

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Studijní program: N4101 / Zemědělské inženýrství

Studijní obor: 4106T019 / Agroekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Změny kyselosti sýrů ementálského typu
v průběhu zrání**

(Changes in acidity during round-eyed cheese ripening)

Bc. Monika Randlová

Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Samková, Ph.D.

Konzultant: MVDr. Lucie Hasoňová, Ph.D.

2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika RANDLOVÁ**
Osobní číslo: **Z11667**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Změny kyselosti sýrů ementálského typu v průběhu zrání**
Zadávací katedra: **Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Významnou skupinou přírodních sýrů jsou sýry zrající, mezi které patří také sýry ementálského typu. Při jejich zrání probíhají biochemické procesy, které ovlivňují výsledné vlastnosti sýrů. V první fázi zrání probíhá především glykolýza - rozklad laktózy za vzniku kyseliny mléčné.

Cílem diplomové práce bude sledovat u sýrů ementálského typu změny v kyselosti během první fáze zrání a porovnat sezónní či jiné faktory ovlivňující tento proces.

Diplomová práce je součástí řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0081 a bude vypracována na základě pokynů uvedených na www.zf.jcu.cz/studenti/informace-pro-studujici/ podle následující osnovy:

1. Úvod - význam řešené problematiky
2. Literární přehled - současné poznatky o dané problematice zpracované na základě studia vědecké a odborné literatury
3. Materiál a metodika - popis použitých metod včetně metod statistických
4. Výsledky a diskuse - tabulkové a grafické zpracování získaných dat navazující na cíl práce, jejich statistické vyhodnocení
5. Závěr - shrnutí získaných informací, návrhy a doporučení vyplývající z problematiky
6. Summary - přehled a nejdůležitější výsledky včetně klíčových slov (v anglickém jazyce)
7. Seznam literatury - podle zásad ČSN 01-0197, ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2.

Rozsah grafických prací: 10-20 stran (tabulky, grafy)

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- KADLEC, P. a kol.: Technologie potravin II. 1.vyd. Praha: VŠCHT, 2002. 236 s. ISBN 80-7080-510-2.
- KARIMI, R: et al. Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: a review. Dairy Science & Technology, 2011, 91 (3): Pages: 283-308.
- McSWEENEY P.L.H. et al.: Perspectives on cheese ripening. Australian Journal of Dairy Technolog. 2006, 61 (2): 69-77.
- VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J.: Chemie potravin 1. 1 ed. Tábor: OSSIS 2009, pp. 580
- Databáze CASLIN, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST, dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/databaze>
- Vědecké a odborné publikace v časopisech Mlékařské listy, Výživa a potravinářství a ve sbornících z odborných konferencí - př. Ingrový dny (Brno: MENDELU) a Mléko a sýry (Praha: VŠCHT)
- Vyhláška MZe č.77/2003, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jehlé tuky a oleje. Částka: 32/2003 Sb.
- Zákony, vyhlášky a nařízení legislativy ČR a EU týkající se zásad a požadavků na jakost a zdravotní nezávadnost živočišných produktů

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Eva Samková, Ph.D.


Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Konzultant diplomové práce: MVDr. Lucie HASOŇOVÁ, Ph.D.

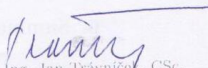
Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Datum zadání diplomové práce: 6. listopadu 2013

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2014


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., Dr.h.c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 6. listopadu 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Změny kyselosti sýrů ementálského typu v průběhu zrání“ vypracovala samostatně pouze s využitím zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 30. listopadu 2013

.....

podpis

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Evě Samkové, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, podnětné připomínky a rady.

Dále děkuji všem, kteří mi během práce podali pomocnou ruku, zejména Ing. Pavle Kuthanové za poskytnutou odbornou literaturu.

Abstrakt

Významnou skupinou přírodních sýrů jsou sýry zrající, mezi které patří také sýry ementálského typu. Při jejich zrání probíhají biochemické procesy, které ovlivňují výsledné vlastnosti sýrů. V první fázi zrání probíhá především glykolýza - rozklad laktózy za vzniku kyseliny mléčné. Doba zrání sýrů je různá v závislosti na druhu či použité technologii. Nejvýznamnější faktory ovlivňující zrání sýrů je teplota, relativní vlhkost, druh a složení mléka, druh syřidla a použitých kultur při výrobě. Tyto faktory významně ovlivňují konečnou jakost výrobku a výtěžnost mléka.

Experimentální část práce se zabývala měřením pH sýrů od začátku do konce lisování sýrů, měření aktivní kyselosti probíhalo na kraji (5 cm) a ve středu sýrů (25 cm). Měření probíhalo po dobu tří let a celkem bylo analyzováno 48 vzorků. Z naměřených hodnot byly vytvořeny kyselostní křivky a výsledky byly statisticky vyhodnoceny v závislosti na místě měření, roku a období. Ze sledovaných vlivů byly statisticky významné rozdíly zjištěny především v závislosti na místě měření, kdy ve středu sýra byly zjištěny nižší hodnoty pH

Klíčová slova: sýr, zrání, složení, aktivní kyselost

Abstract

An important group of natural cheeses are ripened cheeses. Their period of ripening varies depending on the type or technology used. This work is focused on process review of the literature on the factors affecting the ripening of selected cheeses, especially round-eyed cheeses. The most important factors affecting the cheese ripening are temperature, relative humidity, type and composition of milk and type of rennet and lactic acid bacteria used in the production. These factors significantly affect the final product quality and yield.

This paper focused on measuring the pH of round-eyed cheese from start to finish cheese pressing. The measurement of acidity was on the edge (5 cm) and in the middle (25 cm) of the cheeses. Totally, 48 samples were analysed during three years. Statistical significant differences were observed mainly between the pH on the edge and pH in the middle of the cheese.

Keywords: cheese, ripening, composition, acidity

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1	Sladké sýry	10
2.1.1	Princip sladkého srážení sýrů.....	11
2.1.2	Charakteristika sýrů ementálského typu	11
2.2	Zrání sýrů.....	13
2.2.1	Základní kroky při výrobě sýrů.....	13
2.2.2	Fáze zrání	15
2.3	Faktory ovlivňující zrání sýrů.....	17
2.3.1	Jakostní ukazatele mléka.....	17
2.3.1.1	Inhibiční látky	18
2.3.1.2	Počet somatických buněk.....	18
2.3.1.3	Mikrobiologické vlastnosti	19
2.3.1.4	Složení mléka.....	21
2.3.1.5	Technologické vlastnosti	22
2.3.2	Čisté mlékárenské kultury a syřidla	23
2.3.2.1	Mlékařské kultury	23
2.3.2.2	Syřidlo.....	25
2.3.3	Výroba a skladování	27
3	MATERIÁL A METODIKA	31
3.1	Cíl práce.....	31
3.2	Postup výroby	31
3.3	Metodika experimentální části.....	32
3.4	Statistické zpracování dat	33
4	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	34
4.1	Složení mléka	34

4.2	Aktivní kyselost v průběhu lisování	38
4.2.1	Změny aktivní kyselosti v závislosti na místě měření pH sýra.....	38
4.2.2	Změny aktivní kyselosti v závislosti na roce výroby sýra	41
4.2.3	Změny aktivní kyselosti v závislosti na období výroby sýra	44
5	ZÁVĚR.....	47
6	SEZNAM LITERATURY.....	49

1 ÚVOD

Výroba sýrů se za několik let stala celosvětově velmi perspektivním oborem, neboť se jedná o efektivní způsob zhodnocení mléčné suroviny. Spotřeba sýrů se zvedá díky zdrojům bílkovin, vápníku, vitamínů a stopových prvků, které jsou prospěšné pro lidský organismus. Čím více stoupá spotřeba, tím více stoupá konkurence. Tímto je výrobce nucen vyrábět co možná nejvíce produktů a samozřejmě dbát na to, aby byl výrobek co nejlevnější, ale zároveň si zachoval svou kvalitu.

Výroba ementálských sýrů je poměrně nákladná, už jen díky dlouhé době zrání. Z toho důvodu je důležité dosáhnout po lisování příslušného pH, aby nedocházelo k prodloužení zrací doby atd.

Důležitou fází výroby je tedy prokysávání sýřeniny. Toto prokysávání určuje hodnota pH, jejíž sledování je významné pro další operace, neboť určuje, zda je sýr dobře prokysaný a může být vložen do solné lázně. Sledování dynamiky prokysávání pomocí kyselostních křivek je tedy v této fázi výroby velmi důležitým krokem, který může do určité míry ovlivnit finanční výsledky podniku.

Cílem této diplomové práce bylo sledování změn kyselosti u sýrů ementálského typu během první fáze zrání a porovnání sezónních či jiných faktorů ovlivňujících tento proces.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Sýry jsou trvanlivé mléčné výrobky bohaté na bílkoviny a tuk (tučné sýry). Získávají se zpracováním sraženiny (sýřeniny) mléka, cílem je oddělení přebytečné syrovátky a získání dostatečné hmoty (obyčejně zrnitého charakteru), která se po formování, případném lisování, solení a několikaměsíčním zrání stává produktem s charakteristickou vůní a chutí, typickou konzistencí a vysokou výživnou hodnotou (Pijanowski, 1977).

Kromě vysokého obsahu bílkovin (18 - 26 %) a tuku (15 - 30 %) obsahují sýry značné množství některých solí včetně vápníku, fosforu, sodíku a chloridu. Zrající sýry jsou charakteristické nízkým procentem laktózy (Vorlová, 2011).

2.1 Sladké sýry

Podle způsobu srážení rozdělujeme sýry na sýry kyselé a sladké. Převážná většina sýrů se vyrábí tzv. sladkým neboli enzymatickým srážením mléka, případně v kombinaci s kyselým srážením. Jako syřidla se používají specifické proteolytické enzymy, především chymozin (získávaný z žaludků sajících telat, jehňat nebo kůzlat) a pepsinová syřidla (z hovězích, vepřových a drůbežích žaludků) anebo v současnosti vyráběná tzv. mikrobiální neboli vegetariánská syřidla, která mají identické vlastnosti. K jejich výrobě se používá řada bakterií, kvasinek i plísní produkujících příslušné proteolytické enzymy. Mohou to být např. plísně rodu *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium*, z bakterií *Bacillus subtilis*, *Streptococcus* nebo kvasinky *Kluyveromyces lactis* (Šustová a Sýkora, 2013).

Působením syřidlových enzymů dochází k vysrážení kaseinových bílkovin ve formě pevné kompaktní hmoty. Proces srážení je relativně rychlý (20 - 120 minut), vzniklá sýřenina většinou nestačí ještě prokysat a má chuť sladkého mléka. K prokysání sýřeniny dochází z větší části až během dalšího zpracování na sýry.

Do skupiny sladkých sýrů patří mimo jiné sýry s plísní na povrchu (Camembert), s plísní uvnitř těsta (Niva), sýry polotvrdé (Eidam) či sýry tvrdé (Primátor). Vzhledem k charakteru této práce bude dále kladen důraz převážně na posledně jmenovaný typ sýrů, tedy sýry tvrdé ementálského typu.

2.1.1 Princip sladkého srážení sýrů

Syřidlové srážení mléka má tři fáze. Fáze primární představuje štěpení κ -kaseinu, který je tvořen řetězcem 169 aminokyselin. Při štěpení vznikají dva kratší řetězce: od 1. do 105. aminokyseliny tzv. para- κ -kasein a druhý řetězec je tvořen 106. až 169. aminokyselinou a je označován jako tzv. glykomakropeptid (Legerová, 2007).

Para- κ -kasein obsahuje hydrofobní část molekuly kaseinu, zůstává tedy součástí kaseinových micel. Chybí mu však již ochranná funkce jako u původního κ -kaseinu. Mezi jednotlivými micelami se tvoří silné vazby a za podpory vápenatých iontů dochází k vysrážení kaseinu a tím vytvoření sraženiny. Glykomakropeptid obsahuje hydrofilní část molekuly původního κ -kaseinu a odchází se syrovátkou.

Sekundární fáze srážení je koagulační, kdy vzniká z kaseinových frakcí trojrozměrný gel, jehož vznik je možný pouze působením Ca^{2+} iontů na jádra micely. Terciální fáze nastává při proteolýze kaseinu (kromě κ -kaseinu jsou štěpeny i α -kasein), tedy až při vlastním zrání sýrů (Šustová a Sýkora, 2013).

2.1.2 Charakteristika sýrů ementálského typu

Sýry rozdělujeme podle různých hledisek, a to: podle druhu zpracovaného mléka, podle obsahu sušiny, podle obsahu tuku v sušině, podle způsobu výroby nebo zrání apod.

Sýry ementálského typu patří podle způsobu srážení do skupiny sladkých sýrů. Z hlediska obsahu vody patří mezi sýry tvrdé, neboť obsah vody činí 49 - 54,9 % a z hlediska obsahu tuku v sušině (45 %) mezi sýry plnotučné (Vyhláška č.77/2003).

Hlavním charakteristickým znakem pro sýry ementálského typu je, že to jsou sýry s vysokodohřivanou syřeninou a typickou tvorbou ok, způsobenou působením propionové kultury (Callec, 2002). Typickým představitelem této skupiny sýrů je Ementál, nazvaný podle údolí řeky Emme ve Švýcarsku.

Tyto sýry se vyrábějí většinou ve větších bochnících nebo blocích, největší dosahují hmotnosti až 100 kg. Mají poněkud tužší, ale přitom vláčnou konzistenci, síla kůry na povrchu je odvislá od způsobu zrání. Sýry charakterizují pravidelná oka velikosti vlašského ořechu (1 - 1,5 cm) a příjemná, jemná, typicky nasládlá až sýrově mandlová chuť a vůně. Stěny sýra mají být mírně vyduté, povrch hladký bez poškozených míst. Těsto má mít barvu

slonoviny, má být pevné, vláčné až křehké a matně lesklé. Oka v těstě mají být nepříliš četná, stejnoměrně rozložena. Oka nemají být přímo pod kůrou a od povrchu do středu se mají v uvedených tolerancích zvětšovat (Forman, 1994). Mléko pro tyto sýry musí být nejvyšší kvality, tepelné ošetření co nejšetrnější (v zahraničí se používá pro tyto sýry i termizované nebo syrové mléko).

Jak již bylo zmíněno, sýry ementálského typu jsou charakteristické tvorbou ok, a to díky propionovým bakteriím *Propionibacterium schermanii* a *P. freudenreichii*, které tvoří z kyseliny mléčné a mléčnanů kyseliny propionovou a octovou a vytvářejí přitom oxid uhličitý a vodu. Je tudíž velmi důležité, aby zvolené kmeny propionových bakterií vykazovaly žádané vlastnosti (Crow, 1988).

Tlakem oxidu uhličitého se tvoří v tvrdém sýru oka. Nasládlou chuť bochníkových sýrů způsobuje propionát vápenatý. Rozvoj propionových bakterií závisí na teplotě zracích sklepů (při teplotě 24 °C je optimální), na kyselosti mléka (nižší kyselost rozvoj propionových bakterií podporuje) a na intenzitě solení (vyšší intenzita solení tlumí rozvoj těchto mikroorganismů).

Zrání tvrdých sýrů způsobují zpočátku koky a pak tyčinky bakterií mléčného kysání. Jejich poměr v sýru má být 1:1, nebo 3:2. Tyto mikroorganismy působí na rozklad mléčného cukru rychle, na rozklad bílkovin však pomalu (Pijanowski, 1977).

Při výrobě sýrů ementálského typu se vedle mezofilních kultur používá též termofilní kultura *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus helveticus*, případně též *Lbc. casei*. Termofilní kultura se začíná uplatňovat během dohřívání (3°C/min, 30 - 40 min.) a dosoušení (53 °C, 60 min.). Sýřenina se zpracovává na drobné zrno, při vypouštění nesmí dojít k jeho provzdušnění (Kadlec, 2002).

Nejmenší obsah sušiny má být 61 %, tuku 27,45 % a obsah tuku v sušině 45 %. Obsah soli se pohybuje v rozmezí 1,5 až 2,5 % (Forman a kol., 1994).

Konzistence sýrů tvoří jeden ze základních jakostních parametrů. Na bobtnání parakaseinu má vliv množství kyseliny mléčné (Forman, 1994). S optimálním množstvím kyseliny mléčné tvoří parakasein laktát, rozpustný v 5% roztoku chloridu sodného při pH 5,2 (Kadlec, 2002). Ionty Na⁺ vytěsní v parakaseinu vápenaté ionty Ca²⁺ a vysolený sýr postupně zvláčňuje v konzistenci, bobtná. V případě přebytku kyseliny mléčné reakce nenastává a konzistence sýru je tuhá (Forman, 1994).

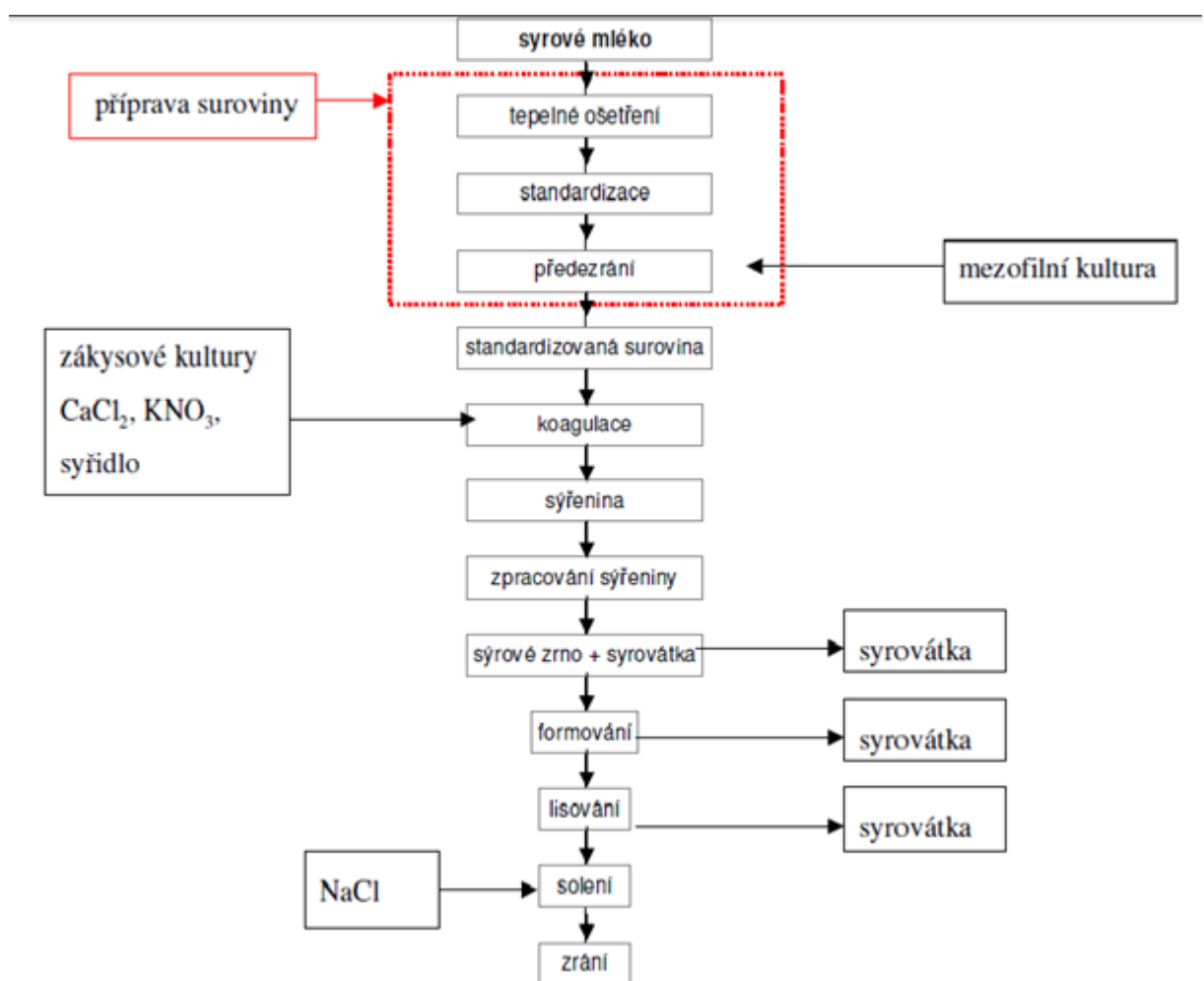
2.2 Zrání sýrů

2.2.1 Základní kroky při výrobě sýrů

Výroba vyžaduje prvotřídní kvalitu mléka (blíže kap. 2.3.1), mlékárenských kultur, syřidla (kap. 2.3.2) a dalších látek (chlorid vápenatý, dusičnan draselný, sýrařská barva).

Výroba sýrů zahrnuje několik kroků, které jsou znázorněny v obrázku č. 1.

Obrázek č. 1: Technologický postup



Zdroj: Šustová (2008)

Počátečním krokem je úprava mléka před sýřením. Tato fáze zahrnuje pasteraci, standardizaci, úpravu syřitelnosti a chemického složení, úpravu teploty a zakysání mléka

čistými mlékařskými kulturami (Maléř a kol., 1994). Množství kyseliny a její aktivita, teplota a pH mléka přímo souvisejí s rychlostí nastartování prokysání mléka a sýřeniny (Lilich, 2003).

Důležitým krokem je pasteurace, a to nejčastěji krátkodobá šetrná pasteurace, kdy mléko zahřejeme na 72 - 74 °C (přesněji 72,1 °C) po dobu 20 - 30 s. Při této teplotě dochází k úplnému usmrcení vegetativních forem patogenních bakterií, včetně *Mycobacterium tuberculosis*. Pokud ovšem mléko zahřejeme na více než 74 °C, může docházet ke změnám jeho chuti a vůně. K denaturaci bílkovin dochází pouze částečně, zrno je jemnější a sýřenina měkčí.

Pro výrobu sýrů je možné využít i dlouhodobou pasturaci, což znamená zahřátí mléka na teplotu 63 - 65 °C pod dobu nejméně 20 - 30 minut. Mléko ošetřené touto pasturací se téměř neliší od mléka čerstvého. Sýřenina je plnější a k denaturaci bílkovin už téměř nedochází.

Další možností je využít i tzv. částečnou pasturaci, která se často používá v sýrařství ve Francii. Pasteurace probíhá při 63 °C (10 minut) nebo při 68 °C (25 sekund). Tento způsob s sebou nese velké riziko přítomnosti bakterie *Listeria monocytogenes* (Pijanowski, 1977; Šustová a Sýkora, 2013).

Dalším krokem je sýření mléka, kdy se do upraveného mléka přidává odpovídající dávka syřidla, která zajistí srážení mléka a vytvoření vhodné sýřeniny za optimální dobu. Syřidlo se přidává zředěné a s mlékem se promíchá tak, aby srážení bylo stejnoměrné (Maléř a kol., 1994). Mléko se má úplně vysrážet nejdříve za 30 - 45 minut (Šustová a Sýkora, 2013). Doba srážení ovlivňuje dávka syřidla, teplota mléka, kyselost mléka, obsah rozpustných vápenatých solí v mléce, přídavek vody a jakost zpracovávaného mléka (Pijanowski, 1977).

Poté následuje zpracování sýřeniny na zrno požadované velikosti. Toto zahrnuje krájení (oddělení syrovátky), drobení na požadovanou velikost, a to za neustálého míchání. Nevhodně načasované krájení se projeví zvýšenou tvorbou sýrového prachu nebo naopak uzavřením syrovátky v sýřenině. Kvalita sýrového zrna závisí rovněž na kvalitě použité harfy. Dosažením co nejhladšího povrchu zrna omezujeme ztráty bílkovin do syrovátky. Strunová harfa namáhá sýřeninu více než harfa nožová, trhání sýřeniny u ní lze omezit správným načasováním a rychlostí krájení. Kvalitní nožová harfa má přímý vliv na snížení spotřeby mléka.

U některých typů sýrů, včetně sýrů ementálského typu je poslední operací při zpracování sýřeniny dohřívání zrna. Za stálého míchání se udržuje dosažená teplota zrna tak dlouho, až

má zrno správnou kyselost, tuhost a lepivost, dostatečný obsah sušiny a až je vhodné k formování (Šustová a Sýkora, 2013).

Po zpracování sýřeniny se směs zrna a syrovátky vypouští do formovacího a současně lisovacího zařízení k vytvoření požadovaného tvaru. Každý druh sýra má ustálený tvar, velikost a hmotnost (Malěš a kol., 1994). Vlastní odkap probíhá v místnostech, kde je nezbytné dodržování určitého teplotního režimu, který začíná na teplotách zhruba 20 - 30 °C. Během odkapu postupně odtéká syrovátka a dochází ke zvyšování sušiny. Při příliš nízkých teplotách je odkapávání výrazně zbrzděno. Určitým vodítkem pro regulaci teploty může být průběh pH, který je charakteristický vždy pro daný druh sýra. Během odkapu je nutno sýry několikrát obrátit, aby došlo k rovnoměrnému odtoku syrovátky a k dosažení pravidelného tvaru sýra. U tvrdých sýrů probíhá lisování pod tlakem 0,005 - 0,03 MPa a podle velikosti sýru po dobu 1 - 12 hodin (Šustová a Sýkora, 2013).

Další důležitou fází je solení sýrů. Nejrozšířenějším způsobem solení sýrů je solení v lázni. Sýry se ponoří do roztoku NaCl o koncentraci 16 - 22 % a ponechají se v něm podle jejich hmotnosti po určitou dobu.

Konečnou fází technologického postupu ve výrobě sýrů je zrání, ke kterému dochází ve zracích (sýrařských) sklepích. Jsou to místnosti s vhodnými klimatickými podmínkami, do nichž se sýry na určitou dobu ukládají. Nejdůležitější podmínkou zde je dodržování správných teplot a relativní vlhkosti vzduchu a pozvolné, ale dostatečné větrání (Malěš a kol., 1994).

2.2.2 Fáze zrání

Biochemické procesy, které v průběhu zrání v sýrech probíhají, mohou být rozděleny do tří základních fází, které nejsou od sebe nijak výrazně odděleny, ale naopak na sebe plynule navazují nebo se navzájem překrývají.

Primární fáze

První fáze je rozklad laktózy a vznik kyseliny mléčné. Hlavní rozklad laktózy nastává při formování sýrů, během odkapávání a lisování. Pokud není do konce lisování rozklad laktózy ukončen, ukládají se sýry po vyjmutí z tvořitek na police do temperované místnosti k dokysání, které bývá obvykle ukončeno do 20 - 24 hodin (Gajdůšek, 2000). Je nutno dosáhnout požadované hranice kyselosti, u tvrdých sýrů pH 5,2 a u měkkých sýrů 4,8 - 5,0 (Kadlec, 2002).

Rozklad laktózy zajišťují bakterie mléčného kvašení přítomné v použitých mlékařských kulturách. Během dohřívání se uplatňuje *Streptococcus thermophilus*, rozvoj laktobacilů nastává hlavně po lisování. Nízká teplota dohřívání může způsobit rozvoj nežádoucí mikroflóry, která může být příčinou vad sýrů (Plocková a Březina, 1988).

V některých případech se sýry nechávají dokysávat i v průběhu solení, pak se v první fázi solení používá solná lázeň o vyšší teplotě. Úplné vymizení posledních stop laktózy u tvrdých sýrů nastává v prvních dnech zrání. Vytvořená kyselina mléčná uvolňuje z kaseinu vápník za vzniku mléčnanu vápenatého. Z kaseinu vzniká v konečné fázi monokalciumkaseinát, který bobtná ve vodě a v roztoku NaCl. Vytvoření vápenaté soli kaseinu výrazně ovlivňuje slepování sýřeniny a vznik homogenní struktury sýrů. Kyselina mléčná také ovlivňuje zastoupení solí v sýrech. V průběhu 24 hodin dochází k přeměně anorganických solí fosfátu a převážné části (až 80 %) vápenatých solí v rozpustné soli, které také ovlivňují výslednou kyselost sýra (Gajdůšek, 2002).

Sekundární fáze zrání

Druhou fází je snížení kyselosti sýrů jednak vazbou kyseliny mléčné a jednak jejím mikrobiologickým rozkladem na kyselinu propionovou (případně octovou), CO₂ a vodu, případně i další sloučeniny nebo její vazbou na rozkladné produkty bílkovin. Podle typu sýra dochází k mikrobiálnímu rozkladu kyseliny mléčné buď v celé hmotě (typické pro tvrdé sýry, kde se z vytvořeného CO₂ tvoří typická oka a kyselina propionová) nebo aerobně od povrchu dovnitř mikroflóry na povrchu sýra (Gajdůšek, 2002). Kyselina mléčná je neutralizována pufrujícími složkami mléka a je pak jako mléčnan zachycena ve sraženině. Mléčnan u některých sýrů slouží jako substrát pro další kultury v pozdějším stádiu zrání, např. při propionovém kvašení u sýrů ementálského typu.

Mléčnan však může být rozkládán také při nežádoucím máselném kvašení za vzniku vodíku, CO₂ a těkavých mastných kyselin. Vodík se vyznačuje nízkou rozpustností v sýřenině a jeho tvorba vede k popraskání sýrů při tzv. pozdním duření. Jiný původ mají drobná oka v sýrech s nízkodohřívanou sýřeninou, kde oxid uhličitý vzniká přeměnou citrátu (Kadlec, 2002).

Terciální fáze zrání

Většina sladkých sýrů zraje v rozmezí od 3 týdnů až 2 roky. Míra zrání je přímo úměrná k obsahu vlhkosti sýra během zrání, včetně mikrobiologických, biochemických a chemických procesů, v důsledku nichž se mění důležité složky v sýru – bílkoviny, lipidy a laktóza, které

jsou transformovány na primární a později na sekundární produkty zrání. Mezi sloučeniny přítomné ve většině sýrů jsou např. peptidy, aminokyseliny, aminy, thioly (odvozené z bílkovin), mastné kyseliny, methylketony, laktony, estery (odvozené z tuků), organické kyseliny (mléčná, octová nebo propionová) aj.. Obsahy a zastoupení těchto sloučenin jsou odpovědné za charakteristickou chuť sýrů (Wallace a Fox, 1998).

V důsledku proteolýzy může docházet i k negativním jevům, např. ke vzniku smyslových vad (hořké chuti) nebo vzniku biogenních aminů dekarboxylací volných aminokyselin (Smit a kol., 2004; Hansen a Josepsen, 2003).

2.3 Faktory ovlivňující zrání sýrů

Bez kvalitního mléka nevyrobíme kvalitní a také chutný sýr. Na kvalitě se nepodílí jen složení mléka, ale i mikroflóra přirozeně se vyskytující v mléce. Pasterací jsou původní mikroorganismy zničeny a i přesto, že je později mléko inokulováno mlékárenskou kulturou, sýr nedosáhne identické chuti a vůně, jako sýr vyrobený z mléka bez použití pasterace. Sýry vyrobené z nepasterovaného mléka mají svůj lokální charakter, na kterém se podepisuje velké množství faktorů (pastvina, oblast a způsob chovu, plemeno, aj.) (Callec, 2002). V České republice není povoleno vyrábět sýry z nepasterovaného mléka (Šustová a Sýkora, 2013).

2.3.1 Jakostní ukazatele mléka

Kvalita syrového mléka je významným ukazatelem pro posouzení jeho zdravotní nezávadnosti, určení vhodnosti pro další zpracování, a slouží rovněž k jeho ocenění při zpeněžování. Jakost je charakterizována souborem vlastností (smyslových, fyzikálních, mikrobiologických, hygienických a technologických), chemickým složením a výživovou hodnotou. Nejdůležitějšími sledovanými znaky hygienické jakosti mléka jsou podle Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004 přítomnost reziduí inhibičních látek (RIL), počet somatických buněk (PSB) a celkový počet mikroorganismů (CPM).

Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující výše uvedené jakostní ukazatele mléka můžeme počítat výživu dojnic, hygienu prostředí, dojení a ošetření mléka po nadojení (Hanus a kol., 2007).

2.3.1.1 Inhibiční látky

Přítomnost RIL v mléce může způsobovat problémy, které můžeme rozdělit do dvou základních okruhů. Jednak jsou to problémy při technologickém zpracování mléka, dále pak problémy, které přináší konzumace těchto produktů člověku.

Čisté mlékařské kultury používané při výrobě mléčných produktů jsou velmi citlivé na přítomnost inhibičních látek v mléce. V případě jejich přítomnosti v mléce dochází v důsledku jejich bakteriostatických či baktericidních účinků k ovlivnění růstu a tedy i množství mikroorganismů. Snižuje se kysací aktivita mléka a narušuje proces kysání a zrání. Největší problémy způsobují RIL ve výrobě kysaných mléčných produktů a sýrů, ale také např. při výrobě másla ze zakysané smetany. Přítomnost RIL v mléce je příčinou vyřazení takto kontaminovaného mléka z dodávky do mlékáren a má tedy negativní vliv i na celkovou ekonomiku výroby.

Závažné jsou také zdravotní komplikace pro spotřebitele vyplývající z konzumace mléka s přítomností reziduí. Nejčastěji jsou to různé alergické reakce, přičemž míra příznaků těchto alergií závisí na citlivosti konkrétního konzumenta, použitém druhu léčiva i jeho obsahu v mléce. V důsledku opakované či nevhodné léčby vznikají rezistence některých kmenů mikroorganismů na určitá antibiotika a může tak docházet ke snižování účinnosti léčiv. Nezanedbatelný je rovněž vliv na složení střevní mikroflóry.

Prevence výskytů RIL spočívá zejména v dodržování veškerých zootechnických zásad a opatřeních při používání veterinárních léčiv, v technologické kázní v prvovýrobě a v důsledné pravidelné kontrole RIL na všech úrovních zemědělsko-zpracovatelského procesu (Samková, 2010).

2.3.1.2 Počet somatických buněk

Počet somatických buněk (PSB) je odrazem zdravotního stavu nejen mléčné žlázy, ale i dojnice a současně slouží jako jeden z jakostních znaků proplácení mléka.

Somatické buňky jsou především bílé krvinky ("obrání mléčné žlázy"), které přecházejí do mléčné žlázy a do mléka z krve. Sekreční parenchym mléčné žlázy je částečně propustný pro krevní buňky, propustnost se však zvyšuje za nenormálních podmínek sekrece mléka. Zvýšení PSB je signálem, že mléčná žláza byla zasažena infekčními nebo neinfekčními vlivy. Cílem organismu je pomocí bílých krvinek eliminovat případný zánět, poškozené buňky

mléčné žlázy reparovat a zajistit tak její uzdravení. Vzhledem k tomu, že somatické buňky mají svůj enzymatický aparát a jejich enzymy zhoršují technologickou zpracovatelnost mléka (kysací procesy), mohou vysoké PSB působit jako inhibiční látky (Samková a kol., 2012).

Za limitní hodnotu PSB z hlediska legislativních předpisů se považuje hodnota do 400 000 v 1 ml - Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004. Pokud se hodnota bazénového PSB dostane do úrovně mezi 200 000 – 300 000 v 1 ml, lze považovat zdraví stáda za ohrožené – tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Posouzení počtu somatických buněk (PSB) v bazénových vzorcích syrového kravského mléka

Zdravá stáda	Hodnota PSB (v 1ml)	Opatření
Velmi dobré	< 100 000	pravidelná prevence
Uspokojivé	100 – 200 000	pravidelná prevence
Ohrožené	200 – 300 000	vyšetření stáda, hygienické programy
Narušené	> 300 000	ozdravný program

Zdroj: Samková a kol. (2012)

Počet somatických buněk v 1 ml mléka je ukazatelem, který citlivě reaguje na vnitřní i vnější faktory, které se uplatňují při produkci a získávání mléka, především pak při mastitidách. Zvýšení PSB nad fyziologické hodnoty je obvykle provázáno změnami ve složení mléka, popř. i chorobnými změnami mléčné žlázy. Obecně platí, že čím je v mléce PSB nižší, tím jsou příznivější hygienické, smyslové a technologické vlastnosti mléka. Počet a diferenciální obraz somatických buněk lze využít ke klasifikaci mastitid (hodnocení PSB ve čtvrt'ovém vzorku z prvních stříků), v operativním řízení chovatelské a veterinární činnosti, šlechtitelské prevenci (hodnocení PSB v individuálním vzorku) a jako jakostní znak syrového mléka (hodnocení PSB v bazénovém vzorku) (Navrátilová a kol., 2012).

2.3.1.3 Mikrobiologické vlastnosti

Mikrobiologická jakost syrového mléka se významně podílí na jeho technologické zpracovatelnosti a jakosti finálních výrobků. Složení mikroflóry syrového mléka bývá velmi pestré a svědčí o úrovni hygieny v prvovýrobě (Havlová a kol., 1993).

Za limitní hodnotu z hlediska legislativy (Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004) se považuje 100 000 v 1 ml, přičemž CPM je hlavním ukazatelem mikrobiologické jakosti syrového mléka.

Hlavní zdroje kontaminace jsou z okolí, z lidských nebo zvířecích zdrojů, sekretů, kůže, ran, nedostatku osobní hygieny, dále z krmení, podestýlky, hnoje, vzduchu, vody, z mikrobiologické zátěže a vnitrozávodové kontaminace (Kadlec, 2003).

Hodnota CPM nijak nenaznačuje možný zdroj mikrobiologické kontaminace mléka. Základy prevence proti vysokým CPM spočívají v důsledném dodržování hygienických návyků při celé technologii dojení včetně dalších postupů v chovu krav a v pečlivém provádění sanitace a údržby dojících zařízení (Ryšánek, 2007).

Pro výrobu sýrů je sledování mikrobiologické jakosti mléka zvláště důležité. Kromě požadavku na co nejmenší zastoupení CPM se dále mohou sledovat i doplňkové mikrobiologické ukazatele. K těm patří psychrotrofní, termorezistentní, koliformní a sprotvorné anaerobní mikroorganismy (tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Vývoj průměrných ukazatelů mikrobiologické jakosti syrového kravského mléka v České republice v letech 2006 až 2011 (v tis. KTJ.ml⁻¹)

Skupina mikroorganismů	Limit (v 1 ml)	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Psychrotrofní	< 50	9,16	8,47	9,33	8,87	7,02	12,04
Koliformní	< 1	0,125	0,187	0,195	0,212	0,236	0,240
Termorezistentní	< 2	1,205	0,690	0,331	0,309	0,249	0,267
Sprotvorné anaerobní (%)	negativní v 0,1 ml	12,9	42,2	42,48	55,34	41,84	55,34
Celkový počet mikroorganismů	< 100	43,6	40,5	40,3	40,5	40,8	35,8

Zdroj: ČMSCH (2012)

Psychrotrofní mikroorganismy, které mohou kontaminovat mléko např. z oplachové pitné vody, způsobují především technologické potíže. Tyto bakterie jsou schopny se množit i při teplotách vychlazeného mléka (pod 8 °C), takže jejich zastoupení výrazně roste i při

nízkých teplotách. Bakterie vykazují silnou lipolýzu a proteolýzu způsobenou termostabilními enzymy. V mléce dlouhodobě skladovaném při nízkých teplotách tedy bude část tuku i bílkovin poškozena, což se projeví nejen na samotných parametrech mléka, ale především zhoršením senzorických a technologických vlastností mléčných produktů (Kadlec, 2002).

Včasně duření sýrů je způsobeno hrubou kontaminací koliformními mikroorganismy ($10^6 - 10^8 \text{ ml}^{-1}$). Forman (1994) uvádí, že při obsahu 0 až 10 koliformních mikroorganismů v 1 ml byla získána vyhovující jakost sýrů, nezaručená jakost při obsahu 10 až 100 a jakost zcela nevyhovující při obsahu koliformních mikroorganismů nad 100 v 1 ml mléka (Forman, 1994). Pomocí aditiv (přídavek dusičnanu do mléka) nebo fyzikálních separačních metod (baktofugace, mikrofiltrace) lze počet mikroorganismů, zejména spor snížit, a to např. u baktofugace až 30x.

U sýrů s dobou zrání nad 1 měsíc a při teplotách 18 - 24 °C jsou nejnebezpečnějšími sporotvorné anaerobní mikroorganismy. K těm patří i *Clostridium tyrobutyricum* - původci pozdního duření sýrů. *C. tyrobutyricum* má schopnost využívat laktáty v sýrech za tvorby CO_2 a H_2 . Původcem této kontaminace mléka jsou nekvalitní siláže a příměs zeminy v krmení (Hušek a spol. 1990). Forman (1994) považuje za kritickou hranici pro zrání sýrů Gouda počet 5 - 10 spor *C. tyrobutyricum* v 1 litru mléka. Pokud ještě stále zůstává v ošetřeném (pasterovaném) mléce jejich dostatečný počet, dojde ke vzniku pozdního duření sýrů. Pokud se v mléce k výrobě sýrů po baktofugaci nebo mikrofiltraci dosáhne počtu spor 5 - 40 v jednom litru, lze dávku dusičnanu snížit nebo vůbec vynechat (Buňka, 2007).

2.3.1.4 Složení mléka

Kravské mléko obsahuje průměrně 88 % vody a 12 % sušiny, z toho 3,2 - 3,6 % dusíkatých látek (hrubé bílkoviny), 3,5 - 4,5 % tuku, 4 - 5 % sacharidů, do 1 % minerálních látek, dále vitamíny, enzymy, hormony, plyny. Hlavními složkami mléka, které rozhodují z velké části o výtěžnosti, jsou mléčný tuk a kasein. Mléčný tuk je přítomen ve formě emulze, hlavní mléčná bílkovina - kasein - ve formě koloidní disperze. Laktóza, minerální či další látky tvoří pravé roztoky, tedy mléko je složitý polydisperzní systém (Kadlec, 2002).

Množství **bílkovin** tvořených kaseinem a syrovátkovými bílkoviny má hlavní vliv na spotřebu mléka při výrobě. Část kaseinu zůstává po srážení mléka v sýřenině (kapitola 2.1.1), druhá část včetně syrovátkových bílkovin přechází do syrovátky.

Kadlec (2002) uvádí, že při standardizaci mléka koncentrátem mléčných bílkovin dochází ke 2,5 až 3x rychlejšímu snížení spotřeby mléka než u mléka s neupraveným množstvím bílkoviny. Použitý přípravek je vyráběn sušením koncentrátu mléčných bílkovin získaných ultrafiltrací čerstvého odstředěného mléka.

Mléčný tuk se v mléce vyskytuje ve formě tukových kuliček různých velikostí. Podílí se vedle bílkovin na výsledné podobě sýra, spoluurčuje jeho vůni, chuť i strukturu. Sýry vyráběné z plnotučného mléka mají mnohem jemnější a plnější chuť a měkčí konzistenci než sýry s nízkým obsahem tuku. Tučnost mléka je většinou standardizována podle požadavku na výsledný obsah tuku v sušině sýra.

Podle Lilicha (2003) se při použití tučnějšího mléka relativně zvyšuje výtěžnost, zvyšující se obsah bílkovin je méně výrazný. Souvisí to s rozdílným způsobem srážení mléka, schopností syřeniny vázat ve své struktuře tukové částičky a velikostí a tvarem sýra (Lilich, 2003).

Laktóza neboli mléčný cukr je zdrojem energie pro bakterie mléčného kvašení, které přitom laktózu mění na kyselinu mléčnou (kapitola 2.2.2). K tomuto účelu je využita jen malá část laktózy, větší část odchází společně se syrovátkou.

Enzymy jsou bílkoviny, které jsou odpovědné za rychlost určitých organických reakcí např. za kvašení nebo trávení. V mléce je přítomno několik enzymů, které jsou jeho přirozenou součástí, řadu enzymů vytvářejí také mikroorganismy, které se do mléka dostanou po nadojení nebo které jsou do mléka přidány. Proteolytické, lipolytické a glykolytické enzymy rozkládají bílkoviny, tuk a laktózu na různé složky a v konečném důsledku jsou odpovědné za vznik vonných a chuťových sloučenin (Callec, 2002).

2.3.1.5 Technologické vlastnosti

Syřitelnost mléka je definována jako schopnost mléka reagovat s přidaným syřidlem a vytvářet gelovitou sraženinu. V první fázi dojde k limitní proteolýze κ -kaseinu, v druhé fázi potom ke koagulaci frakcí kaseinu za přítomnosti vápenatých iontů. Mezi faktory ovlivňující syřitelnost patří variabilita v chemickém složení mléka. Nejvýznamnějšími jsou obsah kaseinu a zastoupení jeho frakcí, dále velikost a stav kaseinových micel, obsah a formy vápníku a fosforu v mléce, pH mléka a teplota (Šustová a Sýkora, 2013).

Kysací schopnost mléka je podmíněna přítomností látek, umožňující rozvoj přidaných čistých mlékařských kultur a nepřítomností inhibičních látek. Za inhibiční látky jsou

považovány zejména rezidua různých léčiv, především antibiotik, a zbytky čisticích prostředků (Šustová a Sýkora, 2013).

Kyselost mléka by se měla dle normy ČSN 57 0529 pohybovat okolo 6,2 - 7,8 SH (titrační kyselost). K narůstání kyselosti dochází při vyšším obsahu kyseliny mléčné. Mléko s vyšší titrační kyselostí než 8 SH by už nemělo být používáno v mlékárenském průmyslu s ohledem k náchylnosti ke srážení vlivem tepla. Aktivní kyselost bývá u mléka uváděna v rozmezí od 6,4 do 6,8 pH, přičemž nejvyšší účinnost syřidla je při pH 6 - 6,5 (Šustová a Sýkora, 2013).

2.3.2 Čisté mlékárenské kultury a syřidla

Vedle jakosti mléka jsou dalším důležitým faktorem ovlivňující zrání druh použité kultury a syřidla, které rozhodují nejen o výtěžnosti, ale i o výsledných vlastnostech sýra.

2.3.2.1 Mlékařské kultury

Prakticky všechny fermentované mléčné výrobky včetně sýrů, jsou založeny na schopnosti vybraných bakterií, zvaných bakterie mléčného kysání (BMK), fermentovat laktózu. Laktózu jsou schopné fermentovat jen některé mikroorganismy a kromě BMK mají tuto schopnost i některé kvasinky a plísně. Při fermentaci se laktóza štěpí na glukózu a galaktózu a vytváří se kyselina mléčná (kapitola 2.2.2). Tento proces je základní biochemickou reakcí, vedoucí k pozitivním sensorickým vlastnostem výrobků. V případě syrového mléka, kam se BMK mohou dostat také z okolního prostředí, však může mít vznik kyseliny mléčné za následek zhoršenou kvalitu suroviny i finálního výrobku.

V případě výroby sýrů je fermentovatelnost laktózy vybranými „startovacími kulturami“ pouze jednou z několika důležitých podmínek pro následný vývoj sensoricky požadovaných vlastností při zrání sýrů. V tomto případě je přítomnost laktózy podmínkou pro růst těchto startovacích kultur, pro které je laktóza hlavní živinou. V první fázi výroby sýra tyto kultury narůstají a produkují kyselinu mléčnou a další vedlejší produkty jejich nárůstu, např. diacetyl, acetaldehyd atd. Při výrobě zrajících sýrů vede fermentace laktózy hlavně k produkci dostatečného množství mikrobiálních buněk, které po odstranění zbytkové laktózy (při oddělení sýřeniny od syrovátky) postupně odumírají z důvodu nedostatku hlavní živiny (Samková a kol., 2012).

Mlékařské kultury používané v mlékárenské technologii se rozdělují podle různých kritérií, např. podle skupin mikroorganismů na bakteriální, kvasinkové, plísňové nebo smíšené. Podle optimální teploty množení mikroorganismů dělíme kultury na termofilní (40 - 45 °C) a mezofilní (20 - 30 °C). Dalším kritériem může být druhová a kmenová skladba mikroorganismů (Kadlec, 2002).

Základní kulturou pro prakticky všechny druhy sýrů je mezofilní (smetanová) kultura, která je podle typu sýra doplněna dalšími kulturami. Při skladování pasterovaného standardizovaného mléka se osvědčilo předezrání s ochrannou dávkou mezofilní kultury, zpravidla stejná kultura se pak použije pro vlastní výrobu. Mléko po pasteraci se ochladí na teplotu 5 - 12 °C a očkuje přídatkem 0,01 - 0,05 % mezofilní kultury, promíchá a ponechá zrát do druhého dne, čímž dojde ke zlepšení fyzikálně-chemických a technologických vlastností mléka po tepelném ošetření. Vlastní přídatvek kultur pro výrobu následuje po ohřátí skladovaného mléka na teplotu sýření (obvykle 30 - 33 °C) a mezofilní kultura se dávkuje 30 - 45 minut před sýřením v množství 0,5 - 2 % (Kadlec, 2009).

Pro udržení konstantní kvality sýrů je důležité udržení stabilního poměru mezi kyselinotvornými a aromatvornými kmeny přítomnými v použitých smetanových kulturách. Při jejich dlouhodobém používání může docházet ke změnám poměrného zastoupení a dominanci jednoho či dvou nejodolnějších kmenů, což se následně může projevit odlišným průběhem prokysání sýrů, „slepými“ sýry nebo tvorbou prasklin.

Např. Černý a kol. (1997) zjistili, že při vyšším podílu streptokoků (7:1 v porovnání s laktobacily) bylo riziko tvorby prasklin u dohříváných sýrů nižší než v případě vyrovnaného poměru streptokoků a laktobacilů.

Daamen (2000) zjistil, že špatné nebo kolísavé prokysávání vede k nestejněměrnému obsahu sušiny sýrů, což může vést k problematickému zvýšení možnosti napadení povrchu plísněmi.

Rychlejší prokysání přímo ve výrobě přispívá ke snížení spotřeby mléka. Nižší spotřeba mléka je také při použití čisté mezofilní kultury, s rostoucím zastoupením termofilní kultury se spotřeba mléka zvyšuje a nejvyšší je při čisté termofilní kultuře (Lilich, 2003).

Výraznější hodnoty u proteolýzy v prvních týdnech zrání zjistila Kontová a kol. (2010) u sýrů vyrobených s doplňkovými kulturami kmenů laktobacilů (*Lactobacillus plantarum*, *L. rhamnosus*), což pravděpodobně mohlo souviset s vyšší tvorbou proteolytických enzymů laktobacilových kultur. Přídatkem doplňkových kultur se také urychlil proces zrání sýrů,

avšak neměl vliv na obsah sušiny, tuku v sušině, pH ani titrační kyselost v průběhu zrání. Přídavek se však projevil na zlepšení sensorických vlastností, především na zjemnění nakyslé až kyselé chuti.

Propionová kultura nutná při výrobě sýrů ementálského typu je tvořena druhy rodu *Propionibacterium*, které produkují velké množství kyseliny propionové a octové a oxidu uhličitého z laktózy a z laktátu. Oxid uhličitý tvoří velká oka nalézající se v sýru Ementál a podobných typech sýra, ostatní metabolity včetně mastných kyselin a aminokyselin přispívají k typické chuti a vůni těchto sýrů. Nejčastěji využívané druhy jsou *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *freudenreichii* nebo subsp. *shermanii*. Na rozdíl od kultur tvořených bakteriemi mléčného kvašení, propionová kultura je obvykle pěstována na komplexních médiích obsahujících hydrolyzované bílkoviny, kvasničný extrakt a kyselinu mléčnou jako zdroj uhlíku (Kadlec, 2007).

Také pro další typy sýrů (zrající pod mazem, plísňové apod.) jsou potřeba specifické kultury (Kadlec, 2007).

2.3.2.2 Syřidlo

Termín syřidlo je používán pro enzymatické přípravky, které jsou tvořeny ze dvou hlavních enzymů (zejména chymosin a pepsin) v různém poměru a jsou vylučovány v žaludku přežvýkavců (telat, jehňat a kůzlat) krmených mlékem. S přísunem rostlinného krmiva se začne v žaludku mláďat zvyšovat poměr pepsinu nad chymosinem. Molekulové a enzymatické vlastnosti chymosinu byly rozsáhle studovány a popsány mnoha autory (Crabbe, 1993; Fox, 1993). Chymosin specificky hydrolyzuje vazbu fenylalanin - methionin v kaseinu, zatímco pepsin nemá v bílkovinné molekule mléka žádné specifické místo působení (Moschopoulou, 2011).

Následkem zvyšující se produkce sýrů a klesající dostupností telecích žaludků se zásoby telecího chymosinu snižovaly. To vedlo k hledání syřidlových náhražek. Existuje řada proteináz, majících schopnost navodit koagulaci mléka, ale buď jsou příliš proteolytické anebo mají nesprávné specifické působení. Bylo nalezeno pouze 6 proteináz (hovězí, vepřový a drůbeží pepsin; kyselá proteináza z *Mucor miehei*, *Mucor pusillus* a *Endothia parasitica*), které jsou použitelné jako náhražka telecího syřidla při výrobě sýrů. Výzkum náhražek syřidel by pokračoval dále, ale byl zastíněn možností produkce chymosinu prostřednictvím geneticky modifikovaných mikroorganismů (*Aspergillus niger*, *Escherichia coli*, *Kluyveromyces lactis*)

(Fox, 1993). Tyto syřidlové náhražky jsou označovány jako „koagulanty“. Můžeme do nich také zařadit i některé syřidlové enzymy získané z rostlin jako bromelin, papain atd. (Wong a kol., 1999). První syřidlo jako enzymatický preparát se standardizovanou aktivitou enzymů připravil rakouský lékárník Franz Soxhlet. Od té doby byla Soxhletova jednotka běžně používána pro charakteristiku síly syřidla (Fuquay a kol., 2010). Stanovená síla syřidla ale byla závislá na pH a kvalitě mléka a mohla se dosti lišit, protože nebyla vztažena k žádnému referenčnímu standardu. A proto byl roku 2007 zaveden vhodnější způsob stanovení síly syřidla podle metody IDF. Principem této metody je zjištění koagulačního času u mléka s pH 6,5, který je srovnáván s mezinárodním referenčním standardem syřidla se stejným enzymatickým složením jako má vzorek. Stanovená síla je vyjádřena v IMCU (International Milk Clotting Units) (Law a Tamime, 2010).

Na našem trhu můžeme najít syřidla vyráběná ve formě práškové, tabletové, lyofilizované anebo tekuté. Roztoky syřidla jsou málo stálé a z různých příčin se s větší nebo s menší rychlostí rozkládají. Jakost syřidla ovlivňuje jak kvalitu syřeniny, tak i výslednou jakost sýrů. Základním požadavkem na syřidla je jeho spolehlivost, čímž v praxi rozumíme stálou sílu, mikrobiologickou čistotu, trvanlivost i schopnost vytvářet jakostní syřeninu (Kozelková a kol., 2012).

I když nejvyšší proteolytickou aktivitu vykazují mikrobiální syřidla, pro výrobu sýrů s prodlouženou dobou zrání je prakticky nutné preferovat použití syřidel chymosinového typu. Němcová a kol. (2001) uvádí, že přírodní syřidlo obsahující 50 % pepsinu se projevuje nejnižší proteolytickou aktivitou. Vliv použitého syřidla se projevuje změněným charakterem proteolýzy bílkovin sýra během jeho výroby a zrání i změnou v poměrném zastoupení kaseinových štěpů vyjádřených obsahem nekaseinového a nebílkovinného dusíku i obsahu volných aminokyselin. Pro výrobu jakostních sýrů je nutno dobře zvolit i vhodnou dávku syřidla použitou při syření (Černý a kol., 1997).

Pro charakterizaci hydrolýzy bílkovin v sýru je možno použít jakoukoli specifickou (stanovení specifických produktů proteolýzy) nebo nespecifickou metodu (stanovení rozsáhlejších směsí produktů proteolýzy) (Fox a McSweeney, 1997; Wallace a Fox, 1998). Nespecifické metody (např. stanovení dusíku podle Kjeldahla) umožňují testování celkového rozsahu proteolýzy na základě frakcionace jejich produktů. Tyto metody jsou relativně jednoduché a ceněné pro běžné stanovení zralosti sýra, protože rozpustný dusík dobře koreluje s dobou zrání sýra a v menším rozsahu i s jeho kvalitou (Ardo a Polychroniadou, 1999).

2.3.3 Výroba a skladování

Jak již bylo uvedeno (kapitola 2.2.2), zrání sýrů začíná již rozkladnými pochody v mléce na výrobníku a k největším změnám jednotlivých složek dochází až ve vyrobeném sýru. Proto rozeznáváme tzv. **předběžné zrání**, kterým rozumíme především prokysání sýřeniny, tj. přeměnu mléčného cukru pomocí BMK v kyselinu mléčnou za současného částečného rozkladu bílkovin, a **vlastní zrání sýrů**, které je charakterizováno rozkladem bílkovin na jednoduché látky a částečně také hydrolýzou tuku v sýrech po vysolení (Kněz, 1976).

Průběh mléčného kysání charakterizují kyselostní křivky. Ne vždy se však stanovuje kyselost ve všech fázích prokysávání. Požadované hodnoty kyselosti sýra po 20 hodinách tedy nemusí být zárukou optimálního průběhu kysání, neboť po 2 - 4 hodinách nebo 10 hodinách se již může projevit závada. V praxi je vhodné měřit pH mléka na výrobníku před sýřením, kyselost syrovátky po rozkrájení sýřeniny a při vypouštění zrna. Ve Švýcarsku je zavedena inkubace vzorku syrovátky při 38 °C (výroba vysokodohříváných sýrů), kyselost se stanovuje po 5 - 10 hod. a po 20 hod. Z ementálských bochníků se odebírá definovaná syrovátková sonda na stanovení kyselosti a mikroskopického zastoupení streptokoků a laktobacilů mléčného kysání. Po 2 hodinách lisování švýcarských ementálů má mít syrovátka 10 - 12 SH, pod mikroskopem jsou zjišťovány pouze řetízky streptokoků. Po 4 hodinách začíná mezi řetízky výskyt tyčinek laktobacilů a syrovátka má mít 20 - 24 SH. Po 24 hodinách od zahájení výroby neobsahují správně prokysané ementálské i eidamské sýry laktózu a ani z ní odštěpenou glukózu. Galaktóza bývá málokdy zjišťována (Štípková, 1990). Požadovaná hranice aktivní kyselosti má být v tomto období u tvrdých sýrů pH 5,1 - 5,2 (Forman, 1994).

Jeden z důležitých technologických kroků je tzv. praní syrového zrna, při kterém se snižuje obsah laktózy, současně se sýřenina dohřívá, protože k praní se používá teplá voda. Obvykle se nejprve odpustí 35 % syrovátky a přidá se 50 - 80 % jejího objemu vody teplé 50 - 60 °C. Díky snížené koncentraci laktózy klesá pH pouze na hodnotu 5,2 - 5,4, jinak by pokles pokračoval až na 4,6 - 4,8. Odčerpání syrovátky musí být dostatečně rychlé (5 - 6 min), protože se provádí bez míchání a mohlo by dojít ke slepování zrna. Kromě přídavku horké prací vody se může dohřívát přes plášť výrobníku nebo se oba způsoby kombinují. Během dohřívání a dosoušení pokračuje proces míchání zrna v syrovátce. Doba těchto operací je závislá na požadované sušině a průběhu prokysání (Kadlec, 2002).

Vzhledem k pH a urychlení rozvoje bakterií propionové kultury bylo zjištěno, že rozklad laktózy je výraznější u ementálských sýrů vyrobených s 20% přídavkem vody. Díky tomu je

vyšší hladina kyseliny propionové a rychlejší tvorba ok. Na druhé straně, čím víc se přidává vody, tím je sekundární proteolýza pomalejší. Jaros a kol. (2013) zjistili, že ementály vyráběné s 20% přídavkem vody mají lepší texturní vlastnosti.

Skladovací podmínky

Každá skupina přírodních sýrů má své charakteristické podmínky zrání, které se vzájemně odlišují zejména použitou teplotou, relativní vlhkostí zrání prostor, obalem (pokud se aplikuje) a četností speciálních operací (propichování, omývání během zrání aj.). U jednotlivých skupin sýrů rovněž existuje jiná optimální délka zrání, která se může pohybovat od několika hodin až dnů (čerstvé sýry, sýry zrající pod mazem, s plísní na povrchu) po několik týdnů či měsíců (sýry eidamského a ementálského typu) a ve výjimečných případech i po několik let (sýry extra tvrdé) (Fox, 1998; Fenelon a kol., 2000; McSweeney a Sousa, 2000; McSweeney, 2004; Bergamini a kol., 2006). Z toho důvodu je zřejmé, že zrací podmínky a ošetřovací schéma mohou být nejlépe optimalizovány jen v případě, že jsou ve sklepě uloženy sýry jednoho druhu (Daamen, 2000).

V dnešní době se setkáváme často s tím, že sýry jsou předčasně vyskladňovány a distribuovány k zákazníkovi, i když proces zrání ještě nebyl zdaleka ukončen. Největší vliv na to mají samozřejmě ekonomické důvody (Smith, 2006).

Na druhé straně je po zpracovateli požadována u produktů delší trvanlivost. U zrajících sýrů však vyšší obsah vody v sýru může znamenat rychlejší štěpení bílkovin, a to ne vždy ve směru, který bychom si přáli. Díky stálému odpařování vody v průběhu zrání vzniká přirozená rovnováha mezi změnami sušiny, odbouráváním bílkovin a vývojem chuti. Sýry typu eidam a gouda mohou být skladovány, pokud byla počáteční sušina správná, více jak 1-2 roky (Daamen, 2000).

Přírodně zralé sýry jsou skladovány v programovaných a kontrolovaných zracích podmínkách, neboť je to velmi důležité pro vývoj chuti sýra během celého zracího procesu. Jiným důležitým důvodem řízení zracích podmínek je také růst plísní na povrchu sýra. Dnes mohou být zrací podmínky řízeny tak dobře, že je dosažena optimální rovnováha mezi váhovou ztrátou a potlačováním různých plísní (McSweeney, 2004).

V 60. letech byl na trh uveden Delvocit (s natamycinem jako účinnou látkou) zabraňující růstu kvasinek a plísní na povrchu sýrů, což znamenalo možnost optimalizace relativní vlhkosti v sýrařských sklepech za účelem snížení hmotnostních ztrát (Daamen, 2000).

Sýry mohou správně zrát jen při vhodné teplotě. Při vyšších zracích teplotách probíhají zrací procesy rychle, do nevhodné šíře nebo hloubky, což se projevuje velkým otevíráním nebo dokonce duřením sýrů, nečistou a netypickou chutí atd. Naopak zráním při nízké teplotě sýry nezískávají vůbec nebo jen zčásti typické vzhledové vlastnosti, doba zrání se prodlužuje, což není ekonomické (Folkertsma a kol., 1996; Law, 2001).

Využití skladování při zvýšené teplotě má však uplatnění jen u sýrů, které byly vyrobeny za vysoce hygienických podmínek (Kousta a kol., 2010). V opačném případě totiž hrozí nebezpečí rychlejšího růstu a množení nežádoucích mikroorganismů, včetně mikroorganismů (jsou-li přítomny) způsobujících alimentární nákazy (Iurlina a Fritz, 2004). Při akceleraci zrání zvýšenou teplotou je nutné zvolit takový teplotní režim, který zajistí požadované zkrácení doby zrání za současného zabránění rozvoje kontaminující mikroflóry a případných sensorických vad (Soraya a kol., 2006).

Ve zracích sklepích (kromě kvasných sklepů) nesmí teplota přestoupit maximální hranici 20 °C. Optimální teplota zrání pro většinu druhu sýrů je 12 - 16 °C, u některých sýrů (př. Niva) se požadují teploty nižší (5 - 8 °C) (Kněz, 1976).

Sýry ementálského typu zrají v chladných kvasných a zracích sklepích. V chladných sklepích se při teplotě 14 až 16 °C obden obracejí, ošetřují slabým roztokem soli a na vrchní straně se na sucho solí. V těchto sklepích zůstávají sýry asi 3 týdny. V kvasných sklepích se udržuje teplota 22 až 24 °C a obdobně jako v chladných sklepích se sýry ošetřují. Nejdříve se vkládají na nejnižší desky sýrařských stojanů a poté se překládají na vyšší desky. Přitom se reguluje teplota, která je v nižších místech sklepa nižší než ve vyšších místech. Zhruba po 6 týdnech proběhne v sýru propionové kvašení a v těstě se vytvoří oka. Poslední fáze zrání probíhá ve sklepích při teplotě 12 až 14 °C, kde se sýry ošetřují a omývají studenou vodou. Po dvou měsících se ze sýrů odebírají vzorky, a to vývrtem z horní nebo boční strany. Nakonec se sýry omyjí a označují číslem a datem výroby. Balí se po jednom nebo dvou kusech do beden a expedují se (Pointurier a Law, 2001).

S teplotou úzce souvisí i relativní vlhkost vzduchu, neboť teplejší vzduch pojme větší množství vodních par. Ve vlhkých sklepech mají sýry slabou kůru, v suchých zase příliš silnou a tuhou. V některých případech při kolísání teploty a vlhkosti dochází k praskání kůry sýrů nebo k orosení povrchu, což se projevuje mokváním, dále pak i hnilobou, ke které dochází nejčastěji v trhlinkách. Tato skutečnost má za následek vysoké ztráty a nevhodnou jakost povrchu sýrů. Růst mikroorganismů na povrchu eidamských a ementálských sýrů je i

při vhodné teplotě ovlivňován relativní vlhkostí. Nejvíce to platí pro sýry zrající pod mazem a nátěry plastických hmot a pod plísní (Kněz, 1971).

Optimální relativní vlhkost vzduchu je dána druhem sýrů a jejich stářím. Čerstvé sýry vyžadují vyšší teplotu a sušší vzduch (tvrdé sýry 75 - 85 %) a starší sýry chladnější a vlhčí vzduch (Bylund, 1995). Pro tvrdé sýry je optimum 80 - 90 %, dolní hranice relativní vlhkosti leží kolem 78 % (Kněz, 1971; Daamen, 2000).

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo sledování změn kyselosti u sýrů ementálského typu během první fáze zrání a porovnání sezónních či jiných faktorů ovlivňujících tento proces. Diplomová práce byla součástí řešení projektu OP VK CZ 1.07/2.3.00/09.0081.

3.2 Postup výroby

Technologie pro výrobu sýru ementálského typu:

Při výrobě byly použity kultury: 30g R 604 - smetanová kultura

100 g STB 01 - *Streptococcus thermophilus*

10g LHB 02 - *Lactobacillus helveticus*

Propionové kultury: 200g PS 2

200g PS 4

- 1) Pasterace mléka: 72 - 74 °C/20 - 40 s
- 2) Standardizace mléka: přídavek smetanového zákysu 0,5 - 1 %, CaCl₂ , doplňkové kultury, propionová kultura
- 3) Sýření mléka: 31 - 33°C/30 min.
- 4) Koagulace: 31 min.
- 5) Krájení sýřeniny: 15 min.
- 6) Míchání zrna: 30 - 40 min.
- 7) Přihřívání: nepřímo parou na 50 - 53 °C
- 8) Dosoušení: při teplotě 50 - 53 °C/40 - 50 min.
- 9) Vypouštění: odpustí se část syrovátky a dopustí se 500 l vody 10 - 20 °C, poté se vypustí celý objem výrobníku do lisovacích van

- 10) Lisování: postupně se zvedá tlak - zalisování 1,1 MPa/3 - 4 hodiny, poslední krok 1 MPa
- 11) Dokysávání: do druhého dne - pH 5,20 – 5,40
- 12) Solení: 2 - 3 dny v lázni: 20 - 22 % NaCl, teplota 9 - 12 °C, kyselost 6 - 12 SH a 5,3 - 5,0 pH, povrch sýrů se solí posypáním NaCl
- 13) Balení: do zracích sáčků, následně vkládání do beden

3.3 Metodika experimentální části

Složení mléka použitého pro výrobu sýrů ementálského typu bylo stanoveno infračerveným absorpčním analyzátozem MilcoScan (Foss, Dánsko) podle ČSN 57 0536/1999.

Vlastní experimentální část se zabývala sledováním průběhu prokysávání sýru po dobu jeho lisování, a to na základě měření aktivní kyselosti v určitých časových intervalech.

Měření kyselosti (pH) podle ČSN 57 0107 probíhalo od počátku lisování (0 min.), tzn. po vypuštění zrna z výrobního zařízení do lisovacích forem až po ukončení lisování (525 min.), a to vždy na kraji (5 cm) a ve středu (25 cm) sýra. K měření byl použit pH metr WTW 3110.

U každého vzorku se provádělo 13 měření na kraji a 13 měření ve středu, tj. 26 měření u jednoho vzorku, v těchto časových intervalech 0, 60, 120, 150, 180, 210, 255, 300, 345, 390, 435, 480, 525 min. Celkem bylo během 3 let provedeno 26 měření u každého ze 48 vzorků (tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: Počet vzorků a měření v průběh let 2011 - 2013

	Rok			Celkem
	2011	2012	2013	
Počet vzorků	19	17	12	48
Počet měření	494	442	312	1248

Hodnoty použité v této práci byly naměřeny přímo v mlékárenském závodu a z důvodu ochrany firemních dat nebude uváděn konkrétní název sýra.

3.4 Statistické zpracování dat

Při statistickém zpracování dat byly pro výpočty výsledků využity programy Microsoft Excel a Statistica Cz 6.0 (Statsoft ČR). K vyhodnocení vlivu roku, období, měsíce a místa měření byl použit t-test, resp. F-test.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

4.1 Složení mléka

Pro výrobu kvalitního sýra je důležitá vysoká kvalita mléka. I za pomoci využití sebelepšího technického a technologického zařízení nevyrobíme nikdy sýr dobré kvality ze špatného mléka (Šustová a Sýkora, 2013).

Sezónní výkyvy ve složení mléka způsobuje především skutečnost, zda jsou dojnice pasené (Butler a kol., 2008). V případě krmení po celý rok tzv. monodietou, jsou změny většinou statisticky nevýznamné, na rozdíl od chovů, kde se v letních měsících využívá pastvy či zeleného krmení do žlabu. Výživa dojnic se vedle dalších faktorů významně podílí na změnách ve složení mléka, na jeho biologické hodnotě, sensorických a technologických vlastnostech. Špatná skladba krmné dávky má za následek pokles obsahu bílkovin, a tím i tukuprosté sušiny (TPS), mění se i obsah močoviny v mléce dochází ke snížení titrační kyselosti mléka (Samková a kol., 2012). Tento problém je složitější a vyplývá ze sezónního rytmu fyziologických procesů v organismu dojnice, k čemuž přispívá i neplnohodnotná krmná dávka, nedostatek kyslíku ve stáji, nedostatek světla, UV záření a aktivního pohybu, jakož i nesprávná vlhkost a teplota vzduchu.

Výrazné zhoršení složení a vlastností mlék se zjišťuje obvykle na konci zimního období, resp. na začátku letního krmného období. Kolísavé je složení mlék i v letních měsících a v přechodném období z letního typu výživy na zimní. Koncem letního období, tj. v září, dosahují jednotlivé složky mlék průkazně nejvyšší hodnoty. Frekvence výskytu mléka se sníženou TPS v průběhu roku stoupá od března a maxima dosahuje v květnu. V průběhu léta je frekvence výskytu mléka se sníženou TPS oproti zimnímu krmnému období výrazně zvýšená. To může souviset s vysokými teplotami ve stáji, kdy zvířata nadměrně pijí, když se pasou nebo když je zkrmována píce s velmi nízkým obsahem sušiny. Druhé období snížení obsahu TPS bývá zjišťováno v srpnu a září. Na konci září a postupně až do ledna dosahují jednotlivé složky mlék průkazně nejvyšších hodnot. V září bývá zjišťováno navýšení obsahu celkových bílkovin o 0,15 %, kaseinu o 0,18 %, čistých bílkovin o 0,11 %, celkové sušiny o 0,29 % (Illek a Kadlec, 1995; Samková a kol. 2012).

Vzhledem k tomu, že mléko pro výrobu sýra musí splňovat určité standardy, upravuje se tučnost a sušina na požadované hodnoty. Rozsah požadovaných hodnot (tučnost a sušina v %) pro ementálský typ sýra, jenž byl použit pro sledování kyselostních křivek v této diplomové práci, je uveden v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Požadované hodnoty tuku a sušiny u sýrů ementálského typu
v průběhu technologického procesu

	Tuk (%)	Sušina (%)
Po zrání	45 – 50	min. 60
Po solení	45 – 50	58

Zdroj: údaje mlékárenského závodu

Rozhodující význam pro kvalitu tepelně ošetřeného mléka a mléčných výrobků má původní surovina, tedy syrové mléko. Provozovatelé potravinářských podniků, kteří vyrábějí, popřípadě svážejí syrové mléko, musí zajistit splnění požadavků stanovených legislativou (Nařízení parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004).

V tabulce č. 5 je uvedeno základní složení mléka použitého pro výrobu sýrů ementálského typu. Hodnoty byly zjišťovány u standardizovaného pasterovaného mléka, a to v závislosti na letním, resp. zimním období a v závislosti na roce výroby (2012, 2013). Chybějící údaje o složení mléka (n = 27) nebyly získány z provozních důvodů.

Tabulka č. 5: Chemické složení mléka použitého pro výrobu sýrů ementálského typu

	OBDOBÍ *		ROK		ROZMEZÍ		VLIV	
	zimní (n = 8)	letní (n = 13)	2012 (n = 17)	2013 (n = 4)	min.	max.	OBDOBÍ	ROK
Tuk (%)	2,63	2,86	2,69	2,84	2,5	3,05	0,7990	0,0967
Tukuprostá sušina (%)	8,97	8,6	8,84	8,98	8,5	9,07	0,3957	0,3501
Bílkovina (%)	3,41	3,16	3,29	3,41	3,14	3,44	0,0571	0,1006
Laktóza (%)	4,87	4,72	4,86	4,87	4,65	5	0,0208	0,8863
Sušina (%)	11,6	11,25	11,52	11,6	11,25	11,78	0,9379	0,5844
Odtah syrovátky (l)	900	1600	1200	1100	900	1800	0,0000	0,0000
Prací voda (l)	1450	20200	1794	1683	1450	2400	0,0000	0,0000

* zimní: listopad až duben; letní: květen až říjen

U mléka byla zjištěna minimální hodnota tuku 2,53 % a maximální hodnota tuku 3,05 %. Kněz (1971) uvádí průměrnou tučnost mléka pro výrobu sýru ementálského typu 2,85 %. Je to z důvodu standardizace mléka před výrobou. Pokud chceme vyrobit sýr ementálského typu, musí mléko použité na výrobu splňovat správný obsah tuku, nesmí být příliš tučné ani nízkotučné. Pokud bychom použili neupravené mléko, vyrobili bychom sýr jiných parametrů. Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že ukazatele chemického složení mléka se statisticky významně neliší ani v závislosti na období, ani v závislosti na roku a mírné výkyvy ve složení mléka pro výrobu sýra jsou řešeny odtahem syrovátky a přidavkem prací vody ($p < 0,001$). Výjimkou je pouze statisticky významný rozdíl v obsahu laktózy ($p < 0,05$).

Z tabulky č. 5 je zřejmé, že odtah syrovátky a přídavek vody je v zimě menší než v létě. Je pravidlem, že odtah kopíruje přidanou vodu, tedy čím více se odtáhne syrovátky, tím více se musí přidat vody. V zimě byl průměrný odtah syrovátky 1000 l a přídavek vody 1570 l, v létě bylo odtaheno syrovátky 1485 l a přídavek vody činil 2085 l. Voda je jako pomocná látka přidávána do mléčné směsi k úpravě kyselosti a sušiny, dále je uplatňována při praní sýrařského zrna. Musí to být voda pitná, měkká. Požadavky na její vlastnosti jsou často ještě přísnější, než jak je uvádí příslušná norma pro pitnou vodu (Zimák, 1988).

Praním zrna při výrobě sýru ementálského typu i některých jiných typů sýrů (eidam, gouda) se reguluje obsah laktózy, a tím i míra prokysávání. Protože se k praní používá teplá voda, současně se sýřenina i dohřívá. U všech sýrů je rozhodující dodržování standardního časového harmonogramu zpracování, včetně průběhu teplotní a kyselostní křivky (Janštová a kol., 2012).

Scott (1998) uvádí, že standardní mléko umožňuje producentovi ovlivnit složení sýra s cílem dosáhnout předepsaného složení, a tím zlepšit výtěžnost. Mimo to použití takového mléka zajistí výrobu sýra bez přebytečného množství tuku a minimalizuje ztráty tuku a kaseinu vyplavením do syrovátky. Předpokladem pro správné nastavení tučnosti a sušiny sýra je dodržení správného poměru tuku a bílkovin ve výrobním mléce. S postupným zvyšováním podílu tuku v mléce nejdříve spotřeba mléka klesá. Po dosažení určité mezní hranice je další zvýšení podílu tuku provázáno zhoršenou schopností sýřeniny vázat tuk a může docházet také ke zvýšení ztrát bílkovin syrovátkou (Lilich, 2003). Obsah tuku a bílkovin v mléce použitém pro výrobu sýrů byl v průběhu celého roku konstantní (graf č. 1) a výkyvy se pohybovaly do 0,5 % hmotnostních.

V grafu č. 2 lze sledovat, jak se v průběhu jednotlivých měsíců v roce lišila množství odtažené syrovátky a přídavku vody. Nejmenší množství syrovátky bylo odtaženo v lednu, a to 900 l a množství přidané prací vody bylo 1450 l. V srpnu a září bylo odtaženo dvojnásobné množství syrovátky 1800 l a přídavek prací vody činil 2 400 l. Rozdíl mezi syrovátkou a prací vodou byl vždy 600 l.

Graf č. 1: Obsah tuku a bílkovin (%) v jednotlivých měsících v průběhu let 2011 až 2013



Graf č. 2: Průběh množství odtažené syrovátky a použité prací vody v průběhu jednotlivých měsíců



4.2 Aktivní kyselost v průběhu lisování

Lisování je důležitým krokem ve výrobě sýrů následujícím po zpracování sýřeniny. Jeho účelem je vytvoření požadovaného tvaru, velikosti a hmotnosti, které jsou specifické pro každý druh sýra (Malěř a kol., 1994). Během lisování dochází postupně k odkapu syrovátky a ke zvyšování sušiny sýra. Místnosti, ve kterých lisování probíhá, musí být temperovány na určitou teplotu, neboť při nízkých teplotách je tento proces zpomalený (Šustová a Sýkora, 2013).

Zpracování mléka trvá od zasýření do vypouštění 200 - 220 minut. Při dohřívání je důležitý postupný nárůst teplot o 3 °C za 5 minut po dobu 30 - 40 minut až dosoušení při průměrné teplotě 53 °C. Pro dosažení sušiny sýrů je při dobrém dosoušení zrna dostatečný čas lisování 3 - 4 hodiny při tlaku 0,03 - 0,08 MPa, avšak z hlediska dokysání sýrů vyžadující teploty pro rozvoj termofilní mikroflóry se zalisování sýrů protahuje zpravidla do rána následujícího dne (10 - 12 hodin), kdy pH sýra je průměrně 5,2 (Forman, 1994).

Určitým vodítkem pro regulaci teploty a doby lisování může být průběh pH, který je charakteristický vždy pro daný druh sýra a během odkapávání se výrazně mění. Optimalizaci prokysání sýrů je tedy třeba věnovat maximální pozornost.

4.2.1 Změny aktivní kyselosti v závislosti na místě měření pH sýra

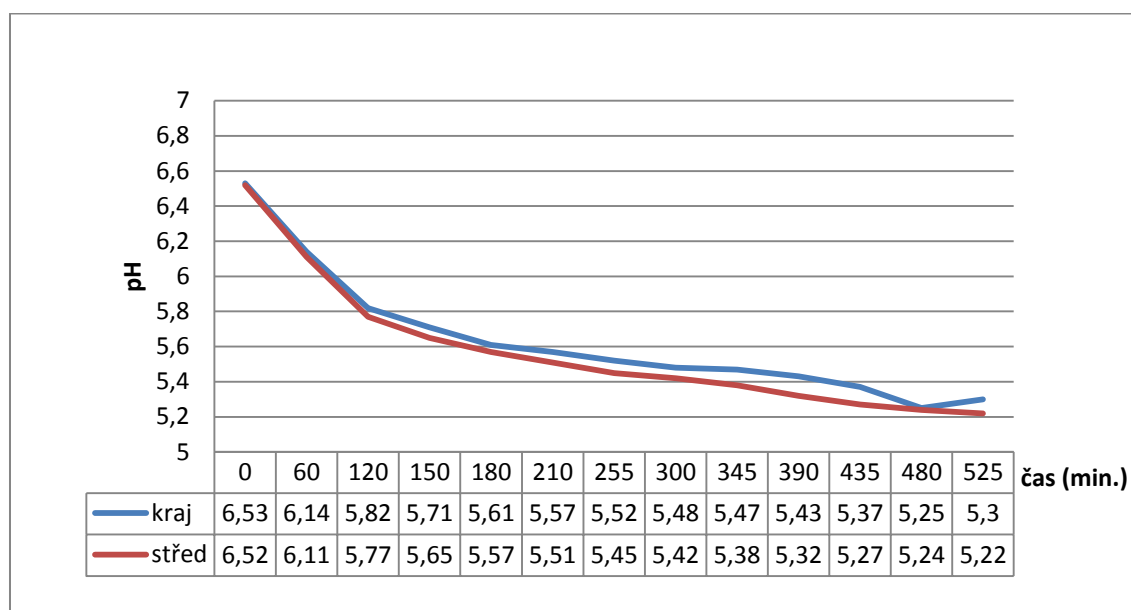
Předběžné zrání sýrů probíhá při zpracování mléka, sýřeniny, formování a solení. U všech druhů sýrů je základním požadavkem dosáhnout potřebného průběhu mléčného kvašení (zkvašované laktózy) kontrolované průběhem kyselostní křivky. Během 24 hodin je nutno dosáhnout požadované hranice kyselosti, tzn. u tvrdých sýrů pH 5,1 – 5,2 (Forman, 1994).

Aktivní kyselost v sýrech ementálského typu byla sledována ve tříletém období (2011, 2012 a 2013), u 48 vzorků („výrob“), a to vždy na kraji (**kraj**; 5 cm od povrchu) a ve středu sýrů (**střed**; 25 cm od povrchu). Celkem bylo tedy získáno 96 kyselostních křivek, od počátku (0 min.) až do konce (525 min.) lisování. Základní statistické hodnoty zjištěné aktivní kyselosti jsou v tabulce č. 6, průběh křivky znázorňuje graf č. 3.

Tabulka č. 6: Dynamika prokysávání (aktivní kyselost, pH) v závislosti na místě měření

čas (min.)	KRAJ				STŘED				p
	průměr	Sx	min.	max.	průměr	Sx	min.	max.	
0	6,53	0,16	5,56	6,69	6,52	0,15	5,59	6,69	0,3356
60	6,14	0,13	5,95	6,6	6,11	0,13	5,95	6,59	0,0000
120	5,82	0,08	5,61	6,01	5,77	0,07	5,6	5,94	0,0000
150	5,71	0,07	5,55	5,88	5,65	0,08	5,49	5,86	0,0000
180	5,61	0,06	5,52	5,74	5,57	0,06	5,45	5,74	0,0000
210	5,57	0,05	5,43	5,67	5,51	0,05	5,4	5,70	0,0000
255	5,52	0,06	5,35	5,68	5,45	0,05	5,34	5,60	0,0000
300	5,48	0,07	5,2	5,6	5,42	0,05	5,31	5,51	0,0000
345	5,47	0,05	5,37	5,61	5,38	0,06	5,21	5,5	0,0000
390	5,43	0,08	5,3	5,67	5,32	0,08	5,11	5,49	0,0000
435	5,37	0,09	5,17	5,65	5,27	0,08	5,1	5,47	0,0000
480	5,35	0,08	5,17	5,53	5,24	0,08	5,12	5,42	0,3179
525	5,30	0,07	5,16	5,46	5,22	0,08	5,02	5,43	0,0000

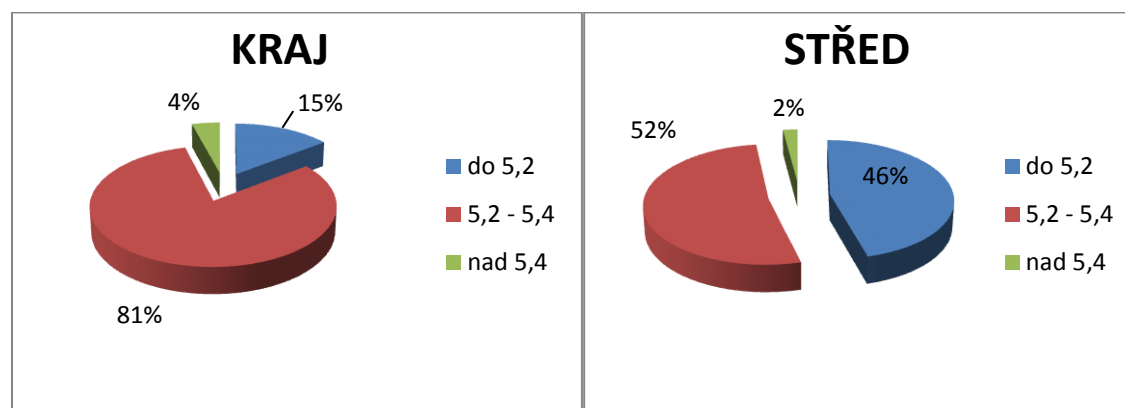
Graf č. 3: Vývoj aktivní kyselosti v závislosti na místě měření pH



Zde je možné zaznamenat prudký pokles kyselosti zejména v prvních 120 minutách lisování. Na začátku lisování není zřejmý rozdíl mezi hodnotami naměřenými na kraji a ve středu sýra, neboť začátek lisování není ještě procesem prokysávání příliš ovlivněn, tak jako je tomu na konci lisování. Hned po vypuštění do lisovací vany bylo pH 6,53 (kraj), resp. 6,52 (střed). Minimální (5,56 a 5,59) a maximální (6,69 a 6,69) hodnoty pH na kraji a ve středu sýra na počátku lisování svědčí o tom, že proces mléčného kysání byl do této doby u každého vzorku (výroby) mírně odlišný. Jak uvádí Janštová (2012), na začátku lisování je vysoké pH i z důvodu vysokého obsahu syrovátky v sýřenině. Během lisování se pak sýřenina většiny syrovátky zbavuje. Lisováním a odtokem syrovátky se sýrová zrna spojí a vytvoří sýrovou hmotu, ve které probíhá prokysání, takže na konci lisování je pH podstatně nižší.

Od 60. minuty byly rozdíly v pH zjištěném na kraji a ve středu sýra odlišné a s výjimkou jednoho měření (480. min.) byly tyto rozdíly statisticky významné ($p < 0,001$). Na konci lisování (525 min.) byly tedy sýry lépe prokysané ve středu (5,22) než na kraji sýra (5,30). U sýru ementálského typu je třeba dosáhnout na konci lisování o něco nižšího pH než je tomu například u Čedaru (5,4), což je z důvodu podstatně delšího zrání tohoto sýra (Patrick a kol., 2004). Požadavek na pH sýra stanovený ve výrobě mlékárenským závodem je pH 5,2 – 5,4. I když průměrné hodnoty zjištěné během tří let tento požadavek splnily, pokud se jedná o jednotlivé vzorky (výroby), situace je odlišná (graf č. 4). U aktivní kyselosti měřené ve středu sýra splnilo požadavek 52 % vzorků, zatímco 46 % vzorků bylo prokysaných více než je minimální požadavek (5,2). Na druhé straně problém se špatným prokysáváním měl jeden vzorek (2 %). V případě aktivní kyselosti měřené na kraji sýra splnilo požadavek 81 % vzorků, 15 % mělo hodnoty nižší než je požadavek.

Graf č. 4: Četnosti aktivní kyselosti (pH) získané na konci lisování (525 min.) na kraji a ve středu sýra



Podle Hansena (1996) by měly tvrdé sýry před solením dosáhnout hodnot v rozmezí 5,3 - 5,7, což je zárukou regulované fermentace laktózy a citrátů. Autor rovněž uvádí, že pro výrobu holandských sýrů převažují dosud technicky starší lisovací vany.

Je tomu tak i u sýru ementálského typu, který se vyrábí ve velké výrobě s menším počtem linek. Při zkouškách na novější lince schopné vyrábět 18 výrob denně se ale výroba zastavila pro nedostatečné prokysání sýra. Dalším problémem byly malé bloky (17 kg), takže se nedostatečně vytvářela oka, která jsou pro tento druh sýra důležitá. Proto se musela výroba přesunout na linku o kapacitě 6 výrob denně, která ale byla schopna vytvářet bloky o hmotnosti 70 – 80 kg, což znamenalo již dostatečný prostor pro rozvoj propionové kultury. Forman (1994) uvádí, že bloky ementálských sýrů mohou vážit i 100 kg. Dalším pozitivem na nízkokapacitní lince byla dlouhá doba lisování (téměř 9 hodin) oproti vysokokapacitní (jedna hodina), což vyřešilo problém s nedostatečným prokysáváním. Při lisování nesmí dojít k předčasnému uzavření povrchu sýrů. Naopak nedolisované a neuzavřené povrchy jsou místem k průniku kontaminující mikroflóry přežívajících v solných lázních. Na rozdíl od technicky dokonalejších výrobních linek, s individuálním lisováním a řádným prokysáním sýrů před solením ve studených solných lázních většina linek podporuje vznik vad v konzistenci a chuti sýra, vlivem samovolně pokračující primární i sekundární fermentace v teplé solné lázni, kdy se těsto sýrů nejen nespojuje, ale ještě se uvolňuje další syrovátka ve struktuře sýrů (Hansen, 1996).

4.2.2 Změny aktivní kyselosti v závislosti na roce výroby sýra

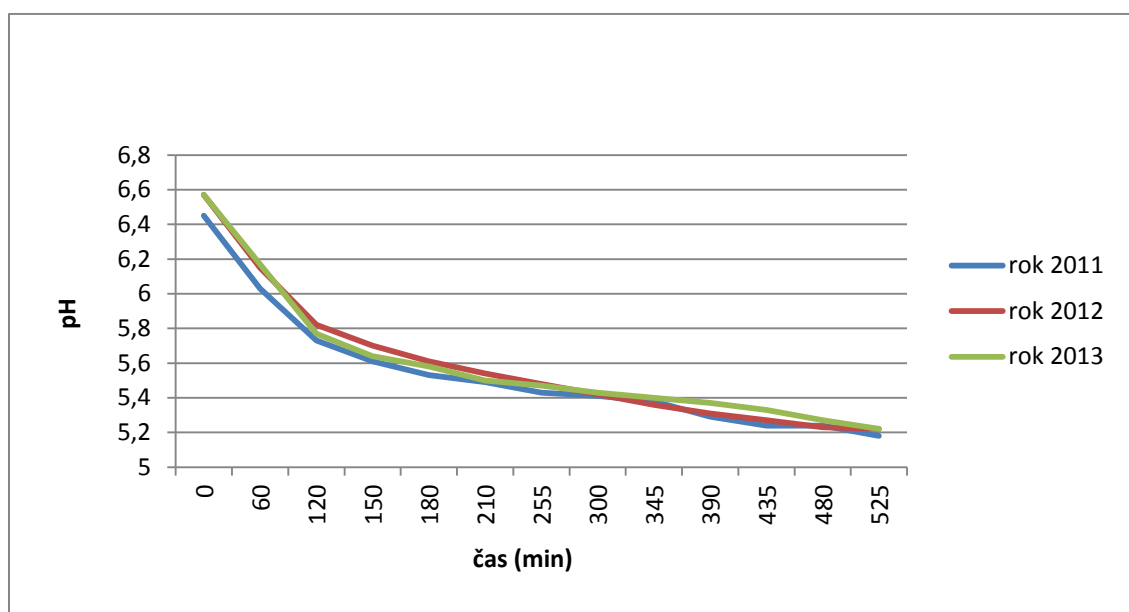
Vliv roku byl jedním z faktorů, který byl v této diplomové práci sledován. V tabulce č. 7 jsou uvedeny průměrné hodnoty aktivní kyselosti zjištěné po celou dobu lisování v průběhu tří let, a to jak 5 cm od kraje sýra (kraj), tak 25 cm od kraje sýra (střed). Průběh aktivní kyselosti je znázorněn rovněž na grafech č. 5 (kraj sýra) a č. 6 (střed sýra).

Vliv roku na pH byl potvrzen v průběhu prokysávání několikrát, což pravděpodobně bylo způsobeno v důsledku statisticky významných rozdílů mezi počátečními hodnotami pH. Pro kraj sýra to byly hodnoty pH 6,45 (2011), 6,57 (2012) a 6,60 (2013), pro pH měřenému ve středu sýra 6,45 (2011), resp. 6,57 (2012, 2013).

Tabulka č. 7: Dynamika prokysávání (aktivní kyselost, pH) v závislosti na roku

čas (min)	KRAJ				STŘED			
	2011 (n=19)	2012 (n=17)	2013 (n=12)	p	2011 (n=19)	2012 (n=17)	2013 (n=12)	p
0	6,45	6,57	6,60	0,0141	6,45	6,57	6,57	0,0300
60	6,07	6,18	6,21	0,0053	6,03	6,15	6,17	0,0030
120	5,79	5,86	5,82	0,0137	5,73	5,82	5,77	0,0020
150	5,67	5,75	5,70	0,0003	5,61	5,70	5,64	0,0015
180	5,58	5,65	5,60	0,0006	5,53	5,61	5,58	0,0001
210	5,56	5,59	5,56	0,1025	5,49	5,54	5,5	0,0341
255	5,49	5,55	5,53	0,0186	5,43	5,48	5,47	0,0059
300	5,49	5,47	5,48	0,6943	5,41	5,42	5,43	0,4861
345	5,48	5,48	5,44	0,0922	5,38	5,36	5,40	0,5333
390	5,53	5,43	5,43	0,9873	5,29	5,31	5,37	0,0187
435	5,37	5,39	5,36	0,6786	5,24	5,27	5,33	0,0070
480	5,35	5,35	5,34	0,9145	5,24	5,23	5,27	0,3982
525	5,30	5,29	5,31	0,8126	5,18	5,22	5,22	0,0055

Graf č. 5: Vývoj aktivní kyselosti ve sledovaných letech (kraj sýra)

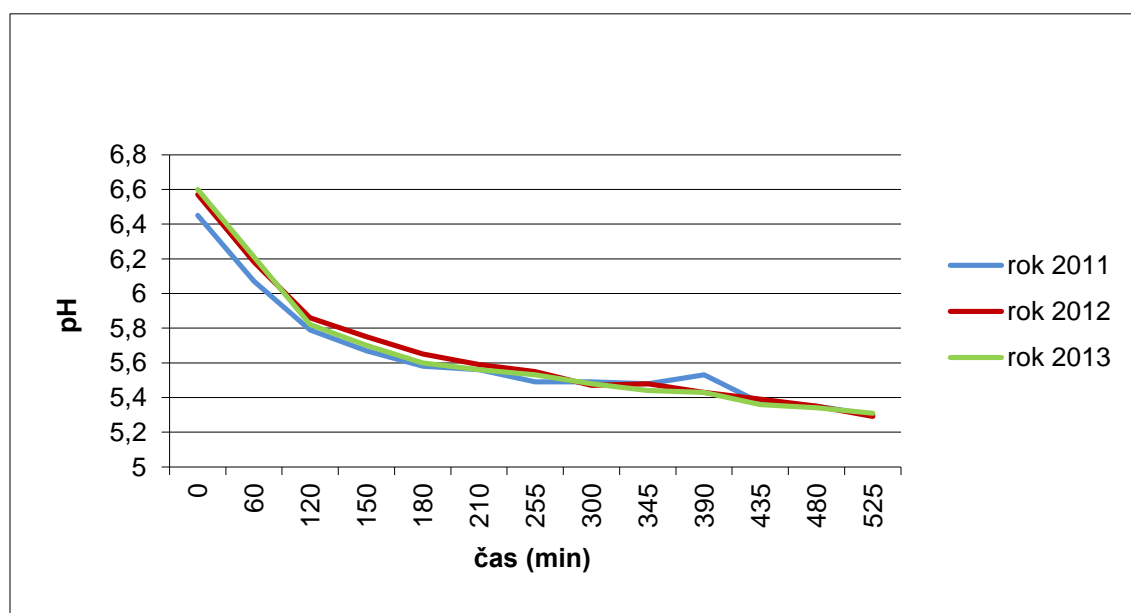


Naměřené hodnoty se v jednotlivých letech od sebe téměř neodlišovaly, od počátečních hodnot (0 min.) přesahujících pH 6,0 a s prudkým poklesem zejména první dvě až dvě a půl hodiny lisování (120, resp. 150 min.). Další pokles byl spíše mírný a konečné hodnoty pH (525 min.) dosahovaly optimálních hodnot, zcela ve shodě s literaturou (Forman, 1994; Pietro, 2000). V případě hodnot naměřených 5 cm od kraje to bylo pH 5,30 (rok 2011), 5,29 (rok 2012) a v roce 2013 pH 5,33 – graf č. 5.

Aktivní kyselost naměřená ve středu sýrů dosahuje nižších hodnot - v roce 2011 bylo naměřeno pH 5,18 a v roce 2012 a 2013 shodně pH 5,22 – graf č. 6.

Vzhledem k tomu, že požadované hodnoty pH (5,2 - 5,4) stanovené mlékárenským závodem byly ve všech letech splněny, zajistily možnost přesunu sýrů do solných lázní bez dalšího zdržení. Při solení dochází k difúzi soli do sýrů, ze sýrů uniká do lázně syrovátka obsahující kyselinu mléčnou, syrovátkové bílkoviny a soli. Koncentrace solné lázně je obvykle 16 - 23 % NaCl, doba solení u sýru ementálského typu je jeden den. Požadavkem je vhodný difusní spád, pH lázně musí odpovídat pH prokysaného sýru (pH 5,2). Teplota lázně musí také odpovídat typu sýra a stupni prokysání. U sýru ementálského typu je udržována teplota 12 - 14 °C. Solením při vyšších teplotách než odpovídá typu a prokysání sýru, vzrůstá obsah soli jen do určité hranice, povrch sýrů se uzavírá prstencem soli a uvnitř sýrů zůstává uzavřená syrovátka (Janštová, 2012).

Graf č. 6: Vývoj aktivní kyselosti ve sledovaných letech (střed sýra)



4.2.3 Změny aktivní kyselosti v závislosti na období výroby sýra

Dalším sledovaným faktorem byl vliv období na aktivní kyselost. Rozdíly v hodnotách pH mezi zimním a letním obdobím uvedené v tabulce č. 8 jsou statisticky nevýznamné. Období tedy nemělo vliv na průběh aktivní kyselosti v sýrech ementálského typu. Tato skutečnost je vcelku logická, neboť složení mléka, použité kultury i podmínky (teplota, vlhkost) v sýrárně musí být během celého roku udržovány na stejné standardní úrovni, jak uvádí rovněž Kadlec (2002).

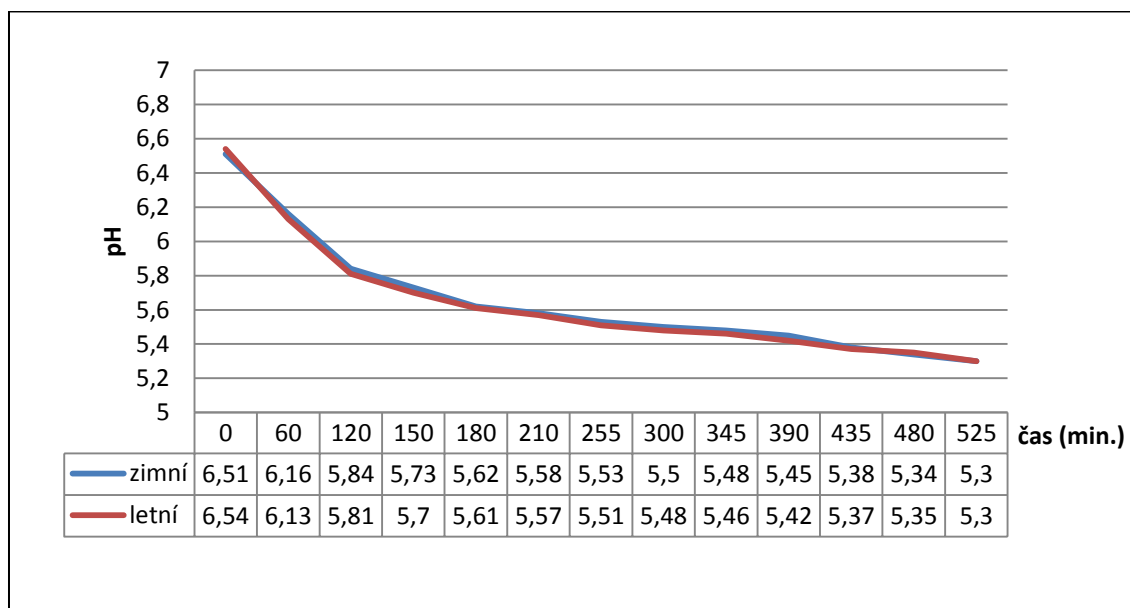
Průběh aktivní kyselosti v závislosti na ročním období je znázorněn v grafu č. 7 (kraj sýra) a č. 8 (střed sýra). Zde je dobře vidět totožný průběh pH bez ohledu na to, jaké je roční období. Tento fakt je ovlivněn opět standardizací mléka a případnou změnou technologie výroby. Bez ohledu na období musí mít sýr konstantní hodnoty. V létě bylo naměřené průměrné pH po vypuštění sýřeniny (0 min.) 6,54 a v zimě 6,51, ve 120. minutě v létě 5,81 a v zimě 5,84 a na konci lisování (525 min.) pH 5,3 v zimě i v létě. Po dvou hodinách lisování dochází ke zlomu prokysání také z důvodu odtoku většiny syrovátky ze sýřeniny a sýr poté pozvolna prokysává až do ukončení lisování (Janštová, 2012).

Tabulka č. 8: Dynamika prokysávání (aktivní kyselost, pH) v závislosti na období

čas (min)	KRAJ			STŘED		
	zimní (n =19)	letní (n =19)	p	zimní (n =19)	letní (n =19)	p
0	6,51	6,54	0,6435	6,50	6,52	0,5516
60	6,16	6,13	0,5672	6,10	6,1	0,8918
120	5,84	5,81	0,3144	5,81	5,76	0,0832
150	5,73	5,70	0,1816	5,66	5,63	0,2554
180	5,62	5,61	0,8244	5,59	5,56	0,1193
210	5,51	5,57	0,3572	5,51	5,50	0,7370
255	5,53	5,51	0,3205	5,47	5,44	0,0684
300	5,50	5,48	0,3691	5,42	5,41	0,4699
345	5,48	5,46	0,3213	5,32	5,37	0,3214
390	5,45	5,42	0,1594	5,33	5,3	0,2348
435	5,38	5,37	0,7453	5,28	5,26	0,4936
480	5,34	5,35	0,6415	5,25	5,23	0,2856
525	5,30	5,30	0,8201	5,25	5,23	0,1398

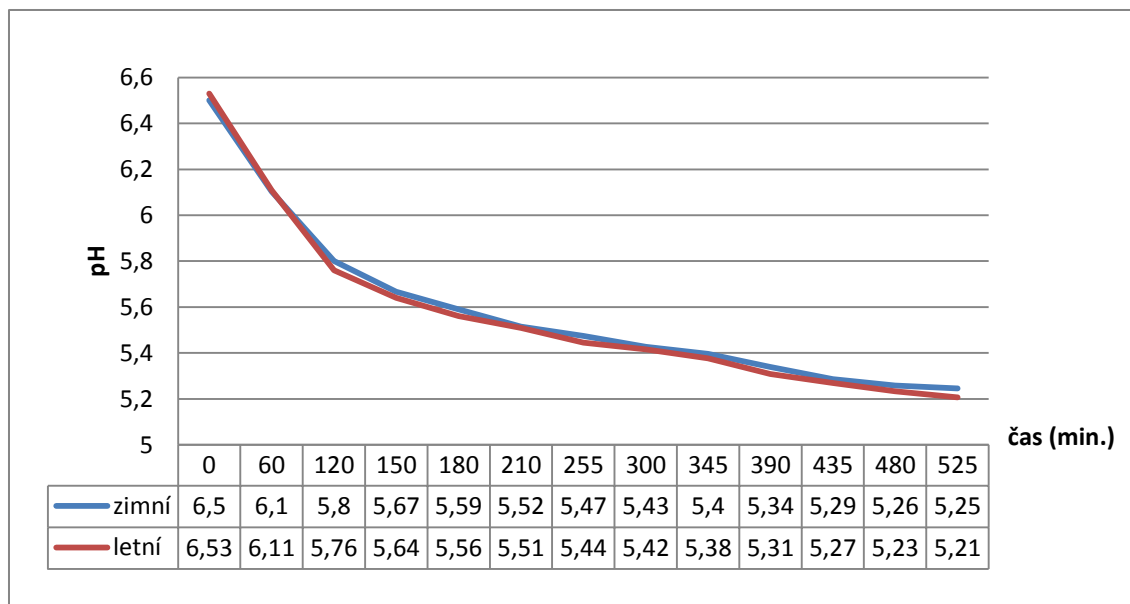
* zimní: listopad až duben; letní: květen až říjen

Graf č. 7: Vývoj aktivní kyselosti v závislosti na období (kraj sýra)



* zimní: listopad až duben; letní: květen až říjen

Graf č. 8: Vývoj aktivní kyselosti v závislosti na období (střed sýra)



* zimní: listopad až duben; letní: květen až říjen

V diplomové práci byl rovněž sledován vliv měsíce na prokysávání, statisticky významné rozdíly však s výjimkou měření na kraji (345 min., 390 min.) potvrzeny nebyly (tabulka č. 9). Pro dokreslení jsou průměrné hodnoty v jednotlivých měsících uvedeny v příloze této práce.

Tabulka č. 9: Dynamika prokysávání (aktivní kyselost, pH) v závislosti na měsíci

KRAJ	MĚSÍC										p
čas (min)	1	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
0	6,55	6,56	6,63	6,52	6,56	6,56	6,54	6,42	6,52	6,37	0,5682
60	6,18	6,16	6,12	6,05	6,14	6,27	6,12	6,00	6,15	6,18	0,1993
120	5,80	5,84	5,87	5,77	5,83	5,82	5,80	5,77	5,86	5,83	0,5855
150	5,77	5,73	5,68	5,69	5,71	5,68	5,73	5,64	5,70	5,74	0,7117
180	5,59	5,63	5,57	5,61	5,62	5,60	5,61	5,54	5,63	5,65	0,6317
210	5,53	5,57	5,58	5,55	5,59	5,55	5,60	5,52	5,56	5,62	0,4047
255	5,49	5,53	5,55	5,49	5,52	5,51	5,53	5,51	5,54	5,54	0,7061
300	5,41	5,48	5,49	5,46	5,44	5,46	5,53	5,47	5,52	5,54	0,1415
345	5,43	5,45	5,44	5,45	5,48	5,41	5,48	5,48	5,49	5,56	0,0001
390	5,34	5,40	5,46	5,40	5,43	5,40	5,45	5,36	5,46	5,55	0,0025
435	5,28	5,36	5,36	5,36	5,40	5,32	5,37	5,42	5,40	5,46	0,2155
480	5,28	5,36	5,36	5,36	5,40	5,32	5,37	5,42	5,40	5,46	0,2533
525	5,25	5,27	5,31	5,32	5,30	5,29	5,29	5,27	5,31	5,34	0,8804
STŘED											
čas (min)											
0	6,57	6,59	6,56	6,50	6,55	6,53	6,56	6,47	6,54	6,36	0,5790
60	6,17	6,14	6,04	6,03	6,09	6,26	6,10	6,00	6,12	6,10	0,0648
120	5,93	5,93	5,75	5,84	5,82	5,92	5,85	5,71	5,83	5,94	0,2397
150	5,74	5,67	5,61	5,61	5,67	5,63	5,67	5,56	5,65	5,68	0,3780
180	5,63	5,59	5,56	5,55	5,59	5,56	5,57	5,51	5,55	5,60	0,6875
210	5,53	5,55	5,47	5,50	5,52	5,50	5,54	5,50	5,51	5,52	0,7442
255	5,48	5,49	5,44	5,42	5,47	5,46	5,46	5,38	5,44	5,49	0,1659
300	5,35	5,42	5,44	5,40	5,42	5,44	5,43	5,41	5,42	5,45	0,3042
345	5,39	5,39	5,37	5,36	5,39	5,42	5,38	5,32	5,35	5,43	0,4577
390	5,25	5,30	5,41	5,30	5,32	5,35	5,34	5,23	5,27	5,35	0,2623
435	5,30	5,28	5,31	5,24	5,29	5,28	5,30	5,20	5,27	5,27	0,9311
480	5,21	5,24	5,25	5,22	5,23	5,25	5,27	5,19	5,23	5,30	0,7510
525	5,26	5,25	5,29	5,19	5,24	5,18	5,19	5,23	5,22	5,21	0,7322

5 ZÁVĚR

Přírodní sýry patří k celosvětově nejrozšířenějším mléčným výrobkům a zahrnují několik skupin lišících se zejména způsobem srážení mléka, podmínkami při zpracování sýřeniny a při zrání. Každá skupina přírodních sýrů má své charakteristické podmínky zrání, které se vzájemně odlišují použitou teplotou, relativní vlhkostí zracích prostor, obalem (pokud se aplikuje) apod.

Diplomová práce byla zaměřena na faktory ovlivňující zrání sýra, především první fázi. V literárním přehledu byl zpracován průběh zrání sýrů, což je komplexní souhrn změn způsobených syřidlovými enzymy a enzymatickou činností kultur, při kterých sýr získává typický vzhled, konzistenci, chuť, vůni a složení. Primárními reakcemi zodpovídajícími za texturální změny a vznik aromatických složek jsou glykolýza, proteolýza a lipolýza. Optimální průběh zrání, který je kromě dodržování přísných hygienických podmínek ovlivňován zejména teplotou a délkou zrání, podmiňuje vývoj aroma a konzistence charakteristické pro daný typ sýrů.

V experimentální části byly sledovány kyselostní křivky v závislosti na ročním období (zimní vs. letní), na jednotlivých letech (2011, 2012, 2013) a měsících (celkem bylo sledováno 10 měsíců). Hodnoty pH byly zjišťovány v průběhu lisování celkem 13 x (0 min. až 525 min.), vždy na kraji a ve středu vzorku sýra, neboť kyselostní křivky jsou důležitým ukazatelem prokysávání sýřeniny.

Mléko má v jednotlivých obdobích různé složení, což způsobuje mnoho faktorů, se kterými je nutné počítat již při výrobě. Změny v technologickém postupu výroby sýru jsou prováděny za účelem správného prokysávání sýřeniny a dosažení optimálních hodnot konečného produktu. Aby v průběhu celého roku sýry správně prokysávaly, jsou proto prováděny změny v technologickém postupu výroby. Hlavními změnami byly standardizace mléka, odtah syrovátky a přidavek prací vody. Tyto změny zajistily, že průběh prokysávání byl obdobný nejen v jednotlivých obdobích, ale i letech. Zatímco vliv roku na průběh prokysávání byl pravděpodobně v důsledku odlišných počátečních hodnot pH zjištěných zejména na kraji sýra (6,45; 6,57; 6,60) potvrzen, období ani měsíc průběh prokysávání neovlivnily. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny zejména v hodnotách kyselosti v závislosti na místě měření (kraj vs. střed), a to od 60. minuty lisování.

Správné prokysání sýru je důležitý faktor pro následné zrání, neboť podle kyselostní křivky můžeme do určité míry upravovat technologický postup. Z průměrných hodnot aktivní

kyselosti vyplývá, že na konci lisování (525 min.) měly sýry optimální pH (5,2 - 5,4), tedy 5,30 (kraj), resp. 5,22 (střed). Tyto hodnoty odpovídají nejen požadavkům mlékárenského závodu, ale odpovídají i údajům naší i zahraniční literatury daných pro tento typ tvrdých sýrů. Na druhé straně u všech 48 vzorků (výrob) bylo zjištěno, že zvýšené prokysávání (pod 5,2) bylo u 15 % (kraj), resp. 46 % vzorků (střed). Nedostatečné prokysávání (nad 5,4) bylo zjištěno v mnohem menší míře (4 %, resp. 2 %).

Závěrem je možno uvést, že výsledky udávají správný výběr technologického postupu i přidaných pomocných látek použitých na výrobu sýru ementálského typu.

6 SEZNAM LITERATURY

1. Ardo Y., Polychroniadou A. (1999): *Laboratory manual for chemical anylysis of cheese*, Laboratory of Food Chemistry and Biochemistry, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki, GR-54006 Thessaloniki, Luxenburg, s. 25
2. Bergamini C. V., Hynes. E. R., Zalazar C. A. (2006): Influence of probiotic bacteria on the proteolysis profile of a semi-hard cheese, *International Dairy Journal*, 16, s.856-866
3. Butler N. C. (2008): Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese, *International Journal Of Food Science and Technology*, 35, s. 207-214
4. Buňka F. (2007): *Technologie výroby potravin živočišného původu II*, Brno, s. 73
5. Bylund G. (1995): Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Major Cheese Groups, *International Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems, Sweden, s. 287-329
6. Callec Ch., (2002): *Encyklopedie sýrů*, Praha, Z nizozemského originálu Geïllustreerde Kaasencyclopedie přeložila PhDr. Petra Martínková, s. 256
7. Crabbe M.J.C. (1993): *General and molecular aspects of rennets in cheese*, Chemistry, Physics and Mikrobiology 3th ed, P. F. Fox. Elsevier Applied Science, London, s. 19-46
8. Crow V.L., Martley F.G., Delacroix A. (1988): *International Dairy Journal And Technology*, 23, New Zeeland, s. 85
9. ČMSCH (2012): Českomoravská společnost chovatelů. Přehledy výsledků jakosti nakupovaného mléka na rok 2012. (online). Dostupné na: <http://www.cmsch.cz/store/prehledy-jakosti-nakupovaneho-mleka-2012.pdf>
10. Cvak Z., Peterková L., Černá E. (1992): Chemické a fyzikálně-chemické metody v kontrole jakosti mléka a mlékárenských výrobků, VÚPP Středisko potravinářských informací, Praha
11. Černý V., Dráb V., Bohmová J. (1997): *Faktory působící na výrobu a výslednou jakost dohřívaných sýrů*, Sýry 1997, Sborník přednášek, Kroměříž, s. 178
12. Daamen K. (2000): *Ošetření a ochrana povrchů sýrů nátěry*, DSM Gist-brocades, Holansko, Sýr fórum 2000, Sborník přednášek odborné konference, Kroměříž, str. 160
13. Fenelon M. A., OrConnor P., Guinee T. P., (2000): The effect of Lit content on the microbiology and proteolysis cheddar cheese during ripening, *Journal of Dairy Science*, 83, s. 2173-2183

14. Fuquay J.W., Fox, P. F., McSweeney P. L. H. (2010): *Encyclopedia of Dairy Science*, 2nd Ed. Academic Press Title: 2010, vol. 4, s. 281-293
15. Fox P. F., McSweeney P. L. H., Wallace J. (1997): *Biochemistry of cheese ripening in cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, vol. 1, London, s. 389-438
16. Fox P. F., Stepaniak L. (1993): Enzymes in cheese technology, *Int. Dairy Journal*, vol. 3, s. 509-530
17. Fox P.F., McSweeney P.L.H. (1998): *Dairy chemistry and biochemistry*, 1sted., Blackie A&P, s. 463
18. Fox P.F. (2003): *Exogenous Enzymes in Dairy Technology*, V knize: Handbook of Food Enzymology
19. Folkertsma (1996): *Cheese chemistry physics and mikrobiology*, 3. vyd., Amsterdam: Elsevier, s. 617
20. Forman L. (1994): *Mlékárenská technologie II*, VŠCHT Praha, s. 217
21. Gajdůšek S. (2000): *Mlékařství II.*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 135
22. Hanuš O., Vyletělová M., Vorlíček Z., Sojková K., Kopecký J., Nejeschlebová L. (2007): *Postup a výsledky hygienické kvality mléka krav a malých přežvýkavců*, Výzkumný ústav pro chov skotu, Rapotín, Výzkumný ústav píceinářský, Troubsko, (Projektová podpora: INGO, LA 331 a NAZV, 1G58063 a aktivity NRL-SM Rapotín.)
23. Hansen A.S., Josephsen J. (2003): NIZO *Food Research*, Ede, kap.5, s. 89 - 111, The Netherlands
24. Hušek J., Březina P., Valášek P. (2006): *Technologie výroby potravin živočišného původu*, bakalářský směr 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně Academia Centrum, s. 4 - 46
25. Havlová J., Jičínská E., Hrabová H. (1993): *Mikrobiologické metody v kontrole jakosti mléka a mlékárenských výrobků*, Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, s. 187 - 193
26. Hansen O. (1996): *Microbiological quality of Port Salut Argentino cheese stored at two temperature treatments*, LWT - Food Science and Technology, 37, s. 739 - 748
27. Janštová B. (2013): *Farmářská výroba sýra a kysaných mléčných výrobků X.*, Brno, s. 82
28. Janštová B., Vorlová L., Navrátilová P., králová M., Necedová, Mařicová E. (2012): *Technologie mléka a mléčných výrobků*, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Ústav hygieny a technologie mléka, Brno, s. 139

29. Johnston K. A. (2002): *Principal Research Technologist*, Fonterra Research Centre, Palmerston, North New Zealand
30. Kadlec P. a kol. (2002): *Technologie potravin II.*, 1. vyd. Praha: VŠCHT, s. 236
31. Kadlec I. (2003): *Jakost mléka, vazby a příčinná souvislost mezi výsledky jednotlivých ukazatelů jakosti a jejich vliv na mlékárenskou výrobu*, Praha: Mlékařské listy, s. 16 - 20
32. Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M., a kol. (2009): *Technologie potravin*, VŠCHT Praha, s. 536
33. Kontová M., Greifová M., Hudáček J., Drončovský M. (2006): *Vplyv doplnkových kultúr Lactobacilov na dynamiku prekysávania a zrenia polotvrdých syrov*, Mléko a sýry, VŠCHT Praha, s. 195
34. Kontová M., Drovčovský M., Slottová A., Greiferová M., Greif G., Kološta M., Tomáška M. (2010): *Aktivita Lactobacillus rhamnosus študovaná v modelových polotvrdých syroch*, Mléko a sýry, Praha, s. 291
35. Kněz V. (1976): *Výroba sýrů*, Praha, signatura, 123075a, s. 282
36. Kousta M., Matarages M., Skandamis P., Drosinos E.H. (2010): *Prevalence and sources of cheese contamination with pathogenes at farm and processing leveles*, Food Control, 21, s. 805-815
37. Kozelková M., Jůzl M., Bubeníčková A., Šustová K. (2012): *Hodnocení syřidel pomocí vybraných fyzikálních metod*, Mendlova univerzita v Brně, Ústav technologie, VŠCHT Praha, Sborník přednášek Mléko a sýry, s. 242
38. Law B. A., Tamime A. (2010): *Technology of Cheesemakin*, 2nd ed., Blackwell Publishing Ltd: United Kingdom, s. 512, IDF 157: Milk - Determination of total milk-clotting activity of bovine rennets
39. Law B.A. (2001): *Cheddar cheese production, in, Mechanisation and Automation in Dairy Technology*, Tamime, A.Y. and Law, B.A., eds, Sheffield Academic Press, Sheffield, s. 204-224.)
40. Legerova V., Kouřimská L. (2007): *Vliv genetických variant kaseinu na výtěžnost při výrobě sýrů*, Mléko a sýry 2007, Praha, s. 268
41. Malěř J., Šabatka J., Parsch E. (1994): *Zpracování olejnatých semen a mléka*, Praha, s.38
42. McSweeney P. L. H. (2004): *Biochemistry of cheese ripening*, *International Journal of Dairy Technology*, 57, s. 127-144

43. McSweeney P. L. H., Sousa M. J. (2000): Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening: A review, *Lait*, 80, s. 293-324
44. Moschopoulou E. (2011): *Characteristics of rennet and other enzymes from small ruminants used in cheeseproduction*, Small Ruminant Research, vol. 101, no. 1, s. 188-195
45. Navrátilová P., Králová M., Janštová B., Přidalová H., Cupáková Š., Vorlová L. (2012): *Hygiena produkce mléka*, Brno, s.124
46. Němcová L., Štětina J., Čurda L. (2001): VŠCHT Praha, *Mléko a sýry*, s. 158
47. Prieto B., Urdiales R., Franco I., Fresno J.M., Carballo J. (2000): *Food Chemistry*, s. 227-233
48. Patrick F., Fox, Paul L. H., McSweeney, Timothy M., Cogan, Timothy P., Guinee L., (2004): *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects*, s. 640
49. Plocková M., Březina P. (1988): *Technologie mléčných výrobků*, VŠCHT Praha v Čs. redakci VN MON, s. 228
50. Pijanowski E. (1977): *Základy chemie a technologie mliearstva II.*, Bratislava, s.632
51. Pointurier O., Law B.A.(2001): Effect of temperature on evolution of free amino acid and biogenic amine contents during storage of Azeitão cheese, *Food Chemistry*, s. 287 - 291
52. Patrick H., Law B.A. (2004): *Soft fresh cheese and soft ripened cheese*, in, *Mechanisation and Automation in Dairy Technology*, Tamime, A.Y. and Law, B.A., eds, Sheffield Academic Press, Sheffield, s. 250-265
53. Samková a kol. (2012): *Mléko - produkce a kvalita*, České Budějovice JCU, s. 240
54. Samková E. (2010): *Farmářská výroba sýrů a kysaných výrobků*, Sborník referátů ze semináře s mezinárodní účastí, Brno, s. 136-143
55. Scott H. (2003): *Dairy processing: improving quality*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, s. 546
56. Smit G., Smit B. A., Engels W. J. M. (2004): Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products, *FEMS Microbiology Reviews*, 29, s. 591-610
57. Smit G. (2006): *Dairy processing: improving quality*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, s. 546
58. Smit G., Wouters J.T.M., Meijer W.C. (2006): *Quality and flavor of fermented products*, V knize *Handbook of food and beverage fermentation technology* (Hui Y.H., Meunier-Goddik L.,)

59. Sorayya A., Normand R., Byong L. (2006): Biotechnological methods to accelerate Cheddar cheese ripening, *Critical Reviews in Biotechnology*, s.121-143
60. Štípková J. (1990): *Problematika výroby a jakosti tvrdých sýrů*, MP PVTOS Praha, s. 453, Sýrařské dny, Sborník přednášek
61. Štětina J., Čurda L. (2010): Výsledky přehlídek a sborník přednášek konference, *Mléko a sýry*, Celostátní přehlídky sýrů, VŠCHT Praha, s. 235 - 237
62. Šustová K. (2008): Ústav technologie potravin, MZLU v Brno, *Výroba, kvalita a sortiment sýrů*, s. 124.
63. Šustová K., Sýrora V. (2013): *Mlékárenská technologie*, Brno, s. 156 - 223
64. Wallace J.M., Fox P.F. (1998): Rapid spectrophotometric and fluorimetric methods for monitoring nitrogenous (proteinaceous) compounds in cheese and cheese fractions: a review, *Food Chemistry*, 62, s. 224
65. Wong N. P. , Jenness R., Keeney M., Marth E. H. (1999): *Fundamentals of dairy chemistry*, 3th ed, Springer-Verlag, New York, LLC, s. 796
66. ZIMÁK E. (1988): *Technologie pro 4.ročník*, SPŠ studijního programu zpracování mléka, Praha, s. 77 - 78

Internetové zdroje:

1. (http://utb.cepac.cz/Screens/ContentProvider.aspx/_XN58PfnmmUhGWHSU_TRgcIKsS5Sq285BVJXOV6Bg1/M0029_mlekarenska_technologie%5Cdistancni_text_II%5CM0029_mlekarenska_technologie_distancni_text_II.pdf.)
2. http://www.madeta.cz/assets/files/Skola_syru/3.rozdeleni_syru.pdf
3. Mlékárenská technologie II [online]. [cit:2011-02-25]. Dostupný z WWW: http://utb.cepac.cz/Screens/ContentProvider.aspx/_XN58PfnmmUhGWHSU_TRgcIKsS5Sq285BVJXOV6Bg1/M0029_mlekarenska_technologie%5Cdistancni_text_II%5CM0029_mlekarenska_technologie_distancni_text_II.pdf.
4. Ryšánek D.: Somatické buňky v mléce [online]. 2007 [cit. 2009-11-10]. Dostupné na [www:http://www.vri.cz/userfiles/image/pracovnici/Rysanek/kapit_predn/Somaticke_bunky_v_mlece.pdf](http://www.vri.cz/userfiles/image/pracovnici/Rysanek/kapit_predn/Somaticke_bunky_v_mlece.pdf)

5. Jaros D., Ginzinger W., Tschager E., Mayer H.K., Rohm H., (1997): Effects of water addition on composition and fracture properties of Emmental cheese, http://lait.dairy-journal.org/articles/lait/abs/1997/04/lait_77_1997_4_33/lait_77_1997_4_33.html

Legislativa:

1. ČSN 57 0536 (1999): Stanovení složení mléka infračerveným absorpčním analyzátozem, ČNI, Praha
2. ČSN 57 0107 (1965): Metody zkoušení sýrů, tvarohů, krémů a pomazánek, Praha
3. VYHLÁŠKA č. 77, Ministerstva zemědělství ze dne 6. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, [www.cognita.cz/haccp/.../Vyhlaska%20Sb%2077_2003%20\(2008\)](http://www.cognita.cz/haccp/.../Vyhlaska%20Sb%2077_2003%20(2008))
4. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin, dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/lexuriserv/lexuriserv.do?uri=dd:13:34:32004r0852:cs:pdf>