

Vliv použitého obalu na zrání tvrdých sýrů

Bc. Marie Řezníčková

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marie Řezníčková**
Osobní číslo: **T16189**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv použitého obalu na zrání tvrdých sýrů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika sýrů a faktory ovlivňující jejich vlastnosti.
2. Mikrobiologické a biochemické změny během zrání sýrů.
3. Možnosti balení sýrů pro jejich zrání a skladování.

II. Praktická část

1. Založení skladovacího pokusu modelových vzorků sýrů s různými obalovými materiály.
2. Porovnání vybraných parametrů modelových sýrů v průběhu zrání.
3. Vyhodnocení výsledků, diskuze s literaturou a vyvození závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] FOX, P.F., McSWEENEY, P.L.H., COGAN, T.M. GUINEE, T.P. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 General Aspects. 3rd edition. London: Elsevier Academia Press. 2004. ISBN0-1226-3652-X
- [2] KARAMAN, A. D., B. ÖZER, M. A. PASCALL a V. ALVAREZ. Recent Advances in Dairy Packaging. Food Reviews International. 2015, 31(4), 295-318
- [3] LAW, B. A., TAMIME, A. Y. Technology of cheesemaking. 2nd edition. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2010. ISBN 978-1-4051-8298-0
- [4] BARLOW, C. Y., MORGAN, D.C. (2013). Polymer film packaging for food: An environmental assessment. Resources, Conservation and Recycling, 78, 74-80.
- [5] STEINKA, I., MORAWSKA, M., RUTKOWSKA, M., KUKULOWICZ, A. (2006). The influence of biological factors on properties of some traditional and new polymers used for fermented food packaging. Journal of Food Engineering, 77, 771-775.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vendula Pachlová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: BEZNÍČKOVÁ MARIE.....

Obor: TECHNOLOGIE PÁTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 25.4.2014

Marie Bezníčková

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

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

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

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

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

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

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na studium vlivu použitého obalu na zrání tvrdých sýrů. V průběhu zrání byl sledován vliv čtyř různých druhů obalu (smrštiteľné fólie, potravinářského vosku, 4 a 6 vrstev polymerního nátěru) na vlastnosti modelového sýru. Během tříměsíčního zrání byl sledován vývoj základních chemických parametrů a zastoupení mikroorganismů v závislosti na době zrání. Sledoval se i obsah volných aminokyselin a biogenních aminů v jednotlivých modelových vzorcích sýrů. V průběhu zrání se posuzovala také změna texturních vlastností. Druh použitého obalu má vliv na chemické parametry sýru v průběhu zrání a tím na činnost mikroorganismů v sýru. Sýry zrající pod polymerními nátěry měly vyšší nárůst sušiny, čímž byly ovlivněny texturní vlastnosti, ale i podmínky pro činnost mikroorganismů a zpomaloval se proces zrání. Vzorky zrající ve smrštiteľné fólii a pod sýrařským voskem měly nižší nárůst sušiny a vytvářely tak lepší podmínky pro činnost mikroorganismů. Na druhou stranu u těchto vzorků docházelo k intenzivnější proteolýze, ale také k vyšší produkci biogenních aminů, což může potenciálně negativně ovlivnit zdraví konzumenta.

Klíčová slova: sýr, zrání, obal, volné aminokyseliny, biogenní aminy

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the study of the influence of the packaging used for hard cheeses ripening. Effect of four different types of packaging (shrink film, food wax, 4 and 6 layers of cheese coating) on the sample cheese was studied during the ripening. Basic chemical parameters, free amino acid and biogenic amine contents and the presence of microorganisms were monitored during the three-month ripening period. Changes in texture were also assessed during the ripening period. The type of packaging affected the chemical parameters of the cheese and thus the activity of the microorganisms in the cheese during the ripening. Dry matter content was increased and affected the texture and also the conditions for the activity of microorganisms in coating cheese. Samples ripened in shrink film and under cheese wax were lower in increase of dry matter and created better conditions for the action of microorganisms. The proteolysis was more intensive proteolysis in these samples. However higher production of biogenic amines was observed, which could have potentially negative effect on consumer's health.

Keywords: cheese, ripening, packaging, free amino acids, biogenic amines

Děkuji vedoucí diplomové práce doc. Ing. Vendule Pachlové, PhD. za odborné vedení, cenné rady a připomínky a také za ochotu a trpělivost při zpracování diplomové práce.

Také bych chtěla poděkovat Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při zpracování praktické části této diplomové práce.

Děkuji také doc. RNDr. Leoně Buňkové, Ph.D za pomoc při mikrobiologických rozborech.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PŘÍRODNÍ SÝRY	13
1.1 TECHNOLOGIE VÝROBY SÝRŮ.....	14
1.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI SÝRŮ	17
1.2.1 Mléko	17
1.2.2 Mikroorganizmy v sýrech	18
1.2.3 Pasterace a homogenizace.....	21
1.2.4 Dohřívání a dosoušení.....	23
1.2.5 Vypouštění a tvarování	24
1.2.6 Solení sýrů.....	24
1.2.7 Obsah tuku a sušiny	25
1.2.8 Podmínky zrání a možnosti urychlení zrání.....	27
1.2.9 Vznik biogenních aminů	29
2 MIKROBIOLOGICKÉ A BIOCHEMICKÉ ZMĚNY BĚHEM ZRÁNÍ SÝRŮ	31
2.1 METABOLIZMUS LAKTÓZY	32
2.2 PROTEOLÝZA.....	33
2.3 LIPOLÝZA	35
3 MOŽNOSTI BALENÍ SÝRŮ PRO JEJICH ZRÁNÍ A SKLADOVÁNÍ	37
3.1 DRUHY OBALU POUŽÍVANÉ PŘI BALENÍ SÝRŮ	39
3.1.1 Plastové obaly	39
3.1.2 Modifikovaná atmosféra	39
3.1.3 Aktivní a inteligentní obaly.....	40
3.2 ZRACÍ OBALY	40
3.2.1 Fólie.....	41
3.2.2 Sýrařský vosk	43
3.2.3 Plasticoat	43
II PRAKTICKÁ ČÁST	45
4 CÍL PRÁCE	46
5 METODIKA	47
5.1 ZALOŽENÍ SKLADOVACÍHO EXPERIMENTU.....	47
5.2 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	48
5.2.1 Stanovení pH.....	48
5.2.2 Stanovení obsahu sušiny	48
5.2.3 Stanovení obsahu soli.....	48
5.2.4 Stanovení obsahu tuku	49
5.3 MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR	49
5.3.1 Stanovení celkového počtu mikroorganismů.....	50
5.3.2 Stanovení mezofilních laktokoků a streptokoků.....	50
5.3.3 Stanovení bakterií mléčného kvašení.....	50
5.3.4 Stanovení enterobakterií.....	50

5.4	STANOVENÍ OBSAHU VOLNÝCH AMINOKYSELIN	50
5.5	STANOVENÍ BIOGENNÍCH AMINŮ	51
5.6	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	52
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	53
6.1	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	53
6.1.1	Hodnoty pH	53
6.1.2	Obsah sušiny	54
6.1.3	Obsah soli	56
6.1.4	Obsah tuku v sušině	57
6.2	MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR	57
6.3	OBSAH VOLNÝCH AMINOKYSELIN	60
6.4	OBSAHU BIOGENNÍCH AMINŮ	62
6.5	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	64
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79

ÚVOD

Přírodní sýry byly známy a hodnoceny jako velmi cenná potravina již ve starověku a i dnes jsou důležitou složkou stravy. V současnosti je v České republice široký sortiment sýrů domácí i zahraniční výroby, přesto jsou preferovány zejména sýry holandského typu, jejichž zástupci jsou zejména Gouda a Eidam. Sýrařství patří v České republice k nejvíce se rozvíjejícím mlékařským odvětvím. Je třeba se přizpůsobovat potřebám trhu a vzhledem ke stoupající spotřebě se neustále hledají metody, jak urychlit a zkvalitnit výrobní proces. Vlastnosti vyrobených sýrů jsou dány nejen technologickým postupem výroby, ale především průběhem zrání, během kterého dochází k významným biochemickým a mikrobiologickým změnám. V průběhu zrání dochází k texturním změnám sýru, ale především k vytvoření požadované chuti a aroma, mohou ale vznikat i nežádoucí látky ať již chuťové nebo i zdraví ohrožující. K velmi diskutovaným v poslední době patří obsah biogenních aminů, které vznikají činností mikroorganismů a sýry jsou pro ně vhodným prostředím. Právě z důvodu zvyšující se konzumace sýrů může být obsah biogenních aminů nebezpečný. Jakost a kvalitu sýru ovlivňuje také použitý zrací obal. Spolu s dalšími vlivy jako je teplota, délka zrání nebo relativní vlhkost se podílí na vlastnostech finálních produktů. Diplomová práce se zaměřuje na popis jednotlivých vlivů a typu použitého zracího obalu na konečný výrobek. Vybraný druh obalu může mít pozitivní, ale i negativní vliv na vyrobený sýr. Díky lepšímu poznání mikrobiologických a biochemických procesů v sýrech a možnosti je kontrolovat, může být vyroben mikrobiálně bezpečný a kvalitní sýr, který bude splňovat požadavky zákazníků. Typ použitého obalu ovlivňuje základní chemické vlastnosti sýru hlavně obsah vody, a tím vytváří podmínky pro činnost mikroorganismů a ovlivňuje tedy konečnou podobu vyrobeného sýru. Z pohledu výrobce je však důležitá především ekonomická stránka výroby, kdy použití zracího obalu zabraňuje nejen hmotnostním ztrátám z důvodu odpařování vlhkosti ze sýru, ale zefektivňuje práci ve zracích sklepích a zamezuje znečištění nebo porušení povrchu sýru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘÍRODNÍ SÝRY

Sýry jsou čerstvé nebo prozřalé výrobky získané oddělením tekutiny (syrovátky) po koagulaci mléka s různou tučností a koncentrují tedy v sobě základní složky sušiny mléka, především kasein a mléčný tuk. [3] Tvoří širokou skupinu výrobků odlišujících se zpracováním sýřeniny, způsobem zrání, složením a sensorickými vlastnostmi. Sýry se mohou dělit podle konzistence nebo podle technologie výroby a zrání, některé však přesně zařadit nelze a patří tedy do více skupin současně. [6]

Podle vyhlášky č.397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje se pod pojmem sýr rozumí mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením podílu syrovátky a následným prokysáním nebo zráním. Podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra se přírodní sýry dělí na extra tvrdé, tvrdé, polotvrdé, poloměkké a měkké. Podle zrání se přírodní sýry rozdělují na sýry čerstvé a zrající. Další druh klasifikace přírodních sýrů je podle obsahu tuku v sušině na vysokotučné, plnotučné, polotučné, nízkotučné a odtučněné.[1]

Při výrobě sýrů dochází k řadě fyzikálně-chemických a biochemických změn všech složek mléka. Z nutričního hlediska jsou plnohodnotnými potravinami obsahujícími esenciální aminokyseliny a zdrojem využitelné energie jsou bílkoviny a mléčný tuk. Laktóza je většinou převedena na kyselinu mléčnou a další produkty kvašení. Významný je i obsah vápníku v sýrech, což je závislé na technologii výroby jednotlivých skupin sýrů. Čím menší je vliv mléčného kysání při zpracování sýřeniny a větší vliv enzymatického srážení, tím vyšší je obsah vápníku ve výrobku. Sýry mají specifické vlastnosti, hlavně smyslové, podle vlastností mléka, ze kterého jsou vyrobeny. V sýrech jsou koncentrovány nutričně nejcenější složky mléka. [2] [6]

Přírodní sýry je možné rozdělit i z dalších úhlů pohledu do několika skupin. První skupinou jsou **nezrající sýry**, do které patří tvarohové a smetanové sýry, smetanové termizované sýry, pařená sýry, sýry typu mozzarella a bílé sýry. Druhou skupinou jsou **plísňové sýry**, které se dělí na sýry s plísní na povrchu a sýry s plísní v těstě. Sýry s plísní na povrchu se vyrábí technologickými operacemi jako měkké sýry, ale vedle základní mezofilní kultury se do standardizovaného mléka přidává plísňová suspenze. Vyznačují se jemnou sýrovou chutí a pikantní chutí po žampionech. Sýry s plísní v těstě jsou charakteristické typickým mramorováním nebo stromečkovitým nárůstem modrozelené plísně. Jsou nutné ae-

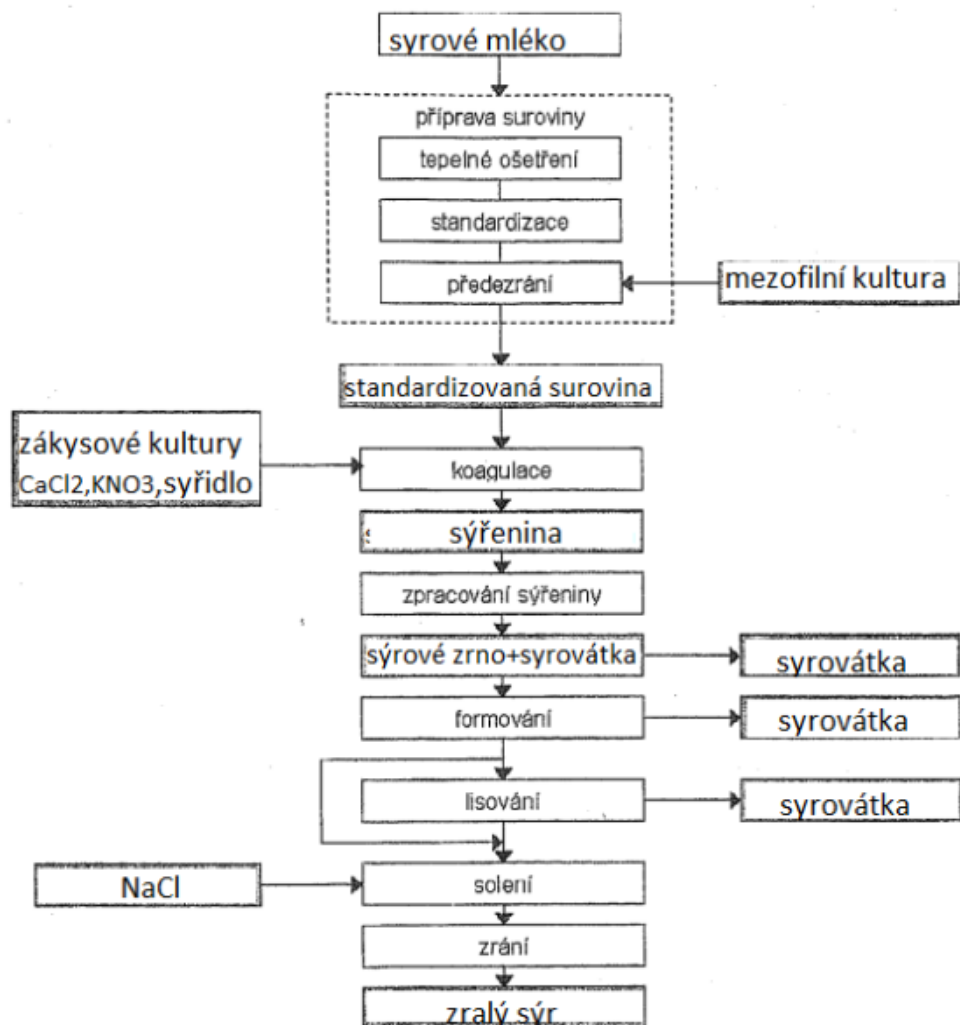
robní podmínky, které se zajišťují propícháváním celé hmoty sýra i několikrát během zrání. Další skupinou jsou **sýry zrající pod mazem**. Sýry zrají od povrchu do středu sýra a typický je oranžovohnědý maz na povrchu, který tvoří zejména *Brevibacterium linens*.

Do poslední skupiny **sýrů s anaerobním zráním** v celé hmotě patří především sýry s nízkodohřívanou sýřeninou (např. sýry holandského typu nebo čedar) a s vysokodohřívanou sýřeninou (např. sýry švýcarského typu nebo parmezán). [3]

1.1 Technologie výroby sýrů

Výroba sýrů je poměrně složitý proces, který zahrnuje řadu kroků a biochemických přeměn. Vzhledem k velkému množství typů sýrů a jejich variant je zřejmé, že schéma výroby sýrů na Obr. 1 je pouze orientační. Zásadní význam pro výtěžnost a složení sýru má chemické složení mléka, ale neméně důležitá je i mikrobiální kvalita mléka. Kvalitní sýr lze vyrobit pouze z odpovídající suroviny, kterou je většinou syrové kravské mléko. Důležitý je i vzhled sýrů. Jejich povrch má být celistvý, hladký a rovný nebo pravidelně zaoblený podle tvaru formy. Sýr může být označen za jakostní pouze tehdy, odpovídá-li jeho chuť a vůně zcela charakteru daného druhu sýra. Při výrobě sýrů však mohou vznikat vady sýrů a ty jsou spojeny buď se zpracováním nevhodných surovin, nebo s porušením technologické a hygienické kázně. Mohou zapříčinit výrobnímu závodu hospodářské ztráty a samozřejmě ovlivnit zájem spotřebitelů o výsledný produkt, proto je nutné vady včas odhalit a provést v technologii správná opatření. Při zrání sýrů by měl zkušený sýrař již v časném stádiu zrání umět například podle barvy sýrů předurčit výslednou konzistenci, otevírání těsta a chuť. Nedodržení hygienických a technologických kritérií může mít za následek nejen nekvalitní výrobek, ale i výrobek ohrožující zdraví konzumenta, proto je nutné těmto vadám předcházet. [25]

Základním parametrem posuzovaným z hlediska hygieny a zdravotní nezávadnosti je obsah mikroorganismů a počet somatických buněk, jejichž limity jsou dány legislativně. Mezi další jakostní kritéria lze zařadit parametry fyzikálně-chemické, organoleptické a obsah jednotlivých nutrientů. Sleduje se např. hustota mléka, bod mrznutí mléka, kyselost mléka nebo povrchové napětí. Dalším sledovaným ukazatelem syrového mléka jsou rezidua veterinárních léčivých přípravků, která způsobují technologické problémy při výrobě fermentovaných mléčných výrobků a sýrů, neboť jejich účinkem dochází k inaktivaci použité mlékařské kultury. K důležitým technologickým vlastnostem mléka patří především kysací schopnost mléka, jeho syřitelnost a termostabilita. [3] [5]



Obr.1: Schéma výroby sýrů [3]

Vhodné mléko pro další zpracování potom prochází procesy základního ošetření, které se prolínají prakticky všemi technologiemi výroby mléka a mléčných výrobků. K základnímu ošetření mléka řadíme tepelné ošetření, odstředování mléka, standardizace základních složek mléka, homogenizace – pokud je vhodná pro druh vyráběného sýru a deaerace a dezodorace mléka.

Tepelné ošetření – **pasterace** je tepelný zákrok, který redukuje vegetativní formy mikroorganismů, ale možné přítomné bakteriální spory nejsou devitalizovány. Cílem **odstředování** mléka je jeho odtučnění a získání odstředěného mléka a smetany, díky působení odstředivé síly a oddělování částic na základě rozdílné měrné hustoty. V mlékárnách se k oddělení částic nebo kapiček od disperzního prostředí využívá odstředivek. Pro výrobu různých mléčných výrobků je zapotřebí rozmanitá škála obsahu tuku jak u mléka, tak i u smetany. Také každý sýr je charakterizován určitou hodnotou tuku v sušině. K tomuto úče-

lu slouží proces **standardizace** obsahu tuku a může probíhat buď šaržovitě do tanku, nebo kontinuálně pomocí průtokových standardizačních zařízení. Pro některé druhy mléčných výrobků je vhodný proces **homogenizace**, při kterém se zmenšuje velikost tukových kuliček, čímž se snižuje rychlost vystávání smetany a vzniklé tukové kuličky jsou náchylnější k procesům lipolýzy. To je žádoucí pro sýry s plísni v těstě, ale naopak při výrobě polotvrdých a tvrdých sýrů je zmenšení tukových kuliček nežádoucí, proto se homogenizace nevyužívá. Dalším technologickým krokem prakticky pro všechny druhy sýrů je přidavek základní mezofilní (smetanové) kultury a následuje tzv. **předezrán**í do druhého dne, v jehož průběhu se obnoví fyzikálně-chemické a mikrobiologické vlastnosti mléka po tepelném ošetření a zlepší se syřitelnost. Do sýrařského mléka se dále přidává chlorid vápenatý, který zlepšuje syřitelnost a zvyšuje pevnost vzniklého gelu, a dále dusičnan draselný, který slouží k omezení možnosti duření sýrů způsobeného činností koliformních bakterií a bakterií máselného kvašení. Po ohřátí skladovaného mléka na teplotu sýření následuje vlastní přidavek kultur tedy kyselých kultur, která se liší podle druhu vyráběného sýru, a následuje důkladné promíchání. V případě enzymatického srážení se přidává syřidlo a následuje **koagulace** mléka. Dochází k přeměně rozpustného kaseinátu vápenatého na nerozpustný parakaseinát vápenatý. V případě kyselého srážení dochází ke koagulaci snížením pH do izoelektického bodu a to buď činností bakterií mléčného kvašení, které přeměňují laktózu na kyselinu mléčnou, nebo přímo přidavkem kyseliny mléčné, event. octové nebo citronové. Při sladkém srážení probíhá koagulace rychleji než při kyselém srážení a je pozorována intenzivnější synereze, která pomáhá vyrobit sýry o vyšší sušině. Koagulací mléka vzniká sýřenina, která se dále zpracovává podle druhu vyráběného sýra. Zpracování sýřeniny slouží k vytvoření sýrových zrn a k oddělení potřebného množství syrovátky ze struktury gelu. Po dosažení požadované tuhosti gelu se zahajuje **krájení** a vzniká sýrové zrno, které se dále míchá. To musí být šetrné, protože je zrno křehké a hrozí jeho rozbití na jemné částice, které mohou unikat do syrovátky a zvyšují se tím ztráty. Nesmí ale docházet k sedimentaci a slepování zrna. U polotvrdých a tvrdých sýrů jsou zařazeny i operace **dohřívání a dosoušení**. Následuje **formování**, což je oddělení syrovátky od sýrového zrna, liší se podle typu sýra a sýrové zrno se plní do tvořítek. V nich se odděluje další syrovátka a sýry se lisují buď svojí vahou a obracením nebo přímo lisováním tlakem. Lisováním sýry získají pevný a rovný povrch, který je důležitý z důvodu omezení pronikání kontaminující mikroflóry ze solné lázně. Během formování probíhá další prokysávání sýrů, odděluje se

další syrovátka a sýr získává finální tvar. Po formování následuje **solení a zrání sýrů**. [3] [5]

1.2 Faktory ovlivňující vlastnosti sýrů

Základní technologické operace všech sladkých přírodních sýrů jsou obdobné, ale i relativně malé změny parametrů ve výrobě např. v použitých teplotách, časech nebo použitých mlékařských kulturách mohou způsobit významné rozdíly v charakteru finálních výrobků.

1.2.1 Mléko

Mléko je sekret mléčné žlázy zvířat produkujících mléko, získaný dojením, do kterého nebylo nic přidáno ani z něho nebylo nic odebráno, určený pro konzumaci v tekutém stavu, nebo pro další zpracování. Chemické složení mléka má zásadní vliv na konečné složení sýra a pro výtěžnost výroby, kterou určuje především obsah kaseinu. Chemické složení kravského mléka je závislé na řadě faktorů např. výživě, zdravotním stavu a stáří dojnice, ale v obecné rovině lze uvést, že se skládá z 86,0 – 88,0 % vody a 12,0 – 14,0 % sušiny. Ta se skládá z 3,1 – 3,8 % dusíkatých látek, 3,5 – 5,5 % tuku, 4,5 – 5,0 % laktózy a vitamínů, minerálních látek, enzymů, hormonů atd. Hodnota pH kravského mléka se pohybuje v intervalu 6,5 – 6,7. Existují studie, které se zabývají porovnáním složení různých druhů mléka, jako je kravské, kozí, ovčí nebo buvolí a vlivu technologických postupů na konečný výrobek a vlastnosti vyrobeného sýru. Např. nejvyšší obsah Na, Ca a Fe byl v sýrech z ovčího mléka. Ze studie vyplývá, že základní vlastnosti jako obsah vody, tuku, bílkovin a minerálů je ovlivněn technologickými procesy výroby, obsah mastných kyselin a cholesterolu je dán složením použitého mléka. Sýry jsou náročné na surovinu i z hlediska mikrobiální kvality a díky svému chemickému složení a pH jsou vhodným prostředím pro růst a množení mikroorganismů. Při mikrobiologickém posuzování mléka se sleduje především počet mikroorganismů, jejich druhové zastoupení a obsah produktů jejich metabolismu. Ještě před dojením se do mléka dostává tzv. primární mikroflóra a to buď z krevního oběhu dojnice, nebo strukovým kanálkem z vnějšího prostředí, která však nemá příliš velký technologický význam ani vliv na jakost a trvanlivost mléka, protože je brzy potlačena sekundární mikroflórou, která kontaminuje mléko při dojení a dalším zpracování a může následně způsobovat vady výrobků. Kvalitativní a kvantitativní zastoupení mikroorganismů v mléce je závislé na jejich množství a druhovém zastoupení, na zdrojích kontaminace a na dodržování hygienických zásad. [2] [3] [5] [37]

Pro výrobu sýrů je požadováno mléko s co nejmenším celkovým počtem mikroorganismů, koliformních, termorezistentních a psychrotrofních mikroorganismů, a s převahou kyselinotvorných bakterií nad alkaligenními. Psychrotrofní mikroorganismy uvolňují do mléka extracelulární proteázy a lipázy, které jsou vysoce tepelně stabilní a nelze je zničit pasteraací a způsobují pak vady sýrů především v barvě a chuti. Zráním se mikroflóra sýrů mění, dochází k lyzi startérových kultur a rozvoji sekundární mikroflóry zodpovědné za vznik charakteristického aroma a chuti. [6] Proteolýza a lipolýza v syrovém mléce jsou důležitými faktory sensorické kvality a údržnosti následných mléčných výrobků i bezpečnosti mléčného potravinového řetězce tedy mléčných výrobků, jak je uvedeno v jedné studii. Byly vyhodnoceny vztahy mezi ekvivalentem proteolýzy (koncentrace primárních aminoskupin) a zdravotními, hygienickými a složkovými ukazateli syrového kravského mléka. Výsledky pokusu ukázaly, že proteolýza, která je důležitým ukazatelem kvality pro údržnost mléka a mléčných výrobků, roste s mikrobiologickou kontaminací syrového kravského mléka a může být kontrolována metodou stanovení primárních aminoskupin. [6] [11]

1.2.2 Mikroorganismy v sýrech

Biochemické změny v průběhu zrání sýrů vyráběných z tepelně ošetřeného mléka ovlivňují tři druhy mikrobiálních kultur. Jsou to primární - základní kultury, kam řadíme mezofilní kultury (např. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, které jsou součástí tzv. smetanového zákysu) a u sýrů s vysokodohřívanou sýřeninou jsou to termofilní kultury. Druhou skupinou jsou sekundární – doplňkové kultury, které se liší podle požadovaného druhu sýru a další třetí skupinou mikroorganismů, které ovlivňují procesy zrání, jsou tzv. non-starterové bakterie mléčného kvašení (NSLAB). U mikroflóry mléka ať již kulturní nebo nekulturní, existují druhové rozdíly mezi bakteriálními druhy v enzymatické výbavě a to ovlivňuje průběh procesů při zrání sýrů. [11]

Mikroorganismy se v mléce rozmnožují různou rychlostí, především v závislosti na vnějších podmínkách. Hlavními faktory ovlivňujícími růst mikroorganismů jsou teplota, pH, přítomnost kyslíku nebo inhibičních látek. Tepelné ošetření mléka má vliv na inaktivaci mikroorganismů a enzymů, což přispívá ke standardizaci výrobních podmínek, větší stabilitě a lepší kvalitě finálních produktů. Do tepelně ošetřeného mléka jsou proto přidávány čisté mlékařské kultury, které svým působením ovlivňují technologické postupy tak, jak je požadováno a mají vliv i na požadovanou chuť a vůni výrobku. [5]

Mikrobiální mlékařské kultury jsou mikroorganismy či jejich směsi, které se používají při výrobě fermentovaných výrobků a sýrů. Bakterie mléčného kvašení jsou velkou skupinou nesporulujících gram pozitivních koků a tyčinek, které fermentují laktózu za fakultativně anaerobních podmínek. Podle vzniklých produktů se dělí na homofermentativní, kdy fermentací laktózy vzniká téměř výhradně kyselina mléčná a heterofermentativní, kdy při fermentaci laktózy kromě kyseliny mléčné vznikají i další látky jako acetaldehyd, diacetyl, kyselina octová, CO₂ a ethanol. Mezi bakterie mléčného kvašení patří především zástupci rodů *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Leuconoctoc*, *Lactobacillus*. Účinky aktivity a metabolismu těchto bakterií jsou úprava kyselosti, zabránění rozvoji nežádoucí mikroflóry, zlepšení synereze, proteolytická a lipolytická aktivita a vliv na organoleptické vlastnosti, texturu a konzistenci. Bakterie mléčného kvašení disponují intracelulárními enzymy jako peptidázy, lipázy apod. ale i extracelulárními enzymy např. endopeptidázami a tyto enzymy mají klíčovou roli při zrání sýrů. Bakterie mléčného kvašení se v hmotě sýra pomnožují, ale také relativně rychle dochází k jejich lyzi a tím dochází k uvolnění obsahu buňky včetně aktivních intracelulárních enzymů do hmoty sýru. Kromě bakterií mléčného kvašení se používají speciální sýrařské kultury, které se při výrobě sýrů podílejí také na štěpení mléčného tuku a bílkovin při zrání sýrů a tím na vzniku sensoricky významných a biologicky aktivních látek. [7] [29]

Při výrobě řady mléčných výrobků se používají speciální, většinou komerčně vyráběné, směsi mikroorganismů, tzv. čisté mlékařské kultury, používají se k inokulaci do mléka a jejich metabolismus vede k vzniku charakteristických mléčných výrobků. Při výrobě sýrů se používají např. termofilní sýrařské kultury, kultury pro sýry s vysokodohřivanou sýřeninou nebo kultury propionového kvašení. Na výběru vhodných kultur pro daný výrobek spolupracuje s výrobcem dodavatel mikrobiálních kultur. Součástí dodávek zákazníkům je i technologický servis firemních specialistů a spolupráce je zaměřena především na zavádění kultur a vývoj nových výrobků. Pro velké odběratele jsou firmy schopny vyvinout originální kombinace kultur. Např. firma Chr. Hansen v Dánsku připravila řadu startérových kultur rodu *Lactococcus* produkujících vhodné chuťové látky bez vlivu na technologické operace, a které udržováním enzymatické rovnováhy mají kontrolu nad chuťovým profilem zralých sýrů a to ve vitální podobě, ale i po lyzi buňky působením uvolněných enzymů. [7] [12] [23]

Počet mikroorganismů zákysové kultury po jejím přidavku prudce roste, ale v průběhu zrání potom klesá, protože dochází k lyzi buněk, která je způsobená intracelulární murami-

dázou, která hydrolyzuje peptidoglykan v buněčné stěně. Lyze buněk startérových kultur je závislá na kmeni a třeba termofilní laktobacily lyzují velmi rychle a vykazují větší proteolytickou aktivitu než laktokoky. U většiny tvrdých sýrů platí, že přibližně po dvou měsících zrání nejsou kyselé kultury dominantní mikroflórou, ale dominují spíše nezákladné mikroorganismy (non-starterové bakterie mléčného kvašení – NSLAB). Jedná se o sekundární mikroflóru, jejíž počty se ve zralých sýrech zvyšují a jsou tvořeny zejména heterofermentativními laktobacily, zvláště *Lactobacillus paracasei* a *Lactobacillus casei*. Četnost a zastoupení NSLAB je více heterogenní u sýrů, které jsou vyráběny ze syrového mléka. Růst NSLAB je značně ovlivněn teplotou zrání a rychlostí chlazení jednotlivých šarží sýrů, jak bylo porovnáváno ve studii zaměřené na činnost NSLAB. Zdrojem NSLAB může být mléko nebo prostředí mlékárny jako post-pasterizační kontaminanty. NSLAB významně přispívají k vývoji sensoricky aktivních látek během zrání sýrů. Role NSLAB při proteolýze a rozvoji chuti a vůně polotvrdých sýrů je předmětem mnoha vědeckých studií a akceptovanou teorií je, že pasterace a rovněž zlepšení sanitárních podmínek v prostředí výroby sýrů, vedlo k redukci počtu nezákladných bakterií mléčného kvašení a tím k méně výrazné chuti zralých sýrů. I další studie zaměřená na přidavek doplňkové kultury laktobacilů druhu *Lactobacillus rhamnosus* prokázala vliv na zlepšení sensorických vlastností, především na zjemnění nakyslé chuti způsobené startovací kulturou. Vliv na analytické vlastnosti sýrů jako sušina, tuk v sušině nebo pH se v této studii neprokázal. [16] [19] [23] [46]

V mléce a následně potom i ve výrobcích se mohou vyskytovat však i mikroorganismy, které jsou patogenní a mohou ohrozit zdraví konzumenta nebo mohou způsobovat kažení výrobků, což je nežádoucí. Již při lisování nebo solení sýrů se může projevit vada tzv. časné duřeni sýrů, která bývá způsobena silným rozvojem koliformních bakterií případně i kvasinek zkvašujících laktózu. Ty se do mléka dostanou vlivem sekundární kontaminace např. nedostatečně sanitovaným technologickým zařízením nebo nedostatečnou hygienou prostředí sýrárny. Tato vada někdy může pokračovat i v kvasném sklepe, protože některé bakterie rodu *Escherichia* a *Aerobacter* mohou rozkládat i kyselinu mléčnou. Řešením je správně provedená pasterace a přísné dodržování sanitace a hygieny. Pasterace však nepředstavuje dostatečné tepelné ošetření pro devitalizaci bakteriálních spor a ty pak mají schopnost v polotvrdých a tvrdých sýrech vyklíčit a způsobit mikrobiální vadu zvanou pozdní duřeni sýrů. Způsobují ji sporotvorné bakterie rodu *Clostridium* přežívající pasteraci. Vada se projevuje až po 10 až 60 dnech vytvořením velkých dutin v těstě sýra a zápachem po kyselině máselné. Této nežádoucí vadě lze v každém případě předcházet již při

výběru vhodného sýrařského mléka prostého sporotvorných zárodků (např. ovlivněním skladby krmných dávek dojníc), nebo použitím baktofugace, kdy se na speciální odstředivce s vysokým počtem otáček odstraní až 90 % spór, nebo použitím mikrofiltrace. K zabránění rozvoje nežádoucích mikroorganismů je možné i použití přídatku protektivních kyselých kultur např. *Lactobacillus rhamnosus* nebo *Lactococcus lactis ssp.*, které produkují nisin či lacticin, které inhibují klíčení spor a narušují membránu nežádoucích mikroorganismů. Antiklostridiální aktivitou bakterií mléčného kvašení se zabývala Němečková a kol. v screeningovém a modelovém pokusu a byla prokázána schopnost kmenů *Lb. paracasei* potlačovat růst *Cl. Tyrobutyricum*. [6] [25] [48]

1.2.3 Pasterace a homogenizace

Tepelné ošetření mléka je technologický proces omezující počet nežádoucích mikroorganismů a zajišťující zdravotní nezávadnost a prodloužení trvanlivosti mléka a konečného mléčného výrobku. Používají se různé kombinace teploty a doby působení tepelného záhřevu s cílem minimalizovat zdravotní nebezpečí vyvolané patogeny a zároveň minimalizovat chemické, fyzikální a organoleptické změny mléka. Pasterace je proces, při kterém se mléko zahřívá na teplotu do 100 °C. [7] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 v platném znění stanovuje, že se pasterace dosahuje ošetřením vysokou teplotou po krátkou dobu (nejméně 72°C po dobu 15 sekund) v praxi označovaná jako šetrná pasterace, nízkou teplotou po dlouhou dobu (nejméně 63°C po dobu 30 minut) v praxi označovaná jako dlouhodobá pasterace nebo jakoukoli jinou kombinací času a teploty vedoucí k rovnocennému účinku. V praxi se dále využívá vysoká pasterace tedy záhřev na 85°C a více po dobu několika sekund, při které již dochází k velkým změnám a ovlivnění senzorických a technologických vlastností mléka. [5] [24] Při výrobě se použije typ pasterace, který je vhodný pro další technologická zpracování. Stupeň změn závisí na teplotě a době jejího působení. Šetrná pasterace by měla být dostatečně účinná pro inaktivaci většiny vegetativních forem mikroorganismů především patogenních a zároveň dostatečně šetrná pro tepelně labilní složky mléka.

Tepelné ošetření mléka souvisí s denaturací bílkovin, které jsou k teplu různě citlivé. Nejvíce obsažená bílkovina kasein, je relativně tepelně stabilní a v pasterovaném mléce zůstává v nezměněném stavu. Syrovátkové bílkoviny jsou denaturovány jen částečně, čímž se zlepšuje jejich stravitelnost a využitelnost. Nejvíce labilní je globulin, pak následuje sérumalbumin a beta-laktoglobulin. Použití vysoké a dlouhodobé pasterace je pro výrobu

polotvrdých a tvrdých sýrů problematické především z důvodu intenzity denaturace sérových bílkovin, které se pak váží na kasein a zůstávají zachyceny ve sraženině, kde zvyšují vaznost vody, což není žádoucí, protože se pak hůře dosahuje požadovaného obsahu sušiny. Vyšší obsah vody a tedy nižší obsah sušiny vyrobeného sýru má vliv na konzistenci sýrů, která je potom měkčí.

Na nutriční hodnotu mléčného tuku nemá pasterační vliv. Ani laktóza není pasteračními teplotami do 80 °C ovlivněna. Různě citlivé k pasteračním teplotám jsou ale enzymy. V mléce se vyskytují nativní enzymy mléka neboli původní - endogenní a exogenní enzymy – mikrobiální, které mohou být z přirozené nebo i kontaminující mikroflóry. Tepelné ošetření mléka má obecně za následek inaktivaci přítomných enzymů, což přispívá ke standardizaci výrobních podmínek, větší stabilitě a lepší kvalitě finálních produktů. Konkrétní typy tepelného ošetření mají odlišný vliv na rozsah inaktivovaných enzymů. Toho se využívá i např. při kontrole provedeného tepelného ošetření, kdy se zjišťuje negativní reakce na přítomný enzym (alkalickou fosfatázu nebo laktoperoxidázu), jehož účinky se při určité teplotě ničí a tedy i přítomné patogenní mikroorganismy. V průběhu šetrné pasterační dojde i k mírné inaktivaci plazminu a plazminogenu, ale také k rozsáhlé destrukci inhibitorů aktivátorů enzymů, proto může být v takto ošetřeném mléce vyšší aktivita plazminu než v tepelně neošetřeném mléce. Plazmin se může částečně podílet na primárních proteolytických procesech, například při zrání přírodních sýrů. [5] [7]

Mléčný tuk je v mléce ve formě tukových kuliček a jejich velikost má vliv na stabilitu a technologické vlastnosti mléka. Někdy je vhodné zařadit i homogenizaci, která zmenšuje velikost tukových kuliček a zlepšuje podmínky pro zrání především plísňových sýrů s plísní v těstě, kde je vyžadována řízená lipolýza a kde homogenizace tuto lipolýzu podporuje. Homogenizace však mění i další složky mléka např. přítomné bílkoviny. Bylo zjištěno, že použití vysokotlaké homogenizace vedlo k významnému zvýšení celkového obsahu volných aminokyselin. Může se narušovat integrita kaseinových micel, dochází k vazbám na tukové kuličky a urychluje se proces kyselého srážení a interakce sérových a kaseinových bílkovin vede k vyšší vaznosti vody. Toto je nežádoucí při výrobě tvrdých a polotvrdých přírodních sýrů, kdy je ovlivněna syřitelnost mléka (zhoršuje ji) a zvyšuje se zadržování syrovátky v sýřenině, což ovlivňuje texturu výrobku a sýr je měkčí. [5] [39]

1.2.4 Dohřívání a dosoušení

Dohřívání sýřeniny na určitou teplotu se volí u polotvrdých a tvrdých sýrů. Dohříváním se zvyšuje teplota a udržuje se po určitou dobu (tzv. dosoušení). Cílem je zvýšení tuhosti sýrového zrna prostřednictvím synereze a podpora rozvoje termofilních mikroorganismů mlékařské kultury. Synereze je stahování sýřeniny do sebe a vypuzování syrovátky a v ní rozpustných látek. Syrovátka je živným substrátem pro mikroorganismy a její obsah v sýřenině je důležitý pro zrání sýra. Čím je vyšší teplota, tím více se vyloučí syrovátky ze zrna, synereze je tedy rychlejší a zvyšuje se tím obsah sušiny vyráběného sýra. Podle použité teploty dohřívání se sýry dělí na sýry s nízkodohřívanou sýřeninou (34-37 °C) a vysokodohřívanou sýřeninou (48-55 °C) a provádí se zvolna za stálého míchání. Teploty během dosoušení je třeba hlídat, protože by mohly inhibovat růst většiny mikroorganismů, což v případě startérových kultur může vést ke zhoršení synereze důsledkem zpomaleného okyselování. Výdrž při teplotě dohřívání představuje dosoušení, kterým se dosáhne požadované sušiny sýra. Čím má být vyšší obsah sušiny sýra, tím delší má být čas dosoušení. Zvýšená teplota podporuje uvolnění některých vazeb ve svazcích kaseinových micel a vytvoření nových četnějších vazeb s těsnějším uspořádáním výsledné struktury. Cílem dosoušení je kromě zvyšování sušiny zrna také ovlivnění probíhajícího prokysávání, které rovněž upravuje konzistenci a jakost vyráběných sýrů. Tepelné ošetření mléka a následné působení vysokých dohřívacích teplot způsobuje inaktivaci lipáz a podstatně pomalejší proces lipolýzy. Dohřívání může probíhat dvěma způsoby a to buď přes plášť výrobníku nebo přidávkem horké prací vody, ale je možné i oba způsoby kombinovat. Při dohřívání je nutné optimální zvyšování teploty, protože při prudkém dohřívání může dojít k uzavření povrchové vrstvy zrna, což má za následek uzavření většího množství zadržené syrovátky uvnitř zrna. U sýrů ementálského typu, u kterých je žádoucí tvorba ok, se používá nepřímý ohřev mezipláštěm výrobníku a zrno se většinou nepere. V sýřenině zůstává poměrně velké množství laktózy, z níž vzniká kyselina mléčná a následně CO₂, který způsobuje vznik ok. Dosažením hraniční teploty 45°C se inaktivují mezofilní mikroorganismy a vytváří se optimální podmínky pro kultury termofilní. Při výrobě sýrů eidamského typu se část syrovátky odpouští a nahrazuje se teplou vodou a tím se zrno dohřívá a pere, čímž se snižuje obsah laktózy v sýřenině a tím se sníží rozsah mléčné fermentace a tedy míra prokysání. Nejdříve se odpustí část syrovátky, což musí proběhnout rychle, protože se při něm zastavuje míchání a zrno by se mohlo slepit a potom se dopouští prací voda. [7] [9] [23]

1.2.5 Vypouštění a tvarování

Při výrobě sýrů vždy záleží na velikosti zrna, na jeho správném vytužení, stejnoměrnosti a na množství syrového prachu unikajícího do syrovátky i na uložení syrového zrna do forem. [25] Po dosažení požadovaných vlastností zrna při dohřívání a dosoušení nastává vypouštění. Tato operace by měla být co nejšetrnější a provádí se buď samospádem do níže položených tvořitek, anebo se čerpá speciálními čerpadly. U sýrů s tvorbou ok se musí zamezit při tvarování zabudovávání vzduchu mezi syrová zrna, aby se pak úplně spojila, a proto se dosoušené zrno napouští do forem pod vrstvou syrovátky. Případné dutinky mezi zrny jsou zaplněny syrovátkou, ve které produkují kyselé kultury CO_2 . Ten se nejprve rozpouští v kapalně fázi a při přesycení se vytvoří četné malé dírkky, z nichž některé potom zaniknou a jiné se zvětší a vytvoří větší kulatá oka. U sýrů s granulární texturou provzdušnění vypouštěné syřeniny při plnění tvořitek nevádí. Zrna se v sýru zcela nespojí a jemné dutinky jsou během zrání zvětšeny působením mezofilní kultury uvolňujícím CO_2 . [7] [9] [23]

1.2.6 Solení sýrů

Solení sýrů je nezbytná operace u všech druhů sýrů. Solením se sýru dodává slaná chuť, upevňuje se jeho tvar a pokožka a reguluje se obsah vody. Množství soli v jednotlivých druzích sýra je velmi rozdílné a podílí se na typických chuťových vlastnostech. Množství soli ovlivňuje složení sýrů, růst mikroorganismů, enzymatickou aktivitu a biochemické změny. Solení může probíhat v solné lázni, týká se většiny vyráběných sýrů, nebo na sucho. Solení na sucho může být na povrch, kdy se sůl opakovaně roztírá po povrchu sýrů, anebo do těsta, kdy se suchá sůl přidává do rozkrájené či pomleté syřeniny před formováním. S vyšším obsahem soli se zvyšuje vylučování syrovátky. Solení v solné lázni probíhá několik hodin až dnů a dochází při něm k difúzi soli do sýrů a ze sýrů uniká do lázně syrovátka obsahující kyselinu mléčnou, syrovátkové bílkoviny, soli. Sýry by měly být před vkládáním do solné lázně částečně prokysané. Hlídá se teplota solné lázně, která musí odpovídat typu sýra a stupni prokysání, pH lázně a vhodný difuzní spád. V případě solení při vyšších teplotách hrozí, že se povrch sýrů uzavře prstencem soli a uvnitř zůstane uzavřená syrovátka. Střed sýru pak není vysolen, nastává silnější prokysání středu sýru, který zůstane tvarohovitý. Dále při rychlém solení v solné lázni o vysoké koncentraci a teplotě ovzduší nastávají vyšší hmotnostní ztráty, protože se odvádí vlhkost ze sýru a tím se zvyšuje sušina sýru. Solné lázně se musí regenerovat, mikrobiologicky čistit filtrací, ohřevem a upra-

vovat kyselost. Jednotlivé způsoby solení lze vzájemně doplňovat. Například se sýr nejdříve ve soli v lázni, potom se solí nasucho. Po nasolení se sýry nechají oschnout a přepravují se do zracích sklepů balené do fólií nebo mohou být i nebalené. [6] [23]

Solení se podílí také na změně proteinové struktury (zejména bobtnání), čímž ovlivňuje texturu sýru. Sůl zvyšuje iontovou sílu, kterou se dále snižuje rozpustnost proteinů. Význam solení spočívá v konzervaci, regulování růstu startérových mikroorganismů a NSLAB, omezení růstu kontaminující mikroflóry a modifikaci aktivity enzymů. Zvýšení osmotického tlaku v prostoru mezi zrny a působením na bílkoviny se zvyšuje množství uvolněné syrovátky. Difuzi zpomalují např. vyšší viskozita, protitok ostatních složek a tukové kuličky, které blokují kanálky mezi zrny. Sůl při solení postupuje od povrchu ke středu sýra a nejvíce je jí obsaženo v hmotě pod povrchem. Ve středu sýra je naopak obsah soli minimální. K vyrovnání obsahu soli dochází až v průběhu zrání po přeměně jednotlivých zrn v celistvou hmotu pomocí difúze. Rychlost difúze soli je podporována vlhkostí sýru. Protože vysoká konzumace soli má nepříznivý vliv na zdraví člověka, testuje se změna texturních a chuťových vlastností při snížení obsahu soli především u sýrů Gouda a Čedar. Zjistilo se, že obsah soli v polotvrdém sýru ovlivňuje životaschopnost a autolýzu bakterií mléčného kvašení, a že autolýza *Lactococcus Lactis* je podporována nízkým obsahem chloridu sodného. Pro dosažení požadovaných vlastností polotvrdého sýra jako je textura a chuť je důležitá správná kombinace specifických kmenů startovací kultury vzhledem k obsahu soli.[3] [36]

Vady vznikající při solení mohou být např. nedosolením nebo přesolením. Nedosolené sýry jsou měkké a rychle prozrávají, roztékají se a mají vyšší ztráty ve hmotě během zrání. Přesolení naopak způsobuje malou soudržnost sýřeniny, drobivost, ostrou chuť sýra a pomalé zrání. Pokud solení zejména eidamských sýrů probíhá při nízké kyselosti, na povrchu sůl zastaví kysání, potom sýry prokysávají až při zrání, probíhá syneréze a povrch vlhne a tvoří se řídký maz. [6] [25]

1.2.7 Obsah tuku a sušiny

Chemické složení mléka má vliv na výtěžnost výroby a konečné složení sýra. Poměr tuku a kaseinu má vliv na obsah tuku v sušině sýra. Tuk je jednou z hlavních složek ve většině sýrů kromě nízkotučných a má vliv přímo i nepřímo na reologické vlastnosti, texturu a chuť výrobků. Obsah mléčného tuku ovlivňuje texturní vlastnosti, kdy sýry s vyšším obsahem tuku mají měkčí konzistenci a sýry s nižším obsahem tuku jsou obvykle pevnější. [44]

Obsah tuku v sušině je dán především standardizací mléka a při výrobě sýrů část tuku odchází do syrovátky.

Rozdělení sýrů podle obsahu tuku v sušině je dáno vyhláškou a je uvedeno v tabulce 5. Stejně tak i rozdělení přírodních sýrů podle obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra je dáno vyhláškou a je uvedeno v tabulce 6.

Tabulka 5 - Klasifikace přírodních sýrů podle obsahu tuku v sušině [1]

Sýr	Tuk v sušině (v % hmot.)
Vysokotučný	nejméně 60,0
Plnotučný	nejméně 45,0
Polotučný	nejméně 25,0
Nízkotučný	nejméně 10,0
Odtučněný	méně než 10,0

Obsah tuku v sušině v procentech hmotnostních se stanoví podle následujícího vzorce:

$$\% \text{ hmot. tuku v sušině} = \frac{\text{hmotnost tuku v g}}{100 - \text{hmotnost vody v g}} \times 100$$

Tabulka 6 - Klasifikace přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra [1]

Sýr	% VVTPH
Extra tvrdý	nejvíce 47,0
Tvrdý	47,0 až 54,9
Polotvrdý	55,0 až 61,9
Poloměkký	62,0 až nejvíce 68,0
Měkký	více než 68,0

VVTPH = voda v tukuprosté hmotě sýra, která se stanoví podle následujícího vzorce:

$$\% \text{ VVTPH} = \frac{\text{hmotnost vody v g}}{100 - \text{hmotnost tuku v g}} \times 100$$

Požadovaný obsah vody v tukuprosté hmotě sýru se dosahuje především vhodným zpracováním syřeniny a lisováním a do značné míry určuje výslednou konzistenci produktu. Se

snížující se vlhkostí dochází ke zvyšování tvrdosti sýru. Sýr přirozeně ztrácí vodu odpařováním, především u sýrů zrajících bez obalu, a vyšší úbytky jsou pozorovány ve vrchních vrstvách. U tvrdých sýrů se během zrání s postupujícím vysycháním sýrů zvyšuje obsah sušiny sýrů a tím se zpomaluje zrání. Vliv na konečný obsah sušiny má tedy i obal, ve kterém sýr zraje a hlavně jeho propustnost pro vodní páry směrem ven z výrobku.

1.2.8 Podmínky zrání a možnosti urychlení zrání

Podmínky zrání závisí na typu sýru a určují rychlost zrání, ztráty hmotnosti nebo tvorbu kůry. Rozhodujícími parametry pro zrání je teplota a doba zrání a u sýrů, které nezrají ve zrací fólii i relativní vlhkost. Vlivem dřívějšího vyskladnění k expedici a tím zkrácení doby zrání mívají sýry čistou, ale málo výraznou chuť a vůni. Vlastní zrání probíhá ve zracích sklepích, které bývají vybaveny klimatizační jednotkou včetně rozvodu filtrovaného vzduchu, a je zde regulována teplota. Využívají se dva druhy sklepů a to teplé kvasné sklepy s teplotou 20 až 26 °C a relativní vlhkostí vzduchu 90% a chladné zrací sklepy s teplotou 10 až 15 °C a relativní vlhkostí vzduchu 80 až 100%. V průběhu zrání se sýry uložené na policích musí obracet a ošetřovat nebo i např. propíchnovat – sýr Niva. Díky obracení se dosahuje rovnoměrného zrání a vysychání sýrů. Sýry eidamského typu (s nízkodohřivanou sýřeninou) zrají ve fóliích z plastu při teplotě 10 – 13 °C a relativní vlhkosti 80 – 90 % po dobu 5 – 7 týdnů. Doba zrání se liší dle hmotnosti kusu. Dalším parametrem, který se může v průběhu zrání měnit je sušina, která je ovlivnitelná částečným vysycháním v průběhu zrání, použitím balicího materiálu a podmínkami skladování. V průběhu zrání se textura stává většinou měkčí, a to v důsledku hydrolyzy kaseinu. [3] [7] [9] [14] [16]

Rychlost reakcí při zrání sýrů se může v jednotlivých částech lišit a může se projevit nehomogenní distribuce meziproductů a produktů primárních a sekundárních procesů ve hmotě sýru. Odlišná rychlost reakcí v jednotlivých částech přírodních sýrů je dána především různými podmínkami pro růst mikroorganismů a aktivitu jejich enzymatických systémů. Tyto podmínky jsou dány například obsahem dostupného kyslíku, vodní aktivitou a s tím souvisejícím obsahem soli. S postupující dobou zrání se rozdíl mezi jednotlivými částmi sýrů obvykle zmenšují a dochází k relativnímu vyrovnání chemického složení jednotlivých vrstev. V dnešní době lze zaznamenat fenomén dřívějšího vyskladnění nevyzrálých produktů do distribuční sítě. Ze studie, která byla zaměřena na vliv různých podmínek skladování, vyplynulo, že předčasné ukončení zracího procesu u sýrů eidamského typu a jejich skladování při chladírenských podmínkách ovlivní proteolytické procesy probíhající

v těchto produktech. Výsledkem je přírodní sýr jiný než, který zrál potřebnou dobu v optimálních teplotních podmínkách. Bylo také zjištěno, že v průběhu zrání dochází k vyrovnaní obsahu volných aminokyselin v podpovrchových vrstvách přírodního sýra. [21]

Změnou různých faktorů je možné proces zrání urychlit. Obecně lze metody urychlení zrání rozdělit do několika skupin. První možností je změna teploty – její zvýšení, což patří k nejdůležitějším faktorům ovlivňujícím průběh biochemických procesů, druhou metodou je přímo přidavek vybraných enzymů. Další možností je přidavek mikroorganismů s chemicky nebo fyzikálně narušenou buněčnou stěnou, protože pro rychlost zrání a kvalitu polotvrdých a tvrdých sýrů je významný děj lyze bakterií mléčného kvašení. Při lyzi se do sýra dostávají intracelulární enzymy důležité pro zrání. Pro urychlení je možný i přidavek geneticky modifikovaných mikroorganismů nebo přidavek dalších doplňkových kultur. [32] [46]

V poslední době především z finančních důvodů dochází ke zkrácení doby zrání a dřívější expedici do chladíren, což má vliv na výsledné vlastnosti sýru díky zpomalení probíhajících biochemických reakcí. Proto existuje značný zájem najít strategii vedoucí k vhodnému urychlení zrání procesů a řízení vývoje aroma během zrání sýrů. Pravděpodobně nejpraktičtějším způsobem urychlení zrání procesů u tvrdých přírodních sýrů je zvýšení zrácí teploty. Mnoho studií ukázalo, že zvýšení zrácí teploty, akceleruje zrácí procesy přírodních tvrdých sýrů. Zvýšená teplota však může způsobit i vývoj nežádoucích pachů a pachutí, proto vyžaduje tento způsob přísné řízení zrácího procesu. Využití zvýšení teploty má uplatnění zejména u sýrů, které byly vyrobeny za vysoce hygienických podmínek, protože hrozí zvýšená aktivita nežádoucích mikroorganismů a jejich enzymů. Byly prováděny i studie, které prokazují, že přidavek enzymového preparátu ovlivňuje sensorické vlastnosti vyrobeného sýra. Přidavek klíčových enzymů zodpovědných za žádoucí biochemické změny vede také k urychlení zrání. K těmto enzymům řadíme lipázy, proteázy a peptidázy. Výsledkem je intenzivnější chuť a kratší doba zrání vyrobeného sýru. [14] [16] [19]

V jedné studii byl zkoumán vliv zvýšené teploty (16°C) na dozrávání sýru holandského typu. Zvýšení teploty o 6 °C může zkrátit dobu zrání v sklepích přibližně o polovinu. U kontrolních vzorků byly sledovány procesy zrání při teplotě 10 °C. U vzorků zrajících při vyšší teplotě, byl obsah volných aminokyselin dvakrát vyšší než u kontrolních vzorků. Nejvyšší obsah aminokyselin byl pozorován v jádrech všech sýrů. Zrychlení způsobilo

vyšší produkci biogenních aminů, což představuje riziko pro spotřebitele. Sýr zrající zrychleným způsobem vykazoval rychlejší vyrovnání tvrdosti. [26]

1.2.9 Vznik biogenních aminů

Při zrání sýrů také vznikají biogenní aminy, pro něž je nutná přítomnost volných aminokyselin, bakterií produkujících dekarboxylázy aminokyselin a podmínky, při nichž mohou tyto bakterie růst a syntetizovat dekarboxylázy. [6] Biogenní aminy jsou pro organismus nepostradatelné a mají mnoho fyziologických funkcí např. regulace tělesné teploty nebo hodnoty pH a také slouží jako zdroje dusíku a prekurzory pro syntézu hormonů, nukleových kyselin a proteinů. Mezi potraviny s významným množstvím biogenních aminů patří ořechy, čokoláda, ryby, maso, fermentované výrobky a sýry. Ve vysokých koncentracích jsou však aminy toxické např. putrescin nebo histamin a mohou způsobovat např. zvracení, dýchací potíže nebo migrény. Obsahem biogenních aminů v potravinách se zabývá i legislativa v ČR vyhláška 305/2004 Sb. Stanovení přesného prahu toxicity jednotlivých biogenních aminů je obtížné. Potenciální toxicita hrozí především, je-li koncentrace vyšší než 100 mg/kg nebo vyšší než 100 mg/l. Tato hraniční koncentrace je odvozena od alimentárních intoxikací způsobených histaminem. Degradace biogenních aminů probíhá v trávicím traktu. Sýry představují ideální prostředí pro tvorbu biogenních aminů, které vznikají převážně dekarboxylací volných aminokyselin za katalýzy bakteriálních dekarboxyláz. Podílejí se na tom jak mikroorganismy použité ve startovacích kulturách, tak i mikroorganismy pocházející ze zpracovávané suroviny a především kontaminující mikroflóra. Množství biogenních aminů se liší s druhem sýrů a je odvislé od přítomných startérových bakterií mléčného kvašení a NSLAB, ale také od doby zrání. Schopnost tvořit biogenní aminy byla popsána pro mikroorganismy z čeledi *Enterobacteriaceae*, laktobacilů a *Enterococcus* spp. Podmínkou tvorby biogenních aminů v sýrech je proteolýza kaseinu, zejména uvolnění aminokyselin. Z technologických podmínek jsou při zrání sýrů limitujícími faktory pro vznik biogenních aminů teplota, pH a koncentrace soli. Zvýšení teploty a zvýšená hodnota pH při zrání vedou k vyšším koncentracím aminů v sýru a vysoká koncentrace soli naopak brzdí tvorbu biogenních aminů. Čím déle se sýr skladuje při vyšších teplotách, tím více biogenních aminů obsahuje. Protože odstranění biogenních aminů je velmi obtížné, je důležité dodržování vhodných technologických postupů a hygienických podmínek výroby bránících jejich vzniku. K nejspolehlivějším způsobům kontroly fermentačního procesu patří používání startovacích kultur, které biogenní aminy netvoří. Důležité je i dodržování teploty a doby skladování.

Zjišťování výskytu biogenních aminů za různých podmínek se také věnuje řada studií. Jedna z nich se zaměřila na popsání vývoje obsahu biogenních aminů během zrání a skladování ve 4 vrstvách malých bloků eidamských sýrů. Distribuce obsahu biogenních aminů byla sledována v závislosti na dvou různých režimech zrání a skladování za účelem simulace současných podmínek u výrobců a v obchodní síti. Cílem byla i identifikace izolovaných bakterií mléčného kvašení jako předpokládaných původců biogenních aminů a stanovení jejich dekarboxylázové aktivity. Bylo zjištěno, že všichni původci tyraminu, putrescinu a kadaverinu byli označeni jako nonstarterové bakterie mléčného kvašení pocházející z rodu *Lactobacillus*. Distribuce biogenních aminů v přírodních sýrech eidamského typu není rovnoměrná, přičemž v povrchové vrstvě jsou vyšší koncentrace než ve středu. Ani chladírenské skladování přírodních sýrů nezastaví nárůst tyraminu, putrescinu a kadaverinu. [6] [8] [20]

2 MIKROBIOLOGICKÉ A BIOCHEMICKÉ ZMĚNY BĚHEM ZRÁNÍ SÝRŮ

Zrání sýrů je charakterizováno jako soubor mikrobiologických, biochemických, chemických a fyzikálních procesů, při kterém dochází ke změně složení a struktury sýrů. Dochází k přeměně čerstvé sýřeniny na zralý sýr a mění se i chuť a vůně sýru a pro dosažení plného a vyváženého produktu je žádoucí dostatečná délka zrání. Doba zrání je závislá na typu sýru a může být od dvou týdnů až po dva roky i více jako například u parmezánu.

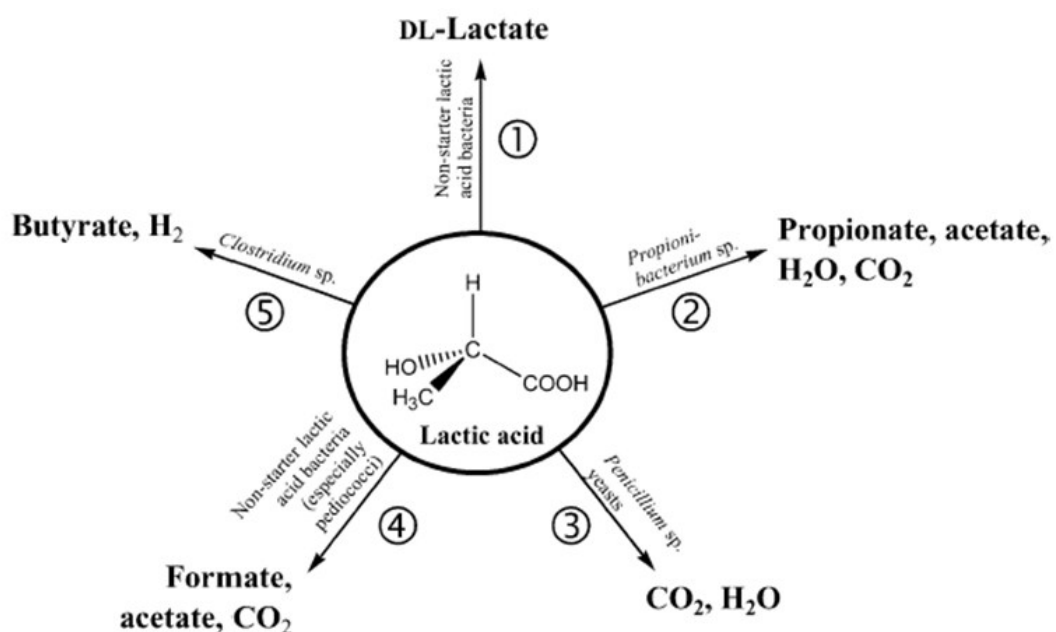
S výjimkou nezrajících sýrů, které se konzumují v čerstvém stavu, procházejí všechny sýry procesem zrání. Ve vyhlášce 397/2016 Sb. v tabulce 7 – Klasifikace přírodního sýru podle zrání se sýry dělí na čerstvé – nezrající a termizované a na sýry zrající – na povrchu, s mazem na povrchu a v celé hmotě. Mezi sýry zrající patří plísňový sýr a to s plísní na povrchu, s plísní uvnitř hmoty sýra a dvouplísňový. [1]. Sýry mají delší trvanlivost než mléko a toto prodloužení je založeno na fermentaci laktózy především na kyselinu mléčnou, snížením vodní aktivity a pH, přispívá též nízký redox potenciál a přídavek soli. Povrch sýru je navíc často chráněn kůrou, zrací fólií nebo nátěrem. Zrání představuje komplexní souhrn změn způsobených syřidlovými enzymy, nativními enzymy, enzymatickou činností kultur a působením enzymů po lýzi jejich buněk, případně činností nezákysových kultur, při kterých sýr získává typický vzhled, konzistenci, chuť, vůni a složení. Vliv na zrání sýrů má kvalita mléka, druh syřidla, zákysové kultury, sekundární a doplňkové kultury, nezákysové kultury NSLAB, termorezistentní enzymy pocházející od mikroflóry inaktivované pastreací a také konzistence sýrů, protože ovlivňuje dostupnost jednotlivých složek sýra pro bakterie a enzymy. [3]

Primárními reakcemi zodpovědnými za texturní změny a vznik aromatických složek jsou metabolismus laktózy, lipolýza, proteolýza a dále reakce volných aminokyselin a mastných kyselin. Technologické operace při výrobě sýrů různých typů jsou zaměřeny na regulaci aktivity kultur, na které závisí rozsah a rychlost fermentace laktózy. [3] Fermentace laktózy je způsobená živými mikroorganismy, kdežto lipolýza a proteolýza je katalyzována hlavně enzymy, které jsou uvolněny do prostředí sýra po lýzi mikrobiálních buněk. Během zrání sýrů dochází v rámci biochemických pochodů k tvorbě plynů, které zůstávají částečně v těstě a částečně unikají. Nejvíce zastoupeným plynem je CO₂, který se v sýrové hmotě dobře rozpouští, zvolna difunduje a nevyrchává tuhou kůrkou sýru. V sýrovém těstě dochází k jeho přesycení, odděluje se od těsta v místech původního spojení sýrových zrn a

jeho další tvorba umožní zvětšení vytvořených ok. K dalším plynům patří amoniak a v menší míře H_2 . [6]

2.1 Metabolismus laktózy

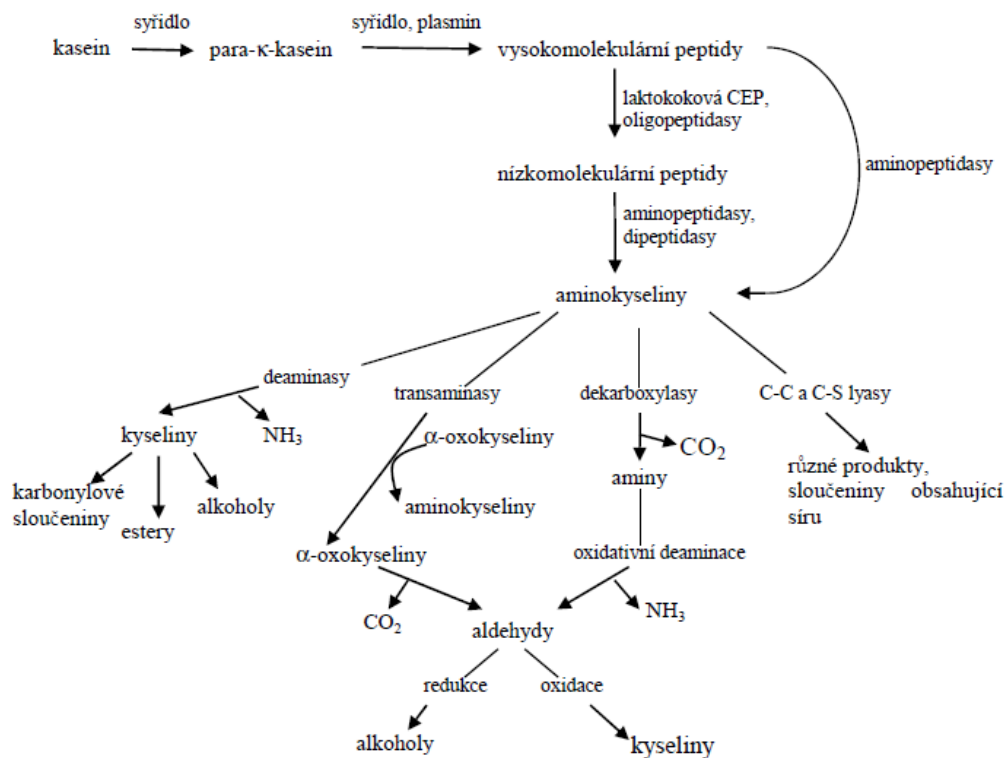
Základním sacharidem v kravském mléce je laktóza, která sehrává důležitou roli v technologii řady mléčných výrobků. Pro výrobu a zrání sýrů jsou nezbytné bakterie mléčného kvašení, které jsou většinou do mléka přidávány jako startovací kultury, jak již bylo popsáno dříve. [6] Fermentace laktózy probíhá již v rámci tzv. předběžného zrání sýrů tedy při zpracování mléka, sýřeniny, formování a solení. U většiny sýrů je převážná část zadržené laktózy fermentována během lisování, nejpozději během prvního nebo druhého týdne zrání. Během 24 hodin je nutno dosáhnout požadované hranice kyselosti, která je u tvrdých sýrů pH 5,2. Kyselina mléčná, která vzniká, brání růstu nežádoucích mikroorganismů a také nepatrné množství laktózy nebo žádná laktóza přispívá k zamezení vývoje nežádoucí sekundární mikroflóry. Kyselina mléčná je důležitým prekurzorem pro množství reakcí během zrání sýrů, jak je vidět na Obr. 2. [3] [6] [16]



Obr.2: Schematicky znázorněný metabolismus laktátu v průběhu zrání sýrů: 1 - racemizace, 2 – přeměna prostřednictvím *Propionibacterium sp.* (v sýrech švýcarského typu), 3 – oxidace (zejména působením kvasinek a plísní), 4 – konverze na sůl kyseliny mravenčí, octové a ethanol, 5 – anaerobní metabolismus laktátu na sůl kyseliny máselné a H_2 [46]

2.2 Proteolýza

Bílkoviny mléka se dělí na dvě základní frakce, které se liší svými vlastnostmi a to kaseiny a syrovátkové (sérové) bílkoviny. Počátek proteolýzy v mléce souvisí se srážením bílkovin, které je zapříčiněno převážně enzymaticky, nebo změnou kyselosti pH (bio-chemicky nebo fyzikálně-chemicky). Počáteční proteolýza může přispět ke srážení mléčných bílkovin, pokročilejší pak udělovat mléčné sýřenině žádoucí chuť a vlastnosti, nebo naopak prostřednictvím dalších pochodů podpořit produkci nežádoucích biogenních aminů, což záleží na fázi a stupni jejího průběhu. Mléčný gel - sýřenina se skládá z velkého množství proteinů s různou molekulovou hmotností. [5] [10] [11]



Obr.3: Schéma proteolýzy v sýrech [6]

Rozklad bílkovin je charakteristickým znakem zrání u polotvrdých a tvrdých sýrů. Podílejí se na něm syřidlo, mikrobiální proteolytické enzymy a plasmin, což je nativní proteáza mléka. Nejdříve je parakasein štěpen syřidlem, u vysokodohříváných sýrů plasminem. To je urychleno působením mikrobiálních enzymů, které štěpí polypeptidy na polypeptidy s nižší molekulovou hmotností, dipeptidy a aminokyseliny. Bakterie mléčného kvašení vyžadují větší množství aminokyselin jako svůj růstový faktor, a proto disponují rozsáhlým

proteolytickým systémem umožňujícím získávat aminokyseliny z proteinů v prostředí. Bakterie mléčného kvašení produkují peptidázy s úzkou či širokou specifíčností, která je determinována zejména aminokyselinou, nebo její pozicí v peptidu. Vzniklé kratší proteiny a peptidy mohou být dále intracelulárně hydrolyzovány pomocí endopeptidáz a exopeptidáz primárních a sekundárních startérových kultur a NSLAB. Exopeptidázy katalyzují odštěpení pouze koncových aminokyselin z polypeptidového řetězce a endopeptidázy katalyzují hydrolyzu vazby uvnitř řetězce za vzniku peptidů různé velikosti. Při nevhodném zrání mohou vzniknout nežádoucí až škodlivé produkty degradace aminokyselin jako amoniak, kyselina máselná, močovina nebo biogenní aminy. [3] [16]

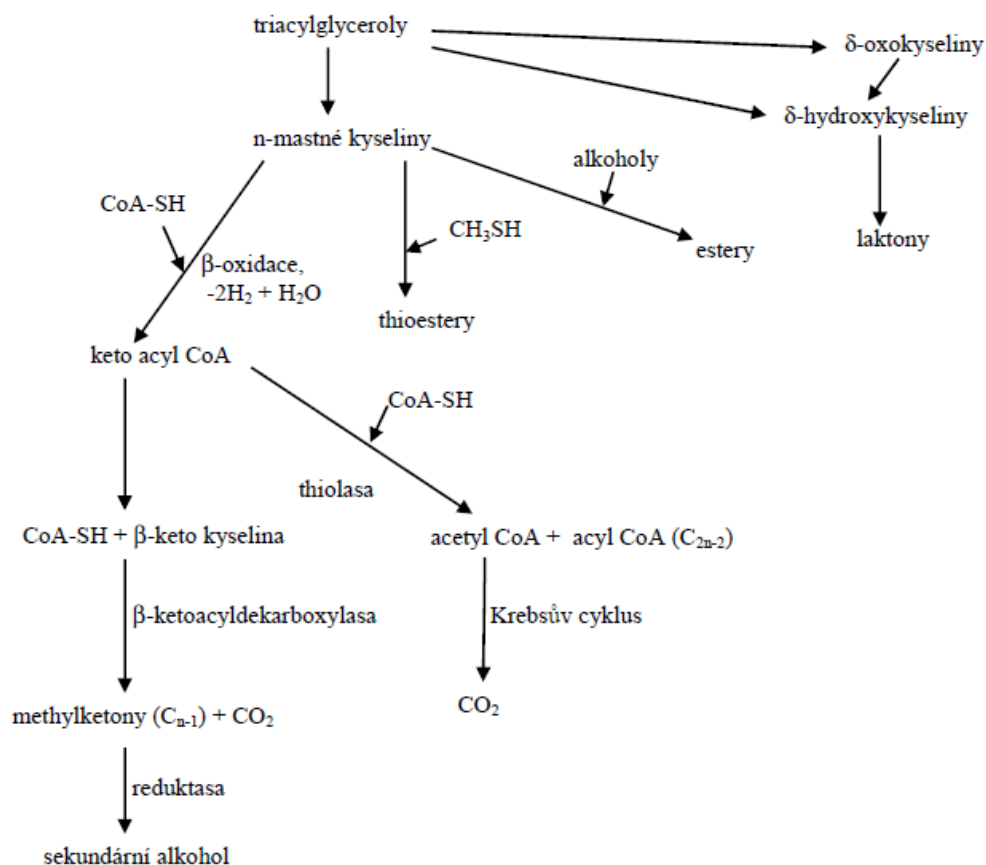
Vliv proteolýzy se projevuje později než metabolismus glukózy, obvykle za 10 až 16 dnů, kdy dochází k rozkladu bílkovin. Důležitou schopností použitých mikroorganismů je jejich lyze, která má za následek uvolnění intracelulárních enzymů, které pak ovlivňují proteolýzu a další biochemické procesy. Peptidy, které vznikají, se vyznačují významnými chuťovými vlastnostmi. Jejich vliv na chuť sýrů může být pozitivní nebo negativní, což závisí na jejich zastoupení. Některé peptidy, které vznikly např. při delším působení syřidla, kdy nastává terciální fáze štěpení, způsobují nežádoucí hořkou chuť. Významnou tvorbou hořkých peptidů se vyznačují některé proteolytické enzymy buněčných stěn některých kmenů rodu *Lactococcus*. Počáteční hořkost se může někdy ztratit díky následné proteolýze, kdy se dále štěpí na menší peptidy popř. aminokyseliny, které již hořkou chuť nemusí vykazovat. Eliminaci hořké chuti v některých druzích sýra je možné řešit přidavkem mikroorganismu *Brevibacterium linens*, který je charakteristický vysokou proteolytickou aktivitou a schopností hydrolyzovat hořké peptidy. K chuti sýrů přispívají i aminokyseliny, např. prolin, který je důležitou složkou chuti sýrů ementálského typu. Rozeznáváme rozsah a hloubku rozkladu bílkovin. Rozsah zrání, který je značný u měkkých sýrů, je charakterizován jako procentuální podíl ve vodě rozpustného dusíku v celkovém dusíku a hloubka zrání jako podíl aminosloučenin a amoniaku v celkovém dusíku, která je spíše u tvrdých sýrů. Při zrání sýrů s vysokodohřívanou syřeninou dochází k pomalému rozkladu bílkovin a vytváří se tedy převážně aminokyseliny a malé množství dalších meziproductů. Aminokyseliny jsou dále štěpeny jen málo, obsah amoniaku a sirovodíku je tedy nízký a proto tyto sýry nemají ostrou chuť. [6] [15]

Konečným produktem proteolýzy jsou tedy volné aminokyseliny a jejich koncentrace závisí na druhu sýru, použité výrobní technologii a podmínkách zrání. Některé volné aminokyseliny pak přímo ovlivňují sensorické vlastnosti, jako např. kyselina glutamová zintenziv-

ňuje chuť, nebo glycin a treonin jsou spíše sladké, prolin a lyzin jsou hořkosladké. Většina volných aminokyselin však neovlivňuje vývoj aroma přímo. Daleko významnější je konverze volných aminokyselin na sensoricky aktivní látky např. amoniak, fenoly nebo alkoholy prostřednictvím intracelulárních enzymů mikroorganismů. Řada důležitých sirných sloučenin vzniká z metioninu, který patří k nejvyužívanějším prekurzorům při tvorbě těchto látek. Schopnost mikroorganismů produkovat sensoricky aktivní látky z aminokyselin je druhově i kmenově závislá. [30] [31]

2.3 Lipolýza

Při zrání sýrů nejmenším změnám podléhá právě tuk. Lipolýza v sýrech probíhá v důsledku přítomnosti lipolytických enzymů neboli lipáz, které štěpí esterovou vazbu mezi mastnými kyselinami a glycerolem. Enzymatická lipolýza uvolňuje hlavně mastné kyseliny s krátkými řetězci, které vytváří nežádoucí vůni a chuť mléčných výrobků. Je-li integrita membrány tukových kuliček porušena, může dojít k uvolnění triacylglycerolů, které již nejsou chráněny vůči lipolytickým enzymům. Uvolněné mastné kyseliny pak snadněji mohou podléhat oxidačním reakcím. [5] [9]



Obr.4: Schéma lipolýzy v sýrech [6]

Volné mastné kyseliny, jako primární produkty lipolýzy, jsou důležitými prekurzory katabolických reakcí, které produkují sensoricky aktivní sloučeniny. Schéma průběhu lipolýzy a následných reakcí volných mastných kyselin v sýrech je uvedeno na Obr. 4. Degradace lipidů v potravinách s vysokým obsahem tuku probíhá oxidativními nebo hydrolytickými drahami. Oxidace lipidů je u sýrů velmi limitována, a to kvůli nízkému oxidačně-redukčnímu potenciálu a nízkému obsahu polynenasycených mastných kyselin v mléčném tuku. Proto se degradační procesy lipidů v průběhu zrání sýrů většinou omezují na hydrolytické procesy. Lipolytická aktivita je pozorována zejména u druhů sýrů, které se vyznačují vysokým obsahem mikroorganismů štěpících tuk a štěpné produkty jsou velmi důležité pro tvorbu charakteristické chuti a vůně. Zejména u sýrů s plísní na povrchu se více uplatňuje lipolytická aktivita. Značná lipolýza je rovněž u sýrů vyrobených ze syrového mléka, a to v důsledku enzymatické aktivity nativních lipáz. Bakterie mléčného kvašení obvykle nedisponují příliš aktivními lipázami a esterázami. Nicméně za podmínek dlouhého zrání mohou lipázy bakterií mléčného kvašení vykazovat vyšší 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. NSLAB disponují lipázami a esterázami, avšak jejich aktivita je druhově specifická a také závislá na obsahu soli, pH a teplotě. Exogenní enzymy nebo přidané lipázy jsou příležitostně využívány k urychlení zrání sýrů. [6] [16]

3 MOŽNOSTI BALENÍ SÝRŮ PRO JEJICH ZRÁNÍ A SKLADOVÁNÍ

Balení významně ovlivňuje chuť i kvalitu sýrů. Každý druh sýra má specifické požadavky na uchovávání. Správně zvolený obal musí respektovat přirozený charakter sýru a zachovat jeho senzorické vlastnosti a během zrání tento projev podporovat. Odlišné podmínky zrání zapříčiňují různé vlastnosti přírodních sýrů jako je chuť nebo textura. [14]

Zrání může probíhat buď v celé hmotě sýra tedy anaerobně, nebo od povrchu dovnitř tedy aerobně působením povrchové mikroflóry. U řady sýrů se oba typy zrání doplňují, u tvrdých sýrů převládá anaerobní zrání. Sýry, které zrají v celé hmotě, se po solení balí do zracích fólií, ošetřují se ochranným plastovým nátěrem nebo může být jejich povrch při zrání ošetřován solným roztokem (méně časté). Zrací fólie a nátěry představují bariéru nepropustnou pro kyslík a vodu a propustnou pro CO₂. Zrací fólie téměř vylučují činnost povrchové mikroflóry a snižují ztráty vysycháním na minimum. Zrání ve fóliích je méně pracné a dobře mechanizované. Další možností ochrany sýrů je nanášení nátěru plastických hmot. Některé druhy sýrů však zrají bez obalu a v průběhu zrání se pravidelně ošetřují. Jedná se např. o sýry zrající pod mazem, kdy se na povrch nanáší kvasinkové nebo mazové kultury, sýry zrající s charakteristickou plísní na povrchu, které se musí pravidelně obracet, aby se umožnil přístup vzduchu nebo i s plísní v těstě, které se propichují, a tím se zlepšuje výměna plynů v sýru. Tyto výrobky se potom balí až před expedicí do tržní sítě. [6] [18]

Obaly potravin plní několik základních funkcí jako je např. ochrana výrobku nebo vizuálně – komunikační funkce. Ochranná funkce je pro obaly potravin zvlášť významná, protože chrání výrobek před chemickými, fyzikálními a biologickými vlivy okolí a prodlužuje tím údržnost potraviny a zajišťuje většinu hygienických nároků během výroby, skladování a distribuce.

Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a k němu příslušné prováděcí vyhlášky ukládají výrobcům potravin zajistit patřičnou technickou konstrukci obalu a k jeho výrobě použít pouze materiály odpovídající hygienické kvalitě. [7]

Použité obaly musí dále splňovat podmínky dané zákonem 477/2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů. Pro účely tohoto zákona se rozumí obalem výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmání, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli. [4] Obaly na sýry musí také splňovat hygienické požadavky na materiály určené pro přímý

styk s potravinami dané zákonem č.258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví. Jsou určeny parametry složení i metody kontroly zdravotní nezávadnosti obalových prostředků uvedeného typu a jejich výrobcům i distributorům je uložena povinnost vést požadovanou dokumentaci dle tohoto zákona. [5]

Povaha baleného výrobku také ovlivňuje výběr obalových materiálů, např. tekuté výrobky, které je nutné chránit před světlem, se plní do tmavých skleněných lahví, nebo kyselé potraviny by se neměly plnit do kovových obalů, protože by mohlo docházet ke korozi obalu a tím k znehodnocení výrobku. Je nutné zohlednit i vnější vlivy, které by na výrobek mohly působit, jako jsou ekonomické aspekty, dostupnost obalového materiálu, vliv na životní prostředí a konečné použití výrobku a zda bude obal zvyšovat komfort při spotřebě produktu. Obaly mohou být vyrobeny z různých materiálů jako např. dřevo, papír, tkaniny, sklo, kov, plasty nebo jejich kombinací. Obaly se také dělí podle způsobu použití na přepravní obaly, distribuční obaly a spotřebitelské obaly, které jsou v přímém kontaktu s potravinou, ale existují i tzv. jedlé obaly. Prakticky vždy při kontaktu potraviny s obalem dochází k vzájemnému ovlivnění. Vzájemné interakce mezi obalem a balenou potravinou zahrnují chemické, resp. fyzikální reakce mezi potravinou, jejím obalem a okolím, které ve svém důsledku ovlivňují složení, kvalitu i fyzikální vlastnosti jak potraviny, tak obalu. Je důležité znát, co s čím může reagovat, aby při nevhodné kombinaci obalu s produktem nevznikla zdraví škodlivá potravina. Důležitou roli hraje i činnost mikroorganismů v balené potravine a produkty jejich metabolismu, např. při zrání sýrů vzniká činností mikroorganismů kyselina mléčná, která reaguje s obalem a ovlivňuje jeho vlastnosti, jak popisuje Steinka a kol. [55]

Mezi základní požadavky výrobců patří vhodnost obalu pro případné technologické zpracování baleného výrobku, ale i nároky na estetické působení obalu, které musí zákazníka upoutat a vzbudit v něm zájem o koupi výrobku. Obal tedy slouží i jako podpůrný prostředek prodeje a slouží i k prezentaci výrobku, což je využíváno např. i při prodeji krájených výrobků a je důležité vnímat přání zákazníka a přizpůsobovat výrobky jeho potřebám. Řada inovací proběhla právě v balení krájeného zboží. V dnešní době se nenabízí pouze balení krájeného výrobku tzv. do komínku, ale i např. šindelové nebo míchané balení. Moderní nářezové stroje nabízejí různé varianty prezentace výrobků od podélného a příčného ukládání, ukládání do kruhu, přehýbání plátků až po ukládání podle specifických požadavků zákazníka. Nároky na kvalitu jsou u plátkovaných výrobků vyšší než u kusového zboží. Důležitá je i možnost opětovného uzavření obalu. [7] [12] [22]

3.1 Druhy obalu používané při balení sýrů

3.1.1 Plastové obaly

Nejvíce rozvíjející se skupinou obalů jsou plastové obaly. Plasty jsou syntetické, polosyntetické nebo přírodní makromolekulární látky, které lze tvarovat tlakem za vyšších teplot. Jejich široké možnosti uplatnění v obalové technice vyplývají z jejich velmi rozmanitých fyzikálních a chemických vlastností. Většina plastů se vyznačuje dobrou chemickou odolností a zdravotní nezávadností, proto nachází široké uplatnění při balení potravin. Významnou vlastností je nepropustnost nebo jen částečná propustnost pro plyny a vodní páru a zvláštní význam mají především fólie propustné, někdy i jednosměrně, pro funkční plyny jako je kyslík, dusík, oxid uhličitý a ethylen. Plastové obaly jsou tedy hojně využívány nejen při balení sýrů a je třeba řešit i otázku jejich vlivu na životního prostředí, čímž se zabývá Barlow a kol. ve své publikaci a řeší možnost použití recyklovaných obalů a biologicky rozložitelných obalů. [13] [23] [54]

3.1.2 Modifikovaná atmosféra

Pro prodloužení trvanlivosti potravin ve spotřebitelském balení se používá také modifikovaná atmosféra, která upravuje složení plynu nad potravinou a tím zabraňuje rozvoji kontaminující mikroflóry a zpomaluje procesy kažení potravin. Provedené studie prokázaly, že modifikovaná atmosféra je účinná pro různé typy sýrů a pro omezení růstu plísní, tvorbu aflatoxinů a prodloužení skladovatelnosti sýrů o více než 50 %. Je důležité správně kombinovat složení ochranné atmosféry a typ obalu, aby se zabránilo úniku složek modifikované ochranné atmosféry. Tento způsob balení zachovává tvar především měkkých potravin oproti vakuovému balení, kdy je plyn úplně odstraněn, a často se využívá i při balení krájeného a plátkovaného zboží. Zkouší se i možné využití kombinace modifikované atmosféry a aktivního jedlého nátěru k prodloužení trvanlivosti čerstvých měkkých sýrů. [7] [12] [22]

Jednou z možností zvýšení ochrany sýru před přístupem kyslíku a kontaminací plísněmi mohou být i tzv. jedlé obaly tvořeny vrstvou jedlých polysacharidových materiálů např. chitosanem nebo galaktomananem. Jedlé fólie a povlaky jsou obnovitelné a také biologicky odbouratelné a jsou i přijatelné pro EFSA jako složky potravin. Musí být ale označeny všechny alergenní složky. Další možnou součástí obalů sýrů jsou antimikrobiální sloučeniny, čímž se zvyšuje úroveň bezpečnosti potravin. Například na sýry Mozzarella mohou být

aplikovány chitosan-lysozymové filmy, čímž dochází k poklesu mikrobiální kontaminace. [22]

3.1.3 Aktivní a inteligentní obaly

Vývoji obalů se věnuje velká pozornost zejména skupině tzv. aktivních a inteligentních obalů. Aktivní i inteligentní obaly jsou často používány při balení mléčných výrobků především sýrů. Aktivní obal má schopnost samovolně měnit své vlastnosti v reakci na změnu podmínek v okolí výrobku a úprava směřuje k potlačení nežádoucího důsledku změny na kvalitu baleného výrobku. Vede k prodloužení skladovatelnosti a zlepšení bezpečnosti nebo organoleptických vlastností při zachování kvality potravinářského výrobku. Změny spočívají např. v uvolňování aktivních konzervačních činidel nebo naopak sorpci nežádoucích složek, ale může se i měnit propustnost obalu pro plyny. Mezi nejstudovanější složky aktivních obalů patří absorbátory, které se používají ve formě sáčků vložených do obalu nebo samolepících štítků a mohou absorbovat kyslík – doplněk vakuového balení, nebo např. oxid uhličitý pro zachování aroma. U sýrů se nejčastěji odstraňují právě CO₂, O₂ a organické kyseliny a vlhkost. Hojně využívané u sýrů jsou obalové fólie s antikondenzační úpravou, jejíž funkce spočívá v tom, že vlhkost kondenzující na vnitřním povrchu fólie nevytváří jednotlivé oddělené kapky, ale souvislou vrstvu, kterou spotřebitel nepostřehne. Jako inteligentní obaly se označují obalové systémy monitorující podmínky v okolí baleného výrobku a poskytující informaci o historii a stavu balené potraviny během transportu a skladování. Reagují např. na změnu teploty, složení vnitřní atmosféry, vlhkosti nebo pomnožení určité skupiny mikroorganismů. Inteligentní obal sleduje čerstvost potravin, kterou nám sděluje prostřednictvím připevněných štítků či tištěných obrázků na obalu potraviny. Například vizuální indikátor citlivý na teplotu informuje spotřebitele změnou barvy na překročení prahové teploty v průběhu skladování. U mlékárenských výrobků tj. u sýrů se nejčastěji volí časově teplotní indikátor. [17] [22]

3.2 Zrací obaly

Existují dva hlavní způsoby pro zrání tvrdých a polotvrdých sýrů (jako je Gouda, Eidam, Ementál). Tradičnější je známý jako přirozené zrání, při kterém je po nasolení sýr na povrchu ošetřen speciálním nátěrem, suší se na vzduchu a během zrání se vytvoří tvrdá kůra. Druhý způsob je, že se sýry po nasolení zabalí do neprodyšného obalu tak, že sýr zůstává měkký a netvoří na povrchu kůru. Při tradičním zrání bez obalu sýr po 14 dnech ztrácí asi

10 % vlhkosti, zatímco při zrání ve fólii se ztráty vlhkosti sníží asi o polovinu a to znamená zvýšení výtěžnosti. Byly provedeny skladovací pokusy, které toto potvrzují. Bertola a kol. se zabýval změnou reologických vlastností sýru baleného v plastové fólii během jeho zrání. Tradičně zrající sýry vykazovaly vyšší tvrdost než sýry balené ve fólii, u kterých fólie výrazně snížila povrchové odpařování a tím snížila ztráty během zrání. Také Talevski a kol. uvádí ve svém závěru studie, že polymerová fólie zabraňuje ztrátě hmotnosti. U těchto vzorků byl zjištěn nižší obsah sušiny než u vzorků zrajících klasickým způsobem (bez obalu). Nové polopropustné fólie tedy představují pro sýrařský průmysl možnost finančních úspor. Specificky propouští vlhkost, ale nepropouští plyny jako je kyslík. Požadovaný charakter a aroma přitom zůstávají zachovány. Ekonomika výroby vyjádřena cenou je důležitým faktorem úspěchu sýru v tržní síti. Balení sýrů do zracích obalů má vliv na zvýšení produktivity práce ve zracích sklepích využitím automatizace a zvýšení výtěžnosti sýrů díky zabránění vysychání sýrů během zrání a omezení ztrát při ošetřování sýrů. [3] [18] [41] [44]

3.2.1 Fólie

Probíhá úspěšný vývoj bariérových zracích materiálů, jejichž princip je postaven na vícevrstevných koextrudovaných materiálech, které umožňují prostup molekul vznikajícího CO₂ během zrání směrem ven, současně ale zabraňuje prostupu molekul vody, a tím zmiňovanému vysychání sýrů, jak již bylo zmíněno dříve. Směrem dovnitř pak zamezují přístupu O₂ a tím zabraňují nárůstu plísní a prakticky eliminují nutnost ošetřování sýrů během zrání. Bariérové vlastnosti fólií jsou přesně definovány podle typu sýru zejména ve vztahu k tvorbě a množství plynů vytvářených mikroflórou během zrání a jsou dány spojením několika polymerních vrstev s různými funkčními vlastnostmi do jedné struktury. Důležitým faktorem pro výběr obalu je i mechanická odolnost, odolnost vůči teplotě nebo i další ekologické a ekonomické požadavky a v neposlední řadě požadavky trhu a spotřebitelů. [18] [22]

K novinkám patří také využití nanotechnologií v oblasti plastových obalů, čímž se zabývá řada studií. Využívají se fólie z plněných polymerů, kdy nanokompozitní materiál představuje materiál v polymerní oblasti, ve které jsou částice plniva v nanorozměrech homogenně dispergované v polymerní matici. Vlastnosti nanokompozitů se odvíjejí od složení, velikosti částic, jejich morfologie a uspořádání. Používají se pro zlepšení stability a bariérových vlastností obalových materiálů a biologicky odbouratelných polymerů. Nanokom-

pozitivní fólie mají zlepšené mechanické vlastnosti jako je tuhost, pevnost nebo pružnost, dále jsou odolnější vůči teplotám a vlhkosti a mají vynikající bariérové vlastnosti proti světlu, kyslíku a dalším plynům. Tato zlepšení vedla k vývoji nanokrystalického polymeru pro zpracování obalů na maso, sýry, cukrovinky, obiloviny apod. Také další studie se věnovala hodnocení nanokompozitů jako obalového materiálu konkrétně bionanokompozitů. Byl vyroben čerstvý měkký sýr s vysokým obsahem vody, přičemž byly aplikovány 4 druhy obalového materiálu s různou vrstvou filmu TiO_2 . Vzorok sýrů byly skladovány 30 dnů při 7°C . Byly zjištěny dobré antimikrobiální účinky obalového materiálu, kdy na konci skladovacího pokusu byl počet nežádoucích mikroorganismů téměř nulový. Důležitý byl i pozitivní vliv na ochranu barvy sýru a v neposlední řadě je využití bionanokompozitních filmů v obalových materiálech šetrné k životnímu prostředí. [22] [28] [33]

Mezi nejpoužívanější materiály pro výrobu potravinářských fólií patří např. PE - polyethylen - je to klasický obalový materiál s dobrými mechanickými vlastnostmi, odolává neoxidujícím kyselinám a zásadám a je velmi propustný pro kyslík a oxid uhličitý a málo propustný pro vodní páry. Polyamidy (PA) mají vysokou pevnost v tahu a jsou odolné vůči oděru, jsou tepelně odolné a málo propustné pro plyny, ale hodně propustné pro vodní páru. Jsou zdravotně nezávadné a v potravinářství se používají v kombinaci s jinými plastickými materiály a fólie s jejich obsahem se používají pro vakuové balení masa a sýrů nebo ethylenvinylacetátový kopolymer (EVA) má dobré vlastnosti při nízkých teplotách a používá se při výrobě průtažných a smrštitelných fólií. Použitím kombinace těchto materiálů vzniká vhodný typ obalu. Pro sýry ementálského typu se používají vícevrstvé fólie typu PE-PA-EVA z důvodů dosažení vyšších bariérových vlastností. Jakost sýrů je ovlivněna propustností fólií pro CO_2 , při fermentaci zbytků laktózy se plyn hromadí v hmotě sýru a tak vznikají vady v konzistenci. [18] [34] [35]

Pro nízkodohříváné sýry se používají teplem smrštitelné fólie polyvinylchloridu (Cryovac, Saran). Fólie CRYOVAC jsou vhodné pro sýry s produkcí i bez produkce plynů a jsou dostupné v různých barevných provedeních a s různými úrovněmi propustnosti kyslíku, čímž je usnadněno kontrolovatelné zrání. Fólie jsou vhodné pro širokou řadu plnicích systémů a vakuovacích strojů. Sýry se vakuově balí do této smrštitelné fólie a jsou pak sprchovány horkou vodou ve smrštovacím tunelu, kde dojde ke smrštění fólie a přilnutí na sýr. Dále jsou sýry osušeny proudem vzduchu a přepravovány ke zrání. Takto zabalené sýry prakticky nepotřebují až do expedice žádné ošetřování, pouze sýry s tvorbou ok vyžadují během zrání obracení, aby byla oka pravidelná. Zrání sýrů ve fóliích ovlivňuje vlastní

technologii výroby. Protože nedochází k vysychání sýrů, je nutné, aby sýr měl odpovídající sušinu již po vysolení. [18] [22] [23]

3.2.2 Sýrařský vosk

Sýrařské vosky jsou vhodné pro voskování polotvrdých a tvrdých sýrů. Chrání sýry před plísněmi a kvasinkami a před ztrátou vlhkosti a tedy i váhy, ale i při distribuci a přepravě před poškozením. Teplota při aplikaci má vliv na tloušťku nanášené vrstvy a pohybuje se v rozmezí 85 °C – 110 °C. Vyšší teplota znamená slabší vrstvu vosku a příliš vysoká teplota vosku může vést k zapečení vosku do povrchu sýru a špatně se potom sundává. Vosky jsou atestované pro potravinářské účely a je možné je nanášet v jakémkoli stádiu zrání. Povrch sýru by měl být před voskováním suchý, aby vosk dobře přilnul a nezůstaly tam žádné vzduchové mezery. Vrstva vosku také zamezí přístupu kyslíku v době zrání, což je žádoucí, protože většina polotvrdých a tvrdých sýrů má anaerobní příp. fakultativně anaerobní mikroflóru. Vosk také chrání sýr před případným znečištěním. Dalším požadavkem na sýrařský vosk je ohebnost a pružnost, zajišťující jeho odolnost vůči mechanickému namáhání při ošetřování, manipulaci a skladování sýrů, ale i požadavek na snadné krájení. Sýr zraje dále za podmínek (teplota, doba relativní vlhkost) daných pro vyráběný druh sýru. Pokud vosk na sýru praská nebo se nafukuje a tvoří bublinky, dochází při zrání sýru k nežádoucím procesům, je tedy nutné vosk odstranit a sýr zkontrolovat. Sýrařské vosky se vyrábí v několika barevných provedeních a pro konečného zákazníka je to atraktivní typ obalu. Někdy se barva vosku liší podle druhu vyrobeného sýru. Různé druhy vosku mohou mít různé teploty tání a ovlivňovat reologické vlastnosti sýru, především propustností plynů ven z obalu. K výhodám tohoto zracího obalu patří i jeho dostupnost a tedy možnost použití i pro malé výrobce. [43] [44]

3.2.3 Plasticoat

Polyvinylacetát (PVA) je vodou ředitelný nátěr z polymerních hmot pro povrchové ošetření tvrdých a polotvrdých sýrů. Kopolymerová emulze sestává ze dvou monomerů, přičemž jeden poskytuje tvrdý film a druhý zase měkký film a správným poměrem obou monomerů se dosáhne potřebná pružnost filmu. Nátěr je prodyšný, umožní sýru dýchat, odpařuje se skrz něj voda a následně i chrání sýr při prodeji. Některé nátěry obsahují látky s fungicidním a antimikrobiálním účinkem, takže brání i růstu plísní a nežádoucích mikroorganismů, nejčastěji se používá natamycin a kyselina sorbová. Aby byl zajištěn správný průběh zrání, nesmí vytvořený film bránit normálnímu zrání, nesmí mít vlastní chuť ani

pach, který by mohl předat natíranému sýru. Nátěry z polymerních hmot jsou vhodné jak pro ruční, tak i pro strojní aplikaci. Nátěry se jednoduše aplikují ihned po vysolení sýrů na povrch, který je důkladně osušený proudícím vzduchem. Doba zaschnutí jedné vrstvy je 6 – 12 hodin v závislosti na vlhkosti sýru a prostředí a na teplotě prostředí a minimální teplota nanášení je 6 – 7 °C. Sýry se opatří více vrstvami nátěrů a pro získání souvislého povrchu je lepší nanést dvě tenké vrstvy než jednu silnou. Nátěr by měl být dostatečně pružný a pevný, aby nepraskal při manipulaci se sýry. Natírání se může opakovat během zrání v závislosti na délce zrání a opotřebení nátěru, případně jeho popraskání. Vlhkost při zrání je nutné dodržet totožnou s podmínkami platnými pro ošetřované sýry, jinak by mohlo dojít k vysychání nátěru a jeho popraskání. Díky snadné aplikaci a dobré dostupnosti jsou nátěry vhodné i pro malé výrobce a pro malé šarže sýrů. Závěrem jedné studie vlivu obalu na sýr bylo, že Plasticoat nezabrání snížení obsahu vody, ale správně usměřuje zrací procesy a chrání sýr před negativními vlivy. [27] [44] [45]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo porovnat vliv typu zracího obalu na vybrané vlastnosti vzorků přírodních sýrů během zrání. Pro naplnění tohoto cíle byly stanoveny následující dílčí cíle:

- založení 3měsíčního skladovacího experimentu se sýry balenými do odlišných zracích/expedičních obalů
- pozorovat vývoj základních chemických parametrů v závislosti na době skladování a použitém obalovém materiálu
- posoudit zastoupení vybraných mikroorganismů v modelových vzorcích sýrů v průběhu zrání
- v průběhu zrání sledovat vývoj obsahu volných aminokyselin a biogenních aminů v jednotlivých modelových vzorcích sýrů
- posoudit změnu texturních vlastností modelových vzorků v průběhu zrání a v závislosti na podmínkách skladování

5 METODIKA

5.1 Založení skladovacího experimentu

Pro skladovací experiment byly použity průmyslově vyrobené přírodní polotvrdé sýry typu Gouda z mlékárny na Moravě. Sýry byly vyrobené z upraveného pasterovaného mléka a s obsahem sušiny minimálně 56 % a obsahem tuku v sušině minimálně 45 %. Všechny vzorky pocházely ze stejné výrobní šarže. Byly sledovány čtyři způsoby zabalení modelových vzorků sýrů

- červený sýrařský vosk (O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Česká republika), vzorek označován **PV**
- smrštitelná fólie Cryovac BK 3550 (Sealed Air, USA), vzorek označován **SF**
- nátěr Plasticoat AGD 522 (BioPro O.K. servis, Česká republika) ve čtyřech vrstvách značeno **4N**,
- nátěr Plasticoat AGD 522 (O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Česká republika) v šesti vrstvách značeno **6N**.

Vzorky byly analyzovány ihned po výrobě (1. den) a dále v průběhu zrání 14. den, 28. den, 56. den a 84. den vždy dva kusy od každého typu obalu. Vzorky zrály při teplotě $12\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ a sýry pod nátěrem zrály při relativní vlhkosti nad 80 % (u zbylých vzorků nebyla vlhkost regulována, neboť to použití obalového materiálu nevyžaduje).

Všechny analýzy byly prováděny za laboratorních podmínek bezprostředně po vyjmutí ze zrací komory v laboratořích Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické, mikrobiologický rozbor byl proveden ve spolupráci s Ústavem inženýrství ochrany životního prostředí, Fakulty technologické. Nejprve byla vždy provedena texturní analýza a změřeno pH, poté byl vzorek rovnoměrně rozmělněn a připraven pro stanovení základní chemické analýzy. Stanovení obsahu volných aminokyselin a biogenních aminů bylo provedeno z lyofilizovaných vzorků. Pro mikrobiologický rozbor byl brán vždy samostatný vzorek sýra.

5.2 Základní chemická analýza

5.2.1 Stanovení pH

Hodnota pH byla stanovena průměrem ze šesti měření v různých částech z každého vzorku pomocí vpichového pH metru (EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemsko).

5.2.2 Stanovení obsahu sušiny

Stanovení obsahu sušiny se provádělo dle ČSN EN ISO 5534 sušením do konstantního úbytku hmotnosti při $105 \pm 1^\circ\text{C}$. Na analytických vahách A&D GH-200 EC byly do předem zvážených a vysušených misek s křemičitým pískem naváženy 3 g vzorku a pomocí tyčinky rovnoměrně promíchány s pískem. Připravené vzorky byly sušeny v sušárně Venticell (Brněnská Medicinská Technika a.s., ČR) a po zchlazení v exsikátoru byly opět zváženy. Výpočet obsahu sušiny byl proveden podle vzorce:

$$\text{obsah sušiny v \%} = \frac{(m_3 - m_1)}{m_2} \cdot 100$$

m_1 – hmotnost misky s pískem v g

m_2 – hmotnost vzorku před sušením v g

m_3 – hmotnost misky s pískem a vzorkem po vysušení v g

Hodnota se u každého vzorku stanovila průměrem ze tří měření.

5.2.3 Stanovení obsahu soli

Obsah soli se stanovoval potenciometricky dle ČSN EN ISO 5943. Na každé stanovení se navážil 1 g připraveného vzorku na analytických vahách A&D GH-200 EC. Navážený vzorek se rozmělnil v třecí misce s destilovanou teplou vodou (asi 10 ml) a po převedení do skleněné kádinky, přidavku 2 ml HNO_3 (1:4) a doplnění destilovanou vodou do objemu 120 – 130 mm byl titrován standardizovaným roztokem dusičnanu stříbrného o koncentraci $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$. Do roztoku byla ponořena elektroda a pomocí magnetické míchačky byl roztok neustále promícháván. Zaznamenávala se hodnota napětí po každém přidavku 0,5 ml dusičnanu stříbrného až do dosažení napětí 400 mV. Pro každý vzorek byla provedena tři měření a pomocí druhé derivace byl vypočten výsledek.

5.2.4 Stanovení obsahu tuku

Obsah tuku se stanovoval dle ČSN EN ISO 3433 a stanovení je založeno na rozpuštění vzorku kyselinou sírovou za přídavku malého množství amylalkoholu. Tři gramy vzorku byly naváženy na analytických vahách A&D GH-200 EC na skleněnou lodičku zasazenou do butyrometru a po přídavku kyseliny sírové se sýr rozpustil ve vodní lázni. Po jeho rozpuštění, přídavku amylalkoholu, doplnění kyselinou sírovou na požadovanou hodnotu a vytemperování na 65 °C následovalo odstředování po dobu 5 minut. Poté se ze stupnice přímo odečetla hodnota obsahu tuku. Obsah tuku v sušině se dále vypočetl pomocí vzorce:

$$x = \frac{100 \cdot t}{s}$$

s – sušina v %

t – tučnost v %

x – tuk v sušině v %

5.3 Mikrobiologický rozbor

Mikrobiologický rozbor připravených vzorků byl proveden ve spolupráci s Ústavem inženýrství ochrany životního prostředí, Fakulty technologické. Z každého vzorku sýru bylo sterilně odebráno 5 g, přidán fyziologický roztok v devítinásobném množství a homogenizováno. Dále byla připravena desetinásobná ředění. Při metodě zalití kultivačním médiem byl odpipetován 1 ml připraveného vzorku a při nanášení na povrch půd bylo odpipetováno 2 ml vzorku a rovnoměrně rozetřeno. Byly stanoveny následující skupiny mikroorganismů: CPM – celkový počet mikroorganismů, mléčné koky, laktobacily, enterobakterie a anaeroby.

Počet mikroorganismů byl vyjádřen jako KTJ tedy kolonie tvořící jednotku a vztahuje se na jednotku objemu nebo hmotnosti (ml nebo g).

Výpočet je podle vzorce:

$$N = \frac{\Sigma C}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

ΣC – součet kolonií ze všech ploten vybraných pro výpočet

V – objem inokula v ml

n_1 – počet ploten vybraných k výpočtu z prvního zvoleného ředění

n_2 – počet ploten vybraných k výpočtu z druhého zvoleného ředění

d – faktor ředění odpovídající prvnímu pro výpočet zvoleného ředění

5.3.1 Stanovení celkového počtu mikroorganismů

Celkový počet mikroorganismů byl stanoven podle normy ČSN EN 4833, kdy byl 1 ml inokula přelit sterilním kultivačním médiem PCA a kultivace probíhala za aerobních podmínek 72 hodin při teplotě 30 °C.

5.3.2 Stanovení mezofilních laktokoků a streptokoků

Stanovení probíhalo podle normy ČSN ISO 15214. Metodou roztěru bylo nanášeno na sterilní povrch kultivačního média M17 0,2 ml inokula a následně probíhala kultivace za anaerobních podmínek 72 hodin při teplotě 30 °C.

5.3.3 Stanovení bakterií mléčného kvašení

Stanovení laktobacilů proběhlo podle ČSN ISO 15214, kdy metodou roztěru bylo nanášeno na povrch kultivačního média MRS 0,2 ml inokula a kultivace probíhala za anaerobních podmínek 72 hodin při 30 °C.

5.3.4 Stanovení enterobakterií

Toto stanovení probíhalo podle normy ČSN EN ISO 4832 a ke kultivaci byly použity kultivační média VČŽL a Endův agar. U média VČŽL byl přelit 1 ml inokula a v případě Endova agaru bylo nanášeno metodou roztěru 2 ml inokula. Kultivace probíhala 48 hodin za anaerobních podmínek při teplotě 30 °C.

5.4 Stanovení obsahu volných aminokyselin

Před samotnou analýzou vzorků byla provedena lyofilizace. Na analytických vahách A&D GH-200 EC bylo do zvážené hliníkové misky naváženo asi 20 g vzorku. Misky byly na 24 hodin umístěny do hlukomrazicího boxu MDF – U3286S (Sanyo) při teplotě -80 °C a následně lyofilizovány v lyofilizátoru (ALPHA 1-4 LSC, CHRIST, LABICOM s.r.o., ČR), pak byl vzorek dezintegrován. Před samotným stanovením byla provedena třístupňová extrakce ze sušené hmoty sýru pomocí lithno-citrátového pufru a derivatizace. Pro vlastní stanovení byl použit vysoceúčinný kapalinový chromatograf Agilent Technologies, Santa Clara, USA. Analytická kolona s předkolonou XBridge® BEH Plus C18 (3 x 10 mm, 2,5 μm), Waters, Irsko.

Použité chemikálie:

Extrakce

- Kyselina citronová, p. a. LACHNER
- Citronan lithný, p. a. ZMBD Chemik s.r.o.
- Chlorid lithný, p. a. ZMBD Chemik s.r.o.
- Hydroxid lithný, p. a. ZMBD Chemik s.r.o.

HPLC

- Acetonitril CHROMASOLV® Plus
- Methanol CHROMASOLV® Plus
- Acetátový pufr s 5 % přídavkem acetonitrilu
- Milli-Q voda upravená přístrojem TheaquaMAX™ Ultra 370 Series
- Standardy FAA – Sigma-Aldrich

Postup derivatizace:

- K 5 μ l vzorku se přidalo 35 μ l borátového pufru (0,2M, pH 7,3) a AQC (1 mg/1 ml ACN), působení teploty 55 °C po dobu 10 min
- zchlazení vzorku
- přídavek 170 μ l kyseliny mravenčí 20mM
- dávkování do systému

5.5 Stanovení biogenních aminů

Před samotnou analýzou vzorků byla provedena lyofilizace stejně jako u stanovení obsahu volných aminokyselin a následně třístupňová extrakce a derivatizace. Z každého odebraného vzorku v centrifugační zkumavce o objemu 50 ml bylo odpipetováno vždy 5 ml vzorku do kádinky a zředěno stejným množstvím kyseliny chloristé o koncentraci 1,2 mol/l. Do předem připravených popsaných derivatizačních vialek o objemu 10 ml se odpipetovalo 100 μ l vnitřního standardu 1,7-heptandiaminu, 1 ml zředěného vzorku, 1,5 ml karbonátového pufru o pH 11,1 – 11,2 a čerstvě připravený dansylchlorid o koncentraci 5 g/l, který byl zředěn acetonem. Po 24 hodinách, kdy probíhalo třepání směsí v temnu, se přidalo 200 μ l prolinu a probíhalo třepání ještě 1 hodinu. Po přídavku 3 ml heptanu se protřepávalo 3 minuty ručně. Pak se z horní vrstvy vzorku odebral 1 ml s obsaženými deriváty biogenní aminů. Následovalo odpaření heptanu inertním dusíkem při 60 °C a odparek se zředil ace-

tonitrem (1,5 ml). Samotné stanovení připravených vzorků proběhlo pomocí vysokoúčinného kapalinového chromatografu Dionex HPLC UltiMate 3000, Německo. Analytická kolona s předkolonou ZORBAC RRHD Eclipse Plus C18, Agilent Technologies, USA.

Použité chemikálie:

- Acetonitril CHROMASOLV® Plus
- Milli-Q voda upravená přístrojem TheaquaMAX™ Ultra 370 Series

5.6 Texturní profilová analýza

Texturní vlastnosti byly měřeny pomocí přístroje TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) a sondy o průměru 100 mm. Na připraveném výkroji o průměru 35 mm a výšce 20 mm byl proveden kompresní test ve dvou cyklech se stlačením vzorku o 25 % jeho původní výšky rychlostí 2 mm/s. Ze zátěžové křivky byla zjištěna tvrdost jako maximální síla v N dosažená během prvního stlačení a soudržnost vzorku jako podíl ploch píků druhého a prvního kompresního cyklu. Soudržnost je mechanická texturní vlastnost vztahující se ke stupni, do něhož může být látka deformována, než se rozpadne. Vypočítá se jako bezrozměrný poměr ploch A_2/A_1 a vyjadřuje sílu vnitřních vazeb tvořící texturu produktu.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

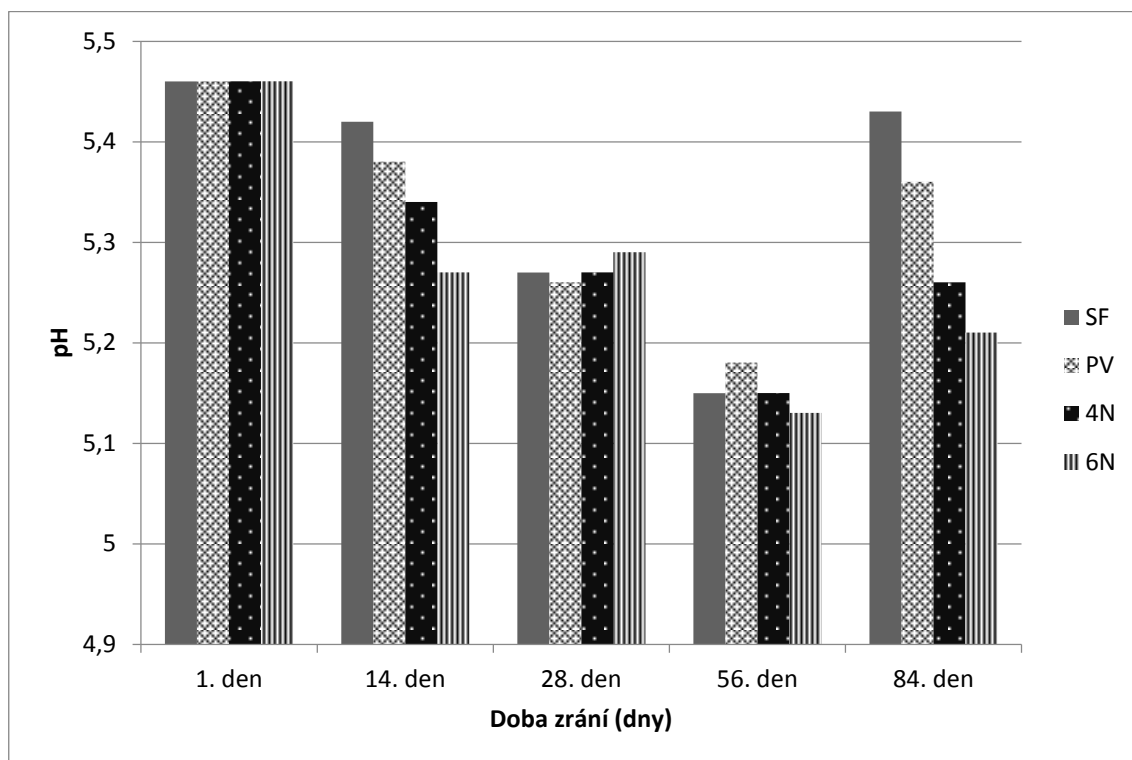
6.1 Základní chemická analýza

6.1.1 Hodnoty pH

U všech vzorků byla v průběhu zrání sledována hodnota pH, což je zaznamenáno v grafu na Obr. 5. Každá hodnota byla stanovena jako průměr ze šesti měření v různých částech vzorku ($n=12$, vždy byly brány 2 modelové sýry ze stejné skupiny). Ihned po výrobě hodnota pH byla pro všechny vzorky stejná a to $5,46 \pm 0,04$ (všechny vzorky pocházely ze stejné šarže). Dále docházelo zřejmě působením startérových kultur, které rozkládají laktózu na kyselinu mléčnou, k poklesu hodnoty pH, což je i v souladu se studií Pachlová a kol. [47] Po 14 dnech byla naměřena nejvyšší hodnota pH u vzorku zabaleného ve smrštitelné fólii a to $5,42 \pm 0,05$ a naopak nejnižší hodnota u vzorku zrajícího pod 6 vrstvami nátěru Plasticoatu ($5,27 \pm 0,02$). Naměřené hodnoty 28. den byly mezi vzorky vyrovnané stejně jako 56. den měření, ale byl pozorován klesající trend hodnot pH, což by mohlo být způsobeno vlivem enzymatické aktivity startérových kultur. Po 84. dnech došlo k vzrůstu pH u všech vzorků, přičemž u vzorku zabaleného ve smrštitelné fólii byl nárůst pH nejintenzivnější což koresponduje s výsledky studie Pachlové a kol. [47] Naopak k nejmenšímu vzrůstu pH došlo u vzorku zrajícího pod šesti vrstvami nátěru (6N). Zvyšování pH může být způsobeno rozkladem kyseliny mléčné na další sloučeniny. Klesající a následně rostoucí trend ve vývoji pH byl rovněž popsán v publikaci Pachlové a kol. [47] a potvrzuje to i Fenelon a kol. [58] ve své studii věnované primární proteolýze a změnám textury během dozrávání v sýrech Čedar.

Ve studii Talevski a kol.[44] zaměřené na vliv čtyřech různých obalových materiálů na sýr Kaškaval, měl nejnižší hodnotu pH vzorek chráněný voskem, čemuž odpovídá námi naměřená hodnota pouze po 28 dnech zrání. Ve studii je zmíněno, že je to pravděpodobně zachováním vzniklé kyseliny mléčné, ale protože je technologický postup výroby odlišný, mohou se výsledky lišit.

Vlivem snížení obsahu tuku a snížení obsahu soli na hodnoty pH v průběhu zrání sýrů se zabýval McCarthy a kol [57] a z výsledků vyplynulo, že různé koncentrace soli ovlivňují změny pH do poloviny zrání, ale postupně se hodnoty vyrovnávaly. Naopak různé hodnoty obsahu tuku ovlivňovaly pH až ke konci zrání.



Obr.5: Vývoj hodnot pH v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

6.1.2 Obsah sušiny

U zkoumaných vzorků byl v průběhu zrání zjišťován obsah sušiny v % vždy průměrem ze tří měření u každého vzorku ($n=6$). Zvolený typ zracího obalu má vliv především na odpařování vlhkosti v průběhu zrání a tím i na podmínky zrání a hlavně na hmotnostní ztráty v průběhu zrání. Z výsledků uvedených v grafu na Obr. 6 jednoznačně vyplývá, že nejmenší změna v obsahu sušiny byla u vzorků zrajících ve smrštitelné fólii a pod sýrařským voskem, které zabraňují odpařování vlhkosti. Na počátku byl obsah sušiny u všech vzorků stejný, ale již po 14 dnech je vidět rozdíl mezi obsahem sušiny u vzorků ve zrací fólii a vosku a mezi vzorky zrajícími pod nátěrem Plasticoatu a to i pod 6 i 4 vrstvami. Důvodem zvyšujícího se obsahu sušiny během 14 dní od výroby je postupná aplikace jednotlivých vrstev nátěru, při které dochází k intenzivnějšímu odparu vody.

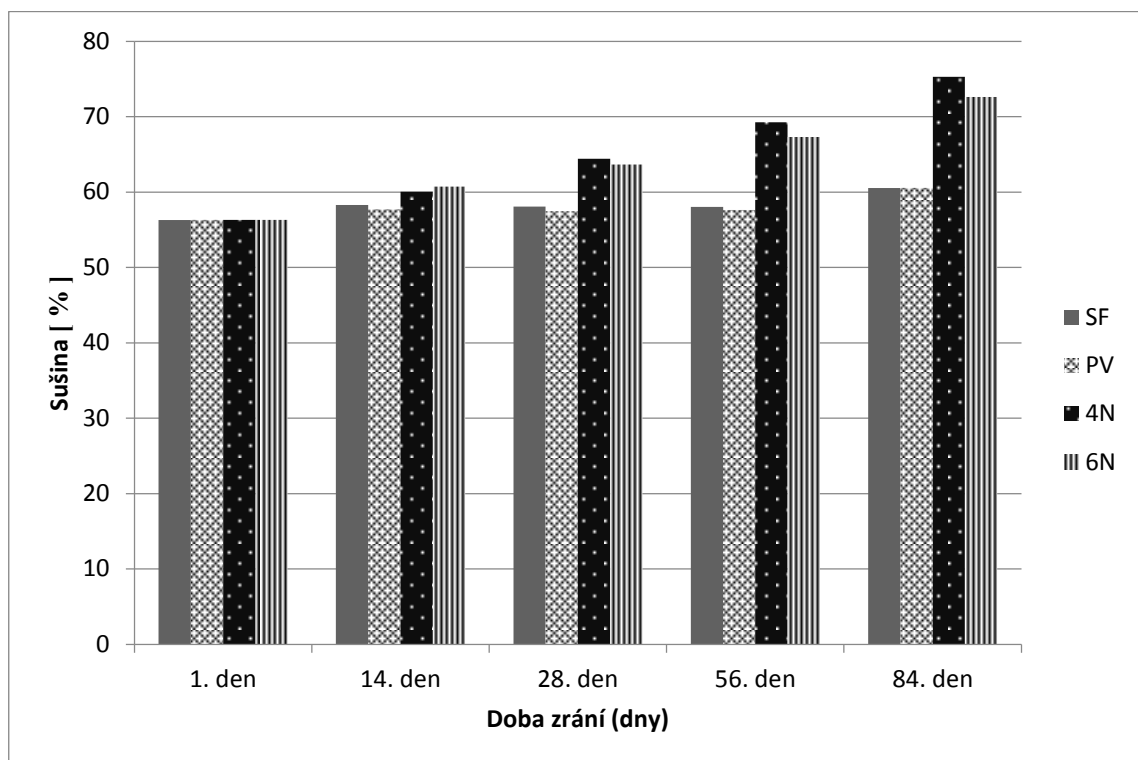
V dalším sledovaném období se postupně s dobou zrání zvyšoval obsah sušiny a to především u vzorků zrajících pod nátěrem. Obsah sušiny u vzorků zrajících ve smrštitelné fólii a pod sýrařským voskem se postupně zvýšil z $56,29 \pm 0,14$ % na $60,53 \pm 0,65$ %. Mírný nárůst obsahu sušiny je v souladu s prací Pachlová a kol. [14], kde uvádí, že i přes dobré bariérové vlastnosti obalu, může docházet k vysoušení sýru. U vzorků zrajících pod nátěry se obsah sušiny zvýšil podstatně více, což dokazuje větší propustnost pro vodní páry, a tedy

umožňuje větší vysychání vzorků a rovněž i hmotnostní ztráty. Navíc byl pozorován značný rozdíl v obsahu sušiny mezi vzorky zrajícími pod čtyřmi a šesti vrstvami nátěru Plasticoatu. Po 14 dnech nebyl rozdíl ještě znatelný, ale od 28. dne již byly zaznamenán vyšší obsah sušiny u vzorku 4N (zrajícího pod 4 vrstvami nátěru). Po 84 dnech zrání byl již obsah sušiny u tohoto vzorku vyšší o 2,64 % než u vzorku 6N (zrajícími pod šesti vrstvami nátěru). Obsah sušiny respektive vlhkosti ovlivňuje procesy probíhající v průběhu zrání. Rovněž má vliv i na texturní vlastnosti sýrů a odráží se také v ceně výrobku, resp. výtěžnosti.

Obsah sušiny u vzorku zrajícího pod sýrařským voskem odpovídal hodnotě deklarované výrobcem, který uvádí, že obsah sušiny je nejméně 56 %. Stejný trend byl pozorován také u vzorků se smrštitelnou fólií. Lze tedy konstatovat, že oba materiály mají dobré bariérové vlastnosti proti odparu vody.

Ve studii provedené na Mendlově univerzitě v Brně porovnávali fyzikálně chemické parametry během zrání sýrů balených ve vosku a pod olejovým nátěrem. Byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi obaly v různých stádiích zrání. Rozdíly byly způsobeny různým obsahem vlhkosti během dozrávání, což ovlivnilo obsah tuku, bílkovin a dalších složek. Vosk udržuje v sýru vlhkost, která způsobuje lepší průběh zrání v celém objemu sýru, přičemž neměl žádný negativní vliv na zrání v celém objemu sýru. [38]

Zjištěné výsledky obsahu sušiny ze skladovacího experimentu diplomové práce také odpovídají výsledkům studie, kterou prováděl Talevski a kol. [44] o vlivu obalu na sýr Kaškal, kdy po 90 dnech byl nejvyšší obsah u kontrolního vzorku bez povrchové úpravy a druhý nejvyšší obsah sušiny byl u sýru skladovaného pod polymerním nátěrem. Největší bariérové vlastnosti tedy vykazoval nízkoteplotní vosk a smrštitelná fólie, kde došlo k nejnižším ztrátám vlhkosti.



Obr.6: Vývoj obsahu sušiny v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

6.1.3 Obsah soli

Obsah soli na počátku skladovacího pokusu (1. den) stanovován nebyl, protože se rovnoměrnější rozložení soli očekává až po několika dnech z důvodu difúze soli hmotou sýru. Dále byly hodnoty stanovovány vždy průměrem ze tří měření z každého vzorku ($n=6$). Po 14 dnech byly nejnižší hodnoty u vzorku 4N zrajícího pod 4 vrstvami ($1,59 \pm 0,01$ %) a nejvyšší u sýrů pod sýrařským voskem ($1,87 \pm 0,02$ %). Po 84 dnech zrání byly naměřeny hodnoty obsahu soli nižší a to v rozmezí od $1,27 \pm 0,04$ % u vzorku zrajícího pod sýrařským voskem, po hodnotu $1,31 \pm 0,01$ u vzorku zrajícího pod čtyřmi vrstvami nátěru Plasticoatu. Kromě prvního měření po 14 dnech byl vždy naměřen nejvyšší obsah soli u vzorku 4N, tedy sýru zrajícím pod 4 vrstvami nátěru. V průběhu zrání dochází k postupné difúzi soli hmotou sýru a to od povrchu do středu a dochází k vyrovnání koncentrace soli v celé hmotě sýru. Toto je možné vysvětlit snížením obsahu soli mezi jednotlivými odběrovými dny. Od 28. dne již byly hodnoty obsahu soli vyrovnané, což souhlasí i s Pachlovou a kol. [14] V případě sýrů zrajících pod nátěrem byl pozorován zvyšující se trend obsahu soli obdobně jako obsah sušiny. U vzorku s vyšším obsahem sušiny dochází k odpaření vlhkosti povrchem sýru a tedy i ke zvýšení obsahu soli, což vyplývá i z výsledků měření, kdy nejvyšší koncentrace obsahu soli byla sledována u vzorku 4N (po 84 dnech zrání) zrajícího

pod 4 vrstvami nátěru. Obsah soli má vliv na životaschopnost a autolýzu startérových kultur a ovlivňuje proteolýzu.

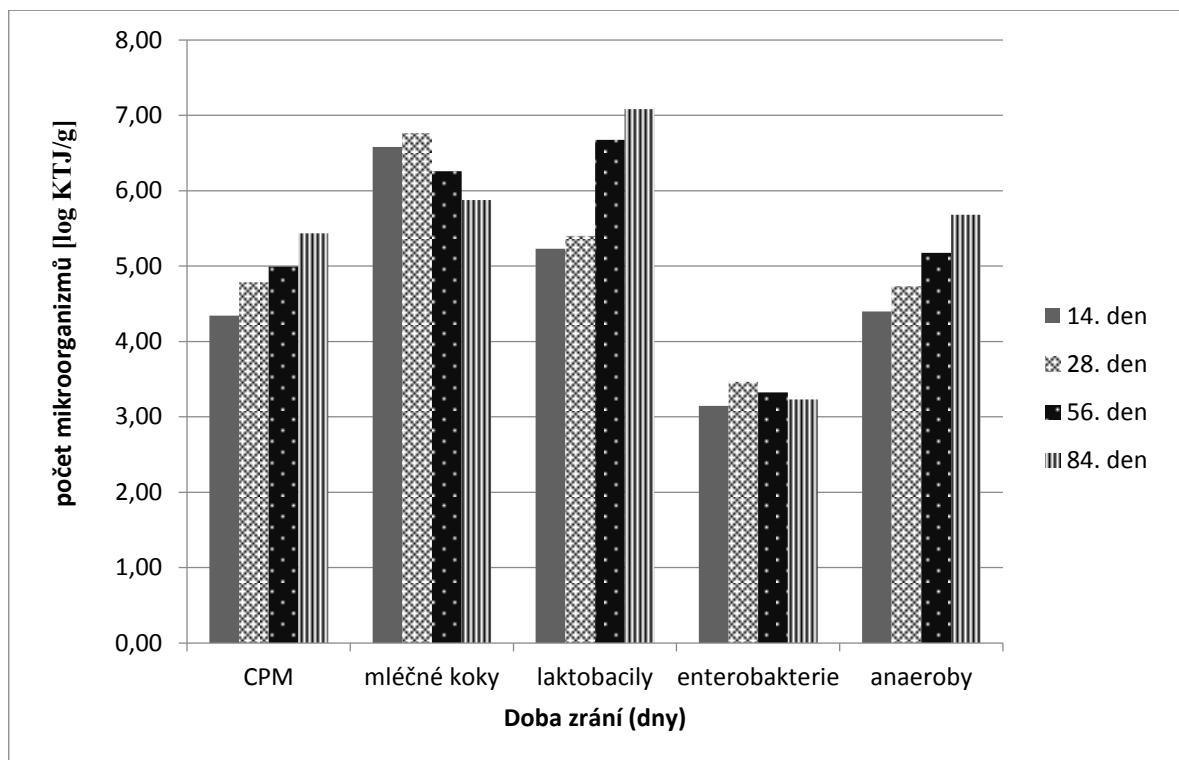
6.1.4 Obsah tuku v sušině

Obsah tuku v sušině po 14 dnech zrání dosáhl deklarované hodnoty výrobcem – 45 % tvs. V průběhu zrání došlo k navýšení obsahu tuku v sušině v závislosti na rostoucím obsahu sušiny.

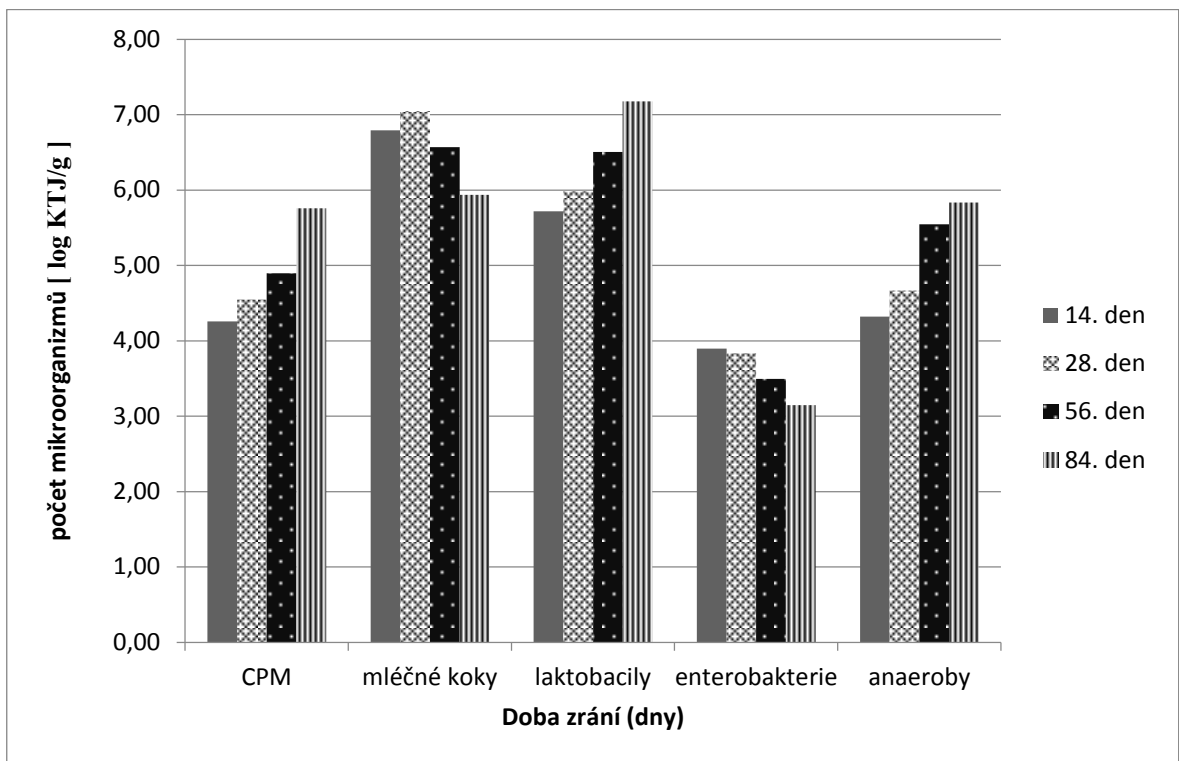
6.2 Mikrobiologický rozbor

V průběhu zrání byly zjišťovány počty různých skupin mikroorganismů v jednotlivých vzorcích jak je vidět na Obr. 7 až 10. Celkový počet mikroorganismů ve všech vzorcích se až na jednu výjimku u vzorku zrajícího pod 4 vrstvami nátěru po 28 dnech zrání zvyšoval. Největší nárůst byl vždy mezi hodnotou po 56 a 84 dnech zrání. Naopak zjištěné množství mléčných koků tedy mikroorganismů startérových kultur se postupně snižovalo. Množství mléčných koků se u vzorku zrajícího ve smrštitelné fólii a pod sýrařským voskem po 28 dnech zrání zvýšilo, ale postupně pak jejich množství klesalo. U obou vzorků zrajících pod nátěry Plasticoatu množství mléčných koků klesalo a největší pokles byl mezi 14 a 28 dnem zrání. Růst mikroorganismů ovlivňují podmínky, ve kterých se nacházejí, jako je teplota, pH, obsah soli a hlavně přítomnost vody. Pravděpodobně zvyšováním sušiny resp. snižováním vlhkosti a s tím související se zvyšování obsahu soli v průběhu zrání u vzorků pod nátěry, působí na mikroorganismy negativně, proto dochází k poklesu jejich počtu již od počátku. Celkově však u všech vzorků od 28. dne zrání dochází k poklesu počtu mléčných koků, k čemuž dochází následkem lyze buněk těchto mikroorganismů. Naopak počty laktobacilů se postupně u všech vzorků zvyšovaly. K největším nárůstům docházelo po 28 dnech zrání. Výsledky tedy poukazují, že se mikroflóra během zrání sýrů mění a zvyšuje se počet laktobacilů, které jsou součástí NSLAB. Snížení počtu mikroorganismů zákysové kultur a zvýšení počtu mikroorganismu NSLAB potvrzuje i McCarthy a kol. [57] ve své studii zaměřené na vliv různé koncentrace soli a obsahu tuku. Ve studii byl prokázán pokles NSLAB u všech sledovaných vzorků s odlišnými parametry. Důležitou vlastností mikroorganismů je schopnost lyze, což má za následek uvolnění intracelulárních enzymů a ovlivnění procesů zrání. A právě využití různých druhů mikroorganismů s požadovanými vlastnostmi při zrání sýrů umožňuje proces zrání ovlivnit, jak uvádí i Sorayya a kol. [60]. Jak píše ve svém článku Plocková a kol. [51], během výroby sýrů se rychle zvyšuje počet

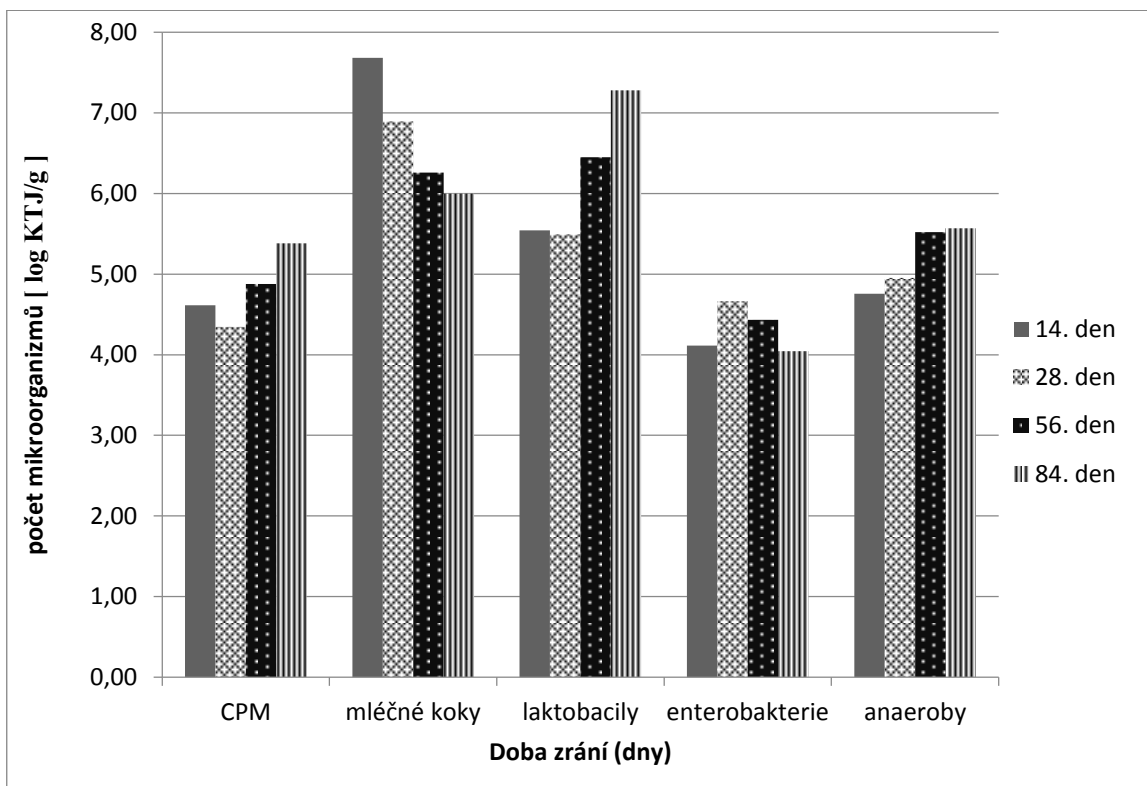
zákyskových laktokoků, po solení se ale snižuje v závislosti na druhu použitého mikroorganismu a dochází k lyzi buněk a s tímto tvrzením souhlasí také výsledky diplomové práce. Zároveň se snižováním počtu zákyskových mikroorganismů dochází k prudkému nárůstu nezákyskových bakterií, což také odpovídá výsledkům diplomové práce, a ve zralém sýru tvoří převážnou většinu přítomných mikroorganismů. Stejně tak roste i počet anaerobů. Při zrání polotvrdých a tvrdých sýrů se uplatňuje anaerobní příp. fakultativně anaerobní mikroflóra. Větší rozdíly v nárůstu anaerobních mikroorganismů byly zaznamenány u smrštitelné fólie a potravinářského vosku, což je jistě dáno jejich vyšší bariérou pro vstup kyslíku. Nejnižší u všech vzorků byl počet enterobakterií, které jsou kontaminanty a mohou se do výrobku dostat z prostředí v průběhu výroby. Po mírném nárůstu po 28 dnech zrání se počty enterobakterií v průběhu skladovacího experimentu snižovaly. V případě modelových sýrů zrajících pod potravinářským voskem byl pozorován klesající trend po celou dobu skladování.



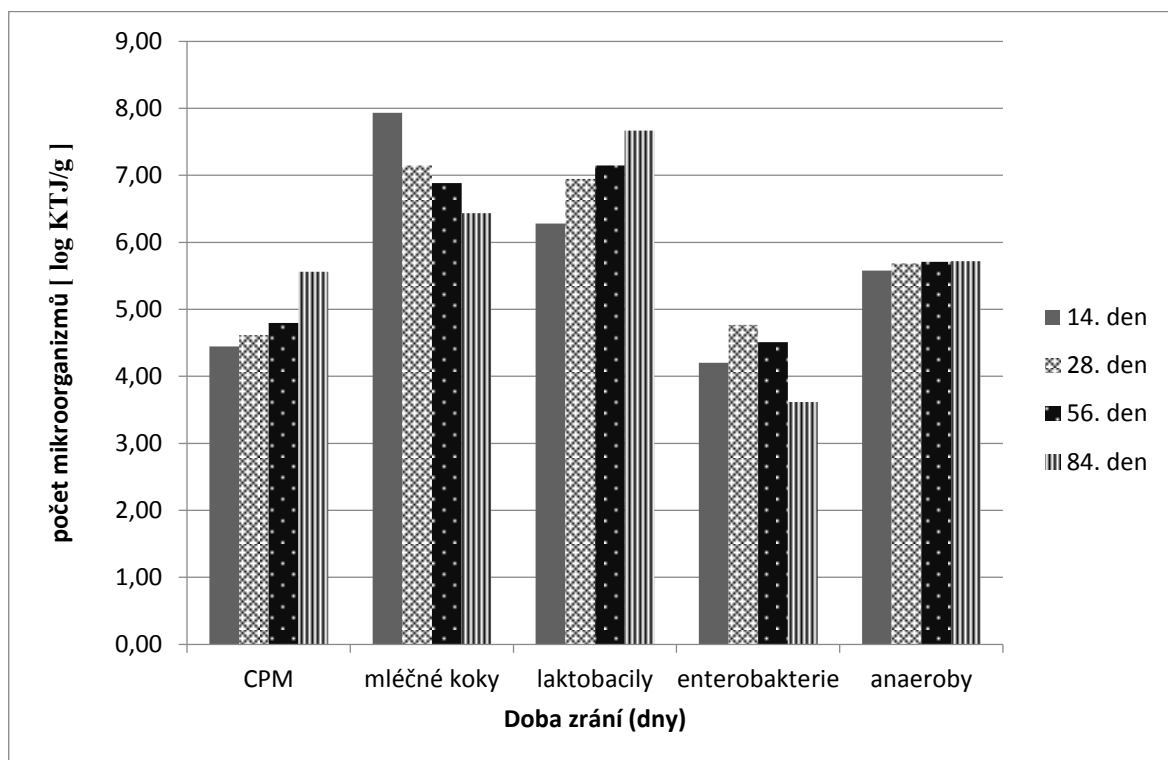
Obr.: 7 Počty mikroorganismů ve vzorku zrajícím ve smrštitelné fólii v průběhu zrání



Obr.: 8 Počty mikroorganizmů ve vzorku zrajícím v potravinářském vosku v průběhu zrání



Obr.: 9 Počty mikroorganizmů ve vzorku zrajícím pod 4 vrstvami Plasticoatu v průběhu zrání



Obr.: 10 Počty mikroorganismů ve vzorku zrajícím pod 6 vrstvami Plasticoatu v průběhu zrání

6.3 Obsah volných aminokyselin

Intenzita proteolýzy se zvyšuje s dobou zrání, což vede k hromadění volných aminokyselin, které slouží jako substrát pro další aktivitu bakterií (jednak v rámci vývoje sensoricky aktivních látek, ale rovněž pro dekarboxylázovou činnost). Pro posouzení intenzity zrání modelových vzorků sýru byl stanovován celkový obsah volných aminokyselin vyjádřených v čerstvé hmotě sýru zaznamenaných v grafu na Obr. 11. Postupně se obsah volných aminokyselin zvyšoval, což koresponduje s prací Pachlové a kol.[47], která se zabývala obsahem volných aminokyselin v různých vrstvách sýru. Trend zvyšování obsahu volných aminokyselin v průběhu zrání potvrzuje i McCarthy a kol [57], který sledoval změny obsahu volných aminokyselin při různých koncentracích soli a různém obsahu tuku.

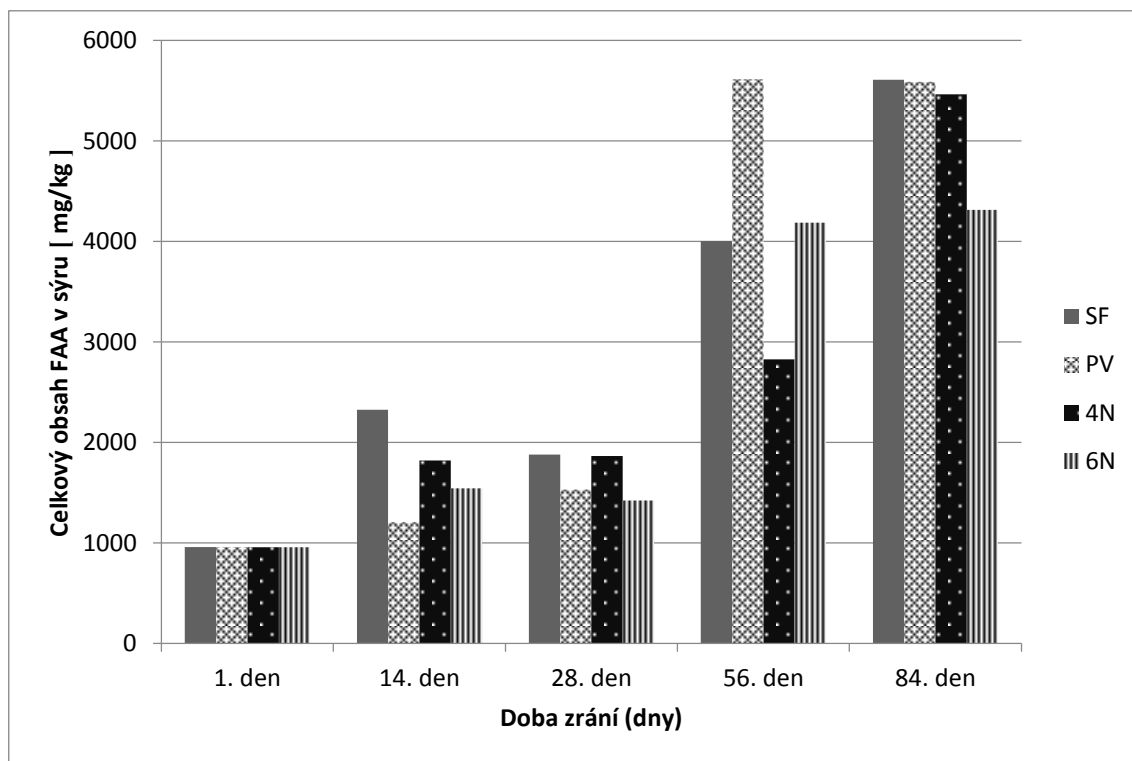
Výsledky naměřené po 14 a 28 dnech zrání jsou podobné, po 56 dnech se obsah volných aminokyselin výrazně zvýšil, což může být způsobeno proteolytickou činností NSLAB a rovněž zvýšením obsahu enzymů v prostředí sýru po lyzi buněk bakterií mléčného kvašení. To je znatelné především u vzorku zrajícího pod sýrařským voskem, kdy se obsah volných aminokyselin po 14 a 28 dnech zrání zvýšil jen nepatrně a hodnota po 28 dnech byla 1 531 mg/kg, ale po 56 dnech se obsah volných aminokyselin zvýšil na 5 613 mg/kg a to kore-

sponduje s pravděpodobnou zvýšenou aktivitou non-starterových laktobacilů, jejichž počet se také výrazně zvýšil po 56 dnech zrání. U vzorku zrajícího ve smrštitelné fólii došlo po 28 dnech zrání k poklesu obsahu volných aminokyselin o 19 %, což mohlo být způsobeno jejich intenzivnější přeměnou v rámci sekundárních biochemických procesů na další senzory aktivní látky a biogenní aminy, jejichž obsah se mírně zvýšil (jak je prezentováno na obrázku 12). Aminokyseliny mohou být v průběhu zrání rozloženy až na amoniak, těkavé kyseliny a sulfan, jak popisuje Šustová a Mlček, kteří se zabývali vlivem zrání na změny sensorického profilu u eidamských sýrů. [56] Zajímavý je i nižší obsah volných aminokyselin u vzorků zrajících pod nátěrem, který je nižší než u vzorků zrajících ve smrštitelné fólii a voskovém obalu. Zjištěný trend je pravděpodobně dán nižší mikrobiální činností v důsledku snížení obsahu vlhkosti sýru. Po 84 dnech zrání se obsah volných aminokyselin pohyboval od 4 313 mg/kg ve vzorku zrajícího pod 6 nátěry Plasticoatu po 5 606 mg/kg ve vzorku zrajícího ve smrštitelné fólii.

Pachlová a kol. [47] ve své studii uvádí, že nárůst obsahu volných aminokyselin a měnící se proteinový profil během zrání souvisí s enzymatickou aktivitou extra- i intracelulárního proteolytického aparátu startérových a non-starterových bakterií mléčného kvašení. Rozdíl v intenzitě proteolytických procesů v jednotlivých vrstvách sýrů pravděpodobně souvisí s různými mikroenvironmentálními podmínkami v jednotlivých vrstvách, které ovlivňují metabolismus bakterií mléčného kvašení, což by se dalo přirovnat i k rozdílným podmínkám díky různým druhům obalů u modelových vzorků sýrů, které také ovlivňující environmentální podmínky pro mikroorganismy. Obsah jednotlivým volných aminokyselin se však může lišit, např. arginin a jeho katabolizmus má poměrně specifické postavení mezi ostatními volnými aminokyselinami. [21]

Talevski a kol.[44] v závěru své studie o vlivu obalu konstatuje, že vyšší obsah vlhkosti může způsobit hořkou chuť v pozdějším zrání, protože probíhá intenzivnější proteolýza. Ze studie dále vyplývá, že měl obal vliv na celkový obsah dusíku (nejvyšší hodnota, stejně jako nejvyšší hodnota sušiny, byla pozorována v kontrolním vzorku bez obalu a nejnižší hodnota, stejně jako nejnižší hodnota sušiny, ve vzorku ve smrštitelné fólii). To může korespondovat s výsledky diplomové práce. Nejvyšší hodnoty volných aminokyselin byly stanoveny v obalech s nejnižšími ztrátami vody. Tyto rozdíly pravděpodobně souvisely se snížením vodní aktivity během zrání. Rozpustný dusík je jedním z indikátorů stupně intenzity proteolýzy a jeho nejvyšší množství bylo zjištěno ve vzorku ve smrštitelné fólii a vosku. Tyto obalové materiály totiž umožňují lepší podmínky pro vývoj mikroflóry sýru a

jejích enzymů. Závěry Talevski a kol.[44] korespondují také se závěry z jiných prací (např, Fenelon a kol. [58] nebo Costa a kol. [59]), kde je popsáno, že kromě jiných faktorů, byly vyšší stupně proteolýzy spojeny s vyšší aktivitou vody v sýru. Nižší obsah vody způsobuje pomalejší proteolýzu, což bylo znatelné u vzorku bez ochranného nátěru. Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že obalový materiál má vliv na koncentraci primárních a sekundárních produktů proteolýzy.

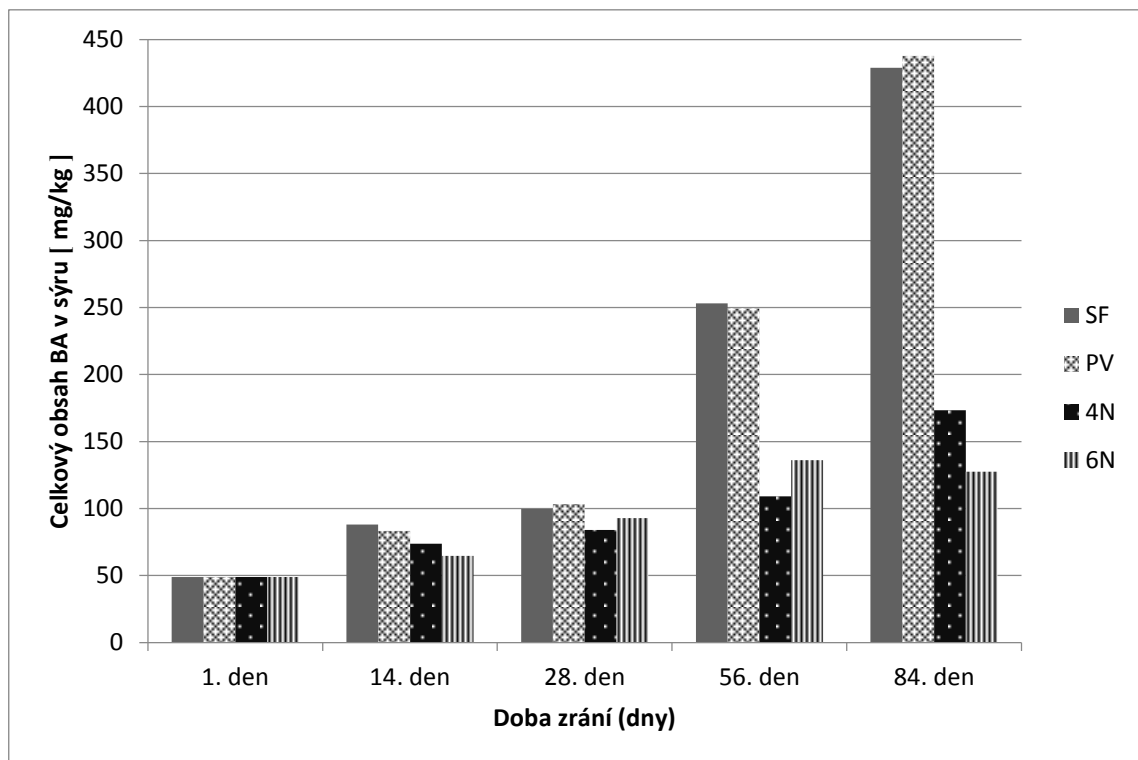


Obr.: 11 Celkový obsah volných aminokyselin v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

6.4 Obsahu biogenních aminů

V průběhu zrání byl stanoven celkový obsah biogenních aminů ve vzorcích, z nichž je dále prezentován obsah tyraminu, který se v sýrech často vyskytuje. Celkový obsah biogenních aminů zobrazených v grafu na Obr. 12 má v závislosti na délce zrání vzrůstající tendenci, stejně jako obsah tyraminu, jak je vidět na Obr. 13. Z výsledků je vidět, že velký vliv na množství biogenních aminů v sýru má druh obalu, ve kterém probíhá jeho zrání. Po 56 dnech zrání prudce narostl celkový obsah biogenních aminů v sýrech, které zrály ve smrštitelné fólii a pod sýrašským voskem. Mezi vzorky zrajícími ve smrštitelné fólii a pod sýrašským voskem nebyly v průběhu zrání zjištěny velké rozdíly, což koresponduje s ostatními výsledky jako je změna sušiny apod. Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že v průběhu

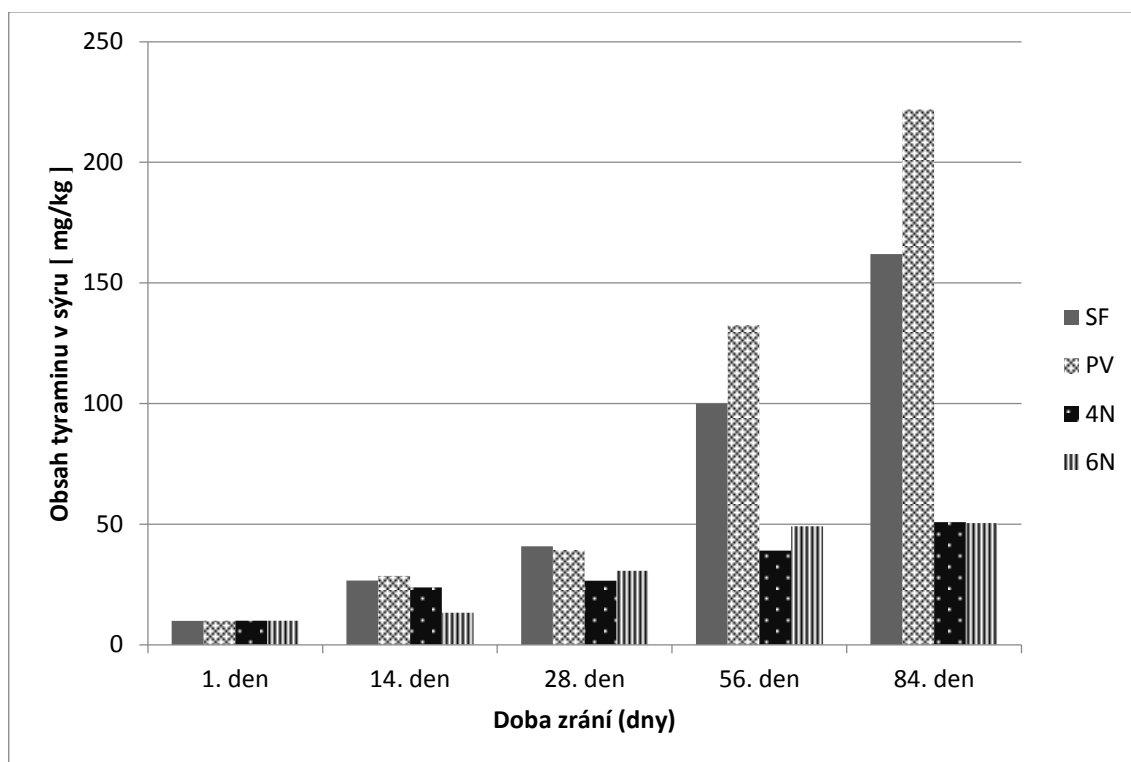
zrání jsou pro činnost mikroorganismů podmínky v sýrech zrajících pod voskem a smrštiteľnou fólií velmi podobné. Obdobně byl pozorován podobný průběh ve vývoji obsahu biogenních aminů mezi vzorky zrajícími pod nátěry. Po 56 dnech zrání jsou již znatelné rozdíly mezi vzorky zrajícími pod nátěry (N4 a N6) a vzorky SF a PV, které dosahují téměř dvojnásobných hodnot. Po 84 dnech jsou rozdíly mezi hodnotami vzorků zrajícími pod nátěry a vzorky SF a PV ještě výraznější a nejnižší hodnoty obsahu biogenních aminů byly naměřeny u vzorku zrajícím pod 6 vrstvami Plasticoatu a to 127 mg/kg, ale u vzorku zrajícím pod sýrařským voskem bylo naměřeno dokonce 438 mg/kg, což by mohlo být v kombinaci s dalšími potravinami obsahujícími vyšší množství biogenních aminů jako např. ryb nebo fermentovaných výrobků potenciálně rizikové, jak uvádí Lorencová a kol. [52] a Buňková a kol. [53]



Obr.: 12 Celkový obsah biogenních aminů v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

Obsah tyraminu korespondoval s celkovým obsahem biogenních aminů, tedy nejprve rostl jen mírně. Po 56 dnech zrání došlo k výraznému nárůstu u vzorků zrajících ve smrštiteľné fólii a pod sýrařským voskem a to přes 100 mg/kg. V obou případech tedy po 56 a po 84 dnech zrání byly naměřené hodnoty vyšší u vzorku zrajícího pod sýrařským voskem, kdy po 84 dnech dokonce přesáhl obsah tyraminu 200 mg/kg, což je již považováno za zdra-

votní riziko a i zdravému jedinci mohou přivodit zdravotní komplikace, jak uvádí Buňková a kol. [53]



Obr.: 13 Obsah tyraminu v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

Buňková a kol. [20] se ve své studii zabývali výskytem biogenních aminů v okrajových částech a středu sýru, který zral pod smrštitelnou folií. Nejvyšší obsahy byly zjištěny v okrajové vrstvě a naopak nejnižší obsahy byly detekovány uvnitř sýru, což potvrzují i další studie. Z výsledků studie rovněž vyplynulo, že obsah biogenních aminů je závislý na podmínkách skladování, ale stále má vzrůstající tendenci. Ze závěru studie vyplývá, že nárůst koncentrace biogenních aminů se zpomaluje při poklesu teploty, ale ani chladírenské teploty nezastaví jejich produkci a vliv má i hodnota pH a koncentrace NaCl. Různý obsah biogenních aminů zde byl zdůvodněn ale i dalšími podmínkami, jako je vodní aktivita, obsah O_2 a proteolytická aktivita, což koresponduje s našimi výsledky, že výskyt biogenních aminů byl nižší u vzorků zrajících pod nátěrem.

6.5 Texturní profilová analýza

Byla provedena analýza texturních vlastností jednotlivých vzorků a to tvrdost a soudržnost. Od každého typu obalu byly hodnoceny dva vzorky a byly zvlášť vyhodnoceny výsledky výkroje u okraje sýru a středu sýru.

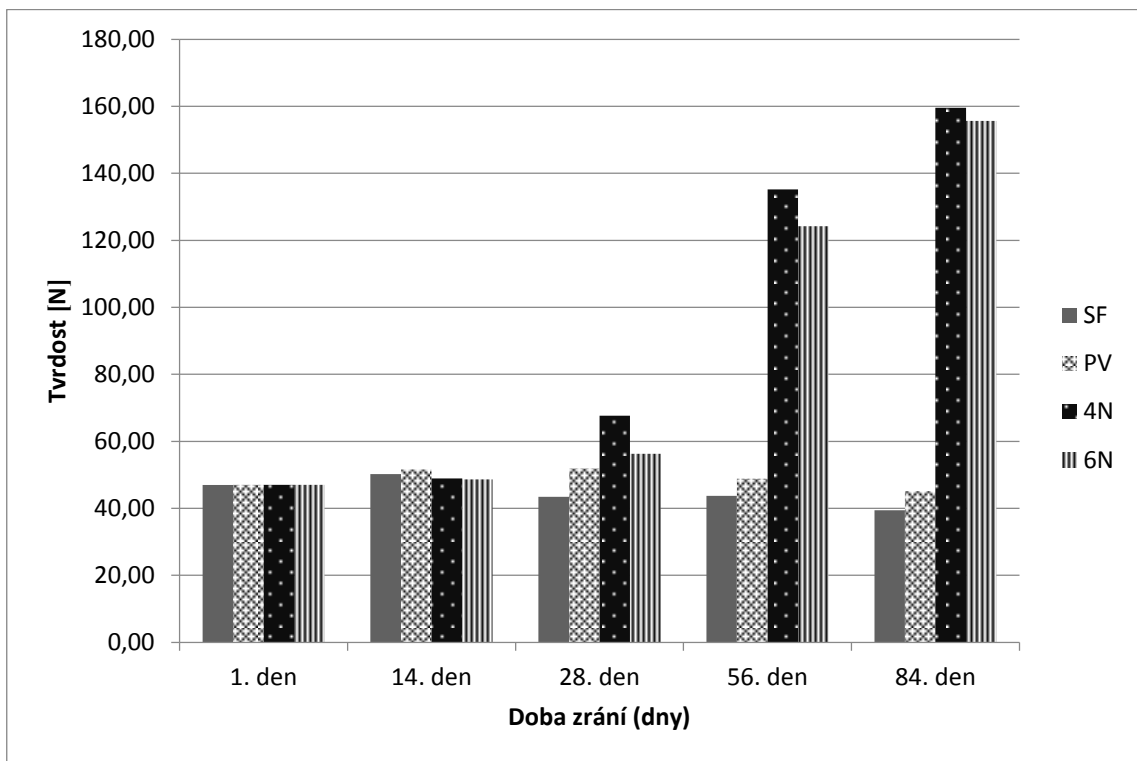
Měřenou hodnotou byla tvrdost, což je mechanická texturní vlastnost vztahující se k síle potřebné k dosažení deformace výrobkem. Porovnávaly se hodnoty z okrajových (Obr. 14) a středových (Obr. 15) částí sýru. Rozmezí naměřených hodnot tvrdosti u sýrů zrajících ve smrštitelné fólii a pod sýrařským voskem není velké. U těchto sýrů po 14 dnech byla tvrdost vyšší a pak se snižovala, což odpovídá i studii Buňka a kol. [50], kteří hodnotili texturu eidamských sýrů. U vzorku SF zrajícího ve smrštitelné fólii byla počáteční hodnota tvrdosti 46,99 N, pak se mírně zvýšila a od 28. dne zrání klesala až na hodnotu 39,45 N po 84 dnech zrání. U vzorku PV zrajícího pod potravinářským voskem byla počáteční hodnota 46,99 N, pak se mírně zvyšovala do 28. dne a pak klesala na 45,07 N po 84 dnech zrání. Naopak u vzorků sýrů zrajícím pod nátěry je rozmezí v průběhu zrání velké. U obou vzorků zrajících pod nátěrem Plasticoatu se hodnoty postupně zvyšovaly. Po 14 dnech zrání byly hodnoty vzorků 4N a 6N srovnatelné a proti měření po 14 dnech vzrostly jen nepatrně. Již po 28 dnech zrání je ale mezi nimi vidět rozdíl. Hodnota u vzorku 4N vzrostla na 67,62 N a u vzorku 6N se hodnota zvýšila na 56,28 N. Po 56 dnech zrání se hodnoty obou vzorků zrajících pod nátěrem zvýšily na dvojnásobek a znatelný je i rozdíl mezi nimi, kdy vzorek 4N vykazoval hodnotu tvrdosti 135,18 N a vzorek 6N dosáhl hodnoty 124,11 N. Hodnoty se zvyšovaly i po 84 dnech zrání až na 159,46 N u vzorku 4N a 155,6 N u vzorku 6N. Stejný trend měl i obsah sušiny a je tedy zřejmé, že sledované obaly mají rozdílnou propustnost pro vodní páry a i počet vrstev má vliv na odpařování vody a tím i ztráty při zrání. Nejnižší ochrana před odpařováním byla zaznamenána při nátěru čtyř vrstev Plasticoatu (4N), ale i šest vrstev (6N) je mnohem propustnější pro vodní páry než smrštitelná fólie a sýrařský vosk. Z výsledků je patrné, že texturní vlastnosti jako je tvrdost, souvisí s obsahem sušiny a to nejen přímo v důsledku vysychání, ale rovněž snížením vlhkosti dochází ke zpomalení činnosti mikroorganismů a tím i procesů zrání (zpomalí se proteolýza), které mají také vliv na texturní vlastnosti sýrů.

Hodnoty tvrdosti ve středových částech sýrů vykazovaly obdobný trend jako v okrajových částech, ale ve všech případech byla hodnota tvrdosti ve středové části nižší. To potvrzuje, že sýr vysychá postupně od vnější vrstvy do středu a tím se zvyšuje tvrdost povrchových vrstev proti středovým. Po 14 a 28 dnech zrání byly hodnoty tvrdosti středových částí sýrů srovnatelné u všech vzorků nejen mezi sebou podle druhu obalu, ale i mezi počtem dnů zrání. Po 56 dnech byly stále podobné hodnoty u vzorků ve smrštitelné fólii a pod sýrařským voskem, ale u vzorku pod nátěry Plasticoatu se hodnota tvrdosti skokově zvýšila. Byl patrný i rozdíl mezi vzorky 4N (102,58 N) a vzorkem 6N (86,16 N). Po 84 dnech zrání

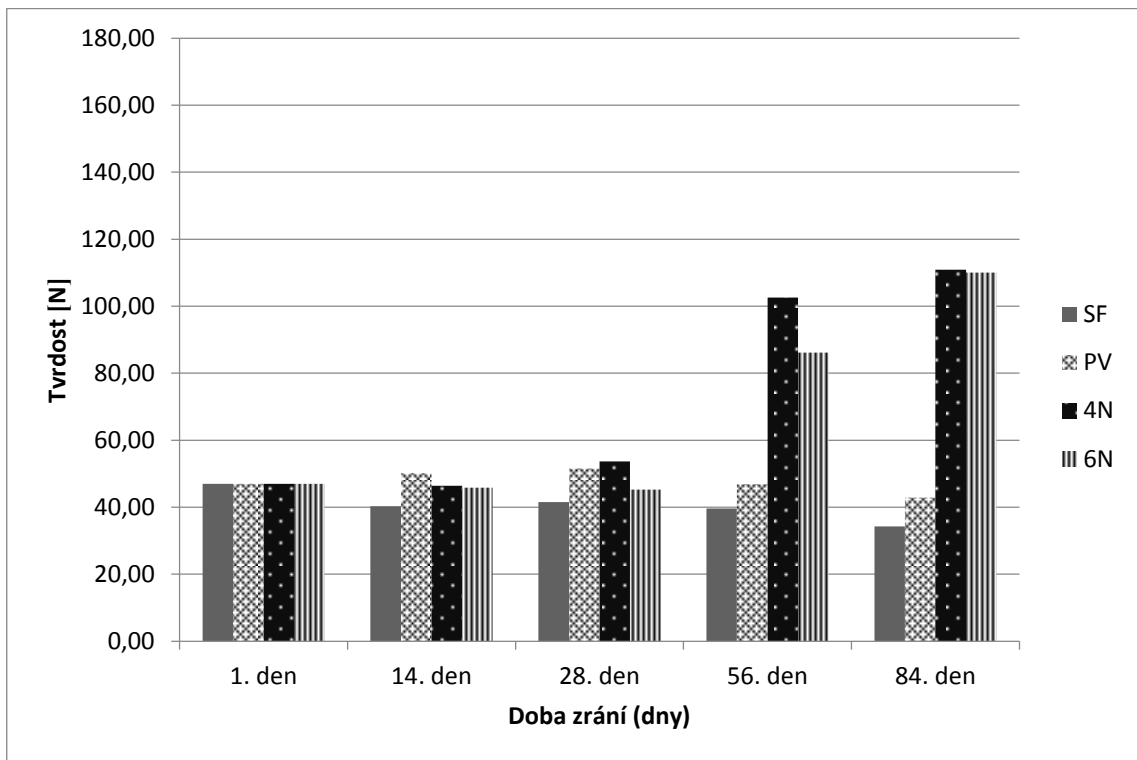
hodnoty u vzorků ve smrštitelné fólii a v sýrařském vosku ještě mírně klesly na hodnotu nižší než počáteční. U sýru ve smrštitelné fólii byla hodnota vždy nižší než u vzorku v sýrařském vosku, což je zřejmě způsobeno tím, že pod fólií jsou vhodnější podmínky pro činnost mikroorganismů a proteolýza probíhá intenzivněji. Nicméně toto ne zcela koreponduje s výsledky obsahu volných aminokyselin. U těchto vzorků po 56 dnech a po 84 dnech zrání byl obsah volných aminokyselin vyrovnaný. U vzorků pod nátěry se hodnoty tvrdosti po 84 dnech zrání přiblížily a dosáhly hodnoty kolem 110 N, což je zřejmě způsobeno tím, že se v závislosti na čase vyrovnává rozsah proteolýzy v různých částech sýru, jak je popsáno i ve studii Pachlové a kol. [47]

Vlivu obalu a dalších parametrů zrání na vlastnosti sýru Gouda se věnovala studie Bertoly a kol. [40]. Výsledkem bylo, že doba zrání má vliv na obsah vody, obsah dusíkatých látek a reologické parametry. Texturní vlastnosti sýru Gouda zrajících v obalech s nízkou propustností, jsou podobné vlastnostem tradičně zrajících sýrů typu Gouda, ale mají nižší hmotnostní ztráty. Vývoj textury se urychluje zvýšením skladovací teploty.

Na texturní vlastnosti má vliv nejen proteolýza, ale i obsah soli. Pevnost sýra se zvyšuje lineárně s obsahem soli, jak bylo uvedeno v závěru studie Akkermana a kol. [36] o vlivu snížení obsahu soli na vlastnosti sýru. Texturní vlastnosti lze však pozitivně ovlivnit díky vhodnému výběru startovací kultury a také použitým druhem koagulačního činidla. Závěrem studie tedy je, že je možné snížit obsah chloridu sodného bez narušení texturních vlastností. Ve studii Del Cara a kol. [49], věnované změnám reologického chování a viskoelastických vlastností během zrání sýru zabaleného do plastového filmu, bylo výsledkem zvýšení tvrdosti a adhezivity avšak soudržnost se výrazně nezměnila.

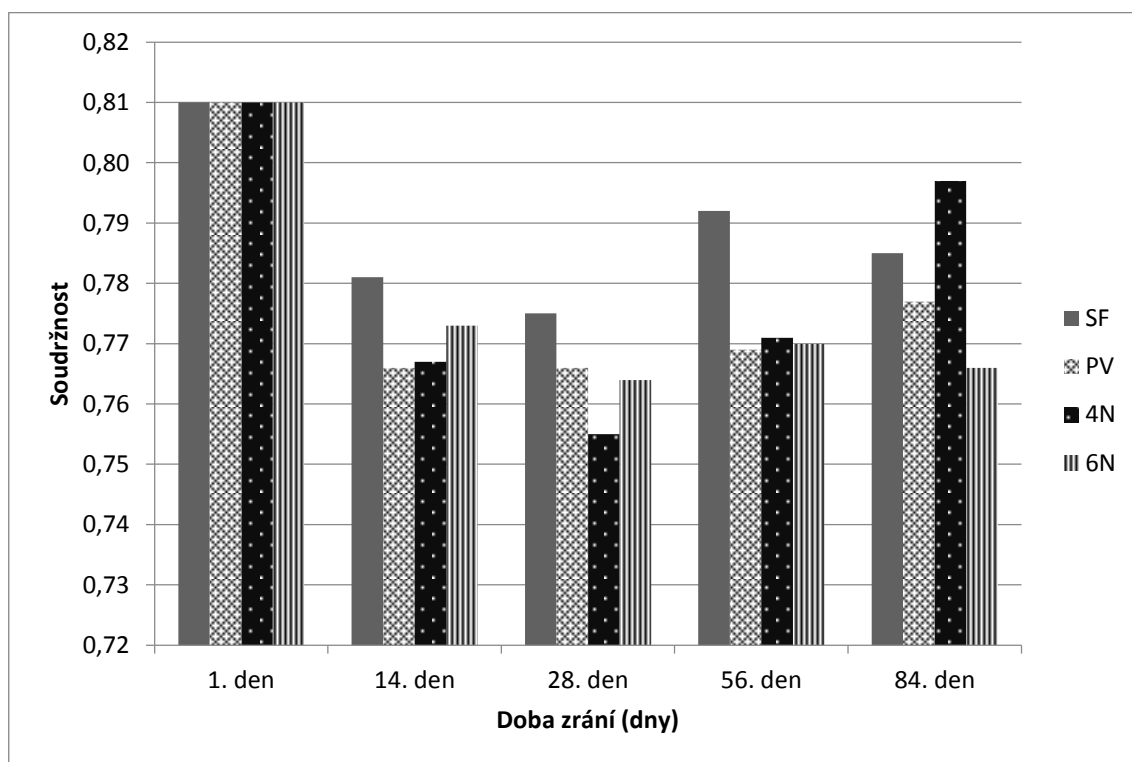


Obr.: 14 Změny tvrdosti v okrajových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu



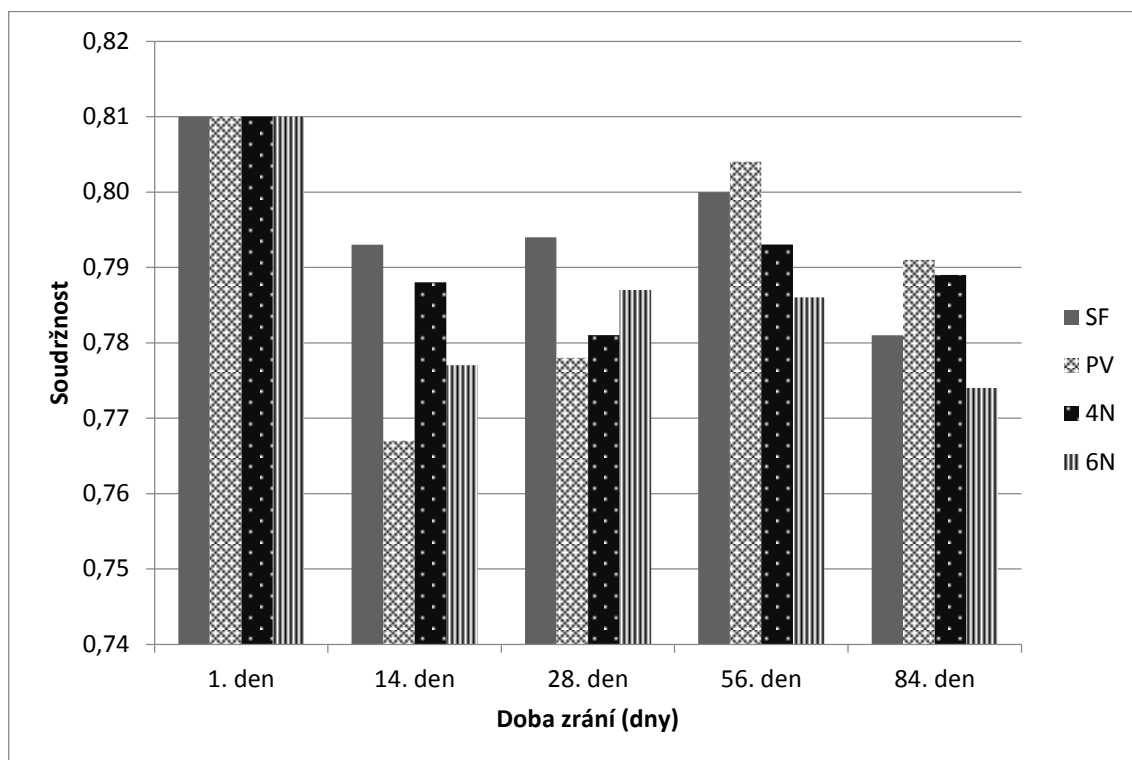
Obr.: 15 Změny tvrdosti ve středových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

Dále jsme zjišťovali hodnoty soudržnosti jednotlivých vzorků v závislosti na čase. Na počátku (před zabalením vzorků) byly naměřeny nejvyšší hodnoty soudržnosti a to 0,81, jak je vidět na Obr. 16, který zobrazuje vývoj soudržnosti v okrajových částech. Po čtrnácti dnech byly naměřeny hodnoty soudržnosti u sýrů zrajících pod různým obalovým materiálem nižší a to v rozmezí od $0,77 \pm 0,01$ do $0,78 \pm 0,02$. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vzorku zrajícího ve smrštitelné fólii, podobně jako po 28 a 56 dnech zrání. Celkově hodnoty po 14 a 28 dnech zrání klesaly, ale po 56 dnech zrání začaly narůstat. Po 84 dnech zrání dále hodnoty narůstaly u vzorku zrajícího pod sýrařským voskem a znatelně i u vzorku zrajícího pod 4 vrstvami nátěru. Naopak mírně klesly hodnoty u vzorků zrajících ve smrštitelné fólii a pod 6 vrstvami nátěru.



Obr.: 16 Změny soudržnosti v okrajových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

Hodnoty soudržnosti naměřené ve středových částech sýrů jsou rozdílné a na počátku byly opět nejvyšší, jak je vidět na Obr. 17. U vzorku zrajícího pod sýrařským voskem byla po 14 dnech zrání hodnota nejnižší a postupně do 56. dne narůstala a po 84 dnech zrání mírně klesla. Stejný trend byl u vzorku zrajícího ve smrštitelné fólii, ale hodnota po 84 dnech zrání klesla z 0,78 na 0,80. U vzorků zrajících pod nátěry nebyly rozdíly tak znatelné a jejich hodnoty po 84 dnech zrání oproti 56. dni zrání také klesly.



Obr.: 17 Změny soudržnosti ve středových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na vliv použitého obalu na zrání tvrdých sýrů. V teoretické části byla popsána technologie výroby sýrů včetně faktorů ovlivňujících vlastnosti sýrů, mikrobiologické a biochemické změny během zrání sýrů a možnosti balení sýrů pro jejich zrání a skladování.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na založení tříměsíčního skladovacího experimentu se sýry balenými do čtyř různých zracích obalů. V průběhu zrání byly sledovány základní chemické parametry, vývoj obsahu volných aminokyselin a biogenních aminů a posuzovaly se změny texturních vlastností modelových vzorků sýrů. Byl pozorován značný rozdíl mezi texturními vlastnostmi v okrajových a středových částech sýrů a také mezi druhy použitého obalu. V dalších pracích by mohlo být navázáno na tyto výsledky a hlouběji pozorována intenzita zrání (prostřednictvím obsahu volných aminokyselin) v závislosti na použitém obalovém materiálu, době zrání a místa v sýru. V průběhu zrání byl rovněž prováděn mikrobiologický rozbor jednotlivých modelových vzorků.

Byly zjištěny následující výsledky:

- hodnoty pH se v průběhu skladovacího experimentu nejdříve snižovaly a následně zvyšovaly důsledkem činnosti mikroorganismů a jejich enzymů
- obsah sušiny se zvyšoval u vzorků zrajících pod nátěry Plasticoatu a nejvyšší byl u vzorku se čtyřmi vrstvami nátěru
- obsah soli se zvyšoval se zvyšujícím se obsahem sušiny a nejvyšší byl u vzorku se čtyřmi vrstvami nátěru Plasticoatu
- v průběhu zrání se snižoval počet mléčných koků a zvyšoval se počet laktobacilů
- v průběhu zrání se zvyšoval celkový počet mikroorganismů a počet anaerobů
- byl zjištěn zvyšující se trend obsahu volných aminokyselin, byly však zaznamenány rozdíly mezi vzorky zrajícími pod různými obaly
- obsah biogenních aminů a tyraminu byl naměřen výrazně vyšší ve druhé polovině zrání u vzorků zrajících ve smrštitelné fólii a pod sýrařským voskem
- po 56 a 84 dnech zrání byly naměřeny výrazně vyšší hodnoty tvrdosti okrajových i středových částí sýru u vzorků zrajících pod nátěry Plasticoatu

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Česko. Vyhláška 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje [online]. [cit. 2018-4-17]. Dostupný z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-2016-397.html
- [2] JANŠTOVÁ, B., NAVRÁTILOVÁ, P. *Produkce mléka a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-713-8.
- [3] KADLEC, P. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [4] Česko. Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech [online]. [cit. 2018-4-18]. Dostupný z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_zakon-2001-477.html
- [5] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUŇKOVÁ, L., ČERNÍKOVÁ, M. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Academia Centrum, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [6] JANŠTOVÁ, B., VORLOVÁ, L., NAVRÁTILOVÁ, P., KRÁLOVÁ, M., NECIDOVÁ, L., MAŘICOVÁ, E. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-637-7.
- [7] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-708-0509-9.
- [8] VÍTOVÁ, E. *Hygiena potravin*. Brno: FCHVUT v Brně, 2004. ISBN 80-214-2680-2.
- [9] BURDOVÁ, O. *Hygiena a technológia mlieka a mliečnych výrobkov*. Košice: Univerzita veterinárskeho lekárstva v Košiciach, 2001. ISBN 80-88985-58-7.
- [10] LUKÁŠKOVÁ, J., BURDOVÁ, O., HOLEC, J., LINHARTOVÁ, E., VEČEŘEK, V. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2001. ISBN 80-7305-415-9.
- [11] HANUŠ, O., NĚMEČKOVÁ, I., CHRAMOSTOVÁ, J., KLIMEŠOVÁ, M., ROUBAL, P., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J., NEJESCHLEBOVÁ, L.,

- VONDRUŠKOVÁ, E. Vybrané metodické pohledy na některé možnosti popisu rozvoje proteolýzy bílkovin mléka. *Mlékařské listy* 159, Vol. 27, No. 6
- [12] OTT, R., Moderní a výhodná prezentace výrobků je bez plátkování nemožná. *Sborník přednášek – Kroměřížské mlékařské dny 2006*. Kroměříž : Kromilk, s.r.o., 2006.
- [13] DOBIÁŠ, J., ČURDA, D. Balení potravin. *Učební text*.2004 [online].
- [14] 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. *Potravinářstvo*, roč. 4, 2010.
- [15] 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. *Potravinářstvo*, roč.3, 2009.
- [16] McSWEENEY, P. Souhrn přednášky o zrání přírodních sýrů přednesený dne 5. září 2013 na Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. *Mlékařské listy* č.141.
- [17] Aktivní obaly do praxe nespěchají. *Svět balení.cz* [online]. [cit. 2018-4-18]. Dostupný z: <http://www.svetbaleni.cz/2008/01/01/sb-1-2008-hlavn-tma-baleni-potravin-technologie-aktivni-obaly-do-praxe-nespechaji/>
- [18] Novinky v balení sýrů. *Svět balení.cz* [online]. [cit. 2018-4-18]. Dostupný z: <http://www.svetbaleni.cz/2012/11/01/novinky-v-baleni-syru/>
- [19] KONTOVÁ, M., DRONČOVSKÝ, M., SLOTTOVÁ, A., GREIFOVÁ, M., GREIF, G., KOLOŠTA, M., TOMÁŠKA, M. Aktivita *Lactobacillus Rhamnosus* študovaná v modelových polotvrdých syroch. *Celostátní přehledky sýrů 2010*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.
- [20] BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F., MANTLOVÁ, G., ČABLOVÁ, A., SEDLÁČEK, I., ŠVEC, P., PACHLOVÁ, V., KRÁČMAR, S. Distribuce biogenních aminů během zrání přírodních sýrů eidamského typu a identifikace jejich původu. *Celostátní přehledky sýrů 2010*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.

- [21] PACHLOVÁ, V., L., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., HLADKÁ, K., KRÁČMAR, S. Změny dusíkatých látek v přírodních sýrech v závislosti na podmínkách zrání a skladování. *Celostátní přehledky sýrů 2010*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.
- [22] KARAMAN, A.D., OZER, B., PASCALL, M. A., ALVAREZ, V. Recent Advances in Dairy Packaging. *Food Reviews International*. 2015, 31(4), 295-318.
- [23] LAW, B. A., TAMINE, A.Y. *Technology of cheesemaking*. 2nd edition. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2010. ISBN 978-1-4051-8298-0.
- [24] Česko. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu [online]. [cit. 2018-4-17]. Dostupný z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU_x2001-2005_narizeni-2004-853.html
- [25] Vady sýrů a faktory, které je ovlivňují. *LAKTOS COLLEKTION* . [online]. [cit. 2018-4-19]. Dostupný z: <http://laktoscollection.cz/view.php?cislocianku=2013120025>
- [26] PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., FLASAROVÁ, R., VÁLKOVÁ, P., BUŇKOVÁ, L. The effect of elevated temperature on ripening of Dutch type cheese. *Food chemistry*, 2012, vol. 132 (4), 1846 - 1854.
- [27] Povrchové ošetření sýrů. *Biopro.cz*. [online]. [cit. 2018-4-19]. Dostupný z: <https://www.biopro.cz/ingredience/mlekarensky-prumysl/povrchove-osetreni-syru/>
- [28] Nanomateriály a nanotechnologie. *Nanokompozity na bázi polymer/jíl*. Ústav fyziky a materiálového inženýrství. 2014. [online].
- [29] ZAMBONELLI, C., CHIAVARI, C., BENEVELLI, M., COLORETTI, F. Effects of lactic acid bacteria autolysis on sensorial characteristics of fermented foods. *Food Technology and Biotechnology*. 2002, 40, 347 – 351.
- [30] KABELOVÁ, I., DVOŘÁKOVÁ, M., ČÍŽKOVÁ, H., DOSTÁLEK, P., MELZUCH, K., Determination of free amino acids in cheese from the Czech market. *Czech Journal of Food Science*. 2009, 27, 143 – 150.
- [31] 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.

- [32] FOX, P. F., WALLACE, J. M., MORGAN, S., LYNCH, C. M., NILAND, E. J., TOBIN, J., Acceleration of cheese ripening. *Antonie van Leeuwenhoek*. 1996, 70, 271 – 297.
- [33] YOUSSEF, A. M., EL-SAYED, S. M., SALAMA, H. H., EL-SAYED, H. S., DUFRESNE, A. Evaluation of bionanocomposites as packaging material on properties of soft white cheese during storage period. *Carbohydrate Polymers*. 2015, 132, 274 – 285.
- [34] ČURDA, D. Balení potravin. Praha: SNTL, 1982. ISBN 04-832-82.
- [35] SELKE, S. E. M., CULTER, J. D., HERNANDEZ, R. J. *Plastics Packaging. Properties, Processing, Applications and Regulations*. 2004, Munich, Hanser Gardner Publications.
- [36] AKKERMAN, M., KRISTENSEN, L. S., JESPERSEN, L., RYSSEL, M. B., MACKIE, A., LARSEN, N. N., ANDERSEN, U., NORGAARD, M. K., LOKKE, M. M., MOLLER, J. R., MIELBY, L. A., ANDERSEN, B. V., KIDMOSE, U., HAMMERSHOJ, M., Interaction between sodium chloride and texture in semi-hard Danish cheese as affected by brining time, DL-starter culture, chymosin type and cheese ripening. *International Dairy Journal*. 2017, 70, 34 – 45.
- [37] MANUELIAN, C. L., CURRO, S., PENASA, M., CASSANDRO, M., MARCHI, M. D. Characterization of major and trace minerals, fatty acid composition, and cholesterol content of Protected Designation of Origin cheeses. *Journal of Dairy Science*. 2017, 3384 – 3395.
- [38] PYTEL, R., KUMBAR, V., KILIAN, L., SUSTOVA, K. Influence of ripening on the physicochemical and sensory profile of semi-hard cheese. *Proceedings of international phd students conference*. 2016, 622 – 627.
- [39] ÁVILA, M., GÓMEZ-TORRES, N., DELGADO, D., GAYA, P., GARDE, S. Effect of high-pressure treatments on proteolysis, volatile compounds, texture, colour, and sensory characteristics of semi-hard raw ewe milk cheese. *Food Research International*. 2017, 100, 595 – 602.
- [40] BERTOLA, N.C., CALIFANO, A. N., BEVILACQA, A. E., ZARITZKY, N. E. Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese. *International Journal of Food Science and Technology*. 2000, 207 – 214.

- [41] BERTOLA, N. C., BEVILACQUA, A. E., ZARITZKY, N. E. Rheological Behaviour of Reggianito Argentino Cheese Packaged in Plastic Film During Ripening. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 1995, 28, 610 – 615.
- [42] BERTOLA, N. C., BEVILACQUA, A. E., ZARITZKY, N. E. Proteolytic and Rheological Evaluation of Maturation of Tybo Argentino Cheese. *Journal of Dairy Science.* 1992, 3273 – 3281.
- [43] Sýrařský vosk. *Dobrý koloniál.cz.* [online]. [cit. 2018-4-19]. Dostupný z: <https://www.dobrykolonial.cz/vosky/syrarsky-vosk-cervený-kbelik-3-3kg/>
- [44] TALEVSKI, G., SRBINOVSKA, S., SANTA, D., MATEVA, N. Influence of packaging materials on Kashkaval quality. *Mljekarstvo.* 2017, 67, 25 – 32.
- [45] Nátěr na sýry – Plasticoat žlutý. *Dobrý koloniál.cz.* [online]. [cit. 2018-4-19]. Dostupný z: <https://www.dobrykolonial.cz/natery/nater-na-syry-plasticoat-zluty-1kg/>
- [46] FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H., COGAN, T. M., GUINEE, T. P. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 General Aspects.* 3rd edition. London: Elsevier Academia Press. 2004. ISBN0-1226-3652-X.
- [47] PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., BUDINSKÝ, P., ŽALUDEK, M., KRÁČMAR, S., The effect of three different ripening/storage conditions on distribution of selected parameters in individual parts of Dutch – type cheese. *International Journal of Food Science and Technology,* 2011, 46, 101 - 108.
- [48] NĚMEČKOVÁ, I., ROHACKÁ, H., TŮMA, Š., BLAHUŠOVÁ J., SOLICHOVÁ, K., CICVÁREK, J., ROUBAL, P., PLOCKOVÁ, M. Antiklostridiální aktivita bakterií mléčného kvašení v screeningovém a modelovém pokusu. *Celostátní přehledky sýrů 2010.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.
- [49] DEL CARO, A., FADDA, C., SNGUINETTI, A. M., CARBONI, M. G., PINNA, G., NAES, T., MENICHELLI, E., PIGA, A. Influence of Technology and Ripening on Textural and Sensory Properties of Vacuum Packaged Ewés Cheese. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties.* 2016, 34, 456 – 462.

- [50] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUREŠOVÁ, I., PERNICKÁ, L., BUŇKOVÁ, L. Využití Pelegova modelu pro hodnocení jakosti přírodních sýrů v průběhu zrání. *Potravinářstvo*. 2013. ISSN 1337 – 0960.
- [51] PLOCKOVÁ, M., HORÁČKOVÁ, Š. Co nového v mikrobiologii sýrů. *Celostátní přehledky sýrů 2010*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.
- [52] LORENCOVÁ, E., BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F., ŽOUŽELKOVÁ, N., DRÁB, V., KUBÁŇ, V. Produkce biogenních aminů vybranými bakteriemi mléčného kvašení. *Celostátní přehledky sýrů 2012*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2012. ISBN 978-80-7080-838-2.
- [53] BUŇKOVÁ, L., LORENCOVÁ, E., VELICHOVÁ, H., BUŇKA, F. Výskyt biogenních aminů v sýrech z farmářské produkce a vybraných fermentovaných mléčných výrobcích v ČR. *Celostátní přehledky sýrů 2014*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-80-7080-909-9.
- [54] BARLOW, C. Y., MORGAN, D. C. (2013). Polymer film packaging for food: An environmental assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, 74 – 80.
- [55] STEINKA, I., MORAWSKA, M., RUTKOWSKA, M., KUKULOWICZ, A. (2006). The influence of biological factors on properties of some traditional and new polymers used fermented food packaging. *Journal of Food Engineering*, 77, 771 – 775.
- [56] Šustová, K., Mlček, J. Vliv zrání na změny senzoričského profilu u eidamských sýrů. *Ústav technologie potravin, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně*, 2006.
- [57] McCARTHY, C. M., WILKINSON, M. G., KELLY, P. M., GUINEE, T. P. Effect of salt and fat reduction on the composition, lactose metabolism, water activity and mikrobiology of Cheddar cheese. *Dairy Sci & Technol*. 2015, 95, 587 – 611.
- [58] FENELON, M. A., GUINEE, T. P. Primary proteolysis and textural changes during ripening in Cheddar cheeses manufactured to different fat contents. *International Dairy Journal*. 2000, 10, 151 – 158.

-
- [59] COSTA, C., LUCERA, A., LACIVITA, V., SACCOTELLI, M. A., CONTE, A., DEL NOBILE, M. A. Packaging optimisation for portioned Canestrato di Moliterno cheese. *International Journal of dairy technology*. 2016, 69, 401 – 409.
- [60] SORAYYA, A., NORMAND, R., BYONG, L. Biotechnological methods to accelerate cheddar ripening. *Critical reviews in Biotechnology*. 2006, 26, 121 – 143.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NSLAB	Non-starterové bakteri mléčného kvašení.
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin.
PA	Polyamid.
EVA	Ethylenvinylacetát.
PE	Polyethylen.
CPM	Celkový počet mikroorganismů.
KTJ	Kolonie tvořící jednotku.
FAA	Volné aminokyseliny.
BA	Biogenní aminy.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 <i>Schéma výroby sýrů</i>	15
Obrázek 2 <i>Schematicky znázorněný metabolismus laktátu v průběhu zrání sýrů: 1 - racemizace, 2 – přeměna prostřednictvím <i>Propionibacterium sp.</i> (v sýrech švýcarského typu), 3 – oxidace (zejména působením kvasinek a plísní), 4 – konverze na sůl kyseliny mravenčí, octové a ethanol, 5 – anaerobní metabolismus laktátu na sůl kyseliny máselné a H₂</i>	32
Obrázek 3 <i>Schéma proteolýzy v sýrech</i>	33
Obrázek 4 <i>Schéma lipolýzy v sýrech</i>	35
Obrázek 5 <i>Vývoj hodnot pH v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	54
Obrázek 6 <i>Vývoj obsahu sušiny v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	56
Obrázek 7 <i>Počty mikroorganismů ve vzorku zrajícím ve smrštitelné fólii v průběhu zrání</i>	58
Obrázek 8 <i>Počty mikroorganismů ve vzorku zrajícím v potravinářském vosku v průběhu zrání</i>	59
Obrázek 9 <i>Počty mikroorganismů ve vzorku zrajícím pod 4 vrstvami Plasticoatu v průběhu zrání</i>	59
Obrázek 10 <i>Počty mikroorganismů ve vzorku zrajícím pod 6 vrstvami Plasticoatu v průběhu zrání</i>	60
Obrázek 11 <i>Celkový obsah volných aminokyselin v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	62
Obrázek 12 <i>Celkový obsah biogenních aminů v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	63
Obrázek 13 <i>Obsah tyraminu v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	64
Obrázek 14 <i>Změny tvrdosti v okrajových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	67
Obrázek 15 <i>Změny tvrdosti ve středových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu</i>	67

Obrázek 16 *Změny soudržnosti v okrajových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu* 68

Obrázek 17 *Změny soudržnosti ve středových částech v průběhu zrání modelových vzorků sýrů v různém obalu* 69