

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Výroba a charakterizace plísňových sýrů
Bakalářská práce

2024

Daniela Kovářová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniela Kovářová
Osobní číslo: C21090
Studijní program: B0531A130024 Hodnocení a analýza potravin
Téma práce: Výroba a charakterizace plísňových sýrů
Zadávací katedra: Katedra analytické chemie

Zásady pro vypracování

- Proveďte literární rešerši zaměřenou na problematiku plísňových sýrů a jejich specifikaci a charakterizaci.
- Prezentujte základní postupy při výrobě plísňových sýrů od specifikace surovin přes využívané mikrobiální kultury až po specifikaci pro proces zrání. Zohledněte nejen tradiční způsoby výroby, ale i moderní trendy v dané oblasti.
- Diskutujte zdravotní aspekty související s konzumací uvedených druhů sýrů, a to jak benefity, tak především možná zdravotní rizika spojená.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2024**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Petr Česla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Výroba a charakterizace plísňových sýrů jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24.06.2024

Daniela Kovářová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Martinu Adamovi, Ph.D., za jeho ochotu, rady, trpělivost a přístup během této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

ANOTACE

Tato práce je zaměřena na plísňové sýry. Jsou zde uvedeny a specifikovány druhy plísňových sýrů a kultury, které se při výrobě používají. Dále jsou uvedeny technologické postupy výroby plísňových sýrů. Jsou zde popsány procesy v průběhu zrání. Pozornost je věnována benefitům, ale i možnému riziku konzumace plísňových sýrů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Plísňové sýry; Plíseň; Technologie; Zrání; Výživa;

TITLE

Production and characterization of mold cheeses

ANNOTATION

This work is focused on mold cheeses. The types of mold cheeses and cultures used in production are listed and specified here. Technological procedures for the production of mold cheeses are also presented. The processes during ripening are described here. Attention is paid to the benefits, but also to the possible risk of consuming moldy cheeses.

KEYWORDS

Mold cheeses; Mold; Technology; Maturation; Nutrition;

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD.....	12
1 Druhy sýrů	13
1.1 Camembert.....	14
1.2 Gorgonzola.....	15
1.3 Roquefort	15
1.4 Niva.....	15
2 Plísňové kultury	16
2.1 <i>Geotrichum candidum</i>	16
2.2 <i>Penicillium camemberti</i>	16
2.3 <i>Penicillium roqueforti</i>	17
2.4 <i>Aspergillus oryzae</i>	17
2.5 <i>Penicillium chrysogenum</i>	18
2.6 <i>Penicillium nalgiovenese</i>	18
3 Technologie výroby sýrů s plísní.....	19
3.1 Pasterované mléko	19
3.2 Homogenizace	19
3.3 Přídavné látky	20
3.3.1 Chlorid vápenatý.....	20
3.3.2 Dusičnan draselný.....	20
3.3.3 Mezofilní smetanová kultura	20
3.3.4 Čisté mlékařské kultury	21
3.3.5 Přídavek sekundárních plísňových kultur.....	21
3.4 Sýření	21
3.5 Zpracování sýřeniny	22
3.6 Solení	22
3.7 Zrání.....	22

3.8 Balení sýrů	23
4 Technologický postup výroby sýrů s plísní na povrchu	24
5 Technologický postup výroby sýrů s plísní uvnitř těsta	25
6 Biochemické změny v průběhu zrání sýrů.....	26
6.1 Enzymy podílející se na zrání sýrů	26
6.2 Lipolýza	27
6.3 Proteolýza	28
6.4 Glykolýza.....	29
7 Vady sýrů.....	31
7.1 Vady vnější	31
7.1.1 Vady tvaru.....	31
7.1.2 Vady povrchu.....	32
7.2 Vady vnitřní	32
7.3 Vady chuti a vůně	33
7.4 Mikrobiální vady.....	33
7.5 Technologické vady.....	34
8 Látky obsažené v sýrech	35
8.1 Biogenní aminy	35
8.1.2 Biogenní aminy v sýrech	35
8.1.3 Toxicita biogenních aminů	36
8.1.4 Stanování biogenních aminů.....	37
8.2 Mykotoxiny.....	37
8.2.1 Kyselina cyklopiazonová	38
8.2.2 Patulin	39
8.2.3 PR toxin	39
8.2.4 Roqfortin C	40
8.2.5 Kyselina mykofenolová	40
8.3 Lepek	41
8.4 Sodík v sýrech.....	41
8.5 Amidy mastných kyselin	42

9 Nutriční význam sýrů.....	43
9.1 Bílkoviny	43
9.2 Laktóza.....	43
9.3 Mléčný tuk	43
9.4 Minerální látky.....	44
9.5 Vitaminy	44
ZÁVĚR	45
POUŽITÁ LITERATURA	46

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 - Schéma lipolýzy v sýrech	27
Obrázek 2 - Schéma proteolýzy v sýrech	28
Obrázek 3 - Schéma metabolismu bakterií mléčného kvašení	30
Tabulka 1 - Rozdělení sýrů do skupin a podskupin.....	13
Tabulka 2 - Kvalifikace přírodních sýrů je podle obsahu tuku v sušině.....	14

SEZNAM ZKRATEK

AOC – appellation d'origine contrôlée–ochranné označení původu zboží zemědělských produktů původem ve Francii nebo Švýcarsku

CPA – kyselina cyklopiazonová

DNA – deoxyribonukleová kyselina

ELISA – enzyme-linked immunosorbent assay

GMP – good Manufacture Practise – správná výrobní praxe

GRAS – generally Recognized as Safe–obecně považovaný za bezpečný

HACCP – hazard analysis and critical control points–analýza rizik kritických kontrolních bodů

HPLC – high-performance liquid chromatography–vysokoučinná kapalinová chromatografie

PR– Penicillin Roquefort

ÚVOD

Sýry jsou mezi lidmi velmi oblíbenou potravinou. Jednou velmi vyhledávanou skupinou jsou sýry s plísní na povrchu nebo uvnitř. V dnešní době je na trhu hned několik druhů a většinou mají dlouholetou tradici. Jejich typická chuť je nezaměnitelná a díky technologickým postupům při výrobě a následujícím biochemickým reakcím v průběhu zrání je jedinečná.

Při výrobě se může používat hned několik plísňových kultur, které jsou určeny pro daný typ sýrů. Při použití plísní ale hrozí riziko rozvoje mykotoxinů, které jsou pro lidské zdraví nebezpečné, a proto je důležité dbát na dodržování správného technologického postupu a zejména skladování. Sýry s plísní mohou být znehodnoceny i dalšími vadami, které mohou být způsobeny právě špatným technologickým postupem, nebo rozvojem nežádoucích mikroorganismů, které mohou ovlivnit vzhled, konzistenci nebo chuť sýrů.

Sýry mohou také obsahovat biogenní aminy, které ve vysokých koncentracích mají vedlejší účinky na lidské zdraví. Další látka, která se může vyskytovat sýrech s plísní uvnitř, je lepek.

Sýry s plísní obsahují ale i látky, které jsou pro lidské zdraví dobré, například amidy mastných kyseliny a další látky, které jsou důležité z pohledu výživy člověka.

1 Druhy sýrů

Za sýr se považuje výrobek, který je vyrobený z mléka sýrařskou technologií vysrážením mléčné bílkoviny nebo syrovátky a následným procesem prokysáním nebo zráním. Většina sýrů se vyrábí z pasterovaného mléka, ale jsou i případy, kdy lze sýry vyrábět i z nepasterizovaného mléka. Pro výrobu daného druhu sýra se přidává mlékařská kultura k tomu určená a následuje oddělení syrovátky a mohou následovat i další úpravy sýřeniny. S výjimkou čerstvých sýrů se pokračuje zráním sýrů. Sýry se rozlišují na základě odlišných technologických postupů ve zpracování sýřeniny, způsobu zrání, složením a také senzorickými vlastnostmi. Podle technologického postupu, kterým byl daný sýr vyroben, lze rozlišit několik skupin a podskupin sýrů podle vyhlášky č. 77/2003 Sb. Viz tabulka 1 [1–3].

Tabulka 1- Rozdělení sýrů do skupin a podskupin [2]

Sýr	přírodní	čerstvý
		zrající zrající pod mazem zrající v celé hmotě s plísní na povrchu s plísní uvnitř hmoty dvouplísňový v solném nálevu, bílý pařený
		extra tvrdý (ke strouhání) tvrdý polotvrdý poloměkký měkký
	tavený	roztíratelný s lomem
	tavený sýrový výrobek	
tavený mléčný výrobek		
syrovátkový		

Další kvalifikace přírodních sýrů je podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra a podle obsahu tuku v sušině viz tabulka 2 [2].

Tabulka 2- Kvalifikace přírodních sýrů je podle obsahu tuku v sušině [2]

Kategorie sýr	Tuk v sušině (v % hm.)
Vysokotučný	nejméně 60,0
Plnotučný	nejméně 45,0 a méně než 60,0
Polotučný	nejméně 25,0 a méně než 45,0
Nízkotučný	nejméně 10,0 a méně než 25,0
Odtučněný	mně než 10,0

Specifickou skupinou jsou sýry plísňové. Jsou vyráběné bez dohřívání sýřeniny, bez lisování a jsou slabě solené. Jedná se o měkké až polotvrdé sýry, u kterých při procesu zrání dochází vlivem působení ušlechtilých plísňových kultur k rozkladu tuků a bílkovin, a tím se tvoří výrazné chuťové složky, ale také ovlivňuje vzhled, konzistence a vůni sýrů [4].

Mezi plísňové sýry lze zařadit sýry s plísní na povrchu, kam patří například camembert, hermelín nebo brie. Druhou podskupinou jsou sýry s plísní v těstě, jako jsou niva, roquefort nebo gorgonzola. Do poslední podskupiny patří dvouplísňové sýry, tedy sýry s kombinovanou plísní [3,4].

1.1 Camembert

Vznik Camembertu je spjat s historkou o selce, která zapomněla sýr ve sklepě. Po čase se na něm vytvořila plíseň. Selka ho chtěla nejprve vyhodit, ale nakonec ochutnala a byla překvapena zajímavá chuť. Sýr dostal svůj název od dcery této selky podle městečka Camember. V tomto městečku byl sýr prodáván od 16. století [5].

Camembert má chráněné označení původu, které je dáno jako vzor pro výrobu sýrů tohoto typu po celém světě. Během zrání podléhá několika biochemickým změnám, které ovlivňují jeho jedinečnou chuť. Na povrchu rostou nejčastěji plísně *Penicillium camemberti* nebo *Geotrichum candidum*, které se očkují na povrch sýra nebo přímo do mléka při výrobě [6].

1.2 Gorgonzola

Sýr Gorgonzola vznikl v Lombardii, kde lakotný hostinský prodával měkké sýry, které byly lehce plesnivé. Myslel si, že si lidé budou stěžovat, ale to se nastalo a sýr jim zachutnal. Sýr se vyrábí v Piemontu a Lombardii, což jsou oblasti chráněné a úrodné, což vede k jedinečné chuti zdejších sýrů. Jedné se o sýr s plísní uvnitř [4,7].

Tento italský sýr s modrou plísní je vzhledem k výrobnímu postupu a přítomnosti bakterií mléčného kvašení klasifikován za bezlaktózový sýr s výjimkou krátce zrajících odrůd, jako je odrůda dolce. Ta může obsahovat zbytkovou laktózu [8].

1.3 Roquefort

Výroba sýru Roquefort je známá již od roku 1070. Jedná se o francouzský sýr. Roquefort jako první francouzský sýr získal v roce 1925 AOC (Appellation d'origine contrôlée – ochranné označení původu zboží zemědělských produktů původem ve Francii nebo Švýcarsku). Tento sýr je vlhký a snadno se láme na malé kousky. Pravý Roquefort je vyráběn z ovčího mléka a zraje po dobu 3–5 měsíců. Sýr je krémový, má ostrou, pikantní a slanou chuť a patří do skupiny sýrů s modrou plísní uvnitř [3,8,9].

1.4 Niva

Název Niva pro sýry s modrou plísní byl použit již v roce 1948 na přehlídce sýrů v Čechách a od té doby se název Niva používá pro sýr tohoto druhu s modrou plísní běžně. Výroba byla dříve ruční a plísně si firmy pěstovaly na chlebu. Kvalita sýrů byla ovlivněna zracími sklepy, které nebyly tak kvalitní. Teplota ve zrajících sklepech kolísala a nebyla zde zavedena klimatizace. Niva je tady sýr se zelenou plísní v těstě, má příjemnou pikantní chuť a roquefortové aroma. Sýr Niva je mezi lidmi velmi oblíbený [10,11].

2 Plísňové kultury

Plísňové kultury způsobují změny bílkovin a tuků při zrání sýrů. Biochemické změny, ke kterým dochází v průběhu zrání, přispívají k tvorbě charakteristických vlastností pro daný sýr. Plíně používané k výrobě sýrů mají silnou proteolytickou a lipolytickou aktivitu. Aktivity mezi jednotlivými kmeny se liší [3].

Při výrobě sýrů s plísní se používají zejména tyto kultury: *Penicillium roqueforti*, *Penicillium camemberti*, *Penicillium caseicolum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium viridicatum*, *Penicillium chrysogenum*, *Scopulariopsis brevicaulis* nebo *Geotrichum candidum* [3,12].

2.1 *Geotrichum candidum*

Geotrichum candidum je plíseň, která roste na povrchu zrajících sýrů v prvních fázích zrání. Na některých sýrech vytvoří rovnoměrné šedobílé plísňové skvrny. Na měkkých a polotvrdých sýrech může zastavit přemnožení jiné plísně, například *Penicillium candidum*, které by vedlo k hořké chuti. Význam *Geotrichum candidum* při výrobě sýrů je kvůli proteolytickým a lipolytickým aktivitám důležitý. Dále se podílí na katabolismu aminokyselin i volných mastných kyselin a odkyselovacích aktivitách. Přerůstání plísně *Geotrichum candidum* může být i kazící proces, kdy na povrchu plísňového sýra může tvořit při přemnožení kluzkou kůrku [3,13].

2.2 *Penicillium camemberti*

Penicillium camemberti je typická bílá plíseň, která po několika dnech šedne. Používá se při výrobě sýrů Camembert a Brie. Kolonie této plísně vytvoří tvrdou bílou kůrku. Konídie jsou bílé nebo šedé. Optimální teplota růstu je 20–25 °C. *Penicillium camemberti* je odolná vůči soli a je schopna růst při aktivitě vody 0,93, proto dokáže růst na povrchu sýru během zrání. *Penicillium camemberti* se vyskytuje v prostorech sýráren a může tak způsobit kažení sýrů, které nejsou určeny ke zrání [3,14,15].

Penicillium camemberti produkuje enzymy lipázy, proteázy a peptidázy, které katabolizují mastné kyseliny, proteiny, peptidy i aminokyseliny. Tyto vlastnosti jsou důležité pro vytvoření správných organoleptických vlastností pro daný sýr [15,16].

Kvůli klesající biodiverzitě druhů, které jsou potřebné pro výrobu sýrů typu camembert, může být jejich výroba ohrožena. *Penicillium camemberti* netvořily od počátku bílou barvu, k té se výrobci dopracovali používáním její albinotické verze. *Penicillium camemberti* se volně v přírodě nevyskytuje a neumí se pohlavně rozmnožovat, a proto se rozmnožují v laboratoři pomocí spor. Dlouhodobé klonování jednoho organismu může ale vést k mutacím genomu, které mohou omezit produkci spor, a ty jsou pro laboratorní množení potřebné. Sýraři by tak do své výroby měli zakombinovat i jiné ušlechtilé plísňe, které jsou podobné [17,18].

Standardizace výroby sýru je umožněna řízeným vývojem růstu plísni abiotickými faktory. Poté sýry, které jsou vyrobené v různých dnech, mají stejné organoleptické vlastnosti [16].

2.3 *Penicillium roqueforti*

Penicillium roqueforti je plíseň, která vytváří tmavě zelené, modrozelené až téměř černé kolonie. Konidie má kulovité a jsou také tmavě zelené. Nejlepší podmínky pro růst jsou při teplotách okolo 3 °C. Toleruje alkalické prostředí, protože má velké rozmezí růstu pH, a to od 3 do 10,5. optimální pH je od 4,5 do 7,5. Jde o velmi rozšířenou plíseň, která působí i jako kontaminant chlazených potravin. Při výrobě se přidává do sýřeniny před lisováním a tvarováním samotného sýra. Vzduch je v průběhu zrání sýra přiváděn propichováním kovovými jehlami. To umožňuje růst a zrání plísňe [3,14,19,20].

2.4 *Aspergillus oryzae*

Plíseň *Aspergillus oryzae* se používá především při výrobě orientálních potravin, ale také k výrobě fermentovaných potravin i nápojů. Dále se využívá pro získávání průmyslových enzymů, které se využívají při zpracování potravin. Jedná se o mikroorganismu se statusem GRAS (Generally Recognized as Safe), tedy obecně považovaný za bezpečný. *Aspergillus oryzae* vykazuje proteolytickou, lipázovou a také glykosidázovou aktivitu. Pomocí této plísňe se vyrábí sýr koji, který má jemnější chuť než hermelín, zrající spíše s plísní *Penicillium candidum* [21,22].

2.5 *Penicillium chrysogenum*

Tato plíseň tvoří bílé až žluté, někdy šedozelené kolonie. Konidie jsou elipsoidní až subkulovité. Růst probíhá v rozmezí pH od 3 do 8. Jedná se také o běžný kontaminant potravin, jako jsou chlazené maso, zelenina, obiloviny, koření nebo sušené potraviny. Růst *Penicillium chrysogenum* je poměrně rychlý a velmi agresivní [14].

2.6 *Penicillium nalgiovenese*

Penicillium nalgiovenese vytváří bílé nebo krémově bílé kolonie, které se časem stávají zelené. Konidie jsou kulovité až subkulovité, hladké a bezbarvé. Jedná se o běžný kontaminant na klobásách. Používá se jako startovací kultura při výrobě některých speciálních sýrů. Hodnota pH pro optimální růst je v rozmezí 3,5–8 [14].

3 Technologie výroby sýrů s plísní

3.1 Pasterované mléko

Pro výrobu sýrů je požadováno mléko s co nejmenším počtem koliformních, termorazestentních a psychrotrofních mikroorganismů a mléko, ve kterém převyšují kyselinotvorné bakterie nad alkaligenními bakteriemi. Mléko musí mít dobré technologické vlastnosti, jako kysací schopnost a sýřitelnost. Musí být od zdravých dvojnic vybraných plemen. Mléko by mělo mít vysoký obsah kaseinu a být bez reziduí inhibičních látek. U mléka určeného k výrobě sýrů je potřeba standardizovat obsah mléčného tuku, aby u hotových sýrů bylo dosaženo požadovaného obsahu tuku v sušině [1].

V České republice se můžou vyrábět sýry pouze z tepelně ošetřeného mléka, kvůli zajištění zdravotní nezávadnosti a trvanlivosti výrobku. Pasterací se rozumí zahřátí mléka po určitou dobu na určenou teplotu do 100 °C. U nízkodohříváných sýrů by teplota pasterace měla být 74–78 °C. Jedná se tak o šetrnou pasteraci, kdy syrovátkové bílkoviny nedenaturují a netvoří komplex s kaseiny a κ -kasein zůstává přístupný pro působení syřidla. Pasterace mléka se provádí proto, aby se zničily patogenní organismy. Nezničí se ale všechny živé mikroorganismy, ale zredukuje se množství patogenních mikroorganismů a zároveň jsou odstraněny všechny choroboplodné zárodky, jako jsou tuberkulóza, bang nebo masticida, plynotvorné bakterie skupiny *Coli aerogenes* a mikroorganismy, které v malém množství neškodí, ale pokud by se přemnožily, mohlo by dojít k problémům. Pasterací se ale nenapraví, ani se nesmí napravit, již infikované mléko [1,23].

3.2 Homogenizace

Mléko obsahuje tukové kuličky o různé velikosti. Během homogenizace dochází k pasírování, kterým se velikost tukových kuliček sjednotí. V mléce, které je homogenizované, nedochází ke srážení smetany, a toto zůstává v celém objemu nezměněné. Jde o nevratný děj, tuk se poté nedá vysrážet [23].

3.3 Přídavné látky

Přídavné látky se do potravin přidávají běžně z technologických důvodů. Ovlivňují například barvu nebo kyselost potravin. Používání přídavných látek během výroby je regulováno platnými právními předpisy. Při výrobě lze použít pouze takové přídavné látky, které byly pro použití v potravinách schváleny příslušnými právními předpisy. Jednotlivé potraviny mají stanoveny pro přídavné látky limitní hodnoty (nejvyšší povolené množství) [24].

3.3.1 Chlorid vápenatý

Jedná se o bílou, krystalickou a silně hygroskopickou látku. Na obalech potravin ji lze najít po číslem E509 a je zařazena do skupiny kyselin a regulátorů kyselosti [25].

Pasterací dochází ke zhoršení sýřitelnosti mléka a aby se sýřitelnost obnovila, přidává se do mléka chlorid vápenatý, a to v maximálním množství 200 g/1000 l mléka. Chlorid vápenatý zvyšuje výtěžnost mléka, protože dochází k lepší denaturaci bílkovin syrovátky, která se přeměňuje na sraženinu, a tím přispívá k lepší sýřitelnosti. Nahradí vápník, který se v průběhu pasterace ztratil. Pokud mléko neobsahuje dostatečné množství vápníku, bude se špatně srážet [1].

3.3.2 Dusičnan draselný

KNO_3 se v potravinách objevuje ve více variantách, může se vyskytovat buď jako přírodně identická nebo syntetická. Jedná se o stabilizátor. Lze ho najít pod číslem E252. Přeměna dusičnanů na dusitany může u citlivých jedinců vyvolat závratě, bolesti hlavy, problémy s dýcháním, kožní vyrážky a mohou způsobit smrt methemoglobinémií. Používání dusičnanů je kontrolováno [26].

Dusičnan draselný se do sýrů přidává jako ochrana před pozdním duřením sýrů u dlouhodobě zrajících sýrů. Potlačuje růst koliformních a sporotvorných mikroorganismů. Mikroorganismy tvoří při rozkládání laktózy značné množství plynů, jako jsou vodík a oxid uhličitý, a to vede k vadě sýru [1,27].

3.3.3 Mezofilní smetanová kultura

Přídavkem smetanové kultury dochází k okyselení a tím k úpravě mikroflóry mléka. To vede ke zlepšení průběhu sýření i zrání sýrů. U sýrů s plísní v těstě se používají mezofilní kultury obsahující obsahující *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar

biacetylactis a *Leuconostoc* spp. Mezofilní bakterie mají optimální růst při teplotách v rozmezí 20–40 °C [1,28].

3.3.4 Čisté mlékařské kultury

Při výrobě mléčných výrobků se používají čisté mlékařské kultury, které se většinou vyrábí komerčně. Jedná se o směs mikroorganismů. Čisté mlékařské kultury se přidávají do mléka ve formě zákysu nebo ve formě kultur 30 až 45 minut před zasýřením mléka. Zahajují rozkládání laktózy a ovlivňují celkový průběh srážení. Při zrání sýrů se podílejí na rozkladu bílkovin, a hlavně u sýrů s plísní mají vliv na rozklad tuků [27–29].

3.3.5 Přídavek sekundárních plísňových kultur

Plísňové kultury způsobují změny při zrání sýrů. Jedná se především o štěpení tuků a bílkovin, které přispívají k výsledné chuti a senzorickým vlastnostem daných sýrů. Plísňové kultury se očkují ve formě suspenze spor plísně do mléka nebo do sýřeniny před formováním. Používají se plísně *Penicillium roqueforti*, *Penicillium camemberti*, *Penicillium caseicolum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium viridicatum*, *Penicillium chrysogenum*, *Scopulariopsis brevicaulis* nebo *Geotrichum candidum* [1].

3.4 Sýření

Syřidla lze rozdělit na živočišné, rostlinné a mikrobiální. Nejvíce používaná syřidla jsou mikrobiálního původu. Jedné se například o syřidla, které produkuje kvasinka *Kluyveromyces lactis* nebo plíseň *Rhizomucor miehei*. Mikrobiální syřidlo produkuje i bakterie *Bacillus subtilis* nebo *Streptococcus*. V minulosti se spíše využívala syřidla živočišného původu. Jednalo se o pepsinová syřidla, které byla vyrobena extrakcí z žaludků vepřů a hovězího dobytka. Další syřidlo živočišného původu je chymozinové. To se získávalo z žaludku telat. Sýření se provádí přidávkem zředěného syřidla do mléka a jeho dokonalé promíchání a následné ustálení mléka. Srážení probíhá v klidu bez míchání – nedojde tak k potrhání sýřeniny. Ke srážení dochází vlivem kysání nebo přidáním enzymů. Jedná se o nevratný děj, kdy dochází k proteinové destabilizaci a následně se tvoří koagulum. Výsledkem sýření je sýřenina. Na průběh sýření a vzniku sýřeniny mají vliv dodržení optimální teploty, kyselosti mléka a koncentrace syřidlového enzymu, změny v obsahu minerálních látek nebo také přítomnost antibiotik v mléce a další [1,27,29,30].

Průběh srážení mléka lze rozdělit do tří fází.

- 1) Primární fáze: enzymy obsažené v syřidle začínají štěpit peptidické vazby v kaseinu. Vazby v κ -frakci kaseinu jsou rozštěpeny na para- κ -kasein.
- 2) Sekundární fáze: dojde ke změně náboje u aminokyselinových micel. Zde hraje důležitou roli vápník, protože aminokyselinové micely se začínají spojovat za pomoci vápníkových můstků. Tato fáze probíhá za klidu a vznikají tak trojrozměrné struktury, které jsou vyplněny syrovátkou.
- 3) Terciální fáze: enzymy, které jsou součástí syřidla, ovlivňují i další procesy, které probíhají při výrobě sýrů. Mohou ovlivňovat průběh zrání sýru, a to je nežádoucí.

3.5 Zpracování sýřeniny

Při krájení sýřeniny dochází k oddělování syrovátky od sýřeniny. Krájení a drobení sýřeniny se provádí pomocí harf. To jsou soustavy plochých nebo strunných nožů, které jsou uleženy v rámu. Následuje vypouštění syrovátky a vymíchání. Doba míchání určuje konečný obsah sušiny sýrů. Odváděním syrovátky ze sýrového zrna dochází k poklesu pórovitosti a zvyšuje se obsah bílkovin. Správné zrno má mít stejnou strukturu v povrchové vrstvě i uvnitř. Po nakrájení se zrno nalévá do forem, které jsou perforované kovové nebo plastové. Důležité je dodržovat správnou teplotu, protože souběžně dochází ke kysání sýřeniny. Sýr nesmí obsahovat díry v těstě a musí mít celistvou vrstvu sýřeniny [1,27,30].

3.6 Solení

Solení se provádí různými způsoby. Většina sýrů se solí v solné lázni, kdy dochází k difúzi soli do sýrů a ze sýrů se uvolňuje syrovátka, která obsahuje kyselinu mléčnou a syrovátkové bílkoviny. Koncentrace solné lázně je obvykle 16–23 % NaCl. Dalším způsobem je solení za sucha. Suchá sůl se roztírá opakovaně přímo na povrch sýrů. Poslední způsob je solení do těsta, kdy se suchá sůl přidává do rozkrájené sýřeniny před formováním [1,27,30].

3.7 Zrání

Zrání je souhrn změn, které způsobují svou enzymatickou činností mlékařské kultury a syřidlové enzymy. Předběžné zrání probíhá již při zpracování mléka a sýřeniny, formování

i solení, kdy je potřeba dosažení správného průběhu kysání, dosažení správné kyselosti a rozkladu laktózy. Následuje hlavní zrání, při kterém se mění téměř všechny složky mléka. Zrající sýry obsahují velké množství látek, které ovlivňují výslednou chuť a vůni daného sýra. Chuť ovlivňují peptidy a aminokyseliny, volné mastné kyseliny, methylketony, estery mastných kyselin, dimethylsulfidy, acetaldehydy, diacetyl i alkoholy. Zrání probíhá ve zracích sklepích, které mají požadovanou teplotu a vlhkost [1,27,30].

3.8 Balení sýrů

Pokud je sýr pokryt bílou plísní, zabalí se do zrací fólie a následně do krabičky. Jedná se o podlepenou hliníkovou fólii upravenou speciálně pro sýry s bílou plísní na povrchu. Plíseň má možnost nadále dýchat, protože obal musí být propustný pro plyny a vlhkost, jelikož jsou na povrchu stále aktivní mikroorganismy. A sýr tak může dozrát v obalu. Sýry s plísní uvnitř se také balí do hliníkové fólie, kde sále zrají [1,27,30].

4 Technologický postup výroby sýrů s plísní na povrchu

Jde o měkké sýry, které se vyrábí bez dohřívání sýřeniny a bez lisování. Solí se pouze velmi slabě okolo 3,5 % NaCl. Na povrchu sýra je rovnoměrný nárůst bílé plísně *Penicillium camemberti*. Hotový sýr má jemnou máslovitou konzistenci a jeho chuť je po žampionech.

Pomocí mezofilního zákysu, který obsahuje *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* probíhá kysání mléka a sýřeniny. Zákys se přidává k mléku ve chvíli, kdy je zahřáté na teplotu 30 °C. Po přidání zákysu v množství 0,5–1 % probíhá při teplotě 30 °C po dobu jedné hodiny kysání. Poté se přidá syřidlo. Sýření probíhá teploty 31–33 °C. Sýřenina se krájí, drobí a plní do forem. Neplněná forma se musí otáčet, aby mohla syrovátka rovnoměrně odkapávat. Kysání následně pokračuje při teplotě 20–25 °C do dalšího dne. Druhý den by se kyselost sýra měla pohybovat od 4,8 do 4,6 pH. Při dosažení této fáze prokysání se umožní začátek růstu kvasinkové a bakteriální kultury, která se uplatní v počáteční fázi zrání sýra. Po zformování a prokysání, kdy sýr vytvoří pevnou konzistenci, začíná solení. Solit se může nasucho ručně, nebo v solné lázni. Po nasolení se sýr naočkuje kulturou plísně a začíná fáze zrání. Zrání probíhá při 12–15 °C a relativní vlhkosti 80–85 %. V průběhu zrání se sýr musí také otáčet, aby se vzduch dostal ze všech stran a docílilo se tak rovnoměrného nárůstu plísně po celém povrchu. Nárůst plísně na povrchu se objevuje po pěti dnech a jeho největší nárůst je intenzivní po dobu dvou týdnů. V průběhu zrání se musí dávat pozor na nárůst kvasinek na povrchu, ty mohou při přemnožení způsobit zpomalení růstu plísně. Po dvou týdnech zrání se sýry zabalí a uchovávají se při teplotě 5 °C. V obalu probíhá dozrávání sýru [1,6,27,29,31].

5 Technologický postup výroby sýrů s plísní uvnitř těsta

Sýry s plísní uvnitř těsta se vyrábí z homogenizovaného mléka. Díky zhomogenizovanému mléku, kdy jsou tukové kuličky drobné a mají tak větší reakční povrch, rychleji v nich probíhá lipolýza a další reakce, které jsou vyvolané enzymem plísně. Plnotučné mléko se zakysává mezofilní bakteriální kulturou obsahující *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *biacetylactis* a *Leuconostoc* spp, následně probíhá zočkování sporami plísně *Penicillium roqueforti*, a to v množství 10^3 až 10^4 spor v 1 ml. Plísňová kultura se přidává do mléka před sýřením nebo se může přidávat i do zrna. Sýření mléka probíhá při teplotě 30–31 °C po dobu jedné hodiny. Sýřenina se následně krájí a drobí na zrna. Za stálého lehkého pohybu sýřeniny se syrovátka odpouští a zrna se poté formují při teplotě 21–27 °C. Vytvarované sýry se nechávají odkapávat několik dnů. Během odkapávání by mělo dojít ke zfermentování veškeré laktózy. Zároveň dochází ke kysání. Výsledné pH by mělo být 4,8–4,9. Následuje solení sýru buď tři po sobě následující dny na sucho, nebo dva dny v solné lázni. Obsah soli by měl být 4–8 %. Pro růst plísní je důležitá vhodná konzistence, kdy sýr obsahuje dutinky. *Penicillium roqueforti* pro svůj růst potřebuje kyslík, ale je tolerantní vůči vyšším koncentracím oxidu uhličitého. Pro přístup vzduchu se sýr několikrát během zrání propichuje jehlami. Tomuto se napomáhá propichováním sýru systémem jehel. Vznikají tak modrozelené žilky typické pro tento druh sýru. Na povrchu sýru se v průběhu zrání vytvoří maz, který se musí oškrabávat. Docházelo by k ucpání kanálku po vpichu jehlou. Podmínky zrání jsou 10–12 °C a vlhkost 90–95 % a následné dozrávání. Celková doba zrání je okolo tří týdnů, a u některých druhů sýru může tato fáze trvat i čtyři měsíce [1,9,27,29,32].

6 Biochemické změny v průběhu zrání sýrů

Zrání sýrů probíhá v místnostech k tomu určených, například zrací sklepy nebo zrací komory, které musí splňovat podmínky důležité pro rozvoj plísní. Při zrání probíhají mikrobiologické a biochemické procesy, které ovlivňují sensorické vlastnosti sýrů a dávají mu jeho typickou chuť a aroma [1,6,33].

V průběhu zrání dochází k fyzikálním (změkčování textury), mikrobiologickým a biochemickým změnám. Ty se dělí na primární a sekundární. Mezi primární biochemické děje patří glykolýza, proteolýza a lipolýza. Do dějů sekundárních patří metabolismus aminokyselin a mastných kyselin. Sekundární reakce vedou ke vzniku těkavých látek, které ovlivňují chuť a aroma sýru [1,27].

Zrání probíhá nejprve v komoře s nastavenou vlhkostí a teplotou, a také se správným složením plynů. Následně sýr zraje pod obalem. Tento krok je důležitější, protože ukazuje, zda sýr vyhovuje normám, jakou má tloušťku kůrky a jaký je její vzhled [1,6].

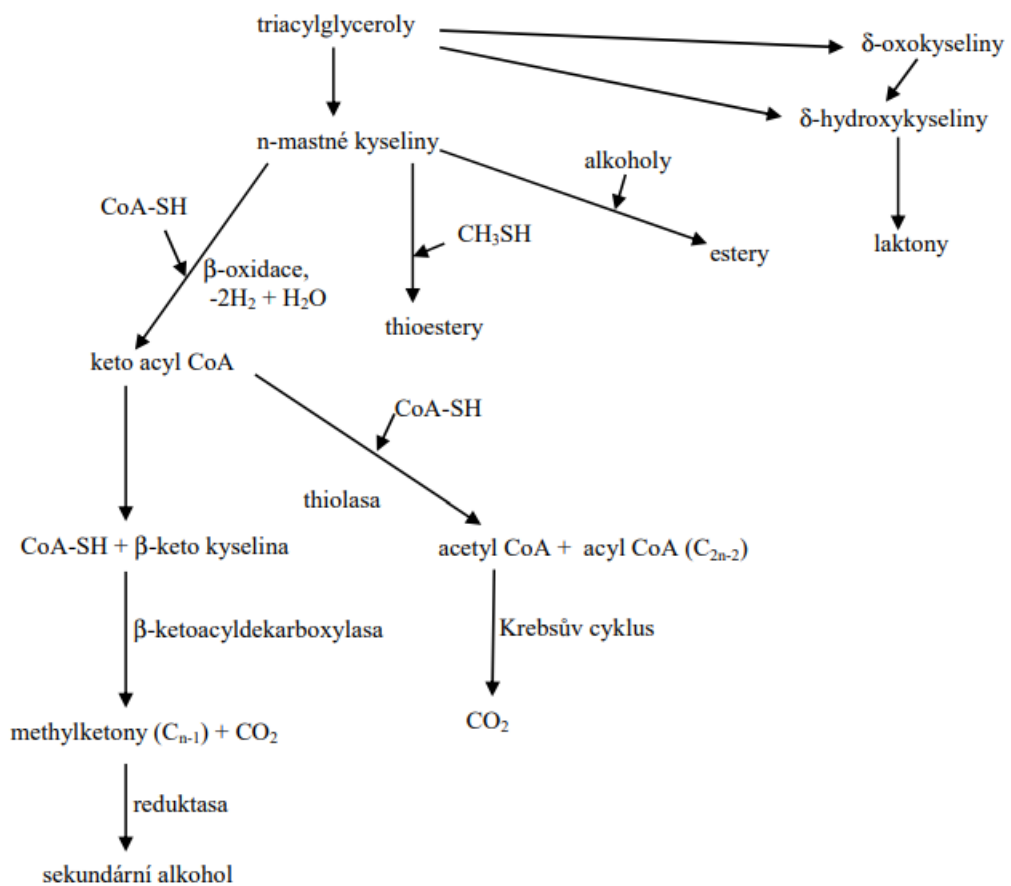
6.1 Enzymy podílející se na zrání sýrů

Na zrání sýrů se podílí hned několik enzymů. Jedná se o proteolytické enzymy, které hydrolyzují bílkoviny na peptidy, nebo které štěpí peptidy na aminokyseliny. Další skupinou jsou enzymy, které rozkládají aminokyseliny. Jedná se například o aminopeptidasy. Na zrání sýrů se podílí také lipázy, které štěpí triglycerol na volné mastné kyseliny, a enzymy, které štěpí mastné kyseliny a jejich deriváty. Enzymy se v sýrech mohou vyskytovat z různých zdrojů. Zdrojem enzymů jsou syřidla, bakterie mléčného kvašení, mikroflóra na povrchu, ostatní bakterie, které nepatří mezi startovací a pochází ze syrového mléka, nebo kontaminací mikroorganismy v mléce nebo na povrchu sýrů [1,6].

Enzymatická aktivita je ovlivněna několika faktory. Záleží na obsahu proteináz, koncentraci inhibitorů aktinu, tepelném ošetření mléka, obsahu soli, teplotě v průběhu zrání, pH a distribuce enzymů mezi sýřeninou a syrovátkou [1].

6.2 Lipolýza

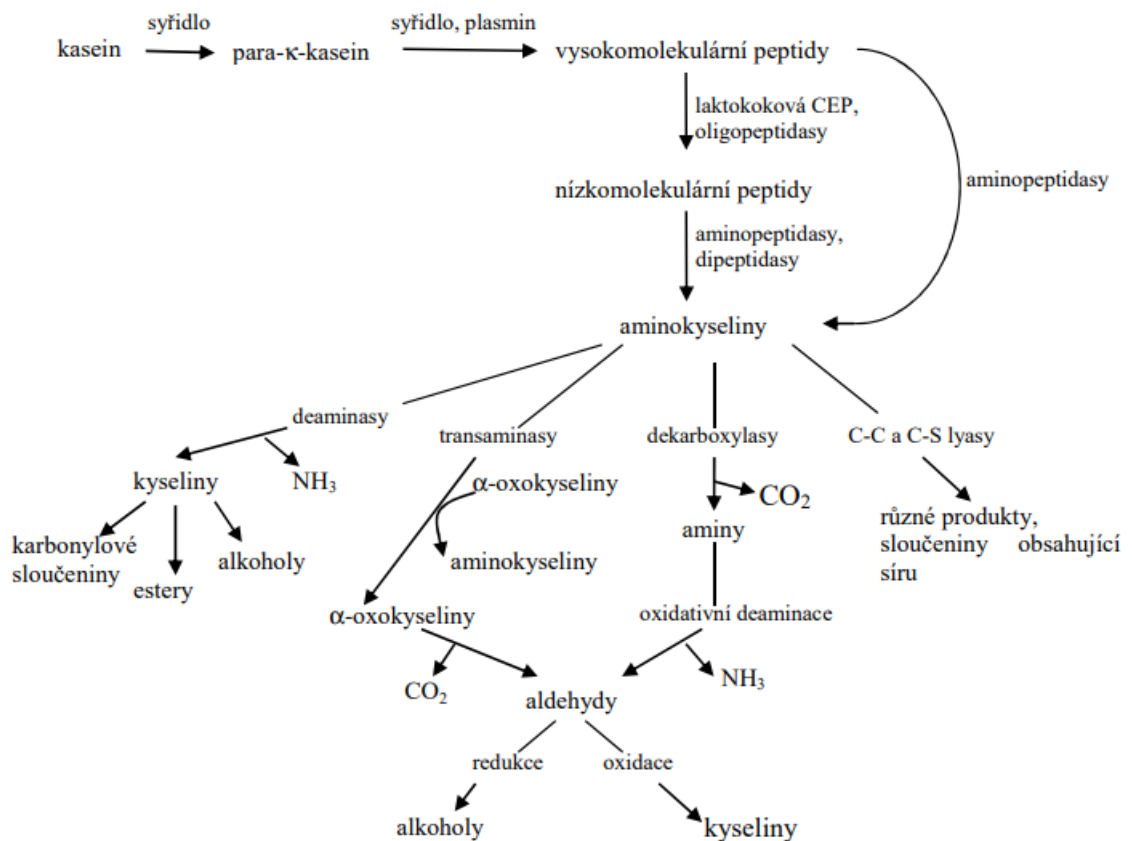
Lipolýza převládá během prvních 14 dnů zrání sýra. Lipidy podléhají oxidativnímu nebo hydrolytickému rozkladu. Lipidy se rozkládají na glycerol a volné mastné kyseliny. Procesu se účastní enzymy lipázy jako katalyzátor hydrolyzy triglyceridů. Lipázy se podílejí na katalytické hydrolyze, ale i na syntéze tuku. Při hydrolyze vznikají mastné kyseliny a glycerol. Uvolněné mastné kyseliny s krátkým řetězcem určují výraznou chuť daného druhu sýra. Mastné kyseliny, které mají řetězec C4–C10, jsou chuťově výrazné. Jedná se o kyselinu máselnou, kaprinovou a další. Z mastných kyselin vznikají dále methylketony, které jsou nejen důležitou složkou aroma, ale také inhibují růst nekulturních mikroorganismů. Dále vznikají estery, metylestery, laktony a volné těkavé kyseliny. Optimální teplota pro aktivitu lipáz je 30–35 °C a v rozmezí pH 5–5,5. Pokud je lipolýza příliš rozsáhlá, je to nežádoucí. Vede to ke žluknutí sýrů a vzniká tak nežádoucí chuť. Průběh lipolýzy je znázorněn v obrázku 1 [1,33–35].



Obrázek 1- Schéma lipolýzy v sýrech [1]

6.3 Proteolýza

Hlavní proteolytický enzym, který se v mléce přirozeně vyskytuje, je plazmin. Projevuje se později než glykolýza, a to po 10 až 16 dnech. Usnadňuje uvolňování kyselých sloučenin, které jsou prekurzory pro syntézu dalších aromaticky významných sloučenin. V sýřenině dochází k postupné degradaci *p*-κ-kaseinu a zbytků syřidla na polypeptidy, které jsou pomocí bakteriálních proteáz dále štěpeny na peptidy, aminokyseliny, amoniak a aminy. Vznikají tak aromatické látky, která dávají sýrům specifickou chuť. Bílkoviny jsou bez chuti, ale aminokyseliny mají své typické chutě, například prolin má oříškovou chuť. U přezrálého sýra dochází ale k rozsáhlé proteolýze a uvolnění amoniaku, což vede k výraznému zápachu po amoniaku. Průběh proteolýzy je podrobněji popsán v obrázku 2 [1,27,33–36].



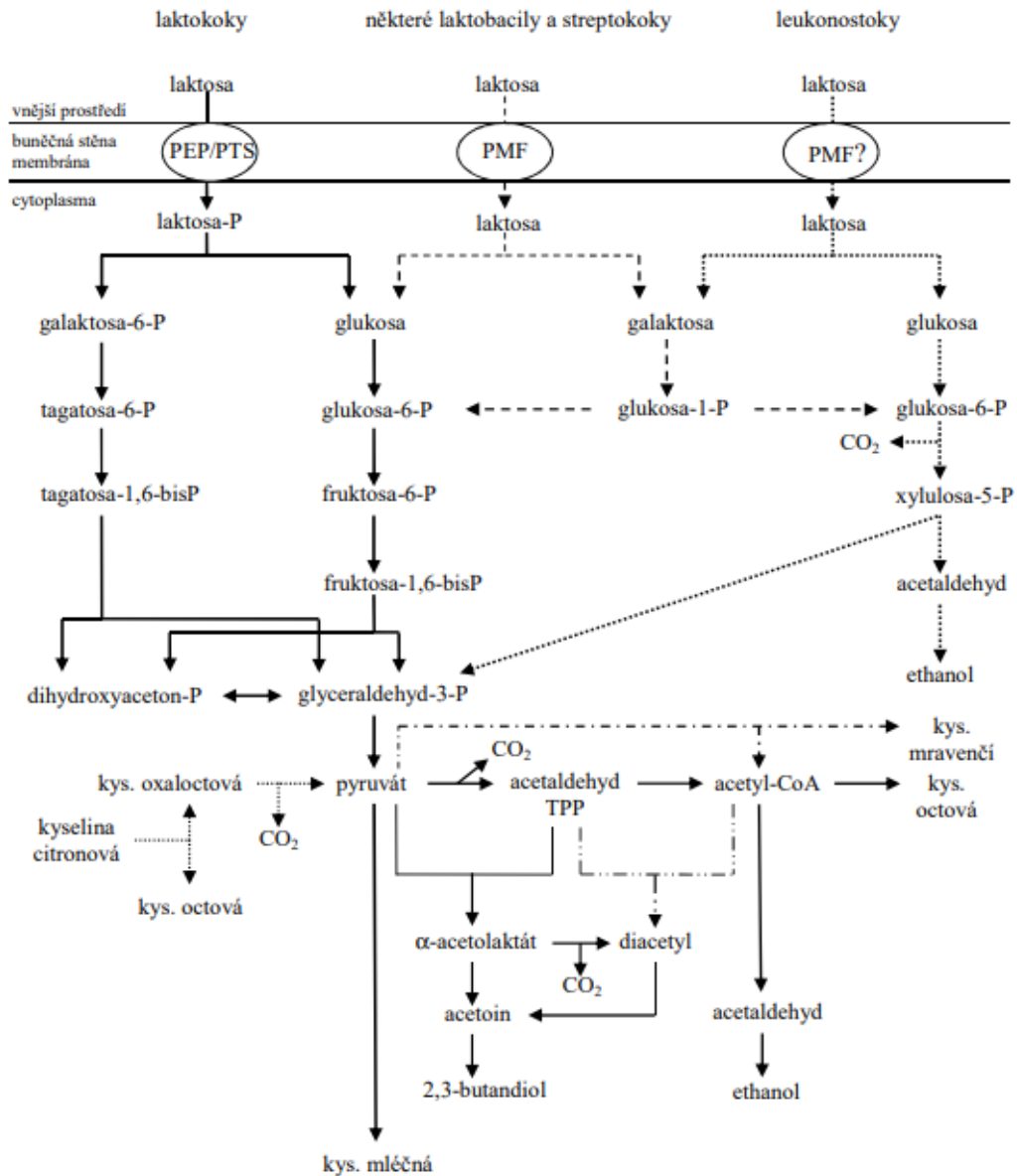
Obrázek 2- Schéma proteolýzy v sýrech [1]

Kromě toho, že proteolýza vytváří typickou chuť a vůni, dochází zde k uvolňování peptidů, které mají zdravotní přínosy. Takovéto peptidy se nazývají bioaktivní. Jedná se o specifické fragmenty proteinů, které obsahují 2–20 aminokyselinových zbytků, které jsou v sekvenci prekurzorových proteinů neaktivní. Může docházet k uvolnění těchto peptidů v sýrech procesy zrání. Žádoucí účinky na lidské zdraví se projevují tím, že ovlivňují trávení, endokrinní, kardiovaskulární, imunitní a nervový systém. Mléčné proteiny jsou v současné době jedním z nejbohatších a nejdůležitějších zdrojů bioaktivních peptidů. Sýry s intenzivní proteolýzou budou pravděpodobně ve svém složení obsahovat bioaktivní peptidy. Mezi parametry, které ovlivňují enzymatickou aktivitu a mohou tak ovlivnit i tvorbu bioaktivních peptidů během zrání, patří tepelné ošetření mléka, druh kultury, pH a doba zrání sýrů [37].

6.4 Glykolýza

Glykolýza je na rozdíl od lipolýzy a proteolýzy, které jsou katalyzovány enzymy, způsobena živými mikroorganismy. Výroba a zrání sýrů se neobejde bez bakterií mléčného kvašení, které se do mléka přidávají jako startovací kultury. Fermentace laktózy bakteriemi mléčného kvašení probíhá již při tvarování sýrů do forem a při odkapávání. Růst bakterií je zastaven při určitém pH pro daný druh mikroorganismu. Při zastavení růstu fermentace nadále pokračuje a dochází k poklesu pH. Většina laktózy je odstraněna společně se syrovátkou v podobě kyseliny mléčné nebo laktózy. U většiny druhů sýrů zmetabolizují bakterie mléčného kvašení zbytkovou laktózu v průběhu 12 hodin. Úplné vymizení laktózy nastane již v prvních dnech zrání. Dochází k uvolňování vápníku z kaseinu a vzniká tak mléčnan vápenatý a kaseinát vápenatý, který bobtná. Kyselina mléčná, která v průběhu vzniká brání rozvoji nežádoucích mikroorganismů. Mléčné kvašení lze rozdělit na homofermentativní a heterofermentativní [1,27,33,35].

Homofermentativní kvašení má jako konečný produkt kyselinu mléčnou a fermentace probíhá cestou glykolýzy. Heterofermentativní kvašení má více produktů. Vzniká zde jak kyselina mléčná, tak také další produkty, jako kyselina octová, ethanol, oxid uhličitý, acetoin a acetaldehyd. U heterofermentativních mikroorganismů nejsou přítomné enzymy glykolýzy aldóza a triozofosfátizomeráza, a tak štěpení laktózy probíhá fosfoketolázovou cestou. Celý průběh metabolismu bakterií mléčného kvašení se specifikován v obrázku 3 [1].



Popis:

- *cesty*
- *tagatosa a glykolýza*
- *Leloir*
-→ *fosfoketoláza*
- .-.-.-→ *pyruvát formiát lyáza*
- *pyruvát dehydrogenázový komplex*
-→ *citrátový metabolismus*
- .-.-.-→ *nejasné*

Pozn.: PEP/PTS – fosfoenolpyruvát/fosfotransferázový systém, PMF – proton-motivní síla

Obrázek 3- Schéma metabolismu bakterií mléčného kvašení [1]

7 Vady sýrů

Kvalitu sýrů ovlivňuje hned několik faktorů, které se vyskytují v celém průběhu výrobního procesu. Z hlediska bezpečnosti je největší důraz kladen na mikrobiologickou kvalitu, která je úzce spjata se senzorickými vlastnostmi sýra. Mikrobiologická kvalita daného produktu je kontrolována samotnými výrobci v průběhu výroby, ale také dozorovými orgány. Pokud by se ale i přes tyto opatření dostal vadný produkt ke spotřebiteli, může být výrobek reklamován. Spotřebitel pozná vadný sýr na základě vůně, chutě a vzhledu sýru. Při výrobě sýrů s plísní je kladen veliký důraz na dodržování zásad hygienické praxe, aby se sýry nekontaminovaly jinou plísní, které jsou nežádoucí. Tyto plísňe by mohly být i potenciální hrozbou pro bezpečí člověka. Takovéto případy se vyskytují opravdu výjimečně [1,38,39].

Vady sýrů lze rozdělit do několika kategorií:

- 1) Vady vnějšího vzhledu – sýr je mechanicky poškozený, na povrchu se vyskytuje nežádoucí mikrobiální kontaminace, sýr má nesprávný tvar nebo je poškozený obal.
- 2) Vady vnitřního vzhledu – nesprávná konzistence nebo odlišná barva těsta.
- 3) Vady chuti a vůně – chuť je u sýrů to nejdůležitější. Za vadu se považuje, pokud má sýr netypickou, málo výraznou nebo cizí chuť nebo jestli je chuť hořká, štiplavá nebo pálivá. Vady chutě jsou různého původu, a to chemického, biochemického nebo mikrobiálního.
- 4) Vady ve složení – výrobce nedodrží uvedené, tedy garantované, množství sušiny, tuku nebo soli.
- 5) Závady v označování sýrů – u výrobků se používají nesprávné údaje. Souvisí spíše s administrativou, když se výrobek uvádí na trh.

Tyto vady se většinou vyskytují v kombinaci, protože spolu navzájem souvisí [39].

7.1 Vady vnější

7.1.1 Vady tvaru

Špatné tvary sýrů nastanou deformací při lisování a při nešetrném nakládání s mladými sýry při jejich nešetrném ukládání a převážení. Mohou nastat také při nešetrné manipulaci v solné

lázni a ve zracích sklepech. Sýry ne nesmí skládat na sebe, ale musí být vyrovnány vedle sebe na rovnou plochu [39].

7.1.2 Vady povrchu

Vady povrchu nastanou, pokud sýr nesplňuje podmínky, že povrch musí být rovný, hladký a celistvý podle tvaru formy, podle které byl tvarovaný. Neměl by obsahovat otvory a být rozpukaný. Praskliny na povrchu sýra jsou způsobeny rychlým vysušením a smrštěným povrchem sýru důsledkem nízké vlhkosti při zrání. Povrch sýrů nesmí být mastný důsledkem vysoké teploty, kdy tuk prosakuje ven.

Povrch my také neměl mít bílou mazovitou kůrku, která je následkem nízké kyselosti mléka, nízké teploty sýření, nesprávného použití syřidla, nízké teploty při odkapávání a solení. Tato vada má vliv i na chuť sýrů, protože způsobuje silně slanou až ostrou chuť.

Další vadou je hnědé zbarvení na povrchu, ale i uvnitř sýrů, které je způsobeno velkou dávkou přidaného dusičnanu, který se do mléka přidává před sýřením z důvodů jeho schopností potlačovat růst koliformních a sporotvorných mikroorganismů.

U sýrů s plísní je důležitá především tvorba modré plísně. Vada nastane v případě, že růst plísně trvá dlouho nebo se na povrchu vůbec nevytvoří důsledkem nízké vlhkosti při zrání. Pokud je vlhkost sýra uvnitř hodně nízká, nastala chyba při zahřívání. Mělo by se zahřívát na kratší dobu nebo na nižší teplotu a řezat sýřeninu na větší kousky [1,39].

7.2 Vady vnitřní

Vady barvy syrového těsta nastanou, pokud je špatně rozmíchané. Sýr by měl mít stejnou barvu po celém řezu. Nestejnorodé barvy uvnitř sýra mohou být způsobeny vysokou dávkou dusičnanů, které vytvoří růžové pruhy. Další barevné změny mohou nastat v důsledku mikrobiální kontaminace.

Vady konzistence sýrů způsobuje vysoká dávka syřidla, soli, vysoká teplota sýření, krátká doba srážení nebo mnoho chloridu vápenatého. Pokud je sýr příliš tekutý, jedná se o nadměrnou vlhkost sýru a sýřeninu je tak třeba nechávat déle odkapávat, než se bude dále formovat. Další příčinou může být přezrálý sýr. Pokud je sýr s bílou plísní na povrchu i po určité době zrání pořád příliš tuhý, je to nejspíš zapříčiněno nízkou vlhkostí a sýřenina byla řezána na malé kousky a tím oteklo velké množství syrovátky pryč. Dalším důvodem může být, že ušlechtilá plíseň je neaktivní nebo byl sýr nedostatečně nasolen. U velmi

pružných sýrů došlo k použití velkého množství syřidla nebo přehřátí v průběhu výroby sýra. Dalším důvodem může být vysoká dávka chloridu vápenatého.

Vada, kdy sýr obsahuje málo modré plísně, nastane, pokud nebyl zajištěn dostatečný přístup vzduchu ke sporám plísně dovnitř sýra nebo nebyly zastoupeny v takovém množství, aby se špatnému prorůstání plísně zabránilo. Sýr je důležité propichovat a tím se do sýra dostává potřebný kyslík pro růst plísně *Penicillium. Roqueforti* [1,39].

7.3 Vady chuti a vůně

Nejčastější chybou je přesolení nebo naopak nedosolení sýrů. Za málo výraznou chuť mohou zase nevhodné mlékařské kultury, vysoká pasterace nebo sýr není dostatečně zralý. Hořká chuť je dána přítomností hořkých peptidů, vyšší dávkou syřidla a nevhodnou mikroflórou. Hořké peptidy dokáží vytvořit i bakterie. Zralý sýr s bílou plísní na povrchu má hořkou chuť, pokud dojde k nadměrnému růstu *Penicillium candidum*, nedostatečnému nasolení a vysoké teplotě zrání. Kyselá chuť a křehká konzistence je způsobena překysáním sýra během tvarování a odkapávání. Kyselá chuť je ovlivněna hned několika faktory, a to pokud bylo použito mnoho startovací kultury, mléko se nechalo predežrát před přidáním syřidla, sýřenina zůstala delší dobu v syrovátce po nakrájení, sýr nebyl dostatečně vylisovaný a obsahuje přebytečnou syrovátku nebo nedostatečným a příliš rychlým nasolením. Hořko kyselá chuť je zapříčiněna velkým přídatkem syřidla nebo důsledkem nízkého množství soli, způsobenou nadměrným okyselením. Kvasící chuť nastane, pokud nebyla dodržena správná hygiena při výrobě sýru nebo v průběhu zrání byla spodní strana vlhká nebo mokrá důsledkem nesprávného otáčení sýru v průběhu zrání [1,39].

7.4 Mikrobiální vady

K mikrobiální kontaminaci koliformními bakteriemi, kvasinkami nebo plísněmi dochází ze zařízení, kde je sýr vyráběn, nebo od pracovníků. Dochází ale také ke kontaminaci ze vzduchu. Například nečistá a zatuchlá chuť je způsobena různými druhy plísní, které sýr kontaminují. Červené zbarvení a zatuchlá chuť jsou vady, které vznikají v trhlinách a vpichách jehel. Původce této vady je plíseň *Hormodendrum olivaceum*. Červené skvrny vznikají díky mikroorganismům, které produkují červený pigment. Pokud se na sýru vyskytují černé kruhové skvrny, jedná se o vadu způsobenou plísní *Oospora aurantiace*. Pokud

na povrchu vznikne bílošedý maz, je to v důsledku nízké teploty a přesolení sýru. Původcem této vady jsou mazové kultury. Pokud jsou ušlechtěné mikroorganismy potlačeny vytvoří se šedý maz. Častěji se vyskytuje u přesolených sýrů. Černání povrchu způsobují divoké rody plísní *Mucor* a *Rhizopus*. Další příčinou mohou být znečištěné zrací sklepy. Rod *Mucor* se vyznačuje svojí vysokou rychlostí růstu mycelia a umožňuje tak kolonizaci organických substrátů jako prvním. Některé druhy obsahují i proteolytické enzymy, jiné druhy jsou zase schopné tvořit mykotoxiny. Zástupci rodu *Rhizophus* jsou schopny fermentace cukrů. Některé druhy mohou tvořit mykotoxiny a mohou být patogenní. Další vadou je nadouvání sýrů. Jde o kontaminaci, která je způsobena plynotvornými bakteriemi nebo kvasinkami, a to nejčastěji *Aerobacter aerogenes* a *Escherichia coli* [1,39,40].

7.5 Technologické vady

Na správné srážení mléka má vliv hned několik faktorů. Nejdůležitější složkou je mléko, a proto je na mléka kladeno několik nároků. Teplota mléka v průběhu sýření musí odpovídat správným technologickým podmínkám. Mléko musí mít určitou kvalitu, bude se špatně srážet, pokud má nízký obsah kaseinu, nízký obsah vápníku nebo nízkou kyselost. Startovací kultury nejsou funkční, pokud jsou v mléku obsaženy rezidua antibiotik, nebo v důsledku mastitidy.

Důraz je kladen také na výběr syřidla a jeho správné dávkování. Málo syřidla je příčinou pomalého a kyselého srážení. Vzniká tak velmi měkká sýřenina, která je při řezání rozdrobena do syrovátky. To následně vede ke špatné chuti v průběhu zrání. Pokud se ale syřidla použije více, vytvoří se důsledkem rychlého srážení tuhá sýřenina, která v průběhu zrání může hořknout. Syřidlo by se mělo odměřovat přesně.

Pokud se syřidlo rozmíchává v horké vodě nad 40 °C, tak se jeho účinnost ničí. Enzymy v syřidle se ničí i pokud je rozmícháváno ve vodě, která obsahuje zvýšené množství chlóru. Chlór je silné oxidační činidlo a enzymy tak zničí. Další problém s činností syřidla může nastat, pokud má voda nízkou alkalitu. Neúčinnost syřidla způsobuje i špatné skladování a stárnutí syřidla [1,39,40].

8 Látky obsažené v sýrech

8.1 Biogenní aminy

Biogenní aminy jsou organické nízkomolekulární zásadité sloučeniny, které jsou odvozené od aminokyselin s alifatickou, aromatickou nebo heterocyklickou strukturou. Biogenní aminy lze rozdělit na alifatické (putrescin, kadaverin, spermin a spermidin), aromatické (tyramin a fenyletylamin), heterocyklické (histamin a tryptamin) a polyaminy (putrescin, kadaverin, agmatin, spermin a spermidin). Mají vysokou biologickou aktivitu, která hraje důležitou roli v metabolismu lidí, ale také rostlin a zvířat. Mohou fungovat jako hormony, nebo jsou stavební látky pro biosyntézu hormonů nebo alkaloidů. V nízkých koncentracích jsou přirozenou složkou potravin. Ve vyšším množství se vyskytují především ve fermentovaných potravinách, jakými jsou fermentované salámy, sýry, pivo, víno nebo kysané zelí. U fermentovaných potravin je výskyt biogenních aminů běžnou součástí. U potravin, které nejsou fermentované, jsou ale biogenní aminy ukazatelem mikrobiální činnosti, která je nežádoucí a indikuje tak kažení a závady ve zpracování potravin [1,41–43].

8.1.2 Biogenní aminy v sýrech

Sýry jsou ideální prostředí pro tvorbu biogenních aminů, které vznikají dekarboxylací volných aminokyselin katalýzou bakteriálních dekarboxyláz. Pro vytvoření biogenních aminů je nutná přítomnost volných aminokyselin a bakterií, které produkují dekarboxylázy aminokyselin a příznivé podmínky pro růst bakterií, které jsou schopny syntetizovat dekarboxylázy. V sýru jsou koncentrace volných aminokyselin tak nízké, že by působením dekarboxyláz vznikalo netoxické množství biogenních aminů, ale působení proteáz a peptidáz, které jsou v sýru, dochází k proteolýze kaseinu a tvorbě volných aminokyselin a následné tvorbě biogenních aminů.

Nejvíce biogenních aminů se vytváří v průběhu zrání, kdy je největší nárůst mikroorganismů. Z technologického hlediska má na obsah aminů vliv především teplota a hodnota pH v průběhu zrání. Vyšší teplota a hodnota pH jsou příčinou vyšší koncentrace biogenních aminů v sýrech. Naopak vysoká koncentrace soli eliminuje tvorbu aminů. Sýry jsou dobrý substrát pro tvorbu biogenních aminů, ale při dodržování správných technologických podmínek je výskyt otrav minimální.

Schopnost tvořit biogenní aminy mají mikroorganismy s čeledi *Enterobacteriaceae*, Laktobacily a Enterokoky. Mikroorganismy, které obsahují dekarboxylázy, se do potravin mohou dostat kontaminací, nebo jsou již součástí mikroflóry dané potraviny.

Obsah histaminu, tyraminu, kadaverinu a putrescinu je v sýrech v jednotkách až stovkách mg/kg, v jednotkách až desítkách mg/kg je obsažen 2-fenylethylamin a malé množství tryptaminu. Nejvyšší hodnoty dosahují právě měkké zrající sýry a sýry s modrou plísní [1,41–43].

8.1.3 Toxicita biogenních aminů

Normální příjem biogenních aminů je metabolizován výkonným detoxifikačním systémem ve střevním traktu, který je založený na aktivitě enzymů monoaminoxidázy, aminooxidázy a histidin methyltransferázy. Pokud je ale příjem biogenních aminů potravou vysoký, lidský organismus nestačí degradovat biogenní aminy přirozenými metabolickými procesy a může tak u citlivých jedinců vyvolat alimentární intoxikaci. Pokud je lidský organismus vystavován vysokým hodnotám biogenních aminů v potravinách, může to mít za následky nepříznivé účinky na lidské zdraví. Mohou se objevovat nevolnost, problémy s dýcháním, návaly horka, pocení, bušení srdce, bolesti hlavy, červená vyrážka, pálení v ústech, změny krevního tlaku, hypertenze a průjem. Toxická dávka nelze snadno stanovit. Záleží na individuálním stavu daného člověka a v jakém složení jsou dané biogenní aminy v potravine zastoupeny a v jakém množství je daná potravina konzumována. Záleží také na konzumaci dalších látek, jako jsou alkohol nebo léky, které inhibují monoaminoxidázy nebo reagují s enzymatickými cestami aminooxidázy, které jsou odpovědné za detoxikaci přebytečných biogenních aminů. Pokud dojde k vyčerpání detoxikační kapacity enzymů monoaminoxidázy, diaminoxidázy a histidinmethyltransferázy, nebo specifické inhibitory naruší metabolickou aktivitu, zesílí se tak účinek toxičtějších biogenních aminů, jako jsou histamin, tyramin a fenylethylamin, mohou tak způsobit intoxikaci jídlom. Ze nejtoxičtější se považují histamin a tyramin [1,41–43].

8.1.3.1 Histaminová intoxikace

Toxicita histaminu po konzumaci sýrů je při koncentraci vyšší než 500–1000 mg/kg, tato dávka je už pro člověka nebezpečná. Zvýšené množství histaminu může vyvolat anafylaktický šok. Toxická reakce se u zdravého jedince může objevit během půl hodiny od konzumace.

U některých lidí se může vyskytovat histaminová intolerance. Histaminová intolerance je reakce organismu na přijetí nebo vyplavení histaminu vyvolanou imunitním systémem. Daný organismus není schopen odbourávat nadbytek histaminu [44,45].

8.1.3.2 Tyraminová intoxikace

Tyraminové intoxikaci se říká také sýrová, protože byla zpozorována po konzumaci sýra, který byl kontaminován vysokým množstvím tyraminu. Příznaky se objevují do 2 hodin od konzumace a projevují se migrénami, gastrointestinálními příznaky, tachykardií, zvýšenou hladinou glukózy v krvi, zvýšenou produkcí noradrenalinu a hypertenzí. Fenylethylamin v přítomnosti tyraminu vyvolává migrény vyvolané jídlem a zvyšuje krevní tlak [43].

8.1.4 Stanování biogenních aminů

Stanování biogenních aminů se provádí k posouzení míry rozkladu daného materiálu. U potravin, které se skladují, je obsah biogenních aminů ukazatelem jakosti vstupní suroviny a hygienické úrovně během procesu výroby a skladování.

U fermentovaných potravin lze analyzovat biogenní aminy dvěma způsoby, a to detekcí mikroorganismů, které jsou schopny produkovat biogenní aminy, nebo přímou kvantifikací. Bylo vyvinuto několik metod pro testování a kvantifikaci biogenních aminů v potravinách. Tyto metody zahrnují biosenzory, chromatografii na tenké vrstvě, vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii s UV detekcí nebo s detekcí hmotnostní spektrometrií a kapilární elektroforézu. V současné době jsou za nejspolehlivější a běžně používané metody založené na HPLC [42].

8.2 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou nízkomolekulární sekundární metabolity, které produkují plísně. Plísně se nacházejí v sýrech buď důsledkem nepřímé kontaminace, z mléka pocházejícího ze zvířat, které přijímali kontaminované krmivo, nebo kontaminace přímo vyplývající z růstu plísní na sýru. Sýr je považován za nepříznivé prostředí pro růst mykotoxinů. I přesto byly v sýru nalezeny nebezpečné mykotoxiny. Při výrobě plísňových sýrů se využívají ušlechtilé plísně, které za předpokladu dodržení správných technologických podmínek a podmínek zrání nejsou producenti mykotoxinů a můžou se konzumovat. Tvorba mykotoxinů je závislá na teplotě,

vlhkosti, přístupu vzduchu, struktury a chemickém složení substrátu. Mezi mykotoxiny kontaminující plísňové sýry lze zařadit PR toxin, roqfortin, patulin, kyselinu mykofenolovou a další. Vzhledem k nízké pravděpodobnosti konzumace kontaminovaného sýru nejsou žádné důkazy o lidské toxicitě, která by vyplývala z konzumace plísňového zrajícího sýra, a tak nepředstavuje nebezpečí pro lidské zdraví. Převážná většina mykotoxinů poškozuje játra a ledviny. Působí negativně na imunitní systém a některé jsou i potenciální karcinogenní. Díky zavedením principů ve zpracování potravin, které obsahují správnou výrobní praxi (GMP) a analýzu rizik kritických kontrolních bodů (HACCP) by mělo být dosaženo toho, aby konečné potravinářské produkty byly zdravé a bezpečné [46–51].

Hodnocení mykotoxinů se provádí použitím fyzikálních, chemických a biologických analýz. Využívá se přímé fluorimetrie, ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) a také celá řada různých biosenzorů [48,52].

U všech vzorků sýrů s modrou plísní, které byly použity pro pozorování mykotoxinů, byla prokázána přítomnost roqfortinu a u některých isofumigaclavin A a stopy isofumiglavinu B, PR toxin nebyl detekován. Kyselinu mykofenolovou produkují některé startovací kultury v sýrech. Na trhu jsou dostupné ale i kultury, které nemají schopnost tvořit patulin, PR toxin, kyselinu penicilovou nebo mykofenolovou [46–48].

8.2.1 Kyselina cyklopiazonová

Kyselina cyklopiazonová je mykotoxin, který má strukturu indolové a tatraťové kyseliny. Zkratka CPA je mykotoxin kyseliny indol-tetraťové. Je produkována některými druhy plísní rodu *Penicillium* a *Aspergillus*, včetně plísní *Penicillium camemberti* a *Aspergillus oryzae*, které se používají při výrobě potravin.

Toxicita CPA byla prokázána u mnoha druhů zvířat po požití potravy, která byla kontaminována CPA. Pozorovány byly gastrointestinální potíže a neurologické poruchy. Postižené orgány byly játra, ledviny a srdce. U těchto orgánů byly pozorovány nekrózy a degradativní změny.

Kyselina cyklopiazonová působí na krysy, psy, prasata a kuřata. Klinické příznaky intoxikace se projeví ztrátou hmotnosti, průjemem, dehydratací, ataxií a imobilitou. Konzumací kontaminovaného krmiva zvířaty se hromadí CPA ve svalech, mléce i vejcích a následně jsou

lidé vystavovány riziku konzumace těchto živočišných produktů, ale také konzumací kontaminovaných plodin.

CPA chelátuje kationty kovů jako vápník, hořčík nebo železo, a to je důležitý mechanismus toxicity CPA. Mykotoxin CPA je inhibitor Ca^{2+} adenosin trifosfatázy sarkoplazmatického retikula silným selektivním způsobem.

Kyselina cyklopiazonová nevykazuje silnou akutní toxicitu. Hlavním receptorem tohoto toxinu je nervový systém, a proto je CPA řazen mezi neurotoxiny. Příznaky po konzumaci CPA jsou ataxie a v extrémních případech smrt následkem spastické paralýzy. Může také způsobit léze v gastrointestinálním traktu.

Ve zralém sýru Camembert, který byl skladován při 14–18 °C, nebyla kyselina cyklopiazonová nalezena, ale v sýru skladovaném při 25 °C se vyskytla. Účinek CPA na člověka nebyl zatím stanoven a zatím nejsou v žádné zemi předpisy, které by se zabývaly úrovní CPA v potravinářských výrobcích [53].

8.2.2 Patulin

Patulin je látka, která je toxická pro mnoho biologických systémů včetně bakterií, rostlin i zvířat. Jeho význam při vyvolání onemocnění u zvířat a lidí není zatím úplně známý. Ověřovaly se i jeho antibiotické vlastnosti, které by se mohli využít k léčbě. V pokusech na myších bylo zjištěno dráždění trávicího traktu a prokázaly se karcinogenní vlastnosti. Produkují ho rody *Penicillium* a *aspergillus*. V sýrech je patulin nestabilní, reaguje zde se sloučeninami, které obsahují thiolovou skupinu a stává se tak netoxický. Kromě schopnosti konjugovat thiolové skupiny se patulin váže na DNA. Za přijatelnou hladinu v potravinách se považuje 50 µg/kg [48,54,55].

8.2.3 PR toxin

Penicillin Roquefort toxin může kontaminovat sýr s modrou plísní. Produkují ho kmeny *Penicillium roqueforti* rostoucí na obilovinách, kukuřici a travních silážích, ale také na plísňovém sýru. Poprvé byl izolován v roce 1973. Vyznačuje se jaterní toxicitou a způsobuje potraty u krav. Potraviny, které obsahují PR toxin, mohou vyvolat poškození vnitřních orgánů, gastrointestinální poruchy, imunotoxicitu, nekrózy a inhibici enzymů. Jedná se látku karcinogenní a mutagenní a může tak narušit důležité procesy, jako jsou replikace DNA,

transkripce nebo translace na molekulární úrovni. Kontaminace sýrů s plísní PR toxinem představuje velké toxikologické obavy, ale byla zjištěna jeho nestabilita a přeměna na substituované a méně toxické deriváty, jako jsou PR imin, PR amid nebo PR kyselina, ke které dochází během výroby sýra při nízkých koncentracích kyslíku. Kultury *Penicillium camemberti* ani *Penicillium roqueforti* neprodukují v sýrech toxiny v takovém množství, které by mělo negativní účinky na lidské zdraví. Biosyntetická cesta produkce PR toxinu byla zjištěna za pomoci prekurzorů a objevila se isoprenoidní cesta biosyntézy PR toxinu. K tvorbě PR toxinu vedou chemické změny, jako je kondenzace a cyklizace farnesyl-difosfátu katalyzovaná aristolochensyntázou [49,56].

8.2.4 Roqfortin C

Roqfortin C je cyklopeptid odvozený od diketopiperazinu. Jde o sekundární metabolit produkovaný několika druhy *Penicillium*, a to především *Penicillium roqueforti*, který má neurotoxické účinky. Mechanismy, které jsou odpovědné za jeho toxicitu, nejsou známy stejně jako jeho metabolismus. Byly zde pokusy, které se snažily najít zcela netoxické kmeny pro použití ve výrobě sýrů, ale zatím neúspěšně. Roquefortin C se vyskytuje především v sýrech s plísní a výrobcích z nivy. Průzkumy ukázaly, že sýry s plísní z Dánska, Finska, Německa, Francie, Británie, Itálie a Kanady obsahovaly roquofortin C v množství až 68 µg/kg. Mimo toxické vlastnosti má roquefortin C také bakteriostatickou aktivitu proti grampozitivním bakteriím. Rokfortin společně s dalšími látkami, jako jsou isofumigaclavin A, kyselina mykofenolová a siderofor ferrichrom, byly v plísňovém sýru detekovány v nízkých hladinách ppm [49,54,57].

8.2.5 Kyselina mykofenolová

Kyselina mykofenolová patří do třídy 2-benzofuranů. Jedná se o antibiotikum, které je produkováno rodem *Penicillium*. Používá se po transplantacích orgánů a k léčbě autoimunitních onemocnění. Dále se jedná o antineoplastické činidlo, antimikrobiální činidlo, inosupresivní činidlo, mykotoxin, kontaminant životního prostředí, xenobiotikum a další. Kyselina mykofenolová je selektivní, účinný nekompetitivní a reverzibilní inhibitor inosinmonofosfátdehydrogenázy. Potlačuje také tvorbu protilátek B-lymfocytů [57,58].

8.3 Lepek

Osob s intolerancí na lepek neustále přibývá. Proto je nutné u takovýchto osob vyloučit z jídelníčku pšenici, ječmen, žito a křížené obiloviny a výrobky vyrobené z těchto obilovin. Za bezpečkové potraviny lze označit pouze takové, které obsahují méně než 20 mg lepku/kg. Problémové mohou být i potraviny, ve kterých se lepek vyskytuje ve stopovém množství nebo v potravinách, kde nikdo jeho výskyt neočekává [59].

U modrých sýrů s plísní v těstě může takovéto riziko představovat plíseň *Penicillium roqueforti*. Pro kultivaci této ušlechtěné plísně se používají substráty založené na bázi surovin ze škrobu, které ale nemusí být bezpečkové (například substrát z ječných krup). Mohou se také využívat drobky plesnivého chleba. Sýry by ale neměly obsahovat více než 20 ppm lepku, a způsobovat tak problémy [4,59,60].

To ukazuje i stanovení provedené Výzkumným ústavem potravinářským, který provedl analýzu sýrů s modrou plísní uvnitř těsta. Lepek byl stanoven pomocí ELISA kytů využívající tzv. R5 protilátku zaměřenou proti repetitivním epitopům vyskytujícím se v lepku. Pomocí AGytu sendvičové konstrukce byly získány výsledky pod mezí kvantifikace, a proto jeho využití pro toto stanovení nebylo nejvhodnější. Výsledky, které byly získány stanovením kyttem kompetitivním, dosahovaly hodnot 10,1–16,3 mg lepku/kg sýra a tím splnily požadavek na bezpečkovou potravinu, protože výsledek byl nižší než 20 mg/kg [59].

8.4 Sodík v sýrech

Existuje řada výzkumů, které se zabývají snížením obsahu sodíku v sýrech bez toho, aby se zhoršila kvalita nebo bezpečnost sýrů. Nejlehčí způsob, jak snížit obsah sodíku, je snížení obsahu NaCl. Snížený obsah NaCl může ale být příčinou nežádoucí mikrobiální kontaminace. Dalšími nežádoucími účinky při sníženém obsahu soli jsou zvýšená vlhkost, vodní aktivita, glykolýza i proteolýza. Nahrazením sodné soli solemi s obsahem draslíku, vápníku nebo hořčíku může ovlivnit biochemické děje, Ionty K^+ , Ca^{2+} nebo Mg^{2+} ovlivňují enzymatické aktivity a může dojít ke změně glykolýzy, proteolýzy a lipolýzy, a jsou spojeny s výslednými aromatickými vlastnostmi i texturou sýru. Vysoký příjem sodíku má nepříznivé dopady na lidské zdraví, jako vysoký krevní tlak a následně kardiovaskulární onemocnění. Na druhou stranu se jedná o látku, která je zásadní při regulaci několika tělesných funkcí. Je potřeba ke svalové a nervové funkci, k zajištění potřebné osmolality plazmy, udržování acidobazické rovnováhy v těle a další. Existují i sýry se sníženým obsahem sodíku [61,62].

8.5 Amidy mastných kyselin

Příjem sýru Camembert zvyšuje neurotrofický faktor, který by mohl vést ke zlepšení kognitivních funkcí u starších osob. Kognitivní funkce jsou mentální dovednosti, které jsou potřebné k provedení jakýchkoliv úkolů. Jedná se například o vnímání, pozornost, paměť, myšlení nebo rozhodování, Camembert obsahuje různé amidy mastných kyselin, jako jsou lauramid, palmitamid, myristamid, atheramid a oleamid. Tyto amidy kyselin, které jsou produkovány během zrání sýrů Camembert, zmírňují kognitivní pokles vyvolaný dietou s vysokým obsahem tuku. Samotná kyselina myristová, volná mastná kyselina, která není amidovaná, kognitivní pokles nezlepší. Důležitou roli pro zlepšování kognitivních funkcí hraje právě amidace. Další látky, které zlepšují kognitivní pokles, jsou peptidy, a proto je nejspíš fyziologická funkce sýrů Camembert aktivována interakcí mezi amidy mastných kyselin a peptidy. Camembert tak výrazně zvyšuje hladinu neurotických faktorů, které jsou důležité pro neurogenezi a neuronální růst. Konzumace mléka a mléčných výrobků spolu se sójou, zeleninou, mořskými řasami nebo vínem spolu se sníženým příjmem obilných produktů snižuje riziko demence. Vysokým příjmem mléka a mléčných výrobků se může snížit rozvoj demence a Alzheimerovy choroby [63].

9 Nutriční význam sýrů

Sýry přispívají ke zdravé výživě. Doporučuje se v rámci zdravé výživy konzumovat 3–4 porce mléka a mléčných výrobků denně. Jedné porci mléka nebo mléčných výrobků odpovídá množství například 250 ml mléka, 150 g jogurtu nebo 100 g tvarohu. Sýry jsou bohaté na tuk, bílkoviny, lipofilní vitamíny, vápník, fosfor a řadu dalších živin. Čím je sýr tvrdší a zralejší, tím více živin bude obsahovat [1,4,51].

9.1 Bílkoviny

Sýry jsou zdrojem dobře stravitelných bílkovin a peptidů. Navíc obsahují i esenciální aminokyseliny, jako je lysin, který v rostlinných bílkovinách chybí. Mléčné bílkoviny mají výhodu, že neobsahují purinové báze, které způsobují onemocnění dnou, a jsou pro lidský organismus dobře stravitelné díky kratším řetězcům peptidů a aminokyselin při zrání. V trávicím traktu dochází k uvolňování aminokyselin ze sýrů. Kyselina asparagová a glutamová zlepšuje trávení díky působení na vylučování žaludečních šťáv. Vysoký příjem bílkovin je dáván do spojitosti s úbytkem vápníku v kostech. V případě výrobků z mléka je vyšší příjem bílkovin kompenzován i vysokým příjmem vápníku

Bílkovina kasein posiluje ochrannou vlastnost slin, které podporují neutralizaci kyselin a remineralizaci zubů a tím chrání zuby před zubním kazem. [1,51].

9.2 Laktóza

Laktóza je disacharid označovaný jako mléčný cukr. Většina laktózy přejde v průběhu výroby sýrů do syrovátky, pouze malá část zůstane v sýřenině. Během zrání je zbytková laktóza přeměněna na kyselinu mléčnou a další kyseliny, a proto by u zrajících sýrů její výskyt měl být minimální a lidé s intolerancí na mléčný cukr by neměli mít s konzumací sýrů problémy [1,51].

9.3 Mléčný tuk

Tuk je v sýrech zastoupen z 65 % nasycenými, z 30 % nenasycenými a z 5 % polynenasycenými mastnými kyselinami. Tuk nejvíce ovlivňuje chuťové vlastnosti daného produktu. V sýrech se vyskytuje v dobře stravitelné formě. Mléčný tuk je nosičem vitamínů

rozpuštěných v tucích, a to A, D a E. Obsah cholesterolu je ve srovnatelném množství, které je obsaženo v masu a rybách. Ve 100 g mléčného tuku je obsaženo 300–500 mg cholesterolu. Sýry obsahují kyselinu linolovou, které jsou připisovány pozitivní účinky na lidské zdraví kvůli jejím antioxidačním a antikarcinogenním schopnostem. Její obsah v sýrech závisí na tučnosti sýru, ale pohybuje se od 1 do 6 mg ve 100 g sýra. V souvislosti s mléčným tukem je zajímavý i obsah sfingolipidů, které by měly působit proti vzniku rakoviny tlustého střeva. Dále by měly snižovat krevní tlak a redukovat cholesterol snižovat riziko kardiovaskulárních onemocnění [1,4,51].

9.4 Minerální látky

Sýry jsou bohaté na minerální látky. Mléčné výrobky jsou obecně známé vysokým obsahem vápníku, ale také obsahují fosfor, hořčík, sodík, draslík a mnoho dalších látek. Nejvíce se jedná o vápník, který je nezbytnou součástí pro růst a zdraví kostí a zubů. Pro dodání 300 mg vápníku je potřeba zkonzumovat 40 g sýra s modrou plísní. Sýry bohaté na obsah vápníku jsou spíše sýry s vyšším obsahem sušiny. Dalším faktorem, který ovlivňuje obsah vápníku je způsob výroby [1,51].

9.5 Vitaminy

Mléčný tuk obsahuje především vitaminy A a E rozpustné v tucích. Na vitaminy nerozpustné v tucích jsou sýry poměrně chudé. V plísňových sýrech se najde i vysoký obsah vitaminů B. Obsah ale záleží na použité výrobní technologii daného druhu sýra [1].

ZÁVĚR

Sýry jsou mezi lidmi velmi oblíbenou potravinou. Jednou velmi vyhledávanou skupinou jsou sýry s plísní na povrchu nebo uvnitř. V dnešní době je na trhu hned několik druhů a většinou mají dlouholetou tradici. Většina sýrů s plísní byla objevena náhodně. Jejich typická chuť je nezaměnitelná hlavně díky biochemickým reakcím, které pobíhají v průběhu zrání pomocí enzymů.

Při výrobě se může používat hned několik plísňových kultur, které jsou určeny pro daný typ sýrů. U některých plísní hrozí, že kvůli očkování v laboratoři pomocí spor může dlouhodobé množení jednoho mikroorganismu vést k mutacím, které mohou způsobit omezení produkce spor. Při použití plísní ale hrozí i riziko rozvoje mykotoxinů, které jsou pro lidské zdraví nebezpečné, a proto je důležité dbát na dodržování správného technologického postupu a zejména skladování. Obsah mykotoxinů je v sýrech pouze v malém množství, které by nemělo mít žádné negativní účinky na lidské zdraví.

Sýry s plísní mohou být znehodnoceny i dalšími vadami, které mohou být způsobeny právě špatným technologickým postupem nebo rozvojem nežádoucích mikroorganismů. Mohou tak být ovlivněny vzhled, konzistenci nebo chuť sýrů.

Sýry mohou také obsahovat biogenní aminy, které ve vysokých koncentracích mají vedlejší účinky na lidské zdraví. Další látka, které se může vyskytovat v sýrech s plísní uvnitř, je lepek, který se do sýrů dostane kultivací plísňové kultury na substrátu, jež není bezlepkový. Lepek se ale v sýrech vyskytuje v malém množství, a tak mohou být sýry zařazeny do bezlepkových potravin.

Sýry s plísní obsahují ale i látky, které jsou pro lidské zdraví dobré. Jedná se například o amidy mastných kyseliny, které zlepšují kognitivní pokles. Sýry obsahují i další látky, které jsou důležité z pohledu výživy člověka, jako jsou bílkoviny, vápník, vitaminy a další živiny.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] B. Janštová, L. Vorlová, P. Navrátilová, M. Králová, L. Necidová, E. Mařicová, *Technologie mléka a mléčných výrobků*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012, ISBN 978-80-7305-637-7.
- [2] Vyhláška č. 77/2003 Sb, *Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*. Ministerstvo zemědělství, 2003.
- [3] P. Maichelson, *Sýry – Nejlepší sýry z celého světa*, Praha: Svojtka & Co., 2012. ISBN 978-80-256-0729-9.
- [4] Sýry a jejich druhy, *Informační centrum bezpečnosti potravin*, Ministerstvo zemědělství, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/syry-a-jejich-druhy/>
- [5] J. Kopáček, L. Liklér Camembert z Normandie a Sedlčanský hermelín, *Časopis Sběratel*, **2007**, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <http://laktoscollection.cz/view.php?nazev=camembert-z-normandie-a-sedlcansky-hermelin&cisloclanku=2007080001>
- [6] X. Chen, Z. Gu, Y. Peng, S. Y. Quek, What happens to commercial camembert cheese under packaging? Unveiling biochemical changes by untargeted and targeted metabolomic approaches, *Food Chemistry*, 383, **2022**, 132437.
- [7] L. Likler, J. Kopáček, Sýry s vnitřní plísní, *Časopis Sběratel*, **2008**, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <http://www.sberatel-ksk.cz/clanek-syry-s-vnitri-plisni-2008050006>
- [8] M. D. Piano, R. Tari, S. Carmagnola, Lactose content in typical Italian Gorgonzola cheese: a pilot study, *Nutrafoods*, 11, **2012**, 63–67.
- [9] I. Ferroukhi, C. Chassard, J.Mardon, A comprehensive overview of blue-veined cheeses, *International Dairy Journal*, 154, **2024**, 105926.
- [10] L. Likler, *Výroba sýrů s vnitřní plísní na území České republiky*, *Časopis sběratel*, **2008**, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <http://laktoscollection.cz/view.php?nazev=vyroba-syru-s-vnitri-plisni-na-uzemi-ceske-republiky&cisloclanku=2008060001>

- [11] L. Likler, J. Kopáček, Výroba sýrů s vnitřní plísní na území České republiky, *Časopis Sběratel*, **2008**, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <http://www.sberatel-ksk.cz/clanek-vyroba-syru-s-vnitri-plisni-na-uzemi-ceske-republiky-2008080004>
- [12] C. F. Kure, I. Skaar, The fungal problem in cheese industry, *Current Opinion in Food Science*, 29, **2019**, 14–19.
- [13] F. Eliskases-Lechner, M. Guéguen, J. M. Panoff, Yeasts and Molds | *Geotrichum candidum*, v knize: J. W. Fuquay, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd edition, Academic Press, 2011, 765-771.
- [14] G. Blank, PENICILLIUM | *Penicillium in Food Production*, v knize: R. K. Robinson, *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 1999, 1655–1662.
- [15] A. Abbas, A. D. W. Dobson, Yeasts and Molds | *Penicillium camemberti*, v knize: W. Fuquay, *Encyclopedia of Dairy Science*, 2nd edition, Academic Press, 2011, 776–779.
- [16] M. Valle, N. N. Van Long, J. L. Jany, L. Koullen, K. Rigalma, V. Vasseur, V. Huchet, L. Coroller, Impact of sodium chloride and carbon dioxide on conidial germination and radial growth of *Penicillium camemberti*, *Food Microbiology*, 115, **2023**, 104309.
- [17] J. Ropars, E. Didiot, R. C. Rodriguez de la Vega, B. Bennetot, M. Coton, E. Poiriet, E. Coton, A. Snirc, S. L. Prieur, T. Giraud, Domestication of the Emblematic White Cheese-Making Fungus *Penicillium camemberti* and Its Diversification into Two Varieties, *Current Biology*, 3 (22), **2020**, P4441–4453.E4.
- [18] M. Harami, French cheese under threat, *CNRS NEWS Making sense of science*, **2024**, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://news.cnrs.fr/articles/french-cheese-under-threat>
- [19] E. Coton, J.-L. Jany, M. Coton, *Penicillium roqueforti*, v knize: J. P. McNamara *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 3rd edition, Academic Press 2022, 599–606.
- [20] J. I. Pitt, PENICILLIUM | Introduction, v knize: R. K. Robinson, *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 1999, 1647–1655.
- [21] K. Gomi, ASPERGILLUS | *Aspergillus Oryzae*, v knize: R. K. Robinson, *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 1999, 66–72.

- [22] S. Hayashida, T. Hagi, M. Kobayashi, K. Kusumoto, H. Ohmori, S. Tomita, S. Suzuki, H. Yamashita, K. Sato, T. Miura, M. Nomura, Comparison of taste characteristics between koji mold-ripened cheese and Camembert cheese using an electronic tongue system, *Journal of Dairy Science*, 106 (10), **2023**, 6701-6709.
- [23] F. Buňka, *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, **2013**. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [24] Přídavné látky, *Státní zemědělská a potravinářská inspekce*, Online. 2017. [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/-ecka-a-dalsi-latky-v-potravinach-pridatne-latky-aditiva.aspx>
- [25] E509–Chlorid vápenatý, *Fér potravina*. Online. 2024. [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E509>.
- [26] E252–Dusičnan draselný, *Fér potravina*. Online. 2024. [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E252>.
- [27] R. Matějčíková, *Technologie mléka*. Online. 2019, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/tech/315/page00.html>.
- [28] M. E. Johnseo, Mesophilic and Thermophilic Cultures Used in Traditional Cheesemaking, *Microbiology Spectrum*, 1. **2013**, CM–0004–2012.
- [29] O. Obermaier, V. Čejna, *Jak poznáme kvalitu? SÝRY A TVAROHY*, Sdružení českých spotřebitelů, o.s. pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2013, ISBN 978-80-905096-6-5 (ČTPP).
- [30] P. S. Kindstedt, The Basics of Cheesemaking, *Microbiology Spectrum*, 1. **2013**, CM–0002–2012.
- [31] D. Batty, J. G. Waeit-Cusic, L. Meunier-Goddik, Influence of cheese-making recipes on the composition and characteristics of Camembert-type cheese, *Journals of dairy Science*, 102, **2019**, 164–176.
- [32] T. Caron, M. Le Piver, A. Péron, P. Lieben, R. Lavigne, S. Brunel, D. Roueyre, M. Place, P. Bonnarme, T. Giraud, A. Branca, S. Landaud, C. Chassard, Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses, *International Journal of Food Microbiology*, 354, **2021**, 109174.

- [33] P. L. H. McSweeney, Biochemistry of Cheese Ripening: Introduction and Overview, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 1, **2004**, 347–360.
- [34] P. L. H. McSweeney, SOUHRN PŘEDNÁŠKY O ZRÁNÍ PŘÍRODNÍCH SÝRŮ přednesený dne 5. září 2013 na Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, *Mlékařské listy*, 141, **2013**, 6–9.
- [35] A. R. Khattab, H. A. Guirguis, S. M. Tawfik, M. A. Farag, Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment, *Trends in Food Science & Technology*, 88, **2019**, 343–360.
- [36] E. D. Bastien, R. J. Brown, Plasmin in milk and dairy products: an update, *International Dairy Journal*, 6(5), **1996**, 435–457.
- [37] B. Domingues Galli, D. P. Baptista, F. G. Cavalheiro, F. Negrão, M. N. Eberlin, M. L. Gigante, Peptide profile of Camembert-type cheese: Effect of heat treatment and adjunct culture *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Food Research International*, 123, **2019**, 393-402
- [38] Vady sýrů, *Informační centrum bezpečnosti potravin*. Online. 2024. [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/vady-syru/>.
- [39] J. Kopáček, Vady sýrů a faktory, které je ovlivňují, *Potravinářská revue*, **2013**. [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <http://laktoscollection.cz/view.php?nazev=vady-syru-a-faktory-ktere-je-ovlivnuji&cislocloanku=2013120025>
- [40] *Hlubší pohled na vady sýrů*. Online. **2015**, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://www.domacimlekar.com/hlubsi-pohled-na-vady-syru-2/>.
- [41] T. A. Smith, Amines in food, *Food Chemistry*, 6(3), **1981**, 169–200.
- [42] A. Naila, S. Flint, G. Fletcher, P. Bremer, G. Meerdink, Control of Biogenic Amines in Food—Existing and Emerging *Approaches*, *Journal of Food Science*, 75(7), **2010**, R139-R150.
- [43] N. S. Turna, R. Chung, L. McIntyre, A review of biogenic amines in fermented foods: Occurrence and health effects, *Heliyon*, 10(2), **2024**, E24501.

- [44] E. Kovacova-Hanuszkova, T. Buday, S. Gavliakova, J. Plevkova, Histamine, histamine intoxication and intolerance, *Allergologia et Immunopathologia*, 43(5), **2015**, 498–506.
- [45] M. C. Ferrante, R. Mercogliano, Focus on histamine production during cheese manufacture and processing: A review, *Food Chemistry*, 419, **2023**, 136046.
- [46] A. D. W. Dobson, Chapter 23 - Mycotoxins in Cheese, z knihy: P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, D. W. Everett, *Cheese (Fourth edition)*, Academic Press, 2017, 595–601.
- [47] P. Nigam, D. Singh, METABOLIC PATHWAYS | Production of Secondary Metabolites – Fungi, v knize: R. K. Robinson, *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 1999, 1319–1328.
- [48] R. Khan, F. Anwar, F. M. Ghazali, A comprehensive review of mycotoxins: Toxicology, detection, and effective mitigation approaches, *Heliyon*, 10(8), **2024**, e28361.
- [49] L. B. Bullerman, MYCOTOXINS | Classification, v knize: R. K. Robinson, *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 1999, 1512–1520.
- [50] L. B. Bullerman, MYCOTOXINS | Classification, v knize: B. Caballero, *Encyclopedia of Food Sciences nad Nutrition*, 2nd edition, Academic Press, 2003, 4080–4089.
- [51] K. Šustrová, Nutriční aspekty konzumace sýrů, *Mlékařské listy*, 170, **2018**, 24–30.
- [52] I. Rodríguez-Cañás, J. M. González-Jartín, R. Alvariño a, A. Alfonso, M. R. Vieytes, L. M. Botana, Detection of mycotoxins in cheese using an optimized analytical method based on a QuEChERS extraction and UHPLC-MS/MS quantification, *Food Chemistry*, 408, **2023**, 135182.
- [53] P. Ansari, G. Häubl, Determination of cyclopiazonic acid in white mould cheese by liquid chromatography–tandem mass spectrometry (HPLC–MS/MS) using a novel internal standard, *Food Chemistry*, 211, **2016**, 978–982.
- [54] D. Abramson, MYCOTOXINS | Toxicology, z knihy: R. K. Robinson, *Encyclopedia of Food, Microbiology*, Elsevier, 1999, 1539–1547.
- [55] S. A. Wright, Patulin in food, *Current Opinion in Food Science*, 5, **2015**, 105–109.

- [56] M. K. Dubey, M. Aamir, M. S. Kaushik, S. Khare, M. Meena, S. Singh, R. S. Upadhyay, PR Toxin – Biosynthesis, Genetic Regulation, Toxicological Potential, Prevention and Control Measures: Overview and Challenges, *Front Pharmacol*, **2018**, 29651243.
- [57] K. Fontaine, E. Passeró, L. Vallone, N. Hymery, M. Coton a, J. Jany, J. Mounier, E. Coton, Occurrence of roquefortine C, mycophenolic acid and aflatoxin M1 mycotoxins in blue-veined cheeses, *Food Control*, **47**, **2015**, 634–640.
- [58] PubChem, *Mycophenolic Acid Bethesda (MD)*, Národní lékařská knihovna (USA), Národní centrum pro biotechnologické informace, PubChem Compound Summary for CID 44654, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Mycophenolic-Acid>.
- [59] J. Rysová, *Je sýr s mosrou plísní bezlepkový?*, Výzkumný ústav potravinářský Praha, [cit. 2024-06-16]. Dostupné z: http://www.czechfoodchem.cz/posters/P5_Rysova.pdf
- [60] Vyhláška č. 23/2001 Sb, *Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví druhy potravin určené pro zvláštní výživu a způsob jejich použití*. Ministerstvo zemědělství, **2003**.
- [61] V. Bansal, S.K. Mishra, Reduced-sodium cheeses: Implications of reducing sodium chloride on cheese quality and safety, *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*, **19**(2), **2020**, 733–758.
- [62] T. P. Guinee, P. F. Fox, Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, **1**, **2004**, 207–259.
- [63] K. Kawano, M. Shobako, T. Furukawa, T. Toyooka, K. Ohinata, Fatty acid amides present in Camembert cheese improved cognitive decline after oral administration in mice, *Neuroscience Research*, **2004**, v tisku (doi: 10.1016/j.neures.2024.03.002)