# Možnosti akcelerace zrání sýrů

Veronika Přepechalová

Bakalářská práce
2018

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení: | **Veronika Přepechalová** |
| Osobní číslo: | **T15567** |
| Studijní program: | **B2901 Chemie a technologie potravin** |
| Studijní obor: | **Chemie a technologie potravin** |
| Forma studia: | **prezenční** |
| Téma práce: | **Možnosti akcelerace zrání sýrů** |

Zásady pro vypracování:

**I. Teoretická část**

1. **Charakterizujte přírodní sýry a popište obecný postup výroby polotvrdých a tvrdých sýrů.**
2. **Popište fáze zrání sýrů a jejich význam na vlastnosti finálního produktu.**
3. **Popište vady sýrů.**
4. **Charakterizujte možnosti akcelerace zrání sýrů. Specifikujte podmínky jejich použití.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**[1] FOX, P. F. Cheese: chemistry, physics, and microbiology. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. ISBN 0122636538.**
**[2] LAW, Barry A a A TAMIME. Technology of cheesemaking. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010, xxv, 482 p. ISBN 9781405182980.**
**[3] MOHAMMADI, Reza, Maryam MAHMOUDZADE, Mohsen ATEFI, Kianoush KHOSRAVI-DARANI a M R MOZAFARI. Applications of nanoliposomes in cheese technology. International Journal of Dairy Technology. 2015, 68(1), 11-23**
**[4] MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Yamile, Carlos ACOSTA-MU?IZ, Guadalupe I. OLIVAS, José GUERRERO-BELTRÁN, Dolores RODRIGO-ALIAGA a David R. SEPÚLVEDA. High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2012, 11(4), 399-416**
**[5] GARBOWSKA, Monika, Antoni PLUTA a Anna BERTHOLD-PLUTA. Changes during ripening of reduced-fat Dutch-type cheeses produced with low temperature and long time (LTLT) heat-treated adjunct starter culture. LWT - Food Science and Technology. 2016, 69, 287-294**
**[6] CERUTI, Roberto J, Susana E ZORRILLA, Nora G SABBAG, Silvia C COSTA a Guillermo A SIHUFE. Effect of increased initial ripening temperature on the sensory characteristics of Reggianito cheese. International Journal of Dairy Technology. 2014, 67(4), 539-546**

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018

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

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická
L.S.

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

Příjmení a jméno: Přepechalová Veronika Obor: CHTP

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 15. 4. 2018 Přepechalová Veronika

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá akcelerací zrání sýrů, konkrétně sýrů přírodních polotvrdých a tvrdých s dohřívanou sýřeninou. Akcelerace je proces, jež je stále ve vývoji a jeho použití by mohlo vést ke snížení ekonomických nákladů díky urychlení doby zrání s následným rychlejším uvedením sýrů na trh. Mezi v současnosti využívané metody akcelerace procesů zrání, patří použití zvýšené teploty, vysokého tlaku, volba vhodné skladby (doplňkových nebo atenuovaných) kultur, enkapsulace (obalení) enzymů.

V práci jsou též uvedeny základní informace o technologií výroby přírodních sýrů a procesech během jejich zrání z pohledu biochemického i mikrobiologického, kde velkou roli hraje metabolismus zbytkové laktózy, proteolýza, lipolýza, metabolismus mastných kyselin a aminokyselin.



Klíčová slova: akcelerace zrání sýrů, zrací procesy

## ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the acceleration of cheese ripening of semi hard cheeses and hard cheeses. Acceleration is process, which could be very useful for better economic production consequently by the deduction of costs of the period of cheese ripening. Due to process is also faster possibility to implement this type of cheeses to the site of global market. In nowadays, the main using accelerated method are: elevated temperature, high pressure treatment, adjunct or attenuated culture, encapsulation of enzymes.

In the thesis there is also information about technology of making of nature cheeses including the main part of the biochemical and microbiological ripening process (metabolism of residual lactose, proteolysis, lipolysis and metabolism of fatty acid and amino acid).



Keywords: acceleration of cheese ripening, processes of ripening

Tímto bych chtěla poděkovat paní doc. Ing. Vendule Pachlové, Ph.D. za konzultace, odborné připomínky, rady a poskytnutí materiálů při vypracování bakalářské práce.

Také bych ráda poděkovala mojí rodině za dostatečnou podporu a trpělivost, kterou mi během studia neustále poskytovala.

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

# OBSAH

**ÚVOD** ..... **10**
**1 PŘÍRODNÍ SÝRY** ..... **11**
1.1 PŘEHLED ROZDĚLENÍ SÝRŮ ..... 11
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY POLOTVRDÝCH A TVRDÝCH SÝRŮ ..... 15
1.2.1 Výběr a úprava mléka ..... 17
1.2.2 Sýření mléka a zpracování sýřeniny ..... 20
1.2.3 Formování a lisování sýrového zrna ..... 21
1.2.4 Solení sýrů ..... 21
**2 ZRÁNÍ SÝRŮ** ..... **22**
2.1 METABOLIZMUS ZBYTKOVÉ LAKTÓZY MLÉČNANU A CITRONANU ..... 23
2.2 PROTEOLÝZA A REAKCE VOLNÝCH AMINOKYSELIN ..... 24
2.3 LIPOLÝZA A METABOLIZMUS MASTNÝCH KYSELINY ..... 27
2.4 ZRACÍ SKLEPY ..... 28
**3 VADY SÝRŮ** ..... **30**
**4 AKCELERACE ZRÁNÍ SÝRŮ** ..... **32**
4.1 TEPLOTA ..... 35
4.2 TLAK ..... 37
4.3 VYUŽITÍ RŮZNÝCH KULTUR ..... 39
4.4 VYUŽITÍ NANOLIPOZOMŮ ..... 41
**ZÁVĚR** ..... **45**
**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY** ..... **46**
**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK** ..... **53**
**SEZNAM OBRÁZKŮ** ..... **54**
**SEZNAM TABULEK** ..... **55**
**SEZNAM PŘÍLOH** ..... **56**

# ÚVOD

Z hlediska svého složení, kde značně dominuje obsah bílkovin, vitaminů (A, $B_3$, $B_{12}$, D a E) či určité množství minerálních látek (vápník, fosfor a hořčík), jsou sýry neodmyslitelnou součástí lidské výživy. Jsou vyhledávány taktéž pro svoji specifikou chuť, vůni a spektrum použití. Důraz na jejich konzumaci je proto kladen nejen z pohledu gastronomického, ale i výživově-nutričního aspektu. Prospěšnost konzumace sýrů na lidské zdraví se samozřejmě odvíjí i z hlediska použitého mléka, kdy každý druh obsahuje jiné zastoupení makro či mikro nutrientů. S rostoucí technologií a vývojem společnosti, se neustále zvyšují požadavky spotřebitelů, a to nejen na sýry o vysoké kvalitě, ale též se snaží apelovat na netradiční a zajímavé výrobky (Bezpečnosti potravin A-Z. 2017a; O´Brien a kol., 2004a).

Akcelerace zrání tvrdých sýrů je proces, který se snaží urychlit zejména biochemické procesy nezbytné pro dosažení produktu požadovaných vlastností. Důvodem, proč využívat akceleraci při výrobě sýrů, je docílit nižších nákladů na výrobu, neboť doba, během které sýry získávají požadované vlastnosti, se může v závislosti na typu sýra pohybovat od týdnů až po mnoho měsíců. Metod k dosažení tohoto cíle je několik jako např. využití vhodného tlaku, teploty, mikrobiálních enzymů apod., přičemž každá z nich s sebou nese pozitiva i negativa. Není zatím tedy přesně určeno, jaký způsob by byl pro urychlení zrací doby zcela nejvhodnější.

Cílem práce je uvést informace nejen o akceleraci zrání tvrdých sýrů, kterým se práce výhradně zabývá, ale také podotknout informace o přírodních sýrech a jejich rozdělení, průběhu zrání včetně probíhajících procesů, které během této fáze v sýrech nastávají. V práci je též uveden technologický postup výroby tvrdých a polotvrdých sýrů, který je rovněž důležitý pro zajištění výroby produktů vysoké kvality.

# 1 PŘÍRODNÍ SÝRY

Definice sýrů vychází přímo z vyhlášky č. 397/2016 O požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, stanovenou Ministerstvem zemědělství České republiky. Sýry jsou definovány jako mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka, pomocí syřidel nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením syrovátky a následným prokysáním nebo zráním (Česko, 397/2016):

## 1.1 Přehled rozdělení sýrů

Sýry se mohou dělit dle několika aspektů, přičemž jednotlivé rozdělení na druhy a následné zařazení do příslušných skupin a podskupin, které je přímo stanoveno výše uvedenou vyhláškou, je uvedené v Tabulce č. 1:

Tab. č. 1: Rozdělení přírodních sýrů (upraveno dle Česko, 2016).

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sýr | přírodní | čerstvý | nezrající |
| | | | termizovaný |
| | | zrající | na povrchu |
| | | | s mazem na povrchu |
| | | | v celé hmotě |
| | | z toho plísňový sýr | uvnitř hmoty |
| | | | s plísní na povrchu |
| | | | dvouplnísňový |

Detailnější rozčlenění může pak být dle následujících faktorů:

- dle druhu použitého mléka (např. kravské, kozí, ovčí, buvolí),
- dle použité suroviny (např. přírodní, tavené, syrovátkové),
- dle konzistence založené na obsahu vody v tukuprosté hmotě v %:
  - extra tvrdé (nejvíce 47,0 %),
  - tvrdé (47,0 – 54,9 %),
  - polotvrdé, (55,0 – 61,9 %),
  - poloměkké (62,0 – 68 %),
  - měkké (více než 68,0 %),
- dle srážení mléka (sýry sladké a kyselé nebo se smíšeným srážení mléka),

- dle technologického principu výroby (Kadlec a kol., 2002 (I.), str. 34; Česko, 397/2016).

Samotná výroba sýrů si datuje bohatou a zajímavou historii, přičemž jejich produkce se neustále rozšiřuje, modernizuje, a tak se na trh dostává čím dál tím větší sortiment výrobků. Vůbec první zmínky o výrobě sýrů sahají až do doby 4 000 let před naším letopočtem. Podle známé legendy, kočovníci plnili mléko do kožených vaků zvířat (převážně koz a ovcí) a díky dlouhým poutím, na které se vydávali, se pomocí kombinace syřidla uvolněného z bachoru zvířete a přítomnosti slunečního záření, vytvořila jakási hustá hmota, která později převzala pojmenování sýr (International Dairy Food Association, 2017). Během řady let, se ale jednotlivé procesy výroby značně změnily a celá technologie nabyla světového rozměru. Do 19. století však byly sýry produkovány převážně jako lokální farmářský produkt a vlivem kolonizace pak byly rozšířeny do celého světa (CheeseScience, 2017). Drobnou evolucí si prošlo i využití syřidel či jiných syřidlových preparátů, které jsou nezbytnou součástí pro zdárný průběh výroby sýrů. Většina producentů se však řídí tradičními procesy výroby.

V současné době se z celkové produkce mléka spotřebuje pro výrobu sýrů, více jak jedna třetina jeho množství. Jako dominantní výrobce sýrů, se vyznačují Spojené státy americké, ale nesmí být opomenuto ani Švýcarsko, Německo nebo Rakousko, které svou produkcí dominují v celé Evropě. V Česku nebo na Slovensku, se též jednotliví výrobci mohou pyšnit nepřeberným množstvím kvalitních sýrů (International Dairy Food Association, 2017).

Jako prvotní produkt, který už pak nepodstupuje významné změny v průběhu skladování, nese označení čerstvé sýry, které jsou řazené i do podskupiny měkkých sýrů. Dle platné vyhlášky, jsou čerstvé sýry definovány jako ty, které nejsou podrobeny zracím procesům, přičemž se sem řadí i sýry termizované, jejichž doba trvanlivosti byla prodloužena pomocí termizace (metoda tepelného ošetření, která probíhá kolem 80 °C). Měkké sýry se od těch ostatních liší svoji strukturou, konzistencí i chutí. Chuť je v tomto případě (oproti polotvrdým a tvrdým) méně výrazná. Celkově jsou měkké sýry snadněji stravitelné a obsahují vyšší podíl vápníku. Mezi zástupce čerstvých sýrů patří např. Imperial (od společnosti Madeta), Olivier (společnost Kapucin) a další. V řadě termizovaných sýrů dominují známé druhy jako např. Lučina, Žervé, Almette, Jaroměřický Fénix a další. Řadí se sem však také tvaroh, Riccota, Mascarpone nebo Cottage, přičemž Riccota se vyznačuje tím, že jde o syrovátkový výrobek, tedy sýr, který byl získán vysrážením syrovátky a následně upraven technologickými procesy jako u běžných sýrů. Do měkkých sýrů lze zařadit i Mozzarellu, jejichž tech-

nologie spočívá v procesu paření (při probíhající teplotě 70 – 85 °C), proto se přímo nezařazuje mezi přírodní měkké sýry, ale v pravém slova smyslu mezi skupinu pařených sýrů. (Kadlec a kol., 2002 (I.), str. 42-47; Lactoscollection, 2017; Italat, 2017).

Kromě kravského mléka, lze na trhu najít i sýry vyrobené z mléka kozího, ovčího popř. buvolího, jejichž chuť a aroma jsou značně odlišné a rozhodující kritérium je i cena, která je podstatně vyšší než klasické kravské sýry. Vyšší cena se odráží z hlediska výrobních nákladů, neboť produkce vychází převážně z malovýrobních producentů, které se na tuto oblast zaměřují. Konečných spotřebitelů, kteří tuto skupinu vyhledávají, je menšinové množství než konzumentů sýrů pocházejících z kravského mléka. Mezi typické zástupce patří President la Brique, Brynza aj.

Mezi neochucenými variantami se smetanově mléčnou chutí, lze najít i řadu sýrů, které se vyrábějí s přidanými surovinami, jako jsou bylinky, ovoce nebo zelenina. Nachází se zde ale také řada velmi zvláštních ochucujících a pro sýr pak vzhledově zajímavých složek. Mezi tyto netypické sýry patří například ty, které byly vyrobeny za přídavku alkoholu, jenž jim dodává výraznější chuť a aroma. Mezi takové zástupce patří převážně sýry pocházející z Anglie (Cahill's Irish Porter Cheddar, Sage cheese aj.), pro které je pak typická tzv. „mramorová struktura" (Culturecheesemag, 2017).

Sýry je nutné skladovat při vhodné teplotě a vhodné vlhkosti vzduchu, aby se zamezilo nežádoucí tvorbě plísní, kvasným procesům a absorpci různých cizích pachů (Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2017) Skladovací teplota se v rámci distribuční sítě, pohybuje v rozmezí +2 až +8 °C. Po rozbalení je však nutno tyto sýry zpravidla spotřebovat do 3 – 4 dnů (v případě měkkých sýrů), u tvrdých sýrů je trvanlivost podstatně delší v závislosti na vyšším podílu sušiny a tím nižší náchylnosti ke kažení (Bezpečnost potravin A-Z, 2017b; Dairy goodness, 2017a). V případě pařených sýrů, se trvanlivost sýrů zvyšuje procesem paření, který probíhá v rozmezích 75 – 80 °C.

Další početnou skupinou jsou měkké sýry zrající pod mazem, kam se řádí např. Romadur, Romadůžek, Pivní sýr, francouzské sýry typu Livarot, Le laguiole a mnohé jiné Sýry se po uplynutí příslušné doby zrání, která činí kolem 14 dní, vyznačují pronikavým aroma a sýrově ostřejší chutí. Chuť je taktéž dominantní ve své slanosti, neboť sůl může být při výrobě přidávána přímo do zrna, a tak dochází během zrání k rovnoměrnému prosolení celé hmoty sýra. Charakteristická je pro tyto sýry i kůrka, která je mírně pevná a mívá většinou lehce

béžovou až naoranžovělou barvu vlivem použitých kultur, kde se používají mazové *(Brevibacterium linens, Brevibacterium brevis)* a kvasinkové (*Candida mycoderma, Candida valida*) kultury (Kadlec a kol., 2000 (I.), str. 16-21; Kadlec a kol., 2002 (II.) str. 45-52). Během zrání se touto mazovou kulturou sýry potírají nebo stříkají (tzv. pulverizace – suspenze mazové kultury), přičemž se pak na povrchu vytvoří specifický matný povlak. Samotné zrání probíhá při teplotě 6 – 14 °C při vysoké relativní vlhkosti činící až 95 % po dobu 10 - 14 dnů. Kromě mezofilních kultur se k výrobě další skupiny plísňových sýrů nejčastěji využívají kultury rodu *Penicillium camemberti* (sýry s plísní na povrchu) nebo *Penicillium roqueforti* (sýry s plísní uvnitř). Nejrozšířenějšími, mezi konzumenty, jsou typy Camembert, Hermelín nebo Sedlčanský. Kromě přirozené smetanové chuti, se dnes v tržní síti objevují i s řadou příchutí jako je např. chilli, zelený pepř, ořechy apod. Pro skupinu s plísní uvnitř, je typická tvorba modrozelených ploch ve hmotě sýra. Zrání probíhá při relativní vlhkosti vzduchu 95 – 98 % a teplotě 8 – 12 °C. Pomocí vpichů je usnadněn přístup vzduchu k plísni ve hmotě sýra, aby bylo docíleno požadovaných „plísňových trhlin“. Během procesu se sýry také několikrát obracejí, aby bylo docíleno rovnoměrného „plísňového prozrání“. Mezi známé zástupce patří např. Niva, Roquefort, Modřenín, Gorgonzola, Cambozola, Bleu de Gex další. Výjimkou nejsou ani tzv. dvouplísňové sýry (Vltavín, Bleu de Bresse), které obsahují plíseň jak na povrchu, tak i uvnitř hmoty. Zvláštní skupinu zaujímají i sýry označování jako kamadet čili „hybridi“, což jsou sýry camembertského typu, ale zrající v chladu při stejných podmínkách jako např. Zlato, Maršovský sýr, Bel Paese (Kadlec a kol., 2002 (I.), str. 42-47, str. 51-59; Kadlec a kol. 2002 (II.), str. 74-79, Rotronic, 2014)

Zajímavými představiteli zrajících sýrů, jsou sýry zrající v solném nálevu. Mezi takovéto představitele patří např. sýr typu Balkán s obsahem tuku v rozmezí 40 – 45 %. Zrání probíhá v solném nálevu o koncentraci soli přibližně 18 – 20 %. Obdobným typem je Feta, která se vyrábí jak z kravského, tak i z ovčího mléka. Vyznačuje se pronikavějším aroma a mírně štiplavou chutí.

Dalšími zastupiteli jsou polotvrdé a extra tvrdé sýry, jejichž produkce je (co se do použitých výrobních metod) značně rozsáhlá a zaujímá nepřeberné množství jednotlivých druhů. Tato skupina sýrů se vyznačuje výraznějším aroma a velmi širokým rozsahem použití. Právě pro svoji neodmyslitelnou chuť a vůni mají široké využití v gastronomii. Chuť se pohybuje převážně od oříškové přes jemně nakyslou. Polotvrdé a tvrdé sýry můžeme rozdělit na dvě skupiny:

- nízkodohřívané sýry
- vysokodohřívané sýry

Nízkodohřívané sýry se vyznačují nižší teplotou dohřívání, při které probíhá praní zrna/sýřeniny. Sýry se vyznačují jemnější chutí a oproti vysokodohřívaným sýrům, je i jejich zrací doba podstatně kratší. Proces dohřívání probíhá při teplotě 34 – 42 °C a cílem je navodit lepší vlastnosti sýřeniny jako je např. zlepšení procesu synereze (tzv. stahování zrna) a tím podpořit následný odtok syrovátky.

Mezi nízkodohřívané sýry patří:

- sýry eidamského typu (Eidam, Jihočeský Eidam aj.), Gouda,
- sýry s tvorbou ok (Horácký, Krolewski, Madeland aj.),
- sýry pařené (Jadel, Parenica, Oštiepok),
- sýry čedarového typu.

Pro sýry s vysokodohřívanou sýřeninou je důležitá vysoká kvalita mléka a jeho šetrné tepelné ošetření. Charakteristická je zde i vyšší dohřívací teplota (45 – 55 °C), aby se docílilo během zrání vyššího podílu sušiny, výraznějšího aroma a chutě, neboť cílem je získat sýry, které budou obsahovat daleko více sušiny než sýry dohřívané při nízké teplotě a budou mít tak tvrdší strukturu.

Mezi vysokodohřívané sýry patří:

- sýry ementálského typu/s tvorbou ok (Emmental, Jihočeský Primátor…),
- sýry bez tvorby ok (Moravský bochník, Tylžský sýr…),
- sýry ke strouhání (Parmiggiano Regiano, Grana Padano, Grand Moravia, Fontina…).

Zvláštní postavení zde zaujímají i tzv. „hybridní sýry“, mezi které patří např. výše uvedený Madeland, Krolewski, Tylžský sýr aj. Vyznačují se tím, že při procesu výroby je využívána kombinace obou výrobních postupů a kultur, přičemž jde o snahu, se přiblížit charakteristickým vlastnostem sýrům z daných skupin, které nesou svoje specifické označení jako např. Emmental, (viz Příloha II - Obrázek č. 5), (Kadlec a kol., 2002 (II.), str. 77-79)

## 1.2 Technologie výroby polotvrdých a tvrdých sýrů

Výrobě kvalitních sýrů o požadované tučnosti a konzistenci, předchází řada technologických procesů. Důležité je, aby se použilo mikrobiologicky nezávadné mléko, které bude splňovat veškerá předepsaná kritéria. Pokud by pro výrobu sýrů či mléčných výrobků, bylo použito

nevyhovující mléko, jednalo by se o nepřípustný postup výrobního procesu, který by byl v nesouladu s předpisy vyplývající z Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002., kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva a současně se stanovují postupy týkající se bezpečnosti potravin:

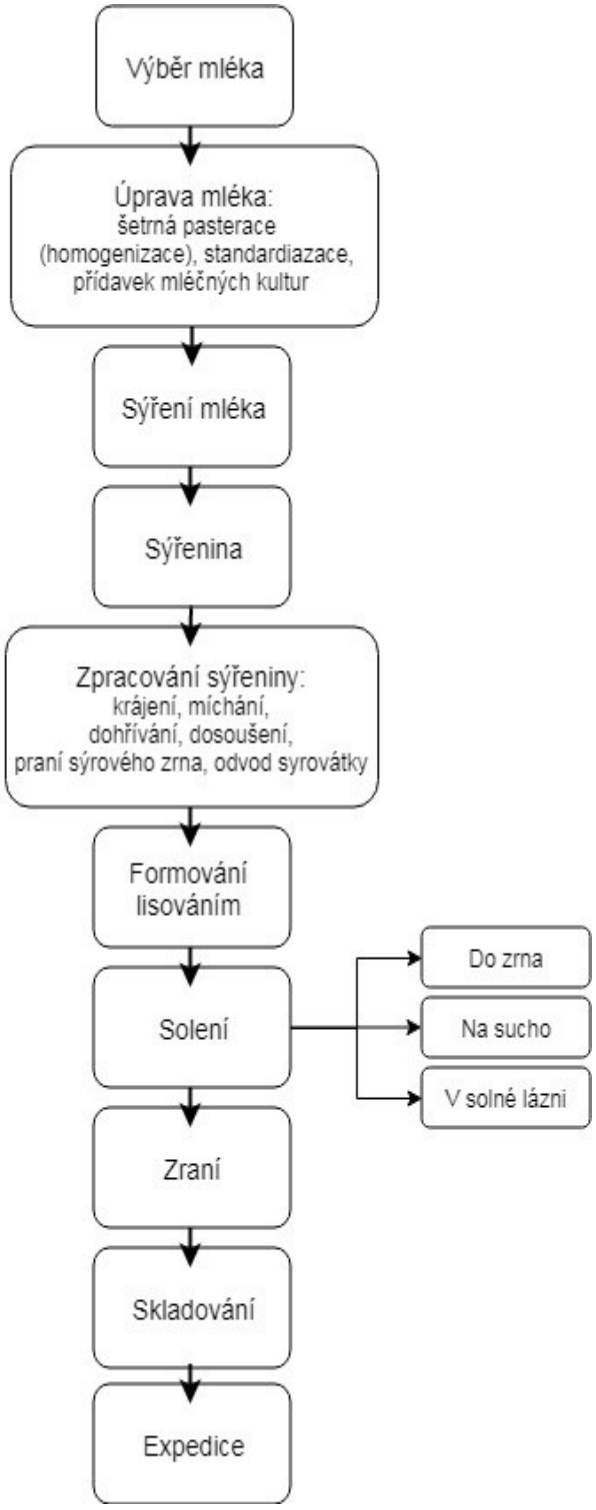
- Nařízení č. 852/2004 o hygieně potravin,
- Nařízení č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu,
- Nařízení č. 854/2004, kterým se stanoví zvláštní pravidla pro organizaci úředních kontrol produktů určených k lidské spotřebě (Eagri, 2017; Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES), 2002; 2004a, 2004b, 2004c, 2004d)

Pro zamezení použití závadného mléka, se při příjmech jednotlivých dodávek cisteren mléka, odebírají vzorky, které se posílají k laboratorní analýze k posouzení (Shelf Life of Cheese, 2017). V rámci nařízení je také stanoveno, že mléko musí být zchlazeno na určitou teplotu, která se pohybuje v rozmezí > 6 > 8 °C v závislosti na tom, jestli se jedná o každodenní svoz mléka či nikoli.

K tomu, aby vzešel na konci celého procesu kvalitní sýr s požadovanou tučností, sušinou, konzistencí, texturou a charakteristickými senzorickými vlastnostmi, je zapotřebí (kromě výběru mikrobiologicky nezávadného mléka), uplatnit i další kroky:

- úprava mléka (chlazení, čištění a odstřeďování, tepelné ošetření, standardizace, další zpracování),
- použití čistých mlékařských kultur,
- srážení (převážně sladký způsob),
- zpracování sraženiny (krájení, vytužování, dohřívání, dosoušení),
- formování,
- lisování,
- solení (na sucho, do zrna, v solné lázni),
- zrání,
- balení a expedice (Milks Fact, 2017).

Stručné obecné schéma výroby přírodních sladce srážených polotvrdých a tvrdých sýru s dohřívanou sýřeninou je uvedeno na Obrázku č. 1. V určitých krocích se pak technologie mění v závislosti na tom, jestli se jedná o sýry s nízkodohřívanou nebo s vysokodohřívanou sýřeninou.




*Obr. č. 1: Obecné schéma výroby sýrů s dohřívanou sýřeninou* (upraveno dle Kadlec a kol., 2002 (II.), str. 62-69, How cheese is made, 2017)

### 1.2.1 **Výběr a úprava mléka**

Pro výrobu kvalitních sýrů je důležité vybrat mléko, které bude splňovat biologické a chemické vlastnosti. Je nežádoucí, aby se projevil v mléce výskyt mikroorganizmů (MO), které

se podílejí na zdravotní závadnosti včetně vad, které vlivem MO mohou nastat. K výrobě se používá co nejkvalitnější mléko, nejlépe od dojnic v plné laktaci. Mléko musí mít také určitou kyselost a tučnost (vlastnosti, které jsou důležité v dalších fázích zpracování). V celém technologickém procesu hrají důležitou roli proteiny mléka, mezi které patří kaseinové bílkoviny ($\alpha_{s1}$-, $\alpha_{s2}$-, β-, κ-) zastoupené v množství 80 % a syrovátkové bílkoviny (α-laktalbumin, β-laktoglubulin, proteoso-peptony, sérový albumin, imunoglobuliny a další.), kterých se v mléce nachází v množství 20 % ze všech čistých bílkovin (Buňka a kol., 2013, str. 31-51) str.; Šnirc a kol., 2015, str. 21-27.)

Pro docílení žádoucích parametrů a zdravotní nezávadnosti, se mléko upravuje různými postupy, mezi které patří:

- pasterace,
- dearace,
- dezodorace,
- standardizace,
- baktofugace.

Do technologického procesu se zpravidla nezařazuje homogenizace. V krátkém shrnutí lze sdělit, že se jedná o metodu, která zabraňuje vyvstávání tukových kuliček na povrchu mléka. Děje se tak pomocí homogenizátoru, kdy je mléko pod tlakem vstřikováno do přístroje a vlivem průchodu úzkou štěrbinou se tukové kuličky roztříští na daleko menší rozměry. Tímto se dosáhne lepšího rozptýlení tuku v mléce, aniž by se tvořil při stání „tukový povlak“. Podrobnější charakteristika homogenizace a její vliv na vlastnosti zracích procesů, je pak uvedena v kapitole 3 (Vady sýrů) a v kapitole 4 (Akcelerace zrání sýrů), (Šnirc a kol., 2015, str. 170 - 173; Buňka 2013, str. 150-154.)

Prvotní fází úpravy mléka, je odstředění mléka, kdy se odděluje mléko od smetany. Děje se tak na odstředivce, kde se vlivem specifických hmotností tukových kuliček oddělí příslušné složky. Lehčí část (smetana) je odváděna středem zařízení, kdežto těžší část (odtučněné mléko) směřuje po discích dolů. Kromě mléka a smetany, dochází také k zachycení různých nečistot na stěně disků. Po odstředění se výsledná tučnost mléka pohybuje okolo 0,05 % a u smetany v rozmezí 35 – 38 % tuku, někdy i vyšší. Následuje standardizace, kde se mléko se smetanou smíchají na požadovanou tučnost, která se liší dle druhu vyráběného sýra (vysokotučné, plnotučné, polotučné, nízkotučné, odtučněné). Po standardizaci se provádí tepelné

ošetření, přičemž při výrobě polotvrdých a tvrdých sýrů se používá šetrná pasterace v rozmezí teplot 72 – 74 °C po dobu několika sekund (30 s). Důvodem, proč se využívá této kombinaci teploty a času, je docílení co nejmenší denaturace syrovátkových bílkovin, které by způsobovaly značné potíže v dalších fází technologického zpracování (Buňka, 2013, str. 103-112), Dairy goodness, 2017b). Při použití vyšších záhřevů, by došlo k rozsáhlé denaturaci β-laktoglubulinu, odkrytí jeho thiolových skupin s následnou vazbou na κ-kasein. Důsledkem by byla zvýšená vazba vody v sýřenině se současným zhoršením texturních vlastností, zejména tvrdosti. Aby došlo ke správnému sýření a docílilo se pevnosti koagulátu, používá se chlorid vápenatý ($CaCl_2$), (Šnirc a kol., 2015, str. 126-127).

Vlivem snadné absorpce pachových látek tukovými kuličkami, se už pasterované mléko podrobuje dearaci a dezodoraci. Dearace slouží pro odstranění možného nadměrného množství kyslíku. Aerobní prostředí by totiž mohlo potlačit prostředí anaerobní, které je potřebné pro metabolizmus bakterií mléčného kvašení. Pro možný výskyt spor, se do technologických úprav může zahrnout i baktofugace. V rámci tohoto procese je pak možné až z 95 % odstranit případné spory, a to pomocí speciální odstředivky, kdy těžší složky (spory), jsou vymršťovány velkou odstředivou silou na stěny bubnu do tzv. kalového prostoru. Při výskytu spor, by mohlo dojít k řadě negativním procesům (duření sýrů vlivem *Clostridium tyrobutyricum*, špatný průběh zrání apod), (Šnirc a kol., 2015, str. 167-169; Buňka, 2013, str. 154-156.; University of Guelph, 2014)

V sýrech během zrání nastává řada biochemických a mikrobiologických pochodů, díky nimž vzniká charakteristické aroma (výsledek procesů se následně odráží na samotné chuti sýrů). Základními kulturami proto jsou bakterie mléčného kvašení (zkratka BMK), které využívají jako zdroj energie právě laktózu. Mezi starterové neboli zákysové kultury, jejichž metabolismus zajišťuje ochranu před nežádoucími procesy v sýrech, patří *Lactococcus lactis* subsp. *lactis, Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus delbruckii*, *Lactobacilus helveticus*, *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* subsp. *casei*. Použití jednotlivých druhů mikroorganizmů se liší od daného typu sýrů a je závislé mimo jiné na teplotě dohřívání. Speciální kultury pro výrobu sýrů jsou bakteriální propionové (*Propiniobacterium freudenreichii*, *Propiniobacterium shermanii*) a mazové kultury (směs bakterií rodu *Bravibacterium linens* a kvasinek rodu *Candida* a *Kluyveromyces* a dalších). Používány jsou i plísňové kultury (*Penicilium Camemberti, Penicilium Roqueforti*) ale ty jsou uplatňovány spíše pro výrobu měkkých zrajících sýrů (Kadlec a kol., 2002 (II.), str. 45-52)

### 1.2.2 **Sýření mléka a zpracování sýřeniny**

Proces sýření je velmi důležitý děj, který lze charakterizovat jako schopnost mléka srážet se za přítomnosti vhodných syřidel či koagulačních činidel. Při tomto procesu reagují vápenaté ionty s kaseinovými micelami za vzniku nerozpustné vápenaté soli v podobě tzv. gelu. Srážení rozdělujeme na kyselé a sladké. K sýření se používají syřidla (enzymové preparáty), v případě kyselého způsobu pak potravinářsky vhodné kyseliny. Pro účely sladkého srážení se dříve hojně využíval chymozin pocházející ze žaludku mladých telat nebo vepřový pepsin. Později se však kvůli zpracování a dostupnosti chymozinu, začaly používat alternativy proteináz živočišného a mikrobiálního původu. (Buňka, 2013, str. 51-56.). Dalším důvodem, proč se využívají mikrobiální syřidla, jsou též odlišné stravovací návyky a požadavky populace. Preparáty mohou být získávány z vybraných rodů plísní (*Mucor*, *Aspergillus*, *Fussarium*), kvasinek (*Kluyveromyces lactis*) či bakterií jako *Bacillus subtilis* nebo rod *Streptococcus*. Pokud vezmeme v potaz rostlinné preparáty, nejhojněji je využíván tzv. artyčok kardový (*Cynara cardunculus*), kdy se sýřící prostředek (zvaný kyprozin – z anglického cyprosine) získává z pestíků, které jsou součástí květů (Law a Tamime, 2010, str. 101).

Samotné sýření mléka lze rozdělit na primární a sekundární fázi, přičemž u primární jsou micely kaseinu destabilizovány a pak může nastat jejich spojení. U sekundární fáze dochází ke koagulaci (shlukování částic) kaseinu. Pro zdárné fungování celého procesu je důležité, aby mléko mělo vhodnou titrační kyselost, která je uvedena ve stupních Soxhlet-Henkel (zkratka ºSH) a teplotu (Buňka a kol, 2013, str. 92.).

Při sýření mléka se působením syřidla vytváří z mléka polotuhý gel (sýřenina), který je pak během dalšího technologického procesu postupně rozřezáván pomocí harf na menší části, promícháván a zahříván, aby bylo docíleno tvorby tzv. „sýrového zrna“ o požadovaných vlastnostech. Vzniklý polotuhý gel je nutné chvíli ponechat bez jakéhokoliv zásahu, aby došlo k vytužení zrna. Následně se podporuje proces synereze, díky níž se jednotlivé vazby mezi kaseinovými řetězci znásobí. Pro podpoření synereze se celkově zahrnuji kroky jako míchání, dohřívání, dosoušení, praní sýrového zrna. Vysrážená hmota (sýřenina) o pH kolem 6,4, se pomocí sýrařských harf zpracovává na požadovanou velikost sýrových zrn v závislosti na druhu vyráběného sýru. Menší velikosti sýrových zrn indikují vyšší podíl sušiny ve finálním výrobku, a to v důsledku lepšího oddělení syrovátky v průběhu dosoušení zrna a po procesu lisování. Větší zrna se pak lisují hůře, což je žádoucí u měkkých sýrů s nižším podílem sušiny. Následujícími kroky po rozkrojení zrna, jsou dohřívání a dosoušení. Vlivem dohřívání dochází k lepšímu vytužení sýrového zrna. U nízkodohřívaných sýrů se využívá

teplota v rozmezí 34– 37 °C nebo 39 – 42 °C, u vysokodohřívaných sýrů je pak teplotní rozmezí mezi 48 – 56 °C. V rámci dosoušení se pomalým promícháváním sýřeniny dosahuje lepšího odloučení syrovátky. Proces synereze může být ovlivněn teplotou, samotným pH sýřeniny, dobou zpracování apod. (Kadlec a kol. 2002 (II.), str. 77-79, str.; Buňka, 2013, str. 51-56).

### 1.2.3 **Formování a lisování sýrového zrna**

Na formování se nejčastěji používají speciální plastové či kovové formy, díky nimž sýry získávají specifický tvar. Dno těchto forem obsahuje malé otvory (tzv. perforované dno), aby tudy mohla odkapávat syrovátka a v sýrech tak zůstalo minimální množství vody. Efektivní způsob formování polotvrdých a tvrdých sýrů je lisování. Pomocí lisování dochází k odstranění přebytečné syrovátky. Lisuje se za pomoci tlaku, přičemž se musí z počátku volit tlak nižší, aby nedošlo k vytvoření velmi tvrdé kůry, která by tak v následujícím kroku znemožnila přístupu soli do sýra (Kadlec a kol., 2002 (II.), str. 62 -69)

### 1.2.4 **Solení sýrů**

Solení sýrů je velmi důležitý děj, který má za následek utváření konzistence, povrchu a chuti sýra. Solení se může provést následujícími třemi způsoby:

- solení na sucho,
- solení do zrna,
- solení v solné lázni.

Vhodná koncentrace soli má velký vliv na konzistenci sýrů a zároveň slouží jako ochrana proti tvorbě nežádoucí mikroflóry. Nejběžnějším způsobem solení je solení v solných lázních. Jednotlivé koncentrace solných roztoků se liší dle závislosti použití na konkrétní druhy sýrů. Koncentrace solného roztoku se v případě polotvrdých a extra tvrdých sýrů, pohybuje kolem 21– 22 % s výsledným obsahem chloridu sodného v sýrech pohybující se většinou kolem 2 %. U měkkých sýrů je koncentrace solného roztoku nepatrně nižší, tudíž i celkové množství soli v sýru, bude nižší. Teplota, při níž solení probíhá, se pohybuje v rozmezí 5 – 25 °C v závislosti na požadovaném stupni a rychlosti difúze soli do hmoty sýra (Guinee, 2007)

# 2 ZRÁNÍ SÝRŮ

Zrání sýru je velmi komplexní děj, při němž se vytváří typické aroma, chuť, konzistence či textura, charakteristické pro každý druh. Při zrání probíhá řada biochemických, fyzikálních či mikrobiologických procesů.

Aby bylo docíleno optimálního výsledku během zrání, je třeba dodržovat určité fyzikální podmínky. Zrání sýrů celkově závisí na následujících faktorech:

- pH sýrového zrna,
- proces solení a výsledná koncentrace použité soli,
- zrací teplota a vlhkost vzduchu (především pro sýry zrající bez obalu),
- použití kultur (Laktoscollection, 2017; University of Guelph, b).

Samotné zrání může probíhat v celé hmotě nebo od povrchu dovnitř a rozdělujeme jej na tzv. předezrání a vlastní zrání, které je možné následně ještě rozdělit na primární (anaerobní) a sekundární (aerobní), (McSweeney, 2004). Předezrání se děje už v průběhu zpracování sýra zahrnující formování a lisování. Vlastní zrání pak probíhá ve speciálních zracích sklepech za optimálních podmínek. Pokud sýry zrají bez zracích obalů, je nutné je během tohoto procesu obracet z důvodu tvorby charakteristické kůrky, která tak chrání sýr. Anaerobní zrání, je proces, kdy zrání probíhá uvnitř hmoty. Tento proces je charakteristický pro sýry s tvorbou ok (švýcarské sýry), při výrobě Cheddaru, Goudy, sýrů eidamského typu (jejichž výroba v České republice značně dominuje), ale také pro extra tvrdé sýry. U převážné většiny měkkých sýrů naopak dominuje aerobní (povrchové) zrání, kde jsou jednotlivé mikroorganizmy aplikovány na povrch sýra (např. u sýru typu Camembert, Brie, Livarot, Romadur, Pivní sýr, aj.) za tvorby specifického povlaku (Dairy goodnes, b)

Mezi základní primární biochemické děje zracích procesů patří:

- metabolizmus zbytkové laktózy
- proteolýza,
- lipolýza,
- metabolizmus mléčnanu a citronanu.

Mezi sekundární děje pak patří:

- metabolizmus aminokyselin a mastných kyselin.

Bývají ovlivněny nejen zrací procesy jako takové, ale značný dopad se pak projevuje i v senzorické stránce (aroma, chuť, textura), (McSweeney, 2004).

## 2.1 Metabolizmus zbytkové laktózy mléčnanu a citronanu

Metabolizmus zbytkové laktózy probíhá pomocí startérových bakterií mléčného kvašení (zkratka BMK), které laktózu využívají jako hlavní substrát a dále ji metabolizují na další produkty (McSweeney, 2004; Wisconsin Cheese). V první fázi dochází k přeměně zbytkové laktózy na kyselinu mléčnou, která má vliv na uvolňování vápníku z kaseinu. Následně vzniká monokalciumsulfát, který velmi dobře bobtná ve vodě a roztoku chloridu sodném (NaCl), (Buňka, 2013). Kyselina mléčná vzniká při konverzi laktózy (z L- konformace na D- konformaci), a to pomocí BMK. Její metabolizmus je důležitým krokem při tvorbě ok v sýrech švýcarského typu, ale značnou roli rovněž hraje např. při vytváření měkké textury uvnitř hmoty sýrů s bílou plísní na povrchu (např. Camembert nebo Brie), (McSweeney, 2004).

Vznikající metabolit kyseliny mléčné se nazývá laktát neboli mléčnan. Výsledná chuť mléčnanu je mírně nakyslá. V sýřenině zachycená reziduální laktóza je rapidně metabolizována pomocí bakterie *Streptococcus thermophilus* na L-laktát. Vzniklá glukóza a galaktóza pak slouží jako substrát pro laktobacily. Pomocí BMK vzniká také aceton, ethanol nebo formiát, jež se podílejí na chuťovém aroma. Je však nutné, aby se v sýrech vyskytovalo laktózy v minimálním zastoupení, neboť by to mohlo vyvolat nežádoucí afekty při dalších fází zrání. Laktóza by se tak dále rapidně metabolizovala bakteriemi a výsledek by se projevil technologickou vadou. Převážná část laktózy (mléčný cukr) však odchází se syrovátkou, a jen velmi malý podíl zůstává ve sraženině, proto se na výsledné chuti sýra podílí jen minimálně (McSweeney, 2004).

Množství citronanu je spíše minoritní, přičemž určitá část opět odchází do syrovátky. Přítomnost této látky je ale prospěšná pro výskyt citronan pozitivních bakterií. Typickými zástupci jsou *Lactococcus lactis, Leuconostoc mesenteroides, Leuconostoc dextrantum* nebo *Leuconostoc cremoris,* které se podílí na tvorbě senzoricky aktivních látek. Kromě $CO_2$, který je konečným produktem metabolizmu a zapříčiňuje tvorbu malých ok v sýrech holandského typu, je citronan důležitým prekurzorem pro tvorbu diacetylu, acetátu, acetoinu a 2,3-butandiolu, které se přímo podílí na vývoji aroma sýra. Celý tento proces je nejintenzivnější při kyselejším pH. V určitých případech se jako substrát pro lepší průběh metabolizmu citronanu, využívají mezofilní starterové kultury (McSweeney, 2004, Law a Tamine, 2010, f)

## 2.2 Proteolýza a reakce volných aminokyselin

Proteolýza je jedním z nejdůležitějších a nejvýznamnějších procesů, podílejících se na zrání sýrů. V rámci celého procesu, dochází k řadě biochemickým a mikrobiologickým změnám, které ovlivňují výslednou texturu a aroma sýrů (Mlékařské listy, 2013). Na celém ději se podílí řada enzymů, které jsou zodpovědné za primární degradaci proteinů a jejich následné rozštěpení. Jedná se o děj, kdy dochází k degradaci proteinů pomocí proteináz a peptidáz (enzymů štěpící bílkoviny a následně peptidy). Proces tedy lze rozdělit na následující části:

- hydrolýza proteinů na jejich kratší úseky tzv. hydrolytické štěpy - rozrušení vazeb proteinů, kdy bakterie mléčného kvašení jsou schopny pomocí proteáz a intracelulárních peptidáz hydrolyzovat kaseiny na kratší peptidy
- hydrolýza kratších peptidů až na aminokyseliny jako finálního produktu proteolýzy (Law a Tamine, 2010, str. 181-183; Law a Tamine, 2010, str. 221-222)

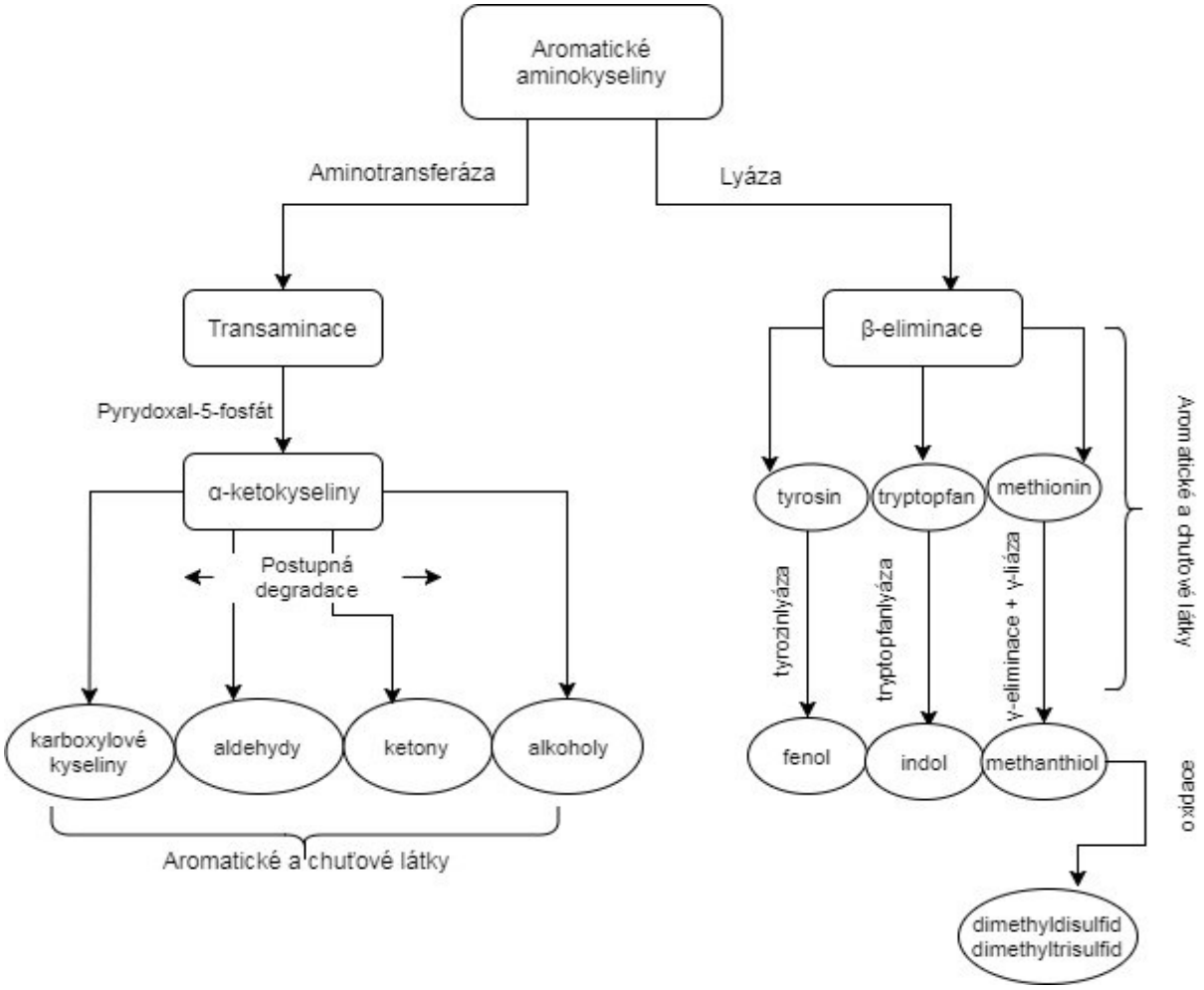
Zdrojem samotných proteolytických enzymů je i samotné mléko, které kupříkladu obsahuje plazmin, který je účinný při optimálních hodnotách pH 7,5 a při teplotě kolem 35 ºC (Buňka a kol., 2013, str. 80). Z dalších enzymů jsou to např. katepsiny či elastázy, ale jejich přímé ovlivnění na dalších zracích procesech, není zatím zcela známo. Na proteolýze se však spolupodílejí i primární neboli zákysové kultury, enzymy pocházející ze syřidel nebo z nezákysových a zákysových bakterií mléčného kvašení (NBMK) (Mlékařské listy, 2013; McSweeney, 2004). Největší dopad na zracích procesech, zaujímají právě bakterie mléčného kvašení a to konkrétně rodu *Lactococcus* nebo *Lactobacillus*, které jsou zodpovědné za velmi bohatou proteolytickou aktivitu. Rozsah jednotlivých reakcí samozřejmě závisí i na konkrétním druhu sýru a jeho mikroflóře. Bakterie rodu *Lactococcus* se vyznačují tím, že produkují enzym laktocepin, který má tři frakce, a stejně jako plazmin či chymozin, vykazuje hydrolytické vlastnosti. Hydrolýza kaseinů je jeden z aspektů, které se na konečných vlastnostech podílejí (Law a Tamine, 2010, str. 181 a 183). Dochází ke snižování vodní aktivity ($a_w$) a změnám pH. Jednotlivé frakce kaseinů jsou totiž odlišně náchylné ke změnám a rozsahu proteolýzy a v různých druzích sýrů mohou probíhat na odlišné úrovni. Lze také zmínit dalšího zástupce proteolytických enzymů, a to chymozin, který se specificky podílí na srážení mléka v určitých frakcích kaseinu (Yvon a Rijnen, 2001).

Na samotný proces navazuje katabolizmus aminokyselin, který je charakteristický pro vývoj senzorických vlastností. Aminokyseliny zde vystupují jako finální produkt proteolýzy. Jejich metabolizmem pak mohou vznikat aldehydy, ketony, alkoholy, karboxylové kyseliny

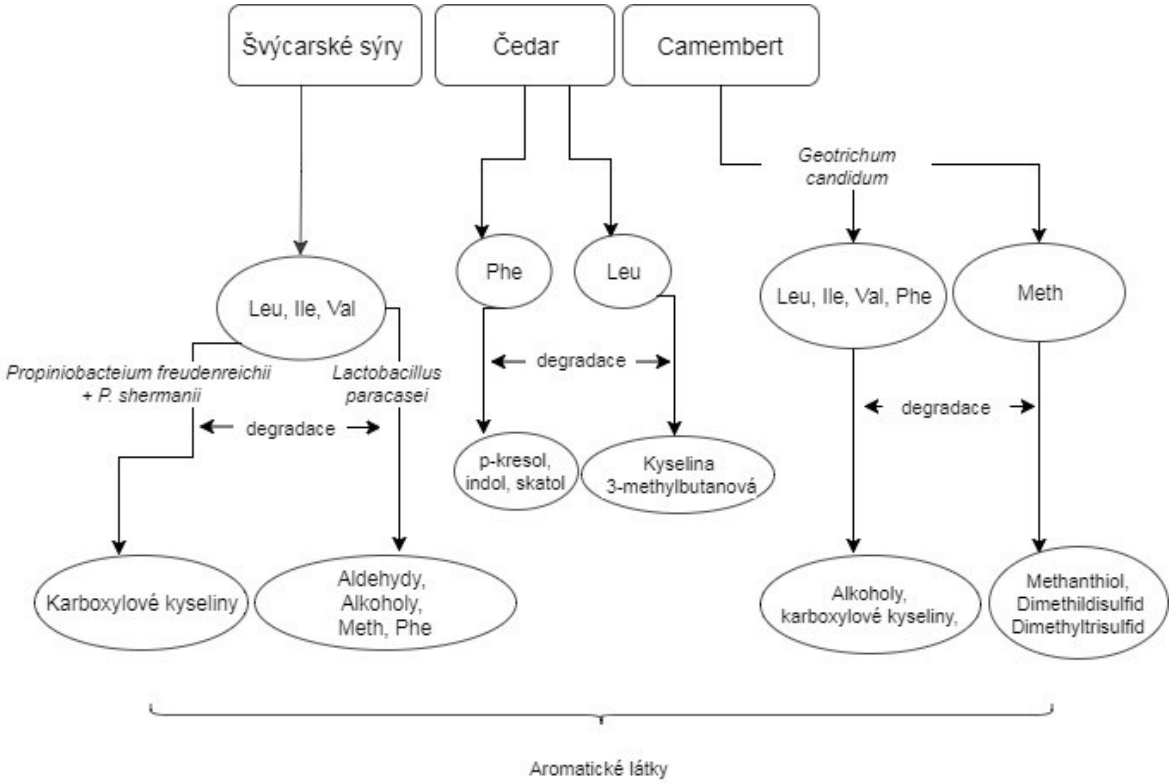
aj., jenž se různě podílejí na vývoji chutě a vůně (McSweeney, 2004). Aminokyseliny mohou být degradovány pomocí procesu deaminace za účasti dehydrogenáz nebo pomocí transaminace za účasti aminotransferáz či lyáz. Hlavními prekurzory senzoricky aktivních látek jsou fenylalanin, tyrosin, tryptopfan, leucin, izoleucin, valin a methionin, přičemž konečné množství vzniklých látek závisí na množství klíčových složek. Velký vliv mají také sirné aminokyseliny, které se podílí na tvorbě povlaku/skvrn v sýrech švýcarského typu (např. Comté, Gruyére) nebo sýrů typu Camembert. Vznikající sirné sloučeniny (methanthiol, dimethyldisulfid, dimethyltrisulfid) se zase podílejí na změně chuti.

U sýru typu Emmental, jsou hlavními nositeli aromat furaneol a homofuraneol. U Čedaru je hlavním nositelem krémové chutě, kyselina máselná. Hlavní podíl na metabolismu aminokyselin, však mají určité druhy heterofermentativních i homofermentativních mikroorganizmů. Jedním z hlavních propagátorů jsou homofermentativní *Lactococcus lactis* var. *maltigenes, Lactococcus lactis*, *Lactobacillus helveticus* nebo *Carnobacterium pisciola*. U heterofermentativních dominuje *Streptococcus thermophilus*. *Propiniobacterium freudenreichii* nebo *Propiniobacterium shermanii* jsou rovněž zodpovědné za různé biochemické změny v sýrech švýcarského typu (Yvon a Rijnen, 2001; McSweeney, 2004)).

Jak už bylo výše popsáno, přeměna AMK se děje dvěma směry. Prvním z nich je eliminace reakcí za katalýzy lyázy, která dokáže rozštěpit aminové konce za pravděpodobnosti vzniku fenolu, indolu a methanthiolu jako hlavního produktu pocházejícího z methioninu. Druhý krok vede přes α-ketokyseliny procesem transaminace za účasti aminotranferáz za následné degradace na aldehydy, alkoholy, karboxylové kyseliny, hydroxykyseliny, methanthiol a methionin. Velkými producenty methantiolu jsou zejména bakterie rodu *Micrococcaceae* a koryneformní bakterie jako *Brevibacterium linens*. Vznikat však mohou i procesy jako dekarboxylace a deaminace, kde u deaminace dochází k odstranění aminoskupiny, která se přenáší na 2-oxoglutarát za vzniku L-glutamátu a 2-oxokyselin. V některých případech se i pro zvýraznění koncového aroma a pro dosáhnutí rozsáhlejšího stupně degradace AMK, využívá glutamátdehydrogenáza. Obecné schéma procesu přeměny aminokyselin na jednotlivé produkty, je uvedeno níže na Obrázku 2 a na Obrázku 3.




*Obr. č. 2: Obecné schéma metabolismu aminokyselin* (upraveno dle McSweeney 2004; Yvon a Rijnen., 2001)




*Obr. č. 3: Schéma výskytu aromatických složek aminokyselin v určitých typech sýrů* (upraveno dle McSweeney, 2004; Yvon a Rijnen, 2001)

Největší množství AMK lze etekovat v sýrech s mazovou kulturou. V případě polotvrdých a extra tvrdých sýrů, se hodnoty pohybují mezi 50 – 90 g/kg (Yvon a Rijnen, 2001)

## 2.3 Lipolýza a metabolizmus mastných kyseliny

Nejintenzivněji lipolýza probíhá u extra tvrdých italských sýru nebo u sýrů s modrou plísní uvnitř hmoty, v menším rozsahu pak také u sýrů typu Gouda a Cheddar. U sýrů švýcarského typu rovněž nastává lipolytická aktivita pomocí BMK, dále pak svůj postoj zaujímají sekundární mikroorganizmy, a to konkrétně *Propiniobacterium freudenreichii* nebo *Propiniobacterium shermanii* (Yvon a Rijnen, 2001)

Na celý proces mají značný vliv příslušné enzymy, mezi které patří lipázy a esterázy, které hydrolyzují esterové vazby uvnitř triacylglyreolů, přičemž štěpnými produkty jsou mastné kyseliny (zkratka MK) a glycerol. Po procesu lipolýzy, dochází k oxidaci mastných kyselin, což má za následek tvorbu methylketonů a esterů, které se podílejí na štiplavé chuti v plísňových sýrech. Oxidace je značně omezena díky nízkému oxidačně redukčnímu potenciálu polynenasycených mastných kyselin v mléčném tuku. Lipolytické enzymy pocházející z BMK a jsou aktivní při optimální teplotě 35 °C a pH 7 – 8, 5. Mléčný tuk má vliv na aroma

a texturu, stejně tak i mastné kyseliny, které mohou být metabolizovány za vzniku senzoricky aktivních látek. Například v sýru Čedar se nachází zhruba 200 – 300 enzymů, přičemž mnohé z nich přispívají ke vzniku specifické chuti sýrů (Mlékařské listy, 2017). Celkově je lipolýza řízena převážně dvěma enzymy a to esterázou nebo lipázou, přičemž esterázy hydrolyzují esterovou vazbu příslušného acylu mezi 8. – 10. uhlíkem atomu uhlíku v MK, zatímco lipázy toto provádí až od 10. atomu uhlíku (Law a Tamine, 2010, str. 221-222; McSweeney, 2004)

V sýrech se vyskytuje značné množství mastných kyselin převážně s krátkými či delšími řetězci, které jsou vázány v lipidech. Mastné kyseliny snadno reagují s dalšími látkami či sloučeninami za vzniku senzoricky aktivních látek. Takovým příkladem může být např. reakce mastných kyselin s ethanolem za vzniku esterů/ethylesterů, které rovněž pozměňují senzorické vlastnosti sýrů (Mlékařské listy, 2013). Beta oxidací (β-oxidace) vznikají methylketony, laktony nebo aldehydy, které jsou původci štiplavé chuti v plísňových sýrech. Reakcemi vznikající methylketony mohou být následně redukovány až na sekundární alkoholy, což se opět může projevit na senzorických vlastnostech. Mastné kyseliny s krátkými řetězci, se podílejí na tvorbě chuti, kdežto MK s delším řetězcem slouží jako sekundární element vznikající během technologického zpracování sýrů (University of Guelph, a; McSweeney, 2004). Proces jako takový, je spíše typický pro sýry s modrou plísní, avšak změny byly zaznamenány i u tvrdých italských sýrů. Značný vliv na metabolismus, má i řada podmínek jako je pH, koncentrace MK nebo rozsah aktivity přítomných mikroorganizmů a jejich enzymů (Mlékařské listy, 2013; McSweeney, 2004).

## 2.4 Zrací sklepy

Po jednotlivých technologickým procesech, jsou sýry uloženy do jednotlivých zracích sklepů, které jsou určeny speciálně pro každé druhy sýrů, zvlášť. Sklepy můžeme rozdělit na:

- teplé/kvasné,
- zrací,
- chladné.

Jednotlivé rozsahy teplot s určitým vysokým procentem vlhkosti a různá délka zrání, se odvíjí dle druhu vyráběného sýra. Doba se může od několika týdnů pohybovat až do řady let, kdy dozrávají ty nejkvalitnější a zároveň jedny z chuťově nejvýraznějších sýrů, a to sýry

spadající do podskupiny extra tvrdých (náhled do zracího sklepa viz Příloha I, obr. č. 5). V případě sýrů typu Emmental, probíhají jednotlivé procesy ve speciálních sklepech za předem stanovených podmínek. Nejprve sýry zrají několik týdnů ve sklepě chladném, a to při teplotě 10 – 12 °C a relativní vlhkosti 90 %, kdy se vlivem těchto podmínek stabilizuje obsah složení sýra. Následně jsou sýry přesunuty do sklepa kvasného, kde je teplota podstatně vyšší (22 - 24 °C) a i délka zrání se prodlužuje až na několik měsíců. Vyšší teplota má pak za následek tvorbu charakteristických ok, a to vlivem uvolňujícího se oxidu uhličitého ($CO_2$). V případě Goudy, sýry zrají nejprve ve zracím sklepě po dobu 2 – 3 týdnů při teplotě 10 až 12 ºC. V některých případech, se mohou přesunout na určité období do teplého sklepa (12 – 18 ºC, relativní vlhkosti 80 %). Pak jsou ale vráceny zpět do zracího sklepa, kde jsou teploty nižší. U Cheddaru se teplota pohybuje v rozsahu 4 – 8 ºC při relativní vlhkosti 80 % s následnou dobou zrání 8 – 10 měsíců. V případě extra tvrdých sýrů, je důležitá vlhkost kolem 80 – 85 % a dobře cirkulující vzduch. Nejprve zrají v chladných sklepech, kde jsou obraceny a okartáčovány. Postupně jsou pak přenášeny do zrajících sklepů, kde zrají při teplotě 18 – 20 ºC po dobu několika týdnu a následně jsou vráceny zpět do chladného sklepa, kde zrají minimálně 12 měsíců (Kadlec a kol., 2002 (II.), str. 74-79; Rotronic, 2017).

Na proces zrání mají vliv také ochranné obaly, do kterých se sýry ukládají, aby se zamezilo přístupu vzduchu ke hmotě sýru. Zároveň obal slouží jako ochrana proti porušení a vysychání. Pokud sýry nejsou zabaleny, je nutné je během zrání ve sklepech ošetřovat. V případě sýrů vyrobených z nepasterizovaného mléka, je důležité, aby proces zrání trval nejméně 60 dní při teplotách dosahujících alespoň +4 ºC (University of Guelph, a).

# 3 VADY SÝRŮ

Nejen během samotné výroby sýrů, ale také při jejich zrání, se může projevit řada sekundárních vlivů, které mají negativní dopad na jejich vlastnosti. Vady mohou být jak mechanické (fyzikální), tak i mikrobiální. Vše co se na sekundárních vlivech podílí, může být způsobeno špatným stanovením optimálních zracích podmínek, nesprávným technologickým zpracováním surovin při výrobě nebo aktivitou nežádoucích mikroorganizmů. Většina defektů je zaznamenána a zkoumána u sýru typu Cheddar, ale i u švýcarských či italských sýrů. Možné vady pak mohou být u sýrů následující:

- skóre a pozdní duření,
- syrovátková hnízda,
- deformace tvaru sýru,
- špatná konzistence hmoty sýru,
- senzorické defekty (aroma, chuť, barva) aj. (University of Guelph, 2014).

**Skóre a pozdní duření**

Časné duření (tzv. skóre), je způsobeno koliformními bakteriemi. Vytváří se drobné sférické dutinky často doprovázené nežádoucím aroma. Dalším typem je tzv. pozdní duření způsobené pomocí gram pozitivních sporotvorných bakterií *Clostridium tyrobutyricum* nebo *Clostridium perfringens*. V rámci metabolizmu laktátu, může být laktát přeměněn na kyselinu máselnou, oxid uhličitý ($CO_2$) a vodík. Dochází k tzv. „nadouvání“ hmoty, což má za následek tvorbu různě velkých dutinek (někdy až černých), které nesou nepříjemné aroma (Robinson a Wilbey, 2017; McSweeney, 2004; Bezpečnost potravin A-Z, 2017b).

**Technologické vady a senzorické vady**

Špatný technologický postup výroby (procesy solení, formování, zrání), kdy nejsou sýry vystaveny optimálním zracím podmínkám, tak může způsobit značnou řadu odchylek. V rámci technologického procesu odloučení syrovátky od sýřeniny, mohou vlivem působícího tlaku samotné hmoty sýra, vzniknout tzv. syrovátková hnízda. Jedná se o drobné dutinky, které při nesprávném odtoku syrovátky, způsobují tento defekt. U sýrů, které nejsou po výrobě zabaleny do vosku nebo fólie, je možný nežádoucí výskyt drobných prasklin. Tato vada je většinou způsobena řadou technologických odchylek při jednotlivých výrobních procesech jako je např. vysoká vlhkost hmoty sýra, vysoká kyselost při lisování sýřeniny nebo velmi

nízká teplota, při které by se proces prováděl (Bezpečnost potravin A-Z: 2017b; Robinson a Wilbey, 2017).

K dalším aspektům patří i senzorické vady, které mohou být převážně způsobeny špatnými zracími podmínkami (příliš vysoká teplota, vlhkost, nevhodné skladování aj.). Je zde však protipól s ovlivněním daných vlastností. Např. u akcelerace se právě vysoká teplota nebo další procesy, aplikují na sýry, aby se urychlila perioda zrání, ale zachovalo se typické aroma, chuť, textura. Detailnější popis je uveden v jednotlivých podkapitolách - kapitola 4 Akcelerace zrání sýrů. Značný podíl na ovlivnění senzoriky, zaujímá i vliv nežádoucích mikroorganizmů. Objevit se může změna barvy, nepříjemná chuť či hořké, ovocné nebo tzv. „nečisté“ aroma. V případě změny barvy, jsou často indikovány růžové skvrny ve hmotě sýrů. Jedná se o vadu způsobenou bakterií *Deinoccocus thermophilus* nebo *Thermus thermophilus* (University of Guelph, 2014, Quigley a kol., 2016)

**Další aspekty**

Nežádoucí je také tvorba plísní rodu *Penicilium commune*, která sýry (převážně plísňové) kontaminuje a produkuje řadu mykotoxinů, které mohou vážným způsobem po konzumaci, ohrozit lidské zdraví. Z biochemického hlediska hrozí taktéž riziko ve výskytu biogenních aminů (zkratka BA). Příčinou pak je zvýšená dekarboxylační aktivita volných aminokyselin, které během zrání vznikly degradací kaseinů pomocí proteolytických enzymů. Největší přítomná koncentrace BA byla v řadě tvrdých sýrech, prokázána v době zrání mezi 60 – 120 dny Kadlec a kol., 2002(II.), str. 51-52.; Robinson a Wilbey, 2017; University of Guelph, 2014).

# 4 AKCELERACE ZRÁNÍ SÝRŮ

Akcelerace je proces, kterým lze docílit výrazného snížení zrací doby jednotlivých sýrů až na polovinu oproti běžné doby zrání, která se u polotvrdých a tvrdých sýrů pohybuje od několika měsíců až po několik let. Důvodem, proč je snaha o zavedení akcelerace, je snížení ekonomických nákladů a rychlejší uvedení sýrů ke konečnému spotřebiteli, který v dnešní době klade spousty požadavků a nároků na sýry (O´Reilly a kol., 2002; Rodríguez-Martínez a kol., 2012). Výrobci se neustále snaží spotřebitelům vyhovět, a tak do svého sortimentu zařazují zajímavé a netypické výrobky. Důležité však je, aby bylo docíleno vysoké kvality, a sýry se tak vyznačovaly svými charakteristickými znaky (správné aroma, textura, chuťově senzorický požitek aj.). Zároveň jsou výrobci značně omezeny dobou zrání, která je zásadním ekonomickým mezníkem určující, kdy bude moci být sýr uveden na trh. Urychlení akcelerace je jedním z důvodu, jak snížit výrobní náklady, a to v rámci urychlení řady procesů (proteolýza, lipolýza), které jsou zásadní pro zrací děje. Z dalších možných důvodů snahy o zavedení akcelerace, mohou být neustále se objevující inovace konečných produktů (trvanlivost, reologické proporce, biochemické a senzorické vlastnosti aj.).

K urychlení zracích procesů je hned několik možností a v současnosti jsou vyvíjeny různé metody, kterými lze procesy urychlit. Většina metod je však finančně velmi náročná a může být problematické posoudit, která z nich konkuruje nejlépe a blíží se tak produkci jako při klasické výrobě. Mezi metody patří např.:

- aplikace vysoké teploty během zrání,
- aplikace vysokého tlaku,
- mikrofluidní aplikace nanolipozomů,
- přídavek kultur (zmnožené BMK, atenuované kultury aj.), speciálních enzymů (kyprozin) či modifikovaných MO

Mezi ty nejprostudovanější patří zatím aplikace tlaku nebo teploty. Aby se docílilo alespoň částečně vyrovnaných výsledků mezi jednotlivými metody, často se zavádí jejich kombinace jako je např. kombinace teploty/tlaku po přiměřenou dobu, přičemž metody, které v sobě zahrnují i korekci teplot, což se jeví jako důležitý mezník při zrání sýrů. K řadě metod jsou však potřeba speciální přístroje, jejichž pořizovací ceny jsou velmi vysoké (Garbowska a kol., 2016). Celková investice do tohoto vývoje je velmi nákladná a její návratnost je až za

určité časové období. Ne každá společnost zabývající se produkcí sýrů, je schopna si moderní technologie pořídit (Rodriquez-Martínez, 2012)

Nejčastěji jsou akcelerace zaměřeny na extra tvrdé sýry (Reggianito – viz Příloha II), neboť právě u nich je zrací doba nejdelší (pohybující se od 1 roku až po několik let) nebo polotvrdé sýry (zrací doba je v řádech měsíců). Značná část použitých metod, se však provádí i na méně známých sýrech jako je Garrotxa (polotvrdý ovčí sýr původem z Katalánska – viz Příloha II) nebo Hispánico (španělský polotvrdý sýr - – viz Příloha II). Co se týče jednotlivých druhů, dominují švýcarské či holandské sýry o různých procentech tučnosti. Porovnání pro posouzení proběhlých změn, se provádí se sýry, které zrají za běžných podmínek, přičemž se jednotlivé vzorky k pozorování, odebírají v různých dnech (různé stupně zralosti), aby se docílilo obsáhlých a přesných výsledků. Důležité je při vyhodnocování věnovat pozornost vznikajícím senzoricky aktivním látkám, které určují organoleptické vlastnosti jednotlivých druhů sýrů (Ceruti a kol., 2015).

Mezi účinné vyhodnocující metody patří (Kabelová a kol, 2009):

- mikroskopické posouzení
- fyzikálně-chemická analýza
- aminokyselinová analýza,
- elektroforéza,
- různé typy chromatografie (plynová nebo papírová chromatografie).

Důraz není kladen jen na to, aby se zrací doba jednotlivých sýrů co nejvíce urychlila, ale je důležité, aby se v průběhu celého technologického procesu, zamezilo vzniku nežádoucí mikroflóře a hlavně, aby se zachovala bezpečnost samotné výroby a produktu (Ríguez-Martínez, 2012). Samotnou akceleraci totiž ovlivňují i biochemické a mikrobiologické pochody, které během zrání v sýrech, vlivem použitých metod, nastávají. Největší a nejzásadnější změny se odráží v proteolýze, která je zodpovědná za řadu charakteristických vlastností sýrů. Každá metoda má však i svá pro a proti a nejen pozitivní, ale i negativní aspekty, se mohou při akceleraci vyskytnout. Lze zmínit:

- intenzitu proteolýzy,
- intenzitu lipolýzy,
- texturní a senzorické vlastnosti.

Jak už bylo popsáno výše, převážná část studií je zaměřena na dopady použití elevační (zvýšené) teploty nebo vysokého tlaku. Jedná se o metody, jejichž použití je bezpečné, ale samozřejmě, při nesprávných implementací jednotlivých faktorů, mohou být také zrací procesy značně negativně ovlivněny. Typickým příkladem mohou být zásadní změny v proteolýze nebo lipolýze či pomnožení nebo zásadní absence jednotlivých mikroorganizmů apod. Po aplikaci jednotlivých metod, dochází v sýrech k řadě dalším biochemickým, mikrobiologickým či fyzikálním změnám. Mění se intenzita aroma, chuť, značně ovlivněny jsou i reologické vlastnosti. Vyhodnocení výsledků, se provádí na základě mikroskopických, reologických či chemických metod. Typickým příkladem mohou být různé druhy chromatografie či gelová elektroforéza s následným záznam elektroforetagramů (O´Reilly a kol., 2002).

Ovlivněny bývají chuťové, aromatické či reologické vlastnosti, je zde možný nadměrný či nežádoucí výskyt mikroorganismů, zastoupení jednotlivých frakcích v mléce, dopady na proteolýzu, lipolýzu aj. Jak už bylo popsáno v kapitole 2., kde je i podrobnější popis biochemických procesů a jejich vlivů na zrání sýrů, je proces proteolýzy primární a zároveň nejdůležitějším biochemickým dějem pro akceleraci. Detailnější charakteristika tohoto procesu je popsána v kapitole 2. Co nelze však opomenout, jsou změny probíhající v konkrétních sýrech (parmezán, Cheddar, Reggianito aj.), které se odvíjí dle použité metody. Právě aplikace teploty se odráží hlavně v proteolytických procesech. Proteolýza probíhá v řadě případech, nejrychleji na začátku zrací periody, tudíž dochází k rozvoji řady produktů, které mohou bakterie využívat jako další substrát a metabolizovat je. Důsledkem rozsáhlé proteolýzy, se rozvíjí i řada dalších metabolických drah, které mohou zapříčinit i nežádoucí senzorické či strukturní aspekty (O´Reilly a kol, 2002; Ceruti a kol., 2012; Ceruti a kol., 2015).

Změny lipolytických enzymů jsou mnohdy rozsáhlé a je třeba tyto účinky stabilizovat tak, aby se zamezilo negativním účinkům, které by mohly znehodnotit sýry. Opětovný detailnější popis, jak tento děj probíhá, je uveden v kapitole 3. Z pohledu konkretizace směřující na dané sýry, většina pokusů byla prováděna na sýru Reggianito. Během procesu dochází ke značné lipolýze u sýrů, u kterých byla provedena homogenizace či aplikace vysokého tlaku. Vlivem toho, dochází k rapidnímu metabolismu mastných kyselin za rozvoje řady senzoricky aktivních látek dané vzniklými alkoholy, aldehydy, ketony, kyselinami aj. (Ceruti a kol., 2012)

Sýry, u kterých byly aplikovány metody pro urychlení zracích procesů, nejsou v běžné tržní síti k dispozici. Z větší částí se s touto aplikací můžeme setkat u jiných potravin, kde jsou

tyto metody (převážně tlak) využívány spíše pro prodloužení trvanlivosti. Typickým příkladem lze uvést společnost Rodilla, která se zabývá potravinářskou výrobou. Svoji snahou o inovativní přístup k zajištění delší trvanlivosti produktů, aplikovala metodu pressurizace. Tento proces nyní využívá pro výrobu náplní do sendvičů (aplikace vysokého tlaku), (Rodríguez-Martínez a kol., 2012).

Důležité není jenom vyzkoušet, jak budou jednotlivé metody fungovat (tlak, teplota, enzymy, speciální kultury či jejich kombinace atp.), ale je třeba brát v potaz i nežádoucí vedlejší účinky. Každý proces s sebou totiž nese určitou negativní pravděpodobnost vedlejšího účinku na konečnou kvalitu výrobků. Na vliv proteolýzy se mimo jiné podílí i obsah endo- a exopeptidáz pocházejících ze sekundárních kultur, které se pro výrobu aplikují u měkkých sýrů. Proto lze odvodit, že rozsah proteolýzy je pravděpodobně vyšší právě u sýrů měkkých, a to vlivem jejich kratší doby zrání.

Značné rozbory byly zkoumány i v souvislosti s možnými ztrátami vitaminů, minerálních látek, proteinů, lipidů či sacharidů. Vzhledem k tomu, že každá skupina určitých látek, je jinak citlivá na vnější podmínky, může docházet jak k zásadním změnám, ale též mohou být i určité složky zachovány (Liepa a kol., 2016).

## 4.1 Teplota

Použití teploty pro urychlení zrací periody, patří mezi efektivní, méně nákladné a hlavně účinné metody. Nejčastěji jsou testovány různě vysoké teploty s určitou časovou výdrží. Kontrolními vzorky, pro posouzení efektivnosti dané metody, jsou sýry, které zrají za běžných podmínek. Teplotou je ovlivněna řada biochemických procesů (převážně proteolýza a lipolýza.) a senzorické vlastnosti, přičemž kromě pozitivních dopadů, se může objevit i řada negativních aspektů (Ceruti a kol, 2015).

Bylo provedeno mnoho výzkumů, které se zaměřovaly na aplikaci teploty na konkrétní druhy sýrů o různých stupních zralosti, aby se docílilo co nejobsáhlejších výsledků. Jednotlivé dopady byly detailněji popsány a výsledky byly zhodnoceny. Lze zmínit např. výzkum, který probíhal po záštitou Universidad Nacional del Litoral v Argentině (Ceruti a kol., 2012). Pokusy byly prováděny na sýru Reggianito, který se velmi podobá sýru italského typu jako je Grana Padano nebo Parmiggiano Reggiano. Jedná se o jeden z kvalitních a velmi distribuovaných tvrdých sýrů v Argentině. Sýr musí splňovat určité standardní výrobní parame-

try. V případě Reggianito je to cylindrický tvar, hmotnost „bochníku“, který se musí pohybovat v rozmezí 5 – 10 kg, a sýr musí zrát minimálně 6 měsíců. Celkem bylo stanoveno dvacet vzorků (2 kontrolní, 18 podrobeno záhřevu). Sýry (vzorky A, B, C), zrály při třech různých teplotách po dobu 6 měsíců a při relativní vlhkosti vzduchu 85 %:

- vzorek A (12 °C/6 měsíců),
- vzorek B (20 °C/2 týdny + 12 °C/ 6 měsíců)
- vzorek C (20 °C/4 týdny + 12 °C/6 měsíců), (Ceruti a kol., 2012).

Dané sýry byly zhodnoceny v 61., 124. a 180. dnu zrací periody. Posouzeny (v rámci odborných analýz) byly rozsahy biochemických změn a senzorické atributy (barva, textura, aroma, chuť aj.) (Ceruti, a kol. 2015). Změny se projevily hlavně v proteolýze a lipolýze. V rámci proteolýzy došlo k rozsáhlejší degradaci $\alpha_{s1}$-, $\alpha_{s2}$-, β- a γ- kaseinu. V tabulce č. 2, jsou pro doplnění, zobrazeny změny množství vybraných aminokyselin, které v průběhu zrání v testovaných sýrech vznikají a podílí se na senzorických atributech.

Tab. č. 2: Změny vybraných aminokyselin v testovaných vzorcích sýrů, upraveno dle (Ceruti a kol. 2012)

| Vzorek | Zrací perioda | Aminokyseliny | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Asparagin | Glutamin | Methionin | Fenylanin |
| Sýr A | 61. den | 43,8 ± 2,4 | 355,5 ± 12,9 | 39,3 ± 1,7 | 84,5 ± 4,2 |
| | 124. den | 69,0 ± 6,0 | 512,9 ± 58,7 | 63,2 ± 6,6 | 138,7 ± 15,8 |
| | 180. den | 108,8 ± 26,2 | 675,8 ± 143,3 | 83,2 ± 15,9 | 182,5 ± 39,0 |
| Sýr B | 61. den | 51,6 ± 2,9 | 388,4 ± 12,1 | 44,5 ± 1,1 | 96,6 ± 4,1 |
| | 124. den | 94,9 ± 2,1 | 611,7 ± 16,3 | 75,2 ± 2,0 | 161,4 ± 5,7 |
| | 180. den | 120,3 ± 5,1 | 737, ± 35,4 | 90,4 ± 14,8 | 192,2 ± 12,2 |
| Sýr C | 61. den | 60,2 ± 11,8 | 486,9 ± 70,8 | 65,4 ± 8,5 | 161,4 ± 22,6 |
| | 124. den | 70,0 ± 3,8 | 556,7 ± 7,5 | 78,9 ± 0,2 | 184,3 ± 3,0 |
| | 180. den | 150,8± 9,3 | 963,4 ± 64,1 | 131,7 ± 4,7 | 307,0 ± 22,3 |

V rámci lipolýzy byl zaznamenán vyšší výskyt kyseliny palmitové, stearové, olejové a myristové. Různé kombinace času a teplot, se nijak zvlášť v rozsahu proteolýzy, nelišily. Ve 180. kontrolním dnu, byly hodnoty jednotlivých masných kyselin velmi podobné (Ceruti, a kol. 2014).

## 4.2 Tlak

Z dalších velmi testovaných metod je použití vysokého hydrostatického tlaku (zkr. HHP z anglického High Hydrostatic Pressure). Oproti ostatním metodám, se jedná o poměrně ekonomicky výhodný proces. Jeho využití směřuje v sýrařském průmyslu k produkci mikrobiálně nezávadných sýrů a k pozměnění biochemických procesů (hlavně proteolýzy), které mohou urychlit celkovou dobu zrání. Využívají se různé kombinace výše tlaku se stanovenou časovou výdrží. Značnou roli na konečném výsledku pro ovlivnění zracích procesů, hraje i zakomponování vhodné teploty, při níž se jednotlivé tlaky aplikují. Podle Rodríguez-Martínez a kol. (2014), je však použití tlaku, na rozdíl od zvýšené teploty, šetrnější k mikroflóře sýrů, a jeho dopady na akceleraci, jsou velmi pozitivní. Nejenže dokáže urychlit jednotlivé procesy zrání, ale rovněž vlivem jeho aplikace, je možné inhibovat nežádoucí výskyt mikroorganismů, které mohou produkovat spory či toxiny a nejsou barotolerantní. Mezi nežádoucí mikroorganizmy patří např. bakterie jako *Escherichia coli*, *Salmonella enteritica, Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus carnosus, Listeria monocytogenes*, *Salmonela enteritica,* kvasinky, plísně nebo bakterie produkující mikrobiální spory jako *Bacilus subtilis* či *Bacillus cereus.* Jejich aktivita se zjišťuje z růstové křivky a pomocí selektivních či pomnožovacích médií lze stanovit jejich možný reziduální výskyt způsobený tolerancí na určité hodnoty tlaku. Lýze jednotlivých buněk jednotlivých mikroorganismů je ovlivněna jejich částečnou tolerancí k tlaku. Na jejich rezistenci se podílí skladba buněčné stěny, která je u gram negativních (zkratka $G^-$) a gram pozitivních (zkratka $G^+$) bakterií, odlišná (Rodríguez-Martínez, a kol., 2014). Bakterie mohou být před tlakem značně chráněny určitými složkami mléka (sacharidy, lipidy, nízká vodní aktivita či různé stupně koncentrace soli), proto se pro lepší účinnost inaktivace či lýze buněk, zavádí i aplikace tlaku na samotné mléko (Liepa a kol., 2016). Důležité také je, vhodně zvolit výši tlaku, expoziční teplotu a čas. Značný vliv tlaku se též může odrážet na dalších složkách mléka, jako jsou vitaminy, enzymy, minerální látky, laktóza, peptidy a další (Rodríguez-Martínez, a kol., 2014). Příkladem může být přítomnost enzymu laktát dehydrogenázy, který je důležitý při metabolismu laktátu a pro řadu biochemických a mikrobiologických pochodů při zrání. Jeho značné narušení by však mohlo vést k rozsáhlým defektům při zrání sýrů. Pro pokus jsou většinou využívány tzv. pufrační roztoky (převážně citrátové), tzv. „cheese juice“ (zhomogenizované vzorky) nebo „cheese curd chups“ (minivzorky odebrané přímo z daného testovaného druhu sýra), (O´Reilly a kol., 2002).

Jedním z oněch pokusů, se zabýval vědecký tým z Irska na University of College Cork. Pro pokus byly připraveny zhomogenizované vzorky sýrů s inokulovanými bakteriemi *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* a *Penicillium roqueforti.* V rámci testování odolnosti daných mikroorganizmů, byly aplikovány tlaky o různých hodnotách v kombinaci s časovou výdrží (50 – 800 MPa/20 min při 10-30 °C). K porovnání lze uvést, že *Escherichia coli* byla inhibována při 100 MPa při 30 °C nebo při 300 MPa při 20 °C (O´Reilly a kol., 2000).

Aplikace tlaku se využívá nejen na hotový sýr, který je podroben zrání ve sklepech, značná část této metody byla též popsána přímo pro aplikaci tlaku na sraženinu vzniklou po sýření. Výhodou této metody je také zachování výraznější chuti a aroma sýrů. Sýry, na kterých je HHP testován, jsou kromě polotvrdých sýrů (Cheddar, Gouda nebo Eidam) či tvrdých (Parmiggiano Reggiano aj.) též aplikovány na sýry měkké, a to nejen pro sýry vyrobené z kravského mléka. Aplikace se provádí na jednotlivé sýry o různých stupních zralosti a výsledky jsou pak porovnávány se sýry, které zrají za běžných a optimálních podmínek. Jiným způsobem může být i to, že se metoda aplikuje v technologickém stupni zahrnující úpravu mléka, vlivem čehož se dosáhne značných změn uvnitř struktury mléka. Tímto pak velmi často dochází také k degradaci kaseinových micel nebo mohou být ovlivněny proteiny syrovátky, mléčný tuk či mléčný cukr. V případě před tlakové úpravy mléka, jsou kaseinové micely dezintegrovány na menší částice a dochází k interakci kaseinů a koloidního fosforečnanu vápenatého vlivem elektrostatické interakce, která je dána různě nabitými jednotlivými molekulami (O´Reilly a kol, 2000).

Jednotlivé pokusy s HHP se nejčastěji rozdělují na následující sekce:

- vysoký tlak s krátkou dobou působení (400 – 600 MPa cca 5 – 20 min),
- vysoký tlak (400 – 600 MPa/5 – 20 min) s následnou kombinací nízkého tlaku a expozičního času v rámci cyklů (50 MPa/72h).

Působením HHP nedochází jen k urychlení zrací doby, nýbrž se projevuje i řadou vlivů na biochemické procesy a senzorické vlastnosti. Dopad se odráží převážně na lipolýze, ale také na proteolýze a částečně dalších složkách. V rámci lipolýzy, bývají tukové kuličky během procesu pozměněny reakcí lipáz s triacylglyceroly. Dochází ke zvýšení počtu mastných kyselin, a to převážně kyseliny olejové a myristové. Jejich množství bývá zpravidla vyšší v prvních dnech zrání, postupem času hodnoty různě korelují (Rodríguez-Martínez, a kol., 2014).

V rámci proteolýzy, dochází ve větším rozsahu ke snižování frakcí kaseinu $\alpha_{s1}$- např. u 3 dny zralého sýru Cheddar byly zjištěny vyšší hodnoty aminokyselin (Glycin, Leucin, Phenylalanin) na srovnatelné úrovni jako sýry, které zrály 6 měsíců. Tyto výsledky byly po aplikaci tlaku (5 – 200 MPa/72 h/25 °C) v prvních dnech zrání. Aplikace tlaku ale značně závisí na jeho výši a délce působení, kdy při nižších tlacích a krátké době působení, nebyly většinou zaznamenány razantnější změny v rámci proteolýzy či lipolýzy. U použití tlaku např. v době 4. měsíce se hodnoty od kontrolních vzorků téměř nelišily. (Rodríguez-Martínez, a kol., 2014; O´Reilly 2002)

Metoda aplikace tlaku se jeví též jako účinná i u řady jiných mléčných výrobků. Příkladem může být produkce jogurtů, kde pomocí vysoké tlaku lze docílit rozvoje řady biochemických změn, které se podílejí na řadě senzorických aspektech, tudíž nemusí být pro výrobu přidávány látky, které by intenzivnější chuť a aroma doplnily (Liepa a kol, 2016).

## 4.3 Využití různých kultur

Využití různých kultur, které budou ovlivňovat řadu biochemických a mikrobiologických pochodů, patří mezi účinné, ale zatím ne plně prostudované metody. Opětovně se jejich aplikace zavádí na polotvrdé (převážně Cheddar či Manchego) nebo extra tvrdé (Reggianito, parmezán) sýry. Pomocí kultur lze docílit i rozvoje řady senzoricky aktivních látek, a to i v sýrech, které obsahují nízké procento tuku, který je běžně nositelem chuti. Důvodem této možnosti aplikace, jsou rovněž podněty ohledně zlepšení stravovacích návyků lidské populace.

Pro lepší průběh zrání, se využívá např. aplikace doplňkových nebo atenuovaných startérových kultury (Garbowska a kol., 2016). Atenuované kultury se většinou připravují metodou spray-drying (za použití vyšší či nižší teploty), freeze-drying či freezing. V podstatě se jedná o bakterie, u kterých byly tzv. „šokem“, pozastaveny metabolické procesy. U spray-drying jsou kultury podrobeny sušení proudem vzduchu o teplotě kolem 82 °C nebo 120 °C, přičemž výsledná teplota sušené kultury nevyvstane nad teplotu její inaktivace. Freeze-drying je proces lyofilazace (sušení mrazem), u freezing se jedná o hluboko zmrazené kultury. Některé z metod přípravy, se dokonce jeví účinnější a efektivnější (např. tzv. spray-drying, které je i energeticky a ekonomicky výhodnější, ale aktivita bakterií je vlivem teploty, oproti ostatním metodám, značně nižší.). Freeze-drying je dražší, ale jeho výhoda se odráží v počátečním urychlení zrání bez rozvoje hořkých chuťových látek (Johson a kol., 1995). Z da-

ných použitých kultur, to jsou převážně bakterie rodu *Lactobacillus* (př. *Lactobacillus helveticus, Lactobacillus bulgaricus*), *Lactococcus (Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*) či *Streptococcus* (*Streptococcus thermophilus*). Pomocí atenuace, jsou více chráněny před vnějšími zásahy, které se pro akceleraci zrání, též využívají. Dalším pozitivem je to, že jejich metabolizmus je pozastaven tak, aby nedocházelo k rapidnímu procesu proteolýzy, což by mohlo mít za následek vznik nežádoucích aromat (Johson a kol., 1995). Značnou nevýhodou však je možný rozvoj nežádoucích aromat, které byly u všech použitých metody popsány. Odlišnosti je možné zaznamenat i v rámci změny texturních či senzorických vlastností (Law a Tamine, 2010, str. 245-249; Garbowka a kol. 2016).

Jedním z takovýchto pokusů, se zabýval tým z Department of Food Science na University of Wisconsin (Johson a kol., 1995). Zkoumány a popsány byly jednotlivé ošetřené kultury. Vlivem kultur dochází ke změně pH uvnitř sýrů. Hodnota se liší v závislosti na stupni zralosti, přičemž v prvních dnech se čísla pohybují kolem pH 5,15 – 5,3 a v následujících dnech zrání se mění. Větší aktivita daných bakterií, které iniciativně metabolizují laktózu na kyselinu mléčnou, hodnotu pH snižují. V porovnání účinnosti jednotlivých kultur, byly metabolické, texturní či senzorické změny, nejrozsáhlejší v prvních obdobích zrací periody. Spray-drying a freeze-drying ve 3. měsíci zráni, vykazovaly oproti kontrolním vzorkům, pevnější strukturu, ale také tzv. off-flavours (nežádoucí aroma). V pozdějším období, se pak hodnoty vyrovnaly běžným sýrům (Garbowska a kol. 2016).

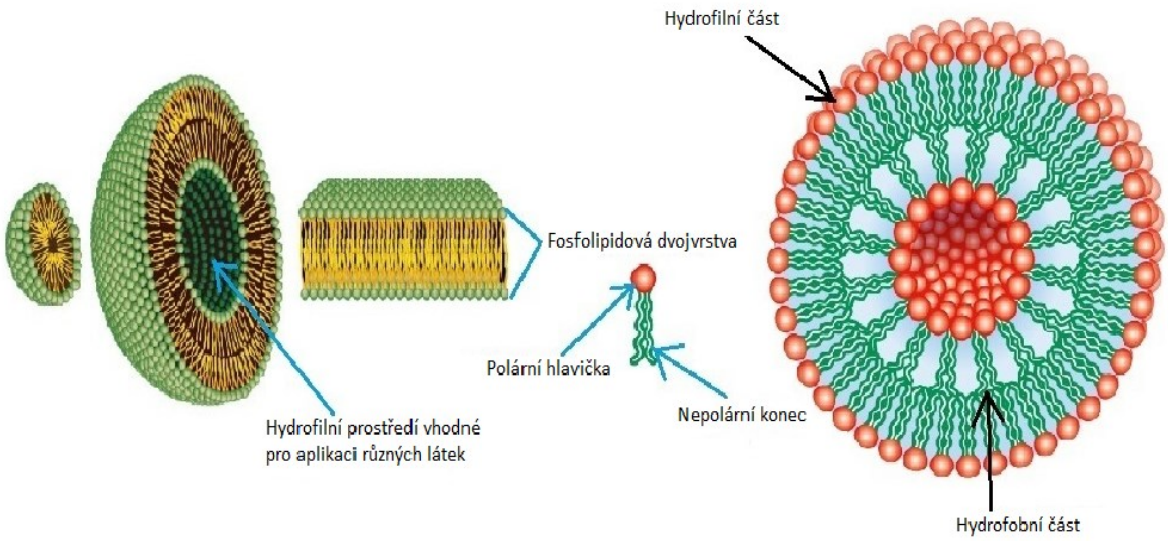
Za zmínku stojí i pokusy s nízkotučnými holandskými sýry, kde byly použity tzv. „adjunct“ kultury. Doplňkové kultury bývají podrobeny nízké teplotě a delší časové výdrži (většinou 65 °C/10-30 minut) tak, aby se „zafixovala“ jejich vysoká proteolytická aktivita. Oproti sýrů, zrajícím za běžných podmínek, vykazovaly sýry s „adjunct“ kulturou, lepší texturu, chuť, aroma, dokonce byly i prokázány velmi pozitivní dopady na zkrácení zrací periody (Garbowska a kol., 2016)

Další možností je použití i starterové kultury, u kterých došlo ke změně genetické informace za čelem navození specifických podmínek (zefektivnění metabolizmu sacharidů, štěpení peptidů, rozvoj senzoricky aktivních látek apod.) (Barry a Tamine, 2010, str. 101). Tyto mikroorganizmy pak nesou označení geneticky modifikovaný organizmus (zkratka GMO). Podmínkou je, že mikroorganizmy musí být izolovány ze stejného kmene, ze kterého pochází. Většina těchto zásahů se provádí na BMK, kdy pomocí změny DNA, mohou být ovlivněny jejich enzymy. Použití GMO se řídí přísnými nařízeními, které jsou pro každý stát, vymezeny jinak. V mlékárenském průmyslu zatím není tato metoda pro komerční účely

dostupné, neboť se stále nachází řada spekulativních názorů nejen z pohledu konečných spotřebitelů (Barry a Tamine, 2010, str. 177-179; Barry a Tamine, 2010, str. 249-253).

## 4.4 Využití nanolipozomů

Novinkou, která je v procesu akcelerace implementována, je využití nanolipozomů. Lipozomy jsou speciální syntetické bioaktivní částice o velikosti pohybující se mezi 0,025 – 2,5 μm, jejichž základem je fosfosfolipidová dvojvrstva nesoucí hydrofilní a hydrofobní část. Model takové micely je vyobrazen na Obrázku č. 4.




*Obr. č. 4: Jednoduchá struktura molekuly lipozomu* (upraveno dle Akbarzadeh a kol., 2003)

Částice jsou syntetizovány buď z cholesterolu, nebo narušením fosfolipidové dvojvrstvy příslušných lipidů. Jejich využití se jeví jako velký přínos nejen pro medicinské účely, své opodstatnění si totiž najdou i v potravinářském průmyslu. Účinnost tkví v enkapsulaci (obalení) jednotlivých látek (aroma, enzymy, vitaminy a další.), přičemž dokážou zbrzdit jejich uvolňování a lze je dopravit na konkrétní místo pomocí mikrofluidní techniky. Mikrofluidistika je v podstatě aplikace daných látek ve velmi malých rozměrech (Akbarzadeh a kol., 2013). Velkou výhodou je i to, že pomocí této metody není nutno velkého množství materiálu, neboť se pracuje v rozsahu velmi malých rozměrů (Tesař, 2008)

Vlivem toho, že enzymy snadno reagují s ostatními složkami prostředí, ve kterém se zrovna nacházejí, se často používá kombinace jejich enkapulace: proteáza a peptidáza; proteáza a lipáza; proteáza, peptidáza a lipáza. Enzymy jsou tak více zadržovány v sýřenině, aniž by docházelo ke ztrátám při uvolňování do syrovátky. Toto se velice osvědčilo právě v sýrařské technologii za účelem snížení zrací doby, rozvinutí senzorických vlastností a prodloužení trvanlivosti sýrů (Anjani a kol., 2005; Akbarzadeh a kol., 2013)

Charakterizací procesu zavedení lipozomů a nanolipozomů do technologické výroby sýrů, se např. v roce 2015 zabýval Reza Mohammadi a jeho kolektiv, a to pod záštitou Mezinárodní společností pro mlékárenskou technologii (z anglického International Dairy Society) v Austrálii. Převážná část výzkumu se věnovala dopadu procesu na sýr typu Cheddar. Cílem bylo, se zaměřit na to, jak lipozomy dokáží reagovat s aktivními látkami obsaženými v mléce a jaký bude jejich dopad na technologický proces (Mohammadi a kol., 2015). Byly popsány různé enzymy produkované řadou bakterií jako např. neutráza, endo-proteáza, která je produkována bakterií *Bacillus amyloliquefaciens*. Tento enzym katalyzuje proteolýzu v peptidech a proteinech a selektivně hydrolyzuje karboxylové kyseliny a aminokyseliny. Děj tak probíhá rychleji, což se může projevit na kvalitě konečného výrobku. Tomu lze zabránit právě enkapsulací proteáz, které jsou tak během zrání více chráněny a tudíž se budou moci postupně uvolňovat, aniž by došlo k rapidnímu rozsahu určitého biochemického děje, který by mohl mít i negativní dopady na konečnou charakteristiku produktu. Na druhou stranu např. aplikací chymosinu nebo kyprozinu (enzym selektovaný z artyčoků) pomocí lipozomů, může dojít k rychlejší degradaci α- a β-kaseinů oproti enzymům volně se vyskytujících. Důsledkem je to, že lipozomy velmi dobře adsorbují na povrch kaseinů nebo tuku. Příčinou procesu je pak intenzivnější chuť, aniž by se objevily nežádoucí chuťové vlastnosti, jako jsou stopy hořkosti, kyselosti apod. Ovlivnění účinku této aplikace se též odvíjí na tučnosti daného sýra a na teplotě, při které ke zrání dochází (Mohammadi a kol., 2015)

Metoda se též aplikovala u sýru typu Gouda a Manchego, přičemž na konečných výsledcích účinnosti, se projevovaly aspekty jako tučnost, koncentrace soli v sýrech, množství tuku v sušině nebo samotné účinnosti obalení dané látky/enzymu. Po přídavku neutrázy, se proteolýza značně urychlila už následující den po aplikaci. Pokud by se jednalo o kombinaci se zakomponováním teploty, mělo by to za účinek zvýšení produkce dusíkatých aminosloučenin nebo např. acetaldehydu. Jako příklad lze uvést aplikaci lipozomů, které v sobě měly enkapsulované bakterie mléčného kvašení, izolované z rodu *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (Mohammadi a kol., 2015).

K dalším vlastnostem lipozomů patří schopnost vytvořit mikrobiální ochranu během zrání, kde se uplatňují enkapsulované bakteriální či fungní enzymy, které jsou důsledkem i výraznějšího aroma či určité změny textury. Aplikace peptidů, které působí jako antimikrobiální látky, jsou často označovány jako „bioprezervativní" ochranné složky. Příprava takovýchto látek však není jednoduchá, neboť jednotlivé antimikrobní látky snadno reagují s fosfolipidovou dvojvrstvou daného lipozomu. Lipozomy proto bývají podrobeny freeze-drying neboli lyofilizaci (sušení mrazem za použití nízkého tlaku). Typickým příkladem aplikace antimikrobní látky, může být aplikace enkapsulovaného nizinu, který by jinak podléhal rychlejší degradaci vlivem jeho citlivosti k Maillardovým reakcím, čemuž se rozumí interakce mezi redukujícími sacharidy a aminokyselinami. Problémem se však může projevit rezistence určitých druhů bakterií na dané antibiotikum. Řešením je pak amfifilní povaha nizinu s jeho možnou interakcí s fosfatidylcholinem či fosfatidylgylcerolem, jakožto zlepšujícího účinku ochrany proti bakterii *Listeria monocytogenes*. Celkové změny se odvíjí na retenčním čase a koncentraci enkapsulovaných enzymů. Pevnost textury se v rámci provedených pokusů jevila o něco pevnější v porovnání s kontrolními vzorky, které zrály za běžných podmínek. Senzorické změny nebyly zaznamenány. Aplikace proběhla metodou mikrofluidizace a homogenizačního procesu s kombinací vysokého tlaku. Jeho asociace též záleží na povrchu buněčné membrány, mezi kterou interaguje (Mohammadi a kol., 2015; Akbarzadeh a kol., 2013).

Vědecký tým z University of Western v Sydney, se zabýval problémem, jak docílit větší účinnosti enkapsulovaných enzymů vlivem interakce enzymů s vhodnými polymery jako škroby, algináty, pektiny aj. V hlavní roli vystupoval Flavourzyme, fungní komplex (proteáza-peptidáza). Pro samotnou aplikaci bylo nutné připravit specifický roztok (většinou 0,1 molární $CaCl_2$) pro interakci daného enzymu a polymeru. Aby mohl být Flavourzyme enkapsulován např. pomocí alginátu, bylo nutné použít speciální extrudér, který dokáže vytvořit souhrnný komplex obou složek. Připravené vzorky jsou pak podrobeny gelaci v roztoku daného polymeru. Pro úschovu na další použití, mohou být připravené enzymy lyofilizovány. Test účinnosti daného enzymu se pak hodnotil na základě lisování sýrů, kdy bylo hodnoceno, v jakém množství dojde k úniku enzymů do syrovátky. Vlivem enkapsulace a tím docílení větší velikosti části, však mohou být zpětně vychytávány pomocí filtru a vpravovány do sýřeniny sýra. V rámci celkového posouzení se tyto enzymy v jisté míře podílí na urychlení proteolýzy bez senzorických změn. (Anjani a kol., 2006),

Své uplatnění, si také lipozomy našly cestou ve způsobu fortifikace sýrů různými vitaminy. Důvodem bylo, opět zaměření se na různé požadavky dnešní populace a vyplývajícího hlediska nedostatku určitých látek ve stravě člověka. Fortifikovány byly vitaminy D a E, přičemž metoda se jevila jako velmi účinná, neboť díky enkapsulaci, je možné ve výrobku vitamin udržet po delší dobu a ve vyšší koncentraci než za normálních podmínek (Mohammadi a kol, 2014).

Kromě pozitivních aspektů, se však u této metody nachází i řada negativních účinků, která souvisí např. s problémem velikostí lipozomů, která je oproti jiným molekulám (proteiny apod.), relativně malá a z hlediska obalení je proces náročnější. Další nevýhodou je určitá míra jejich degradability ovlivněná vyšší teplotou při zpracování. Pokud bychom braly v potaz dopad na určité biochemické procesy, lze zmínit vliv homogenizace na lipolytické procesy. I když se homogenizace do technologických kroků při úpravě mléka, běžně nezařazuje, v rámci mikrofluidní techniky, hraje důležitou část procesu, neboť je zde nutné připravit částice velmi malých rozměrů (Vélez a kol., 2017). Účelem samotného procesu, je roztříštění tukových kuliček na co nejmenší velikost, aby se tak zamezilo vyvstávání mléčného tuku na povrchu mléka. Nově vzniklé tukové kuličky se obalují bílkovinami mléka, ale jejich nedostatek může způsobit značné problémy. Obsah některých tukových kuliček tak může být zpřístupněn k rozsáhlejším změnám, neboť jejich povrch nemusí být dostatečně pokryt právě bílkovinami v důsledku jejich možného minoritního výskytu v mléce (Buňka a kol, 2013). Dalším zásadním mezníkem je interakce kaseinových micel s tukovými kuličkami za podpory denaturovaných sérových bílkovin. V rámci mikrofluidní techniky dochází k použití homogenizace, aby se docílilo velmi malých rozměrů.

Výhodou tohoto procesu může být do značné míry ovlivnění lipolýzy v průběhu zrací periody, zároveň může dojít k efektivnímu rozvoji metabolismu mastných kyselin (MK). Je třeba neustále věnovat pozornost vznikajícím senzoricky aktivním látkám. Výskyt různých degradačních složek z metabolismu MK, se značně liší na začátku a v polovině zrací periody. U homogenizovaných sýrů začíná lipolýza na začátku zrací periody, kdežto u kontrolních vzorků se děj rozvíjí zhruba v polovině zracího procesu (Vélez a kol., 2017).

I přes několik negativních aspektů, převládají pozitiva, a je víceméně jisté, že si lipozomy získávají obrovskou přízeň. Jsou do nich vkládány velké naděje v řadě oblastech, kde budou moci být využity v širokém rozsahu (Akbarzadeh a kol., 2013).

# ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo blíže nastínit a popsat možnosti aplikace jednotlivých metod vedoucích k akceleraci polotvrdých a tvrdých sýrů. Procesy, které byly do této problematiky zahrnuty, obsahují poměrně rozsáhlý popis dějů, které vlivem daného použití na jednotlivé sýry nastávají. Včetně aplikace těchto metod (teplota, tlak, nanolipozomy, atenuované kultury), byly taktéž popsány dopady na metabolické procesy (proteolýza, lipolýza) a senzorické vlastnosti sýrů. Akcelerace zrání sýrů je téma, které se neustále vyvíjí. I když byla popsána řada účinných metod, nejsou zatím takto „upravené“ sýry, na běžném spotřebitelském trhu k dispozici.

V bakalářské práci byly popsány i základní technologické operace týkající se výroby přírodních polotvrdých a tvrdých sýrů. Nebyly opomenuty ani historické aspekty původu výroby a směr vedoucí k rozvoji sýrařského průmyslu a uvádění jednotlivých produktů na trh. Vady sýrů, které při výrobě a samotném zracím procesu mohou nastat, byly též zohledněny.

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANJANI, K., K. KAILASAPATHY a M. PHILLIPS. Microencapsulation of enzymes for potential application in acceleration of cheese ripening. *Internation Dairy Journal* [online]. 2007, **17**(1), s. 79-86 [cit. 2018-03-18]. Dostupné prostřednictvím Science Direct z: https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.01.005

Bezpečnost potravin A-Z. a) *Sýry ve výživě*. *Internetový portál bezpečnosti potravin - Informační centrum bezpečnosti potravin*. [online]. Ministerstvo zemědělství, Praha. [cit. 2017-07-21]. Dostupné z: http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92087.aspx

Bezpečnost potravin A-Z. b) *Vady sýrů*. *Internetový portál bezpečnosti potravin - Informační centrum bezpečnosti potravin*. [online]. Ministerstvo zemědělství Praha. [cit. 2017-07-21]. Dostupné z: http:// http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92468.aspx

BUŇKA, František, Vendula PACHLOVÁ, Leona BUŇKOVÁ a Michaela ČERNÍKOVÁ. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-2545-1

CERUTI, Roberto J., Susana E. ZORRILLA a Guillermo A. SIHUFE. The influence of elevated initial ripening temperature on the proteolysis in Reggianito cheese. *Food Research International* [online]. 2012, 48(1), s. 34-40 [cit. 2018-02-18]. Dostupné prostřednictvím ScienceDirect z: https://doi.org/10.1016/j.foof.res.2012.02.011

CERUTI, Roberto J., Susana E. ZORRILLA, Nora G. SABBAG, Silvia C. COSTA a Guillermo A. SIHUFE. Acceleration of Reggianito cheese ripening. Effect of increased initial ripening temperatures on biochemical and sensory characteristics. *Dairy Science & Technology* [online]. 2015, 95(2), s. 231-243 [cit. 2018-02-18]. DOI: 10.1007/s13594-014-0205-2. ISSN 1958-5586. Dostupné prostřednictvím Spring Link z: http://link.springer.com/10.1007/s13594-014-0205-2

CheessScience.net: Scientific Publicaions. *CheeseScience.net*. *Cheese Science.* [online]. [cit. 2017-10-07]. Dostupné z: http://www.cheesescience.net/2007/07/scientific-publications-july-27-2007.html

COLLINS, Yvonne F., Paul L. H. MCSWEENEY a Martin G. WILKINSON. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. Internationa Dairy Journal [online]. 2013, **13**(11), s. 841-866 [cit. 2018-11-28]. Dostupné prostřednictvím ScienceDirect z: https:// doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2

ČESKO. Vyhláška č. 397/2016 Sb. ze dne 2. prosince 2016, kterou se stanoví požadavky

pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění*. [online]. [cit. 2017-07-30]. Dostupné z: http://www.zakonyprolidi-cz/cs/2016-397/zneno-20170101#p31-1-1

DA COSTA, Joyce Maria Gomes, Eric Keven SILVA, Ariel Antonio C. TOLEDO HIJO, Viviane M. AZEVEDO, Marcelo R. MALTA, José Guilherme L. FERREIRA ALVES a Soraia V. BORGES. Microencapsulation of Swiss cheese bioaroma by spray-drying: Process optimazation and characterization of particles. Powder Technology [online]. 2015, **274,** s. 296-304 [cit. 2018-04-14]. Dostupné prostřednictvím ScienceDirect z: https://10.1016/j.powtec.2015.01.037

Dairy Goodness (a). How Cheese is Made – Milk Treatment. Dairy Goodness [online]. [cit. 2017-30-10]. Dostupné z: https://www.dairygoodness.ca/cheese/how-cheese-is-made/milk-treatment

Dairy Goodness (b). *Shelf Life of Cheese - How to Store Cheese – Cheese*. *Dairy Goodness* [online]. [cit. 2017-10-30 ]. Dostupné z: https://www.dairygoodness.ca/cheese/how-to-store-cheese/shelf-life-of-cheese

eAgri. 2009. *Vývoj potravinového práva pokračuje*. [online]. Ministerstvo zemědělství, Praha. 2015. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/aktualni-temata/hygienicky-balicek/vyvoj-potravinoveho-prava-pokracuje.html

FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics and mikrobiology*. 3rd ed. London: Elsevier, 2014, str. 573-576. Volume 1: General Aspects. Kap. 24 Nutritional aspects of cheeses. ISBN 978-1-405-18298-0

GARBOWSKA, Monika, Antoni PLUTA a Anna BERTHOLD-PLUTA. Changes during ripening of reduced-fat Dutch-type cheeses produced with low temperature and long time (LTLT) heat-treated adjunct starter culture. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2016, 69, s. 287-294 [cit. 2018-02-18]. Dostupné prostřednictvím ScienceDirect z:

GARDINO Natalie. *Cheese Personality: Alcohol-Marbled Cheeses Culture*. Culture: the word on cheese, 2013. [online]. [cit. 2017-09-04]. Dostupné z: https://culture-cheesemag.com/blog/cheese-personality-alcohol-marbled-cheeses

GUINEE, T. P. Salting and the role of salt in cheese. Internationa Journal Of Dairy Technology [online]. 2004, **57**(2-3), s. 99-109 [cit. 2018-03-18]. Dostupné prostřednictví Wiley Online Library z: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.044

*History of Cheese*. National Historic Cheesemaking Center. NHCC, Monroe WI [online] Copyright. ©2017 National Historic Cheesemaking Center. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: http://www.nationalhistoriccheesemakingcenter.org/history-of-cheese/

How Cheese is Made - Cheese | Dairy Goodness. *Dairy Goodness* [online]. [cit. 12. 07. 2017]. Dostupné z: https://www.dairygoodness.ca/cheese/how-cheese-is-made

International Dairy Foods Association. IDFA. *History of Cheese*. Washington DC [online]. Copyright ©. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: http://www.idfa.org/news-views/media-kits/cheese/history-of-cheese

ITALAT, CZ, s.r.o., Výrobce italských sýrů. [online]. Firma Vitalat. [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: http://www.italat.cz/firma.aspx

JOHNSON, C. A. J, M. R. ETZEL, C. M. CHEN a M. E. JOHNSON. Accelerated ripening of reduced-fat cheddar cheese using four attenuated *Lactobacillus helveticus* CNRZ-32 adjuncts. *Journal of Dairy Science* [online]. 1995, 78(4), s. 769-776 [cit. 2018-04-08]. Dostupné prostřednictvím ScienceDirect z: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)766887

KABELOVÁ, Ivana, M. DVOŘÁKOVÁ, H. ČÍŽKOVÁ, P. DOSTÁLEK a K. MELZOCH. Determination of free amino acids in cheeses from czech market. [online]. *Czech J. Foof Sci*., 2009, **27**(3), 143-150 [cit. 2018-02-03]. Dostupné prostřednictvím Agriculture journals z: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/08676.pdf

KADLEC, Pavel a kolektiv. *Technologie potravin I.* ©2002. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 2002. ISBN 9788070805091

KADLEC, Pavel a kolektiv. *Technologie potravin II*. ©2002. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 2007. ISBN 80-7080-510-2.

Laktoscollection. *Čerstvé sýry*. *Lactoscollection – cheese labels 2017*. Laktos Praha, spol. s.r.o. & Ladislav Likler. 2017 [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: http://www.laktoscollection.cz/storage/1245169107_sb_cerstve-syry.pdf

LAW, Barry A. a Y. TAMINE. Technology of cheesemaking. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010. ISBN 978-1-405-18298-0

LIEPA Marika, Jelena ZAGORSKA a Ruta GALOBURDA. High-pressure processing as novel technology in dairy industry: a review. Latvia University Of Agriculture. *Research Rural Development* 2016, 1: s. 76-83. Dostupné z: http://agris.fao.otg/agris-search.do?recorfID=LV2016030814

MARÍNEZ-RODRIÍGUEZ, Yamile, Carlos ACOSTA-MUÑIZ, Guadalupe I. OLIVAS, José GUERRERO-BELTR8N, Dolores RODRIGO-ALIAGA a David R. SEPÚLVEDA. High hydrostatic pressure processing of cheese. Comprehensice Reviews in Food Science and Food Safety [online]. 2012, **11**(4), s. 399-416 [cit. 2018-04-14]. Dostupné prostřednictvím Wiley Online Library z: https://10.1111/j.1541-4337.2012.00192.x

MCSWEENEEY, Paul L. H. Biochemistry of cheese ripening. *Inernational Journal ofDairy Technology* [online]. 2004, **57**(2-3), s. 127-144 [cit. 2018-08-02]. Dostupné prostřednictvím Wiley Online Library z: https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x

Wisconsin Cheese. Education: Cheese Storing and handling [online]. Dairy Farmers of Wisconsin. Excelsior Dr. Madison, WI. [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: http://www.wisconsincheeseretail.com/education/cheesestorage

Milks Fact. *Cheese Production: Cheese definition*. Milks Fact, [online]. [cit. 2018-07-21]. Dostupné z: http://www.milkfacts.info/Milk%20Processing/Cheese%20Production.htm

MIRAFZALI, Zahra, Courtney S. THOMPSON a Karim TALLUA. Application of liposomes in the food industry. *Microencapsulation in the Food Industry* [online]. Elsevier, 2014, s. 139-150 [cit. 2018-02-10]. Dostupné prostřednictvím Science direct z: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404568-2.00013-3

MOHAMMADI, Reza, Maryam MAHMOUDZADE, Mohsen ATEFI, Kianoush KHORSRAVI-DARANI a M. R. MOZAFARI. Applications of nanoliposomes in cheese technology. International Journal of Dairy Technology [online]. 2015 **68**(1), s. 11-23 [cit. 2018-01-30]. Dostupné prostřednictvím Wiley Online Library z: http://doi.wiley.com/10.111/1471-0307.12174

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin. In: *EUR-lex* [právní informační systém]. Brusel, 2002. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1523895995300&text=178/2002&scope=EURLEX&type=quick&lang=cs

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 (a) ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. In: EUR-lex

[právní informační systém]. Brusel, 2004. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1523898555422&text=852/2004&scope=EURLEX&type=quick&lang=cs

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 (b) ze dne 29. dubna 2004 O hygieně potravin. In: *EUR-lex* [právní informační systém]. Brusel, 2004. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1523899345668&text=853/2004&scope=EURLEX&type=quick&lang=cs

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 (c) ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. In: EUR-lex [právní informační systém]. Brusel, 2004. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1523899345668&text=854/2004&scope=EURLEX&type=quick&lang=cs

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 854/2004 (d) ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní pravidla pro organizaci úředních kontrol produktů živočišného původu určených k lidské spotřebě. In: *EUR-lex* [právní informační systém]. Brusel, 2004. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1523899445713&text=854/2004&scope=EURLEX&type=quick&lang=cs

NONGONIERMA, Alice, Magdalena ABRLOVA a Kieran KILCAWLEY. Encapsulation of lactic acid bacteria cell-free extract in liposomes and use in Cheddar cheese ripening. *Foods* [online]. 2013, **2**(1), s. 100-119 [cit. 2018-02-03]. Dostupné prostřednictvím US Nationa Library of Medicine Nationa Institutes of Health z: https://doi.10.3390/foods2010100

O´REILLY, Ciara.E., Paula M. O´CONNOR, A. L. KELLY a T. P. BERESFORD. Use of hydrostatic pressure for inactivation of micorbial contaminants in cheese. Applied and Enviromental Microbiology [online]. 2000, **66**(11), s. 4890-4896 [cit. 2018-02-06]. Dostupné prostřednictvím US National Library of Medicine National Institutes of Healthl z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC92396/

O´REILLY, Ciara.E., Paula M. O´CONNOR, Patrick M. MURPHY, Alan L. KELLY a Thomas P. BERESFORD. Effects of high-pressure treatment on viability and autolysis of starter bacteria and proteolysis in Cheddar cheese. International Dairy Journal [online]. 2002, **12**(11), s. 915-922 [cit. 2018-04-14]. Dostupné prostřednictvím Science Direct z: https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00119-X

PEIGHAMBARDOUST, S. H., A. GOLSHAN TAFTI aj. HESARI. Application of spray drying for preservation of lactic acid starter cultures: a review. Trends in Food Science & Technology [online]. 2011, 22(5), s. 215-224 [cit. 2018-04-03]. Dostupné prostřednictvím Science Direct z: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.009

QUIGLEY, Lisa, Daniel J. O'SULLIVAN, David DALY, et al. Thermus and the Pink Discoloration Defect in Cheese*: mSystems*. [online]. 2016, 1(3), e00023-16-. [cit. 2018-02-16]. Dostupné prostřednictvím mSystem: American Society for Microbiology z: https://doi.10.1128/mSystems.00023-16

ROBINSON, R. K. a R. A. WILBEY. Cheese faults and cheese grading. SCOTT, R., R. K. ROBINSON a R. A. WILBEY. *Cheesemaking Practice* [online]. Boston, MA: Springer US, 1998, 1998, s. 288-308 [cit. 2017-12-05]. Dostupné prostřednictvím Springer Link z: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5819-4_16

Rotronic USA-Measurement Solution. *Cheese Ripening & Aging.* ROTRONIC, NY, 2014. [online]. [cit. 2017-10-06]. Dostupné z: https://www.rotronic.com/en-us/rotronic-cases-read?id=375/

Státní zemědělská a potravinářská inspekce. *Datum minimální trvanlivosti a datum použitelnosti*. Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Praha. 2017 [online]. [cit. 2017-07-12]. Dostupné z: http://www.szpu.gov.cz/clanek/datum-minimalni-trvanlivosti-a-datum-pouzitelnosti.aspx

ŠNIRC, Július, Jozef GOLIAN, Karol HERIAN, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ a Margarita ČANIGOVÁ. Mlieko a mliečne výrobky. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015. ISBN 9788055213118

TESAŘ, Václav. *AUTOMA 10/2008*. Mikrofluidika. *Mikro-elektro-mechanické soustavy*. Praha, 2008 str. 6-9. [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: http://odbornecasopisy,cz/res/pdf/37953.pdfAUTOMA10/2008

University of Guelph. *Defects*. *Common cheese defects*. Food Science. [online]. University of Guelph, Kanada, 2014. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/defects

University of Guelph (a). *Ripening processes: chemical and physical changes.* Food Science. [online]. University of Guelph, Kanada. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/ripening-processes-chemical-and-physical-changes

University of Guelph (b). *Treatment of milk for cheese making*. Food Science. [online]. University of Guelph, Kanada. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/treatment-milk-cheese-making

VÉLEZ, Mária A., Erica R. HYNES, Carlos A. MEINARDI, Véronica I WOLF a María C. PEROTTI. Cheese milk low homogenization enhanced early lipolysis and volatiles compounds production in hard cooked chees. *Food Research International* [online]. 2016, 96, s. 215-225 [cit. 2018-02-03]. Dostupné prostřednictvím Science Direct z: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.011

YVON, Mireille a Liesbeth RIJNEN. Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal* [online]. 2001, **11**(4-7), s. 185-201 [cit. 2017-12-08]. Dostupné prostřednictvím Science Direct z: https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00049-8

**Obrázky:**

Cheese making. *Hispanico cheese* [online]. [cit. 2018-03-24]. Původní obrázek ve formátu JPEG. Dostupné z: http://www.cheesemaking.com/Hispanico.html

Culturecheesemag: The word on cheese. *Latin America Cheese: Argentina*. [online]. [cit. 2018-04-16]. Původní obrázek ve formátu JPEG. Dostupné z: https://culturecheesemag.com/blog/latin-american-cheese-argentina

Emmentaler Schwitzerland. The Swiss Original. Classic Emmentaler AOP. [online]. [cit. 2018-04-16]. Původní obrázek ve formátu PNG. Dostupné z: https://www.emmentaler.ch/en/reserve-emmentaler-aop

Forever Cheese. *Garottxa* [online]. [cit. 2018-04-16]. Původní obrázek ve formátu JPEG. Dostupné z: http://forevercheese.com/products/garrotxa/

Royal Society of Chemistry. *Small molecule therapeutic-loaded liposomes as therapeutic carriers: from development to clinical applications*. [online]. [cit. 2018-04-16]. Původní obrázek ve formátu GIF. Dostupné z: http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/ra/c6ra09854a/unauth#!dicAbstract

U. S. National Library of Medicine National Institute of Health. Open-i ®. *Liposomes as nanomedical devices*. [online]. [cit. 2018-04-16]. Původní obrázek ve formátu JPEG. Dostupné z: https://openi.nlm.nih.gov/detaildresult.php?img=PMC4324542_ijn-10-975Fig1&req=4

Williamson Wines. *Aging cheese.* [online]. [cit. 2018-04-16]. Původní obrázek ve formátu JPEG. Dostupné z: https://williamsonwines.com/aging-cheese

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|---|---|
| BMK | Bakterie mléčného kvašení |
| NBMK | Nezákysové bakterie mléčného kvašení |
| MK | Mastné kyseliny |
| AMK | Aminokyseliny |
| MO | Mikroorganizmy |
| GMO | Geneticky modifikované organizmy |
| HHP | High hydrostatic pressure |
| BA | Biogenní aminy |
| NaCl | Chlorid sodný |
| $CaCl_2$ | Chlorid vápenatý |
| $CO_2$ | Oxid uhličitý |
| $G^+$ | Gram pozitivní |
| $G^-$ | Gram negativní |
| Aj. | A jiné |
| Např. | Například |
| Tzv. | Takzvaně |
| Str. | Strana |
| °C | Stupeň Celsia |
| °SH | Stupeň Soxhlet-Henkel |
| $a_w$ | Vodní aktivita |
| pH | Hodnota potenciálu vodíku (kyselost/zásaditost) |
| MPa | Hodnota tlaku v megapascalech |
| % | Procenta |

# SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. č. 1: Obecné schéma výroby sýrů s dohřívanou sýřeninou……18*

*Obr. č. 2: Obecné schéma metabolismu aminokyselin……27*

*Obr. č. 3: Schéma výskytu aromatických složek aminokyselin v určitých typech sýrů……28*

*Obr. č. 4: Jednoduchá struktura molekuly lipozomu……42*

*Obr. č. 5: Pohled do zracího sklepa s italskými extra tvrdými sýry typu Fontina…Příloha I*

*Obr. č. 6: Řez sýrem typu Emmental……..Příloha II*

*Obr. č. 7: Reggianito (sýr původem z Argentiny)……..Příloha II*

*Obr. č. 8: Garottxa (kozí sýr s kůrkou pokrytou popelem, původem z Katalánska...Příloha II*

*Obr. č. 9: Hispánico (španělksý sýr)……..Příloha II*

# SEZNAM TABULEK

*Tab. č. 1: Rozdělení přírodních sýrů……12*

*Tab. č. 2: Změny vybraných aminokyselin v testovaných vzorcích sýrů……37*

# SEZNAM PŘÍLOH

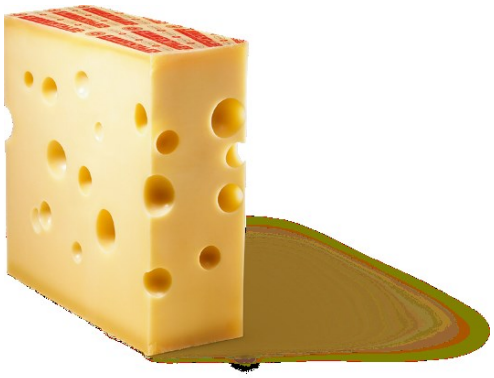
Příloha P I: Zrací sklep

Příloha P II: Vybrané druhy polotvrdých a tvrdých sýrů

# PŘÍLOHA P I: NÁHLED DO ZRACÍHO SKLEPA

*Obr. č. 5: Pohled do zracího sklepa s italskými extra tvrdými sýry typu Fontina*

# PŘÍLOHA PII: VYBRANÉ DRUHY POLOTVRDÝCH A TVRDÝCH SÝRŮ



Obr. č. 6: Řez sýru typu Emmental

Obr. č. 7: Reggianito (sýr původem z Argentiny)

Obr. č. 8: Garottxa (kozí sýr s kůrkou pokrytou popelem, původem z Katalánska)

Obr. č. 9: Hispánico (španělský sýr)