Dále bylo ve stejném vzorku zjištěno analýzou i nejnižší množství  $12,9 \pm \text{mg.kg}^{-1}$  putrescinu. Průkazná souvislost mezi počtem vrstev nátěru polymerní hmoty ani použitou teplotou vosku při balení s obsahem aminů v sýrech nebyla zjištěna. Nejvyšší detekované množství bylo u sledovaných aminů ve vzorcích sýrů balených do smrštitelné fólie.

Při porovnání výsledných hodnot tvrdosti analyzovaných vzorků sýrů byly zjištěny prokazatelně nejvyšší hodnoty tvrdosti u vzorků sýrů balených do polymerních nátěrů. Již při prvním měření po 42 dnech, při kompresi 25%, byly naměřené hodnoty velmi vysoké a

to v rozsahu  $265,701 \pm 68,080$  až  $356,034 \pm 12,474$  N. S narůstající dobou zrání tento trend nadále pokračoval. Tvrdost na konci měření po 64 dnech byla natolik vysoká, že pro analýzu bylo nutno snížit kompresi na 10%. I přes tuto skutečnost byly naměřené údaje ještě vyšší než při použité kompresi 25%. Lze usuzovat, že narůstající tvrdost souvisela i s vysokou sušinou. U sýrů balených do smrštitelné fólie a potravinářského vosku byl zjištěn u tvrdosti zcela opačný trend. Při použité kompresi 25% byl zaznamenán s dobou zrání pokles tvrdosti. U smrštitelné fólie se po 35 dnech zrání hodnoty tvrdosti pohybovaly na úrovni  $119,235 \pm 1,28$  N a následně po 54 dnech zrání hodnota tvrdosti poklesla na  $82,289 \pm 4,08$  N. U potravinářského vosku byly hodnoty tvrdosti u první analýzy po 35 dnech naměřeny v rozmezí od  $89,748 \pm 16,531$  až  $97,884 \pm 2,904$  N, v případě druhé analýzy se tvrdost snížila v rozmezí  $66,808 \pm 6,070$  až  $84,302 \pm 9,094$  N. Postupný pokles hodnot tvrdosti sýrů v průběhu zrání zaznamenal také ve své studii Buňka *et al* a další [3, 9, 69] naopak zvyšující tuhost sýrů s rostoucí dobou zrání popisuje Němcová *et al*. [61].

Při sumarizaci naměřených hodnot texturních parametrů u jednotlivých typů obalů bylo zjištěno, že hodnoty přilnavosti u smrštitelné fólie byly naměřeny u druhé výroby po 34 dnech zrání v rozsahu od  $1,806 \pm 0,089$  J. Při měření po 64 dnech od výroby se hodnoty zvýšily na  $5,817 \pm 0,030$  J. U polymerních nátěrů byly hodnoty zcela zanedbatelné. U sýrů balených v sýrařském vosku byly měřeny nepoměrně vyšší hodnoty. Po 34 dnech zrání byla pomocí analýzy zjištěna přilnavost  $0,343 \pm 0,091$  až  $0,613 \pm 0,248$ , která se po 64 dnech zvýšila na  $3,357 \pm 0,035$  až  $6,212 \pm 1,495$ . Hodnoty soudržnosti vykazovaly vyrovnané výsledky u všech tří typů použitých obalů pro jednotlivá měření. U smrštitelné fólie při měření po 35 dnech  $0,729 \pm 0,006$ , po 54 dnech  $0,767 \pm 0,019$ , u Plasticoatu po 42 dnech zrání  $0,842 \pm 0,020$  a po 64 dnech  $0,904 \pm 0,014$ , u sýrařského vosku po 35 dnech  $0,699 \pm 0,085$  a po 54 dnech zrání  $0,769 \pm 0,039$ . Z hodnot nevyplývají zásadní změny kohezivnosti v čase po dobu zrání v souvislosti s žádným použitým zracím obalem.

## ZÁVĚR

Téma diplomová práce byla zaměřena na sledování změn vybraných ukazatelů během procesu zrání sýrů holandského typu. V teoretické části byla charakterizována výroba sýrů holandského typu, popsány zrací obaly pro přírodní sýry a charakterizovány změny přírodních sýrů v průběhu zrání.

Praktickou částí byla demonstrována výroba modelových přírodních sýrů holandského typu v laboratorních podmínkách. Byl sledován proces zrání ve třech typech zracích obalů po dobu dvou měsíců. Jako hlavní parametry byly sledovány hmotnostní ztráty přírodních sýrů, dále obsah sušiny, pH, obsah biogenních aminů a texturní parametry. Byly zjištěny následující výsledky:

- při srovnání parametrů třech typů zracích obalů po dobu dvou měsíců byl pozorován nejvyšší hmotnostní úbytek u sýrů balených do nátěru z polymerních hmot, naopak nejnižší ztráty hmotnosti vykazovaly sýry ve smrštitelné fólii,
- obsah sušiny po dvou měsících sledování se výrazně změnil úměrně s dobou zrání jen v případě sýrů balených ve zracím obale Plasticoat,
- pH v průběhu zracího procesu pouze mírně kolísalo. Byly zaznamenány minimální změny hodnot v souvislosti s typem zracího obalu,
- z osmi sledovaných biogenních aminů v analyzovaných vzorcích byly detekovány putrescin, tyramin, spermidin a spermin. Celkový obsah biogenních aminů v čerstvé hmotě sýra byl nejvyšší a zároveň s největšími výkyvy samostatných BA u sýrů balených do smrštitelné fólie,
- z texturních vlastností byly sledovány hodnoty tvrdost, přilnavost a soudržnost. Nejvyšší tvrdost a soudržnost byla naměřena u sýrů balených do polymerních nátěrů. U sýrů balených v potravinářském vosku byly naměřeny nejvyšší hodnoty přilnavosti.

Závěrem diplomové práce lze konstatovat, že použité typy zracích obalů ovlivňují vybrané ukazatele přírodního sýra holandského typu. Největší změny byly prokázány použitím zracího obalu z polymerních hmot.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KOLEKTIV, Mlékárenská technologie II. Distanční text. Vzdělávací portál Sdružení CEPAC-Morava Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. 2007.
- [2] OBERMAIER, O., ČEJNÁ, V., *Sýry a tvarohy*, edice Jak poznáme kvalitu?, svazek 5, 1. vydání, Sdružení českých spotřebitelů, o.s. pro Českou technologickou platformu pro potraviny, červenec 2013, Libertas, a.s. 15s. ISBN 978-80-87719-06-0
- [3] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M., McSWEENEY, P.L.H. *Fundamentals of science*. Gaithersburg: 2000. 638 s. ISBN 0-83-42-1260-9.
- [4] ČURDA, D.,: Balení potravin, 1. vydání. Praha: SNTL, 1982. 432 s
- [5] Vyhláška Ministerstva zemědělství č.77/2003 Sb., v platném znění
- [6] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUŇKOVÁ, L., HRABĚ, J., *Změny jakosti v průběhu zrání polotvrdých sýrů*. Mezinárodní konference Sýry - Zlín - 2012. 1.vyd Zlín: UTB, 2012. 69s. ISBN 978-80-7454-231-2.
- [7] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I., BŘEZINA, P. *Technologie potravin živočišného původu: pro kombinovaná studia*. 1. vydání - dotisk. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Academia centrum 2008. 188 s. ISBN 978-80-7318-521-3.
- [8] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., *Je každý kousek sýra stejný?* Potravinářská revue. 2011, 1, 29–32.
- [9] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. a kolektiv., *Technologie potravin: Co byste měli vědět o výrobě potravin?* 1. vydání. Brno NOVOPRESS 2009. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [10] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUŇKOVÁ, L., ČERNÍKOVÁ, M., *Mlékárenská technologie I*. 1.vydání. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Academia centrum 2013. 258 s. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [11] 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.
- [12] KADLEC, P. a kolektiv. *Technologie potravin II.*, Praha: VŠCHT 2007. ISBN 80-7080-510-2.



- [13] PLOCKOVÁ, M., HORÁČKOVÁ, Š. *Co nového v mikrobiologii sýrů*. Celostátní přehlídka sýrů 2010. Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře "Mléko a sýry". Praha: VŠCHT 2010, s. 32 - 37.
- [14] TŮMA, Š., PLOCKOVÁ, M. *Protektivní kultury pro výrobu polotvrdých sýrů*. Celostátní přehlídka sýrů 2010, Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře "Mléko a sýry". Praha: VŠCHT 2010, s. 31 - 36.
- [15] FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H. *Dairy Chemistry and biochemistry*, 1st ed. Blackie A&P 1998. 463 s. ISBN 978-0-412-72000-0.
- [16] AYAD, E.H.E., VERHEUL, A., WOUTERS, J.T.M., SMIT, G. Population dynamics of lactococci from industrial, artisanal and non-dairy origins in defined strain starters for Gouda-type cheese. *Int. Dairy J.*, 2001, 11 (1-2), s. 51 - 61.
- [17] ANTONSSON, M., ARDÖ, Y., NILSSON, B. F., MOLIN, G. Screening and selection of Lactobacillus strains for use as adjunct cultures in production of semirard cheese. *J. of Dairy Research*, 69 (3), 2002, s. 457 - 472.
- [18] GAJDŮŠEK, S., V. KLIMČÍK. *Mlékařství*. 1. vydání. VŠZ Brno 1985
- [19] FARKYE, N.Y. *Cheese technology*, International Journal of Dairy Technology. Vol. 57, no. 2/3. 91 – 98 s, 2004.
- [20] ZADRAŽIL K., *Mlékařství*, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2002, ISBN 80-86642-15-1.
- [21] LAW, Barry A., A. TAMIME. *Technology of cheesemaking*. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010, xxv, 482 p. ISBN 978-140-5182-980.
- [22] GAJDŮŠEK, S. *Laktologie*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2003. 84 s. ISBN 80-7157-657-3.
- [23] ROSŮLEK. M., KOUŘIMOVÁ, L., LEGAROVÁ V., TŮMA, Š. Vliv syřidla na výtěžnost sýrů eidamského typu. Celostátní přehlídka sýrů 2008. Výsledky přehlídek a sborník přednášek semináře "Mléko a sýry". Praha: VŠCHT 2008, s. 200 - 202.
- [24] Synereze. *Vydavatelství VŠCHT Praha* [online]. 2014 [cit. 2014-3-27]. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/hesla/synereze.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/synereze.html).

- [25] EARLY, R. *The technology of dairy products*. 2nd ed. London: Blackie A&P, 1998. 452 s. ISBN 0-7514-0344-X.
- [26] FOX, P.F., McSWEENEY, P.L.H., COGAN, T.M., GUINEE, T.P. *Cheese - Chemistry, Physics and Microbiology*, 2nd ed. London: Chapman & Hall 1993.
- [27] KNĚZ, V. *Výroba sýrů*. 2. vydání. Praha: STNL 1960. 380 s.
- [28] ŠPUNAROVÁ, M., *Hmotnostní ztráty sýrů holandského typu během zrání*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012. 62 s.
- [29] FARKYE, N.Y. Cheese technology, *Int. J. Dairy Technology*. 2004, 57 (2-3), s. 91 - 98.
- [30] KJEHDAL PEDERSEN, J., *Membránové filtrace v mlékárenství*. Kroměřížské mlékárenské dny. Sborník přednášek. Kromilk a.s., 2010, 85-88 s.
- [31] Povrchové ošetření sýrů. O.K. SERVIS BioPro [online]. 2012. [cit. 2014-28-3]. <http://www.biopro.cz/Ingredience/Mlekarensky-prumysl/Povrchove-osetreni-syru/>
- [32] REPS, A., JEDRYCHOWSKI, L., TOMASIK, J., WISNIEWSKA, K., *Natamycin In Ripening Cheeses*. Pakistan Journal of Nutrition, 2002. 1: 243-247.
- [33] HANUŠOVÁ, K., DOBIÁŠ, J., VOLDŘICH, M., *Assessment of functional properties and antimicrobial efficiency of polymer films with lacquer layer containing natamycin in cheese packaging*. Journal of Food. 2012, roč. 51, č. 3, s. 145-155.
- [34] ROZEHNAL, Z. Ústní sdělení. Praha 2. května 2012
- [35] HAN, Edited by Jung H. *Innovations in food packaging*. San Diego, Calif: Elsevier Academic, 2005. ISBN 01-231-1632-5.
- [36] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výrob*. 1 vydání. Ostrava Key Publishing, 2012. 494 s. ISBN 978-80-7418-086-6.
- [37] KADLEC, P. a kolektiv, *Technologie potravin I*. 1.vydání (dotisk 2008). Praha: VŠCHT, 2008. 300 s. ISBN 978-80-7080-509-1.
- [38] BRODY, A. L., et al: *Active Packaging for Food Applications*. CRC Press LLC, New York 2001, ISBN 1-58716-045-5.

- [39] PIRINGER, O. -G., et al, *Plastic Packaging Materials for Food: Barrier Function, Mass Transport, Quality Assurance and Legislation*. WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim 2000, ISBN 3-527-28868-6.
- [40] DOBIÁŠ, J., *Aktivní obaly do praxe nespěchají*. Svět balení .cz, Packaging World, [online]. 2008. [cit. 2014-30-3]. <http://www.svetbaleni.cz/category/archiv-3/svet-baleni-12008/>
- [41] ŠIMAN. J. *Obaly a balení v mlékárenském průmyslu*. Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha 1967, 196 s.
- [42] TEPLÝ, M., FRIEDRICH, F., *Syřidla, barvy a vosky v mlékárenském průmyslu*. Praha: SNTL 1957, 232 s.
- [43] ANONYM, Specifikace Paradip RED C2
- [44] PARAMELT [online]. [cit. 2014-13-4].<http://www.paramelt.com>
- [45] DUCHÁČEK, V., *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 3.přepřacované vydání, VŠCHT v Praze, Praha 2011. 276 s. ISBN 978 -80-7080-788-0
- [46] ČURDA, D., *Obaly a obalová technika v potravinářství*. 1. vydání. Praha: Knih tisk, 1963, 245 s.
- [47] BERTOLA, N., CALIFANO, A., BEVILACQUA, A., ZARITZKY, N., *Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese*. International Journal of Food Science. 2000, roč.35, č. 2, s. 207-214.
- [48] ANONYM, Specifikace zrajícího nátěru Plasticoat AGD 522
- [49] Svět balení .cz, Packaging World, *Novinky v balení sýrů*. [online]. 2012. [cit. 2014-30-3]. <http://www.svetbaleni.cz/category/archiv-3/svet-baleni-11-122012/>
- [50] BESWICK, R., DUNN, J., *Plastics in packaging – Western Europe and North America*. 1. vyd. Shawbury: Rapra Publishing, 2002. 156 s. ISBN 1-85957-329-0
- [51] PEACOCK A. J., *Handbook of Polyethylene*, New York, Marcel Dekker, 2000
- [52] HERNANDEZ, R. J., SELKE, S. E. M., CULTE, J. D., *Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications, And Regulations*. [s.l.] : Hanser Gard ner Publications, 2004. 448 s. ISBN 1569903727
- [53] ROBERTSON, G. L., *Food packaging : Principles and practice (second edition)*. 2nd edition. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, 2006. ISBN 0-8493-

- [54] HERNANDEZ, R. J., SELKE, S.E.M., CULTE, J. D., *Plastic Packaging: Properties, Processing, Applications, And Regulations* [s.l.]: Hanser Gardner Publications, 2004. 448s. ISBN 1569903727.
- [55] KAČENÁK, I. *Základy balenia tovaru*. 1. vydání. Bratislava: EKONÓM 2007, 382 s. ISBN 978-80-225-2429 -2.
- [56] YAM, K. L., *Encyclopedia of Packaging Technology*, John Wiley & Sons, 2009. ISBN 978-0-470-08704-6
- [57] PACHLOVÁ, V., WEISEROVÁ, E., ŽALUDEK, M., HLADKÁ, K., KRÁČMAR, S., BUŇKA, F., *Změny vybraných jakostních parametrů u přírodních sýrů v průběhu půlročního zrání/skladování za různých teplot*. Potravinářství. 2010, roč.4, 2, s. 217 - 222.
- [58] JANŠTOVÁ, B., a kol.: *Technologie mléka a mléčných výrobků* .1 vydání. VFU Brno, 2012. 141s. ISBN 978-807305637-7
- [59] PACHLOVÁ, V., *Distribuce vybraných složek v přírodním sýru v průběhu jeho zrání: The distribution of selected components in cheese during ripening* : teze disertační práce. Zlín: UTB ve Zlíně, 2011, 34 s. ISBN 978-80-7454-102-5.
- [60] McSWEENEY, P.L.H., překlad BUŇKA, F.,: *Zrání přírodních sýrů* , Potravinářská revue. 2014, 1, s. 76-82
- [61] NĚMCOVÁ, L., ŠTĚTINA , J., VALENTOVÁ, H., *Proteolysis and consistency changes of Gouda and Eidamský blok cheeses during ripening*. Czech J. Food Sci., 2001, 19: 67-72.
- [62] PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., HLADKÁ, K., VOJTÍŠKOVÁ, P., KRÁČMAR, S., *Vliv průběhu zrání na obsah vybraných složek v přírodním sýru eidamského typu*. Potravinářství. 2009, 1, s. 33-36
- [63] HOLLAND, R., CROW, V., NORRIS, G., BENNETT, M., COOLBEAR, T., *Cheese flavour for the future – using traditional tools to deliver new flavours in new ways*. The Australian Journal of Dairy Technology. 2006, 61, 97-104.
- [64] INDRA, Z., MIZERA, J., *Chemické kontrolní metody pro obor zpracování mléka*, první vydání, 1992, s.273
- [65] KLOUDA, P., *Moderní analytické metody*. 2nd ed. Ostrava: nakladatelství Pavel Klouda, 2003. 132 p. ISBN 80-86369-07-2.

- [66] BUŇKOVÁ, L., ADAMCOVÁ, G., HUDCOVÁ, K., VELICHOVÁ, H., PACHLOVÁ, V., LORENCOVÁ, E., BUŇKA, F.: *Monitoring of biogenic amines in cheeses manufactured at small-scale farms and in fermented dairy products in the Czech Republic* Food Chemistry, 2013, 141, s. 548-551.
- [67] ŠTĚTINA, J.: *Metody hodnocení textury sýrů*. Mezinárodní konference Sýry - Zlín - 2012, 1.vydání, UTB Zlín, 2012. s. 30-38, ISBN 978-80-7454-231-2
- [68] *Měření textury potravinářských materiálů* [online]. [cit. 2014-15-04]. Dostupné z:[http://www.vscht.cz/ktk/www\\_324/lab/navody/oborI/textura02.pdf](http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/oborI/textura02.pdf)
- [69] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUREŠOVÁ, I., PERNICKÁ, L., BUŇKOVÁ, L.: *Využití Pelegova modelu pro hodnocení jakosti přírodních sýrů v průběhu zrání*, Potravinářstvo vol.7, 3 2013,s. 58-61
- [70] UPADHYAY, V.K., et al.: Proteolysis in cheese during ripening, *In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol.1: General Aspect, 3rd end, 391 – 434 s., 2004.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

MO	Mikroorganizmy
UHT	Tepelný záhřev (Ultra High Temperature)
BMK	Bakterie mléčného kvašení
NSLAB	Nezákysové bakterie (non-starter lactic acid bacteria)
PVA	Polyvinylacetát
PE	Polyetylen
PVDC	Polyvinylidénchlorid
PE-LLD	Lineární polyetylen s nízkou hustotou (Linear low Density polyethylene)
PE-LD	Polyetylen nízké hustoty (Low Density polyethylene)
PE-MD	Polyetylen střední hustoty (Medium Density polyethylene)
PE-HD	Polyetylen vysoké hustoty (High Density polyethylene)
PVA	Polyvinylacetát
FAA	Volné aminokyseliny (free amino acid)
FFA	Volné mastné kyseliny (free fatty acid)
LAB	Bakterie mléčného kvašení (lactic acid bacteria)
TAG	Triacylglycerol
DAG	Diacylglycerol
MAG	Monoacylglycerol
HPLC	Kapalinová chromatografie
BA	Biogenní aminy

**SEZNAM GRAFŮ**

- Graf 1: Zátěžová křivka popisující závislost síly na deformaci vzorku*
- Graf 2: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u první výroby sýrů balených do smrštitelné fólie*
- Graf 3: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u druhé výroby sýrů balených do smrštitelné fólie*
- Graf 4: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u třetí výroby sýrů balených do smrštitelné fólie.*
- Graf 5: Obsah putrescinu v mg .kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).*
- Graf 6: Obsah putrescinu v mg na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).*
- Graf 7: Obsah tyraminu v mg. kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).*
- Graf 8: Obsah tyraminu v mg na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).*
- Graf 9: Obsah spermidinu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).*
- Graf 10: Obsah spermidinu v mg na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).*
- Graf 11: Obsah sperminu v mg. kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (smrštitelná fólie).*
- Graf 12: Obsah sperminu v mg na 100 % sušiny vzorku (smrštitelná fólie).*
- Graf 13: Změny tvrdosti během zrání (druhá výroba smrštitelná fólie).*
- Graf 14: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u první výroby, první analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat.*
- Graf 15: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u první výroby, druhé analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat.*
- Graf 16: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u třetí výroby, první analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat*
- Graf 17: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u třetí výroby, druhé analýzy sýrů balených do zracího obalu Plasticoat*
- Graf 18: Obsah putrescinu v mg kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).*
- Graf 19: Obsah putrescinu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).*

- Graf 20: Obsah tyraminu v mg na kg čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).*
- Graf 21: Obsah tyraminu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).*
- Graf 22: Obsah spermidinu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat).*
- Graf 23: Obsah spermidinu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).*
- Graf 24: Obsah sperminu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (Plasticoat)*
- Graf 25: Obsah sperminu v mg na 100% sušiny vzorku (Plasticoat).*
- Graf 26: Změny tvrdosti během zrání u třetí.výroby,první. analýzy sýrů balených do zracích obalů Plasticoat s použitou kompresí 25 %.*
- Graf 27: Změny tvrdosti během zrání u třetí výroby, druhé. analýzy sýrů balených do zracích obalů Plasticoat s použitou kompresí 10 %.*
- Graf 28: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u druhé výroby, první analýzy u sýrů balených do zracího obalu potravinářský vosk.*
- Graf 29: Závislost relativní hmotnosti v % na době zrání u druhé výroby, druhé analýzy u sýrů balených do zracího obalu potravinářský vosk.*
- Graf 30: Obsah putrescinu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku (potravinářský vosk)*
- Graf 31: Obsah putrescinu v mg na 100% sušiny vzorku (potravinářský vosk).*
- Graf 32: Obsah tyraminu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (potravinářský vosk)*
- Graf 33: Obsah tyraminu v mg na 100 % sušiny vzorku (potravinářský vosk).*
- Graf 34: Obsah spermidinu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (potravinářský vosk).*
- Graf 35: Obsah spermidinu v mg na 100% sušiny vzorku (potravinářský vosk).*
- Graf 36: Obsah sperminu v mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty vzorku sýra (potravinářský vosk).*
- Graf 37: Obsah sperminu v mg na 100% sušiny vzorku (potravinářský vosk).*



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obrázek 1: Hydrolyza  $\kappa$ -kaseinu chymosinem [23].*
- Obrázek 2: Sýrařské harfy [1].*
- Obrázek 3: Schematické znázornění vytékání kapaliny z gelu [29].*
- Obrázek 4: Struktura makromolekul různých typů polyetylenu: a) lineární polyetylén o vysoké hustotě (PE-HD), b) rozvětvený polyetylén o nízké hustotě (PE-LD), c) lineárního polyetylenu o nízké hustotě (PE-LLD)*
- Obrázek 5: Metabolismus laktózy v průběhu zrání sýrů: 1- racemizace, 2 -metabolismus způsobený *Propionibacterium* spp., 3 - oxidační metabolismus pomocí plísní a kvasinek, 4 - anaerobní metabolismus pomocí NSLAB, 5 - anaerobní metabolismus laktátu pomocí *Clostridium* spp. způsobující pozdní duření sýrů [12].*
- Obrázek 6: Proteolýza v sýrech [68]*
- Obrázek 7: Schematické znázornění systému plazminu v mléce [12]*

**SEZNAM TABULEK**

*Tabulka 1: Schéma odběru vzorků*

*Tabulka 2: Lineární gradientový eluční program HPLC*

*Tabulka 3: Stanovení sušiny u sýrů balených ve smrštiteľné fólii [%].*

*Tabulka 4: Stanovení pH u sýrů balených ve smrštiteľné fólii.*

*Tabulka 5: Stanovení pH u sýrů balených ve smrštiteľné fólii.*

*Tabulka 6: Stanovení sušiny u sýrů balených ve zracích obalech Plasticoat [%].*

## SEZNAM PŘÍLOH

P1: SCHÉMA VÝROBY SÝRŮ S NÍZKODOHRÍVANOU SÝŘENINOU

Příloha P I: SCHÉMA VÝROBY SÝRŮ S NÍZKODOHŘÍVANOU SÝŘENINOU

Výroba sýrů s nízkodohřívanou sýřeninou

