



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH CHEMICKÝCH PARAMETRŮ PŘÍRODNÍCH SÝRŮ

THE ASSESSMENT OF BASIC CHEMICAL PARAMETERS OF NATURAL CHEESE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DOMINIKA ŠKOLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA VÍTOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0905/2014	Akademický rok: 2014/2015
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	Dominika Školová	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor:	Potravinářská chemie (2901R021)	
Vedoucí práce	Ing. Eva Vítová, Ph.D.	
Konzultanti:	Ing. Martina Mahdalová	

Název bakalářské práce:

Stanovení základních chemických parametrů přírodních sýrů

Zadání bakalářské práce:

1. Zpracujte literární přehled dané problematiky:
 - stručná charakteristika vybraných typů přírodních sýrů
 - charakteristika základních složek sýrů (lipidy, proteiny)
 - možnosti charakterizace jednotlivých složek sýrů, popis metod
2. Vyberte jednoduché metody vhodné pro základní chemický rozbor sýrů
3. Aplikujte je na vybrané vzorky sýrů

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2015

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Dominika Školová
Student(ka)

Ing. Eva Vítová, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 30.1.2015

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo stanovit základní chemické parametry přírodních sýrů, konkrétně sýrů typu Camembert (sýr s bílou plísní na povrchu) a Ementál (sýr s vysokodohřívanou sýřeninou). Modelové vzorky sýrů byly vyrobeny v poloprovozních podmínkách za použití nepasterizovaného mléka v „bio“ kvalitě.

Na základě provedené literární rešerše byly vybrány následující parametry vhodné pro jednoduchou a rychlou charakterizaci složení sýrů: stanovení obsahu sušiny (vysušením do konstantní hmotnosti), tuku v sušině (výpočtem), celkového dusíku (resp. stanovení obsahu bílkovin podle Kjeldahla) a tuku, resp. celkových lipidů (extrakcí směsí rozpouštědel). Výsledky byly na závěr porovnány se vzorky sýrů odpovídajícího typu zakoupenými v běžné tržní síti.

ABSTRACT

The aim of this work was to determine basic chemical parameters of natural cheese, namely Camembert type (white mold cheese) and Emmentaler type (cheese with high-heat curd). Model samples of cheese were produced in a pilot plant using unpasteurized milk in "organic" quality.

Based on the literature search following parameters suitable for simple and fast characterization of cheese composition were selected: dry matter (drying to constant weight), fat in dry matter (calculated), total nitrogen (resp. determination of protein content) by the Kjeldahl method and fats, resp. total lipids (extraction with solvent). The results were finally compared with samples of the corresponding cheese type purchased on the market.

KLÍČOVÁ SLOVA

sýry, sušina, lipidy, proteiny

KEYWORDS

cheese, dry matter, lipids, proteins

ŠKOLOVÁ, D. *Stanovení základních chemických parametrů přírodních sýrů* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Vítová, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

Poděkování:

Ráda bych poděkovala paní Ing. Evě Vítové, PhD., Ing. Martině Mahdalové a Ing. Kateřině Soukalové za ochotu, laskavost, odborné i cenné rady, které mi usnadnily vypracování této práce.

OBSAH

1 ÚVOD	7
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	8
2.1 ROZDĚLENÍ SÝRŮ	8
2.2 PROTEINY	9
2.2.1 KLASIFIKACE A NÁZVOSLOVÍ	9
2.2.2 STRUKTURA	10
2.2.3 VLASTNOSTI BÍLKOVIN	11
2.2.4 BÍLKOVINY VE VÝŽIVĚ	12
2.2.5 MLÉČNÉ BÍLKOVINY	12
2.3 LIPIDY	15
2.3.1 KLASIFIKACE LIPIDŮ	15
2.3.2 ESTERY GLYCEROLU	16
2.3.3 MASTNÉ KYSELINY	16
2.3.4 MLÉČNÉ LIPIDY	17
2.4 TECHNOLOGIE VÝROBY SÝRŮ	17
2.4.1 MLÉKO JAKO SUROVINA PRO VÝROBU SÝRŮ A TVAROHŮ	17
2.4.2 ZPRACOVÁNÍ MLÉKA	17
2.4.3 PŘÍDAVEK ZÁKYSOVÝCH KULTUR	18
2.4.4 KOAGULACE MLÉKA	18
2.4.5 ZPRACOVÁNÍ SRAŽENINY/SÝŘENINY	19
2.4.6 FORMOVÁNÍ	19
2.4.7 SOLENÍ	19
2.4.8 ZRÁNÍ	20
2.4.9 SÝRY S PLÍSNÍ NA POVRCHU	21
2.4.10 SÝRY S ANAEROBNÍM ZRÁNÍM V CELÉ HMOTĚ/VYSOKODOHŘÍVANOU SÝŘENINOU/EMENTÁLSKÝ TYP	22
2.5 POUŽITÉ METODY	22
2.5.1 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	22
2.5.2 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉHO DUSÍKU	23
2.5.3 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÝCH LIPIDŮ	24
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	24
3.1 ANALYZOVANÉ VZORKY	24
3.2 POUŽITÉ METODY A EXPERIMENTÁLNÍ POSTUPY	25
3.2.1 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	25
3.2.2 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉHO DUSÍKU DLE KJELDAHLA	26
3.2.3 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÝCH LIPIDŮ	27
3.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ	28

4 VÝSLEDKY A DISKUZE	28
4.1 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	29
4.2 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÝCH LIPIDŮ	31
4.3 OVĚŘENÍ DEKLAROVANÝCH PARAMETRŮ KUPOVANÝCH SÝRŮ	33
4.4 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉHO DUSÍKU DLE KJELDAHLA	33
4.5 SROVNÁNÍ SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ: MODELOVÝ „BIO“ SÝR VS. ZAKOUPENÝ SÝR	34
5 ZÁVĚR	36
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38

1 ÚVOD

Sýry patří mezi potraviny, které dnes nalezneme téměř v každé domácnosti. Člověk poznal sýry již před 8 000 lety. Jednou z výhod zpracování mléka na sýry je prodloužení trvanlivosti a zakonzcentrování nutričně hodnotných látek. Jedná se o mléčné výrobky obsahující tuky, bílkoviny, vitamíny, minerální látky. Nalezneme zde také plísně, kvasinky, bakterie atd. Obsažený vápník je důležitý pro správný vývoj kostí, volné esenciální aminokyseliny slouží k regeneraci tkání a jejich tvorbu.

Vyrábí se koagulací mléka (kyselé, enzymatické srážení) o různé tučnosti a následném oddělení syrovátky. Zvláštní skupinu tvoří tavené sýry, do kterých se přidávají tavící soli a jsou tepelně opracované. Na výrobu 1 kg sýra se spotřebuje přibližně 10 litrů mléka. V současné době nalezneme přes tři tisíce druhů sýrů rozmanitých chutí a vůní. Mezi nejoblíbenější sýr u nás patří eidam. Olomoucké tvarůžky (někdy též syrečky) mají svou vlastní ochrannou známku o svém původu.

Základem vysoké nutriční hodnoty sýrů je především obsah přítomných tuků a bílkovin. Tuk dodává sýrům chuť, texturu a jedná se také o energeticky nejbohatší složku. Obsahuje vitamíny rozpustné v tucích, jako jsou A, D, E. Na pultech v našich obchodech však můžeme nalézt tzv. sýrové analogy. U těchto výrobků bývá mléčný tuk nahrazen rostlinnými oleji, což výrazně ovlivňuje jak chuť, tak výživovou hodnotu a cenu. Další důležitou charakteristikou je také obsah sušiny, která je ukazatelem jakosti sýrů. Na etiketách najdeme obsah tuku v sušině přepočítaný na sto gramů potraviny (t. v s.).

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat literární rešerši zaměřenou na obecnou charakterizaci přírodních sýrů, jejich přehled, rozdělení, chemické složení a strukturu jednotlivých složek, s důrazem především na lipidy a proteiny. Zvláštní pozornost je věnována technologickému procesu výroby sýrů. Na základě provedené literární rešerše byly vybrány parametry vhodné pro jednoduchou a rychlou charakterizaci sýrů (obsah sušiny, celkového dusíku a obsah lipidů). Vybrané metody stanovení jednotlivých parametrů byly ověřeny a aplikovány na vybrané vzorky sýrů (typ Ementál a Camembert), experimentálně vyrobených v poloprovozních podmínkách. Výsledky byly na závěr porovnány se vzorky sýrů odpovídajícího typu zakoupenými v běžné tržní síti.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Rozdělení sýrů

Existuje mnoho hledisek, podle kterých můžeme dělit sýry. Níže jsou uvedena některá z nich.

Podle druhu použitého mléka [1]:

- Kravské
- Ovčí
- Kozí
- Jiné

Podle druhu srážení [1]:

- Sladké – srážení za pomoci syřidla.
- Sladkokyselé a kyselé – srážení za pomoci kyseliny mléčné, která je produktem bakterií mléčného kvašení (tvarohy).

Podle obsahu tuku v sušině (hmotnostní procenta %) [2]:

- Vysokotučné – obsahují 55 – 70%
- Plnotučné – obsahují 45 – 55%
- Polotučné – obsahují 30 – 45%
- Nízkotučné – obsahují méně než 30% tuku v sušině.

Podle použité suroviny [3]:

- Přírodní sýry – vyráběné přímo z mléka
- Tavené sýry – vyrobené dalším zpracováním přírodních sýrů
- Syrovátkové – vyrobeny ze zahuštěné syrovátky
- Sýry, ve kterých je mléčný tuk nahrazen rostlinnými tuky (tzv. plněné sýry)
- Imitace sýrů – jsou vyráběny rekonstrukcí jednotlivých složek mléka

Podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra (% VVTPH) [3]:

- Extra tvrdý: méně než 47,0% včetně
- Tvrdý: 47,0 – 54,9%
- Polotvrdý: 55,0 – 61,9%
- Poloměkký: 62,0 – 68,0% včetně
- Měkký: více než 68,0%

Přírodní sýry můžeme dělit podle způsobu zrání na [4]:

- Sýry nezrající včetně tvarohů: rozlišujeme je na čerstvé a termizované
- Sýry zrající: sýry mohou zrát převážně od povrchu do vnitřní hmoty (sýry s mazem), a nebo převážně v celé hmotě (anaerobně).
- Plísňové sýry: rozlišujeme sýry s plísní na povrchu a speciality s plísní na povrchu i uvnitř těsta, a nebo sýry s plísní uvnitř těsta.

2.2 Proteiny

Proteiny neboli bílkoviny jsou polymery aminokyselin, které jsou navzájem spojeny peptidovými vazbami. Kromě peptidových vazeb se v polymerech vyskytují i disulfidové, esterové a amidové vazby. Molekuly běžně obsahují více než sto aminokyselin uspořádaných do nerozvětvených (lineárních) řetězců, jejich relativní molekulová hmotnost se pohybuje v mezích od 10 000 do milionů daltonů. Na proteiny se dále můžou vázat molekuly vody, různé anorganické ionty, popřípadě lipidy, cukry, nukleové kyseliny aj. [9].

2.2.1 Klasifikace a názvosloví

V názvosloví proteinů je preferováno jako u většiny makromolekul názvosloví triviální. Existuje mnoho možností, jak tyto polymery klasifikovat, zde je vybráno několik kritérií:

Dělení proteinů podle výživového hlediska:

- Plnohodnotné – obsahují všechny esenciální aminokyseliny v potřebném množství pro výživu člověka (mléčná a vaječná bílkovina).
- Téměř plnohodnotné – některé aminokyseliny se vyskytují v mírném nedostatku (živočišné svalové bílkoviny).
- Neplnohodnotné – některé aminokyseliny jsou v nedostatku (rostlinné bílkoviny) [9].

Dělení proteinů podle struktury:

- Jednoduché, obsahují pouze aminokyseliny a podle tvaru se dále mohou dělit na globulární (sféroproteiny) a fibrilární (skleroproteiny). Globulární proteiny mají oblé až kulový tvar, kdy nepolární funkční skupiny jsou uvnitř molekuly a polární molekuly tvoří její obal, na nějž se váží molekuly vody. Fibrilární proteiny mají tvar vláken, tvoří prakticky nerozpustné proteiny.
- Složené (konjugované), můžeme dále podle kovalentně vázaného nebílkovinného podílu dělit na nukleoproteiny, lipoproteiny, glykoproteiny, fosfoproteiny, chromoproteiny a metaloproteiny [9].

Podle rozpustnosti dělíme proteiny na:

- Rozpustné – řadíme zde albuminy (laktalbumin z mléka, leukosin z pšenice), globuliny (mléčný laktoglobulin, aktin a myosin), prolaminy (rostlinné bílkoviny), gluteliny (pšeničný glutelin), protaminy (v mlíčí ryb – v lososu salmin, u kapra cyprinin), histony (v jádrech živočišných a rostlinných buněk, hemoglobin, myoglobin).
- Nerozpustné – řadíme zde fibrilární bílkoviny jako je kolagen, elastin a keratin [9].

2.2.2 Struktura

2.2.2.1 Primární struktura

Udává sekvenci aminokyselin v peptidovém řetězci, podává informace o kovalentní struktuře molekuly, charakteru a počtu základních peptidových vazeb [9].

2.2.2.2 Sekundární struktura

Sekundární struktury můžeme rozdělit na pravidelné, ohybové a nepravidelné. Všechny pravidelné sekundární struktury popisujeme jako šroubovice (helixy). Jednotlivé helixy se liší průměrem závitů, úhlem stoupání nebo smyslem otáčení (pravotočivé, levotočivé). Všem sterickým a energetickým požadavkům nejlépe vyhovuje α -helix, kdy jeden závit je tvořen 3,6 aminokyselinovými zbytky. Pro některé sekvence aminokyselinových zbytků je výhodnější β -struktura (β -hřeben), která se stabilizuje pomocí mezipeptidových (interamidových) vodíkových vazeb. Rozlišujeme paralelní a nebo antiparalelní přilehlé řetězce, podle toho zda NHCO vazby řetězců mají stejný a nebo opačný směr. Helixy a skládané listy tvoří přibližně polovinu struktury průměrného globulárního proteinu. Ostatní části molekuly mají tzv. nerepetitivní strukturu, smyčkovitou nebo klubkovitou konformaci [9, 11].

2.2.2.3 Terciární a kvartérní struktura

Terciární struktura vzniká interakcemi mezi různými sekundárními strukturami. Uplatňují se hlavně hydrofobní, elektrostatické interakce, často i disulfidové vazby. U mnoha proteinů je terciární struktura známá [9, 11].

Řada proteinů tvoří kvartérní strukturu, která je tvořena několika identickými a nebo různými polymery proteinů. Vzniká působením kovalentních vazeb (hlavně disulfidových)

a nevazebných interakcí. Např. mléčný laktoglobulin se skládá ze dvou monomerů, v prostředí o pH 5 – 7,5 tvoří dimer, v prostředí o pH 3,5 – 5 se vyskytuje jako oktamer a v prostředí pH nižší než 3,5 jej nalezneme jako monomer. Polypeptidová kostra je tvořena devíti vlákny skládaného listu, která v prostoru tvoří válcovitou strukturu zvanou β -barrel. Dvě vlákna jsou propojená α -helixem, u ostatních se uplatňují výše zmíněné interakce [9].

2.2.3 Vlastnosti bílkovin

2.2.3.1 Disociace a hydratace

Rozpustnost bílkovin závisí kromě struktury také na permitivitě rozpouštědla, teplotě, iontové síle roztoku a jeho pH hodnotě atd. Pokud se pH pohybuje v blízkosti izoelektrického bodu, rozpustnost bude minimální. Nízká koncentrace zvyšuje rozpustnost bílkovin díky vsolovacímu efektu, naopak vyšší koncentrace solného roztoku rozpustnost bílkovin snižuje (vysolovací efekt).

Globulární proteiny jsou dobře rozpustné v polárních rozpouštědlech (voda, vodné roztoky kyselin a zásad). Zatímco fibrilární bílkoviny jsou ve vodě nerozpustné. V méně polárních rozpouštědlech jako je ethanol se mohou rozpustit prolaminy.

V roztocích bílkoviny disociují na polyamfolyty. V závislosti na pH prostředí vznikají disociací různých funkčních skupin různých aminokyselin kladně nebo záporně nabitě ionty. Z rozdílu kladných a záporných nábojů dostaneme volný náboj, který má podle pH prostředí kladný a nebo záporný náboj. Oblast pH, kde je tento volný náboj nulový se nazývá izoelektrickým bodem bílkoviny, jehož záporný dekadický logaritmus je hodnota pI.

Roztoky globulárních proteinů tvoří koloidně disperzní soustavy. Molekuly proteinů mají charakter molekulových micel s nepolárním nitrem a polárním obalem, který se ve vodném prostředí hydratuje. Jedná se o hydrofilní koloidy. Většina roztoků je monodisperzních, obsahují tedy pouze jednotlivé molekuly, V případě mléka se ale jedná o micelární koloidy, kde některé proteiny tvoří agregáty (α -, β -, κ -kaseiny) [9].

2.2.3.2 Denaturace

Podle stavu v jakém se bílkoviny nacházejí, je můžeme rozdělit na:

- nativní – mají zachovány veškeré biologické funkce
- denaturované – nemají zachované biologické funkce
- upravené – jsou chemicky modifikované a využívají se jako potravinářská aditiva

Při denaturaci se působením fyzikálních faktorů (mechanické a povrchové síly, zvýšená teplota) a chemických činidel (změna pH, nepolární rozpouštědla, přítomnost solí, tensidy) mění nativní konformace globulárních bílkovin a tím i jejich vlastnosti. Primární struktura zůstává zachována, mění se sekundární, terciární a kvartérní. Změny konformace mohou být buď vratné neboli reverzibilní, většinou se ale jedná o proces nevratný, tudíž ireverzibilní. Důsledkem těchto změn ztrácí protein svou původní funkci a biologickou aktivitu [9, 10, 11].

Změnou struktury proteinů mohou původně nepřístupné funkční skupiny interagovat s vodou. Bílkoviny, které prošly denaturací, mají zvýšenou schopnost vázat vodu. Tento děj se často váže s koagulací proteinů. Důsledkem agregace proteinů, způsobenou reakcí funkčních skupin bílkovin samy se sebou, se snižuje počet funkčních skupin schopných reagovat s vodou a schopnost vázat vodu naopak klesá [9].

2.2.4 Bílkoviny ve výživě

Bílkoviny poskytují tělu energii a slouží jako materiál k výstavbě nových tkání. Organismus je není schopen využít v původní formě, proto je musí nejprve procesem trávení rozložit na aminokyseliny. Trávení probíhá pomocí enzymové hydrolýzy (proteolýzy) katalyzované proteolytickými enzymy.

Bílkoviny je nutno dodávat potravou, protože naše tělo je schopno z prekurzorů syntetizovat pouze 10 z potřebných 20 esenciálních aminokyselin. Děti potřebují velký příjem bílkovin pro správný růst, dospělí je potřebují k nahrazování každodenních ztrát, ke kterým došlo přirozenými biochemickými reakcemi. Ne všechny potraviny jsou dostatečným zdrojem, který by dokázal pokrýt minimální denní potřebu zbývajících 10 aminokyselin. Většina mléčných výrobků a druhů masa obsahují těchto aminokyselin dostatek, ale rostlinné zdroje jsou nedostačující. Strava chudá na bílkoviny může vést k podvýživě a zdravotním problémům. Minimální denní potřeba plnohodnotného proteinu je u dospělého člověka 0,5-0,6 g na 1 kg tělesné hmotnosti, doporučuje se ale 1,0-1,2 g·kg⁻¹. Poměr přijímaných proteinů, lipidů a sacharidů ve stravě se doporučuje na 1:1:4 [10, 9].

2.2.5 Mléčné bílkoviny

Mléko je složitý disperzní systém tvořený vodou, proteiny, sacharidy, tuky a minerálními látkami viz. Tab. 1. Tuky vytvářejí emulzi tukových kapiček, zatímco kaseinové molekuly jsou uspořádány do micel. Nízkomolekulární látky jsou rozpustné ve vodě a tvoří pravý roztok. Rozlišujeme 2 hlavní skupiny proteinů a to kaseiny, které tvoří většinu mléčných proteinů a syrovátkové (sérové) proteiny [9, 12].

Tab. 1: Obsah živin v mléce [9]

Složka	Obsah v % v mléce			
	kravském	kozím	ovčím	lidském
proteiny celkem	3,2	3,2	4,6	0,9
kaseiny	2,6	2,6	3,9	0,4
proteiny syrovátky	0,6	0,6	0,7	0,5
tuky	3,9	4,5	7,2	4,5
sacharidy	4,6	4,3	4,8	7,1
minerální látky	0,7	0,8	0,9	0,2

Hlavní složku kaseinové frakce mléka představují α_s -kaseiny, které v kravském mléce nalezneme jako fosfoproteiny α_{s1} a α_{s2} -kaseiny. Tyto proteiny se vyskytují ve čtyřech genetických variantách a to A, B, C a D, nejčastější je varianta B. Kaseiny α_{s1} jsou u varianty B složeny ze 199 aminokyselin, obsahují 8 fosfoserinových zbytků, díky nimž je tato část molekuly polární. α_{s1} -kaseiny tvoří v přítomnosti vápenatých iontů nerozpustnou sůl a fragmenty tohoto proteinu se považují za λ -kasein. α_{s2} -kaseiny mají podobnou strukturu jako α_{s1} -kaseiny, liší se v menší citlivosti na přítomnost vápenatých iontů [8].

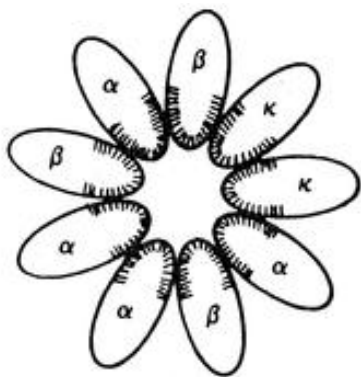
Polypeptidové řetězce β -kaseinů jsou tvořeny z 209 aminokyselinových zbytků, obsahují pět fosfoserinových zbytků a při teplotách nižších než jeden 1°C vytvářejí spolu s vápenatými ionty rozpustnou sůl. Při degradaci těchto proteinů vznikají γ -kaseiny, které mají 3 frakce γ_1 -, γ_2 -a γ_3 -kaseiny vzniklé odštěpením různých aminokyselin [9].

Posledním typem kaseinů jsou κ -kaseiny skládající se ze 169 aminokyselinových zbytků. V mléce je nalezneme jako trimery a vyšší oligomery navzájem propojené disulfidovými vazbami. V molekulách κ -kaseinu jsou přítomny cukry D-galaktopyranosa (D-Galp), N-acetyl-D-galaktosamin (D-GalpNAc) a N-acetylneuraminová kyselina (NeuAc). Spolu s vápenatými ionty tvoří rozpustné soli stabilizující α_{s1} - a β -kasein v mléce za přítomnosti vápenatých iontů [9, 12]. Celkové složení proteinů kravského mléka uvádí Tab. 2.

Tab. 2: Složení proteinů kravského mléka [9]

Proteiny	Podíl v (%)	Obsah ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Proteiny	Podíl v (%)	Obsah ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)
Kaseiny celkem	80	25,6	proteiny syrovátky celkem	20	6,4
α_s -kasein	42	13,4	α -laktalbumin	4	1,3
β -kasein	25	8,0	sérový albumin	1	0,3
γ -kasein	4	1,3	β -laktoglobulin	9	2,9
κ -kasein	9	2,9	imunoglobiny	2	0,6
			polypeptidy	4	1,3

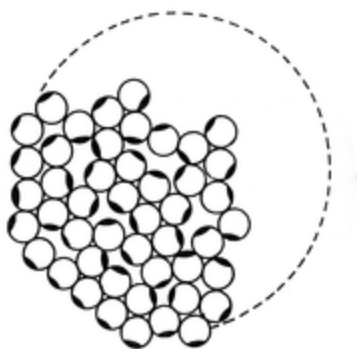
Kaseinové micely mléka jsou částice o průměru 50-300 nm. Mléko obsahuje přibližně 10^{15} micel na 1dm^3 . Typická micela obsahuje $2\cdot 10^4$ kaseinových molekul. Micela je agregát submicel, kdy každá submicela obsahuje 25-30 molekul α -, β - a κ -kaseinů. Polypeptidový řetězec všech tří typů kaseinů tvoří tvar rotačního elipsoidu. Nepolární konce jednotlivých molekul tvořených hydrofobními aminokyselinami jsou směřovány dovnitř submicel viz. Obr. 1. Fosfátové skupiny α_s - a β - kaseinů reagují s vápenatými ionty a spojují submicely dohromady buď přímo a nebo prostřednictvím volných fosfátů a citrátů viz. Obr. 2. κ -kaseiny neobsahují fosfátový zbytek, tudíž nemají vazebnou část. Nakonec se stanou dominantní na povrchu micely a zabrání jejímu nekonečnému zvětšování, jak je vidět na Obr. 3 [12].



Obr. 1: Příčný řez submicelou, čárkovaně jsou vyznačeny hydrofobní části [12]



Obr. 2: Vzájemné spojení submicel [12]



Obr. 3: Tvorba micel plné velikosti [12]

Většinu syrovátkových proteinů tvoří β -laktoglobulin. β -laktoglobulin se skládá ze 162 aminokyselin, vyskytuje se ve dvou genetických variantách a v mléce vytváří dimer. Jedná se o termolabilní protein, který při zahřátí ($\text{pH} > 8,6$, vysoká koncentrace vápenatých iontů) nenávratně denaturuje. Pokud je jen částečně denaturovaný, reaguje pomocí thiolové skupiny s dalšími mléčnými bílkovinami za vzniku dimerů, které jsou spojeny disulfidickou vazbou. Mezi další významné sérové proteiny patří minoritní globulární glykoproteiny imunoglobuliny s účinností protilátek. Makroglobulin způsobuje vznik vrstvy smetany na povrchu mléka díky vytvoření příčných vazeb mezi membránami globulí. α -laktalbumin je

součástí některých biologických enzymů. V syrovátce dále můžeme nalézt sérový albumin, peptidy a nízkomolekulární proteiny nazývané peptosy a peptony [9, 12, 13].

2.3 Lipidy

Lipidy jsou důležitou součástí buněk, patří k významným složkám potravin, ve výživě člověka tvoří důležitou živinu pro zdraví a vývoj organismu. V organismech slouží jako zdroj a rezerva energie, dále mají ochrannou a strukturní funkci.

Jedná se o látky dobře rozpustné v nepolárních rozpouštědlech, mohou být extrahovány do organických rozpouštědel, jako jsou chloroform, benzen, ether, horký ethanol. Lipidy zahrnují spoustu chemicky i funkčně nespojitých látek, jejichž společným znakem je převaha velkých nepolárních uhlovodíkových struktur, díky kterým mají olejovitou nebo voskovitou a ve vodě nerozpustnou povahu. Častá definice lipidů říká, že se jedná o přírodní sloučeniny obsahující vázané mastné kyseliny o více než třech atomech uhlíku. V praxi se za lipidy považují také netěkavé lipofilní sloučeniny vyskytující se spolu s přírodními lipidy, nazýváme je doprovodné látky lipidů. Mají odlišnou chemickou strukturu a často ani neobsahují vázané mastné kyseliny (terpenoidy, steroidy, lipofilní vitaminy...) [9, 11].

2.3.1 Klasifikace lipidů

Podle chemického složení dělíme lipidy na:

- Homolipidy – sloučeniny mastných kyselin a alkoholů, dále je můžeme dělit podle struktury vázaného alkoholu. V přírodních lipidech se většinou vyskytuje glycerol, méně časté jsou ethery glycerolu, hemiacetaly vyšších alifatických aldehydů, glykoly, alifatické a alicyklické terpenoidní sloučeniny (xanthofyly) atd. Estery jednosytných alkoholů nazýváme vosky, estery glycerolu podle skupenství dělíme na tuky a oleje.
- Heterolipidy – sloučeniny obsahující kromě vázaných mastných kyselin a alkoholů také další složky, podle kterých je můžeme dále dělit na fosfolipidy, glykolipidy a sulfolipidy.
- Komplexní lipidy – v komplexních lipidech nalezneme jak homolipidy, tak i heterolipidy. Navíc jsou zde přítomny proteiny, polysacharidy a jiné nelipidové složky. Tyto složky se vážou pomocí vodíkových můstků, hydrofobních interakcí, částečně se mohou uplatnit i kovalentní vazby [9].

Podle přítomnosti esterové vazby dělíme lipidy na:

- Hydrolyzovatelné – obsahují esterovou vazbu, kterou lze hydrolyticky štěpit (v tucích a voscích).
- Nehydrolyzovatelné – nepodléhají hydrolýze, neobsahují esterovou vazbu (cholesterol a jiné steroidy) [10].

2.3.2 Estery glycerolu

Estery glycerolu řadíme mezi potravinářsky nejvýznamnější lipidy. Podle skupenství je můžeme rozdělit na tuky a oleje. Oleje dále můžeme dělit podle chování na vzduchu na nevysychavé (olivový olej), polovysychavé (slunečnicový olej) a vysychavé (lněný olej) [9].

Chemicky jsou to estery glycerolu nejčastěji se třemi různými karboxylovými kyselinami s dlouhým uhlíkatým řetězcem. Jedná se o opticky aktivní látky vzniklé esterifikací katalytickým působením hydrolas, které jsou stereospecifické [9, 10].

Acylglyceroly jsou hlavní složkou rezervního tuku, kdy tvoří až 90 % tukových zásob živočichů a rostlin. Doprovází je rozličné hydrofobní látky jako fosfolipidy, steroly, karotenoidy, triterpeny atd. Jejich transport v organismu umožňují bílkovinné nosiče (apolipoproteiny). Živočišný tuk nalezneme nejen v podkožní tkáni, ale i v mléce, rybích játrech apod. U rostlin se vyskytuje nejčastěji v semenech a některých plodech [11].

2.3.3 Mastné kyseliny

Z hlediska výživy jsou nejvýznamnější složkou lipidů mastné kyseliny. Součástí molekul lipidů bývají alifatické monokarboxylové kyseliny s dlouhým, nevětveným řetězcem, tvořeným 4-26 atomy uhlíku. V přírodních kyselinách mají většinou sudý počet uhlíků. V přírodních tucích bylo dosud identifikováno více než 100 různých mastných kyselin [11].

Dělíme je na:

- Nasycené mastné kyseliny (palmitová, stearová)
- Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové – olejová, linolová)
- Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové - linolenová)
- Mastné kyseliny s trojnými vazbami a různými substituenty (rozvětvené, cyklické, s kyslíkatými, sirnými nebo dusíkatými funkčními skupinami) [9]

Nasycené mastné kyseliny jsou běžnou složkou přírodních lipidů, obsahují 4-38 atomů uhlíků (existují i vyšší), které jsou většinou uspořádány lineárně a mají sudý počet.

Nenasycené mastné kyseliny mají obvykle nižší teploty tání, než jejich nasycené analogy. Monoenové mastné kyseliny se liší počtem atomů uhlíků, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací.

Dienové mastné kyseliny jsou důležité ve výživě. Polyenové kyseliny mají jak polohové, tak prostorové izomery. Zvláštní význam mají kyseliny s konjugovanými dvojnými vazbami, které mají odlišnou reaktivitu od kyselin s izolovanými vazbami. Liší se také svými fyziologickými účinky. Mastné kyseliny s trojnými vazbami a různými substituenty jsou v potravinářství a výživě již méně důležité [9].

2.3.4 Mléčné lipidy

Lipidy se vyskytují v mléce jako tukové kapičky, které obsahují převážně nepolární lipidy obklopené polární membránou. Celkový obsah lipidů se v mléce pohybuje od 3 do 5 %, záleží na mnoha faktorech, jako je druh a plemeno zvířete, jeho zdraví, fáze laktace, strava apod. Až 98 % lipidů v kravském mléce tvoří triacylglyceroly v závislosti na druhu a kvalitě mléka. Mléčný tuk se chová jako „nosič“ pro vitamíny rozpustné v tucích A, D, E a také pro β -karoten, který funguje jako provitamin A. V tukové fázi se rovněž nacházejí aromatické sloučeniny [14].

2.4 Technologie výroby sýrů

V této kapitole je uveden obecný technologický postup výroby sýrů. Vzhledem k zaměření experimentální části této práce jsou na závěr podrobněji probrány sýry s plísní na povrchu a sýry s vysokodohřívanou syřeninou. Základní schéma je uvedeno na Obr. 5.

2.4.1 Mléko jako surovina pro výrobu sýrů a tvarohů

Základní surovinou pro výrobu sýrů je u nás hlavně kravské mléko, ale používají se i ovčí, kozí, buvolí popř. jiná mléka. Pro výtěžnost výroby a složení sýra je důležité chemické složení mléka. Výtěžnost určuje zejména obsah kaseinu. Poměr kaseinu a mléčného tuku udává výsledný obsah tuku v sušině. Dále musí být v mléce přítomné vápenaté ionty, bez kterých by nemohlo dojít k enzymovému srážení (sýřitelnost mléka) [4, 5].

Výroba sýrů je negativně ovlivněna mastitidním mlékem (způsobeno zánětem žláz), které má odlišné chemické složení. Toto mléko má snížený obsah laktosy, kaseinu a je zde také narušena solná rovnováha. Dále je třeba dávat pozor na přítomnost inhibičních látek, nedostatek některých iontů a volných mastných kyselin, jež mají nepříznivý vliv na kvasnost mléka a zrání sýrů. Pro sýry je rovněž důležitá mikrobiologická kvalita, jelikož i v pasterizovaném mléce můžeme nalézt termorezistentní lipasy psychrotrofních organismů, které ovlivňují senzorickou kvalitu. Nejhorší dopad mají sporotvorné bakterie (např. *Clostridium tyrobutyricum*), jež způsobují pozdní duření u délezrajících sýrů. Při duření dochází k přeměně kyseliny mléčné na kyselinu máselnou, vodík a oxid uhličitý. V sýru se objevují velké díry/praskliny a vzniká nepříjemný zápach [4, 6].

2.4.2 Zpracování mléka

Po odstranění mechanických nečistot mléka pomocí filtrace nebo centrifugací přicházejí na řadu další technologické postupy jako termizace, pasterace, baktofugace, mikrofiltrace, přidavek antibakteriálních látek. Tyto operace ovlivňují mikroflóru a enzymy nacházející se v syrovém mléce. Termizace je proces redukcující nežádoucí změny mléka při uchovávání v chladu. Mléko však vykazuje pozitivní test na fosfatázovou reakci. Pasterace zajišťuje zdravotní nezávadnost sýrů. Nejčastěji se používá šetrná pasterace (72 °C po dobu 15 s), jelikož vyšší teploty způsobují horší sýřitelnost mléka a oddělení syrovátky. Baktofugace nebo přidavek dusičnanu draselného zajišťují redukcí spor *Clostridium tyrobutyricum* [4, 7].

Dalšími kroky jsou standardizace a homogenizace mléka. Při standardizaci se nejprve mléko odstředí a poté se smíchá část odstředěného mléka se smetanou v požadovaném poměru, aby se následně dosáhlo požadované hodnoty tuku v sušině, jíž jsou sýry charakterizovány. Cílem homogenizace je zmenšení velikosti tukových kuliček a zabránění oddělování mléčného tuku v tekutých výrobcích [5].

Následuje přidavek zákysových kultur, syřidla a aditiv jako jsou chlorid vápenatý (zlepšuje syřitelnost a pevnost gelu), dusičnan draselný (omezení duření sýrů). Pro zlepšení barvy se používá např. karoten. K výrobě určitých sýrů se používají složky pro ochucení, jako jsou ořechy, zelenina nebo koření [4, 15].

2.4.3 Přídavek zákysových kultur

Za základní kulturu se považuje mezofilní (smetanová) kultura, která se doplňuje dalšími kulturami podle typu sýra. Funkce těchto kultur jsou následující:

- úprava kyselosti mléka před syřením,
- fermentace laktosy a tvorba kyseliny mléčné během koagulace a zpracování sraženiny. Pokles pH má částečně konzervační účinek bránící rozvoji některých mikroorganismů,
- uplatnění lipolytické a proteolytické aktivity v průběhu zrání,
- vytváření sensorických vlastností (tvorba kyseliny mléčné, diacetylu, produkty proteolýzy a lipolýzy atd.),
- ovlivnění textury a konzistence (tvorba ok, proteolytické změny bílkovin).

Takzvané přede zrání se osvědčilo u skladování standardizovaného, pasterizovaného mléka, kdy se do mléka přidá ochranná dávka mezofilní kultury, jež se většinou použije u dalšího zpracování. Přede zrání zlepší fyzikální, chemické a biologické vlastnosti mléka po tepelné úpravě a skladování. Dojde také ke zlepšení syřitelnosti. Vlastní přidavek kultur se provádí po ohřátí skladovaného mléka na teplotu syření (30-33°C) pomocí deskového výměníku [4, 5].

2.4.4 Koagulace mléka

Při koagulaci mléka dochází ke srážení kaseinu. Koagulace může být provedena pomocí kyselého srážení (snížení pH na hodnotu blízkou izoelektrickému bodu kaseinu) a nebo působením enzymů [4, 5].

Kyselé srážení se využívá především u tvarohů a několika sýrů jako je např. cottage. Dochází k postupnému uvolňování koloidního fosforečnanu vápenatého z kaseinových micel. Shlukováním v izoelektrickém bodě se vytvoří síť gelu kysele sraženého mléka. Při tomto procesu je nutné dosáhnout dostatečně vysoké teploty. Při tomto typu srážení nelze vyrobit sýr s vysokým obsahem sušiny. K okyselení se používá kyselina mléčná (vzniklá činností bakterií mléčného kvašení a nebo jejím přídavkem), kyselina octová, citrónová, a nebo chlorovodíková [8].

Koagulaci mléka pomocí syřidla rozumíme enzymatické štěpení specifické peptidové vazby mezi 105. a 106. aminokyselinou (fenylalanin-methionin) v kaseinové frakci κ .

Působení syřidla na κ -kasein se nazývá primární (enzymová) fáze sýření, následuje sekundární fáze, kdy dochází ke tvorbě gelu (fáze koagulační) a při terciární fázi dochází k proteolytickému působení syřidla v průběhu zrání. Aktivní složku syřidla tvoří enzym chymosin, který se získává extrakcí telecích žaludků. K dalším živočišným syřidlům řadíme pepsin, který se často používá ve směsi spolu s chymosinem. Mezi mikrobiální syřidla patří preparáty vyizolované z plísní (*Rhizomucor miehei*). V dnešní době se uplatňuje rekombinantní chymosin, který řeší problém omezeného zdroje chymosinu. Získává se vnesením genu chymosinu do produkčního organismu (*Aspergillus niger*). Sílu syřidla vyjadřuje tzv. aktivita syřidla (1:10 000 – 1:15 000). Při aplikaci syřidla ve formě zředěného roztoku je důležité pečlivé míchání během průběhu tvorby gelu a následnému uvedení mléka do klidu, aby nedošlo ke zvýšení ztráty do syrovátky [4, 13].

2.4.5 Zpracování sraženiny/sýřeniny

Při zpracování sraženiny dochází k vytvoření sýrových zrn a k oddělení potřebného množství syrovátky ze struktury gelu. Proces se zahajuje krájením, kdy vznikají sýrová zrna. Míchání musí probíhat opatrně, aby nedošlo ke vzniku sýrového prachu a ke zvýšení ztrát do syrovátky. Zpracování sýřeniny podporuje synerezi neboli smršťování a uvolňování syrovátky [4].

U polotvrdých a tvrdých sýrů se dále zařazuje krok dohřívání, kdy se zvyšuje teplota sýření na teplotu dosoušení. Teplota se liší podle obsahu tuku v sušině. U některých typů sýru jako je gouda nebo eidam se provádí praní sýrového zrna, při kterém dochází ke snížení obsahu laktosy. Místo poklesu pH na 4,6 – 4,8, poklesne hodnota pouze na 5,2 – 5,4 [4].

2.4.6 Formování

Formování sýrů začíná oddělením sýrového zrna od syrovátky a způsob jakým je to provedeno, závisí na typu sýra. Měkké sýry se lisují vlastní váhou, proto je nutné je obracet. Polotvrdé a tvrdé sýry se lisují zvětšujícím se tlakem (0,005-0,4 MPa, 60min), u vysokodohříváných sýrů probíhá lisování ještě déle. Při tomto procesu dochází k dalšímu prokysávání sýrů, k oddělení syrovátky, sýry dostávají finální tvar a texturu. Dlouhozrající sýry získávají základ kůry na povrchu [5].

2.4.7 Solení

Solení má vliv jak na výslednou chuť, tak na aktivitu kultur a enzymů při zrání sýrů. Zvyšuje množství uvolněné syrovátky a zpevňuje povrch sýrů. Obsah soli u většiny sýrů se pohybuje mezi 0,5-2%. U bílých sýrů a sýrů obsahující uvnitř plíseň je obsah soli zvýšený (3-7%). Sůl proniká do sýrů pomocí difuze, přičemž osmotické jevy se projevují na povrchu zrn. Solení můžeme provést třemi způsoby, které lze i kombinovat a to:

- Solení do zrna: Přímé přidání a míchání suché soli se sýřeninou před formováním (čedar). Umožňuje zařazení do vlastní výrobní linky. Dochází k rovnoměrnému prosolení celého sýra v krátké době. Při lisování vzniká velmi slaná syrovátka.
- Solení na sucho: Roztírání soli nebo její kaše na povrch vyformovaných sýrů. U větších sýrů se musí vícekrát opakovat.

- Solení v solné lázni: Použití u většiny sýrů. Koncentrace vodní lázně se pohybuje v rozmezí mezi 18-22%, pH je pro tvrdé sýry je 5,2, pro měkké 4,8-5,0. Vodní lázeň obsahuje také vápník (0,1-0,2%). Její teplota se pohybuje od 10 do 14 °C. Doba je závislá na konkrétním sýru. Sýry s vysokým pH absorbují oproti sýrům s nízkým pH méně soli, tudíž budou měkké. Ve druhém případě budou sýry spíše tuhé a křehké [8].

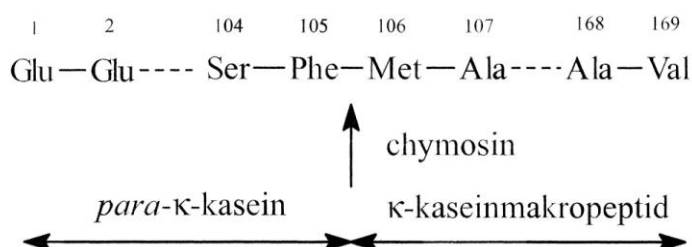
2.4.8 Zrání

Zrání probíhá u všech druhů sýrů kromě nezrajících, které se konzumují v čerstvém stavu. Díky tomuto procesu získávají sýry svůj typický vzhled, konzistenci, chuť, vůni a složení. Probíhají zde primární reakce jako glykolýza, proteolýza a lipolýza. Tyto reakce jsou zodpovědné za texturní změny a vznik aromatických složek. V rámci předběžného zrání probíhá fermentace. Ta probíhá již při zpracování mléka, sýřeniny, formování a solení [5].

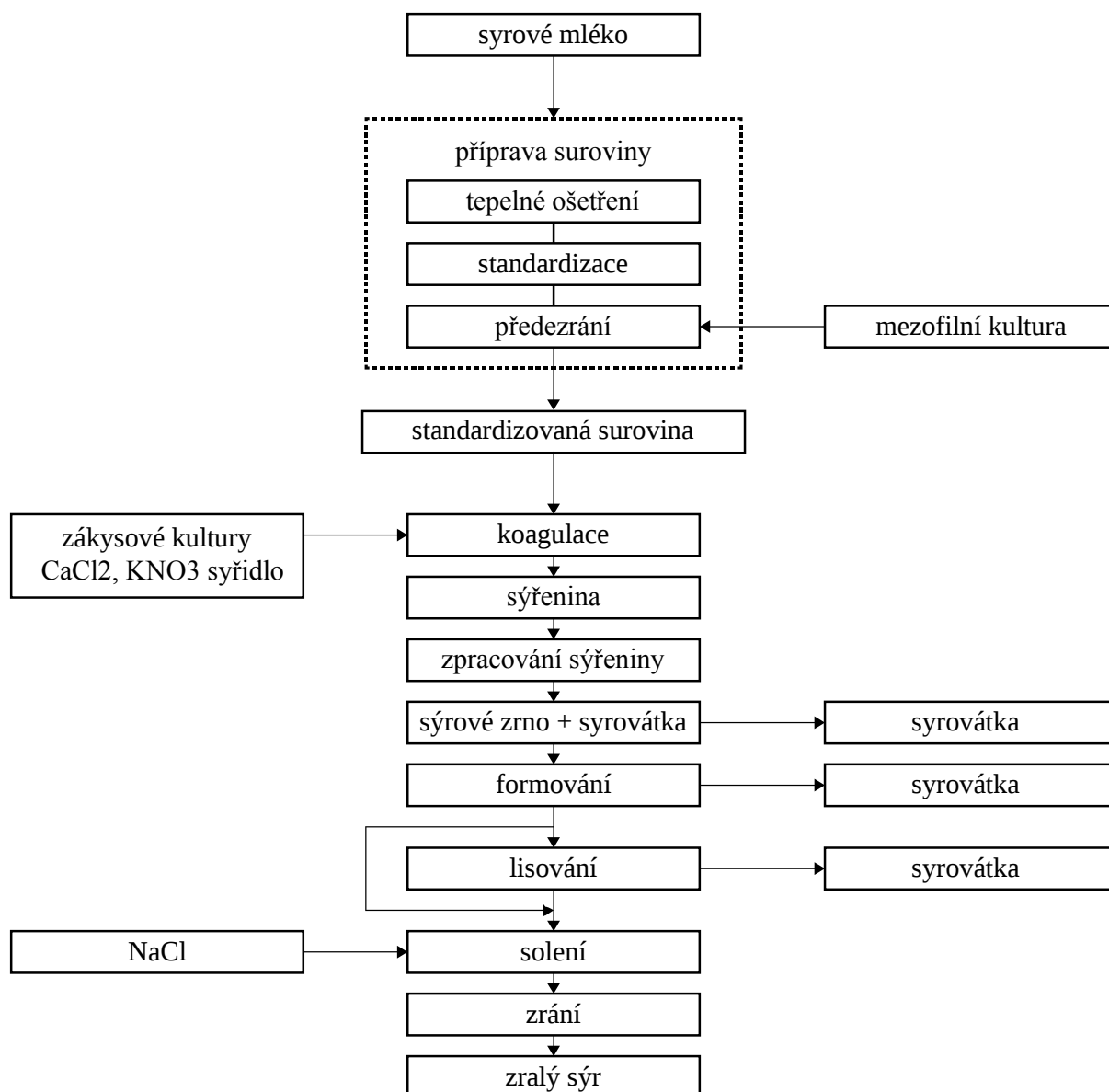
Na rozkladu bílkovin, který je typický pro polotvrdé a tvrdé sýry, se podílejí syřidlo, mikrobiální proteolytické enzymy a plasmin (nativní proteasa mléka). Parakasein je štěpen syřidlem (u vysokodohřívavých sýrů plasminem), což způsobí urychlení působení mikrobiálních enzymů, které štěpí polypeptidy na polypeptidy s nižší molekulovou hmotností, dipeptidy a aminokyseliny viz. Obr. 4. U sýrů zrajících pod mazem se navíc uplatňuje povrchová mikroflóra s výrazně proteolytickými enzymy. Při nevhodném zrání mohou vznikat nežádoucí až škodlivé látky jako amoniak, močovina, kyselina máselná, vodík a biogenní aminy. Degradací bílkovin vznikají těkavé mastné kyseliny dodávající sýrům chuť. Rozsah zrání spolu s hloubkou zrání nám udává změny bílkovin při zrání. Změny tuku jsou nejvýraznější u plísňových sýrů [4].

Při zrání se výrazně mění konzistence sýrů. Na bobtnání parakaseinu má vliv množství kyseliny mléčné. S optimálním množstvím se tvoří parakasein laktát, v případě jejího přebytku vzniká nerozpustný bilaktát, kdy se konzistence sýru stává tuhá [5].

Zrání může probíhat v celé hmotě sýra (anaerobně), a nebo od povrchu dovnitř (aerobně) působením povrchové mikroflóry. Sýry zrající v celé hmotě se balí do zracích fólií, a nebo se na ně aplikují ochranné nátěry. Fólie a nátěry způsobí nepropustnost pro kyslík a vodu, ale jsou propustné pro oxid uhličitý. Důležité parametry pro zrání je teplota, doba zrání a u sýrů nezrajících ve fóliích také relativní vlhkost vzduchu [4].



Obr. 4: Hydrolýza κ -kaseinu chymozinem [9]



Obr. 5: Základní schéma výroby sýrů [4]

2.4.9 Sýry s plísní na povrchu

Technologie sýrů s plísní na povrchu odpovídá technologickému postupu pro výrobu měkkých sýrů. Do standardizovaného mléka se přidává kromě základní mezofilní kultury také plísňová suspenze *Penicillium camemberti*. Sýry se formují ve formovacích bateriích, sýřenina se plní do blokových plastových tvořitek, kde následně odkapává na odkapní drážce. Během odkapávání se přibližně čtyřikrát obrátí. Dalším krokem je krátké solení v solné lázni nebo kontinuálně nástřikem jemné suché soli na vlhký povrch sýra. Sýry se nechají oschnout a následně zrají při 12°C a relativní vlhkosti 90 % deset dní. Při zrání se sýry opět obracejí. Zralé sýry jsou na povrchu rovnoměrně pokryté bílou plísní, na řezu mají malé množství dutinek nebakteriálního původu [8].

2.4.10 Sýry s anaerobním zráním v celé hmotě/vysokodohřívající sýřeninou/ementálský typ

Mléko pro výrobu tvrdých sýrů musí být nejvyšší kvality, ošetření musí být šetrné (termizované nebo syrové mléko). Vysokodohřívací teploty se pohybují v rozmezí 48 – 56°C. K základním mezofilním kulturám se přidává kultura *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* nebo *Lactobacillus casei*. Tvorbu ok zajišťuje propionová kultura. Termofilní kultura se začíná uplatňovat během dohřívání a dosoušení. Při zpracování sýřeniny na drobné zrno nesmí dojít k jeho provzdušnění. Následuje lisování, solení v solné lázni na výsledný obsah soli 1,0 – 1,2%. Zrání sýrů probíhá většinou pod fólií, jinak by se jejich povrch musel ošetřovat. První fáze zrání probíhá ve sklepě při teplotě 12 – 14°C zhruba 1 měsíc. K rozvinutí propionové kultury dochází v kvasném sklepě při teplotě 23 °C (tzv. otevírání sýrů). Dozrávání sýrů probíhá opět v chladném zracím sklepě. Celá doba zrání trvá 3 měsíce a déle [8].

2.5 Použité metody

Pro jednoduchou a rychlou charakterizaci vzorků sýrů v rámci této práce byly vybrány následující parametry: obsah sušiny, celkového dusíku a obsah lipidů.

2.5.1 Stanovení obsahu sušiny

Voda je obsažena prakticky ve všech potravinách a vyskytuje se v nich v různém množství a v různých formách. Stanovení vody může být významným ukazatelem jakosti a trvanlivosti výrobku. Při stanovení vody v potravinách se uplatňují metody přímé a nepřímé. Přímého stanovení vody destilační metodou se používá u materiálů s vyšším obsahem vody, kde je zaručena dostačující přesnost. Běžně však převládají metody nepřímé, především ty, jimiž se voda a mnohé těkavé látky odstraňují sušením. U potravin s velkým obsahem cukru, nelze sušením dosáhnout konstantní hmotnosti, proto byly vypracovány refraktometrické metody. Voda a těkavé látky se souhrnně označují pojmem *vlhkost* [17, 18].

Pojmem *sušina* se označuje souhrn všech organických a anorganických složek obsažených v potravine, kromě vody. Jinak řečeno *sušinu* chápeme jako pevný zbytek po odstranění vody a látek těkajících při různé teplotě. Celková sušina je součet rozpustné a nerozpustné sušiny. Stanovuje se nejčastěji sušením do konstantní hmotnosti [18].

Rozpustná sušina je součet organických a anorganických látek rozpustných ve vodě (cukry, kyseliny, třísloviny, barviva, některé vitaminy, dusíkaté a minerální látky). Stanovuje se z rozdílu celkové a nerozpustné sušiny, nebo přímo refraktometricky, hustoměry, pyknometricky apod. [18].

Nerozpustná sušina zahrnuje organické a anorganické látky nerozpustné ve vodě (pektiny, celulosu, hemicelulosy, bílkoviny, tuky, minerální látky apod.). Stanoví se gravimetricky po

vymytí rozpustného podílu vodou a vysušení do konstantní hmotnosti, nebo z rozdílu celkové a rozpustné sušiny [18].

Stanovení sušiny umožňuje mimo jiné porovnávat, v jakém množství se sledovaná komponenta vyskytuje v potravinách o různém obsahu vody. Pro stanovení obsahu sušiny v rámci této práce byla vybrána jednoduchá metoda sušením do konstantní hmotnosti dle normy ČSN EN ISO 5534 (referenční metoda). Tato metoda je vhodná pro materiály neobsahující vysoké množství cukru. Materiály, u nichž nelze dosáhnout konstantní hmotnosti, se suší buď do konstantního úbytku, nebo se k dané navážce a teplotě předpisuje i doba sušení [17, 18].

2.5.2 Stanovení obsahu celkového dusíku

V potravinách se vyskytuje mnoho látek, které obsahují dusík. Jsou to látky anorganické (amonné soli, dusitany, dusičnany, amoniak), nebo organické (bílkoviny, aminokyseliny, aminy, purinové a pyrimidinové báze, dusíkatá barviva atd.). Z hlediska analýzy potravin jsou důležité zejména výživové složky (bílkoviny a aminokyseliny), a/nebo naopak nežádoucí složky ovlivňující hygienickou hodnotu potravin (dusitany a dusičnany) [18].

Celkový obsah dusíku vyjadřující se tzv. hrubou bílkovinou je postačující pro první analytickou orientaci o obsahu bílkovin. V potravinářských surovinách a produktech činí 0,5 – 40 %, v potravinářských koncentrátech i více. Relativně bohaté na dusíkaté látky jsou produkty živočišného původu, mezi něž patří i tvrdé sýry (cca 25 – 35 %) [18].

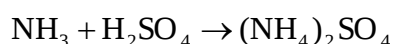
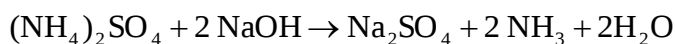
Hrubá bílkovina se obvykle stanovuje po mineralizaci vzorku na amoniakální formu Kjeldahlovou nebo Dumasovou metodou, popř. Nesslerovým činidlem. Bílkoviny rozpustné v roztoku lze stanovit spektrofotometricky podle Folina-Ciocalteua, biuretovou reakcí, Nesslerovým činidlem, metodou podle Bradfordové, z UV spektra aj. [18].

Hodnoty hrubé bílkoviny však v sobě zahrnují i dusíkaté látky nebílkovinné povahy a neříkají nic o nutriční hodnotě analyzovaného vzorku. Podstatně hlubší obraz o nutriční hodnotě bílkoviny poskytne její aminokyselinové složení, kdy se analyzovaná bílkovina hydrolyzuje a uvolněné aminokyseliny se stanoví nejčastěji chromatograficky [18].

Pro stanovení obsahu celkového dusíku v rámci této práce byla vybrána klasická a v praxi nepoužívanější metoda podle Kjeldahla (dle normy ČSN 57 0107). Je založena na mineralizaci vzorku varem v koncentrované kyselině sírové za přídavku katalyzátoru (např. oxid měďnatý, rtuť, selen, peroxid vodíku). Dusík, který byl v bílkovinách nebo aminokyselinách ve formě aminoskupin či iminoskupin se mineralizací převede na síran amonný.



Uvolněný amoniak se přehání vodní párou do předlohy se známým nadbytečným množstvím roztoku kyseliny sírové.



Přebytek kyseliny sírové se titruje odměrným roztokem hydroxidu sodného na indikátor Tashiro nebo methylčerven.



Pokud není obsah bílkovin příliš nízký, jedná se o univerzální metodu, kterou lze použít pro různé druhy potravin [17, 18, 22].

2.5.3 Stanovení obsahu celkových lipidů

Tuky patří k významným složkám potravin, kdy tvoří jednu z hlavních živin důležitou pro zdraví a vývoj organismu.

Při stanovení celkových lipidů je nutné použít metody standardizované pro určitý materiál. U potravin s vysokým obsahem lipoproteinů, bílkovin nebo škrobu, je část lipidů chráněna před extrakcí vrstvičkou polárních složek, popř. je část lipidů vázána v nerozpustné formě v nepolárních rozpouštědlech. V těchto případech se používají ke stanovení hydrolytické metody, kdy se použijí chemikálie jako hydroxid amonný nebo u sýrů kyselina chlorovodíková [17].

Pro rychlé stanovení lze použít některých fyzikálních metod, v případě sýrů lze použít acidobutyrometrickou metodu. Při této metodě se kyselinou sírovou za tepla rozpustí netukové látky, dojde k uvolnění tuku, který se stanoví změřením objemu v butyrometrech. Tato metoda je však pouze orientační [17].

Dalším způsobem, jak stanovit obsah lipidů v sýrech je extrakční metoda, kdy se po rozpuštění netukových látek uvolněný tuk vytřepe kvantitativně směsí ethyletheru s petroletherem. Po odpaření rozpouštědel se tuk zváží. Tato metoda bude využita pro analýzu stanovení celkových lipidů v sýrech podle normy [17, 20].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Analyzované vzorky

V rámci této práce byly analyzovány vzorky sýru typu Ementál a Camembert. Modelové vzorky sýrů byly vyrobeny v poloprovozních podmínkách s použitím standardního technologického postupu [4, 5]. Jako surovina bylo použito syrové (nepasterizované) mléko v „bio“ kvalitě.

Jako standard byly použity vzorky sýrů odpovídajícího typu, zakoupené v běžné tržní síti.

Sýr typu Ementál (s vysokodohřívanou sýřeninou):

Primátor, výrobce Madeta, a.s.; deklarované hodnoty 60 % sušiny, 45 % tuku v sušině (tvs.)

Sýr typu Camembert (s bílou plísní na povrchu):

Président camembert, výrobce Lactalis CZ, s.r.o.; deklarované hodnoty 50 % sušiny, 60 % tvs.

Značení vzorků:

Ementál – kupovaný Primátor

Bio-ementál – modelový vzorek

Camembert – kupovaný Président camembert

Bio-camembert – modelový vzorek

Vzorky byly uchovávány v lednici při teplotě $< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do doby analýzy (max. 3 dny). Před analýzou byl vzorek vždy nastrouhán na jemném struhadle, promíchán a na analytických vahách bylo naváženo potřebné množství pro jednotlivé zkoušky.

3.2 Použité metody a experimentální postupy

3.2.1 Stanovení obsahu sušiny

Princip:

Vhodně upravený vzorek se suší při teplotě $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ do konstantní hmotnosti. Rozdíl hmotnosti vzorku před vysušením a po vysušení udává množství vody a těkavých látek neboli vlhkost, která se vyjadřuje v hmotnostních procentech. Po odečtení vlhkosti od 100 dostaneme hmotnostní procenta sušiny.

Zkušební pomůcky:

Elektrická sušárna s regulací teploty, exsikátor se silikagelovou náplní, hliníkové misky, skleněné tyčinky, mořský písek

Postup zkoušky:

Do vysoušecí misky se navážilo přibližně 20 g písku a dalo se sušit spolu s vloženou skleněnou tyčinkou na půl hodiny do sušárny vyhřáté na $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Vysušená miska se dala chladit do exsikátoru asi na 30 minut a následně se zvažila na analytických vahách. Po zvážení se přidalo přibližně tři až pět gramů vzorku a opět se přesně zvažilo. Vzorek s pískem se promíchal a rozetřel na homogenní hmotu. Miska se opět vložila do vyhřáté sušárny na danou teplotu a nechala se sušit čtyři hodiny. Ze začátku je důležité hmotu 3x po deseti minutách opatrně beze ztrát promíchat, aby se nevytvořila kůrka. Po vysušení se miska nechala vychladit v exsikátoru na třicet minut a poté se zvažila na analytických vahách. Následně se vložila zpět do sušárny a po půl hodině chladnutí se znovu zvažila. Tento postup se opakoval tolikrát, dokud se nedocílilo konstantní váhy. Rozdíl dvou po sobě následujících vážení byl maximálně 0,001 g [18, 19, 22].

Výpočet obsahu vody v %:

$$W = \frac{b - c}{a} \cdot 100 \quad (1)$$

Výpočet obsahu sušiny v %:

$$S = 100 - W \quad (2)$$

a..... navážka sýru v gramech

b..... hmotnost všeho před sušením (tzn. váženka, písek, tyčinka, sýr)

c..... hmotnost všeho po sušení

Výpočet obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra (VVTPH %)

$$VVTPH = \frac{100 - \% \text{ sušiny sýra}}{100 - \% \text{ absolutního tuku v sýru}} \cdot 100 \quad (3)$$

3.2.2 Stanovení obsahu celkového dusíku dle Kjeldahla

Princip metody:

Vzorek se mineralizuje varem v koncentrované kyselině sírové za přídavku katalyzátoru. Dusíkaté látky se převedou na síran amonný, z něhož se v alkalickém prostředí uvolní amoniak, predestiluje se s vodní párou a stanoví se titračně.

Pomůcky a zařízení:

Analytické váhy, mineralizační trubice, destilační přístroj podle Parnase–Wagnera, Erlenmayerovy baňky 100 ml, byreta, titrační baňky 250 ml, odměrný válec 100 ml, odměrná baňka 100 ml, pipety 10 a 25 ml.

Chemikálie:

Koncentrovaná kyselina sírová, kyselina sírová $0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 40% hydroxid sodný, hydroxid sodný $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, Weinigerův katalyzátor, roztok fenolftaleinu, Tashirův indikátor.

Postup byl proveden podle normy ČSN 57 0107 s modifikací na laboratorní podmínky:

Na ústřížek filtračního papíru bylo naváženo 5 g vzorku s přesností 0,001 g. Filtrační papír se vzorkem byl vhozen do Kjeldahlovy spalovací baňky a následně se přidalo 40 ml koncentrované kyseliny sírové a menší lžička katalyzátoru. Baňka se nechala vřít přibližně 10 hodin, dokud obsah úplně nezprůhledněl. Po vychladnutí baňky se její obsah kvantitativně převedl do 100 ml odměrné baňky. Do Erlenmayerovy baňky se přesně napipetovalo 25 ml $0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ kyseliny sírové, baňka se přiložila k přístroji tak, aby konec trubice byl ponořený v kyselině. Z odměrné baňky se odebralo přesně 20 ml vzorku, které se převedly do Kjeldahlovy destilační baňky, následně se přidalo se pár kapek fenolftaleinu. Nálevkou se přidalo takové množství 40% NaOH, aby došlo k trvale růžovému zbarvení. Destilovalo se 35 minut do přibližně dvojnásobného objemu kapaliny v předloze. Po skončení destilace se

předloha snížila a přístroj se nechal běžet ještě dalších 5 minut. Následně se provedla titrace 0,1 mol·dm⁻³ NaOH na Tashiro indikátor do trvale zeleného zbarvení [17, 18, 22].

Výpočet obsahu bílkovin v %:

$$w_N = \frac{m_N}{m_{\text{navážka}}} = \frac{n_N \cdot M_N}{m_{\text{navážka}}} = \frac{2 \cdot n_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{ZREAG}} \cdot M_N}{m_{\text{navážka}}} = \frac{2 \cdot \left(c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{CELK.}} - \frac{c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}}{2} \right) \cdot M_N}{m_{\text{navážka}}} \quad (4)$$

$c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ koncentrace kyseliny sírové (mol·dm⁻³)

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{CELK.}}$ objem kyseliny sírové v předloze (dm³)

M_N molární hmotnost dusíku

c_{NaOH} koncentrace hydroxidu sodného (mol·dm⁻³)

V_{NaOH} spotřeba NaOH při titraci (dm³)

c_{NaOH} koncentrace hydroxidu sodného (mol·dm⁻³)

$m_{\text{navážka}}$ hmotnost sýru spáleného ve spalovací trubici (g)

3.2.3 Stanovení obsahu celkových lipidů

Princip metody:

Po rozpuštění netukových látek výrobku se uvolněný tuk vytřepe kvantitativně směsí etheru ethylnatého a petroletheru a po jejich odpaření se zváží [20].

Pomůcky a zařízení:

Dělicí nálevka, zkumavka, odměrný válec 10 ml, baňka s plochým dnem 250 ml, vodní lázeň, analytické váhy, odparka.

Chemikálie:

Koncentrovaná kyselina chlorovodíková, etanol 96% obj., ethylether, petrolether.

Postup byl proveden podle normy ČSN 1735 s modifikací na laboratorní podmínky:

Nejprve se navážilo 1,0 g vzorku s přesností 0,001 g na analytických vahách, poté se vzorek kvantitativně převedl do zkumavky. Přidalo se 5 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a zkumavka se vložila do vodní lázně vyhřáté na 80°C. Vzorek sýra se nechal zcela rozpustit do tmavě hnědofialového zbarvení a následně se ve vodní lázni ponechal ještě dalších deset minut. Po uplynulých deseti minutách se zkumavka ochladila pod proudem tekoucí vody, přidalo se 5 ml etanolu a obsah zkumavky se přenesl do dělicí nálevky, kde se přidalo 8,4 ml diethyletheru. Obsah se mírně promíchal a třepal 1 minutu. Dále se přidalo 8,4 ml petroletheru a obsah se opět nejdříve mírně promíchal a následně se třepal 1 minutu. Po

protřepání se nechala dělicí nálevka stát 30 minut. Po třiceti minutách se přidalo ke spodní fázi 4,2 ml diethyletheru spolu s 4,2 ml petroletheru a provedla se druhá extrakce. Horní fáze se přenesla do odpařovací baňky. Po provedení 2. extrakce se obsah dělicí nálevky nechal opět stát 30 minut. Třetí extrakce se provedla stejně jako druhá. Tři sloučené extrakty se odpařily na vakuové odparce při 40°C. Následně se zvažila odpařovací baňka s tukem na analytických vahách.

Výpočet obsahu tuku (%):

$$x = \frac{b \cdot 100}{a} \quad (5)$$

a navážka sýru (g)

bváha vyextrahovaného tuku (g)

xobsah tuku (%)

Výpočet obsahu tuku v sušině (%)

$$y = \frac{x \cdot 100}{s} \quad (6)$$

x obsah tuku (%)

sobsah sušiny (%)

y obsah tuku v sušině

3.3 Statistické zpracování výsledků

Každý vzorek byl analyzován třikrát ($n = 3$), výsledky byly zpracovány pomocí Microsoft Office Excel 2003 a jsou uvedeny ve formě průměr $\pm$ sm. odchylka.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce je pilotní částí rozsáhlé studie, která se bude zabývat výrobou různých typů sýrů ze syrového mléka. Ve spolupráci se soukromým výrobcem budou vyrobeny modelové vzorky, výběr bude proveden tak, aby byly zahrnuty různé typy sýrů. Vzorky budou vyrobeny klasickým technologickým postupem z mléka získaného jako produkt ekologického zemědělství („bio“). K těmto modelovým vzorkům budou zároveň zakoupeny odpovídající vzorky v běžné tržní síti. Vzorky budou podrobeny komplexnímu chemickému rozboru: stanovení sušiny, tuku v sušině, obsahu NaCl (resp. chloridů), zbytkové laktosy, celkového dusíku (resp. obsahu bílkovin) a tuku, resp. celkových lipidů. Tyto parametry jsou schopny velice dobře a komplexně charakterizovat složení libovolného vzorku potravin, pro analýzu

sýrů jsou popsány a specifikovány v příslušných normách. Cílem bude porovnat složení sýrů „klasických“ a v „bio“ kvalitě a zkoumání souvislostí s jejich nutriční a senzorickou kvalitou.

Z širokého spektra různých druhů přírodních sýrů (viz kapitola 2.1) byly pro tuto práci zvoleny sýry typu Ementál (sýr s vysokodohřívanou sýřeninou) a Camembert (sýr s bílou plísní na povrchu). Modelové vzorky sýrů byly vyrobeny v poloprovozních podmínkách s použitím standardního technologického postupu pro příslušný druh sýra [4, 5]; vyrobené vzorky byly podrobeny chemickému rozboru. Pro jednoduchou a rychlou charakterizaci vzorků sýrů v rámci této práce byly vybrány následující parametry: obsah sušiny, celkového dusíku a obsah lipidů.

První fáze experimentální práce spočívala ve vyzkoušení vybraných metod, optimalizaci podmínek analýz a jejich zavedení do provozu v laboratoři ÚCHPBT na FCH VUT v Brně. Postupy stanovení vycházejí z příslušných norem, v rámci této práce byly optimalizovány pro použití na konkrétní typy sýrů - především vhodná příprava vzorku a potřebné množství naváženého vzorku k jednotlivým analýzám.

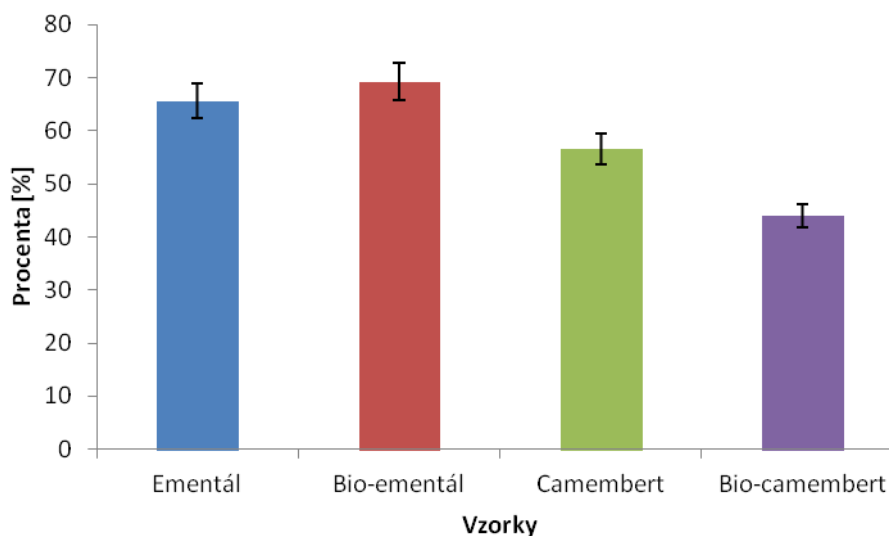
4.1 Stanovení obsahu sušiny

Chemické složení sýrů (jeho hlavních složek) je zásadním způsobem ovlivňováno kvalitou použité hlavní suroviny, mléka. Mléko s nevhodným složením má snížený obsah kaseinu, což negativně ovlivňuje výtěžnost. Má také snížený obsah vápníku a kyseliny fosforečné, v důsledku čehož je zhoršená syřitelnost mléka a sýřenina je měkká. Poměr tuku a kaseinu ovlivňuje výsledný obsah tuku v sušině [1, 2]. Pro výrobu modelových sýrů bylo použito kvalitní čerstvé mléko, pocházející od krav žijících na vesnici v čistém prostředí a volně se pasoucích se na louce.

Výsledky stanovení obsahu vody a sušiny ve vzorcích jsou uvedeny v Tab. 3. Tyto hodnoty jsou vyneseny do grafu, viz. Obr. 6.

Tab. 3: Obsah vody a sušiny ve vzorcích sýra

Vzorek	Obsah sušiny (%)	Obsah vody (%)
Ementál	65,61 ± 0,71	34,39 ± 0,71
Bio-ementál	69,23 ± 0,81	30,78 ± 0,81
Camembert	56,52 ± 0,68	43,48 ± 0,68
Bio-camembert	43,89 ± 0,90	56,11 ± 0,90



Obr. 6: Obsah sušiny (%) ve vzorcích sýrů

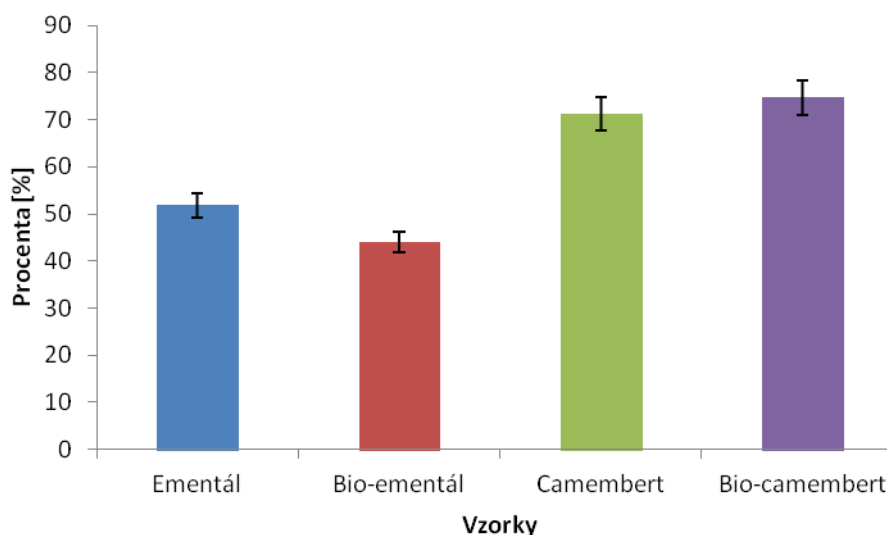
Tab. 1 udává obsah vody v tukuprosté hmotě sýra, tyto hodnoty jsou dále zpracovány v grafu, viz Obr. 7

Obecně lze říci, že obsah sušiny vypovídá o jakosti sýrů; čím má sýr vyšší sušinu, tím má vyšší obsah vápníku a ostatních živin, jeho konzistence je ale tvrdší [2]. Podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra (% VVTPH) se sýry dělí na extra tvrdé, tvrdé, polotvrdé, poloměkké a měkké [3]. Požadovaný obsah VVTPH je při výrobě dosahován lisováním, zpracováním sýřeniny, popř. u dlouhozrajících sýrů, které nezrají ve fólii, může k dalšímu poklesu obsahu vody docházet během zrání. Na základě tohoto kritéria patří komerční Ementál do skupiny sýrů tvrdých (47,0 – 54,9%), oba sýry typu Camembert patří do skupiny sýrů měkkých (> 68,0%). Uvedené výsledky jsou v souladu s poznatky uvedenými v dostupné literatuře [2].

Z těchto výsledků vyplývá, že sýry typu Ementál mají mnohem tvrdší konzistenci než typy Camembert. Zvláště patrný je tento fakt u vyrobených modelových sýrů bio-ementál, u nichž byla naměřena hodnota dokonce $43,90 \pm 1,15$ % VVTPH. Tyto sýry by podle naměřené hodnoty patřily do skupiny sýrů extra tvrdých (< 47,0%), kam podle literatury patří sýry typu parmezán. Tyto sýry se vyrábí podobně jako sýry s vysokodohřívanou sýřeninou, používají se však vyšší teploty a delší doby míchání; také doba solení je delší, kolem 18 dnů. Pro tyto sýry je navíc typické několikaleté zrání, mají pak charakteristickou pevnou, někdy až mírně drobnou texturu [2].

Tab. 4: Obsah vody v tukuprosté hmotě (%) ve vzorcích sýrů

Vzorek	Obsah VVTPH (%)
Ementál	51,87 ± 1,12
Bio-ementál	43,90 ± 1,15
Camembert	71,21 ± 1,07
Bio-camembert	74,72 ± 1,20



Obr. 7: Obsah VVTPH (%) ve vzorcích sýrů

4.2 Stanovení obsahu celkových lipidů

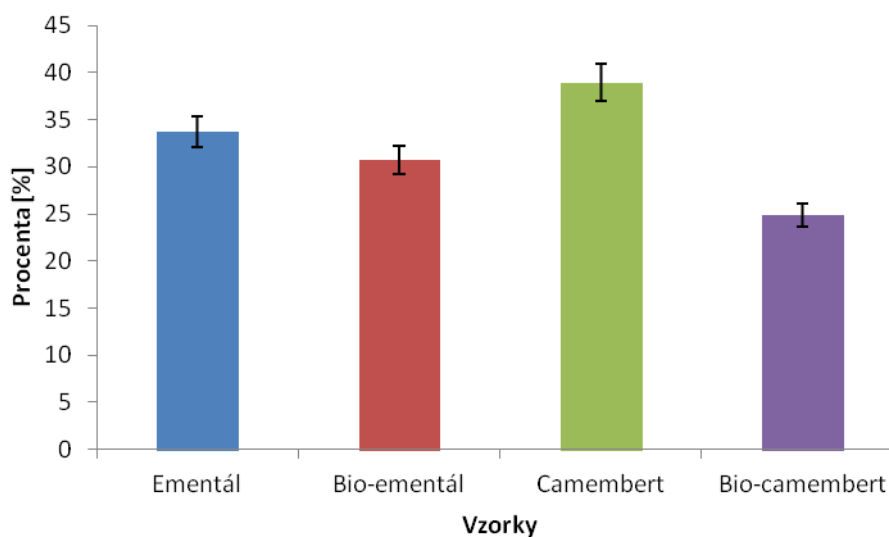
Tab. 5 uvádí procentuální obsah tuku a tuku v sušině ve vzorcích sýrů. Tato data jsou dále graficky zpracovaná na Obr. 8 a Obr. 9.

Tuk dodává sýrům chuť, ovlivňuje texturu a jedná se také o energeticky nejbohatší složku. Podle obsahu tuku v sušině lze sýry rozdělit na vysokotučné, plnotučné, polotučné a nízkotučné [2]. Oba analyzované sýry typu Ementál tedy patří do skupiny sýrů plnotučných (45 – 55%), i když modelový bio-ementál se pohybuje těsně pod spodní hranicí. Takto nízký obsah tuku v sušině se projevil tužší konzistencí, než je u těchto typů sýrů obvyklé; ementálské sýry by měly mít tužší, ale přitom vláčnou konzistenci [2]. Jak je zmíněno výše, tyto bio-sýry měly zároveň poměrně nízkou hodnotu ($43,90 \pm 1,15$ %) VVTPH, což také významně přispívá k jejich tvrdé konzistenci.

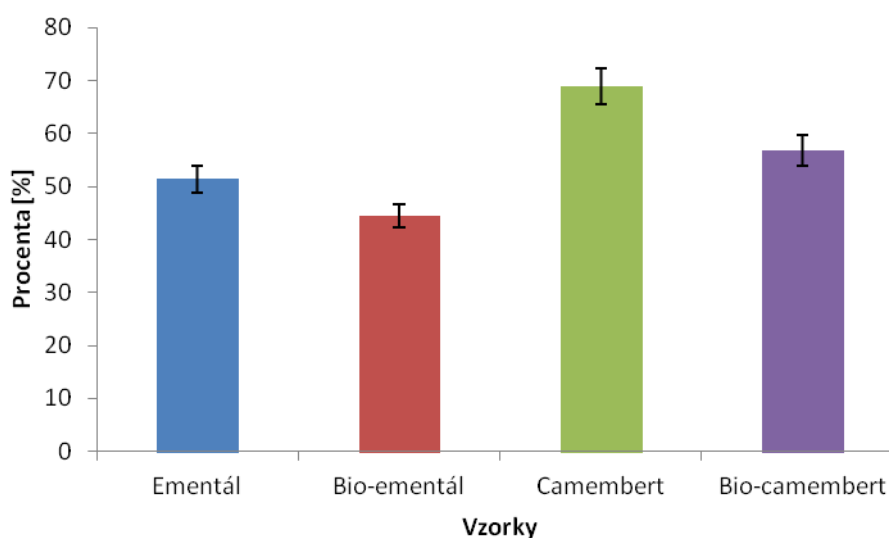
Sýry typu camembert patří do skupiny vysokotučných sýrů (55 – 70%) [1], jejich konzistence je díky vysokému obsahu tuku a nižšímu obsahu sušiny (viz výše) charakteristicky měkká, mazlavá.

Tab. 5: Obsah tuku (%) a tuku v sušině (%) ve vzorcích sýrů

Vzorek	Obsah tuku (%)	Obsah tuku v sušině (%)
Ementál	$33,71 \pm 0,58$	$51,38 \pm 0,88$
Bio-ementál	$30,72 \pm 0,84$	$44,37 \pm 1,21$
Camembert	$38,95 \pm 0,57$	$68,91 \pm 1,00$
Bio-camembert	$24,91 \pm 0,18$	$56,75 \pm 0,41$



Obr. 8: Obsah tuku ve vzorcích sýrů



Obr. 9: Obsah tuku v sušině u jednotlivých vzorků sýrů

4.3 Ověření deklarovaných parametrů kupovaných sýrů

Pro zajímavost byla ověřena pravdivost vybraných parametrů deklarovaných na etiketě kupovaných sýrů.

Zakoupené vzorky měly deklarované hodnoty: Primátor 60 % suš, 45 % tvs., Camembert 50% suš, 60 % tvs. Jak je patrné z výsledků, námi naměřené hodnoty byly vyšší než deklarované (Primátor 65,6 % suš, 51,4 % tvs, Camembert 56,5 % suš, 68,9% tvs). To však nemusí být na závadu. Jak je uvedeno v Nařízení EU č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, vzhledem k přirozeným odchylkám vzniklým při výrobě a během skladování není možné, aby potraviny obsahovaly vždy přesně stejné množství živin, jak je uvedeno na etiketě. Nesmí se však lišit natolik, aby to uvádělo spotřebitele v omyl. Pokud se naměřená hodnota nenachází v rozmezí přípustných odchylek, měla by být posouzena povaha odchylky (nadhodnocení nebo podhodnocení) ve vztahu k předmětné živině. Lze tedy soudit, že v tomto případě ke klamání spotřebitele nedochází.

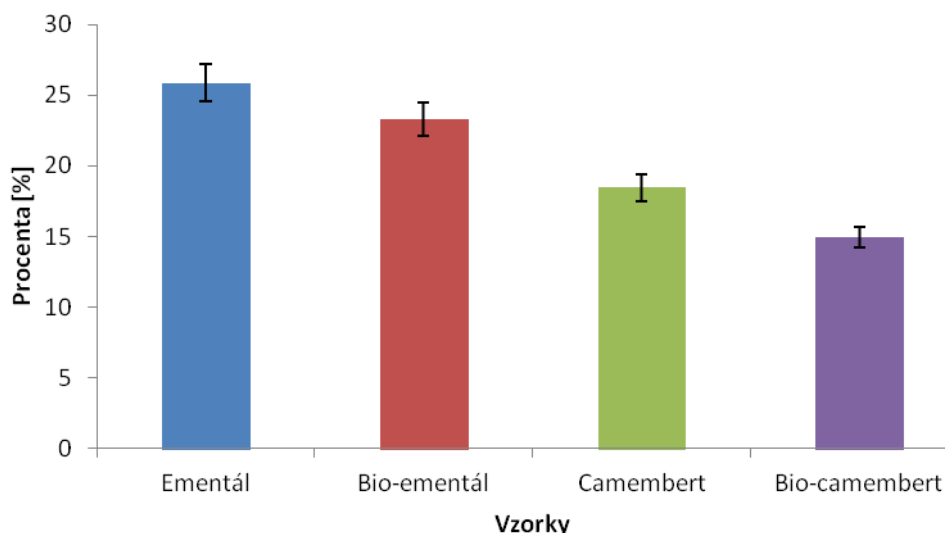
4.4 Stanovení obsahu celkového dusíku dle Kjeldahla

Tab. 6 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** uvádí obsah hrubé bílkoviny ve vybraných vzorcích sýrů, grafické zpracování dat uvádí Obr. 10.

Podle dostupné literatury měkké sýry obsahují 12,5 – 20,2% bílkovin, což je celkem logické vzhledem k nižšímu obsahu sušiny, tvrdé sýry obsahují 23,8-40,6 % [9]. Výsledky tedy odpovídají údajům uvedeným v literatuře, s výjimkou modelového sýra typu bio-ementál, který se opět pohybuje těsně pod uvedenou spodní hranicí. Toto zjištění je poněkud překvapivé, zvláště vzhledem ke zjištěnému poměrně vysokému obsahu sušiny, nehledě k tomu že k výrobě bylo použito vysoce kvalitní mléko.

Tab. 6: Obsah hrubé bílkoviny (%) ve vzorcích sýrů

Vzorek	Obsah hrubé bílkoviny (%)
Bioementál	25,87 ± 1,07
Biocamembert	23,27 ± 0,04
Kupovaný ementál	18,44 ± 0,02
Kupovaný camembert	14,96 ± 0,04

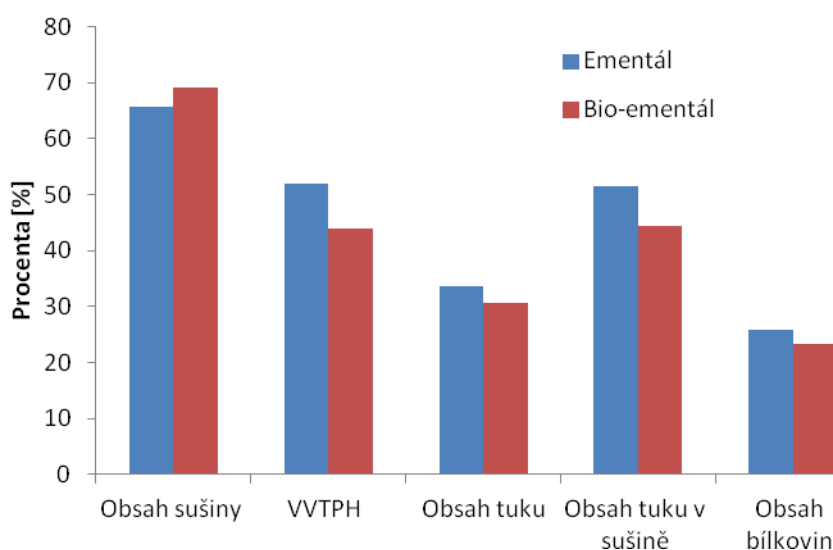


Obr. 10: Obsah hrubé bílkoviny ve vzorcích sýrů

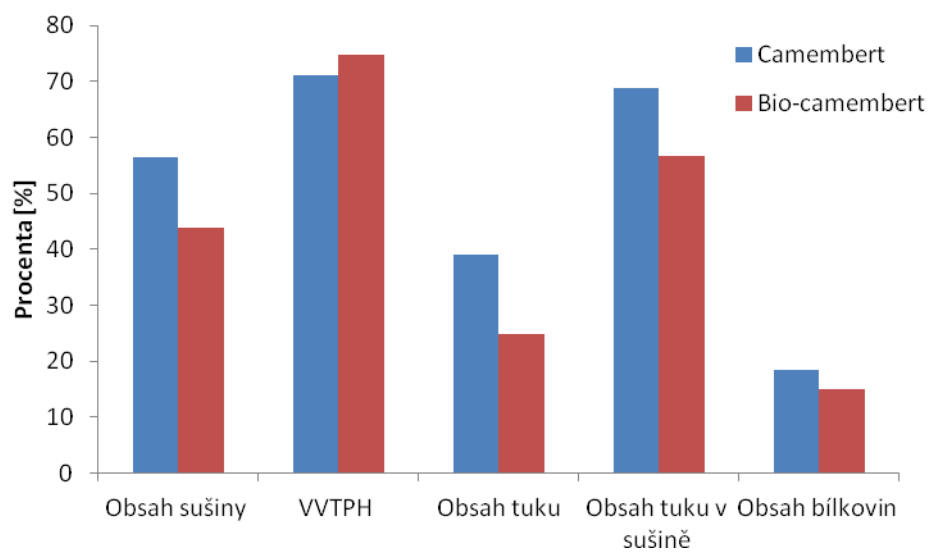
4.5 Srovnání sledovaných parametrů: modelový „bio“ sýr vs. zakoupený sýr

Pokud srovnáme veškeré naměřené parametry u komerčních a „bio“ sýrů (viz Obr. 11 a Obr. 12), bio-sýry měly celkově nižší obsah všech stanovovaných komponent (sušina, tuk, tuk v sušině, VVTPH, bílkoviny). Jedinou výjimku tvořil obsah sušiny u sýrů typu Ementál, kde byl nalezen nižší obsah u sýrů komerčních a u sýru Camembert, kde byl nižší obsah vody v tukuprosté hmotě sýra.

První získané výsledky tedy naznačují, že komerčně získané sýry mají vyšší nutriční hodnotu, tedy pouze co se týká sledovaných parametrů (více tuku a bílkovin).



Obr. 11: Srovnání všech parametrů sýrů ementál s bio-ementálem



Obr. 12: Srovnání všech parametrů sýru camembert s bio-camembertem

5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo stanovit vybrané chemické parametry v modelových vzorcích přírodních sýrů, konkrétně byly zvoleny sýry typu Ementál (sýr s vysokodohřívanou sýřeninou) a Camembert (sýr s bílou plísní na povrchu). Modelové vzorky sýrů byly vyrobeny v poloprovozních podmínkách s použitím standardního technologického postupu pro příslušný druh sýra, jako základní surovina bylo použito nepasterizované mléko v „bio“ kvalitě.

Na základě provedené literární rešerše byly vybrány následující parametry vhodné pro jednoduchou a rychlou charakterizaci složení sýrů: stanovení obsahu sušiny, tuku v sušině, celkového dusíku (resp. obsahu bílkovin) a tuku, resp. celkových lipidů.

Pro stanovení obsahu sušiny byla vybrána jednoduchá metoda sušením do konstantní hmotnosti dle normy ČSN EN ISO 5534 (referenční metoda).

Pro stanovení obsahu celkového dusíku byla vybrána klasická, univerzální a v praxi nejpožívanější metoda podle Kjeldahla (dle normy ČSN 57 0107). Je založena na mineralizaci vzorku varem v koncentrované kyselině sírové za přídavku katalyzátoru. Dusíkaté látky se převedou na síran amonný, z něhož se v alkalickém prostředí uvolní amoniak, předestiluje se s vodní párou a stanoví se titračně.

Pro stanovení obsahu celkových lipidů byla použita klasická metody extrakcí směsí rozpouštědel. Po rozpuštění netukových látek výrobku byl uvolněný tuk vytřepán kvantitativně směsí ethyletheru a petroletheru a po jejich odpaření zvážen.

Z těchto naměřených parametrů byla potom vypočtena hodnota tuku v sušině a obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra (VVTPH %).

Metody stanovení vycházejí z příslušných norem, všechny byly vyzkoušeny, optimalizovány pro použití na konkrétní vybrané typy sýrů a zavedeny do provozu v laboratoři ÚCHPBT na FCH VUT v Brně.

Výsledky analýz modelových sýrů byly na závěr porovnány se vzorky sýrů odpovídajícího typu zakoupenými v běžné tržní síti.

Sýry typu Ementál dostupné na českém trhu mají suš. cca 60-65% a tvs většinou 45%. Sýry typu Camembert dostupné na českém trhu mají suš. cca 40-50 % a tvs. většinou 45-55 %, některé i více. Zakoupené vzorky měly deklarované hodnoty: Primátor 60 % suš, 45 % tvs., Camembert 50% suš, 60 % tvs. Námi naměřené hodnoty byly mírně vyšší než deklarované a v tomto případě tady nedochází ke klamání spotřebitele.

Podle obsahu sušiny a hodnoty % VVTPH patří sýry typu Ementál do skupiny sýrů tvrdých (47,0 – 54,9% VVTPH), sýry typu Camembert do skupiny sýrů měkkých (> 68,0% VVTPH). Podle obsahu tuku a hodnoty tuku v sušině sýry typu Ementál patří do skupiny sýrů plnotučných (45 – 55% tvs.), sýry typu camembert do skupiny vysokotučných sýrů (55 – 70% tvs). Tyto hodnoty podmiňují charakteristickou konzistenci (texturu) daného typu sýra. Sýry typu Camembert mají díky vysokému obsahu tuku a nižšímu obsahu sušiny měkkou až mazlavou texturu, zatímco textura sýrů typu Ementál je spíše tužší.

Modelový sýr typu bio-camembert (43,89 % suš., 56,75 % tvs) obsahoval nižší % sušiny i tuku v sušině, než sýr kupovaný. To však není na závadu, na českém trhu je dostupný i sýr obdobných parametrů (dobře známý Hermelín – 45 % suš., 45 % tvs), pro porovnání především senzorické kvality vzorků bude lépe jako standard používat tento sýr.

Modelový sýr typu bio-ementál (69,2 % suš., 44,3 % tvs) měl poměrně vysoký obsah sušiny a extrémně nízkou hodnotu 43,9 % VVTPH. Tyto hodnoty by jej řadily spíše do skupiny sýrů extra tvrdých, mezi něž řadíme především sýry typu parmezán. Obsah tuku v sušině byl naopak nižší, což ještě přispělo k tužší konzistenci, než je u těchto typů sýrů obvyklé; protože tuk podmiňuje nejen texturu sýrů, ale dodává jim také chuť, byl tento sýr méně chutný než kupovaný. Obsah tuku v sušině je dán především standardizací suroviny, je možné se v technologickém procesu výroby sýra zaměřit více na tento krok.

Co se týče obsahu hrubé bílkoviny, modelové bio-sýry měly mírně nižší obsah, než sýry kupované, bio-ementál dokonce méně než hodnoty uváděné v dostupné literatuře pro tento typ sýra. To by mohlo například naznačovat, že během výroby došlo k vyššímu úniku bílkovin do syrovátky (což bude ověřeno v další práci).

Ze srovnání všech naměřených parametrů vyplývá, že bio-sýry měly celkově nižší obsah prakticky všech stanovovaných komponent (sušina, tuk, tuk v sušině, VVTPH, bílkoviny), z čehož lze usuzovat na vyšší nutriční hodnotu komerčně získaných sýrů. Nicméně jedná se o první výsledky, ze kterých nelze vyvozovat takto jednoznačné závěry. Bude potřeba provést další experimenty, zahrnující další parametry a další typy analýz, což bude náplní navazující diplomové práce.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VACOVÁ, Terézia. *Mlieko a mliečne prípravky vo výžive*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1986, 215 s.
- [2] OBERMAIER, Oldřich a Vladimír ČEJNA. *Sýry a tvarohy: Jak poznáme kvalitu*. In: 1. vyd., 2013.5. ISBN 978-80-905096-6-5. Dostupné z: <http://ctpp.cz/data/files/Jak%20pozname%20kvalitu%20Sry%20a%20tvarohy.pdf>
- [3] SOUČKOVÁ, Šárka. *Aromatický profil sýrových analogů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické.
- [4] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009, 536 s. : il. ; 24 cm. ISBN 9788074180514.
- [5] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002, 236 s. : il. ISBN 8070805102.
- [6] A-Z slovník pro spotřebitele: Vady sýrů. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92468>.
- [7] A-Z slovník pro spotřebitele: Pasterace a sterilace mléka. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76688.aspx/92468>.
- [8] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012, 569 s. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
- [9] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, xxii, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [10] MCMURRY, John. *Organická chemie*. Vyd. 1. V Brně : V Praze: VUTIUM ; Vysoká škola chemicko-technologická, 2007, xxv, 1176, 61, 31 s. : il. (některé barev.). ISBN 978-80-214-3291-8.
- [11] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie*. 2. oprav. vyd. Praha: Academia, 2002, Přer. str. ISBN 80-200-0600-1.
- [12] COULTATE, T. *Food: The Chemistry of Its Components*. 3rd Ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2001, 360 s. ISBN 08-540-4513-9.
- [13] McSweeney, P.L.H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 2004, Vol. 57, No. 2-3, pp. 127-144. ISSN 1364-727X. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x.
- [14] GORDON, Michael H. Milk Lipids. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. John Wiley and Sons, 2013, s. 65-79. ISBN 9780470674185.

- [15] HUI, Y. H.: *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*, United States of America: Taylor & Francis Group, 2006, Vol. 4. ISBN 0-8493-9849-5.
- [16] Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H., 2000: *Fundamentals of Cheese Science*. 1st. ed. Gauthersburg (Maryland, USA): Aspen Publication, 638 p. ISBN 0-8342-1260-9.
- [17] HÁLKOVÁ, Jana, Jana RIEGLOVÁ a Marie RUMÍŠKOVÁ. *Analýza potravin*. 2. vyd. Újezd u Brna: Ivan Straka, 2001, 94 s. ISBN 8086494020.
- [18] HRSTKA, M., VESPALCOVÁ, M. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Pracovní sešit, FCH VUT Brno 2006. (CS)
- [19] ČSN EN ISO 5534. *Sýry a tavené sýry*. Stanovení celkové sušiny (referenční metoda).
- [20] ČSN EN ISO 1735. *Sýry a tavené sýry*. Stanovení obsahu tuku (referenční metoda).
- [21] ČSN 57 0107. *Metody zkoušení sýrů, tvarohů, krémů a pomazánek* (stanovení veškerého dusíku).
- [22] PRÍBELA, Alexander. *Analýza potravin: Cvičenie*. 2. vyd. Bratislava: STU, 1993, 394 s. ISBN 8022703982.