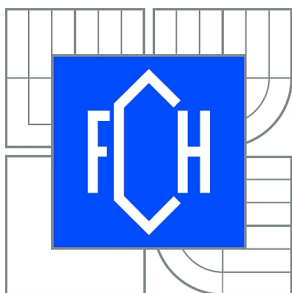




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

STUDIUM FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH TVORBU TĚKAVÝCH AROMATICKY AKTIVNÍCH LÁTEK V PŘÍRODNÍCH MATERIÁLECH

STUDY OF FACTORS INFLUENCING CREATION OF VOLATILE AROMA ACTIVE COMPOUNDS
IN NATURAL MATERIALS

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. BLANKA LOUPANCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV FIŠERA, CSc.

BRNO 2011

ABSTRAKT

Produkce vysoce kvalitních potravin vyžaduje precizní kontrolu faktorů ovlivňujících jejich kvalitu. Cílem této disertační práce bylo pomocí vhodných fyzikálních, chemických a sensorických metod sledovat vliv sterilačního záhřevu a teploty a doby skladování na vybrané parametry vhodné potravinářské matrice. Jako modelová matrice byl zvolen sterilovaný tavený sýr.

Tavený sýr je koncentrát mléčných bílkovin, vyráběný tavením směsi přírodních sýrů, tavicích solí, vody a dalších mléčných, příp. nemléčných surovin. Použitím vysoké teploty (cca 80–100 °C) při tavení dochází k žádoucí přeměně této směsi na homogenní hladkou lesklou hmotu požadovaných texturních, strukturních, reologických a sensorických vlastností. Tavený sýr lze po zabalení podrobit ještě sterilačnímu záhřevu (> 100 °C), čímž se výrazně prodlouží jeho trvanlivost.

V rámci disertační práce byly analyzovány tavené sýry (sušina 40 % w/w, tuk v sušině 45 % w/w), z nichž část byla podrobena termosterilaci (117 °C 20 min.). Nesterilované tavené sýry byly skladovány po dobu jednoho roku při chladírenské teplotě (6 ± 2 °C). Sterilované sýry byly skladovány při různé teplotě (chladírenské 6 ± 2 °C, skladové 23 ± 2 °C a zátěžové 40 ± 2 °C) po dobu 2 let. V pravidelných intervalech byly odebírány vzorky pro fyzikální (instrumentální měření barvy a textury), chemické (stanovení mastných kyselin a aromaticky aktivních látek) a sensorické (hodnocení pomocí stupnice, párová porovnávací zkouška, pořadová zkouška) analýzy.

Byl zkoumán jednak vliv sterilačního záhřevu, jednak vliv skladovacích podmínek na uvedené parametry.

Nesterilované tavené sýry si udržely velmi dobrou sensorickou kvalitu po celou dobu deklarované trvanlivosti (4 měsíce), po jejím uplynutí však došlo k výraznému zhoršení většiny sledovaných sensorických vlastností.

Následkem použitého sterilačního záhřevu došlo ke změně barvy a textury sýrů, což vyplývá z výsledků sensorického i instrumentálního stanovení. Dochází i ke zhoršení chuti a vůně. Tyto změny jsou patrné ihned po vyrobení a rozdíly byly pozorovány po celou dobu použitelnosti.

U sterilovaných tavených sýrů došlo během skladování k výraznému zhoršení jednotlivých sensorických ukazatelů. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u konzistence, vůně a chuti. Výsledky instrumentálních technik potvrzují závěry vyplývající ze sensorického hodnocení. Měření barvy a textury potvrzuje vznik tmavšího zbarvení (zvyšující se celkový rozdíl barvy ΔE^*) a vyšší tvrdost (zvýšení F_{max}) sterilovaných tavených sýrů, pokračující během skladování. Zhoršující se chuť a vůně je v souladu se snižujícím se obsahem aromaticky aktivních látek a vybraných mastných kyselin.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sterilované tavené sýry, textura, barva, flavour, aromaticky aktivní látky, mastné kyseliny, SPME, GC, sensorická analýza

ABSTRACT

The production of high-quality foods requires the precise control of factors influencing their quality. The aim of this doctoral thesis was to monitor the influence of sterilization heating and storage time and temperature on selected parameters of model food matrix using suitable physical, chemical and sensory methods. Sterilized processed cheese was chosen as the model matrix.

Processed cheeses are milk protein concentrates, produced by melting of mixture of natural cheeses, emulsifying salts, water and other dairy and/or non dairy ingredients. Desirable transformation of this mixture to homogenous, smooth, shiny mass with desired textural, structural, rheologic and sensory properties is caused by using high temperature (about 80-100 °C) during melting. Sterilized processed cheese is subjected to additional sterilization heating (> 100 °C) after production, significantly elongating its durability.

The processed cheeses (dry matter 40 % w/w, fat in dry matter 45 % w/w) were analyzed in this work, the part of them was sterilized (117 °C 20 min). Cheeses were stored at various temperatures (cold 6 ± 2 °C, laboratory 23 ± 2 °C and elevated 40 ± 2 °C), sterilized cheeses for 2 years, non sterilized for 1 year. During storage, the samples for physical (instrumental measuring of colour and texture), chemical (assessment of fatty acids and aroma compounds) and sensory (paired preference test, ranking test and evaluation using scale) analyses were taken at regular intervals.

The influence of sterilization heating and for another the influence of storage conditions on mentioned parameters were investigated.

Non sterilized processed cheese kept their very good quality during all the declared durability (4 months), however, then the significant worsening of most sensory properties was observed. In consequence of sterilization heating the changes of cheese colour and texture were observed, confirmed by both sensory and instrumental assessment. The impairment of taste and aroma was also found. These changes are obvious immediately after production and differences were observed during all the durability.

In the case of sterilized processed cheese, the significant impairment of single sensory properties was determined, the highest in the case of texture, taste and aroma. The results of instrumental techniques confirm conclusions from sensory evaluation. The measurements of colour and texture vindicate the formation of darker colour (increasing total difference of colour ΔE^*) and higher hardness (increasing F_{\max}) of sterilized processed cheeses, continuing during storage. The worsening of taste and aroma is in accordance with lower content of aroma active compounds and selected fatty acids.

KEYWORDS

Sterilized processed cheese, texture, colour, flavour, aroma active compounds, fatty acids, SPME, GC, sensory analysis

LOUPANCOVÁ, B. Studium faktorů ovlivňujících tvorbu těkavých aromaticky aktivních látek v přírodních materiálech. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 145 s. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

.....
podpis doktoranda

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala všem, kteří se na této práci podíleli, jmenovitě doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, CSc., za vedení během studia, doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D., za poskytnutí všech vzorků, Ing. Aleně Salákové, Ph.D., za umožnění instrumentálních měření barvy a textury.

Dále Ing. Evě Vítové, Ph.D., za přátelský a pohodový přístup během celého studia, předané zkušenosti a za cenné připomínky a podněty k disertační práci.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své mamince za důvěru a podporu a svému muži za neutuchající přísun pozitivní energie, kterou mě zvláště v posledních měsících zásoboval.

OBSAH

1	ÚVOD	4
2	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	5
2.1	Mléko jako hlavní surovina pro výrobu sýrů	5
2.1.1	Mléčný tuk	6
2.1.2	Mléčné bílkoviny	8
2.1.3	Laktosa	10
2.2	Přírodní sýry jako hlavní surovina pro výrobu tavených sýrů	10
2.3	Tavené sýry	11
2.3.1	Tavené sýry ve výživě.....	13
2.3.2	Suroviny používané při výrobě tavených sýrů.....	14
2.3.2.1	Tavicí soli.....	16
2.4	Technologie výroby tavených sýrů	18
2.4.1	Příprava směsi určené k tavení.....	18
2.4.2	Určení směsi tavicích solí	19
2.4.3	Proces tavení připravené směsi	20
2.4.3.1	Chemické procesy probíhající během tavení	20
2.4.4	Balení, chlazení a skladování tavených sýrů	22
2.4.5	Senzorická kvalita tavených sýrů.....	23
2.4.5.1	Faktory ovlivňující texturu tavených sýrů	24
2.4.5.2	Faktory ovlivňující barvu tavených sýrů	27
2.4.5.3	Faktory ovlivňující flavour tavených sýrů	31
2.4.6	Změny tavených sýrů během skladování	40
2.5	Sterilované tavené sýry	44
2.5.1	Vliv sterilace na jednotlivé složky taveného sýra	44
2.5.1.1	Bílkoviny.....	45
2.5.1.2	Tuky	45
2.5.1.3	Další reakce.....	46
2.6	Použité metodické postupy	46
2.6.1	Stanovení mastných kyselin.....	47
2.6.2	Stanovení aromaticky aktivních látek	47
2.6.3	Instrumentální měření textury	50
2.6.4	Instrumentální měření barvy	52
2.6.5	Senzorické hodnocení	56
2.6.5.1	Textura	57
2.6.5.2	Barva	61
2.6.5.3	Flavour	62
3	CÍLE.....	64

4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	65
4.1	Vzorky.....	65
4.2	Laboratorní vybavení	65
4.2.1	Chemikálie	65
4.2.2	Přístroje a pomůcky	66
4.3	Použité metody.....	67
4.3.1	Stanovení obsahu tuku	67
4.3.2	Stanovení mastných kyselin.....	67
4.3.2.1	Příprava methylesterů mastných kyselin.....	67
4.3.2.2	Podmínky GC analýzy	68
4.3.3	Stanovení aromaticky aktivních látek SPME-GC technikou.....	68
4.3.3.1	Příprava vzorku a podmínky SPME extrakce	68
4.3.3.2	Podmínky GC analýzy	68
4.3.3.3	Podmínky GC-MS analýzy	68
4.3.4	Instrumentální měření textury	69
4.3.5	Instrumentální měření barvy	69
4.3.6	Senzorické hodnocení	69
4.3.6.1	Hodnocení pomocí stupnice	70
4.3.6.2	Párová porovnávací zkouška.....	70
4.3.6.3	Pořadová zkouška	70
4.4	Statistické zpracování dat.....	71
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	72
5.1	Stanovení obsahu tuku	72
5.2	Stanovení mastných kyselin.....	73
5.2.1	Vliv sterilačního zahřevu na obsah mastných kyselin v tavených sýrech	75
5.2.2	Vliv doby skladování na obsah mastných kyselin v tavených sýrech	77
5.2.3	Vliv teploty skladování na obsah mastných kyselin v tavených sýrech	84
5.3	Stanovení aromaticky aktivních látek	87
5.3.1	Vliv sterilačního zahřevu na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech... 90	
5.3.2	Vliv doby skladování na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech..... 92	
5.3.3	Vliv teploty skladování na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech 98	
5.4	Instrumentální měření textury sýrů	100
5.4.1	Vliv sterilačního zahřevu na texturu tavených sýrů..... 101	
5.4.2	Vliv podmínek skladování na texturu tavených sýrů..... 101	
5.5	Instrumentální měření barvy sýrů	102
5.5.1	Vliv sterilačního zahřevu na barvu tavených sýrů	102
5.5.2	Vliv podmínek skladování na barvu tavených sýrů	103
5.6	Výsledky senzorického hodnocení sýrů.....	105

5.6.1	Hodnocení pomocí stupnice.....	105
5.6.1.1	Vliv sterilačního záhřevu na senzoričnou kvalitu tavených sýrů.....	106
5.6.1.2	Vliv podmínek skladování na senzoričnou kvalitu tavených sýrů.....	107
5.6.2	Párová porovnávací zkouška.....	109
5.6.3	Pořadová zkouška	110
6	ZÁVĚR	112
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	115
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	130
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	131
10	PUBLIKACE	142

1 ÚVOD

V moderní potravinářské praxi se stále více uplatňují sofistikované instrumentální metody a mezioborový přístup za účelem charakterizace potravin a jejich komponent, příp. návrhu nových druhů potravin a produktů. Dnešní konzumenti jsou náročnější, mají více znalostí o výživě a vyžadují bezpečné, nutričně hodnotné, ale i sensoricky vysoce kvalitní potraviny. Asi nejdůležitější z hlediska spotřebitele zůstává chutnost potraviny, pro niž se dnes často používá anglický termín „flavour“, jež je z chemického hlediska tvořen především obsahem těkavých, tzv. aromaticky aktivních látek. Bohužel právě flavour v současné době u řady druhů potravin nedosahuje požadovaných kvalit. To je způsobeno požadavkem českých spotřebitelů na nízkou cenu a co nejděší trvanlivost výrobku. Výrobci jsou tak v rámci šetření nuceni vybírat levnější, často méně kvalitní a méně chutné suroviny. Následná aplikace různých nešetrných konzervačních zásahů pak může způsobit výrazné a nevratné ztráty právě velmi citlivých aromaticky aktivních látek.

Velký důraz je výrobcí kladen na celkový vzhled a s ním související barvu potraviny, neboť ty spotřebitel vnímá jako první informace a často rozhodují o koupi výrobku. Z chemického hlediska je barva potraviny spjata s obsahem přírodních barviv. Textura zahrnuje především fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti výrobku a souvisí zejména s obsahem vysokomolekulárních látek (proteiny, polysacharidy, tuky). K analýze barvy, textury a flavouru potravin jsou v posledních letech kromě sensorických metod často využívány fyzikálně chemické a instrumentální metody, jako různé typy chromatografie, spektrometrie, viskozimetrie, rheometrie, diferenciální skenovací kalorimetrie a další.

Produkce vysoce kvalitních potravin vyžaduje precizní kontrolu faktorů ovlivňujících jejich výše zmíněné sensorické vlastnosti, přestože mnohé faktory zodpovědné za kvalitu a vlastnosti jednotlivých potravin dosud nejsou na molekulární úrovni prostudovány.

Tato práce se zaměřuje speciálně na problematiku charakterizace sýrů a tavených sýrů jako významné součásti jídelníčku českých konzumentů. Tavené sýry jsou u nás z hlediska spotřebitelské oblíbenosti naprosto výjimečnou výrobovou skupinou s nejvyšší spotřebou na světě. Cílem této disertační práce je aplikace vybraných fyzikálně-chemických, analytických a sensorických metod k posouzení změn vybraných parametrů ovlivňujících nutriční a sensorickou hodnotu modelové potravinářské matrice, a to v závislosti na způsobu technologického zpracování a podmínkách následného uchovávání. Jako modelová matrice byl zvolen sterilovaný tavený sýr. Jedná se o klasický tavený sýr podrobený procesu termosterilace, čímž se výrazně prodlouží jeho trvanlivost. Takto ošetřené sýry lze použít jako konzervu pro řadu zvláštních příležitostí, např. pro Armádu ČR, nebo do balíčků určených pro krizové situace (povodně ap.).

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Současná česká legislativa, vyhláška č. 77/2003 Sb.¹, ve znění pozdějších předpisů, definuje sýr jako „mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky“, zrající sýr jako „sýr, u kterého po prokysání došlo k dalším biochemickým a fyzikálním procesům“ a tavený sýr jako „sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí“ .

Výroba sýrů je složitý technologický proces, který vychází ze základní suroviny nezbytné pro všechny typy sýrů, z mléka. Během technologického procesu výroby podléhají jednotlivé složky mléka řadě fyzikálně-chemických a biochemických změn, jejichž druh a rozsah závisí na typu sýrů. Tavené sýry se liší od přírodních zejména tím, že nejsou vyráběny přímo z mléka². Vyrábějí se mícháním přírodních sýrů různých druhů a stupňů zralosti s tzv. tavicími solemi a vodou a zahříváním této směsi pod částečným vakuem za konstantního míchání až do získání homogenní hmoty. Kromě přírodních sýrů mohou být přidány různé další mléčné a nemléčné ingredience. Přes významné pokroky v problematice fyzikální chemie, biochemie a mikrobiologie mléka a mléčných výrobků je sýrašství dosud oblastí, kde procesy během výroby nelze zcela exaktně definovat, kvantifikovat a regulovat. V praxi se vychází ze vzájemného spojení teoretických a empirických poznatků plynoucích z dlouholeté výrobní zkušenosti.

Problematice výroby a zrání sýrů se věnuje řada autorů a bylo publikováno již mnoho níže citovaných odborných prací. Poměrně dobře jsou prostudovány biochemické změny probíhající během zrání sýrů, např.³⁻¹⁰ a mikroorganismy, jejichž metabolická aktivita tyto změny ovlivňuje⁹⁻¹⁵ atd. Další práce popisují změny fyzikálně chemické, týkající se především textury a barvy, které jsou sledovány jak z hlediska senzorického¹⁶⁻¹⁹, tak pomocí vhodných instrumentálních metod, např.^{12-16, 18-23} a další.

Podstatně méně bylo publikováno o sýrech tavených. Většina publikací se zaměřuje na studium textury a jejích změn během výroby, skladování a použití tavených sýrů^{19, 24-36}, málo je však známo o změnách biochemických³⁷⁻³⁹. Tyto změny ovlivňuje především teplota použitá při tavení, způsob balení a podmínky během skladování sýrů. Předložená práce přispívá k objasnění změn vybraných aromaticky aktivních látek, těkavých i ostatních mastných kyselin především během delšího skladování tavených sýrů.

2.1 Mléko jako hlavní surovina pro výrobu sýrů

Z fyzikálního hlediska chápeme mléko jako složité disperzní prostředí, složené ze tří fází ve vzájemné metastabilní konfiguraci⁴⁰. Spojitou fází je voda (v kravském mléce 87–91 %) a v ní jsou rozptýleny ostatní složky mléka⁴¹.

První, molekulární fázi, tvoří roztok anorganických solí a jednoduchých organických sloučenin, jako je např. laktosa, ve vodě. Tato fáze je nejstabilnější a nejlépe dispergována. Velikost molekul je řádově 10^{-3} – 10^{-4} μm .

Druhá, koloidní fáze, je tvořena koloidním roztokem bílkovin rozptýlených v molekulární fázi. Velikost částic je v rozmezí $5 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ μm . Kasein se váže na vápník, laktalbumin a laktoglobulin a je tedy součástí slabě lyofilního kaseinátového komplexu. Při narušení rovnováhy komplexu dochází ke koagulaci lyofobního kaseinu.

Nejméně dispergovanou složkou je mléčný tuk, rozptýlený ve formě emulze typu olej ve vodě. Rozměr tukové kuličky je $1 \cdot 10^{-1}$ – 20^1 μm ^{40, 42}. Počet tukových kuliček je cca $15 \cdot 10^9$ v 1 ml mléka⁴². Kromě vyšších teplot, kdy se tuk nachází v tekutém stavu, se tato fáze chová jako suspenze⁴⁰. Udržení kapiček tuku v rozptýleném stavu je možné pouze za pomoci stabilizátorů, jako jsou fosfolipidy, lipoproteiny a kaseinové proteiny. Tyto stabilizátory obsažené v mezifázovém rozhraní mezi vodou a tukovými kuličkami jsou vysoce polární a povrchově aktivní látky. Díky svému elektrickému náboji ochraňují tuk před shlukováním^{43, 42}. Typické zbarvení souvisí s rozptylem a absorpcí světla na tukových částicích a micelách kaseinů, nažloutlé zbarvení mléka způsobují karotenoidní látky přítomné v tukové fázi⁴¹.

Polydisperzní systém mléka je velmi křehký a může být narušen různými vnějšími vlivy, jako jsou např. změny fyzikálních či chemických vlastností působením vnějších sil, přidavkem nebo odebráním některých složek systému nebo působením mikroorganismů. Během zpracování jsou mnohé emulze podrobeny operacím vyžadujícím různé teploty nebo aplikaci střízných sil⁴⁴. Změny fyzikálních vlastností, vyvolané změnou struktury působením vnějších vlivů mají u mléka buď nevratný charakter, nebo se jedná o časově omezené vratné jevy.

2.1.1 Mléčný tuk

Mléko obsahuje průměrně 3,7 až 4,1 % (w/w) tuku. Základní složku mléčného tuku tvoří triacylglyceroly (98 % z celkových lipidů), diacylglyceroly, monoacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy, steroly a jejich estery a v tucích rozpustné vitaminy⁴¹.

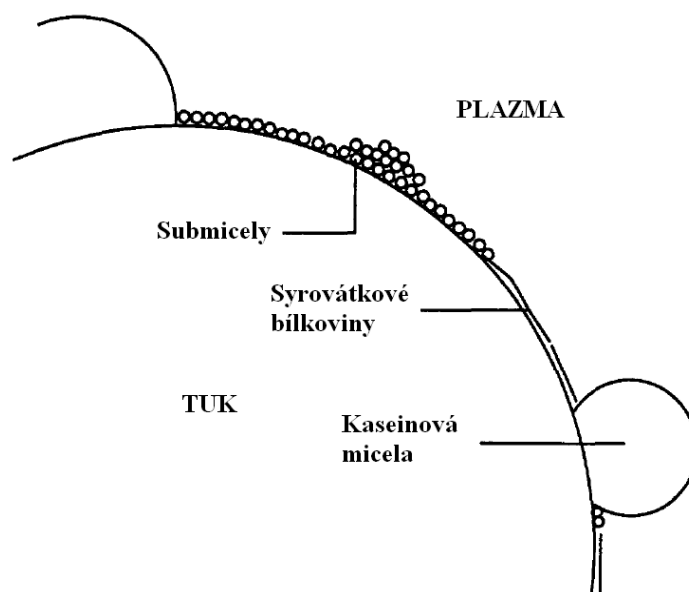
Mléčný tuk obsahuje přibližně 60–70 % nasycených mastných kyselin, 25–35 % mononenasycených mastných kyselin a méně než 5 % polynenasycených kyselin ve vzájemném poměru cca 1 : 0,35 : 0,07⁴⁵. Přestože doporučení odborníků upřednostňují jako optimum poměru nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin 1 : 1,4 : 0,6^{45, 46}, zůstávají mléko a mléčné výrobky z výživového hlediska významným zdrojem dobře stravitelného tuku, který se v organismu rychle resorbuje⁴¹.

Nejvyšší podíl z nasycených mastných kyselin tvoří kyseliny myristová, palmitová a stearová a z nenasycených kyselina olejová⁴¹. Důležitá je zejména kyselina stearová, u níž bylo zjištěno, že u lidí snižuje hladinu krevního cholesterolu stejně účinně, jako kyselina olejová, považovaná z tohoto hlediska za nejpříznivější⁴⁶.

Pro mléčný tuk je typický i vysoký podíl nízkomolekulárních mastných kyselin (máselná, kapronová, kaprylová), které přispívají k charakteristické chuti a vůni mléčného tuku^{41, 47}.

Žádoucí charakteristický flavour mléčného tuku tvoří spektrum cca 120 aromaticky aktivních látek, které byly v mléčném tuku identifikovány. Přestože se zde řada z nich nachází v podprahových koncentracích, interagují mezi sebou a v důsledku synergického působení přispívají k celkovému flavouru. Za nejvýznamnější složky jsou považovány aldehydy, laktony, methylketony a již zmíněné mastné kyseliny⁴². Složení aromaticky aktivních látek v mléce je ovlivněno výživou a metabolismem krav, chemickými, mikrobiálními a enzymatickými reakcemi v mléce po nadojení^{38, 48, 49}, ale také technologickými operacemi, které mléko následně podstupuje⁴⁸.

Vznik případných nežádoucích pachů mléka je dán změnou koncentrace některých organických sloučenin⁴⁸. Vznikající široká škála aldehydů, methylketonů, alkoholů, volných mastných kyselin a uhlovodíků způsobuje v mléce a mléčných produktech charakteristický zápach^{50, 51}. Tyto tzv. off-flavours mohou být nejčastěji způsobeny tepelným ošetřením⁵², jako je pasteurace⁵³, ale zejména UHT ošetření⁴⁸, skladovacími podmínkami^{38, 48}, autooxidací nebo oxidací působením světla³⁸.



Obr. 1 Schématické znázornění membrány tukové kuličky v homogenizovaném mléce⁵⁴.

U mléka je důležité, aby emulze zůstala stabilní v celém teplotním rozsahu zpracování. Volný mléčný tuk je totiž náchylný k dalším reakcím vedoucím ke vzniku sensorických vad⁴². Technologie výroby přírodních sýrů a másla naopak využívají destabilizaci emulze jako součást výrobního procesu⁵⁵.

Velký význam má změna skupenství mléčného tuku a dále pak polymorfni fázové přeměny tuhého tuku, které jsou vázány na čas i teplotu⁴⁰. Tuková složka mléka vykazuje jasné hysterezní jevy. To znamená, že při vyšších teplotách je viskózní amorfni látkou, která

ochlazením tuhne při 14,0–21,0 °C a při zpětném ohřevu taje při 27,0–34,6 °C. Navíc se při teplotách okolo 10 °C objevuje polymorfni fázová transformace, kdy dochází k překrytalizaci tuku z modifikace α do modifikace β . Tyto změny navíc závisí i na časovém průběhu teplotního režimu⁴⁰.

Převážná část mléčných lipidů se nachází ve formě tukových kuliček. V nehybné emulzi jsou rozptýlené kuličky stabilní vůči shlukování, tzv. koalescenci. Jsou totiž obalené adsorbovanou membránou, tvořenou komplexem fosfolipid-bílkovina, která jim díky svému elektrickému náboji poskytuje dobrou sterickou stabilitu (viz Obr. 1). Kuličky se mohou shlukovat, ale díky stabilizaci nesplynou do velkých útvarů^{42, 44}.

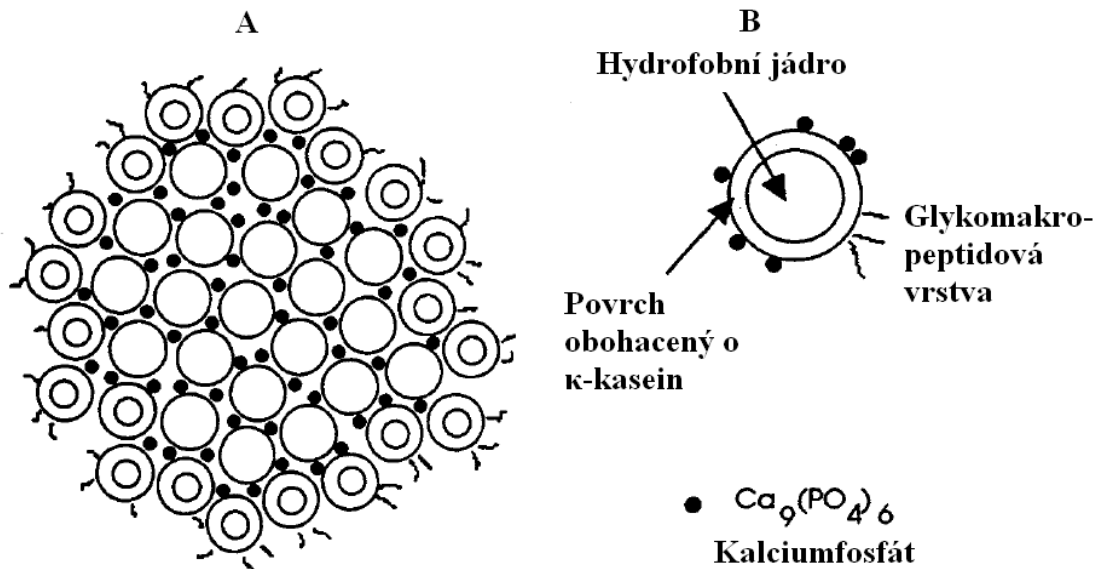
Nicméně koalescence je mnohem více zjevná u kapiček podrobených stříhovým silám nebo takových, které jsou uchovávány dohromady po dlouhý čas, např. v krémových vrstvách nebo koncentrovaných emulzích. Orthokinetická stabilita emulzí, tedy stabilita ke stříhovým silám, závisí na složení a struktuře adsorbované proteinové vrstvy. Přítomnost nízkých koncentrací vápníkových iontů nebo nízkomolekulárních emulgátorů může mít na orthokinetickou stabilitu vysoký vliv⁴⁴.

Změny teploty mohou ovlivňovat také vlastnosti dispergované olejové fáze. Tukové kapičky jsou v mléčných emulzích za běžných teplot částečně krystalické (a to při zpracování, skladování i konzumaci). Podíl krystalického tuku není prakticky závislý jen na teplotě, ale také na velikosti emulgovaných kapiček, typu přítomných emulgátorů a všech změnách teplot, kterými produkt prochází. Hustota kapiček se mění tak, jak olej krystalizuje a to ovlivňuje rychlost krémovatění. Částečně krystalické kapičky mohou být náchylné k jevu zvanému „parciální koalescence“, při kterém krystaly z jedné kapičky pronikají do kapalné fáze jiné kapičky. Důvodem je lepší smáčivost krystalu olejem oproti vodné fázi. Srážka vede ke spojení obou částic. Rychlost tohoto procesu se značně zvýší mírným mícháním nebo periodickou změnou teploty. Výsledkem částečné koalescence je dramatický nárůst viskozity emulgovaného systému a eventuálně celková separace tuku od vodné fáze.

Fyzikální stav kapiček emulzí hraje důležitou roli při určování fyzikálně-chemických vlastností jako je stabilita, rheologie a vzhled, ale také rozdělení a reaktivita různých složek. Krystalizace tuku v kapičkách emulze má tedy důležitý vliv na produkci, stabilitu a kvalitu mnohých potravin⁴⁴.

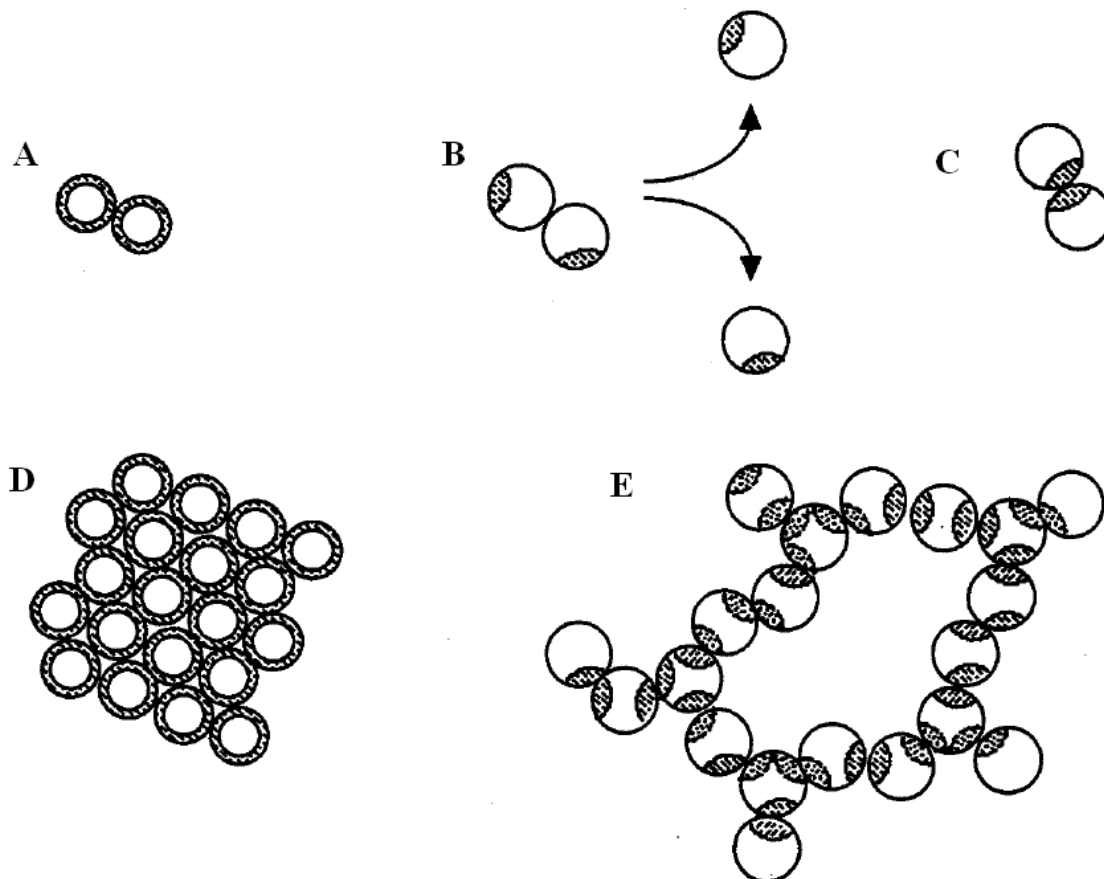
2.1.2 Mléčné bílkoviny

Čisté bílkoviny kravského mléka (3,0–3,3 % w/w) se dělí na kaseinové (2,4–2,6 % w/w) a sérové (syrovátkové – 0,5–0,7 % w/w). Kaseinový komplex, obecně jen kasein, je heterogenní skupina fosfoproteinů, které se sráží z mléka při pH 4,6 a teplotě 20–40 °C, přičemž bílkoviny syrovátky zůstávají v roztoku. Kaseinový komplex se dělí na čtyři základní druhy kaseinů s různým počtem aminokyselin. Jedná se o α_{S1} -kasein (199 AK), α_{S2} -kasein (207 AK), β -kasein (209 AK) a glykoprotein κ -kasein obsahující kromě 169 AK vázanou D-galaktopyranosu, N-acetyl-D-galaktosamin a N-acetylneuraminovou kyselinu.



Obr. 2 Schématické znázornění kaseinové micely: A – kaseinová micela, B – submicela⁵⁷.

Tato část dodává frakci hydrofilní charakter a je podstatou jeho stabilizační úlohy vzhledem k ostatním frakcím. Frakce κ -kaseinu se, na rozdíl od ostatních, nesráží ionty Ca^{2+} .



Obr. 3 Srážení kaseinových micel. A – zcela reaktivní povrch: všechny srážky vedou k řetězení; B – jen částečně reaktivní povrch: neúspěšná srážka; C – jen částečně reaktivní povrch: úspěšná srážka; D – celkově reaktivní povrch: rychle vytvořený hustý povrch; E – jen částečně reaktivní povrch: volná síť⁵⁷.

V literatuře se dále objevují zmínky i o kaseinech γ a λ . Jedná se však o proteolytické štěpy α_{S1} -kaseinu (λ -kasein) a β -kaseinu (γ -kaseiny)^{2, 41, 47}.

Kaseiny se v mléce nenacházejí ve formě monomerů, nýbrž jsou agregovány do kaseinových komplexů a micel. Molekuly jsou nejprve uspořádány do tzv. submicel tvaru rotačního elipsoidu po 25–30 molekulách a následně prostřednictvím fosfátových skupin a vápenatých iontů přímo, nebo prostřednictvím volných fosfátů a citrátů, do micel^{41, 56}. Typická micela kravského mléka obsahuje asi 20 000 molekul kaseinů. Průměr vzniklých micel se pohybuje mezi 50–300 nm, počet micel cca $1 \cdot 10^{12}$ v 1 ml^2 ⁴¹.

Kromě kaseinového komplexu se v mléce nacházejí i sérové bílkoviny, k nimž patří: β -laktoglobulin (hlavní bílkovina syrovátky), α -laktalbumin, imunoglobuliny a minoritní bílkoviny^{41, 47}.

2.1.3 Laktosa

Mléčný cukr, laktosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) je redukující disacharid, složený z hexos D-galaktosy a D-glukosy. V kravském mléce se nachází v množství cca 4,4 až 4,9 % (w/w). Laktosa je rozpuštěna v plazmě, dodává mléku nasládlou chuť a s ostatními rozpustnými složkami udržuje osmotický tlak. Kromě laktosy se v mléce v malém množství vyskytuje D-glukosa a řada různých oligosacharidů, částečně ve volné formě a částečně ve vazbě s proteiny, lipidy nebo fosfáty⁴¹.

2.2 Přírodní sýry jako hlavní surovina pro výrobu tavených sýrů

Mléko je základní surovinou pro výrobu tzv. přírodních sýrů. Z fyzikálního hlediska přírodní sýry představují složitý polydisperzní systém, ve kterém se vedle minoritních látek (soli, kyseliny, zbytky laktosy aj.) nachází především bílkoviny, tuk a voda. Přírodní sýr může být popsán jako trojrozměrná síť, v jejíchž pórech je zachycen přirozeně emulgovaný tuk a voda. Celistvost sítě složené ze vzájemně se překrývajících a zesíťovaných řetězců částečně spojených agregátů, které jsou tvořeny spojenými parakaseinovými micelami, je udržována různými vazbami uvnitř a mezi agregáty, včetně hydrofobních a elektrostatických sil. Důležitým krokem výroby většiny sýrů je přeměna kapalného mléka v gelovitou sýřeninu a to buď působením bakterií mléčného kvašení⁴³ nebo pomocí syřidla⁵⁸. Byť rozdílným principem, dochází v obou případech k porušení stability kaseinových micel, tím k jejich vysrážení a následnému oddělení ve vodě rozpustných bílkovin, tedy syrovátky⁵⁸. Přírodní sýry proto můžeme chápat jako koncentráty kaseinových bílkovin. Principem kyselého srážení působením mléčných bakterií je okyselení kaseinu na jeho izoelektrický bod – pH kolem 4,6 při 20 °C. Způsob s přidavkem proteolytického enzymu (syřidla) nazýváme sladkým srážením⁵⁸.

Jelikož základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou především sladké sýry, bude zde blíže popsán princip sladkého, tzv. syřidlového srážení mléka. Klasické syřidlo je extrakt ze žaludků telat sajících mléko, obsahující proteolytický enzym chymosin (rennin). Nejdůležitější složkou pro syřidlové srážení je v kaseinátovém komplexu κ -kasein. Štěpení působením proteolytických enzymů syřidla (při tzv. sýření) nejdříve začíná κ -kaseinem, který stabilizuje kaseinové micely. κ -kasein se rozštěpí mezi 105. a 106. aminokyselinou (Phe a Met) na hydrofobní para- κ -kasein a hydrofilní κ -kaseinomakropeptid. Para- κ -kasein tak ztrácí stabilizační účinek proti vysrážení kaseinu Ca^{2+} ionty a společně s ostatními kaseinovými frakcemi se vysráží. Po disagregaci micel dochází ke spojování do nových micelárních útvarů a k polymeraci za současné stabilizace hydrofobními vazbami. Při koagulaci jsou kaseinové micely extramicelárně spojeny vápníkem. Tato fáze je možná pouze za přítomnosti vápenatých iontů a teploty nad 20 °C. V průběhu tvorby gelu se kaseinové micely nejprve řadí do řetězců, které pak přechází v trojrozměrnou mřížku. Vytvořením vápenatých můstků dochází k synerezi, smršťování gelu a vytužování sýřeniny vyvolané přitažlivými silami mezi kaseinovými částicemi^{2, 41, 47, 58}. Konečná struktura sýroviny se skládá z tukových částic v kontinuální bílkovinné matici a má hlavní roli při vytváření charakteristické textury a flavouru během zrání sýra⁵⁵.

Při delším působení syřidla dochází kromě štěpení para- κ -kaseinu i ke štěpení α ₁- a β -kaseinu. Tato pokračující proteolýza se označuje jako terciární fáze působení syřidla a jedná se o jev nežádoucí, poněvadž může docházet ke snižování výtěžnosti odtokem rozpustných peptidů do syrovátky a zároveň k tvorbě hořkých peptidů podílejících se na chuťových a konzistenčních vadách sýrů⁴¹.

Při následném technologickém zpracování vzniklé sýřeniny se lisováním oddělí syrovátka, sýřenina se prosolí a je podrobena procesu tzv. zrání, kde dochází následkem celé řady enzymatických reakcí k tvorbě žádoucího vzhledu, textury, chuti a vůně (flavouru) charakteristických pro daný typ sýra.

Syrovátkové bílkoviny, jak napovídá již jejich název, odchází při procesu sýření do syrovátky, a proto se v přírodních a tedy ani v tavených sýrech ve významnějším množství nevyskytují. Vyšší obsah sérových bílkovin se však může v tavených sýrech nacházet, pokud jsou přímo použity při výrobě jako další surovina (např. sušená syrovátka, koncentráty sérových bílkovin a pod.)^{2, 41, 47}.

2.3 Tavené sýry

První písemně doložené pokusy o výrobu tavených sýrů (ještě bez použití tavicích solí) se datují od roku 1895, ale teprve po zavedení citrátů a zejména fosfátů jako tavicích solí se stala jejich výroba realizovatelná v průmyslových podmínkách. Předpokládá se, že idea tavených sýrů je odvozena od švýcarského národního pokrmu – fondue – při jehož výrobě byl přírodní

sýr roztaven za přítomnosti vína, které obsahuje soli kyseliny vinné mající rovněž účinky tavicích solí^{47, 59}.

V roce 1911 se podařilo švýcarské firmě Gerber jako první na světě vyrobit tavený sýr. Jako tavicí sůl byl použit citrát sodný připravený ve vodném roztoku. V r. 1917 začala s výrobou tavených sýrů nezávisle také firma Kraft v USA². Kromě citrátů byl poprvé použit i hydrogenfosforečnan disodný, neboť bylo zjištěno, že jeho schopnost výměny iontů je větší než u citrátů. V roce 1929 pak byl v Německu přihlášen patent, zabývající se použitím polyfosfátů, které významně ovlivňují konzistenci taveniny, takže je možné vyrábět roztíratelné sýry⁶⁰.

Hlavním důvodem výroby tavených sýrů byla snaha o prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů, možnost použití jako pomazánky na pečivo, ale také možnost docílit nekonečného množství chutí přidáváním koření, zeleniny, masných výrobků a pod.

Podle vyhlášky č. 77/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů¹ je tavený sýr definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Výroba tavených sýrů umožňuje využití přírodních sýrů, které je těžké nebo nemožné prodat (např. sýrů s mechanickou deformací), stejně jako sýrových odpadků. Protože se následkem tavení zmenšují nebo dokonce úplně zanikají některé vady chuti a vůně, někdy se tavení zneužívá na zužitkování špatných sýrů nevhodných ke konzumu⁵⁹. Zvláště nežádoucí je využívat přírodní sýry s mikrobiologickými vadami, zejména jedná-li se o sporující mikroorganismy, neboť obvyklé teploty užívané při výrobě tavených sýrů dokáží zničit pouze vegetativní formy. Růst mikroorganismů v tavených sýrech vede k celé řadě senzorických vad a může dojít i k hygienickému znehodnocení produktu^{2, 47}.

Sortiment tavených sýrů se od jejich zrodu začátkem minulého století značně rozrostl. Na trhu se objevuje velké množství produktů vzniklých např. kombinacemi jednotlivých druhů přírodních sýrů, obsahující různé suroviny mléčného i nemléčného původu, mající konzistenci od pevné, lomivé, přes snadno roztíratelnou, krémovitou až po tekutou. Další rozšíření sortimentu provádí výrobci použitím různých obalových materiálů a hmotností spotřebitelského balení^{2, 47, 60}. Velkou výhodou je také všestranné použití tavených sýrů jako surovin do jiných potravinářských výrobků².

Pro svou velkou rozmanitost variant tavené sýry nemají mezinárodní klasifikaci, je možné je dělit z celé řady hledisek. Různí autoři uvádějí různá dělení, hlavní kritéria jsou složení sýra, obsah vlhkosti a konzistence⁵⁹. Jedno z nejčastějších je dělení podle obsahu tuku v sušině (TvS). Vyhláška č. 77/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů¹ udává následující dělení tavených sýrů:

- vysokotučné s obsahem nejméně 60 % (w/w) tuku v sušině,
- tavené sýry s obsahem 30 až 60 % (w/w) tuku v sušině,
- nízkotučné s obsahem nejvýše 30 % (w/w) tuku v sušině.

V anglosaské literatuře^{47, 59, 60, 62} se nejčastěji objevuje následující dělení tavených sýrů:

- tavené sýrové bloky – surovinami mohou být přírodní sýry, tavicí soli, NaCl, popř. barviva, obsah sušiny a tuku odpovídá kritériím pro přírodní sýry,
- tavené sýrové produkty – surovinami mohou být přírodní sýry, tavicí soli, NaCl, barviva a dále mléko, odstředěné mléko, syrovátka, smetana, sýry z odstředěného mléka a organické kyseliny, sušina je vyšší než 56 % (w/w) a obsah tuku je vyšší než 23 % (w/w),
- tavené sýrové pomazánky – kromě surovin, které jsou přípustné pro tavené sýrové produkty, jsou zde povoleny přídavky surovin pro zlepšení vaznosti vody (zejména polysacharidy), obsah sušiny se pohybuje mezi 40–56 % (w/w).

Tavené sýry patří u nás mezi oblíbené mléčné výrobky. Ročně se u nás zkonzumuje 2–3 kg tavených sýrů na obyvatele. V současné době se v České republice vyrábí okolo 20 tisíc tun tavených sýrů ročně a dalších více než 7 tisíc tun se dováží. Ve světě se na tavené sýry zpracovává 10–12 % přírodních sýrů, u nás až 14 % z celkové produkce sýrů. Pro porovnání spotřeba v Irsku je cca 2 kg, v USA okolo 1,7 kg, v ostatních vyspělých zemích okolo 1,0 kg^{45,63}.

K přednostem těchto výrobků ve srovnání s přírodními sýry patří především⁵⁹:

- různé varianty chuti a vůně, vzhledu, textury a tavicích vlastností a z toho vyplývající široké možnosti použití,
- velká nabídka různých velikostí, tvarů a typů obalů,
- relativně nízká cena,
- poměrně dlouhá trvanlivost.

2.3.1 Tavené sýry ve výživě

Sýry a tavené sýry jsou významné zejména pro svou výživovou hodnotu. Ve srovnání s přírodními sýry však musíme počítat s jistým snížením výživové hodnoty vlivem zvýšené teploty při tavení a přidavkem tavicích solí. Celková biologická hodnota bílkovin a obsah vitaminů kolísá v závislosti na výši použité teploty a době jejího působení⁶⁴. Musíme však zmínit, že tento úbytek výživové hodnoty není nikterak drastický. Podle Buňky⁴⁵ způsobuje sterilace, tzn. záhřev minimálně na teplotu o 20 °C vyšší než teplota tavení, pokles některých aminokyselin o méně než 5 %. U tavicích teplot lze tedy očekávat méně než 5% pokles biologické hodnoty bílkovin⁴⁵.

Bílkoviny obsažené v sýrech jsou plnohodnotné a obsahují esenciální aminokyseliny. Hlavní bílkovinou je zde kasein, který má vysokou biologickou hodnotu. U tavených sýrů navíc dochází v důsledku tavicích teplot ke zvýšení stravitelnosti bílkovin ve srovnání s přírodními sýry, ze kterých jsou vyrobeny. Rovněž obsah volných aminokyselin je vyšší, zejména v důsledku peptizační účinnosti tavicích solí⁴⁷.

Jak již bylo zmíněno dříve (viz kapitola 2.1.1), nemá mléčný tuk optimální složení z hlediska poměru nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin⁴⁷. Pro doplnění je proto nutné zařadit do jídelníčku takové potraviny, které jsou dobrým zdrojem mononenasycených mastných kyselin tak, aby byl naplněn optimální poměr mastných kyselin⁴⁵. Řada tavených sýrů má poměrně vysoký obsah tuku a jsou tak významným zdrojem energie a také cholesterolu, jehož nadměrné množství je rizikovým faktorem při vzniku kardiovaskulárních onemocnění⁶⁴.

Sýry jsou důležitým zdrojem vápníku, fosforu, železa, hořčíku a některých stopových prvků. Mléčné výrobky jsou považovány za nejlepší zdroj vápníku, který je důležitou součástí kostí a zubů a nezbytný pro jejich růst⁶⁵. Jiné zdroje (např. zelenina) obsahují sice rovněž relativně vysoké množství vápníku, ale v důsledku vazeb na sloučeniny, jako například oxaláty a fytáty, je jeho vstřebatelnost značně snížena⁴⁷. Vápník ze sýrů dovede organismus naopak lépe využít, poněvadž jeho resorpci podporují aminokyseliny, kyselina mléčná a vitamin D v sýrech obsažené⁶⁴.

Nicméně tavené sýry jsou považovány za horší zdroj vápníku než sýry přírodní. Poměr obsahu fosforu a vápníku v tavených sýrech bývá kvůli přidavku tavicích solí obvykle cca 1,8 : 1, což může redukovat vstřebávání vápníku. Za ideální poměr fosforu k vápníku je považován 1 : 1^{47, 64, 65}.

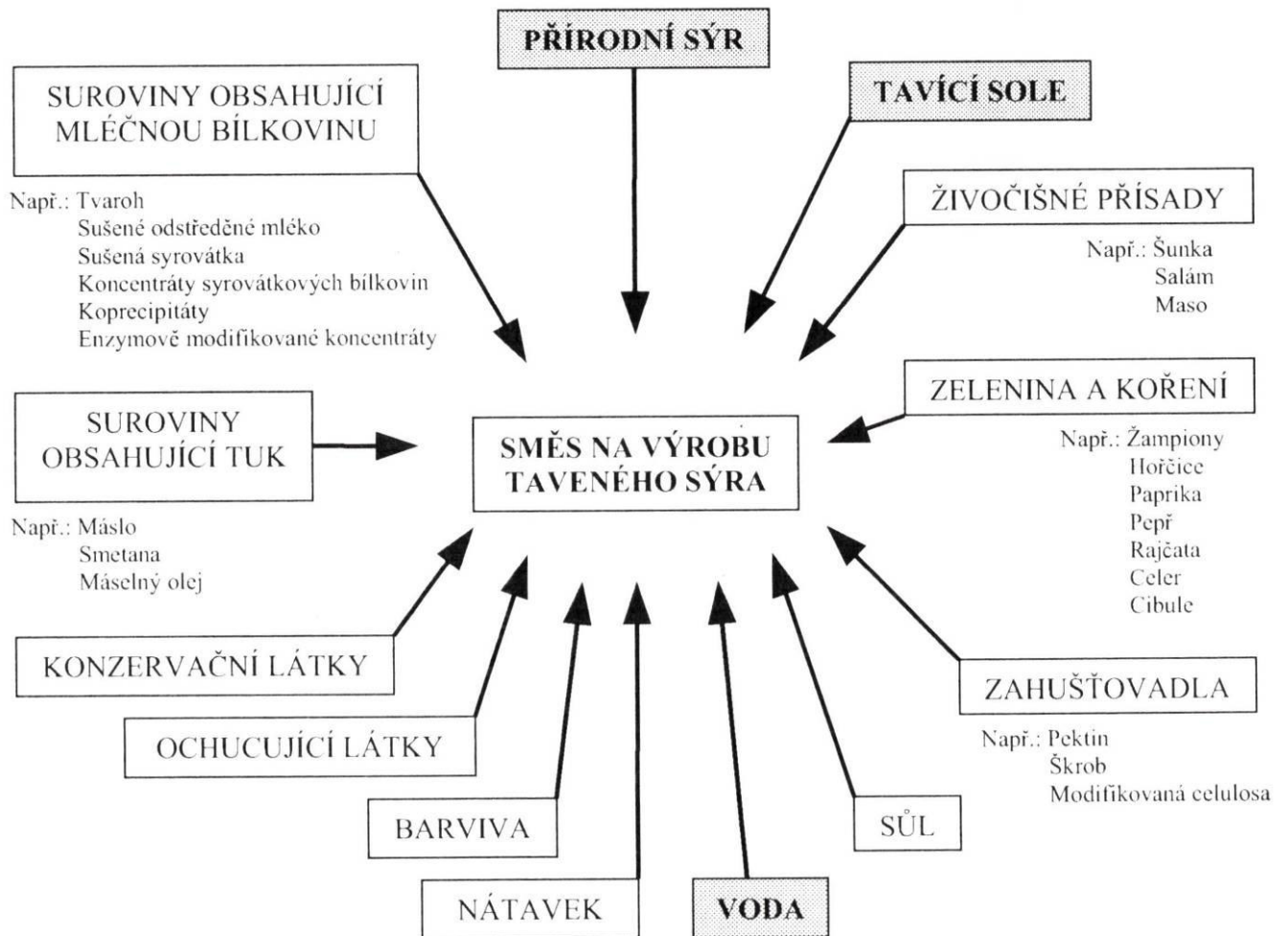
Tavené sýry jsou rovněž dobrým zdrojem vitaminů, především skupiny B, které jsou nepostradatelné pro správnou činnost metabolismu, nervové soustavy a zdravý růst^{47, 64}. Vitamin B₂ (riboflavin) je poměrně termostabilní, a proto nedochází k jeho podstatným ztrátám⁴⁵.

2.3.2 Suroviny používané při výrobě tavených sýrů

Tavené sýry se liší od přírodních zejména tím, že nejsou vyráběny přímo z mléka². Přesto mléko zůstává hlavní surovinou použitou při jejich výrobě. Jak již bylo zmíněno, základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou všechny druhy přírodních sýrů v různých poměrech a stádiích zralosti⁶⁴, především tvrdých, ale i měkkých, bílých a plísňových. Jejich obsah v tavených sýrech musí být minimálně 50 % w/w⁶⁰. V České republice se užívá zejména Eidamská cihla, Eidamský blok, Moravský blok, Primátor a pod. K tomuto účelu lze použít i sýry s drobnými vadami, které by za jiných okolností nebyly prodejné. Jedná se o vady fyzikální, jako jsou např. praskliny, nikoliv však vady jakosti, ať už mikrobiologické nebo chemické povahy^{2, 64}. Další nezbytnou surovinou jsou tzv. tavicí soli⁶⁶.

Kromě těchto dvou základních surovin se do tavené směsi přidávají další složky (viz Obr. 4) mléčné povahy: např. máslo (ke zvýšení obsahu tuku), tvaroh (ke zvýšení obsahu tukuprosté sušiny a snížení pH), kasein, kaseináty, mléčný tuk, smetana, sušené mléko, podmásli, syrovátka, tzv. nátavek (jiní autoři⁴⁷ používají termín „krém“ – jedná se o zbytek taveniny obvykle z předchozí výroby taveného sýra; dodává se pro dosažení jemnější a stabilnější konzistence, ale také z ekonomických důvodů) aj. i další nemléčné suroviny (voda,

konzervanty, barviva, hydrokoloidy, jedlá sůl, aj.)^{54, 59, 62}. Do některých typů tavených sýrů se používají další nemléčné přísady ovlivňující chuť, vůni a barvu, např. koření, masné výrobky, žampiony, zelenina, ořechy a pod., v zahraničí dokonce i kakao, med, vanilka, kávový extrakt aj.^{2, 54, 59, 60}. Všechny použité suroviny musí být zdravotně nezávadné a musí odpovídat příslušným jakostním normám.



Obr. 4 Suroviny používané při výrobě tavených sýrů⁶⁷.

Zmíněné mléčné koncentráty (kaseiny, kaseináty, sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, sušený jogurt a pod.), popř. měkké nezrající sýry se v současné době používají velmi často jako náhrada části základní suroviny – přírodních sýrů. Hlavním cílem těchto náhrad je snížení nákladů, což však nemusí mít vždy pozitivní vliv na kvalitu. Při použití těchto surovin je třeba si uvědomit, že ovlivní vlastnosti výsledného taveného sýra – např. přidavek kaseinu nebo kaseinátů znamená přidavek nezhydrolyzovaného proteinu, který podstatně ovlivní texturu. Texturu ovlivňuje i zvýšený obsah laktosy při použití např. sušené syrovátky nebo sušeného odstředěného mléka, což jsou produkty, které se v současné době v České republice používají do surovinových skladeb tavených sýrů nejvíce^{2, 47}.

Přídavek mléčného tuku pomáhá standardizovat složení, přispívá k flavouru, k žádoucí textuře (roztíratelnost) a tavicím vlastnostem. Tuk se přidává ve formě pasterované nebo dehydrované smetany, bezvodého mléčného tuku nebo másla^{60,64}. U speciálních druhů tavených sýrů a jejich analogů je přidáván rostlinný tuk. Důvodem je zejména snížení výrobních nákladů⁶⁸, ale také snížení obsahu cholesterolu a obohacení výrobků nenasycenými mastnými kyselinami, přítomnými v rostlinných tucích. Nežádoucím důsledkem přídavku rostlinného tuku může být změna sensorických vlastností, ať už textury, tak i flavouru⁶⁸.

Mléčné bílkoviny tvoří základ stabilní proteinové matrice taveného sýra. Pomáhají standardizovat složení, asistují při tzv. krémování (zahušťují směs během výroby) a přispívají k textuře a rheologickým vlastnostem (tvrdosti a lomivosti) a k tavicím vlastnostem.

Přidávají se kasein, kaseináty, syrovátkové proteiny, mléčné proteinové koncentráty, koprecipitáty, sušené odstředěné mléko.

Přídavek sušeného odstředěného mléka zlepšuje roztíratelnost a stabilitu taveného sýra a podporuje krémovatění. Jestliže však přesáhne 12 % celkové hmoty, nepříznivě působí na konzistenci nebo může zůstat nerozpuštěné^{66,67}.

Kyselý kasein a kaseinát sodný mají vynikající emulgační vlastnosti a lze je tedy použít při tavení velmi prozřálé suroviny s nízkým obsahem intaktního kaseinu. Optimální množství je 3 – 5 %, vyšší dávka má již vliv na sensorickou kvalitu^{66,67}.

Přídavek laktosy do tavených sýrů může ovlivnit texturu. Je možné ji přidat jako součást sušeného odstředěného mléka nebo sušené syrovátky. Je však limitujícím faktorem pro použití těchto surovin. Přídavek vyšší než 5 % vede k omezení krémovatění a ke snížení viskozity. Jak bude zmíněno později, může vysoký obsah laktosy způsobovat změnu barvy a flavouru vlivem Maillardovy reakce. I z tohoto důvodu je důležité, aby její celkový obsah ve finálním produktu nepřesáhl 6 %^{66,67}.

Množství vody přítomné ve vstupních surovinách obvykle není dostatečné k rozpuštění tavicích solí a dosažení dokonalé emulgace tuku. Použití nedostatečného množství vody při výrobě taveného sýra vede proto k nedokonalé emulgaci a následnému uvolňování tuku. Voda zlepšuje tavitelnost a také snižuje tuhost taveného sýra, proto je nutné ji do tavené směsi dodávat⁶⁶.

2.3.2.1 Tavicí soli

Přírodní sýry není možné běžně zahřívát (70–90°C), protože by došlo k rozdělení směsi na tři fáze, a to na vysráženou bílkovinu na dně, vodní fázi uprostřed a volný tuk na povrchu. Tomuto rozdělení zabráňují tavicí soli, které rychle rozpouštějí bílkoviny a zamezují tak jejich srážení a současně zajišťují výměnu Ca^{2+} iontů za Na^+ (popř. K^+) ionty^{36,59}. Použití tavicích solí při výrobě je založeno na antagonistickém vztahu univalentního Na^+ (popř. K^+) a bivalentního Ca^{2+} kationtu k bílkovinám. Zatímco sodný kation působí dispergačně, tedy

uvolňuje, rozpouští, peptiduje, zapříčiňuje bobtnání bílkovin a přeměnu gelu v sol, vápenatý ion vyvolává dehydrataci, kondenzaci a tvorbu velkých agregátů (polymeraci polypeptidů)⁶⁶. Tavicí soli podporují řadu fyzikálně chemických změn, především přeměnu nerozpustného parakaseinátu vápenatého na rozpustný parakaseinát sodný, který váže vodu a emulguje volný tuk. Vedlejšími, avšak neméně důležitými, účinky přídavku tavicích solí jsou zvýšení pH a jeho udržování, hydratace a bobtnání bílkovin, stabilizace vzniklé emulze (imobilizací vody) a tvorba struktury taveného sýra^{36, 60, 62}.

Při záhřevu přírodních sýrů bez přítomnosti tavicích solí pravděpodobně dochází k následujícím procesům^{47, 60}:

- nejprve jsou destruovány membrány pokrývající povrch tukových kuliček,
- tukové kuličky se spojují do větších formací,
- vlivem nízkého pH a vysoké teploty dochází k agregaci a kontrakci kaseinů, čímž se uvolní voda a volný tuk,
- následkem čehož se oddělí hydrofilní a hydrofobní fáze.

Česká legislativa, vyhláška č. 4/2008 Sb.⁶⁹, definuje tavicí soli jako „látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku“. Podle této vyhlášky tavicí soli patří mezi tzv. přídavné látky a na obalu výrobku musí být proto označeny názvem a/nebo číselným, tzv. E-kódem. Do tavených sýrů je povoleno přidávat maximálně 20 000 mg.kg⁻¹ fosforečnanů (vyjádřeno jako obsah P₂O₅)⁶⁹. Obvykle se však tavicí soli přidávají v koncentraci 1–3 % w/w. Vyšší koncentrace by mohly kromě nevhodné konzistence způsobit vznik hořké příchuti či tvorbu krystalů tavicích solí⁶².

Poměr a složení směsi tavicích solí má vliv na senzorycké vlastnosti, především texturu, ale také na chování taveného sýra při sekundárním tepelném zpracování při použití do různých potravinářských výrobků. Tavicí soli obsahují ve své molekule polyvalentní aniont (především fosfáty, polyfosfáty a citráty) a monovalentní kationt (zejména sodík)⁶². Obvykle je tavicí sůl směsí několika chemických látek a při výrobě tavených sýrů se převážně používá ještě několik tavicích solí společně⁴⁷. Soli jsou charakterizovány výrobcem na základě jejich schopnosti výměny iontů, úpravy pH a krémujícího účinku^{47, 62}. Přehled tavicích solí viz Příloha 1.

Fosfáty mají podstatný vliv na vlastnosti proteinů (zvyšují vazbu vody – hydrataci přítomných proteinů). Naproti tomu citráty mají nižší schopnost zvýšit hydrataci proteinů i emulzi tuku v tavených sýrech. Zajímavá a důležitá je schopnost fosfátů ovlivnit tvorbu gelu, jednotlivé fosfáty se však značně odlišují v této vlastnosti. Lineární polyfosfáty s vysokým počtem atomů fosforu v molekule jsou považovány spíše za inhibitory tvorby gelu. Na druhou stranu nízkomolekulární polyfosfáty podporují zesílení matrice gelu⁴⁷. Fosforečné soli váží větší podíl vápníku, čímž zajišťují dobrou roztíratelnost. Citráty mají nízkou afinitu k vápenatým

iontům (přesto však větší než pro sodné ionty) a obecně menší schopnost vazby vápenatých iontů než fosfáty, a proto se používají při výrobě tužších sýrů s lomivou konzistencí^{47, 62}.

Velmi důležitou vlastností fosfátů i citrátů je pufrovací schopnost, tj. stabilizace pH k okolním vlivům. Pufrovací kapacita fosfátů klesá s narůstající délkou jejich lineárního řetězce⁴⁷. Optimální pH fosfátů je 6 až 6,3. Optimální pH citrátů je 5 až 5,7.

Co se týče flavouru, na rozdíl od citrátů fosfáty mohou být příčinou vzniku nežádoucí hořké chuti konečného výrobku, příp. off-flavouru popisovaného jako mýdlový či chemický, zvláště jsou-li přidány ve vyšší koncentraci (> 2 % w/w)⁶⁰.

Nezanedbatelný je vliv fosfátů na činnost mikroorganismů. Mají bakteriostatický i baktericidní účinek, zejména na sporulující mikroorganismy. Oproti tomu u citrátů nebyly pozorovány pro tavené sýry ani baktericidní ani bakteriostatické účinky kromě efektu snížení pH⁴⁷.

2.4 Technologie výroby tavených sýrů

Výrobu tavených sýrů lze shrnout do následujících čtyř fází:

1. příprava směsi určené k tavení,
2. určení složení tavicích solí,
3. vlastní proces tavení připravené směsi,
4. balení taveniny, chlazení a skladování tavených sýrů^{47, 60}.

2.4.1 Příprava směsi určené k tavení

Základní surovinou, která podstatně ovlivní jakost taveného sýra, jsou přírodní sýry. Jejich výběr přímo předurčí charakter řady vlastností výsledných tavených sýrů, jako například konzistenci, chuť, vůni a pod. Existují různá doporučení pro volbu přírodních sýrů, zohledňující zejména výslednou konzistenci taveného sýra. Nejdůležitější kritéria pro výběr jsou typ sýra, jeho zralost, aroma, textura a pH⁵⁹.

Není dosud přesně popsáno, jakým způsobem vlastnosti přírodních sýrů ovlivňují vlastnosti taveného sýra, nicméně nejdůležitějším ukazatelem se zdá být stáří, tj. stupeň prozrání sýra a jeho pH. Mladé nezralé sýry mají molekuly kaseinu v původním, neporušeném stavu, obsahují 70–90 % nehydrolyzovaného (tzv. intaktního) kaseinu. Intaktní kasein má zachované emulgační vlastnosti, dobře stabilizuje emulzi tuku a přispívá k tvorbě pevnější struktury. Zralé sýry s proteiny do různého stupně hydrolyzovanými tyto emulgační účinky ztrácí^{59, 60}.

Hlavní výhodou začlenění mladých nezralých sýrů do výroby jsou úspory v nákladech na surovinu. K dalším přednostem patří vysoká vaznost vody a tvorba tužší konzistence, která je klíčová především u blokových a plátkových tavených sýrů. K hlavním nevýhodám patří výsledné tavené sýry s prázdnou chutí, nadměrné bobtnání, tužší konzistence (u výrobků s požadavkem dobré roztíratelnosti), tendence k tvrdnutí během skladování a možnost tvorby

vzduchových bublin díky vysoké viskozitě utavené směsi. Naopak k hlavním výhodám zralých sýrů patří plné aroma a snadná tavitelnost a k nevýhodám možnost tvorby příliš ostré chuti, snížená stabilita emulze a někdy nadměrně měkká konzistence. Používají se pro výrobu roztíratelných sýrů^{59, 60}.

Pro získání taveného sýra s požadovanými fyzikálně chemickými a sensorickými vlastnostmi se kombinují velmi zralé sýry s mladými. Při převaze velmi zralých sýrů lze dosáhnout zlepšení směsi přidávkem 10 – 30 % tvarohu, resp. sýrů čerstvých nebo bílých^{47, 60}. Nicméně správný výběr směsi přírodních sýrů není zárukou kvalitního výrobku, pokud jsou použity nevhodné výrobní parametry, především v procesu tavení. Na druhou stranu lze vyrobit kvalitní tavený sýr i ze sýrů s některými nevhodnými fyzikálními parametry⁵⁹. Nesmí se však v žádném případě jednat o vady chemické (přítomnost cizorodých látek, kontaminantů a pod.) nebo mikrobiální (přítomnost patogenních mikroorganismů, mikroorganismů způsobujících vady flavouru a pod.).

Sýry jsou důkladně očištěny, omyty, z povrchu je odstraněna kůra a poškozená místa. Velké bloky sýra se rozřezou na menší kusy a rozemelou na válcových stolicích na menší částice. Zvětšení specifického povrchu přírodního sýra je velmi důležité zejména pro přestup tepla během tavicího procesu. Dále jsou podpořeny interakce mezi složkami sýra a ostatními komponentami, např. tavicími solemi^{59, 62}.

Složení směsi určené k tavení je řízeno na základě obsahu tuku a sušiny použitých přírodních sýrů. Tuk a sušinu lze upravit přidávkem dalších surovin (máslo, tvaroh, kaseiny a pod.). Při výpočtu množství přidané pitné vody je třeba zohlednit skutečnost, že tavenina je zahřívána přímým vstřikem páry, a proto je nutné vypočtené množství vody snížit o vodu zkondenzovanou z páry⁵⁹.

Podle předem připravené receptury se naváží dezintegrováný přírodní sýr a přidávají se ostatní suroviny (tavicí soli, voda aj.), které jsou přepraveny do tavicího kotle, v němž probíhá vlastní proces tavení⁶².

2.4.2 Určení směsi tavicích solí

Určení směsi tavicích solí závisí především na charakteru přírodních sýrů (druh, stupeň prozrálosti a pod.), na ostatních surovinách, dále pak na pH suroviny a požadovaných vlastnostech výsledného taveného sýra (zejména na konzistenci). Zohlednit je třeba i konkrétní typ výrobního zařízení, balicí techniku, průběh chlazení a pod.⁶⁴.

Klíčová je nejen volba složení tavicích solí, ale i stanovení jejich správného množství. Předávkování může mít za následek nejen výrobek s jinou než původně požadovanou konzistencí, ale i negativní změny v chuti taveného sýra. Např. nadměrné množství fosfátových tavicích solí způsobuje hořkou chuť nebo může vést k podpoře procesů krystalizace^{47, 59}.

2.4.3 Proces tavení připravené směsi

Tavení znamená tepelné ošetření směsi přímým či nepřímým ohřevem parou za částečného vakua a současného míchání^{66, 67}. Proces tavení je především fyzikálně chemický proces, který vyvolává změny v koloidním a disperzním stavu syrové hmoty, ale nevyvolává degradační změny bílkovin⁵⁸. První funkcí je usnadnit tyto fyzikálně-chemické a mikrostrukturální jevy. Druhou funkcí je potom zničit všechny potenciálně patogenní a technologicky škodlivé mikroorganismy, čímž se prodlouží trvanlivost výrobku⁵⁹.

Při tavení dochází k žádoucí přeměně přírodního sýra a ostatních surovin na homogenní hladkou lesklou hmotu požadovaných texturních, strukturních, rheologických a sensorických vlastností. Důležitou roli hraje teplota, doba působení, rychlost míchání, přítomnost a druh tavicích solí^{60, 64}.

Tavicí zařízení jsou obvykle vybavena parou vyhříváním pláštěm, přímým vstřikem páry a také míchacím zařízením, které zajišťuje konstantní pomalé míchání během celého tepelného zpracování směsi surovin. Tavení probíhá obvykle za sníženého tlaku a může probíhat buď kontinuálním, nebo diskontinuálním způsobem⁵⁹.

Při diskontinuálním procesu se směs surovin zahřívá na tavicí teplotu, která se liší např. podle typu zařízení či požadovaných vlastností finálního produktu. V literatuře jsou uváděny různé tavicí teploty v intervalu 80–105 °C po dobu několika minut^{62, 60, 64}. Při těchto teplotách dochází ke zničení pouze vegetativních forem přítomných mikroorganismů. Tento způsob výroby je rozšířen v České republice^{47, 64}. Studium faktorů ovlivňujících proces tavení a jeho optimalizaci se zabývali např. Piska⁶⁶ a Buňka⁴⁷.

Kontinuální tavení se provádí v potrubí z nerezové oceli, jehož vnitřní povrch je zvrásněn, aby byl co nejvíce zvětšen specifický povrch, a tím podpořen nepřímý kontakt tavené směsi s ohřevným médiem, kterým bývá např. vodní pára. K zahřevu tavené směsi dochází v tenké vrstvě. Dosahované teploty jsou různé v intervalu 110–145 °C po dobu několika sekund. Při tomto procesu jsou usmrcovány nejen vegetativní buňky, ale také bakteriální spory. Udržení sterility výrobku je dosaženo následným aseptickým balením^{39, 62, 64}. Tavením při zvýšené teplotě dochází ke snížení tuhosti sýra. Tavené sýry vyráběné kontinuálním způsobem tavení jsou tedy většinou více tekuté⁶⁰.

2.4.3.1 Chemické procesy probíhající během tavení

Je třeba předeslat, že přesné informace o chemických reakcích probíhajících zejména ve fázi krémování tavených sýrů a vlivy působící na tento proces dosud nejsou zcela známy⁴⁷. Jak již bylo dříve zmíněno, je zde nezbytná přítomnost tavicích solí. Jejich klíčovou úlohou je upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné proteiny (zejména kaseiny) mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů.

Toho je dosahováno následujícími procesy:

- odštěpením vápníku z proteinové matrice,
- peptizací, rozpouštěním a rozptýlením proteinů,
- hydratováním a bobtnáním bílkovin,
- emulgací tuku a jeho stabilizací,
- ovlivňováním pH a jeho stabilizací,
- formováním požadované struktury po ochlazení⁴⁷.

V přírodních sýrech jsou proteiny ve formě trojrozměrné sítě, která se skládá z navzájem spojených, překrývajících se a zesíťovaných kaseinových agregátů. Tuk a voda jsou zachyceny uvnitř sítě. Vlhkost je v sýru zachycena fyzikálními silami, především v důsledku kapilárního efektu proteinové matrice. Převážná část vápníku je v nerozpustné formě, jednak jako fosforečnan vápenatý navázaný na kaseinovou matici, jednak ve formě vápenatých mŕstvků, které spojují molekuly parakaseinu. Tuk se zde nachází ve formě tukových kuliček zachycených v proteinové struktuře⁶⁴.

Během procesu tavení (tedy dešetravajícího účinku teploty a mechanického míchání) dochází k dezintegraci proteinové matrice vlivem odštěpování vápníkových kationtů⁶². Polyvalentní anionty tavicích solí se začínají navazovat (přes vápenaté ionty nebo esterovou vazbou) na proteiny, čímž se zvyšuje jejich hydrofilní charakter. Následným vázáním dodatečné vody dochází ke vzrůstu viskozity taveniny (tzv. krémování). Proces krémování je především reakcí proteinů. Tuk také podstatně ovlivňuje výše zmíněné procesy a následně výslednou konzistenci, není však pro samotný průběh krémování zcela nezbytný.

Během záhřevu ztrácí tukové kuličky své ochranné membrány a díky trvalému míchání dochází k jejich zmenšení a rozptýlení do proteinové matrice. Velikost kuliček je závislá na intenzitě a době míchání. Dispergované hydratované bílkoviny obsažené ve vodné fázi obalují povrch tukových kuliček, což vede k jejich emulgaci a stabilizaci v systému^{47, 60, 66}. Stabilitu emulze zvyšuje také parakaseinát. Svou vysokou schopností vázat vodu zvyšuje viskozitu vodné fáze a snižuje tak pravděpodobnost kontaktu částic emulgovaného tuku. Ten proto nepodléhá shlukování, tzv. koalescenci. Podstatný vliv na texturní charakteristiky výrobku má stupeň hydratace kaseinu. Čím vyšší hydratace a emulgace tuku, tím tužší je výsledný tavený sýr^{47, 60, 67}. Se zvýšením stability se také zlepšuje konzistence, struktura, vzhled a také chuť a vůně taveného sýra⁶⁶. Pro směsi s vysokým obsahem tuku se doporučuje homogenizace, která dále snižuje velikost tukových kuliček, zvyšuje stabilitu emulze, zlepšuje konzistenci, strukturu, vzhled a chuť taveného sýra. Je však poměrně nákladná⁶⁰.

Minimální potřebná teplota tavení je 65–75 °C, přičemž se vzrůstající teplotou dochází k zintenzivnění tvorby kaseinového solu. Tuhost taveného sýra klesá v intervalu teplot tavení 75–85 °C s minimem při 85 °C a v rozmezí 85–95 °C pak dochází k výraznému zvýšení tuhosti. K dosažení homogenní taveniny dostačuje dosažení teploty 70–75 °C, krémování

probíhá optimálně při teplotě 80–90 °C⁶⁶. Krémování je nezbytné pro výrobu roztíratelných tavených sýrů a kromě vysokých teplot a určité doby tavení (stabilní emulze je obvykle dosaženo za 2–3 minuty⁶⁶) vyžaduje i mechanické míchání⁶⁰. Způsobuje ho pravděpodobně změna viskozitního profilu způsobená přeuspořádáním dispergovaných proteinů vlivem působení tavicích solí⁶⁶. Při teplotě nad 25 °C jsou tavicí soli lépe hydratované, snadněji uvolňují vápenaté ionty, které intenzivněji zesílují proteinovou matici⁴⁷.

V okamžiku dosažení ideální konzistence je velmi obtížné ihned zamezit vlivu teploty a může tak dojít k tzv. překrémování, tzn. agregaci proteinů s jejich postupnou dehydratací. Všechn kasein je koagulován a konzistence je hustá, tvrdá, křehká a suchá^{47, 66}, povrch matný s případnými kapičkami vody nebo tuku. Překrémování se většinou se projeví až po vychlazení a je považováno za vadu⁶⁰.

Velmi důležitým faktorem při výrobě tavených sýrů je pH. Působením tavicích solí dojde k mírnému posunu pH směsi (z cca 5–5,5 v přírodním sýru na 5,6–5,9 v taveném sýru) a zvýšení negativního náboje parakaseinátů. To má za následek desintegraci proteinové matrice (díky odpudivé síle stejně nabitých částic), která je vlivem bobtnání a hydratace schopna vyšší vaznosti vody^{47, 60}. Optimum je v intervalu 5,7–6,0. Při podstatně nižším pH (5,0–5,2), které se již blíží isoelektrickému bodu přítomných kaseinů, je možné pozorovat vysoký stupeň interakcí mezi proteiny vedoucí až k jejich agregaci. To způsobuje zahuštění a tuhnutí sýrů, tavený sýr je pak obvykle drobivý. Naopak při významně vyšším pH (6,5–6,7) dochází ke snížení elektrostatických interakcí, protože roste negativní náboj přítomných proteinů, což zapříčiní jejich odpuzování (lepší peptizace kaseinu). Oslabený gel se obvykle projevuje nadměrně měkkou konzistencí. Může dojít ke zhoršení trvanlivosti, flavouru a urychlení kažení produktu v případě mikrobiální kontaminace⁴⁷. Pufrovací kapacita použité směsi tavicích solí je hlavním ukazatelem pro texturní charakteristiky a celkovou kvalitu konečného výrobku⁶⁰.

K vytvoření finální struktury dojde při chladnutí taveniny, kdy se homogenní roztavená viskózní hmota mění na tavený sýr požadované textury (od pevné, krájitelné, až po měkkou a roztíratelnou) v závislosti na způsobu chlazení⁷². Nejvýznamnější faktory, ovlivňující tvorbu struktury sýra během chlazení, jsou krystalizace tuku, protein-proteinové interakce a interakce mezi proteiny obalujícími povrch tukových kuliček a proteiny dispergovanými⁶⁰.

2.4.4 Balení, chlazení a skladování tavených sýrů

Horká tavenina může být vedena pomocí uzavřeného potrubního systému do formovacího a balicího zařízení, které taveninu automaticky zabalí. V ČR je však častěji preferován způsob, při kterém je utavená směs převezena k balicímu zařízení v uzavřených nerezových vozících⁷⁰. Je důležité, aby se tavenina balila co nejdříve po utavení a její teplota v průběhu přepravy a vlastního balení neklesla pod 71 °C⁶⁶. Vyšší teplota by mohla způsobit změnu konzistence výsledného produktu, nižší teplota naopak přináší riziko rozvoje nežádoucích mikroorganismů při případné kontaminaci⁵⁹.

Sýry se po vyrobení opatřují etiketou, vkládají do kartónových krabic a vychladí. Doporučuje se rychlé chlazení, aby se přerušil proces krémování⁶⁶, zamezilo se negativním vlivům Maillardovy reakce⁷⁷ a zvýšila se údržnost sýra z hlediska mikrobiální stability⁴⁷. Rychlost chlazení také ovlivňuje výslednou konzistenci sýrů. Čím pomaleji se chladí, tím tužší konzistence se získá⁵⁹. Teplota skladování tavených sýrů je zpravidla do 10 °C⁷⁰, některé druhy sýrů by však měly v závislosti na kvalitě balení vydržet při pokojové teplotě po dobu jednoho roku i déle³⁹.

V ČR se tavené sýry balí většinou do hranolovitých nebo trojúhelníkových forem předem vyložených hliníkovou fólií, která je z vnitřní strany lakovaná. V současné době se však ve světě používají i jiné obalové materiály, jako například laminované hliníkové obaly, tuby, plasty (kelímky, vaničky), plastová střeva (tzv. salámky), sklenice, kovové konzervy a pod.⁷⁰. Všechny obalové materiály musí být zdravotně nezávadné a nesmí dodatečně ovlivnit sensorické vlastnosti sýra, nesmějí propouštět světlo, vzduch, vodní páry, cizí pachy a musí být odolné proti růstu mikroorganismů^{59,66}.

2.4.5 Sensorická kvalita tavených sýrů

Kvalitní tavený sýr by měl mít typický sýrový, u tučných sýrů až máslový flavour, do určité míry charakteristický pro druh sýra, ze kterého byl vyroben, jednotnou smetanově žlutou barvu, celistvý, hladký a lesklý povrch, pravidelný tvar⁵⁵.

Tabulka 1 Chemické a fyzikálně-chemické změny v průběhu skladování taveného sýra a jejich dopad na chuť, vůni a texturu^{39,66}.

	Vliv na	
	Chuť a vůni	Texturu
Snížení obsahu vody	Ne	Ano (zvýšení tuhosti)
Hydrolyza polyfosforečnanových tavicích solí	Ne	Ano
Porušení iontové rovnováhy	Ne	Ano (zvýšení tuhosti)
Tvorba krystalů	Ne	Ano
Reakce vyvolané působením světla a kyslíku	Ano	Nevýznamné
Reakce vyvolané působením termostabilních enzymů	Ano	Ano
Interakce s obalovým materiálem	Ano	Ne

Textura může být tuhá, polotuhá nebo roztíratelná v závislosti především na obsahu sušiny a tuku. Má být homogenní, hladká, jemná, bez zrnitosti, bez ok. Přítomnost ok je velmi nežádoucí a svědčí o sekundární fermentaci, převážně vlivem bakterií máselného kvašení,

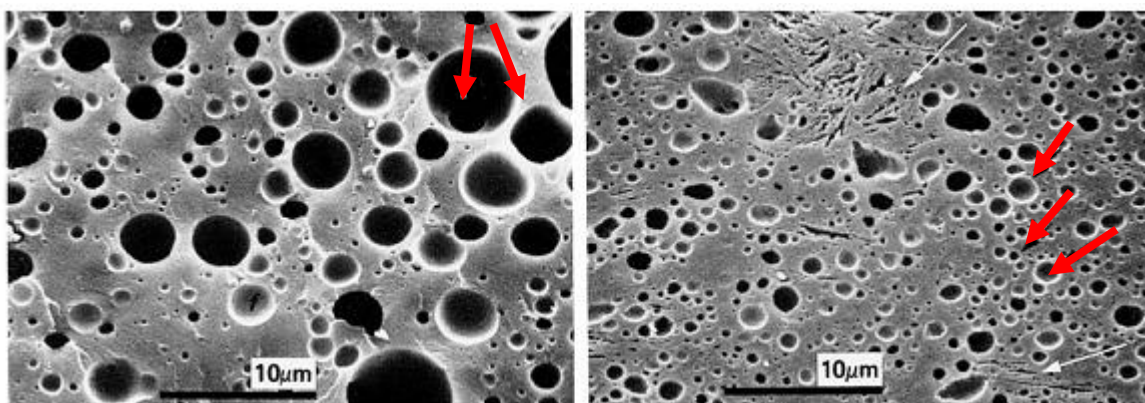
jejichž spory přežívají tavení. Drobné dutinky nemikrobiálního původu nejsou vadou. Gumovitost, drobnost, tuhost, suchost, lepivost jsou považovány za vady^{62, 64}.

V průběhu skladování dochází k řadě chemických a fyzikálně-chemických pochodů, jejichž dopady na chuť, vůni a texturu souborně viz Tabulka 1. Podrobněji budou rozebrány v následujících kapitolách.

2.4.5.1 Faktory ovlivňující texturu tavených sýrů

Současná legislativa⁷¹ definuje texturu jako „všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku vnímatelné prostřednictvím hmatových, příp. zrakových a sluchových receptorů“. Z normy ČSN ISO 11036⁷¹ vyplývá rozdíl mezi pojmy textura a konzistence – textura souvisí s vlastnostmi výrobku, konzistence znamená vjem vyvolaný texturou výrobku. Konzistence označuje aspekty textury související s tokem látky a deformací. Zahrnuje rheologické vlastnosti produktu⁵⁵.

Tavený sýr je z fyzikálního hlediska koncentrovaná emulze (o/v) tukových kuliček o velikosti 0,3–5 μm rozptýlených v hydratované proteinové (zvláště kaseinové) matici (viz Obr. 5)^{2, 70}. Tuk a parakaseinové částice jsou zde rozloženy rovnoměrněji než v přírodních sýrech, tukové kuličky mají obecně menší průměr a výrazně menší tendenci ke spojování. Parakaseinové membrány pokrývající povrch tukových kuliček se pravděpodobně připojují k proteinové matici, čímž se její kontinuita dále zvyšuje⁶⁰.



Obr. 5 Struktura matrice taveného sýra. Vlevo – tavenina na začátku procesu tavení, vpravo – po ukončení tavicího procesu. Tukové kuličky jsou označeny červenými šipkami⁶⁰.

Pojem struktura se týká způsobu uspořádání mnoha podobných nebo odlišných prvků, jejich vazby do jednoho celku a vztah mezi jednotlivými prvky, případně jejich seskupeními. Například lipidy mohou významně ovlivňovat strukturu a fyzikální vlastnosti a to i tehdy, když jsou v potravinách přítomny v malém množství. Většina potravin totiž představuje koloidní systémy a povrchově aktivní polární lipidy se soustřeďují na rozhraní fází. Mléčné emulze obsahují částečně tuhous tukovou fází, což napomáhá vzniku speciálních typů mikrostruktury⁵⁵. Pomocí transmisní elektronové mikroskopie bylo zjištěno, že matrice

tavených sýrů je složena z jemnějších vláken, než je tomu u přírodních sýrů. Skládá se z různého poměru volných částic parakaseinů (20–30 nm) a vláken, které jsou pravděpodobně tvořeny spojením částic parakaseinů navzájem svými konci. Tyto částičky nejspíše korespondují s kaseinovými submicelami uvolněnými z matrice přírodních sýrů účinkem tavicích solí^{2,60}. Poměr vláken a volných částic se mění v závislosti na textuře taveného sýra. Tvrdší sýry obsahují větší množství dlouhých proteinových vláken, matrice měkkých tavených sýrů obsahuje převahu jednotlivých volných částic⁶⁰.

Z hlediska fyzikálních vlastností sýrů se měří integrální vlastnosti fyzikálně-chemicko-biologického systému, které citlivě závisí na vnitřní struktuře. Ta závisí na všech detailech procesů, které vstupní suroviny prodělaly od nadojení mléka přes zpracování přírodních sýrů až po skladování hotových produktů⁴⁰. Mechanická struktura materiálu, která se mění působením vnějších sil, je určena celkovým součtem změn strukturálních prvků vlivem aplikovaných sil a konečným tvarem výrobku. Vnější vlivy se projevují v chování specifickém pro jednotlivé materiály, vnitřní změny se projevují nepřímě. Chování potravin během zpracování je dáno zejména jejich strukturou. Na druhou stranu zachování nebo změna struktury závisí na parametrech zpracovatelských procesů⁵⁵. V případě tavených sýrů se jedná zejména o chlazení a pasteraci mléka, sušení mléka, míchání a tavení přírodních sýrů a termosterilaci. Nemalý vliv mají také podmínky skladování jednotlivých surovin i konečných produktů, a to jak při výrobě a prodeji, ale také u koncového zákazníka.

Mléčná emulze je stabilizována pomocí proteinů. Ty vlivem tepelné změny obzvláště dobře přizpůsobují své molekulární a funkční vlastnosti. Molekulární struktura a interakce proteinů ve vodném prostředí závisí hlavně na fyzikálních silách a je poměrně citlivá na teplotu⁴⁴.

Příspěvek hydrofobního efektu a konfigurační entropie narůstá se vzrůstající teplotou. Na druhou stranu účinek vodíkových můstků, elektrostatických interakcí a van der Waalsových sil s rostoucí teplotou klesá. Ohřívání vede ke změnám makromolekulárního uspořádání a interakcím proteinů. Globulární proteiny mají tendenci k rozbíjení klubka a vzrůstající síla hydrofobního efektu vede k nárůstu reakcí protein-protein při zvýšené teplotě. Tyto molekulární změny mají různé následky jako flokulaci emulzí stabilizovaných proteiny během sterilace, tvorbu β -laktoglobulin-kaseinových komplexů v horkém mléce, tepelnou tvorbu gelů ze syrovátkových proteinů a disociaci kaseinových micel při chlazení. Teplem vyvolané změny struktury a interakce proteinů adsorbovaných na rozhraní olej-voda nebo suspendovaných ve vodné fázi mohou ovlivňovat stabilitu a rheologii emulzí stabilizovaných proteiny. Zvýšené mezifázové interakce mohou mít za následek nárůst v tloušťce a mechanické síle adsorbované vrstvy, a tím podporu stability vůči koalescenci. Na druhou stranu nárůst interakcí protein-protein může typicky způsobovat snížení stability vůči flokulaci⁴⁴.

V současné době se tavené sýry stále více využívají nejen k přímému konzumu, ale také jako ingredience do některých potravinových výrobků, např. do salátů, sendvičů, sýrových omáček, hamburgerů, pomazánek a polotovarů v rychlém občerstvení, ve školních jídelnách a pod. Při výrobě takovýchto potravin je tavený sýr často vystaven sekundárnímu tepelnému zpracování. Kromě texturních vlastností se stále více stávají významným měřítkem kvality tzv. „cooking characteristics“, což lze volně a nepřesně přeložit jako tavicí vlastnosti, neboli jak se tavený sýr bude chovat při opětovném zahřátí⁶⁴.

Texturní znaky tavených sýrů zahrnují krájitelnost, strouhatelnost, roztíratelnost příp. drobivost, křehkost příp. elasticitu, tvrdost či měkkost, adhesivitu a pod.; mezi tavicí vlastnosti lze zařadit např. tavitelnost, roztažnost, tendenci k vylučování tuku, tendenci k hnědnutí a pod.⁶⁴. Při sekundárním tepelném zpracování je částečné uvolňování tuku žádoucí, protože omezuje vysychání, podporuje tekutost a také zvyšuje lesk povrchu sýra⁶⁰. Také hnědnutí sýra je vyžadováno např. u pečených výrobků²⁰.

Textura a tavicí vlastnosti jsou senzorké znaky, na které výrobci, ale i spotřebitelé, kladou u tavených sýrů vedle flavouru velký důraz. Je možné vyrobit tavené sýry od lomivých až po tekuté. Texturu konečného výrobku obecně ovlivní všechny faktory, které podmiňují intenzitu emulgace tuku a hydratace proteinů, přičemž platí, že čím intenzivnější jsou hydratace proteinů i emulgace tuku, tím tužší tavený sýr obdržíme². Jedná se zejména o tyto faktory:

- složení směsi surovin – druh sýra a stupeň jeho prozrálosti, vztah sušiny a tuku v sušině (se zvyšujícím se obsahem TvS se musí zvyšovat sušina), hodnota pH, přidání tzv. nátavku („krému“), podíl vápenatých iontů v tavenině, obsah laktosu, množství a struktura tavicích solí,
- způsob zpracování taveniny,
- rychlost chlazení,
- délka skladování a skladovací podmínky aj.⁴⁷.

Bezprostřední vliv na texturu finálního výrobku má stupeň prozrálosti použitého přírodního sýra. Jak již bylo řečeno, mladá neprozrálá surovina s vysokým obsahem intaktního kaseinu způsobí tužší, gumovitou texturu a používá se pro výrobu blokových, krájitelných nebo plátkových tavených sýrů. Čím zralejší surovina, tím je dosaženo jemnější a roztíratelné textury^{60, 66}.

Texturu tavených sýrů ovlivňuje i obsah vápenatých iontů v tavenině. Vyšší obsah vápenatých iontů v surovinové skladbě zapříčiní zvýšení tuhosti finálního výrobku. Příčinu je možné hledat ve skutečnosti, že větší množství vápenatých iontů se zapojí do tvorby proteinové matrice, kterou intenzivněji zesílí^{34, 47, 72}.

Zajímavý je vztah sušiny a tuku v sušině. Se zvyšujícím se sušinou je možné dosáhnout tužší konzistence a naopak. Se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině se získává tavený sýr roztíratelnější. Podle tohoto pravidla je tedy možné zejména snížením obsahu sušiny i u tzv.

nízkotučných tavených sýrů dosáhnout relativně roztíratelné konzistence. Toto však má svá omezení, takže zpravidla nízkotučný tavený sýr nedosáhne stejné roztíratelnosti jako sýr vysokotučný. Důležitou roli zde sehrává i vhodná volba tavicích solí⁴⁷.

Faktorem, který je v praxi velmi pečlivě sledován a který podstatným způsobem ovlivní konzistenci taveného sýra, je kyselost. Platí zásada, že klesající pH taveniny zvyšuje tuhost finálního výrobku, při pH 4,8–5,2 získáme sýr suchý, drobivý, s tendencí k vylučování tuku. Naopak čím vyšší je pH taveniny, tím je možné očekávat měkčí konzistenci. Při pH > 6 získáme sýr velmi měkký, při zahřátí snadno tavitelný⁶⁰.

Co se týče tavicích solí, jejich rozdílný vliv na texturní charakteristiky je dán jejich různou schopností chelatace a také různou pufovací kapacitou. Obecně ortofosfáty, citráty a sodnohlinité fosfáty dávají tavené sýry relativně měkké, s mírnou tendencí k vylučování tuku při zahřívání, s dobrými tavicími charakteristikami. Naproti tomu pyrofosfáty dávají sýry tvrdší, se špatnými tavicími vlastnostmi, malou schopností opětovného tavení, matný a suchý povrch s tvorbou kůrky⁶⁰.

Použití řady přídatných surovin mléčného původu, které jsou dodávány zejména kvůli snížení výrobních nákladů (kasein, kaseinát, koncentráty syrovátkových bílkovin a pod.), může ovlivnit texturu konečného výrobku interakcemi s ostatními surovinami. Všechny principy působení jednotlivých přísad nejsou ještě zcela objasněny⁴⁷. Nicméně přídavek zmíněných bílkovinných koncentrátů obecně zvyšuje tuhost konečného výrobku a zhoršuje jeho tavicí charakteristiky. Je to pravděpodobně způsobeno vyšším obsahem intaktního kaseinu, kromě toho syrovátkové proteiny mají schopnost tepelně indukované tvorby agregátů s parakaseiny, čímž se tvoří pseudogel⁶⁰.

Přídavek do 5 % w/w laktosy (obvykle prostřednictvím přídavku sušené syrovátky, sušeného odstředěného mléka a pod.) má za následek snížení tuhosti taveného sýra a jeho lepší roztíratelnost^{66, 67}. Přebytek laktosy však může zvýšit sklon ke krystalizaci během uskladnění a náchylnost sýra k Maillardově reakci během tavení i skladování^{39, 73}.

Podle Juriče a kol.⁸³ skladování sýra v atmosféře tvořené 100% CO₂ má na sýr vysušující efekt.

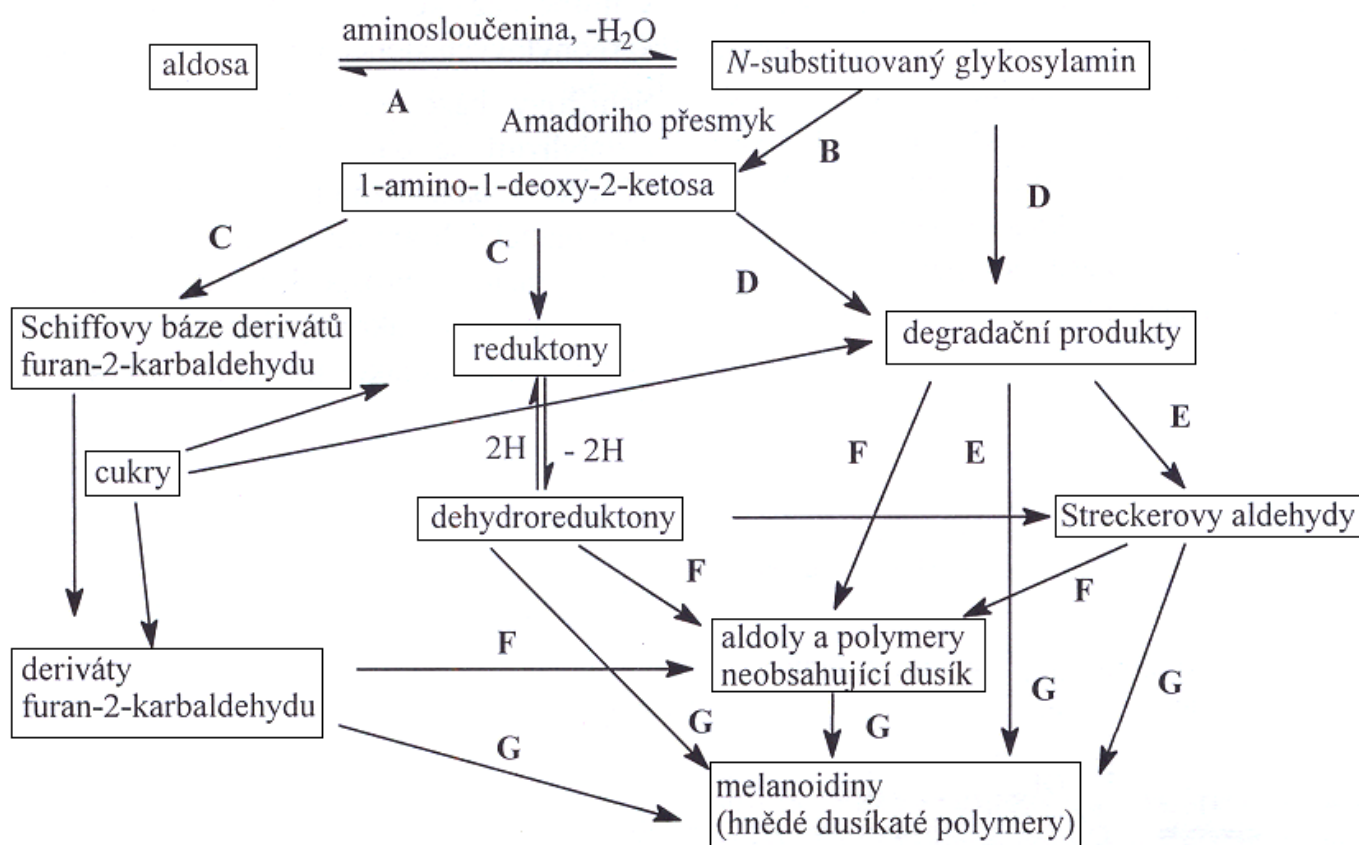
2.4.5.2 Faktory ovlivňující barvu tavených sýrů

Hlavní příčinou tmavnutí sýrů je zřejmě Maillardova reakce, neboli reakce neenzymového zhnědnutí^{2, 20, 39, 73}. Ta nastává hlavně při tepelném zpracování potravin bohatých na sacharidy a probíhá mezi redukcujícími cukry a aminokyselinami, peptidy nebo bílkovinami. Reagují zde α -aminoskupiny volných aminokyselin, u proteinů a peptidů se jedná o N-koncové α -aminoskupiny vázaných aminokyselin a dále o ϵ -aminoskupinu vázaného lysinu⁴¹. Způsobuje změnu barvy, flavouru, funkčních vlastností a nutriční hodnoty potraviny⁷⁴.

Francouzský chemik Louis Camille Maillard popsal reakci mezi glycinem a glukosou. Vznikající hnědočerné pigmenty nazval melanoidiny. Pozoroval také vznik oxidu uhličitého jako vedlejšího produktu reakce⁷⁴. Kromě redukcujících cukrů mohou do reakce vstoupit

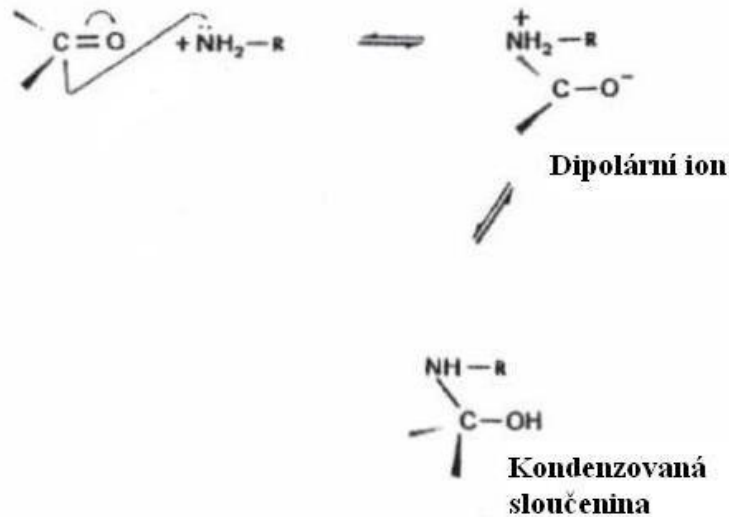
i karbonylové sloučeniny (např. aldehydy) vzniklé při reakcích bílkovin a rovněž jako sekundární produkty autooxidace tuků a fenolů. U některých potravin, např. sýrů, se na Maillardově reakci podílejí také biogenní aminy^{41, 75}.

Maillardova reakce tvoří vzájemně propojenou síť procesů. Již v roce 1953 publikoval Hodge^{74, 76} jednoduché schéma (viz Obr. 6), které je však stále nejvhodnějším popisem Maillardovy reakce.



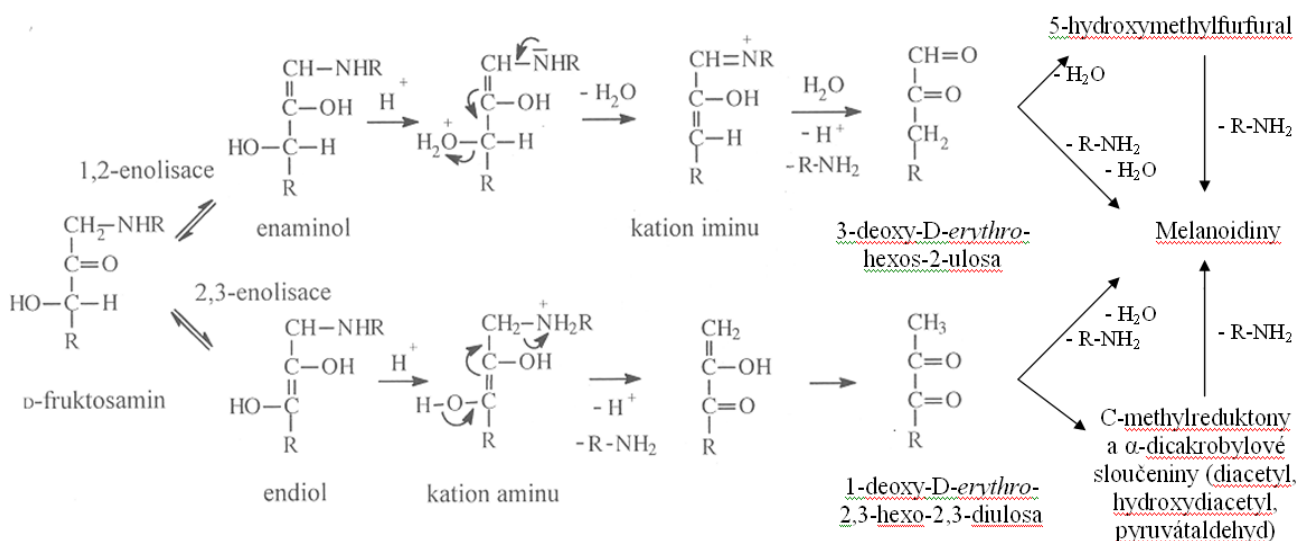
Obr. 6 Schéma Maillardovy reakce⁴¹ dělené na 3 fáze: 1) Tvorba glykosylaminu a Amadoriho přesmyk (reakce A, B); 2) Dehydratace a fragmentace sacharidů, Streckerova degradace aminokyselin⁹³ (reakce C, D, E); 3) Reakce meziproductů vedoucí k tvorbě heterocyklických sloučenin (důležité vonné a chuťové látky) a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů (nositelé hnědého zbarvení, reakce F,G)⁴¹.

Prvním krokem je kondenzace (viz Obr. 7), kdy trivalentní dusík aminosloučeniny obsahuje jeden volný elektronový pár a vystupuje směrem ke karbonylové sloučenině jako nukleofil.



Obr. 7 Počáteční kroky amino-karboonylové kondenzace⁷⁴.

Báze může katalyzovat přesmyk protonu z nukleofilu a tím přeměnu slabého nukleofilu na silný. Vzniklá sloučenina ztrácí molekulu vody za vzniku Shiffovy báze. Následuje cyklizace za vzniku N-substituovaného glykosylaminu. Stabilita těchto sloučenin je poměrně malá s výjimkou těch formovaných z aromatických aminů. Následuje přeskupení N-substituovaného glykosylaminu na deoxyketosu nebo deoxyaldosu v závislosti na výchozím reagujícím cukru. Jedná se o první nevratný krok Maillardovy reakce, při kterém vznikají tzv. Amadoriho sloučeniny. Odpovídající přesmyk ketosylaminu na 2-amino-2-deoxyaldosu se nazývá Heynsův přesmyk. S těmito reakcemi se v potravinových systémech běžně setkáváme. Amadoriho a Heynsovy sloučeniny mohou degradovat dvěma způsoby v závislosti na pH. Tyto dvě cesty jsou zobrazeny na Obr. 8⁷⁴.



Obr. 8 Schéma degradace Amadoriho sloučenin^{41, 74, 76}.

Konečné stadium neenzymového hnědnutí je komplexní proces zahrnující přeměnu nízkomolekulárních prekursorů jako jsou furfuraly, produkty degradace a reduktony na melanoidinové pigmenty s vyšší molekulovou hmotností. Vznik melanoidinů pravděpodobně probíhá aldolovou kondenzací a aldehydo-aminovou polymerací^{76,77}.

Význam Maillardovy reakce pro potraviny je následující:

- Produkce žlutého, hnědého až černého zbarvení vlivem přítomných melanoidinů – u tavených sýrů nežádoucí⁷⁷.
- Produkce flavouru a off-flavouru prostřednictvím těkavých látek jako jsou rozkladné produkty a Streckerovy aldehydy⁹³. Můžeme sem také zahrnout sladké a hořké látky a také vlivy na texturu potraviny.
- Snížení nutriční hodnoty kvůli reakcím kyseliny askorbové a lysinu⁸⁴ jako esenciální a často limitující aminokyseliny. Patří sem také chelatační reakce s kovy.
- Toxicita kvůli formování mutagenních a karcinogenních látek, imidazolů, N-nitrosových derivátů (např. Amadoriho sloučeniny)⁴⁷.
- Antioxidační vlastnosti vlivem formace reduktonů a hnědých melanoidinů, včetně chelatace s kovy^{41,76}.

Kontrolovaný proces hnědnutí je žádoucí u některých potravin, jako jsou např. karamelové produkty⁷⁴, káva, chléb^{74,76}, čokoláda, pečené nebo smažené maso. V těchto případech dochází k žádoucímu rozvoji barvy, aromatu a flavouru^{20,74}. U jiných potravin, zvláště mléčných produktů, ale také ovoce a zeleniny je rozvoj těchto reakcí nežádoucí⁴¹. Řada autorů se ve svých pracích zabývala jejich sledováním v různých typech mléčných výrobků, např. Finot a kol.¹¹⁷ studovali rozsah Maillardovy reakce probíhající během zpracování mléka, Guerra-Hernandez a kol.⁸⁵ sledovali vlivy podmínek skladování na neenzymové hnědnutí mléčné dětské výživy. Také u tavených sýrů je tmavá barva konzumenty považována za nežádoucí a tyto produkty za vadné⁷⁷. Hlavní příčinou hnědnutí je pravděpodobně aplikovaný sterilační zářev, ale projevuje se také např. při skladování v horkých klimatických podmínkách²⁰.

Z redukcí cukrů se v tavených sýrech nachází zejména laktosa, která pochází přímo z mléka, nebo je do taveného sýra přidávána za účelem snížení tvrdosti taveného sýra ve formě sušeného mléka nebo syrovátky^{39,73}. Reakce neenzymového hnědnutí sušeného mléka jsou rychlejší, je-li laktosa degradovaná nebo byla-li nahrazena glukosou⁷⁴. Dalším cukrem, který významně ovlivňuje vznik hnědého zbarvení sýrů, je monosacharid galaktosa. Galaktosa je přirozeným metabolitem laktosy a její zvýšený obsah může být způsoben použitím některých bakterií, např. rodu *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, ve startovacích kulturách pro výrobu přírodních sýrů, např. čedaru. Bley a kol.⁷⁷ zjistili velmi vysokou korelaci mezi obsahem galaktosy v použitém čedaru a intenzitou hnědého zbarvení

ve výsledném taveném sýru. Přídavek laktosy do tavených sýrů způsobuje vyšší sklon k neenzymovému hnědnutí během zpracování, zejména při vysoké teplotě⁶⁰. Také stádium zrání přírodních sýrů ovlivňuje změny barvy tavených sýrů. Pravděpodobně je to opět tím, že v méně prozrálých sýrech je vyšší obsah zbytkového cukru, než v sýrech zralých⁷⁷. Rozhodující vztah mezi obsahem galaktosy a tmavostí sýra byl prokázán např. u Mozzarely a tavených sýrů²⁰.

Podle Bleye a kol.⁷⁷ intenzitu zbarvení ovlivňuje i obsah soli a vlhkosti ve vstupních surovinách. Vysoký obsah soli pravděpodobně redukuje katabolickou aktivitu startovacích kultur a tím i obsah zbytkové laktosy a galaktosy⁷⁷. Neprůkazným se ukázal nárůst volných aminokyselinových skupin vzniklý přidávkem kaseinových hydrolyzátů⁷⁷. Okamžité zchlazení taveniny z 80 °C na 37,7 °C zredukovalo proces hnědnutí na minimum. Sýry zchlazené během 24 hodin byly až na jednu výjimku světlejší, než párové vzorky zchlazené během 50 hodin. Rychle zchlazené tavené sýry nevykazovaly hnědé zbarvení a to nezávisle na obsahu cukru nebo soli. Z výsledků studií vyplývá, že spíše než vysoká teplota ovlivňuje barvu doba zpracování. Také bylo zaznamenáno, že hnědé zbarvení sýrů chlazených z 80 °C na 38 °C během 50 hodin nebylo pozorováno, byly-li tyto sýry po zchlazení krátce skladované v lednici⁷⁷.

Vliv teploty a doby skladování a přístupu světla na změnu barvy tavených sýrů sledovali Kristensen a kol.⁷³. Po dobu 1 roku vyhodnocovali vzorky naplněné ve skleněných nádobách a uložené při 5, 20 a 37 °C. Část výrobků byla vystavena působení světla a druhá část byla obalena hliníkovou fólií. Významné změny vedoucí k vytvoření tmavšího odstínu byly zaznamenány při teplotě 37 °C. Skladování tavených sýrů při 5 a 20 °C vedlo jen k malým změnám barvy. Vliv světla na barvu taveného sýra byl hodnocen jako významně menší než teplota a délka skladování. Možnosti simulace hnědnutí sýra v průběhu pečení, vliv teploty a času na barevné vlastnosti sýra studovali Wong a Sun²⁰.

Dalším procesem, který může vést ke změně barvy tavených sýrů, jsou oxidační reakce. Jejich průběh je ovlivněn složením (obsah prooxidantů či antioxidantů), přístupem světla a vlastnostmi obalového materiálu³⁹. Významněji se projeví zvláště během skladování sýrů v průhledných fóliích a plastových obalech především během prodeje, kdy jsou vystaveny působení světla. Velmi škodlivé je spolupůsobení světla a kyslíku⁷⁸.

2.4.5.3 Faktory ovlivňující flavour tavených sýrů

Flavour je považován za jeden z nejdůležitějších ukazatelů sensorické kvality potravin a jako sensorický vjem bude blíže popsán v kapitole 2.6.5.3. Z chemického hlediska bývá flavour většinou redukován na stanovení těkavých tzv. aromaticky aktivních látek (AAL), které tvoří vůni (aroma) potraviny, jednak proto, že jsou v celkovém flavouře nejdůležitější, a navíc se relativně dobře instrumentálně stanovují. V současné době se výzkum zaměřuje zejména na identifikaci sloučenin, které jsou pro vnímání flavouře skutečně důležité. Aroma (flavour) potravin je tvořen velkým počtem vonných látek. Odhaduje se, že v potravinách se vyskytuje

až 10 000 těchto látek, z nichž se dosud podařilo identifikovat okolo 6000⁷⁹. V jednom typu potravin se jich může vyskytovat až několik set⁶⁵, jejich celkový obsah je 1–1000 mg.kg⁻¹. Ne všechny však mají pro vjem flavouru stejný význam. Velmi důležitý je zde tzv. práh vnímání jednotlivých sloučenin a jejich spolupůsobení v celkovém flavouru. Ze sensorického hlediska je práh vnímání definován jako nejnižší koncentrace sloučeniny, která u více než poloviny přítomných hodnotitelů umožní rozlišit mezi dvěma vzorky, z nichž jeden sloučeninu obsahuje a druhý nikoliv⁸⁰. Práh vnímání se může u jednotlivých látek lišit až v rozsahu několika řádů, příspěvek jednotlivých těkavých látek tedy nemusí být téměř v žádném vztahu k jejich koncentraci v potravine. Jelikož se jedná o různorodé organické sloučeniny, jsou s výjimkou velmi polárních sloučenin jejich prahy vnímání ve vodním prostředí nižší než v oleji nebo másle. Vůně některých látek se může lišit i s ohledem na jejich isomerní formu⁸⁰.

Není tedy nezbytné identifikovat všechny aromaticky aktivní látky v dané potravine, pro porozumění flavouru by stačilo zaměřit se pouze na ty sloučeniny, které k celkovému flavouru přispívají nejvíce. Pro pochopení příspěvku jednotlivých aromaticky aktivních látek k flavouru je nezbytná kombinace sensorického hodnocení a instrumentálního měření⁸⁰.

Řada autorů se ve svých pracích zabývá charakterizací a popisem vůně těkavých látek, které jsou považovány za aromaticky aktivní^{80,81}. Příklady typických aromaticky aktivních látek identifikovaných v přírodních sýrech uvádí Tabulka 2 a Tabulka 3.

Pro označení změněné, nepřírodní vůně nebo chuti v důsledku nejrůznějších vlivů se nejčastěji používá anglický termín off-flavour, příp. české termíny cizí aroma, přípach, přichuť, pachuť a pod. Také na off-flavouru různých typů potravin se může podílet široké spektrum různých těkavých sloučenin. Některé z nich mají nepříjemný zápach a jsou proto vnímány jako vada potravin. Tyto sloučeniny mohou být vnímány již při velmi nízkých koncentracích a velmi odlišně v závislosti na obsahu a spolupůsobení ostatních látek. Dokonce některé látky, které jsou v nízkých koncentracích součástí přirozeného aroma potravin, způsobují při vyšším obsahu defekty. Např. nižší mastné kyseliny mohou podle koncentrace způsobovat žádoucí sýrový flavour nebo defekt, jako je žluklý a zatuchlý zápach⁸⁰.

Off-flavour může stejně jako flavour pocházet z působení růstu mikroorganismů, oxidace lipidů, rozkladu působením endogenních enzymů⁷⁹, ale také jako kontaminanty z okolního prostředí^{79,82}. Jedním z nejvýznamnějších původců off-flavouru mléka a mléčných výrobků je oxidace lipidů (viz Obr. 14⁵¹), která může probíhat i během skladování ve zmraženém stavu.

Tabulka 2 Charakteristická vůně některých aromaticky aktivních látek přítomných v sýrech⁸⁰.

Skupina	Sloučenina	Charakteristické aroma
Mastné kyseliny	Octová kyselina	Ocet, pronikavě vonící, čpící
	Propionová kyselina	Ocet, pronikavě vonící, čpící
	Máselná kyselina	Sýr, žluklé, zatuchlé
	2-methylpropanová kyselina	Sladké, jemné, shnilé jablko
	Isovalerová kyselina	Sladké, ovocné, jemné, shnilé ovoce
	Hexanová kyselina	Sýr s modrou plísní, žluklé, zatuchlé
	Oktanová kyselina	Ovoce, vosk, mýdlo, kozí, plesnivé, žluklé
	4-methyloktanová kyselina	Vosk, ovce, kozí
	4-ethyloktanová kyselina	Kozí
	Dekanová kyselina	Žluklé
Ketony	Propan-2-on	Aceton
	Butan-2-on	Aceton
	Pentan-2-on	Ovoce, aceton
	Hexan-2-on	Květinky, ovoce
	Heptan-2-on	Plísňový sýr
	Oktan-2-on	Ovoce, plíseň
	Nonan-2-on	Ovoce, plíseň
	Dekan-2-on	Ovoce, plíseň
	Undekan-2-on	Květinky, bylinné
	Tridekan-2-on	Ovoce, zeleň
	Oktan-3-on	Houby, ovoce
	Okta-1,5-dien-3-on	Listy pelargonie, půda
	Okt-1-en-3-on	Houby (ve vodné fázi), kov (tuková fáze)
	Acetoin	Máslo
	Biacetyl	Máslo
	Acetofenon	Pomerančové květy
	Damascenon	Dřevo
Alkoholy	Ethanol	Jemné, etherové
	Oktan-2-ol	Zeleň
	Okt-1-en-3-ol	Houby
	Okta-1,5-dien-3-ol	Půdní, pelargoniové
	2-methylpropanol	Alkohol
	3-methylbutanol	Ovoce, alkohol
	Fenol	Květinky, lékařské
	2-fenylethanol	Květinky, růže
1-methylisoborneol	Plíseň, půda	

Skupina	Sloučenina	Charakteristické aroma
Laktony	γ -butyrolakton	Čpící, páchnoucí, pryž, máslo
	γ -oktalakton	Ovoce, kokos
	δ -oktalakton	Kokos, víno, kozí, zvířecí
	γ -dekalakton	Broskve, kokos
	δ -dekalakton	Broskve, kokos, mléko
	γ -dodekalakton	Broskve, máslo, pižmo
	δ -dodekalakton	Čerstvé ovoce, broskve, hrušky, švestky, kokos, máslo

Tabulka 3 Charakteristická vůně některých skupin aromaticky aktivních látek přítomných v sýrech⁸⁰.

Skupina	Charakteristické aroma
Estery	Ananas, banán, meruňky, hrušky, květiny, růže, med, víno
Aldehydy	Pomeranč, hořké mandle
Sírné sloučeniny	Vařené zelí a květák, česnek
Aminy	Ovoce, alkohol, lak

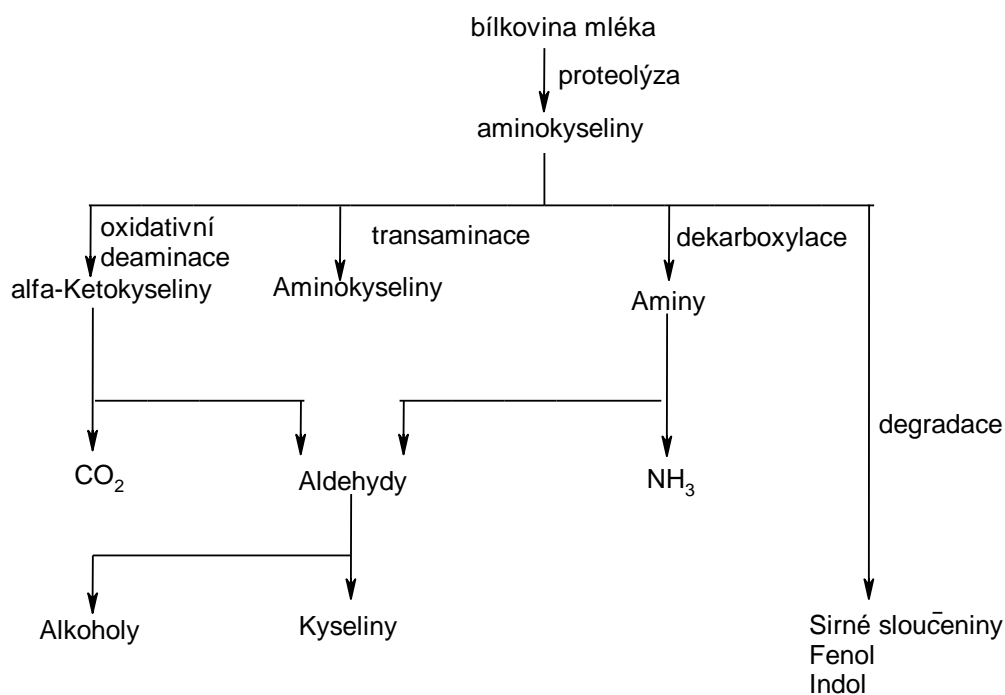
Vznik a vývoj aromaticky aktivních látek v přírodních sýrech

Vzhledem k tomu, že flavour tavených sýrů je z velké části determinován flavourem přírodních sýrů použitých k výrobě, v následující kapitole bude stručně popsán vznik a vývoj flavouru přírodních sýrů. Této problematice se věnuje řada autorů a na rozdíl od tavených sýrů je vznik a vývoj aromaticky aktivních látek v přírodních sýrech poměrně dobře popsán.

Flavour sýrů je odvozen od rovnováhy těkavých aromatických a chuťových látek, které se uvolňují během jejich konzumace. Celkový vjem tedy nepůsobí jen jedna aromatická látka, ale více sloučenin. Jednotlivé aromatické látky mají přitom různý vliv. Řada z nich už byla v sýrech identifikována, stejně tak jako mechanismus jejich tvorby^{81, 87}.

Široké spektrum sloučenin, které tvoří aroma (flavour) přírodních sýrů, pochází ze tří hlavních metabolických procesů, tj. rozkladu mléčných bílkovin, tuku a laktosy, které probíhají především v procesu zrání sýrů (viz Obr. 9). Procesy spojené se zráním jsou vyvolány činností syřidlových enzymů, nativních enzymů mléka a mikroorganismů, specifických pro každý druh sýra. Jejich rozsah se liší v závislosti na typu sýra^{60, 80, 86, 87}.

Konečný flavour sýra ovlivňují především: použitá mikrobiální (tzv. startovací) kultura, ostatní mléčné bakterie (v případě sýrů vyráběných ze syrového mléka), technologie výroby sýra (proces zrání), obsah tuku a soli v sýru⁸⁸. Molekuly získané metabolickými drahami jsou zejména mastné kyseliny, ketony, methylketony, alkoholy, laktony, estery aldehydy, sírné sloučeniny, aminy a pyraziny⁸⁰.



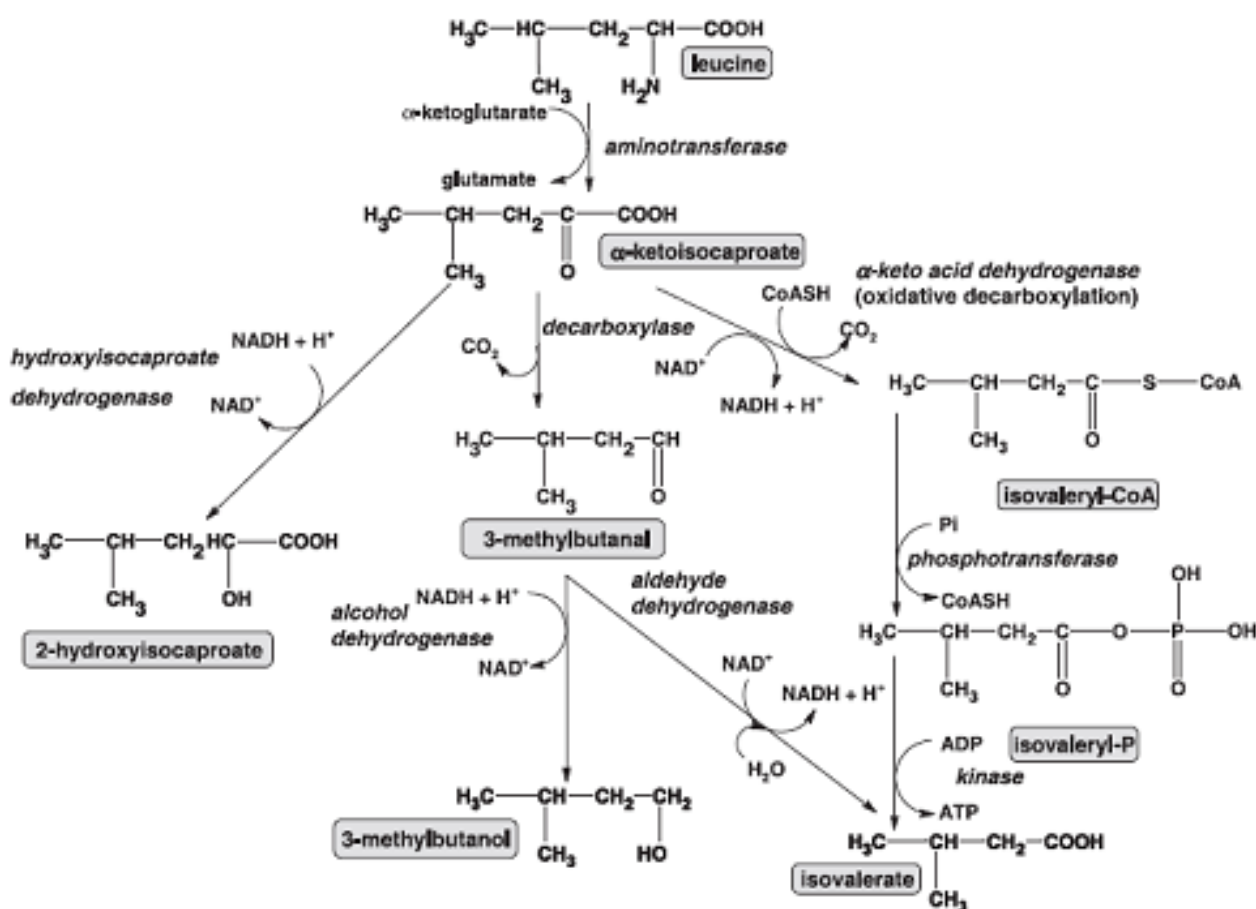
Obr. 10 Katabolismus aminokyselin během zrání sýra⁸⁰.

Z produktů metabolismu aminokyselin s rozvětveným řetězcem (viz Obr. 11) jsou za významné aromaticky aktivní látky považovány např. 3-methylbutanal, 2-methylbutanal a 2-methylpropanal. Tyto aldehydy vznikají buď enzymovou cestou, tj. transaminací aminokyselin za vzniku imidu, který je následně dekarboxylován, nebo neenzymově tzv. Streckerovou degradací. Nicméně v sýrech se vyskytují pouze přechodně, neboť jsou rychle redukovány na odpovídající alkoholy (3-methylbutanol, 2-methylbutanol a 2-methylpropanol) nebo oxidovány na kyseliny (isovalerová, 2-methylbutanová a isobutanová)⁸¹.

Významné aromaticky aktivní látky odvozené od aromatických aminokyselin jsou např. benzaldehyd, fenylacetaldehyd, fenylethanol, fenylacetát a fenylpropanoát. Těžké sloučeniny sýry jsou degradační produkty methioninu (viz Obr. 12)⁸. Mají výrazné aroma a nízký práh vnímání a hrají významnou roli ve flavouru některých druhů sýrů, především plísňových a sýrů zrajících pod mazem. Nejčastěji je v sýrech nacházen methional (3-methylthiopropanal). Další významná sloučenina sýry je methanthiol, který je prekursorem jiných důležitých sloučenin, dimethyldisulfidu a dimethyltrisulfidu⁸¹.

Na tomto místě je třeba se zmínit o velmi nežádoucím chuťovém defektu sýrů, který souvisí s nesprávným průběhem proteolýzy, a sice hořké chuti. Ta je způsobena nahromaděním hydrofobních peptidů s kratším řetězcem, které se tvoří především účinkem syřidlových enzymů. K jejich hromadění dochází buď nadměrnou tvorbou, nebo naopak nedostatečně rychlou degradací mikrobiálními enzymy. Hořká chuť se v sýrech projeví při překročení určité koncentrace^{89,91}. Kromě peptidů může nežádoucí hořkou chuť sýrů způsobit i řada

dalších sloučenin, např. některé aminokyseliny (Ile, Lys a Tyr), aminy, amidy, víceuhlíkaté ketony a některé monoglyceridy^{89, 91}.

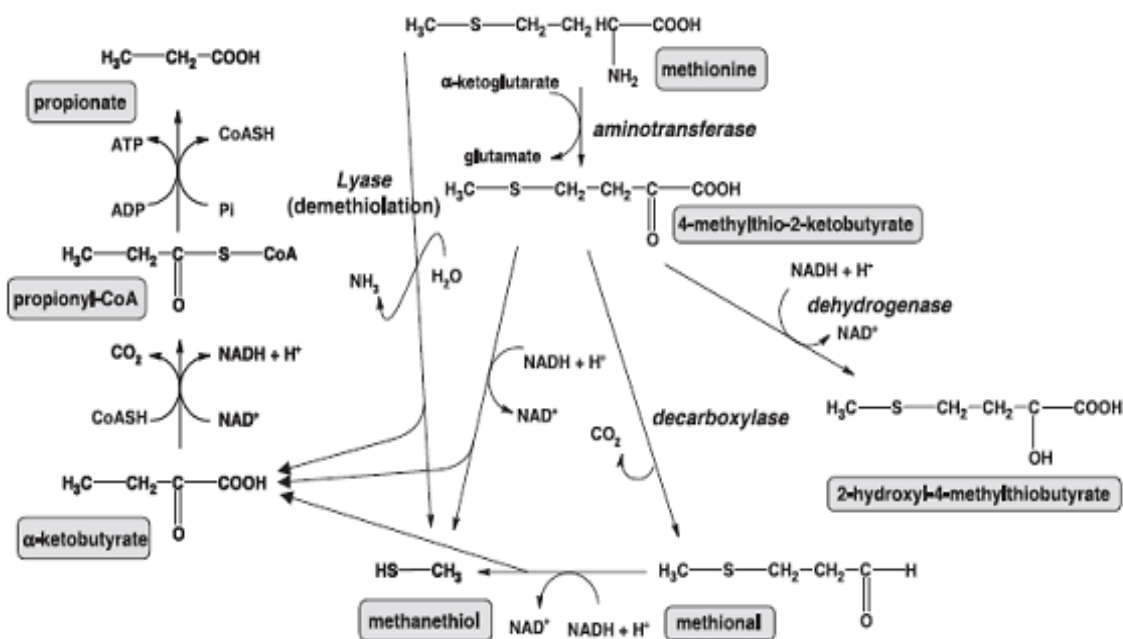


Obr. 11 Katabolismus aminokyselin s rozvětveným řetězcem (na příkladu leucinu)⁸.

Kromě toho, že tuky jsou zdrojem širokého spektra aromaticky aktivních látek, přispívají k tvorbě rozhraní tuk-voda-proteiny, kde probíhají samotné reakce tvorby flavouru, v neposlední řadě slouží jako rozpouštědlo v tucích rozpustných aromaticky aktivních látek, čímž umožňují jejich zachycení v sýru a následné uvolnění během konzumace. Z tohoto hlediska je i fyzikální přítomnost tuku důležitá pro vývoj flavouru⁸⁷.

Tuky přítomné v sýrech mohou podléhat oxidaci, příp. hydrolýze. K oxidaci jsou náchylné zvláště polynenasycené mastné kyseliny, což může vést ke vzniku nenasycených aldehydů. Řada z nich má výrazné aroma a mohou způsobit oxidační off-flavour. Vzhledem k nízkému redox potenciálu sýrů (-250 mV) a také vlivem přítomnosti přirozených antioxidantů (např. vitamin E) je však oxidace tuků v sýrech minimální a její příspěvek ke vzniku flavouru je považován za nepodstatný.

Hlavním procesem rozkladu mléčných tuků je lipolýza, která je naopak pro vytvoření požadovaného flavouru sýrů nezbytná^{8, 87}.



Obr. 12 Katabolismus methioninu a produkce těkavých sloučenin síry⁸.

Lipolýza, tj. hydrolytický rozklad mléčných triacylglycerolů až na mastné kyseliny, je způsobená především lipolytickou aktivitou přítomných mikroorganismů startovacích kultur; kromě toho mohou do určité míry přispívat i přirozené lipasy mléka (v případě sýrů vyráběných ze syrového mléka). Velmi negativně se projevují lipasy a lipoxidasy nežádoucí kontaminující mikroflora^{87,79}.

Obecně jsou lipasy specifické na vnější esterové vazby di- a triacylglycerolů (tj. v poloze 1 a 3). Triacylglyceroly jsou nejprve hydrolyzovány na 1,2- a 2,3-diacylglyceroly, a dále na 2-monoacylglyceroly. Mastné kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem bývají umístěny většinou v poloze 3 a během lipolýzy jsou uvolňovány přednostně⁸⁷. Většina nízkouhlíkatých mastných kyselin (C4–C12) má poměrně nízký práh vnímání a charakteristickou vůni. Přispívají k aromatu různých typů sýrů přímo i nepřímo jako prekursori dalších aromaticky aktivních látek, např. methylketonů, alkoholů, laktonů a esterů (viz Obr. 13). Zvláště důležité jsou u měkkých plísňových sýrů⁸⁰. Na druhé straně překročení jejich určité koncentrace vede ke vzniku nežádoucího off-flavouru, označovaného jako žluklý, kozí, kovový, mýdlový^{8,87,90,92}. Je však třeba zmínit, že mastné kyseliny jsou aromaticky aktivní pouze ve volné, protonované formě a jejich příspěvek k flavouru závisí na pH sýra⁸¹. Prahy vnímání mastných kyselin s dlouhým řetězcem (C>12) jsou poměrně vysoké a pravděpodobně hrají v aromatu sýrů pouze vedlejší roli^{81,90}.

Rozsah lipolýzy a její příspěvek k flavouru se výrazně liší v závislosti na typu sýra⁸⁶. Významnými producenty lipas jsou hlavně plísně (*Penicillium* spp.), lipolýza se výrazně podílí na vzniku flavouru plísňových sýrů, pro něž jsou charakteristické methylketony

(s lichým počtem uhlíků, C3:0 až C15:0, především heptan-2-on a nonan-2-on), mastné kyseliny a sekundární alkoholy (např. 2-pentanol, 2-heptanol a nonan-2-ol)^{80, 87}.

V ostatních typech sýrů se na hydrolýze tuků podílejí především lipasy mléčných bakterií startovacích kultur (především *Lactococcus* a *Lactobacillus* spp.). Přestože jejich lipolytická aktivita je poměrně nízká (ve srovnání s některými kontaminujícími bakteriemi, např. *Pseudomonas*, *Acinetobacter* a *Flavobacterium*), v sýrech se nacházejí ve vysokých koncentracích a mohou vyprodukovat významná množství volných mastných kyselin^{87, 90}.

Důležitými produkty metabolismu mastných kyselin jsou estery. Vznikají reakcí volných mastných kyselin (s krátkým a středně dlouhým uhlíkatým řetězcem) a alkoholů, vzniklých fermentací laktosy nebo z aminokyselin. Estery mají výrazné aroma, nízký práh vnímání a v sýrech se jich nachází široké spektrum, v různých typech sýrů byly identifikovány ethyl, methyl, propyl a butyl estery mastných kyselin C2:0 až C10:0; za nejvýznamnější pro aroma jsou považovány ethylestery^{81, 87}.

Jako klíčová složka flavouru většiny typů sýrů byl identifikován 1-okten-3-ol, odvozený od linolové a linolenové kyseliny. Intenzita jeho aroma může být navíc zvýšena přítomností odpovídajícího ketonu, 1-okten-3-onu (synergický efekt)⁸¹.

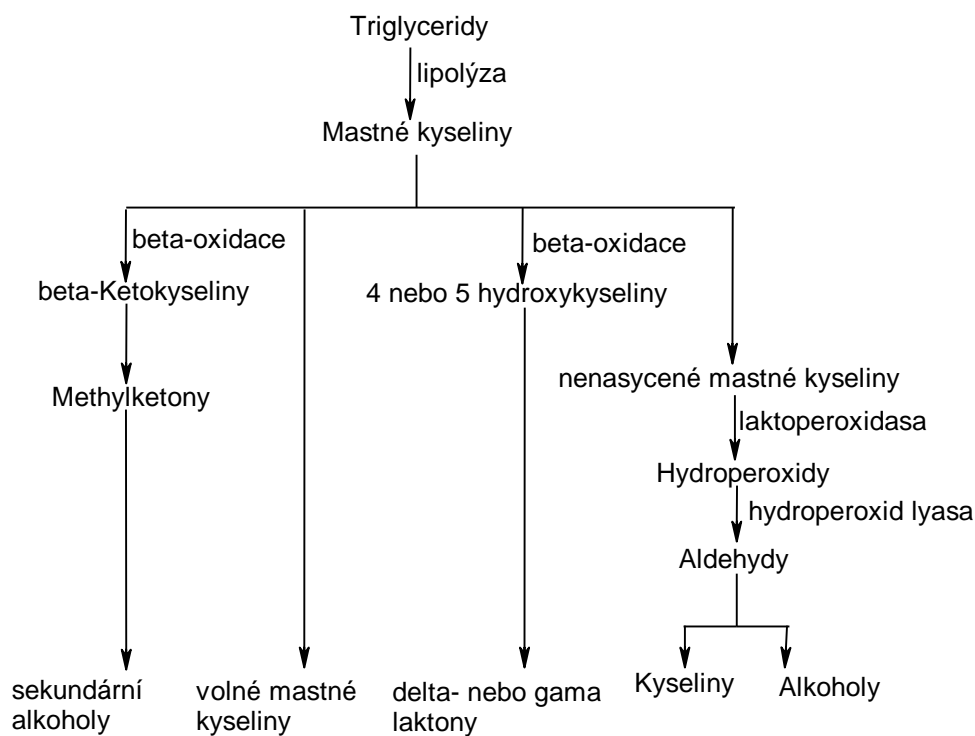
Sekundární alkoholy jsou v sýrech tvořeny enzymovou redukcí methylketonů. Za významné aromaticky aktivní látky jsou považovány především propan-2-ol, butan-2-ol, oktan-2-ol a nonan-2-ol, identifikované ve většině měkkých sýrů. Typické jsou, jak již bylo zmíněno, pro flavour sýrů plísňových⁸⁷.

Laktony jsou cyklické sloučeniny tvořené intramolekulární esterifikací hydroxymastných kyselin. Pravděpodobně existují i další mechanismy jejich tvorby, ale žádný nebyl dosud v sýrech prokázán⁸¹. α - a β -laktony jsou vysoce reaktivní a v sýrech tudíž velmi nestabilní. Naproti tomu γ - a δ -laktony jsou stabilní (nejstálější jsou pětičlenné a šestičlenné kruhy) a byly identifikovány v různých typech sýrů. Laktony mají výrazné aroma, nízký práh vnímání a pravděpodobně přispívají k celkovému flavouru, nezbytné jsou např. pro charakteristický flavour sýrů typu Gouda nebo Ementál, kde byly nalezeny ve vysokých koncentracích^{81, 87}.

β -oxidací nenasycených mastných kyselin vznikají aldehydy s rovným řetězcem (butanal, pentanal, hexanal a nonanal). V sýrech se nacházejí často, mají výrazné aroma a při vyšších koncentracích mohou zhoršovat celkový flavour sýra⁸¹.

Degradaci laktosy zajišťují hlavně enzymy bakterií mléčného kvašení použitých čistých mlékařských kultur. Rozklad zahajuje enzym β -galaktosidasa, který štěpí laktosu na glukosu a galaktosu. Vzniklé monosacharidy jsou dále rozkládány podle druhu mikroorganismů přítomných ve mléce. Při homofermentativním kvašení vzniká pouze kyselina mléčná, při heterofermentativním také další vedlejší produkty, z nichž mnohé jsou považovány za významné aromaticky aktivní látky, např. biacetyl, acetoin, kyselina octová, propionová,

acetaldehyd, ethanol, nižší mastné kyseliny (C2–C6) a pod.^{8, 80, 88, 90}. Nižší mastné kyseliny mohou být také odvozeny oxidací ketonů, esterů a aldehydů⁸⁰.



Obr. 13 Katabolismus volných mastných kyselin^{80, 87}.

Laktosa, stejně jako její degradační produkt galaktosa, vstupuje do reakce se sloučeninami obsahujícími aminoskupinu (aminokyseliny, peptidy, bílkoviny, biogenní aminy). Tato tzv. Maillardova reakce (blíže popsána v kapitole 2.4.5.2) je indukována tepelným zpracováním⁸⁴ a kromě konečných produktů melanoidinů jí také vzniká velké množství nízkomolekulárních sloučenin, které tvoří důležitou součást flavouru, případně off-flavouru⁷⁴. Tato reakce je velmi složitá a komplexní a obsahuje širokou škálu meziproductů, z nichž některé lze těžko izolovat. Proto dosud není zcela popsána. Pro složení off-flavouru jsou důležité aldehydy vznikající Streckerovou degradací aminokyselin s velmi nízkými prahy vnímání. Vznikají reakcí aminokyselin s produkty degradace Amadoriho sloučenin 3-deoxy-D-erythro-hexos-2-ulosou nebo 1-deoxy-D-erythro-2,3-hexo-2,3-diulosou a následnou oxidativní deaminací a dekarboxylací aminokyselin. Výsledné Streckerovy aldehydy obsahují o jeden uhlík méně, než výchozí aminokyseliny⁹³.

Citráty jsou metabolizovány za produkce biacetylu a acetoinu⁸.

2.4.6 Změny tavených sýrů během skladování

Tavené sýry nejvyšší kvality mají trvanlivost několik měsíců. Trvanlivost závisí na obalu, do kterého je sýr zabalen. Je-li zabalen do plastických fólií, jeho trvanlivost je 3 až 4 měsíce.

Sýry uložené v kovových konzervách nebo v tubách mohou mít trvanlivost delší, dokonce až jeden rok při pokojové teplotě^{39, 47, 66}.

Většina prací zaměřených na studium trvanlivosti tavených sýrů se věnuje sledování změn způsobených mikrobiální kontaminací. Nicméně dnešní moderní technologie, doplněné pečlivým výběrem surovin, umožňují vyrobit tavený sýr mikrobiologicky stabilní, který si udrží svoji kvalitu poměrně dlouhou dobu. Přesto však v průběhu skladování dochází k fyzikálně chemickým změnám, které zhoršují vzhled, barvu a především flavour a texturu. Postupně se objevuje se typický off-flavour, popisovaný jako „starý“, textura se mění na tužší³⁹.

Za předpokladu mikrobiologicky stabilních tavených sýrů jsou změny jejich kvality během skladování ovlivňovány zejména čtyřmi hlavními faktory, a to složením taveného sýra, podmínkami při tavení a skladování (teplota a doba) a obalovým materiálem. Obecně platí, že tužší produkty si udrží dobrou jakost déle než lehce roztíratelné výrobky s obvykle vyšším obsahem vody^{39, 47}.

Příčiny výše zmíněných změn lze podrobněji rozdělit na tyto³⁹:

- ztráta vlhkosti,
- hydrolýza polyfosfátů,
- změny v iontové rovnováze,
- tvorba krystalů,
- reakce indukované termostabilními enzymy,
- neenzymové hnědnutí,
- reakce indukované světlem a teplem,
- interakce s obalovým materiálem.

Obvyklé obalové materiály poskytují sice dobrou, ale ne úplně těsnou bariéru proti odpařování vody. V závislosti na skladovací teplotě dochází k postupně ke ztrátě hmotnosti a následnému zvyšování tuhosti sýra. Odpařování vody lze zpomalit skladováním při nižší teplotě³⁹.

Velmi zajímavým jevem je hydrolýza polyfosfátových tavicích solí. Hydrolýza začíná již při samotném procesu tavení a během 7–10 týdenního skladování je hydrolyzována již většina přítomných polyfosfátů⁵⁹. Snižování počtu monomerů v lineární řetězci polyfosfátu má za následek postupné uvolňování vápenatých iontů z tavicích solí a jejich zapojování do dodatečného zesíťování proteinové matrice, v důsledku čehož dochází k tuhnutí tavených sýrů. Nejen vápenaté ionty, ale i hydrolýzou vzniklé nižší polyfosfáty se zapojují do interakcí s proteinovou maticí, což může vést k jejímu zesíťování³⁹. Tento proces je intenzivnější, dojde-li k předávkování tavicích solí, popř. je-li do surovinové skladby zahrnut i tzv. nátavek („krém“). Dalším následkem hydrolýzy polyfosfátových tavicích solí je snižování pH

taveného sýra. To samotné přispěje k zvýšení tuhosti a dále podpoří vlastní hydrolýzu, která při nižším pH probíhá intenzivněji⁴⁷. Tento jev samozřejmě přichází v úvahu pouze u sýrů, u nichž byly jako tavicí soli použité polyfosfáty a opět je možné ho částečně zpomalit skladováním při nižší teplotě³⁹.

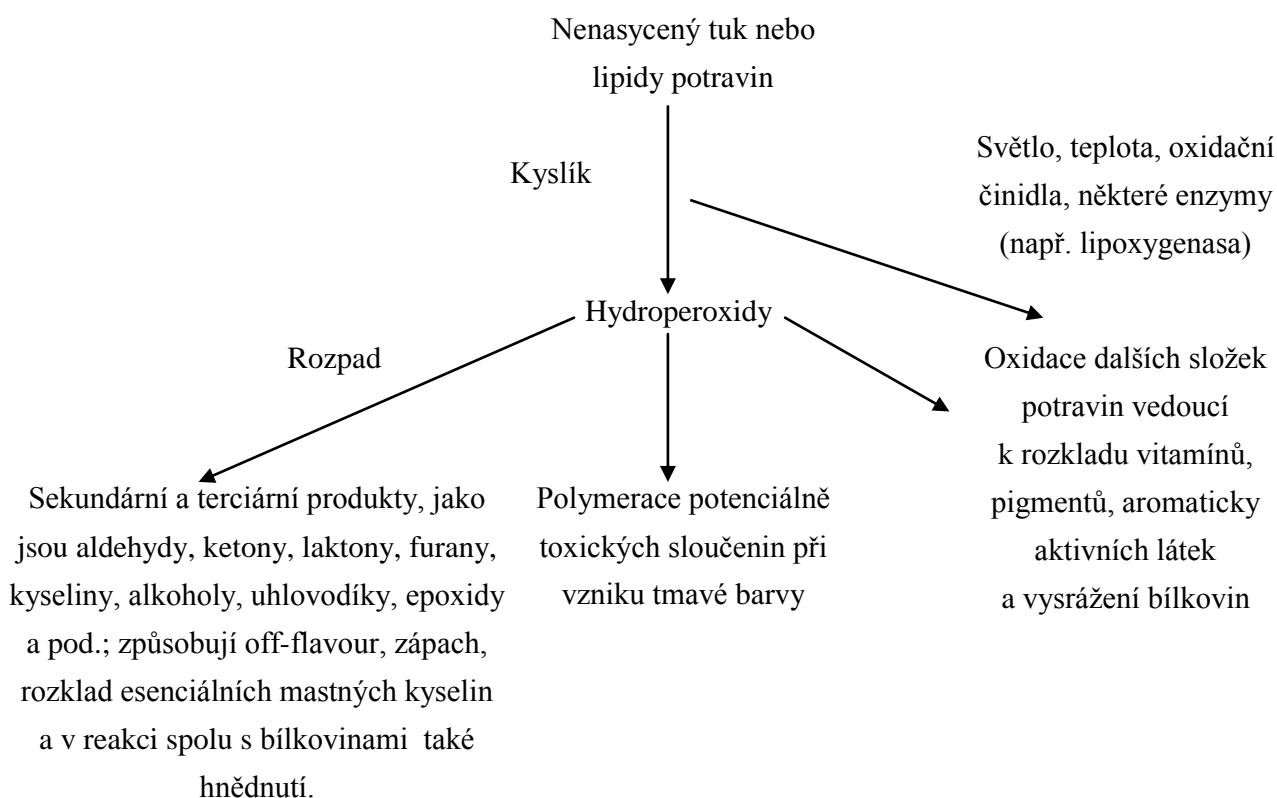
Po výrobě a vychlazení tavených sýrů se iontová rovnováha a tudíž i pH pomalu ustaluje. Ztráta vlhkosti a hydrolýza polyfosfátů během skladování však iontovou rovnováhu opět mění. Interakce tavicích solí s proteiny a Ca^{2+} a Na^+ ionty ovlivňují vazbu vody, což následně vede opět ke zvyšování tuhosti tavených sýrů³⁹.

Skladování při nižších teplotách může vést k tvorbě krystalů tavicích solí⁶⁰. Krystalizaci však mohou podléhat i další složky tavených sýrů, například některé aminokyseliny (zejména tyrosin) a jejich soli, laktosa a laktáty. Kromě již výše zmíněné nízké teploty skladování existuje celá řada dalších faktorů ovlivňujících tvorbu krystalů v tavených sýrech, například předávkování tavicími solemi, použití nevhodné směsi tavicích solí, vysoké teploty použité při výrobě, pomalé chlazení taveniny, vysoký obsah vápníku v surovině, přítomnost zárodků krystalů (tzv. jádra) v surovině, vyšší pH, vzduchové bubliny na povrchu taveného sýra a pod.³⁹. Pokud jde o krystaly tavicích solí, existují mezi jednotlivými krystalizujícími sloučeninami rozdíly v jejich vzhledu⁶⁰. Zatímco krystaly citrátů tvoří především tzv. „mramorování“ (různé skvrny a provazcovité útvary), u krystalů orthofosfátů a pyrofosfátů jde zpravidla o tzv. „písčítost“³⁹. Krystaly citrátů se za stejných podmínek viditelně projevují daleko častěji než krystaly fosfátů, k jejichž vzácnému výskytu je třeba kritického předávkování fosfátovými tavicími solemi. Krystaly fosfátů, i v případě, že jsou přítomny, běžně neovlivní vzhled a chuť tavených sýrů, na rozdíl od krystalů projevujících se skvrnami a provazcovitými útvary. Pravděpodobně jsou přítomné krystalky natolik jemné, že je lidské smysly nejsou schopny běžně identifikovat⁴⁷.

Vzhledem k aplikaci vyšší teploty během tavení je většina enzymů v tavených sýrech denaturována. Nicméně denaturované proteasy se mohou částečně reaktivovat a vykazují určitý stupeň proteolytické aktivity. Také termostabilní lipasy mohou přežít tavicí teplotu a mohou způsobit patrné lipolytické změny během skladování sýrů³⁹.

Maillardova reakce patří mezi nejběžnější a současně nejvýznamnější reakce probíhající při zpracování a skladování potravin. Mezi nejvýznamnější změny afektující kvalitu tavených sýrů patří vyvázání lysinu, čímž se tato esenciální a v mnohých potravinách limitní aminokyselina stane nevyužitelnou pro trávicí trakt člověka. Nejnápadnější projev Maillardovy reakce je vznik žlutých, hnědých až černých pigmentů – tzv. melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení a také vznik širokého spektra aromaticky aktivních látek⁴¹.

U tavených sýrů probíhá Maillardova reakce jednak při zvýšené teplotě během tavení a významně se projevuje především během skladování, zvláště za zvýšené teploty, kdy dochází ke vzniku žlutého až hnědého zbarvení a tvorbě typického off-flavouru³⁹. Současně s hnědnutím dochází i k nárůstu tuhosti tavených sýrů. Podle Kristensena a kol.⁷³ je možné příčinu rovněž hledat v Maillardově reakci, při níž může dojít i k zesíťování proteinů. Její průběh lze zpomalit skladováním sýrů za nízké teploty³⁹.



Obr. 14 Souhrnné schéma oxidace lipidů v potravinách⁵¹.

Oxidace lipidů (viz Obr. 14) je jedním z procesů, které mohou v průběhu skladování podstatně ovlivnit jakost tavených sýrů. Při běžných teplotách podléhají oxidaci pouze nenasycené mastné kyseliny. Za vyšších teplot (obecně již kolem 100 °C) může dojít i k autooxidaci nasycených mastných kyselin. Autooxidace je radikálová řetězová reakce probíhající ve třech stupních (fáze iniciační, propagační a terminační). Primárními produkty autooxidace jsou hydroperoxydy mastných kyselin, které jsou však velmi nestálé a podléhají dalším interakcím za vzniku některé z většího počtu látek – tzv. sekundárních produktů oxidace lipidů (např. aldehydy, cyklické peroxidy, epoxykyseliny, uhlovodíky a pod.)⁴¹. Existuje celá řada vlivů, které určí intenzitu oxidace lipidů v průběhu skladování, mezi něž patří především teplota a délka skladování a přístup světla⁴⁷. Přichází tedy v úvahu spíše u sýrů v průhledných obalech, u sýrů balených v neprůhledných obalech (hliníková folie, konzervy) se nevyskytuje. Plátkované tavené sýry v průhledné folii jsou proto obvykle baleny

v ochranné atmosféře (N₂/CO₂). Oxidační reakce v tavených sýrech obvykle vedou ke změně barvy a vzniku oxidovaného off-flavouru, který bývá popisován jako kovový, olejovitý, lojovitý, po rybím tuku. Jsou způsobené tvorbou sekundárních produktů oxidace lipidů, z nichž některé mají poměrně výraznou vůni³⁹. Např. hexanal (zelená), heptanal (olejovitá), (E)-2-nonenal (lojovitá), (E,E)-2,4-heptadienal (kovová, po smažení), (E,Z)-2,4-dekadialenal (po smažení), 1-okten-3-ol (kovová) atd.⁹².

Vliv teploty a délky skladování a přístupu světla na průběh oxidace lipidů v tavených sýrech sledovali Kristensen a kol.⁷³. Vzorky byly uloženy při 5, 20 a 37 °C. K významnému nárůstu sekundárních produktů oxidace lipidů došlo ve vzorcích skladovaných při 37 °C, vliv světla byl sledován jako nevýznamný.

Vlivem oxidace dochází také k významným ztrátám vitamínu B₂, jehož jsou tavené sýry dobrým zdrojem. Podle Kristensena a kol.^{73,78} ovlivňuje jeho degradaci především světlo, a to i při krátkodobém skladování. Po 100 dnech skladování na světle kleslo množství riboflavinu na 25 % původní hodnoty. Nejvyšší ztráty je možné očekávat v povrchových vrstvách výrobku. Riboflavin společně s karotenoidy ovlivňuje barvu sýrů a světlem indukovaná oxidace ovlivňuje přijatelnost produktu konzumentem⁷⁸. Oxidaci také ovlivňuje složení modifikované atmosféry použité k ochraně výrobku při balení⁸³. Naopak u sýrů skladovaných po dobu 15 měsíců je rozhodujícím faktorem tvorby radikálů teplota⁷⁸.

Kromě lipidů mohou být objektem oxidace i aminokyseliny – například z methioninu vznikají sírné sloučeniny negativně ovlivňující aroma výrobku⁴¹. Během skladování dochází v tavených sýrech také ke změnám koncentrace těkavých látek, což zásadním způsobem ovlivní aroma výrobku³⁸. Následky oxidace lze významně snížit použitím kvalitních obalů, nepropustných pro světlo a kyslík³⁹.

2.5 Sterilované tavené sýry

2.5.1 Vliv sterilace na jednotlivé složky taveného sýra

Při zahřevu běžnými tavicími teplotami u diskontinuálních výrob (cca do 100 °C) by měla být inaktivována většina přítomných enzymů. Nicméně malé množství termorezistentních proteolytických a lipolytických enzymů může po procesu tavení ještě katalyzovat hydrolytické reakce. Díky následné sterilaci by však měla být většina z nich zničena. Pokud vyloučíme vnější kontaminaci znemožněnou hermeticky uzavřeným obalem s dobrými barierovými vlastnostmi, je možné se dále zaměřit pouze na reakce, pro které nejsou nutné enzymy jako biokatalyzátory.

Významným faktorem, ovlivňujícím jak autooxidaci lipidů tak i řadu reakcí proteinů, je koncentrace přítomného kyslíku, která limituje zejména rozsah oxidačních reakcí. Za předpokladu dobrých barierových vlastností obalu a hermetičnosti uzavření, by koncentrace

kyslíku měla být dána pouze množstvím plynu, který se do výrobku dostane při transportu nezabaleného produktu a při plnění. Důležitou roli zde však sehrává i skutečnost, do jaké míry je obal naplněn, zda zcela nebo pouze zčásti a zbytek prostoru pak zaplní vzduch. V posledním zmíněném případě lze předpokládat větší koncentraci kyslíku a tím i vyšší intenzitu oxidačních reakcí. Při použití „klasických“ surovin pro výrobu tavených sýrů se zde z živin nachází především kaseinové bílkoviny, tuk a zbytky laktosy. Všechny tyto složky podléhají při sterilačních teplotách degradačním změnám⁴⁷.

2.5.1.1 Bílkoviny

Již při teplotách kolem 100 °C dochází k reakci vázaného asparaginu a glutaminu s vázaným lisylovým postranním řetězcem. Výsledkem je odštěpení amoniaku a vznik příčné kovalentní, tzv. isopeptidové vazby mezi polypeptidovými řetězci, čímž dochází k zesíťování proteinů. Takto isopeptidově vázaný lysin je nevyužitelný v trávicím traktu člověka⁴¹. K dalším ztrátám aminokyselin dochází vlivem Streckerovy degradace za vzniku karbonylových sloučenin o jeden uhlík kratších, než výchozí aminokyselina, a uvolnění oxidu uhličitého a amoniaku. Reakci iniciují oxidační činidla, např. hydroperoxydy mastných kyselin a jiné produkty oxidace lipidů či Maillardovy reakce^{74,76}. Intenzita nejvýznamnější reakce bílkovin, Maillardovy reakce, se zvyšuje s rostoucí teplotou záhřevu. Průběh lze ovlivnit rychlostí chlazení finálních produktů (čím rychleji je výrobek zchlazen na nízké teploty, tím je menší rozsah reakcí neenzymového hnědnutí). Galaktosa je v procesech neenzymového hnědnutí reaktivnější než glukosa a laktosa⁶⁰. Pochází z přírodních surovin (sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka), ale zejména z přírodních sýrů, kde se hromadí vlivem působení mikroorganismů. Jedná se o přehnanou fermentaci laktosy na galaktosu, nedostatečnou fermentaci galaktosy některými kmeny bakterií nebo vlivem inhibice fermentační schopnosti čistých mlékařských kultur vlivem vysoké koncentrace NaCl. Z toho vyplývá, že biochemické procesy probíhající v přírodních sýrech jako vstupních surovinách výroby tavených sýrů jsou velmi důležitým faktorem⁷⁷.

2.5.1.2 Tuky

Při aplikaci vysoké teploty tuky podléhají především oxidačním změnám. Oxidované lipidy reagují jednak vzájemně mezi sebou i s nelipidovými složkami potravin. Na reakcích s proteiny se podílejí zejména volné radikály a dále hydroperoxidové, epoxidové a aldehydové funkční skupiny produktů oxidace lipidů^{80,87}. Těkavé a tmavé makromolekulární nerozpustné látky vznikají reakcemi oxidovaných lipidů s proteiny a meziprodukty či produkty degradace proteinů⁷⁶. Tyto reakce mohou zapříčinit intenzivnější zesíťování proteinové matrice a tím i tuhost výrobku⁴⁷.

2.5.1.3 Další reakce

Použitím vyšších teplot může dojít k uvolňování vody a tím k narušení hydrofobních interakcí, rozrušení kaseinové struktury a zvýšení tuhosti sýra. Také může docházet ke krystalizaci některých složek, zejména dehydratovaných tavicích solí⁴⁷, ale také tuku uvolněného z bílkovinné matrice⁴⁴.

Aplikace vysokých teplot má významný vliv na aroma sýra. U některých aromaticky aktivních látek může dojít k rozkladu nebo přeměně na jiné sloučeniny, kromě toho se tvoří i řada nových sloučenin³⁹. V důsledku Maillardovy reakce může dojít až ke vzniku nežádoucího off-flavouru popisovaného jako vařivý, připálený, sírový nebo karamelový⁹⁴.

Z hlediska obsahu jednotlivých vitamínů má sterilační záhřev rozdílný vliv na změny jejich obsahu. Nejvíce zastoupený riboflavin sterilační teploty prakticky neovlivňuje. Je spíše citlivý na vystavení světlu během manipulace nebo skladování v průhledném obalu^{45,73}. Také niacin a vitamin A jsou podle Velíška⁶⁵ za nepřístupu světla při tepelném zákroku relativně stabilní látky – ztráty jsou cca do 10 %. Obsahy thiaminu a pyridoxinu jsou však vyššími teplotami jednoznačně snižovány⁴⁷.

V neposlední řadě je třeba zmínit, že řada reakcí probíhajících během procesu tavení (viz kapitola 2.4.3.1) a během skladování (viz kapitola 2.4.6) působí i během sterilačního záhřevu.

2.6 Použité metodické postupy

Navzdory dynamickému rozvoji instrumentálních technik je příprava vzorku stále nedílnou součástí analýzy. Extrakční techniky jsou důležitou částí okruhu postupů, souhrnně označovaných jako “sample treatment”, které slouží k převodu analyzovaných látek ze vzorku do formy slučitelné s následnou separací a kvantifikací analytu. Z hlediska fyzikální chemie chápeme proces extrakce jako přechod složky fázovým rozhraním mezi dvěma vzájemně nemísitelnými kapalinami. Z analytického pohledu jsou jako extrakce vnímány i mnohé další metody, při nichž je převáděna složka směsi fázovým rozhraním z jedné fáze (plynné, kapalné, pevné) do druhé fáze (plynné, kapalné, pevné). V ideálním případě má být extrakční proces kvantitativní a reprezentativní s ohledem na analyzované složky, rychlý, jednoduchý, nenákladný a umožňující automatizaci (rutinní analýza). Volba extrakční metody z velké části záleží také na typu matrice, ve které jsou cílové analyty obsaženy. Vzhledem ke složitosti disperzního systému tavených sýrů je nutné oddělit co největší množství možných interferujících látek⁹⁵.

K dnes již běžným postupům přípravy vzorků patří sekání, homogenizace, centrifugace, destilace, extrakce rozpouštědly, superkritická fluidní extrakce, tlaková fluidní extrakce, extrakce pomocí mikrovln, Soxhletova extraktoru nebo derivatizace za účelem zvýšení těkavosti nebo možnosti extrakce (methylace)⁷⁹. Současný trend minimalizace používání organických rozpouštědel, vedený s ohledem na životní prostředí, nižší časová náročnost

a automatizace technik se projevuje i v této oblasti a stále více se dříve používané zdlouhavé postupy s velkými spotřebami rozpouštědel nahrazují novými instrumentálními technikami, mezi které řadíme zejména extrakci a mikroextrakci na pevnou fázi, mikrovlnou extrakci, extrakci pomocí nadkritické tekutiny a extrakci rozpouštědlem za zvýšené teploty a tlaku. Tyto nové extrakční techniky vyžadují minimální množství vzorku, jsou méně časově náročné, automatizovatelné a vhodné pro možnost on-line zapojení se separačními technikami (plynová chromatografie – GC, kapalinová chromatografie – HPLC, kapilární elektroforéza – CE)⁹⁵.

2.6.1 Stanovení mastných kyselin

Mastné kyseliny jsou základní složkou většiny tuků. Rozmanité jsou zejména délkou řetězců, stupněm nenasycení, geometrií, pozicí dvojných vazeb a přítomností substituentů. Ke stanovení mastných kyselin lze v současné době použít řadu chromatografických metod. Pro účely stanovení je potřebné vzorky mastných kyselin nejprve izolovat z matrice, případně separovat na jednotlivé skupiny tuků. Existuje již velká řada technik izolace organickými rozpouštědly^{96,99}.

K rozdělení mastných kyselin do jednotlivých skupin lze použít jednoduchou skleněnou kolonu, extrakční kolonu s tuhou fází, chromatografii na tenké vrstvě – TLC nebo nejlépe vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii – HPLC. HPLC lze také s výhodou použít ke konečné izolaci jednotlivých látek. V současné době se však ke stanovení jednotlivých mastných kyselin používá příprava vzorků převedením na těkavější estery a jejich stanovení plynovou chromatografií – GC, často v kombinaci s hmotnostní detekcí – GC-MS⁹⁶. K přípravě těkavých esterů mastných kyselin lze použít diazomethan v etheru, methoxid sodný, kyselou derivatizaci hydroxidem sodným¹⁰², alkalické zmýdelnění a transesterifikaci hydroxidem draselným nebo metodu využívající fluorid boritý^{97,98}. Nízkouhlíkaté mastné kyseliny jsou již dostatečně těkavé, aby bylo možné je plynovou chromatografií stanovit bez nutnosti derivatizace, ať už vyextrahované rozpouštědlem, nebo v kombinaci s metodou extrakce tuhou fází SPE nebo mikroextrakce tuhou fází (SPME, viz kapitola 2.6.2)⁹⁹.

Plynová chromatografie byla využita např. k charakterizaci plísní izolovaných ze sýrů na základě jejich metabolitů¹⁰⁰ nebo analýze změn mastných kyselin a jejich metabolitů v průběhu zrání sýra Niva¹⁰¹. Garcia-Lopez¹⁰² a kol. využili GC při studiu vlivu různých faktorů výroby tavených sýrů na obsah konjugované linolové kyseliny. Buňka a kol.⁴⁷ sledovali vliv sterilačního záhřevu na celkový obsah mastných kyselin v tavených sýrech.

2.6.2 Stanovení aromaticky aktivních látek

Vonné látky lze nalézt prakticky v každé skupině organických sloučenin. Významnými vonnými látkami jsou některé uhlovodíky, většina vonných látek však obsahuje v molekule kyslík (alkoholy, ethery, aldehydy, ketony, kyseliny, estery aj.), dusík (např. aminy, dusíkaté heterocykly) a síru (thioly, sulfidy, sirmé heterocykly)⁶⁵.

Uhlovodíky jsou běžnou složkou mnoha potravin. Nejčastěji bývají přítomny jako složka silic a lipidového podílu potravin. Jsou buď přirozenou složkou potravinářských surovin a materiálů nebo vznikají během skladování a zpracování potravin enzymovými a chemickými reakcemi jako sekundární látky. Jako vonné a chuťové látky mají největší význam terpenové uhlovodíky, které tvoří aroma prakticky všech druhů ovoce, zeleniny a koření⁶⁵. Nasycené a nenasycené uhlovodíky s lichým i sudým počtem uhlíků jsou běžnými doprovodnými látkami všech rostlinných olejů i živočišných tuků⁶⁵.

Alkoholy bývají vonnými i chuťovými látkami potravin rostlinného a také živočišného původu. Jako aromaticky aktivní látky se uplatňují hlavně volné primární alkoholy a jejich estery, zejména u ovoce a alkoholických nápojů⁶⁵.

Jako vonné látky mají význam téměř všechny nasycené alifatické aldehydy, počínaje formaldehydem a konče zhruba dodekanalem.

Podobně jako aldehydy se mohou také různé ketony vyskytovat jako primární složky potravin a potravinářských surovin nebo mohou vznikat sekundárně při různých procesech. Mnohé ketony se vyznačují charakteristickým pachem, a proto se uplatňují jako žádoucí (např. typické aroma plísňových sýrů), ale také nežádoucí látky⁶⁵.

Karboxylové kyseliny jsou významné složky především produktů rostlinného původu. Jako vonné a chuťové látky se uplatňují hlavně nižší karboxylové kyseliny a některé aromatické kyseliny. Řada karboxylových kyselin je prekursorem dalších vonných a chuťových látek jako jsou příslušné estery a laktony⁶⁵.

Těkavé estery aromatických kyselin jsou často významnými složkami vůně květů rostlin, koření, ovoce a zeleniny. V ovoci, obilovinách, květinách, léčivých bylinách, koření a zelenině se nacházejí také netěkavé estery odvozené od skořicových kyselin. Estery nižších alifatických kyselin s nižšími alifatickými a aromatickými alkoholy jsou důležitou složkou primárního aroma ovoce, zeleniny, různých nápojů a také koření. Z nižších mastných kyselin bývá v těchto esterech vázána nejčastěji octová kyselina, méně často mravenčí, propionová, máselná, 2-methylpropanová kyselina a další kyseliny. Z alkoholů v těchto esterech je nečastěji vázán ethanol⁶⁵.

Ke stanovení aromaticky aktivních látek a jejich prekursorů lze v současné době použít řadu chromatografických metod. Nejvhodnější a nejčastěji používaná metoda je plynová chromatografie (GC), příp. plynová chromatografie s hmotnostní detekcí (GC-MS), která využívá jejich těkavosti. Hmotnostní spektrometrie významně napomáhá k identifikaci organické látky a ve spojení s GC tvoří zatím nejefektivnější známou techniku pro analýzu složitých směsí organických látek. Vzhledem k tomu, že aromaticky aktivní látky se v potravinách nacházejí většinou ve velmi nízkých koncentracích ($\mu\text{g}-\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}$), kromě izolace z matrice vzorku bývá nezbytné i jejich zakoncentrování¹⁰⁴.

Příprava vzorků pro tzv. purge and trap GC může zahrnovat zahřívání, destilaci indukovanou mikrovlnným zářením, vymývání vzorku inertními plyny, na absorbentu (Tenax, C₁₈), desorpci, vymrazování nebo vyluhování do ethylacetátu. Byla použita např. k analýze mléčných produktů, plodů moře a česneku. Headspace GC nevyžaduje speciální přípravu vzorků, stejně jako dnes již často využívaná mikroextrakce tuhou fází (SPME)^{79,190}. Vysokoučinná kapalinová chromatografie je vhodná ke stanovení aminů v rybách, sýrech, olejích nebo aldehydů v ovocných šťávách⁷⁹.

Velmi zajímavou metodou pro stanovení aromaticky aktivních látek je kombinace GC s tzv. olfaktometrií (GC-O), kdy jsou jednotlivé aromatické látky separovány pomocí plynové chromatografie a následně identifikovány na základě interakce s lidskými čichovými receptory. Tato metoda je velmi náročná na čas a zkušenosti hodnotitelů. V praxi je často potřebné mít k dispozici více hodnotitelů, kteří se při stanovení střídají. GC-O lze s výhodou použít ke zjištění charakteru vůně různých těkavých látek a k jejich stanovení v potravinách, např. v různých mléčných produktech a sýrech¹⁰⁵.

Pro extrakci aromaticky aktivních látek ze vzorků tavených sýrů byla v této práci použita metoda SPME. SPME je jednoduchá, rychlá, levná a účinná sorpčně-desorpční technika zakoncentrování analytu, která nevyžaduje rozpouštědlo nebo komplikovanou aparaturu. Tuto techniku vyvinul Janusz Pawliszyn na University of Waterloo, Ontario, Kanada v roce 1990¹⁰⁶⁻¹⁰⁸. Původně byla navržena pro analýzu organických sloučenin ze vzorků životního prostředí, v poslední době je však stále častěji aplikována na široké spektrum různých biologických vzorků včetně potravin. Principem SPME je expozice malého množství extrakční fáze nadbytkem vzorku¹⁰⁸. Na rozdíl od klasických extrakčních metod není analyt extrahován ze vzorku úplně, ale pouze do dosažení rovnováhy¹¹⁰. Extrakční fáze je zakotvená na povrchu křemenného vlákna, které je spojeno s ocelovým pístem a umístěno v duté ocelové jehle, která vlákno chrání před mechanickým poškozením¹¹¹. Cílené analyty jsou sorbovány přímo do sorpční vrstvy, k jejich následné desorpci dochází v injektoru GC účinkem vysoké teploty (cca 300 °C)¹¹², v případě spojení SPME s kapalinovou chromatografií jsou analyty desorbovány vhodným rozpouštědlem^{104,106}.

Pro stanovení flavouru a off-flavouru¹²¹ je tato metoda velmi vhodná vzhledem ke své jednoduchosti, dobré reprodukovatelnosti a nízkým nákladům^{106,108} a v praxi se používá stále častěji, o čemž svědčí řada níže citovaných prací.

Flavouru tavených sýrů zatím v dostupné literatuře není věnována velká pozornost, pouze Sunesen a kol.¹¹³ se ve své práci zabývali srovnáním obsahu aromaticky aktivních látek jedenácti typů tavených sýrů a jejich změnami během skladování. K tomuto účelu použili metodu headspace v kombinaci s plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí. Sýry byly skladovány při různých teplotách (5, 20 a 37 °C), v průhledných nebo neprůhledných obalech, po dobu jednoho roku. Celkem se podařilo identifikovat 28 aromaticky aktivních látek, z toho

13 ketonů, 7 aldehydů, 3 sloučeniny obsahující kondenzovaný aromatický kruh, 2 nitrily, uhlovodíky a heterocyklické sloučeniny, 1 amin a alkohol³⁸. Dospěli k závěru, že aroma tavených sýrů je ovlivněno mnoha faktory, od vlastností mléka jako základní výrobní suroviny až po podmínky při výrobě tavených sýrů. Obsah všech sledovaných sloučenin se během skladování zvyšoval. Jejich tvorbu připisovali oxidačním změnám, působení enzymů a změnám v samotné matici sýra. Vliv teploty skladování na změny aromaticky aktivních látek byl zanedbatelný, avšak skladování za světla významně ovlivnilo jejich celkový profil. U některých sloučenin došlo k výraznému zvýšení (oktan, hexanal), u některých naopak ke snížení (2-pentylfuran) jejich obsahu³⁸.

2.6.3 Instrumentální měření textury

Vlastnosti vnímané kinestetickými a taktilními smysly lze zároveň měřit také přístrojovou technikou¹¹⁴. Většina instrumentálních metod na hodnocení textury je založena na mechanických testech, které zahrnují měření odolnosti potravin vůči účinkujícím silám větším, než gravitace⁵⁵. Prakticky lze instrumentálně měřit všechny mechanické, geometrické i povrchové vlastnosti potravin, tak jak je definuje ČSN ISO 11036⁷¹.

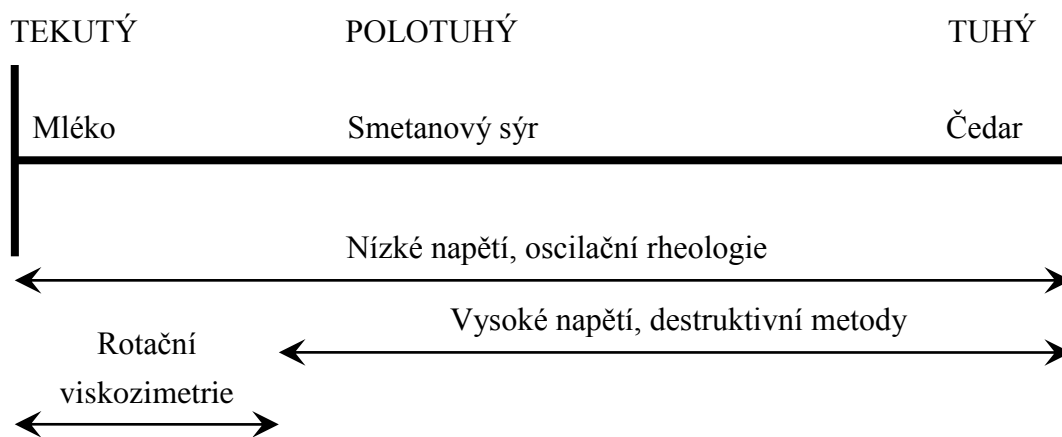
Výhodou použití základních rheologických metod k hodnocení textury je provázání těchto metod s molekulárními mikrostrukturními mechanismy. Toto ovšem vyžaduje homogenní isotropický materiál definovaného tvaru, u kterého lze vypočítat zatížení a deformaci¹¹⁴. Chování potravin při rheologických zkouškách závisí na její struktuře⁵⁵. Předpokládáme-li homogenitu a isotropii vzorku, musíme dále zhodnotit, zda se jedná o tekutý, polotvrdý nebo tvrdý materiál. Další dělení je na materiály viskózní, viskoelastické a elastické. Na základě toho pak můžeme navrhnout vhodnou rheologickou metodu zkoumání¹¹⁵ (viz Obr. 15). Elastické a viskózní vlastnosti polotuhých látek je možné jednoduše studovat pomocí sledování závislosti napětí – relaxace⁵⁵.

Mechanická měření textury mají většinou destruktivní charakter, protože aplikovaná síla přesahuje hranici pevnosti testované potravin. Nejběžnější zařízení na měření textury jsou⁵⁵:

- Penetrometry,
- Kompresimetry,
- Stříhová a řezací zařízení,
- Mastikometry,
- Konzistometry,
- Viskoziometry,
- Zařízení na extruzní testy,
- Víceúčelová zařízení.

Penetrometry jsou založeny na principu pronikání sondy přes testovaný materiál. Měří se síla potřebná k dosažení dané hloubky nebo celkové hloubky průniku. Čím větší síly jsou potřebné nebo čím menší je penetrační hloubka, tím odolnější je materiál. Odečítané hodnoty

jsou mírou tuhosti a houževnatosti vzorků. Rozlišujeme penetrometry s konstantním zatížením a konstantní rychlostí. Na penetrometrech s konstantním zatížením se sledují zejména konzistence tuků. U penetrometrů s konstantní rychlostí se měří síla potřebná k pronikání maticí. Na tom se podílí stlačení a stříh⁵⁵.



Obr. 15 Návaznost rheologických vlastností a metod¹¹⁴.

Kompresimetry testují reakci potravin proti stlačení. Lze s nimi měřit sílu potřebnou na vyvolání dané deformace nebo deformaci způsobenou danou silou. Při testování se obvykle nedosahuje hranice pevnosti⁵⁵. Principem metody je stlačení vzorku mezi podstavcem a pístem. Pro porovnání je potřeba použít testy s identickou plochou a výškou⁵⁵.

Mastikometry a texturometry napodobují procesy žvýkání v ústech. Měří křivky závislosti síly na čase jako kontinuální záznam spektra textury materiálu. Je možné je použít k testování tuhých případně polotuhých potravin⁵⁵.

Metodu texturní profilové analýzy (TPA) zavedl již v roce 1963 Friedman a tím dal do přímé souvislosti mechanické vlastnosti potravin s jejich texturním profilem¹¹⁶. Použití texturometru např. firmy General Foods vykazuje výborné korelace mezi instrumentálním a senzorickým měřením¹¹⁸. Interpretace křivek se totiž zakládá na klasifikačním systému, který vysvětluje složené mechanické parametry pomocí termínů používaných při senzorickém hodnocení. Korelační přiblížení pomáhá lépe pochopit fyzikální smysl znaků hodnocených senzoricky⁵⁵. Instrumentální měření vyžaduje nejméně dvojí stlačení testovaného vzorku a kvantifikaci mechanických parametrů ze zaznamenaných deformačních křivek (viz Obr. 16)¹¹⁸. Využitím metody dvojitého stlačení je možné změřit velké množství texturních znaků¹¹⁶. Metoda má simulovat chování potravin při žvýkání. Parametry jako je tvrdost, soudržnost, křehkost, pružnost a přilnavost je možné odečítat přímo z křivek. Gumovitost a žvýkatelnost je možné vypočítat^{55, 116}. Kromě texturometru, který vykazuje sinusové křivky, byl k provedení kompresních a krájecích testů pevných potravin použit Instron firmy ITW¹¹⁸⁻¹²⁰. Toto zařízení lze také použít na stanovení mechanických charakteristik¹¹⁹, např. pro stříhové, ohybové, extruzní, kompresivní, propichovací a jiné testy⁵⁵. Na spoluvytváření texturní profilové

analýzy, jejích aplikacích a popsáním vztahů mezi instrumentálními a senzorickými vlastnostmi se postupně podílelo několik autorů^{116, 119, 120}. TPA byla například použita k pozorování vlivu texturních vlastností plastických a elastických potravin na parametry žvýkání¹¹⁹.

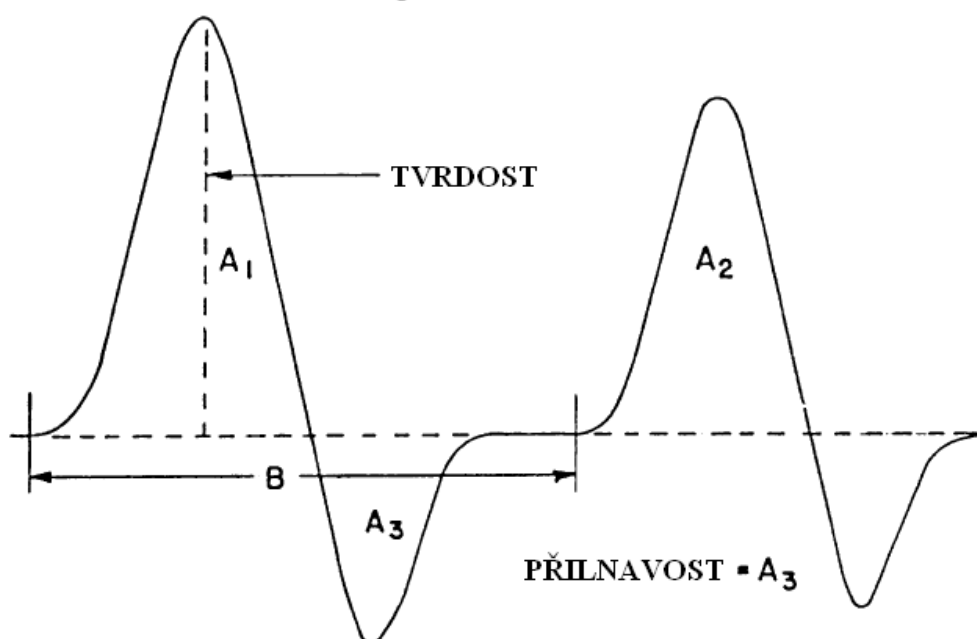
Měřením texturních vlastností širokého spektra různých typů potravin se v současnosti zabývá řada publikací. Instrumentální stanovení texturních vlastností bylo využito např. k určení kvalitativních znaků mléčných desertů a různých druhů sýrů, např. goudy¹²², čedaru¹²³, mexického manchega¹²⁴, sýrů s plísní na povrchu¹²⁵. Studium rheologie a vlivu zpracování na tavené sýry se zabývali Sanchez a kol.^{126, 127} a Lee a kol.¹²⁸. Ke stanovení vlivů teploty a chemického složení na texturu tavených sýrů byla také publikovaná řada prací^{25, 129, 130}.

V této práci byly pro sledování texturních změn tavených sýrů v důsledku sterilace a následného skladování použity metody texturní profilové analýzy a měření tuhosti metodou penetrace. Obě tyto metody byly provedeny na přístroji INSTRON 5544 (více viz 4.3.4).

$$\text{SOUDRŽNOST} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\text{PRUŽNOST} = C - B$$

$$C = \text{ČASOVÁ KONSTANTA}$$



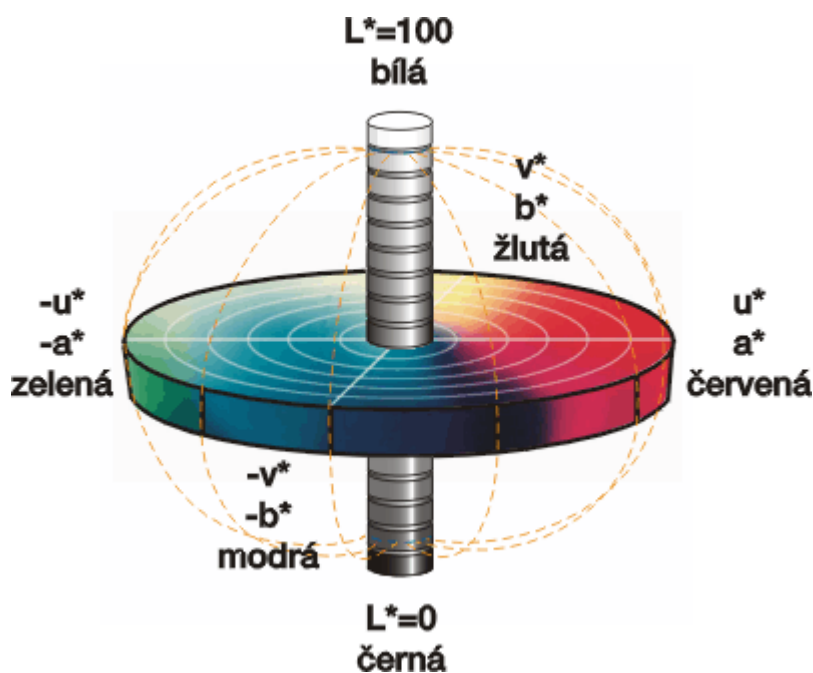
Obr. 16 Typická křivka texturometru^{55,118}.

2.6.4 Instrumentální měření barvy

Z fyzikálního hlediska je barva směsí záření o různých vlnových délkách, resp. jde o část spektra viditelného záření, odraženého předmětem, jehož barvu posuzujeme okem

pozorovatele. Barvu potravin lze hodnotit v zásadě dvěma způsoby: subjektivně (vizuální barevný vjem, tj. pomocí sensorického hodnocení), nebo objektivně pomocí přístrojů založených na měření fyzikálních vlastností: absorbance (pohltivosti), reflektance (odrazivosti) nebo transmitance (částečný průstup světla způsobený průsvitností materiálu)⁵⁸. V praxi jsou pro hodnocení barvy jako doplňku kvalitativního sensorického hodnocení používány instrumentální metody využívající kolorimetrie a spektrofotometrie²⁰.

Snaha přesné komunikace o barvě vedla k vývoji různých metod, které by umožnily číselné vyjádření barvy. Barva je zde kvantifikována pomocí řady vytvořených číselných stupnic v tzv. barevném prostoru. Barevným prostorem rozumíme způsob umožňující vyjádřit barvu objektu nebo světelného zdroje pomocí určitého typu zápisu, např. číselných hodnot (viz Obr. 17)^{131, 132}. Dvěma nejznámějšími metodami jsou barevný prostor XYZ, ohlášený v roce 1931, který je založen na trichromatických souřadnicích X, Y, Z, definovaných mezinárodní komisí pro osvětlování (Commission Internationale de l'Eclairage – CIE). Druhou je barevný prostor $L^*a^*b^*$ ohlášený v roce 1976, který zajišťuje lepší souhlas mezi měřenou a vizuální odchylkou. Kromě těchto stupnic existují i další, např. L^*C^*h , proto je nutné při kvantitativním uvádění barev udat i barevný prostor, který byl použit^{131–133}.



Obr. 17 Barevný prostor $CIE L^*a^*b^*$ ⁷⁰.

Jedním ze způsobů popisu barvy je využití těchto tří vlastností:

- Odstín je vlastnost, díky níž rozlišujeme jednu barvu od druhé. Červená se liší od zelené a žlutá od modré. Barvy v sousedním spektru se mohou mísit a získat tak plynulý přechod různých odstínů. Počátek a konec této řady na sebe navazují.

- Světlost popisuje barvu ve škále „tmavá – světlá“. Černá barva nabývá hodnoty 0, bílá hodnoty 100. Mezi nimi se nacházejí odstíny šedé, přičemž všechny tyto barvy jsou považovány za neutrální a v našem slova smyslu nemají odstín.
- Sytost popisuje barvu přechodem od neutrální šedé k čistému odstínu barvy při stále hodnotě světlosti. Můžeme také říci, že barva přechází od nevýrazného mdlého odstínu k sytému, jasnému nebo zářivému^{131, 132, 134}.

V barevném prostoru CIEL*a*b* světlost L* nabývá hodnot 0–100, souřadnice a*, b* jsou umístěné v horizontální rovině a odpovídají části spektra vlnových délek, odpovídajících pro a* červené až zelené barvě pro -a*; b* odpovídá žluté až modré barvě pro -b*.

V barevném prostoru L*C*h, vyjádřeném v cylindrických souřadnicích, světlost nabývá také hodnot 0–100, sytost C* je nulová ve středu barevného prostoru a zvyšuje se vzdáleností od středu. Odstín definovaný úhlem h je vyjádřen ve stupních s počátkem v ose +a*. 0° pro +a* představuje červenou, 90° pro +b* žlutou, 180° pro -a* zelenou a 270° pro -b* modrou barvu¹³¹⁻¹³⁴.

Hodnocení barvy patří v současnosti k nejvyužívanějším oblastem instrumentálního posuzování senzoryckých vlastností potravin. V praxi se používají různé přístroje pro měření barvy různých typů potravin a lze nalézt široké spektrum různých publikací.

Například v pracích zabývajících se masem¹³⁴ byly porovnávány vybrané parametry masa jehňat v závislosti na ročním období a způsobu výživy¹³⁵, nebo změny barvy během zrání masa po porážce¹³⁶. U masných výrobků^{134, 137} byly porovnávány vybrané kvalitativní parametry různých vepřových šunek¹³⁸, Sánchez-Molinero a kol.¹³⁹ provedli hodnocení zrání španělské šunky v modifikované atmosféře¹³⁹. Instrumentální měření barvy bylo také použito ke stanovení kvality emulgovaných masných výrobků¹⁴⁰, vlivu použití antioxidantů a modifikované atmosféry při skladování hovězí sekané¹⁴¹ a jiných masových polotovarů obsahujících extrakty z čaje nebo hroznových pecek¹⁴².

Řada autorů se zabývala skladováním různého druhu ovoce a zeleniny a také vlivy na produkty z nich vyrobené. Například Smilanick¹⁴³ kontroloval sytost barvy citrusových plodů během zrání a skladování, Clerici a kol.¹⁴⁴ studovali změny fyzikálních, chemických a technologických vlastností brazilského vlčího ovoce¹⁴⁴. Vybrané parametry šťáv z granátových jablek ošetřených vysokým hydrostatickým tlakem sledovali Ferrari a kol.¹⁴⁵. Zajímavým objektem je také víno a to jak z pohledu účinků vinného kvašení na jeho barvu¹⁴⁶, tak třeba z hlediska parametrů hroznového vína obohaceného stilbeny¹⁴⁷. Chili papričky skladované ve vakuově nebo hermeticky uzavřených obalech a jejich změny sledoval Duman¹⁴⁸. Olarte a kol.¹⁴⁹ testovali vliv expozice světlem a prostupnosti ochranné fólie na kvalitativní parametry brokolice a květáku. Barevný prostor CIExyz byl použit ke stanovení vztahu mezi karotenoidními a chlorofylovými barvivy a barvou olivových olejů z osmi různých odrůd v různých stádiích zralosti¹⁵⁰. Z ostatních potravin bylo vyjádření barvy pomocí prostoru CIEL*a*b* použito např. ke stanovení bělosti obilných a luštěninových

mouk¹⁵¹, modelování vzniku hnědých skvrn na povrchu bramborových chipsů¹⁵² nebo k charakterizaci parametrů strouhanky použité jako suroviny při výrobě náplní do těstovin¹⁵³. Guyomarc'h a kol.¹⁵⁴ pozorovali 23 kmenů bakterií *Brevibacterium linens* z hlediska intenzity pigmentace v závislosti na expozici světlem, resp. skladování ve tmě. Tyto kultury jsou důležité z hlediska vzniku aromatických sloučenin plísňových sýrů⁸⁰ a sýrů s mazem na povrchu.

Z dostupné literatury je zřejmé, že uvedené metody¹³³ mají široké použití také při hodnocení různých parametrů, vlivů a změn přírodních i tavených sýrů a jiných mléčných výrobků. Byly např. použity při posouzení změn jasnosti přehřátých syrovátkových gelů s různým obsahem vápníku¹⁵⁵.

Změnou barvy polotvrdého ovčího sýra v závislosti na době zrání a použití pasterovaného nebo sterilovaného mléka se zabývali Avila a kol.²². Pillonel a kol.²³ použili instrumentální měření barvy k porovnání rozdílů zbarvení evropských sýrů ementálského typu.

Mezi častější patří publikace týkající se různých způsobů prodloužení trvanlivosti sýrů, jako je např. vliv vysokotlakého ošetření na skotský čerstvý¹⁵⁶ a kozí sýr¹⁵⁷, tepelný záhřev tureckého sýra „Kulek“¹⁸, ošetření γ -zářením Feta sýru¹⁷³ nebo také použití modifikované atmosféry při balení sýrů s plísní na povrchu¹⁵⁸.

Dalším okruhem jsou publikace věnované změnám sýrů nastalým během skladování nebo úpravy před konzumací. Sem patří stanovení vlivu světla a teploty na barvu a oxidační stabilitu tavených⁷³, plátkovaných⁷⁸ či polotvrdých sýrů⁸³, studium změn během pečení mozzarely nebo čedaru²⁰ či vlivu různých faktorů ovlivňujících obsah redukujících cukrů a aminoskupin jako prekursorů neenzymového hnědnutí tavených sýrů⁷⁷. K méně početným pracím zabývajícím se tavenými sýry patří také sledování efektu tavicích solí¹⁹ nebo parametrů analogů tavených sýrů vzniklých nahrazením podílu mléčného tuku tukem rostlinným⁶⁸.

V této práci byla pro sledování barevných změn tavených sýrů v důsledku sterilace a následného skladování použita metoda reflexní spektrofotometrie. Reflexní spektrofotometrie slouží k běžnému měření barvy, poskytuje výsledky, které jsou blízké vizuálnímu vjemu. Výstupní informací reflexního měření jsou hodnoty reflektancí. Reflektance je poměr intenzity odraženého světla k intenzitě světla dopadajícího vyjádřený v procentech a je závislá na vlnové délce a tloušťce měřeného vzorku. Reflektance se měří v celém rozsahu viditelného světla, tj. od 400 do 760 nm a pomocí složitých vztahů se z hodnot pro celé spektrum vypočítávají veličiny systémů CIEL*a*b* a L*C*h. Současné spektrometry dokáží všechny tyto veličiny ve zlomku sekundy vypočítat a udávají je přímo jako výsledek. Předností této metody je nedestruktivní charakter, rychlost a relativní jednoduchost¹⁵⁹.

2.6.5 Senzorické hodnocení

Senzorická analýza (senzorické hodnocení) je nejčastěji definována jako analytická metoda, při níž se sensorické (dříve tzv. organoleptické) vlastnosti stanoví výhradně pomocí lidských smyslů. Sensorická kvalita není tvořena jednou vlastností, ale je složená z mnoha znaků vnímaných samostatně lidskými smysly. Jednotlivé vjemy jsou pak spojeny v mozku v celkový a komplexní dojem kvality¹⁶⁰.

Senzorická analýza využívá k charakterizaci fyzikální matrice reakce pěti základních smyslů, zraku, sluchu, čichu, chuti a hmatu (taktilního a kinestetického smyslu). Vědecky zkoumá, měří, analyzuje a interpretuje psychologické odpovědi na fyzikální a chemické podněty a náleží tedy do speciální oblasti psychofyziky¹⁶¹. Katz vyzoroval, že počet sensorických vjemů nemusí souhlasit s počtem fyzikálních vlastností a že spojení vjemů je podvědomé. Citováno¹¹⁸ Při stanovení sensorické kvality se u vzorků většinou hodnotí: vzhled a barva, chuť a vůně (často označovány souhrnným anglickým termínem flavour) a konzistence (textura). Všechny tyto charakteristiky spolu vzájemně souvisejí. Jejich prolínání je jednoduše znázorněno na Obr. 18.



Obr. 18 Schématické znázornění sensorické kvality potravin¹⁶⁰.

Senzorická analýza je dnes považována za neodmyslitelnou součást výzkumu, vývoje a každodenní praxe v potravinářských i nepotravinářských organizacích. Vedle zkoušení fyzikálního, chemického a mikrobiologického je nezastupitelnou součástí hodnocení kvality surovin, polotovarů a hotových výrobků v potravinářském průmyslu, uplatňuje se také při kontrole obalových materiálů používaných v potr. průmyslu, při kontrole krmiv, v textilním průmyslu, při kontrole kvality ovzduší, pitné vody a v dalších oborech¹⁶².

Pro provádění sensorického hodnocení je vypracována řada metod. Jejich cílem je na základě subjektivních názorů jednotlivých posuzovatelů získat objektivní informace o vzorcích. Proto jsou metody vždy prováděné skupinou posuzovatelů a výsledky jsou zpracovány statisticky. Značná část metod je normalizovaná, tj. jejich průběh a požadavky stanovují ČSN. Metody používané při sensorickém hodnocení lze obecně rozdělit na dva základní typy: jednodušší jsou tzv. rozlišovací zkoušky, používané ke stanovení rozdílu mezi předkládanými vzorky a složitější tzv. deskriptivní (popisné) zkoušky, používané k identifikaci, příp. i kvantifikaci jednotlivých sensorických znaků přítomných ve vzorku. To již vyžaduje více zkušeností a pozornosti. Deskriptivní analýza tedy může být použita ke kvalitativnímu i kvantitativnímu rozlišení jednotlivých druhů sýra a k popisu vztahů mezi sensorickými a instrumentálními technikami. Vyžaduje vypracované techniky a jasné názvosloví popisující jednotlivé vlastnosti^{114,163}. Ke správné definici pojmů a popisu jednotlivých sensorických ukazatelů produktu nebo komodity slouží tzv. lexikony. Je to soubor slov vytvořený expertními hodnotiteli v daném oboru, který lze použít k deskriptivnímu sensorickému hodnocení, ale také k upřesnění definic pojmů při dalších sensorických zkouškách. Jedná se tedy o specifický technický slovník. Umožňuje vytvořit jednotné názvosloví pro komunikaci hodnotitelů a tím usnadňuje vyhodnocování výsledků^{61, 164, 165}.

Z širokého spektra metod, které lze použít pro sensorické hodnocení potravin, pro hodnocení sensorických vlastností vzorků tavených sýrů v experimentální části této práce byla použita pořadová zkouška (ČSN ISO 8587¹⁷⁹), párová porovnávací zkouška (ČSN EN ISO 5495¹⁷⁸) a hodnocení pomocí sedmibodové ordinální stupnice hédonického typu (ČSN ISO 4121¹⁸⁰).

2.6.5.1 Textura

Textura je spolu s vůní a chutí (flavourem) považována za nejdůležitější součást sensorické kvality potravin¹⁶⁶. Dojem, který daná potravina vyvolává, je významně ovlivněn vnímáním textury při konzumaci. Odvětví fyziky, které se zabývá deformací a tokovými vlastnostmi pevných i kapalných materiálů, se nazývá rheologie. Rheologické chování potravinářských materiálů je v přímé souvislosti s jejich texturními vlastnostmi. Z hlediska struktury a rheologických vlastností jsou potraviny komplexními materiály, složené ze směsi pevných a kapalných struktur⁵⁵. Textura zahrnuje všechny rheologické a strukturní vlastnosti (geometrické i povrchové), které jsou vnímatelné mechanickými, taktilními, vizuálními a sluchovými receptory^{114, 167}. Lze ji také definovat jako smíšený pocit vycházející z vnímání pokožky úst při přijímání potravin a nápojů v souvislosti s hustotou, viskozitou, povrchovým napětím a ostatními fyzikálními vlastnostmi daného vzorku¹¹⁶. Podle Szczesniakové¹¹⁸ je textura sensorickým a funkčním projevem strukturních, mechanických a povrchových vlastností potravin, zjišťovaným pomocí zraku, sluchu, taktilního a kinestetického smyslu. Z fyzikálního hlediska jde o způsob uspořádání a kombinaci složek a strukturních prvků potraviny v mikrostruktuře a makrostruktuře a vnější projev struktury ve formě toku a deformace⁵⁵ jako výsledek působení sil větších než gravitace (viz Tabulka 4)¹⁶⁰.

Tabulka 4 Klasifikace textury ve vztahu k síle potřebné k zahájení toku¹⁶⁰.

	Rheologické nebo fyzikální termíny (gravitační síla)		
Psychologické nebo senzorické termíny	Do 1,0 g (kapaliny)		Vyšší než 1,0 g
	Newtonovské	Nenewtonovské	
Zrak (tok, roztíratelnost)	Viskozita	Konzistence	
Pocit (v ústech, mezi prsty)			Textura
Chuť a čich	Flavour – „chutnost“ – chuť, vůně, aroma		

Texturu, stejně jako jiné senzorní vlastnosti, mohou vnímat a popsat pouze lidé. Na rozdíl od ostatních senzorních charakteristik (chuti a vůně), pro texturu neexistuje pouze jeden specifický receptor, má tedy víceparametrovou povahu¹¹⁸. Komplexně je zkoumána senzorní analýzou¹¹⁴. Senzorické profilování zahrnuje hodnocení mezi prsty a uvnitř ústní dutiny od prvního skousnutí přes žvýkání a polykání až po následný pocit v ústech a krku^{118, 167}. Studie z padesátých let minulého století předpokládaly, že kinestetické vjemy jsou důležitější pro měkké potraviny a taktilní vjemy pro tvrdé potraviny¹¹⁸.

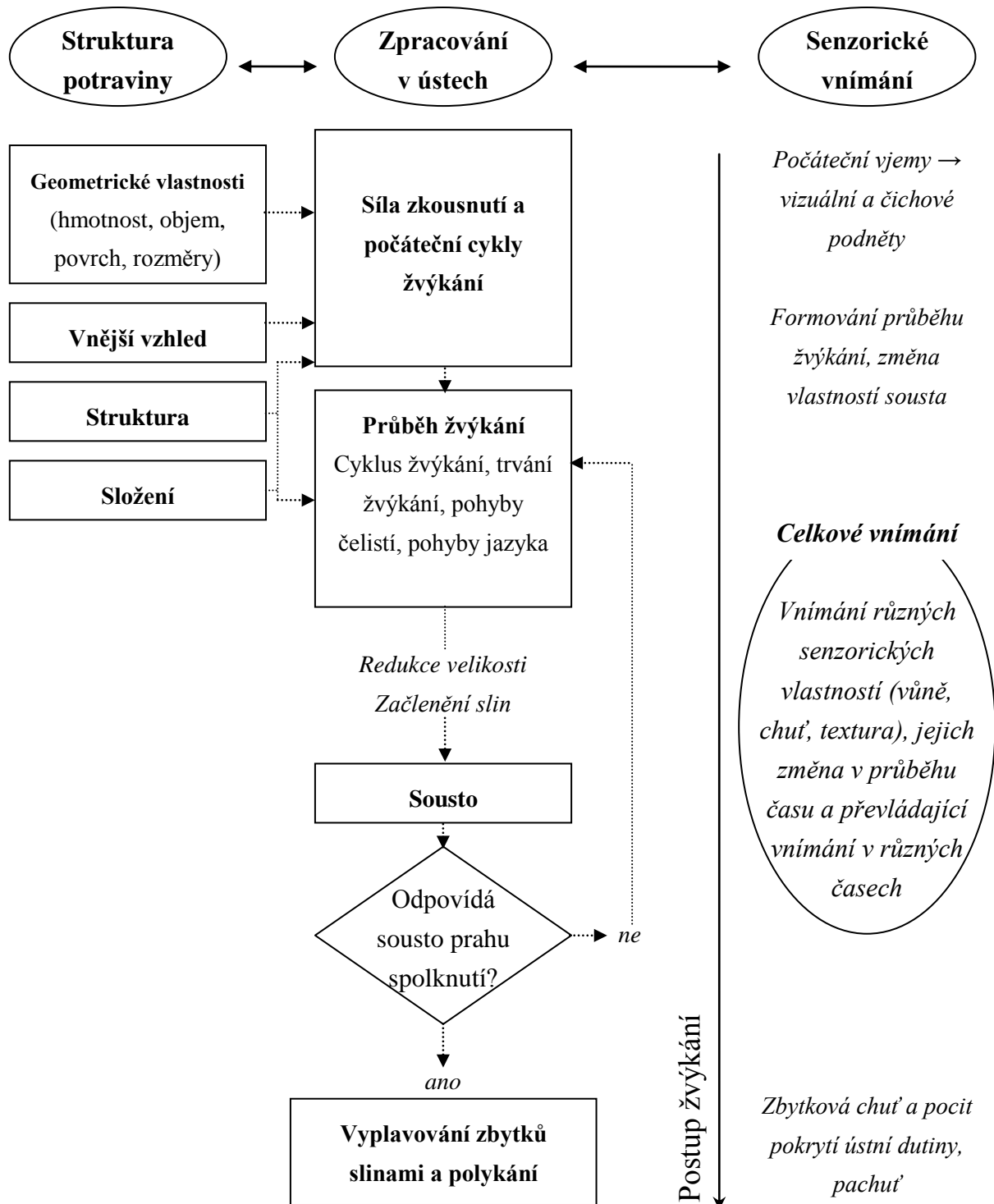
Mezi kinestetické (mechanické) vlastnosti patří tvrdost, soudržnost a pružnost, mezi taktilní (geometrické) vlastnosti pocit v ústech, jemnost, písčitosť a vlhkost. Kromě hodnocení v ústech lze mnohé tyto vlastnosti zkoumat také pomocí rukou¹¹⁵. Foegeding a Drake¹⁶ publikovali soupis pojmů popisujících sýry. Definice mají zajistit, aby vnímání jednotlivých pojmů spojených s texturou bylo jednotné a pro všechny hodnotitele stejné. Charakteristiky byly zkoumány v ruce, při prvním ukousnutí i vícenásobném kousání.

Dynamický model¹¹⁶ vnímání textury potravin je založen na procesu rozpadu potravin na jednotlivé složky během zpracování v ústech. Tento model zahrnuje tři rozměry:

- Struktura – mechanické a rheologické chování potravin¹¹⁶. Mechanická struktura určuje vlastnosti vnímané při ukousnutí a žvýkání. Komplexním způsobem tak ovlivňuje smyslové vnímání⁵⁵.
- Zvlhčení (lubrikace) – působení slin, vnímání v ústech.
- Čas – posloupnost operací při zpracování potravin v ústech¹¹⁶.

Žvýkání je komplexní proces, při němž díky rytmickým pohybům čelistí dochází k rozměňování částic sousta a jeho zvlhčení tak, aby se usnadnilo polykání sousta. Na zpracování v ústech se podílejí hlavně čelisti (horní a dolní) a jazyk, v menší míře pak rty a tvářové svaly. Souhra těchto součástí je koordinována mozkovým kmenem. Průběžnou zpětnou vazbu o stavu zpracování sousta podávají různé druhy hmatových receptorů. Jedná se například o kinestetické receptory jako jsou svalová vřeténka, kloubové mechanoreceptory a ozubnicové receptory, taktilní a chuťové receptory^{118, 166}. Na základě této odezvy se žvýkání

průběžně přizpůsobuje okamžitému stavu sousta. V případě měkkých částic se velikost vhodná pro polknutí pohybuje pod hranicí 2 mm. Žvýkání ovlivňuje struktura, složení, vzhled, velikost a tvar potraviny. Díky odezvám při žvýkání je vnímána jak textura, tak i chuť a vůně¹⁶⁶.



Obr. 19 Celkový přehled vztahů mezi vlastnostmi potravin, zpracováním potraviny v ústech a senzorickým vnímáním¹⁶⁷.

Většinu mechanických vlastností vnímáme pomocí zubů. Zuby jsou umístěny v zubních jamkách (alveolách¹¹⁶) a k čelisti jsou připevněny tuhým vazivem (ozubicí), které vyplňuje štěrbinu mezi zubní jamkou a kořenem zubu. Ozubnicový vaz umožňuje vnímání taktilního smyslu a tlaku. Pokud je na zub vynaložen tlak, zub se jemně pohybuje v lůžku a natahuje ozubnicové vazy. Tak je tomu například při kousání nebo žvýkání. Nervová vlákna pak předají informaci do centrálního nervového systému a ten vyhodnotí texturní vlastnosti. Dospělý chrup sestává celkem z 32 zubů a zahrnuje řezáky, špičáky, zuby třenové a stoličky. Každý druh zubu má jiný účel. Řezáky slouží k řezání a krájení, špičáky k trhání, zuby třenové a stoličky ke žvýkání, drcení a rozměňování potravy¹¹⁶. Různá měření síly skusu ukázala, že síla vynaložená ke kousání dosahuje hodnot mezi 110–370 N¹¹⁶. Toto poměrně široké rozmezí vysvětluje častou rozdílnost vnímání stejných potravin různými konzumenty. Velikost síly skusu se liší i mezi jednotlivými druhy zubů¹¹⁶.

Pro konzumaci potravin je také nezbytná přítomnost slin. Sliny jsou komplexní heterogenní tekutina složená zhruba z 98 % vody a 2 % organických a anorganických sloučenin jako jsou elektrolyty, enzymy, sliz, glykoproteidy, proteiny, antibakteriální sloučeniny a pod. Přírodní pH slin je téměř neutrální, průměrně u zdravého jedince 6,75 (5,6 – 7,6), a může se měnit během dne¹¹⁶. Exkreci slin mohou stimulovat čichové, zrakové, sluchové, hmatové, chuťové a myšlenkové podněty¹⁶⁶. Produkce slin je významně ovlivněna věkem, kondicí a používáním drog¹¹⁶. Sliny mají zásadní úlohu v procesu zpracování potravin a v udržení zdraví ústní dutiny. Mají tyto fyzikální funkce a biologické výhody:

- Pomáhají udržovat celistvost zubů.
- Zvlhčují potravinu.
- Hlavní funkční složkou jsou muciny – dlouhé extracelulární glykoproteidy s molekulovou hmotností od 0,5 do 20,0 MDa. Muciny jsou vysoce glykosidované, obsahují okolo 80 % uhlovodíků, zejména N-acetylgalaktosaminu, N-acetylglukosamin, fukosy, galaktosy, kyseliny salicylové a stopová množství manosy a síranů. Jejich hlavní role je ve zvlhčování a změkčování sousta¹⁶⁷.
- Působí pufrálně a protibakteriálně (lysozym).
- Zlepšují chuť¹¹⁶ – chuťově aktivní látky se nejprve rozpustí ve slinách a následně se dostávají do chuťových pohárků¹⁶⁶. Sliny reagují s komponenty sousta, způsobují vytváření nebo rozpad struktur (vloček neutrálních a slabě nabitých částic). Tím se vytvoří emulze a zvýší sensorické vnímání¹¹⁶.
- Napomáhají uvolňování aroma.
- Zlepšují trávení – přítomná α -amyláza ihned štěpí škrob na nižší cukry. Tím se potravina lépe mísí a stává se stravitelnější v žaludku.

Výsledky měření využívající syrové analogy naznačily, že vlhkost a tuk hrají v určování textury klíčovou roli. Změkčují totiž bílkovinnou matici a poskytují křehkost, díky které se

sýr rozpadá na menší fragmenty. Všechny tyto charakteristiky jsou vnímány během žvýkání. Zatímco sensorická odpověď je dána souhrnem mnohých vjemů, fyzikálně-chemická měření¹⁶⁷ obsáhnou pouze část vlastností vnímaných v ústech¹¹⁶ a jsou pouhými aproximacemi v určitém bodu před konzumací nebo během ní¹⁶⁷. Obecně lze říci, že způsob rozrušování a zpracování potraviny v ústech ovlivňuje vnímání potraviny a toto vnímání je ovlivněno mnoha faktory jako je věk, fyziologický stav a okolnosti konzumace. Sensorické vnímání probíhá během celého procesu žvýkání, a je to tedy časově závislý proces¹⁶⁶.

Senzorickým hodnocením textury různých sýrů a jiných mléčných výrobků se zabývala řada autorů, většinou v kombinaci s instrumentálním měřením. Např. Vickers a Mullan¹¹⁵ provedli profilový a konzumentský test porovnávající plnotučný a odtučněný sýr. Z vyhodnocení obou těchto testů vyplynulo, že konzumenti dávají přednost plnotučným sýrům. Dále sledovali souvislost mezi preferencemi spotřebitelů, množstvím zkonsumovaného sýra a obsahem zkonsumovaných výživových složek v závislosti na tučnosti taveného sýra. Použili devítibodovou hedonickou stupnici, kdy krajní hodnoty odpovídaly hodnocení \Rightarrow chutná mi velmi \Rightarrow nechutná mi vůbec. Byl-li sýr hodnocen o jeden stupeň lépe, zkonsumované množství se navýšilo o 10–20 %. Zjištění koresponduje s faktem, že tavení tukových krystalků je endotermický děj. V ústech tedy vytváří příjemný chladivý pocit, který je důležitou složkou mnohých tučných potravin⁴⁴. Příjemné pocity spojené s konzumací potravin s vysokým obsahem tuku zahrnují jak chuť a vůni, tak i konzistenci (hladkost, jemnost, krémovost, rozpouštění v ústech atd.)⁴⁴. Celkový obsah tuku a stavební vlastnosti emulze mají pravděpodobně rozhodující vliv na konzistenci a vnímání většiny mléčných výrobků v ústech. Mléčný tuk obsahuje mnoho přirozeně se vyskytujících sloučenin a jeho přítomnost v potravine může měnit také vnímání ostatních netukových chuťových látek. Vztahy mezi texturními vlastnostmi a vnímáním souvisejícím s chutí jsou velmi složité. Proto je pro pochopení faktorů ovlivňujících vnímání chuti a vůně emulgovaných potravin vhodné sledovat jak fyzikálně-chemické, tak i sensorické vlastnosti⁴⁴.

Arltoft a kol.¹⁶⁸ sledovali vliv přídavku pektinu na texturu mléčných desertů stanovenou jak instrumentálně, tak i sensoricky. Stanovení vlivu modifikované atmosféry při balení na kvalitu a dobu trvanlivosti sýrů s plísní na povrchu prováděli Rodriguez-Aguilera a kol.¹²⁵. Porovnání sensorického a instrumentálního stanovení parametrů mexického sýra Anejo publikovali Hernandez-Morales a kol.¹⁷.

U tavených sýrů byl zkoumán vliv efektu tavicích solí^{19,169}, teploty a chemického složení tavených sýrů^{25, 129, 130} a vliv pH¹⁷⁰ na sensorickou kvalitu produktů. Studium vlivu zpracování na rheologické vlastnosti tavených sýrů se zabývali Sanchez a kol.^{126, 127} a Lee a kol.¹²⁸.

2.6.5.2 Barva

Barva je sensorický vjem, který vytváří viditelné světlo dopadající na sítnici lidského oka. Jak již bylo zmíněno, fyzikálně je barva směsí záření o různých vlnových délkách a barevné

vidění je způsobené schopností našeho zraku rozlišovat různé vlnové délky elektromagnetického vlnění¹⁷¹. Je třeba si uvědomit, že barva není vlastností materiálu, hmota má pouze schopnost absorbovat, odrážet nebo propouštět elektromagnetické vlny, barvy tedy existují jen v lidském mozku. Barva, přesněji řečeno to, co člověk jako barvu vnímá, závisí na mnoha faktorech; mezi hlavní patří¹⁶³:

- spektrální složení dopadajícího světla a směr jeho dopadu,
- vlastnosti povrchu pozorovaného předmětu,
- vlastnosti pozorovatele (např. kvalita zraku, přizpůsobení okolnímu světlu, věk),
- směr pohledu pozorovatele.

Zdrojem přírodního (denního) světla je slunce. Vzhledem k tomu, že jeho charakter je velmi proměnlivý během dne i roku, pro sensorické hodnocení bývá nezbytné použití různých zdrojů umělého světla. Jejich velkou nevýhodou je však většinou odlišné spektrální složení, než má světlo sluneční, proto musí být použitý světelný zdroj přesně definován. Norma ČSN ISO 11037⁹⁶ uvádí doporučené světelné zdroje s korelovanou barevnou teplotou, vhodné pro použití při sensorickém hodnocení.

Zrakové vjemy jsou pro sensorickou jakost potravin velmi důležité, protože dávají první sensorické informace, které často rozhodují o konzumaci výrobku. Zachycený zrakový podnět je odeslán do mozku ke zpracování. Pokud mozek tuto informaci vyhodnotí jako zajímavou, vydá pokyn s předmětem se podrobněji seznámit i ostatními smysly, čichem, hmatem, ochutnáním, případně sluchem. Pokud mozek i další informace vyhodnotí jako uspokojivé a předmět je identifikován jako žádoucí vhodná potrava, může dojít k přímé konzumaci. Barva potravin musí být v konzumentem očekávaném rozmezí a přijatelnost je hodnocena v rámci tohoto rozmezí. Pokud je barva nepřijatelná, pak ani dva další hlavní parametry kvality, flavour a textura, nebudou hodnoceny dobře¹⁷².

Barva je zvláště důležitým faktorem u mléčných výrobků. Sensorickým hodnocením barvy a ostatních parametrů mexického sýra Anejo se zabývali např. Hernandez-Morales a kol.¹⁷. Většinou omezená doba trvanlivosti mléčných výrobků vede řadu autorů ke studiu faktorů, které mohou sloužit k prodloužení použitelnosti různých druhů sýra. Barevné změny způsobené ošetřením γ -zářením Feta sýra popisují Konteles a kol.¹⁷³ Rodriguez-Aguilera a kol.¹⁵⁸ testovali použití modifikované atmosféry pro uchování sýrů s plísní na povrchu. Cunha a kol.¹⁹ sledovali vliv tavicích solí na barvu a celkovou sensorickou kvalitu tavených sýrů.

2.6.5.3 Flavour

Flavour bývá nejčastěji definován jako sensorický vjem, zahrnující kombinaci chuti, vůně, pocitu bolesti, tepla a chladu a taktilních pocitků v ústní a nosní dutině¹⁶². Zatím neexistuje adekvátní český překlad, někteří autoři navrhují používat termín „chutnost“ nebo také „komplexní chuťový vjem“¹⁷⁴. Za hlavní složku flavouru je považována vůně (aroma), která se na celkovém vjemu podílí cca ze 70–85 %¹⁶². Je to proto, že člověk je schopen vnímat

pouze čtyři, podle některých autorů pět, základních chutí (sladká, slaná, kyselá, hořká a umami), ale pravděpodobně až několik set různých vůní a pachů, které se doposud nepodařilo uspokojivě popsat a klasifikovat. Z uvedené definice vyplývá, že komplexní popis flavouru potraviny lze získat pouze sensorickým hodnocením¹⁶².

Veškeré procesy probíhající při zpracování potraviny v ústech (popsané v kapitole 2.6.5.1) jsou nezbytné i pro vnímání flavouru. Sousto se postupně ohřívá a ovlhčuje slinami, čímž dochází k rozpouštění chuťových složek a vytěkání aromaticky aktivních látek. Takto mohou proniknout k chuťovým, resp. čichovým receptorům a teprve potom je možné jejich sensorické vnímání¹⁶⁶. Při sensorickém hodnocení je tedy nutné sousto nějakou dobu žvýkat (min. 5 sekund), u tekutých vzorků se pohyby jazyka a tváří posunuje doušek tak, aby byla smočena celá ústní dutina, a sleduje se vývoj chuti a aroma. Vzorky se pokud možno polykají, protože i pocity při polykání a po spolknutí patří k celkovému vjemu flavouru¹⁶⁶.

Existuje řada prací, které se zabývají studiem tvorby a změnami flavouru různých druhů sýra v průběhu zrání, skladování nebo vlivem technologických postupů. Např. Hernandez-Morales a kol.¹⁷ studovali sensorické parametry mexického sýra Anejo. K tomuto účelu vytvořili tým 13 expertů a lexikon o 20 deskriptorech, který byl následně použit ke stupnicovému hodnocení. Nejhůře hodnocené sýry vykazovaly např. rybí, hořkou a zatuchlou vůni. Práce Aydemira a kol.¹⁸, zabývající se sensorickými ukazateli tureckého sýra Kulek, neprokázala změnu aroma vlivem tepelného ošetření mléka a použití startovacích kultur. Také použití modifikované atmosféry u sýrů s plísní na povrchu¹²⁵ neprokázalo vliv těchto postupů na výsledný flavour produktu.

Publikace Cunha a kol.^{19, 68} patří mezi méně početné práce zabývající se flavourem tavených sýrů. První sleduje efekt tavicích solí použitých pro výrobu tavených sýrů¹⁹, druhá parametry analogů tavených sýrů vzniklých nahrazením podílu mléčného tuku tukem rostlinným⁶⁸.

Také Drake a kol.⁶¹ se věnovali flavouru tavených sýrů a jejich imitací ze sensorického hlediska. Ve své práci se pokusili vytvořit lexikon termínů (deskriptorů), na jejichž základě bude možné nejen kompletně popsat flavour tavených sýrů, ale také rozlišit jednotlivé typy tavených sýrů, případně je odlišit od imitací. Podle něj flavour tavených sýrů pochází především ze surovin použitých pro výrobu (bezprostřední vliv má typ, množství a stupeň prozrálости použitého přírodního sýra), ale pravděpodobně je také ovlivněn záhřevem během tavení. Z toho vyplývá možnost obrovské variability flavouru různých typů tavených sýrů. Vytvořený slovník nakonec obsahoval 12 deskriptorů pro aroma: sladké/aromatické, po převařeném mléce (cooked/milky), syrovátkové, po oxidovaném tuku (fatty/oxidized), po lepence (cardboard), po karamelizovaném sýru (caramelized/toasted cheese), po mléčném tuku, ovocné, sírové, po volných mastných kyselinách, po bujónu (brothy) a mátové, doplněný o 5 základních deskriptorů chuti (sladká, slaná, kyselá, hořká a umami). Za klíčovou pro flavour tavených sýrů Drake a kol.⁶¹ považují slanou chuť.

3 CÍLE

Cílem disertační práce bylo sledování vybraných fyzikálních, chemických a sensorických ukazatelů vhodných k posouzení změn v modelové potravinářské matici a to v závislosti na způsobu technologického zpracování a podmínkách následného uchovávání.

Dílčí cíle práce:

- výběr ukazatelů vhodných k posouzení změn vybrané potravinářské matrice,
- výběr a optimalizace metod vhodných pro jejich sledování,
 - instrumentální stanovení textury a barvy,
 - sensorické posuzování textury, barvy a flavouru,
 - stanovení těkavých aromaticky aktivních látek,
 - stanovení mastných kyselin,
- sledování vlivu sterilačního záhřevu na vybrané fyzikální, chemické a sensorické ukazatele,
- sledování vlivu teploty a doby skladování na vybrané fyzikální, chemické a sensorické ukazatele,
- vyhodnocení trvanlivosti, kvality a použitelnosti sledované matrice po dlouhodobém skladování za různých podmínek.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Vzorky

Jako modelová matrice pro sledování změn fyzikálních, chemických a sensorických ukazatelů v závislosti na způsobu zpracování a uchování byly vybrány tavené sýry, speciálně pro naše účely vyrobené ve společnosti MADETA a. s. Deklarované hodnoty taveného sýru byly: sušina 40 % (w/w), tuk v sušině 45 % (w/w). Pro výrobu byly použity suroviny: směs přírodních sýrů, máslo, tvaroh, voda a tavicí soli. Tavicí teplota byla 91 °C, celková doba tavení (od okamžiku započetí záhřevu po zahájení vypouštění) 5 min. Tavenina byla strojově plněna do 100-gramových laminovaných hliníkových obalů s přivařitelným víčkem. Pro následné testování byly použity dvě řady tavených sýrů (označené I a II).

Po naplnění byly sýry z obou šarží rozděleny na dvě části. První byla během dvou hodin ochlazená na 10 °C a označena jako „pasterované tavené sýry – P“. Druhá část tavených sýrů byla sterilována ve sterilátoru LUBECA při teplotě 117 °C s výdrží 20 minut. Doba do dosažení sterilační teploty byla 10 minut a doba zchlazení na cca 25 °C činila 20–25 minut. Tato skupina vzorků byla označena jako „sterilované tavené sýry – S“. Do doby první analýzy byly vzorky uchovány při teplotě 6 ± 2 °C¹⁷⁵.

Po první analýze byly pasterované tavené sýry a třetina sterilovaných sýru uchovávána při téže chladírenské teplotě (6 ± 2 °C, vzorky označené L). Zbylé dvě třetiny sterilovaných tavených sýrů byly uchovány při skladové (23 ± 2 °C, vzorky označené S) a zátěžové teplotě (40 ± 2 °C, vzorky označené T).

V pravidelných intervalech byly odebírány vzorky jednotlivých sýrů pro stanovení vybraných parametrů podle níže popsaných metod. Pasterované sýry byly skladovány po dobu jednoho roku, sterilované po dobu dvou let. Intervaly odebírání vzorků viz *Tabulka 5*.

Tabulka 5 Harmonogram odběru analyzovaných vzorků tavených sýrů.

Intervaly odebírání vzorků (měsíc/rok)	12/2005	02/2006	03/2006	06/2006	11/2006	03/2007	10/2007
Doba skladování (měsíce)	0	3	4	6	12	16	23

4.2 Laboratorní vybavení

4.2.1 Chemikálie

Pro stanovení aromaticky aktivních látek byly použity následující standardy, všechny v čistotě p.a.: 1-okten-3-ol (Fluka, Švýcarsko); 3-hydroxybutan-2-on (= acetoin, Merck, Německo); acetaldehyd (Merck, Německo); aceton (Lachema, ČR); benzaldehyd (J.T. Baker,

Holandsko); butan-1-ol (Lachema, ČR); butan-2,3-dion (Fluka, Švýcarsko); dekan-1-ol (Merck, Německo); dimethyldisulfid (Sigma-Aldrich, Německo); dimethylsulfid (Sigma-Aldrich, Německo); dimethyltrisulfid (Sigma-Aldrich, Německo); ethanol (J.T. Baker, Holandsko); fenylacetaldehyd (Sigma-Aldrich, Německo); fenylethanol (Merck, Německo); fenylethylacetát (Sigma-Aldrich, Německo); heptanal (Sigma-Aldrich, Německo); hexanal (Sigma-Aldrich, Německo); hexan-1-ol (Merck, Německo); heptan-2-ol (J.T. Baker, Holandsko); 2-methylpropanová kyselina (Merck, Německo); 3-methylbutanová kyselina (Merck, Německo); kapronová kyselina (Merck, Německo); kaprylová kyselina (Merck, Německo); butanová kyselina (Lachema, ČR); methanol (Lachema, ČR); n-heptan (J.T. Baker, Holandsko); nonan-2-on (Merck, Německo); octová kyselina (Lachema, ČR); oktan-1-ol (Merck, Německo); pentan-2-ol (Lachema, ČR); pentan-2-on (Merck, Německo); propan-2-ol (Merck, Německo); propanová kyselina (Merck, Německo); propionaldehyd (Merck, Německo); undekan-2-on (Merck, Německo); 2-methylpropanol (Merck, Německo); butan-2-on (Merck, Německo); 3-methylbutanal (Sigma Aldrich, Německo).

Pro stanovení obsahu tuku a složení mastných kyselin byly použity: pro extrakci tuku ze vzorku diethylether p.a., petrolether p.a., kyselina chlorovodíková p.a. (Lachema, ČR); ethanol p.a. (J.T. Baker, Holandsko); pro přípravu methylesterů mastných kyselin methanol p.a., hydroxid draselný p.a., kyselina sírová 96%, síran sodný bezvodý p.a. (Lachema, ČR); indikátor methylořanž (Merck, Německo); n-heptan p.a. (J.T. Baker, Holandsko). Standard pro stanovení mastných kyselin Supelco® 37 Component FAME Mix (Sigma-Aldrich, Německo).

4.2.2 Přístroje a pomůcky

Bylo využito běžné laboratorní sklo Simax (Kavalier, ČR); vialky, šroubovací uzávěry, septa (Chromservis, ČR); automatické pipety (Biohit, Finsko); topné hnízdo LTHS 100 (Brněnská Drutěva, ČR), nádobí a pomůcky pro senzorkou analýzu.

Příprava vzorků: chladnička s mrazničkou Amica AD 250; analytické digitální váhy (Helago, Itálie); předvážky (Helago, Itálie); vodní lázeň (Labortechnik medingen, Německo); sušárna Memmert (Fisher Scientific, ČR).

SPME-GC a SPME-GC-MS analýza: SPME vlákno CARTM/PDMS 85 μm (Supelco, USA); plynový chromatograf TRACETM GC (ThermoQuest, Itálie) s plamenově ionizačním detektorem a split/splitless injektorem; plynový chromatograf GC 8000 series (Carlo Erba, Itálie) s hmotnostním detektorem MS TRIO 1000 (Fisons Instruments, USA); kapilární kolona DB – WAX o rozměrech: 30 m x 0,32 mm x 0,5 μm (J. & W. Scientific, USA) pro stanovení aromaticky aktivních látek a SPTM 2560 o rozměrech: 100 m x 0,25 mm x 0,2 μm (Sigma-Aldrich, Německo) pro stanovení mastných kyselin.

Instrumentální měření textury: textuometr Instron 5544 (Instron Corporation, USA); software Merlin (ProjectWizards, Německo).

Instrumentální měření barvy: spektrofotometr Konica Minolta CM 2600d (Konica Minolta, Japonsko); software Spectra Magic[®] 3.61 (Konica Minolta, Japonsko).

Instrumentální měření textury a barvy bylo provedeno v laboratoři Ústavu hygieny a technologie masa VFU Brno.

4.3 Použité metody

Analýza vzorků tavených sýrů zahrnovala:

- 1) chemickou analýzu
 - a. stanovení obsahu tuku
 - b. stanovení mastných kyselin
 - c. stanovení aromaticky aktivních látek
- 2) senzorickou analýzu
- 3) instrumentální měření barvy
- 4) instrumentální měření textury

4.3.1 Stanovení obsahu tuku

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno podle normy ČSN ISO 1735¹⁸⁹. Obsah tuku ve vzorku v % (w/w) byl vypočten podle vztahu 4.1, obsah tuku v sušině podle 4.2.:

$$X = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4) \cdot 100}{m_0}; \quad (4.1) \qquad TvS = \frac{X}{S} \cdot 100; \quad (4.2)$$

kde X je obsah tuku v % (w/w); TvS je tuk v sušině v % (w/w); S je sušina sýra v % (w/w);

m_1 hmotnost baňky s tukem po posledním vážení v g

m_2 hmotnost prázdné baňky v g

m_3 hmotnost baňky s tukem po posledním vážení v g, slepý pokus

m_4 hmotnost prázdné baňky v g, slepý pokus

m_0 navážka vzorku v g

4.3.2 Stanovení mastných kyselin

4.3.2.1 Příprava methylesterů mastných kyselin

Navážka 5 g tuku vyextrahovaného z taveného sýra (viz kapitola 4.3.1) v destilační baňce byla rozmíchána v 50 ml methanolového roztoku hydroxidu draselného ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Vzniklá směs byla zmýdelňována pod zpětným chladičem 30 minut. Po ochlazení byla

reakční směs zneutralizována koncentrovanou kyselinou sírovou na methylovanž do růžového zbarvení. Poté byla přidána 1 kapka koncentrované kyseliny sírové navíc a směs byla reesterifikována 30 minut za varu pod zpětným chladičem. Po ochlazení byly vzniklé methylestery vytřepány do 10 ml heptanu. Vytřepání bylo provedeno celkem třikrát, přičemž všechny 3 heptanové podíly byly spojeny, extrakt vysušen bezvodým síranem sodným, přefiltrován a doplněn v odměrné baňce heptanem do 50 ml. Do vlastní chromatografické analýzy byl extrakt uchovávan v lednici při teplotě (4 ± 2 °C). Pro chromatografickou analýzu byl do injektoru plynového chromatografu autosamplerem dávkován 1 μ l extraktu.

4.3.2.2 Podmínky GC analýzy

GC analýza byla provedena na přístroji TRACETM GC (ThermoQuest, Itálie) vybaveném FID detektorem a kapilární kolonou SPTM 2560 (100 m x 0,25 mm x 0,2 μ m). Splitless injektor 250 °C uzavřen 5 minut. Nosný plyn N₂ průtok 1,2 ml.min⁻¹. FID detektor 220 °C, průtok H₂ 35 ml.min⁻¹, vzduch 350 ml.min⁻¹, make-up N₂ 30 ml.min⁻¹. Teplotní program: 60 °C 2 min., vzestupný gradient 10 °C za minutu do 220 °C, 20 min.

4.3.3 Stanovení aromaticky aktivních látek SPME-GC technikou

4.3.3.1 Příprava vzorku a podmínky SPME extrakce

Do vialky o objemu 4 ml byl navážen 1 g vzorku taveného sýra. Vialka byla umístěna do vodní lázně (35 °C) po dobu 30 min. Po uplynutí této doby bylo do headspace prostoru nad vzorkem vsunuto SPME vlákno, doba extrakce 20 minut. Po ukončení extrakce bylo vlákno ihned přeneseno do injektoru plynového chromatografu, kde byly analyty tepelně desorbovány (250°C 5 min.) a vneseny proudem nosného plynu na kolonu. Použité SPME vlákno CARTM/PDMS 85 μ m (Supelco, USA).

4.3.3.2 Podmínky GC analýzy

GC analýza byla provedena na přístroji TRACETM GC (ThermoQuest, Itálie) vybaveném FID detektorem a kapilární kolonou DB – WAX (30 m x 0,32 mm x 0,5 μ m). Splitless injektor 250 °C uzavřen 5 minut. Nosný plyn N₂ průtok 0,9 ml.min⁻¹. FID detektor 220 °C, průtok H₂ 35 ml.min⁻¹, vzduch 350 ml.min⁻¹, make-up N₂ 30 ml.min⁻¹. Teplotní program: 40 °C 1 min., vzestupný gradient 5 °C za minutu do 200 °C, 7 min.

4.3.3.3 Podmínky GC-MS analýzy

GC-MS analýza byla provedena na přístroji GC 8000 series (Carlo Erba, Itálie) s hmotnostním detektorem MS TRIO 1000 (Fisons Instruments, USA) a kapilární kolonou DB – WAX (30 m x 0,32 mm x 0,5 μ m). Splitless injektor 250 °C uzavřen 5 minut. Nosný plyn He průtok 0,9 ml.min⁻¹. MS detektor: elektronová ionizace (EI) s energií elektronů

70 eV, ionizační teplota 150 °C. Teplotní program: 40 °C 1 min., vzestupný gradient 5 °C za minutu do 200 °C, 7 min.

4.3.4 Instrumentální měření textury

Objektivní měření textury bylo provedeno na přístroji INSTRON 5544 (Instron Corporation, Anglie), software Merlin. Byla provedena analýza texturního profilu (TPA), kdy byly cylindrické vzorky sýrů o průměru 25 mm a výšce 20 mm stlačovány ve 2 cyklech na 50 % mezi dvěma stlačovacími deskami přístroje. Rychlost příčnicku byla nastavena na 50 mm.min⁻¹. Dále bylo provedeno stanovení tuhosti penetrometricky. Touto metodou byla sledována maximální síla F_x [N] potřebná k proniknutí válcové sondy o průměru 6 mm do vzorku rychlostí 1 mm.s⁻¹. Měření byla provedena při teplotě 21 ± 2 °C. Vzorky byly temperovány v původních obalech po dobu 2 hodin. Každý vzorek byl měřen pětkrát.

4.3.5 Instrumentální měření barvy

Barva byla měřena spektrofotometrem Konica Minolta CM 2600d (Konica Minolta, Japonsko). Připojením k počítači byl spektrofotometr řízen programem Spectra Magic[®] 3.61 (Konica Minolta, Japonsko). Nastavení přístroje: zdroj světla D65 (standardní denní světlo), standardní úhel pozorovatele 10°; měřicí štěrba 8 mm. Kalibrace přístroje byla provedena černou a bílou barvou. Vzorky byly měřeny na bílém pozadí. Každý vzorek byl měřen pětkrát.

Naměřené výsledky byly vyhodnoceny v systémech CIEL*a*b* a L*C*h. V barevném prostoru CIEL*a*b* světlost L* nabývá hodnot 0–100, a* je souřadnice pro červenou/zelenou barvu, b* je souřadnice pro žlutou/modrou barvu. V barevném prostoru L*C*h, světlost L* nabývá hodnot 0–100, sytost C* je nulová ve středu a zvyšuje se vzdáleností od středu. Odstín definovaný úhlem h je vyjádřen ve stupních a má počátek v ose +a*. 0° pro +a* představuje červenou, 90° pro +b* žlutou, 180° pro -a* zelenou a 270° pro -b* modrou barvu^{131–133}.

Celkový rozdíl barvy ΔE^* byl vyjádřen pomocí vztahu 4.3.^{133, 157}.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}; \quad (4.3)$$

Instrumentální měření textury a barvy bylo provedeno v laboratoři Ústavu hygieny a technologie masa VFU Brno.

4.3.6 Senzorické hodnocení

Senzorické hodnocení probíhalo ve specializované senzorické laboratoři vybavené v souladu s normou ČSN ISO 8589¹⁷⁶.

Hodnotitelé byli vybráni z řad pedagogů a studentů fakulty chemické, kteří úspěšně absolvovali seminář senzorické analýzy a úspěšně absolvovali základní senzorické zkoušky

v souladu s ČSN ISO 8586-1¹⁸⁷, ČSN EN ISO 8586-2186, ČSN ISO 5496188. Hodnotitelé byli proškoleni z principů použitých senzorických zkoušek^{177-179,182} i ze specifických vlastností a vad tavených sýrů. Jejich úroveň odpovídala definici „vybraný posuzovatel“ ve smyslu ČSN ISO 5492¹⁸³. Jednotlivých hodnocení se účastnilo vždy 16 hodnotitelů.

Pro senzorické hodnocení byl vzorek taveného sýra rozdělen na části po cca 8 g, které byly následně umístěny do kódem označených keramických misek. Tyto kádinky byly zakryty malými Petriho miskami. Jako neutralizátor chuti bylo použito bílé pečivo či pitná voda. Hodnocení se skládalo z hodnocení podle stupnice (ČSN ISO 4121 (560052))¹⁸⁰, párové porovnávací zkoušky (ČSN EN ISO 5495¹⁷⁸ (56 0032))¹⁷⁷ a pořadové zkoušky (ČSN ISO 8587 (56 0033))¹⁸¹.

4.3.6.1 Hodnocení pomocí stupnice

Pro hodnocení jednotlivých senzorických vlastností byla použita sedmibodová jakostní ordinální stupnice hédonického typu s charakteristikou každého stupně. Orientace byla volena tak, že 1. stupeň byl vyhrazen úrovni „vynikající“ a 7. stupeň úrovni „nepříjemný“. Takto bylo posuzováno 5 senzorických znaků: vzhled a barva, konzistence, lesk, chuť a vůně, celkové hodnocení.

Protokol (viz Příloha 2, Příloha 3) byl sestaven v souladu s požadavky normy ČSN ISO 4121 (560052)¹⁸⁰. Stupnice pro hodnocení tavených sýrů viz Příloha 4.

4.3.6.2 Párová porovnávací zkouška

Párová porovnávací zkouška spočívá v porovnání senzorických vlastností dvou vzorků a stanovení rozdílů mezi nimi podle určeného znaku nebo podle preference jednoho z nich^{177, 178, 182}.

Párovou porovnávací zkouškou byly v prvních čtyřech měsících skladování porovnávány příslušné pasterované sýry se sterilovanými sýry, skladovanými při různých teplotách. Kritérii pro porovnání byla tuhost, tmavost barvy a preference hodnotitelů. Použitý záznamový protokol k párové porovnávací zkoušce viz Příloha 5. Ve chvíli, kdy skončila doba použitelnosti pasterovaných tavených sýrů, byla párová zkouška nahrazena zkouškou pořadovou. Kritéria pro hodnocení zůstala stejná.

4.3.6.3 Pořadová zkouška

Pořadová zkouška byla použita k seřazení vzorků podle intenzity sledovaného znaku a podle preferencí. Obecně se používá především tam, kde rozdíly mezi jednotlivými výrobky jsou malé, tedy tam, kde stupnicové metody selhávají^{182, 184}.

Rozdíly mezi sterilovanými tavenými sýry skladovanými za různých teplotních podmínek byly zkoumány pomocí pořadové zkoušky. Jako srovnávací kritéria byla použita tuhost, tmavost barvy a preference hodnotitele. Zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 8587¹⁷⁹. Použitý záznamový protokol pořadové zkoušky viz Příloha 6.

4.4 Statistické zpracování dat

Výsledky byly zpracovány pomocí softwaru MS Excel 2003 (Microsoft Corporation, USA) a statistického softwaru Unistat, v. 5.5. (Unistat, Velká Británie).

Výsledky chemických a instrumentálních analýz byly statisticky zpracovány metodou ANOVA (parametrická jednofaktorová analýza rozptylu) a následně Duncanovým testem, výsledky jsou vyjádřeny ve tvaru průměr \pm směrodatná odchylka.

Výsledky senzorických analýz byly statisticky zpracovány podle Hraběte a kol.¹⁸⁴. Pořadová zkouška byla vyhodnocena na základě Friedmanova testu, výsledky hodnocení pomocí stupnice byly zpracovány Kruskal-Wallisovým testem a následně Nemenyiho vícenásobným párovým porovnáním. Párová porovnávací zkouška byla vyhodnocena podle norem ČSN EN ISO 5495¹⁷⁸ (ČSN ISO 56 0032)¹⁷⁷, jedná se o test parametru binomického rozdělení. Veškeré statistické testování bylo provedeno na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce se zaměřuje speciálně na problematiku sýrů a tavených sýrů jako významné součásti jídelníčku českých konzumentů. Problematice výroby a zrání sýrů se věnuje řada autorů a bylo publikováno již mnoho výše citovaných odborných prací. Podstatně méně je známo a bylo publikováno o sýrech tavených. Vzhledem k tomuto faktu a na základě předběžných experimentů, provedených na různých typech přírodních a tavených sýrů, byl jako modelová matrice pro tuto práci zvolen tavený sýr. Tavené sýry jsou u nás velmi oblíbenou komoditou. Z hlediska odborného se jedná o vysoce složitou a komplexní matici, která během celého technologického procesu výroby a následného skladování podléhá řadě fyzikálně-chemických a biochemických změn, jejichž druh a rozsah závisí na mnoha faktorech. Dokonalá znalost a precizní kontrola těchto faktorů v praxi zaručí kvalitní výrobek. Kromě klasických tavených sýrů byly v této práci analyzovány také tavené sýry sterilované. Jedná se o nový typ výrobku, který by mohl obohatit nabídku trvanlivých potravin na našem trhu. Sterilizace sice významně prodlouží trvanlivost výrobků (deklarovaná trvanlivost je dva roky) a umožní tak jejich použití jako konzervy pro zvláštní příležitosti, na druhou stranu však dochází k nežádoucím změnám v obsahu živin, fyzikálně chemických a senzoričkových vlastností výrobku⁴⁷.

Jako vhodné ukazatele pro posouzení změn tavených sýrů především v důsledku aplikace sterilačního zářevu a dlouhodobého skladování při různých teplotách byly zvoleny, z hlediska konzumenta velmi důležité, senzoričkové vlastnosti (tj. vzhled, barva, chuť, vůně a textura). Pro jejich měření byla aplikována jednak senzoričková analýza a jednak vhodné fyzikálně-chemické a instrumentální techniky, které účelně doplňují a objektivizují výsledky senzoričkových analýz.

5.1 Stanovení obsahu tuku

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno referenční metodou podle ČSN ISO 1735¹⁸⁹ (viz kapitola 4.3.1.) a to u všech zkoumaných tavených sýrů v rámci přípravy vzorků pro stanovení mastných kyselin. Sloužilo zejména pro stanovení výtěžnosti extrakce tuku z taveného sýra a ověření deklarované tučnosti výrobků. Za 100 % byl pro srovnání považován obsah tuku deklarovaný výrobcem. Extrakce tuku ze vzorku sýra dosahovala výtěžku > 98 %, lze ji tedy považovat za kvantitativní. Všechny výsledky odpovídaly hodnotám tuku v sušině deklarovaným výrobcem (45 % w/w; RSD < 2 %.).

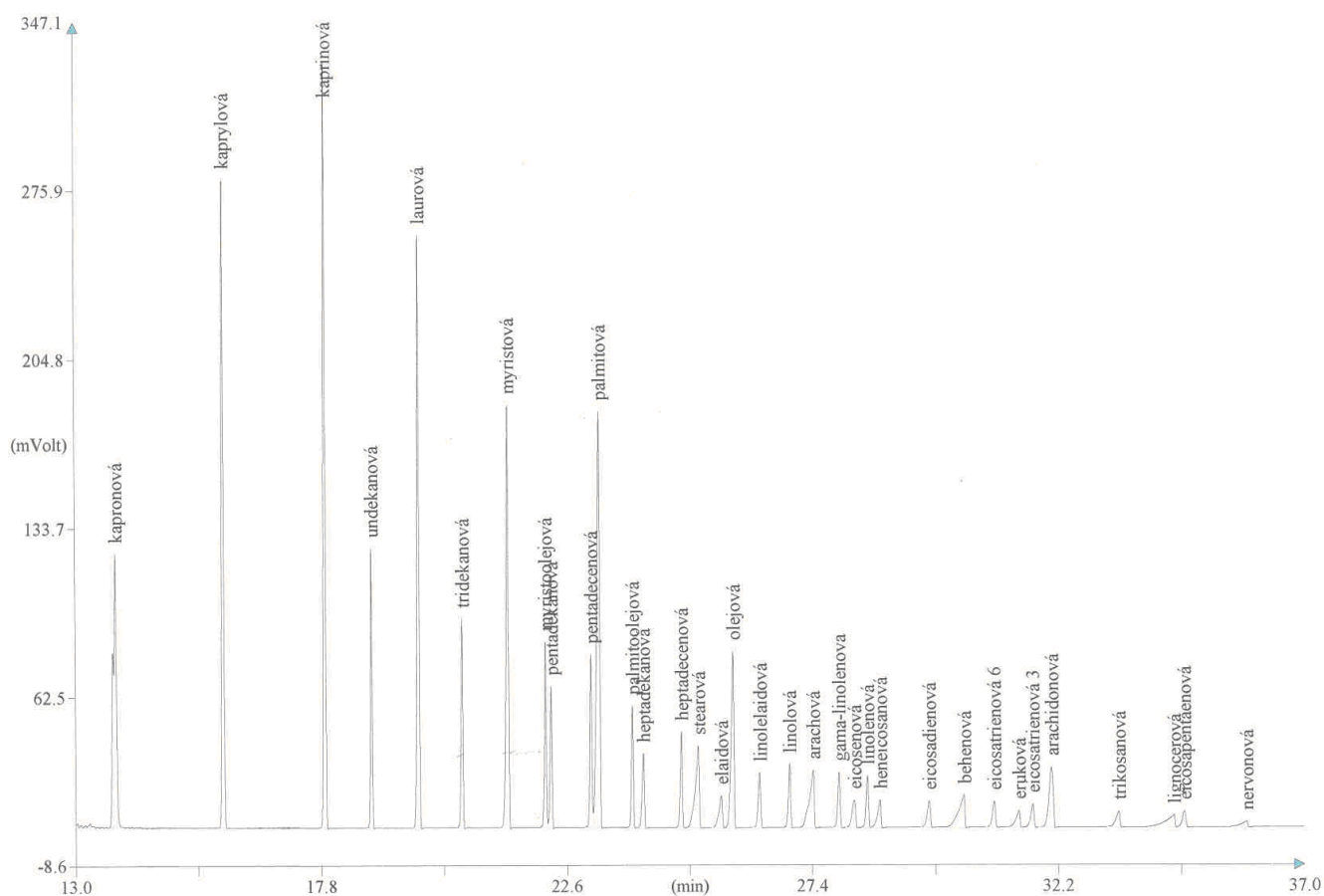
Mezi vzorky pasterovaných a sterilovaných sýrů nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v celkovém obsahu tuku ($P \geq 0,05$). Statisticky byl tedy vyloučen vliv různého obsahu tuku na rozdíly v množství jednotlivých mastných kyselin ve zkoumaných pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech.

5.2 Stanovení mastných kyselin

Mastné kyseliny jsou považovány za významnou složku flavouru mléčného tuku⁴² a přispívají také k flavouru různých typů sýrů přímo i nepřímo jako prekursory dalších aromaticky aktivních látek, např. methylketonů, alkoholů, laktonů a esterů⁸⁰.

Mastné kyseliny byly stanoveny metodou GC-FID po převedení na methylestery (MEMK) methanolem roztokem hydroxidu draselného. Identifikace jednotlivých mastných kyselin v reálných vzorcích byla provedena na základě srovnání retenčních časů identických standardů. Přehled použitých standardů viz Tabulka 6, chromatogram směsi standardů je uveden na Obr. 20. Pro zabezpečení kvalitního rozdělení všech MK byl optimalizován teplotní program, podmínky použité metody jsou uvedeny v kapitole 4.3.2.2.

Pro kvantifikaci byla použita metoda vnějšího standardu. Kalibrační křivka pro vybrané (kvantitativně nejvýznamnější) mastné kyseliny byla sestavena z pěti kalibračních bodů (v koncentračním rozsahu 0,01–200 mg.ml⁻¹, všechny korelační koeficienty $R^2 > 0,99$). Limity detekce (LOD, S/N=3) a limity kvantifikace (LOQ, S/N=10) pro vybrané mastné kyseliny uvádí Tabulka 7. Analýzy standardů byly opakovány třikrát. Výsledky všech měření mastných kyselin jsou vyjádřeny v mg.g⁻¹ sýra.



Obr. 20 Chromatogram směsi standardů methylesterů mastných kyselin.

Tabulka 6 Směs standardů MEMK použitá pro identifikaci a kvantifikaci MK ve vzorcích.

	Methylester mastné kyseliny		Rt (min)	c ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	Plocha píku (mV.s)
1	Kapronová	C6:0	13,79	0,4	4853855
2	Kaprylová	C8:0	15,9	0,4	6636771
3	Kaprinová	C10:0	17,88	0,4	7481516
4	Undekanová	C11:0	18,79	0,2	2396995
5	Laurová	C12:0	19,71	0,4	6439611
6	Tridekanová	C13:0	20,56	0,2	1995805
7	Myristová	C14:0	21,46	0,4	5159988
8	Myristoolejová	C14:1 n9c	22,18	0,2	1784297
9	Pentadekanová	C15:0	22,29	0,2	1464679
10	cis-10-Pentadecenová	C15:1	23,08	0,2	1799866
11	Palmitová	C16:0	23,24	0,6	6629142
12	Palmitoolejová	C16:1 n9c	23,88	0,2	1218689
13	Heptadekanová	C17:0	24,09	0,2	914256
14	cis-10-Heptadecenová	C17:1	24,84	0,2	1064828
15	Stearová	C18:0	25,17	0,4	1776316
16	Elaidová	C18:1 n9t	25,61	0,2	597215
17	Olejová	C18:1 n9c	25,85	0,4	2637705
18	Linolelaidová	C18:2 n6t	26,37	0,2	766396
19	Linolová	C18:2 n6c	26,95	0,2	804537
20	Arachová	C20:0	27,42	0,4	1442648
21	γ -linolenová	C18:3 n6	27,92	0,2	698808
22	cis-11-Eicosenová	C20:1	28,22	0,2	545436
23	Linolenová	C18:3	28,47	0,2	691297
24	Heneicosanová	C21:0	28,72	0,2	506769
25	cis-11,14-Eicosadienová	C20:2	29,68	0,2	480995
26	Behenová	C22:0	30,37	0,4	1092637
27	cis-8,11,14-Eicosatrienová	C20:3 n6	30,95	0,2	433194
28	Eruková	C22:1 n9	31,43	0,2	377269
29	cis-11,14,17-Eicosatrienová	C20:3 n3	31,70	0,2	413216
30	Arachidonová	C20:4n6	32,07	0,2	1374161
31	Trikosanová	C23:0	33,37	0,2	350026
32	Lignocerová	C24:0	34,46	0,4	610179
33	cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenová	C20:5 n3	34,66	0,2	331341
34	Nervonová	C24:1	35,87	0,2	219094

Opakovatelnost metody byla ověřena opakovaným měřením téhož vzorku (n=5) směsi vybraných standardů s relativní směrodatnou odchylkou RSD < 10 %. Extrakce tuku ze vzorku sýra dosahovala výtěžku > 98 %, výtěžnost jednotlivých MK po esterifikaci neklesla pod 90 %.

Tabulka 7 Limity detekce a kvantifikace vybraných mastných kyselin.

Mastná kyselina		LOD ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	LOQ ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)
Kaprylová	C8:0	0,09	0,30
Kaprinová	C10:0	0,09	0,30
Laurová	C12:0	0,11	0,35
Myristová	C14:0	0,18	0,55
Palmitová	C16:0	0,66	1,95
Stearová	C18:0	0,26	0,80
Olejová	C18:1 n9c	0,35	1,05
Linolová	C18:2 n6c	0,50	1,55

Směs standardů methylesterů mastných kyselin použitá k identifikaci jednotlivých mastných kyselin ve vzorcích tavených sýrů obsahovala celkem 34 sloučenin. Všechny tyto mastné kyseliny se u jednotlivých vzorků podařilo identifikovat. Přehled všech identifikovaných a kvantifikovaných mastných kyselin ve vzorcích sýrů je uveden v Tabulkách 8–12. Nejvíce zastoupeny byly kyseliny myristová, palmitová, stearová a olejová, spolu s kyselinou kaprylovou, kaprinovou, laurovou a linolovou. Uvedené mastné kyseliny jsou považovány za charakteristické a nejvíce obsažené v mléčném tuku⁴¹, jejich změny v matrici sýra jsou dobře patrné a byly tudíž zvoleny jako modelové pro grafické zpracování změn obsahů mastných kyselin probíhajících v tavených sýrech.

Vzhledem k velkému objemu dat jsou v tabulkách uvedeny pouze výsledky vzorků z řady I. Mezi hodnotami naměřenými u vzorků řady I a II nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$). Pro lepší přehlednost a srozumitelnost jsou dílčí výsledky včetně statistického zpracování uvedeny formou sloupcových grafů.

5.2.1 Vliv sterilačního záhřevu na obsah mastných kyselin v tavených sýrech

Ve vzorcích tavených sýrů odebraných ihned po vyrobení bylo identifikováno celkem 24 mastných kyselin. Některé z nich (viz Tabulka 8) byly zastoupené pouze v jednom z porovnávaných vzorků. Obsahy nejvíce zastoupených mastných kyselin se pohybovaly v rozmezí 30–130 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. V pasterovaném sýru byly také významně zastoupeny vyšší mastné kyseliny (> 20 C), některé dokonce v množství vyšším, než 30 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Tyto kyseliny nebyly v sýru podrobeném sterilačnímu záhřevu již identifikovány. Z toho můžeme

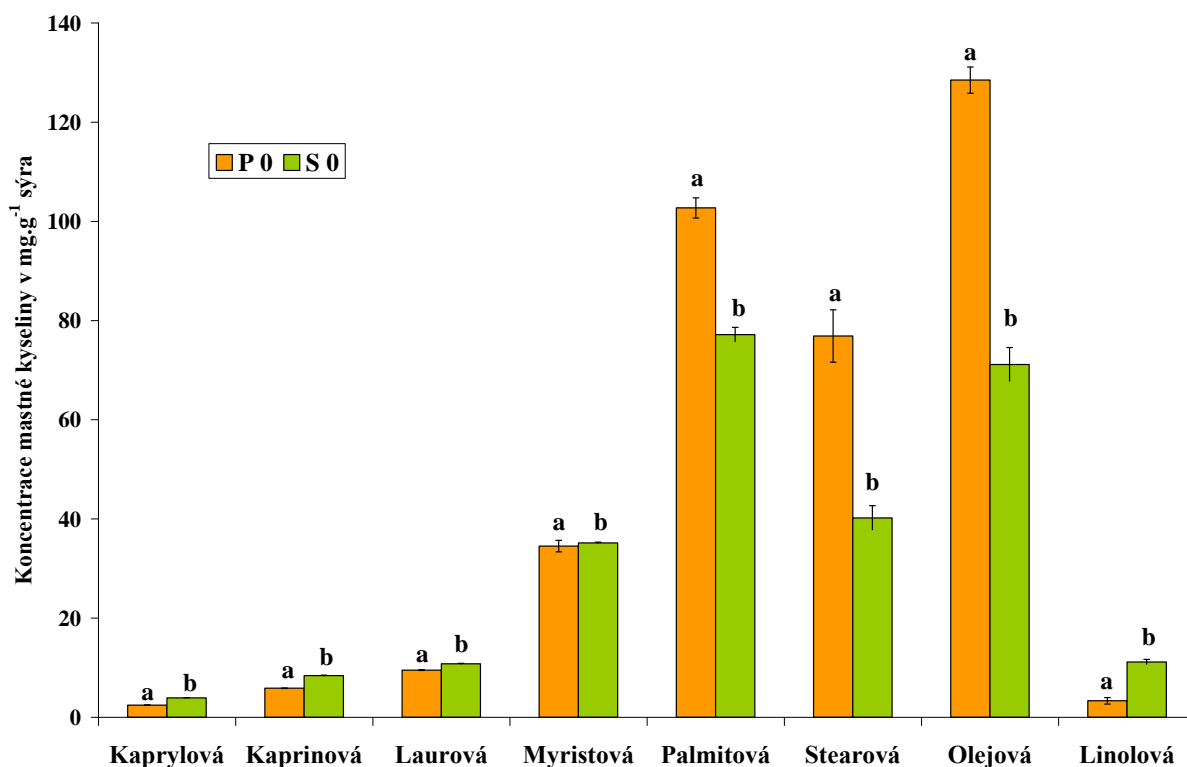
usuzovat, že změny, ke kterým dochází během sterilace, postihují zejména vyšší mastné kyseliny a to jak nenasyčené, tak i nasycené.

Tabulka 8 Obsah mastných kyselin v čerstvě vyrobených pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech (řada I), v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra*.

Mastná kyselina	Pasterovaný	Sterilovaný
Kapronová	0,30 ± 0,004	7,32 ± 0,352
Kaprylová	2,46 ± 0,003	3,90 ± 0,043
Kaprinová	5,85 ± 0,048	8,38 ± 0,099
Undekanová	0,81 ± 0,008	1,46 ± 0,020
Laurová	9,51 ± 0,084	10,79 ± 0,089
Tridekanová	4,65 ± 0,067	0,93 ± 0,016
Myristová	34,52 ± 1,163	35,15 ± 0,144
Myristoolejová	5,73 ± 0,161	4,50 ± 0,014
Pentadekanová	1,41 ± 0,032	ND
cis-10-Pentadecenová	ND	5,75 ± 0,027
Palmitová	102,71 ± 2,030	77,14 ± 1,461
Palmitoolejová	3,57 ± 0,211	11,16 ± 0,276
Heptadekanová	4,29 ± 0,075	4,10 ± 0,274
cis-10-Heptadecenová	4,54 ± 0,003	0,22 ± 0,001
Stearová	76,86 ± 5,287	40,20 ± 2,479
Elaidová	ND	10,90 ± 0,432
Olejová	128,48 ± 2,646	71,11 ± 3,426
Linolelaidová	11,04 ± 0,081	1,05 ± 0,039
Linolová	3,32 ± 0,664	11,14 ± 0,513
γ -Linolenová	4,49 ± 0,001	ND
cis-11-Eicosenová	ND	3,77 ± 0,176
Linolenová	1,34 ± 0,048	ND
cis-11,14-Eicosadienová	39,77 ± 0,001	ND
Behenová	72,25 ± 0,001	ND

*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka ($n = 3$); ND – nebylo detekováno.

Na Obr. 21 jsou zobrazeny změny obsahu vybraných mastných kyselin během sterilace. Je patrné, že vlivem sterilačního záhřevu dochází také k poklesu mastných kyselin s 18 C. Naopak obsah mastných kyselin méně zastoupených v pasterovaném taveném sýru se statisticky významně ($P < 0,05$) zvýšil. Toto lze vysvětlit degradací vyšších mastných kyselin na nižší působením zvýšené teploty v kombinaci se zbytkovým kyslíkem¹⁸⁵, přítomným uvnitř balení⁸⁷. Tyto faktory významně ovlivňují průběh Maillardovy reakce.



Obr. 21 Změny obsahu vybraných mastných kyselin v pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech ihned po vyrobení. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v mg.g⁻¹ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření (n=3). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 4.1.

5.2.2 Vliv doby skladování na obsah mastných kyselin v tavených sýrech

Ve vzorcích pasterovaných sýrů bylo během celého skladovacího pokusu (1 rok) stanoveno celkem 30 mastných kyselin. Ne všechny však byly stanoveny ve všech vzorcích. Pouze ve 4. měsíci skladování byla detekována kyselina arachidonová, 6. měsíci byly stanoveny kyseliny heneicosanová, eruková a cis-11,14,17-eicosatrienová, všechny v množství menším, než 1 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Obsahy nejvíce zastoupených kyselin se pohybovaly v rozmezí 5–130 mg.g^{-1} sýra. Přehled kvantifikovaných mastných kyselin v pasterovaných tavených sýrech udává Tabulka 9.

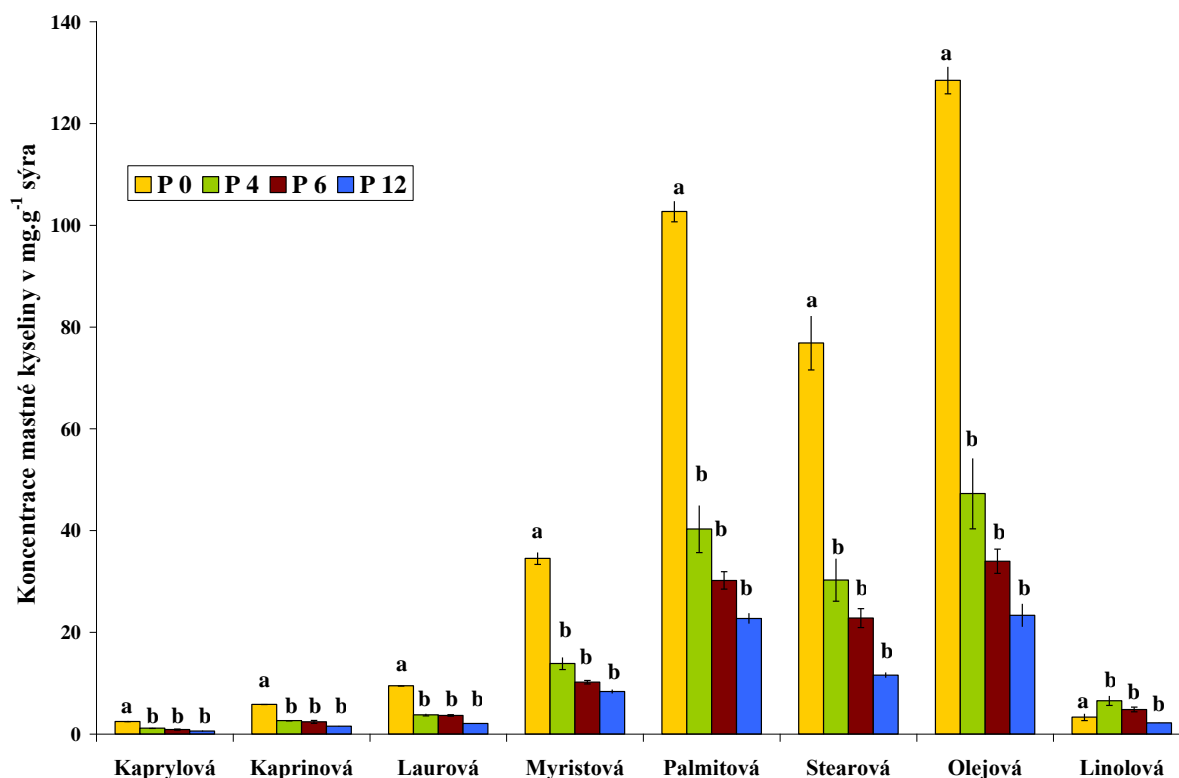
Jak je znázorněno na Obr. 22, v průběhu prvních 4 měsíců skladování pasterovaných tavených sýrů došlo k výraznému snížení obsahu jednotlivých mastných kyselin. V průběhu zbylé doby skladování obsah mastných kyselin stále klesal, rozdíly však již nebyly ze statistického hlediska významné ($P \geq 0,05$). Vzhledem k tomu, že při pasteraci nedochází k úplné degradaci termostabilních lipolytických enzymů³⁹, může mít jejich případná přítomnost v sýrech vliv na snížení obsahu mastných kyselin. Také případná mikrobiální kontaminace může ovlivňovat profil těchto sloučenin.

Tabulka 9 Obsah mastných kyselin v pasterovaných tavených sýrech (řada I), v mg.g⁻¹ sýra*.

Mastná kyselina	0	4	6	12
Kapronová	0,30 ± 0,004	ND	1,23 ± 0,122	1,27 ± 0,015
Kaprylová	2,46 ± 0,003	1,16 ± 0,061	0,88 ± 0,098	0,58 ± 0,009
Kaprinová	5,85 ± 0,048	2,66 ± 0,072	2,40 ± 0,292	1,54 ± 0,058
Undekanová	0,81 ± 0,008	0,47 ± 0,012	0,99 ± 0,222	0,19 ± 0,012
Laurová	9,51 ± 0,084	3,77 ± 0,203	3,66 ± 0,149	2,07 ± 0,058
Tridekanová	4,65 ± 0,067	0,34 ± 0,020	0,55 ± 0,216	0,12 ± 0,001
Myristová	34,52 ± 1,163	13,87 ± 1,187	10,20 ± 0,343	8,38 ± 0,390
Myristoolejová	5,73 ± 0,161	1,69 ± 0,127	1,21 ± 0,035	0,90 ± 0,118
Pentadekanová	1,41 ± 0,032	ND	1,52 ± 0,049	0,18 ± 0,001
cis-10-Pentadecenová	ND	2,64 ± 0,280	1,97 ± 0,036	0,99 ± 0,251
Palmitová	102,71 ± 2,030	40,29 ± 4,624	30,20 ± 1,702	22,72 ± 1,020
Palmitoolejová	3,57 ± 0,211	5,77 ± 0,613	4,17 ± 0,331	2,37 ± 0,082
Heptadekanová	4,29 ± 0,075	2,53 ± 0,357	1,87 ± 0,304	0,84 ± 0,016
cis-10-Heptadecenová	4,54 ± 0,003	0,91 ± 0,160	ND	0,25 ± 0,022
Stearová	76,86 ± 5,287	30,29 ± 4,193	22,79 ± 1,862	11,59 ± 0,523
Elaidová	ND	6,41 ± 0,893	11,89 ± 5,795	ND
Olejová	128,48 ± 2,646	47,26 ± 6,924	33,96 ± 2,374	23,35 ± 2,266
Linolelaidová	11,04 ± 0,081	0,35 ± 0,083	1,38 ± 0,361	0,22 ± 0,014
Linolová	3,32 ± 0,664	6,56 ± 0,930	4,82 ± 0,462	2,21 ± 0,023
Arachová	ND	ND	0,31 ± 0,112	0,12 ± 0,014
γ-Linolenová	4,49 ± 0,001	0,15 ± 0,019	0,34 ± 0,179	ND
cis-11-Eicosenová	ND	ND	2,32 ± 0,001	0,15 ± 0,015
Linolenová	1,34 ± 0,048	1,89 ± 0,231	1,59 ± 0,428	0,51 ± 0,049
cis-11,14-Eicosadienová	39,77 ± 0,001	0,11 ± 0,096	ND	ND
Behenová	72,25 ± 0,001	ND	1,02 ± 0,001	1,53 ± 0,001
cis-8,11,14-Eicosatrienová	ND	0,44 ± 0,070	ND	0,52 ± 0,001

*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

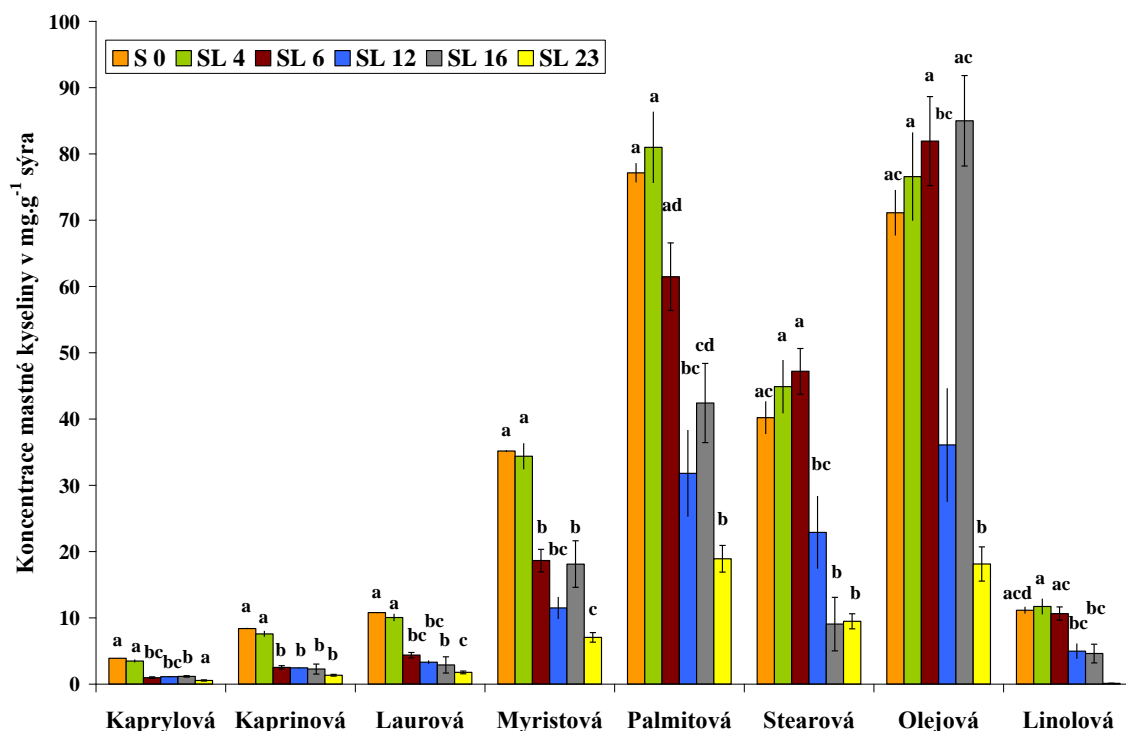
Ve vzorcích sterilovaných tavených sýrů skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C (celkem 2 roky) bylo identifikováno 30 mastných kyselin. Kyseliny heneicosanová, trikosanová a nervonová byly identifikovány pouze v 16. měsíci skladování a to v množství menším než 1 mg.g⁻¹ sýra. Obsahy nejvíce zastoupených kyselin se pohybovaly v rozmezí 7–85 mg.g⁻¹ sýra. Přehled kvantifikovaných mastných kyselin udává Tabulka 10.



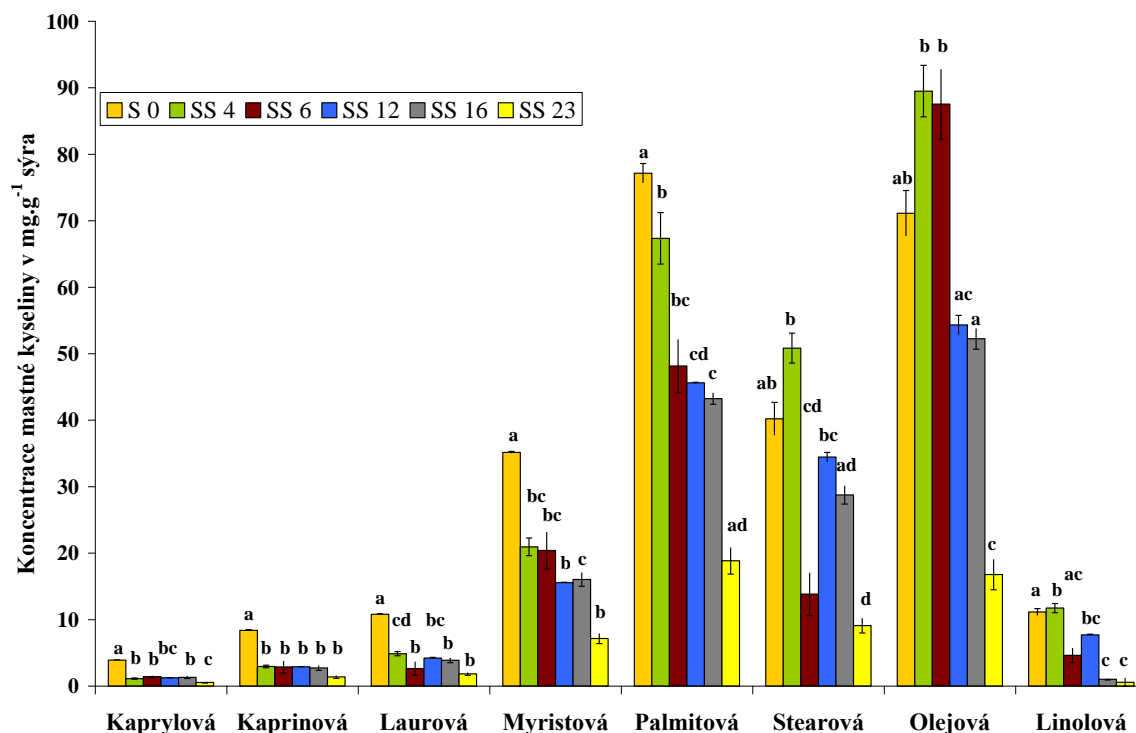
Obr. 22 Změny obsahu vybraných mastných kyselin v pasterovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při 6 ± 2 °C). Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v mg.g^{-1} sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 4.1.

Obsah mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C vykazoval spíše sestupnou tendenci (viz Obr. 23). Opačnou tendenci vykazují pouze kyselina olejová, jež je pravděpodobně meziproductem degradace všech vyšších nenasycených mastných kyselin. Během prvních 6 měsíců nedochází k významným ($P \geq 0,05$) změnám. Při delším skladování se jsou však již změny statisticky významné ($P < 0,05$). Vyšší sklon k degradaci je pravděpodobně nastartován již při termosterilaci, kdy vznikají různé produkty oxidačních a Maillardovy reakce. Tyto sloučeniny, již jednou přítomné, mohou dále degradovat nebo vstupovat do kondenzačních reakcí s ostatními přítomnými látkami⁸⁷.

Ve vzorcích sterilovaných tavených sýrů skladovaných při teplotě 23 ± 2 °C (celkem 2 roky) bylo identifikováno 32 mastných kyselin. Některé mastné kyseliny byly identifikovány pouze ve vzorcích, skladovaných 6 měsíců. Jednalo se o kyseliny heneicosanovou ($5,29 \pm 1,945 \text{ mg.g}^{-1}$ sýra), nervonovou ($1,75 \pm 1,209 \text{ mg.g}^{-1}$ sýra) a kyseliny cis-11,14,17-eicosatrienovou a trikosanovou, zastoupené v množství menším než 1 mg.g^{-1} sýra. Obsahy nejvíce zastoupených kyselin se pohybovaly v rozmezí $7\text{--}90 \text{ mg.g}^{-1}$ sýra. Přehled kvantifikovaných mastných kyselin udává Tabulka 11.



Obr. 23 Změny obsahu vybraných mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 6 ± 2 °C). Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 4.1.



Obr. 24 Změny obsahu vybraných mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 23 ± 2 °C). Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 4.1.

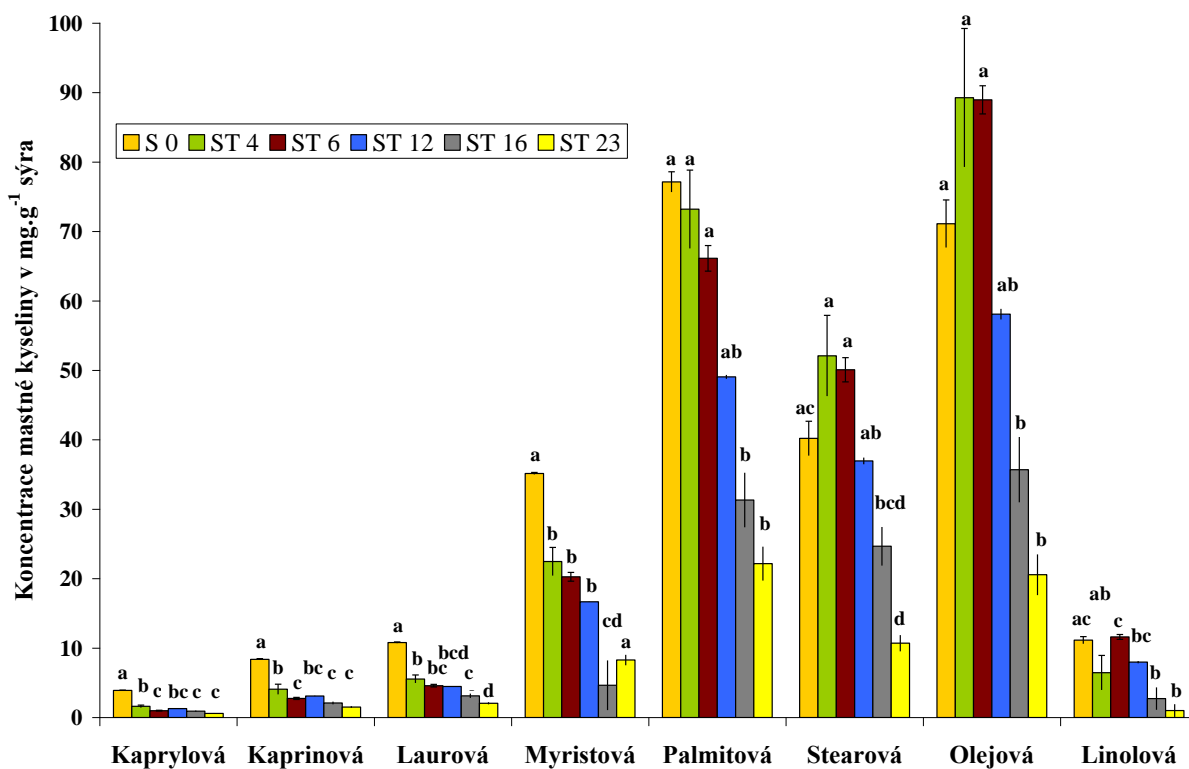
Tabulka 10 Obsah mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech (řada 1) skladovaných při 6 ± 2 °C, v mg.g⁻¹ sýra*.

	0	4	6	12	16	23
Mastná kyselina						
Kapronová	7,32 ± 0,352	7,89 ± 0,919	1,34 ± 0,204	1,96 ± 0,001	1,39 ± 0,142	1,35 ± 0,112
Kaprylová	3,90 ± 0,043	3,49 ± 0,356	0,97 ± 0,189	1,11 ± 0,021	1,16 ± 0,106	0,55 ± 0,077
Kaprinová	8,38 ± 0,099	7,58 ± 0,667	2,52 ± 0,370	2,44 ± 0,117	2,27 ± 0,750	1,34 ± 0,129
Undekanová	1,46 ± 0,020	1,28 ± 0,123	0,39 ± 0,064	0,43 ± 0,020	0,39 ± 0,154	0,17 ± 0,017
Laurová	10,79 ± 0,089	10,05 ± 0,831	4,37 ± 0,612	3,30 ± 0,392	2,89 ± 1,219	1,77 ± 0,206
Tridekanová	0,93 ± 0,016	0,86 ± 0,060	0,39 ± 0,079	0,30 ± 0,042	0,20 ± 0,120	0,10 ± 0,008
Myristová	35,15 ± 0,144	34,37 ± 2,957	18,63 ± 2,536	11,49 ± 2,488	18,10 ± 3,519	7,04 ± 0,722
Myristoolejová	4,50 ± 0,014	4,22 ± 0,372	2,08 ± 0,307	1,40 ± 0,288	1,02 ± 0,155	0,65 ± 0,075
Pentadekanová	ND	ND	2,85 ± 0,358	0,02 ± 0,001	2,69 ± 0,610	ND
cis-10-Pentadecenová	5,75 ± 0,027	5,85 ± 0,558	ND	2,12 ± 0,566	3,43 ± 0,643	0,90 ± 0,104
Palmitová	77,14 ± 1,461	80,98 ± 8,081	61,46 ± 7,639	31,79 ± 9,822	42,40 ± 5,971	18,91 ± 2,014
Palmitoolejová	11,16 ± 0,276	11,37 ± 1,020	7,82 ± 0,934	4,53 ± 1,335	ND	1,92 ± 0,206
Heptadekanová	4,10 ± 0,274	4,37 ± 0,454	3,50 ± 0,491	1,89 ± 0,624	4,57 ± 0,001	0,62 ± 0,080
cis-10-Heptadecenová	0,22 ± 0,001	0,12 ± 0,070	1,37 ± 0,164	0,68 ± 0,236	4,70 ± 2,711	0,19 ± 0,031
Stearová	40,20 ± 2,479	44,88 ± 6,038	47,19 ± 5,176	22,89 ± 8,217	9,05 ± 4,037	9,48 ± 1,139
Elaidová	10,90 ± 0,432	12,66 ± 2,262	ND	6,33 ± 1,653	78,45 ± 0,001	ND
Olejová	71,11 ± 3,426	76,57 ± 9,999	81,92 ± 10,079	36,07 ± 12,862	84,99 ± 6,833	18,11 ± 2,579
Linolelaidová	1,05 ± 0,039	0,98 ± 0,308	1,14 ± 0,179	0,38 ± 0,031	157,74 ± 0,001	0,15 ± 0,044
Linolová	11,14 ± 0,513	11,70 ± 1,768	10,64 ± 1,501	4,98 ± 1,742	4,61 ± 1,416	0,10 ± 0,020
Arachová	ND	ND	0,10 ± 0,001	ND	8,12 ± 2,832	0,07 ± 0,008
γ-linolenová	ND	ND	0,98 ± 0,153	0,16 ± 0,046	10,16 ± 5,115	0,21 ± 0,001
cis-11-Eicosenová	3,77 ± 0,176	4,15 ± 0,546	3,36 ± 0,468	ND	1,49 ± 0,041	0,09 ± 0,051
Linolenová	ND	ND	0,23 ± 0,112	1,44 ± 0,513	0,04 ± 0,040	0,31 ± 0,047
cis-11,14-Eicosadienová	ND	ND	ND	0,33 ± 0,005	0,84 ± 0,413	ND
cis-8,11,14-Eicosatrienová	ND	ND	ND	0,35 ± 0,148	0,80 ± 0,404	0,21 ± 0,001
Eruková	ND	ND	0,38 ± 0,035	ND	1,11 ± 0,125	ND
Arachidonová	ND	ND	ND	0,21 ± 0,083	0,36 ± 0,152	ND

*Pozn.: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

Ve vzorcích sterilovaných tavených sýrů skladovaných při teplotě 40 ± 2 °C (celkem 2 roky) bylo identifikováno 30 mastných kyselin. Pouze ve vzorcích skladovaných po dobu 6 měsíců byly identifikovány kyseliny behenová a trikosanová, obě v množství menším než $0,5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Kyselina cis-8,11,14-eicosatrienová byla identifikována pouze v sýru skladovaném po dobu 12 měsíců. Obsahy nejvíce zastoupených kyselin se pohybovaly v rozmezí $4\text{--}90 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Přehled kvantifikovaných mastných kyselin viz Tabulka 12.

Také obsahy mastných kyselin v tavených sýrech skladovaných při teplotách 23 ± 2 °C a 40 ± 2 °C postupně klesaly v čase. Zatímco obsah nízkouhlíkatých mastných kyselin se přibližně po 4–6 měsících ustálil tak, že rozdíly byly statisticky nevýznamné ($P \geq 0,05$), rozdíly obsahů vyšších mastných kyselin jsou poměrně vysoké. To může být způsobeno různorodostí nízkouhlíkatých degradačních produktů, které mohou z vyšších mastných kyselin oxidací vlivem teploty vznikat. Podrobněji viz kapitola 2.4.5.3.



Obr. 25 Změny obsahu vybraných mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 40 ± 2 °C). Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 4.1.

Tabuľka 11 Obsah mastných kyselín v sterilovaných tavených syroch (řada 1) skladovaných při 23 ± 2 °C; v mg.g⁻¹ syra*.

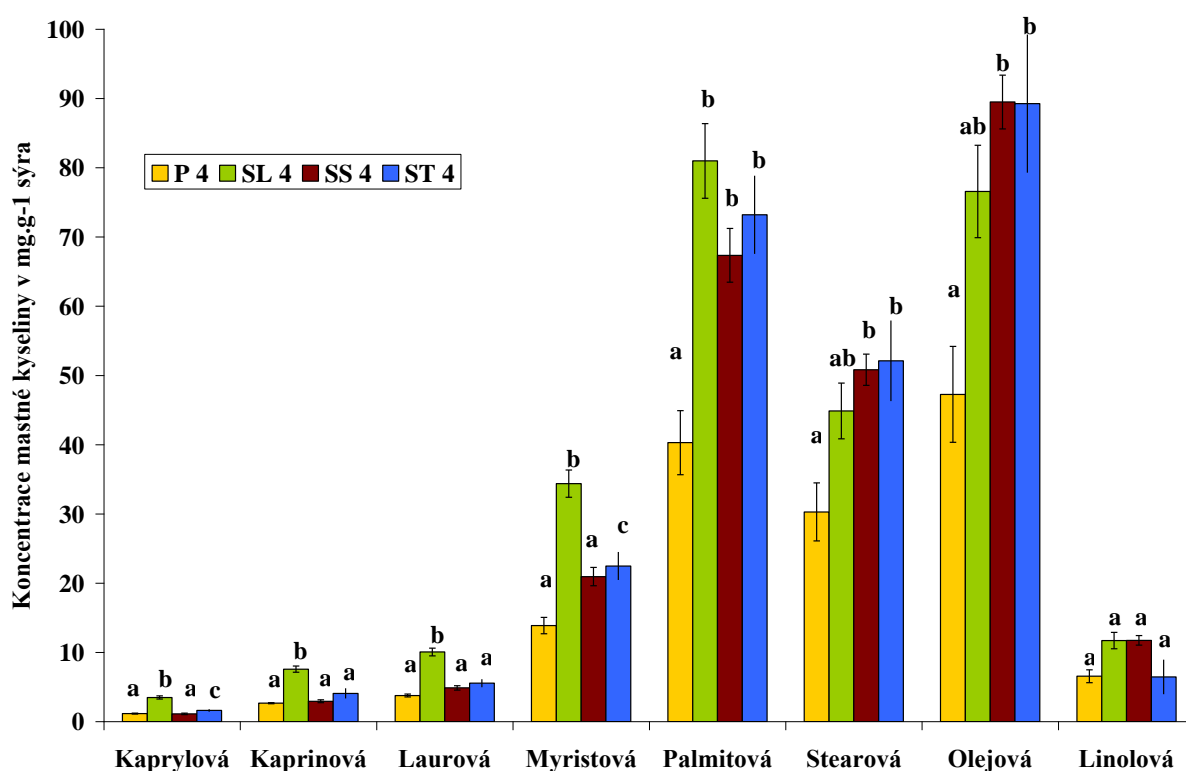
Mastná kyselina	0	4	6	12	16	23
Kapronová	7,32 ± 0,352	1,70 ± 0,262	1,62 ± 0,184	1,85 ± 0,001	1,37 ± 0,064	1,57 ± 0,183
Kaprylová	3,90 ± 0,043	1,12 ± 0,103	1,41 ± 0,162	1,25 ± 0,007	1,31 ± 0,178	0,54 ± 0,089
Kaprinová	8,38 ± 0,099	2,94 ± 0,202	2,87 ± 0,913	2,91 ± 0,008	2,73 ± 0,367	1,37 ± 0,214
Undekanová	1,46 ± 0,020	0,45 ± 0,030	0,44 ± 0,306	0,51 ± 0,010	0,38 ± 0,067	0,16 ± 0,023
Laurová	10,79 ± 0,089	4,87 ± 0,316	2,64 ± 1,022	4,21 ± 0,108	3,89 ± 0,367	1,83 ± 0,214
Tridekanová	0,93 ± 0,016	0,42 ± 0,035	0,28 ± 0,084	0,42 ± 0,026	0,45 ± 0,095	0,07 ± 0,027
Myristová	35,15 ± 0,144	20,95 ± 1,330	20,40 ± 2,793	15,56 ± 0,059	16,04 ± 1,040	7,15 ± 0,770
Myristoolejová	4,50 ± 0,014	2,36 ± 0,154	2,05 ± 0,662	1,91 ± 0,001	1,99 ± 0,252	0,70 ± 0,102
Pentadekanová	ND	3,21 ± 0,220	4,17 ± 2,121	ND	0,43 ± 0,073	ND
cis-10-Pentadecenová	5,75 ± 0,027	ND	2,10 ± 1,241	2,93 ± 0,011	ND	0,96 ± 0,136
Palmitová	77,14 ± 1,461	67,35 ± 3,875	48,15 ± 4,018	45,61 ± 0,098	43,25 ± 0,858	18,85 ± 2,003
Palmitoolejová	11,16 ± 0,276	8,91 ± 0,535	ND	6,35 ± 0,020	1,30 ± 0,026	1,88 ± 0,173
Heptadekanová	4,10 ± 0,274	4,00 ± 0,220	6,66 ± 1,283	2,72 ± 0,023	1,65 ± 0,082	0,59 ± 0,053
cis-10-Heptadecenová	0,22 ± 0,001	1,61 ± 0,170	4,21 ± 0,818	1,10 ± 0,008	1,77 ± 0,041	0,19 ± 0,026
Stearová	40,20 ± 2,479	50,82 ± 2,244	13,83 ± 3,217	34,44 ± 0,708	28,76 ± 1,377	9,10 ± 1,109
Elaidová	10,90 ± 0,432	ND	ND	9,74 ± 0,569	ND	1,84 ± 0,001
Olejová	71,11 ± 3,426	89,49 ± 3,877	87,54 ± 7,866	54,32 ± 1,436	52,24 ± 1,562	16,78 ± 2,297
Linolelaidová	1,05 ± 0,039	0,99 ± 0,706	ND	0,83 ± 0,076	2,99 ± 0,113	0,14 ± 0,015
Linolová	11,14 ± 0,513	11,73 ± 0,690	4,63 ± 1,093	7,70 ± 0,111	1,02 ± 0,098	0,56 ± 0,667
Arachová	ND	0,10 ± 0,001	7,86 ± 3,311	ND	ND	0,05 ± 0,005
γ-linolenová	ND	1,05 ± 0,376	10,13 ± 0,860	0,16 ± 0,003	ND	ND
cis-11-Eicosenová	3,77 ± 0,176	3,73 ± 0,228	3,56 ± 3,961	ND	ND	0,11 ± 0,028
Linolenová	ND	0,15 ± 0,031	0,19 ± 0,122	2,14 ± 0,070	0,48 ± 0,097	0,33 ± 0,019
cis-11,14-Eicosadienová	ND	0,65 ± 0,013	1,09 ± 0,666	0,17 ± 0,003	ND	ND
Behenová	ND	0,84 ± 0,001	1,43 ± 0,497	ND	ND	ND
cis-8,11,14-Eicosatrienová	ND	ND	0,81 ± 0,598	0,48 ± 0,018	ND	0,34 ± 0,001
Eruková	ND	0,42 ± 0,016	0,90 ± 0,481	ND	ND	ND
Arachidonová	ND	ND	0,36 ± 0,259	0,29 ± 0,019	ND	ND

*Pozn.: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

Z předchozích zjištění můžeme usuzovat, že doba skladování má zásadní vliv na změnu obsahu mastných kyselin v tavených sýrech. Tato skutečnost byla pozorována u všech zkoumaných vzorků bez ohledu na formu tepelného ošetření a teplotu skladování. Statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) lze pozorovat u pasterovaného taveného sýra a to jak po 4, tak i ve 12 měsíci skladování. Tyto výsledky znovu poukazují na skutečnost, že pasterační záhřev není např. dostatečný k inaktivaci všech termostabilních enzymů³⁹ a nemůže tak sloužit k udržení nutriční hodnoty po delší dobu, jako sterilace.

5.2.3 Vliv teploty skladování na obsah mastných kyselin v tavených sýrech

Na Obr. 26 – Obr. 28 jsou znázorněny změny obsahů vybraných mastných kyselin v tavených sýrech, skladovaných po stejnou dobu v různých teplotních podmínkách. Výsledky stanovení obsahů mastných kyselin u sterilovaných tavených sýrů skladovaných za různých podmínek jsou vyšší, než u pasterovaných sýrů. To potvrzuje předpoklad zlepšené stability těchto výrobků. Výsledky porovnání sterilovaných sýrů neprokázaly z hlediska obsahu mastných kyselin statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$). Můžeme tedy konstatovat, že složení tuků ve sterilovaných tavených sýrech, a lze tedy předpokládat, že i jejich nutriční hodnota, se významně nemění po celou dobu požadované trvanlivosti, tj. 2 roky, dokonce i při uchovávání v extrémních teplotních podmínkách.

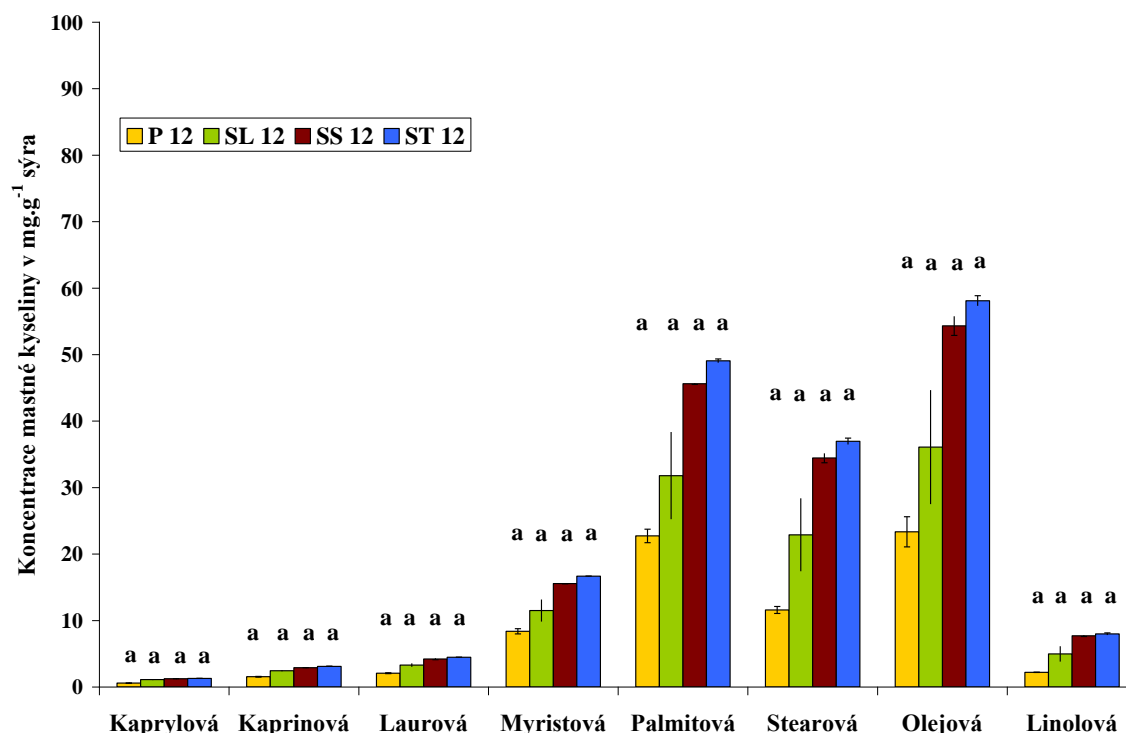


Obr. 26 Změny obsahu vybraných mastných kyselin v tavených sýrech po 4 měsících skladování při různých teplotách. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v mg.g^{-1} sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 4.1.

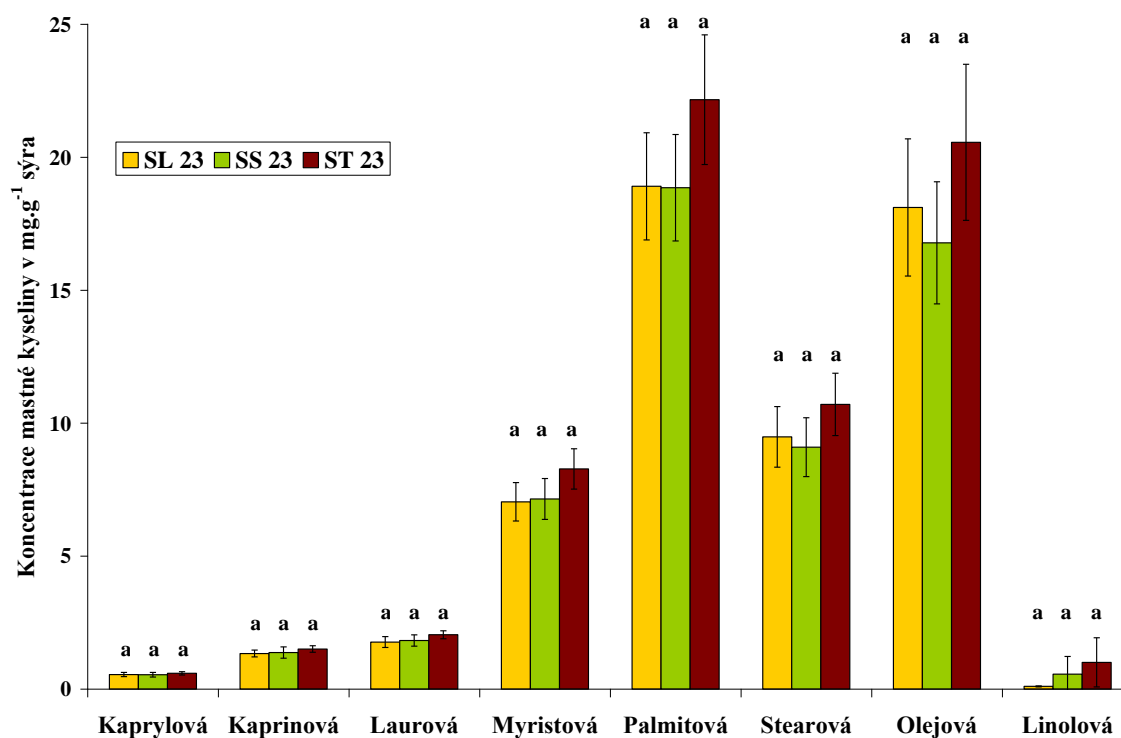
Tabuľka 12 Obsah mastných kyselín v sterilovaných tavených syroch (řada I) skladovaných pri 40 ± 2 °C; v mg.g⁻¹ syra*.

Mastná kyselina	0	4	6	12	16	23
Kapronová	7,32 ± 0,352	1,91 ± 0,355	1,52 ± 0,152	0,00 ± 0,001	1,37 ± 0,320	1,32 ± 0,168
Kaprylová	3,90 ± 0,043	1,61 ± 0,285	0,99 ± 0,050	1,29 ± 0,017	0,92 ± 0,135	0,59 ± 0,062
Kaprinová	8,38 ± 0,099	4,08 ± 1,093	2,74 ± 0,152	3,10 ± 0,033	2,10 ± 0,298	1,51 ± 0,124
Undekanová	1,46 ± 0,020	0,48 ± 0,156	0,43 ± 0,032	0,55 ± 0,009	0,34 ± 0,048	0,17 ± 0,016
Laurová	10,79 ± 0,089	5,55 ± 0,878	4,58 ± 0,186	4,47 ± 0,021	3,12 ± 0,473	2,04 ± 0,151
Tridekanová	0,93 ± 0,016	0,20 ± 0,016	0,38 ± 0,021	0,40 ± 0,003	8,96 ± 6,237	0,04 ± 0,003
Myristová	35,15 ± 0,144	22,47 ± 3,035	20,26 ± 0,640	16,67 ± 0,018	4,65 ± 5,366	8,28 ± 0,757
Myristoolejová	4,50 ± 0,014	2,83 ± 0,384	2,30 ± 0,087	2,04 ± 0,022	1,57 ± 0,212	0,77 ± 0,070
Pentadekanová	ND	0,69 ± 0,100	3,15 ± 0,055	ND	2,96 ± 0,878	0,01 ± 0,001
cis-10-Pentadecenová	5,75 ± 0,027	ND	ND	3,42 ± 0,125	1,48 ± 0,639	1,05 ± 0,089
Palmitová	77,14 ± 1,461	73,20 ± 8,453	66,13 ± 1,838	49,06 ± 0,279	31,32 ± 5,891	22,17 ± 2,437
Palmitoolejová	11,16 ± 0,276	2,11 ± 0,212	8,77 ± 0,248	7,08 ± 0,041	2,25 ± 2,023	2,20 ± 0,262
Heptadekanová	4,10 ± 0,274	2,56 ± 0,297	3,90 ± 0,125	3,23 ± 0,022	1,19 ± 0,720	0,72 ± 0,106
cis-10-Heptadecenová	0,22 ± 0,001	2,78 ± 0,241	1,57 ± 0,255	1,24 ± 0,009	2,19 ± 0,001	0,24 ± 0,040
Stearová	40,20 ± 2,479	52,10 ± 8,727	50,09 ± 1,748	36,96 ± 0,490	24,67 ± 4,164	10,71 ± 1,171
Elaidová	10,90 ± 0,432	ND	ND	8,99 ± 0,028	11,13 ± 5,136	ND
Olejová	71,11 ± 3,426	89,26 ± 14,962	88,96 ± 2,018	58,10 ± 0,763	35,70 ± 7,058	20,56 ± 2,934
Linolelaidová	1,05 ± 0,039	4,95 ± 0,714	1,38 ± 0,137	0,36 ± 0,001	3,67 ± 1,535	0,18 ± 0,043
Linolová	11,14 ± 0,513	6,46 ± 3,738	11,61 ± 0,358	7,98 ± 0,165	2,73 ± 2,437	1,01 ± 0,922
Arachová	ND	ND	0,09 ± 0,001	ND	1,22 ± 0,208	0,08 ± 0,016
γ-linolenová	ND	0,13 ± 0,001	0,26 ± 0,009	0,21 ± 0,001	0,17 ± 0,048	ND
cis-11-Eicosenová	3,77 ± 0,176	3,07 ± 0,133	3,70 ± 0,091	ND	0,31 ± 0,093	0,11 ± 0,021
Linolenová	ND	0,90 ± 0,138	0,14 ± 0,036	2,22 ± 0,024	1,73 ± 0,119	0,32 ± 0,167
Heneicosanová	ND	0,14 ± 0,001	0,61 ± 0,001	ND	ND	0,54 ± 0,001
cis-11,14-Eicosadienová	ND	0,27 ± 0,001	0,92 ± 0,529	0,30 ± 0,004	ND	ND
Eruková	ND	1,21 ± 0,230	0,52 ± 0,346	ND	ND	ND
Arachidonová	ND	0,05 ± 0,001	0,25 ± 0,085	0,35 ± 0,006	ND	ND

*Pozn.: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.



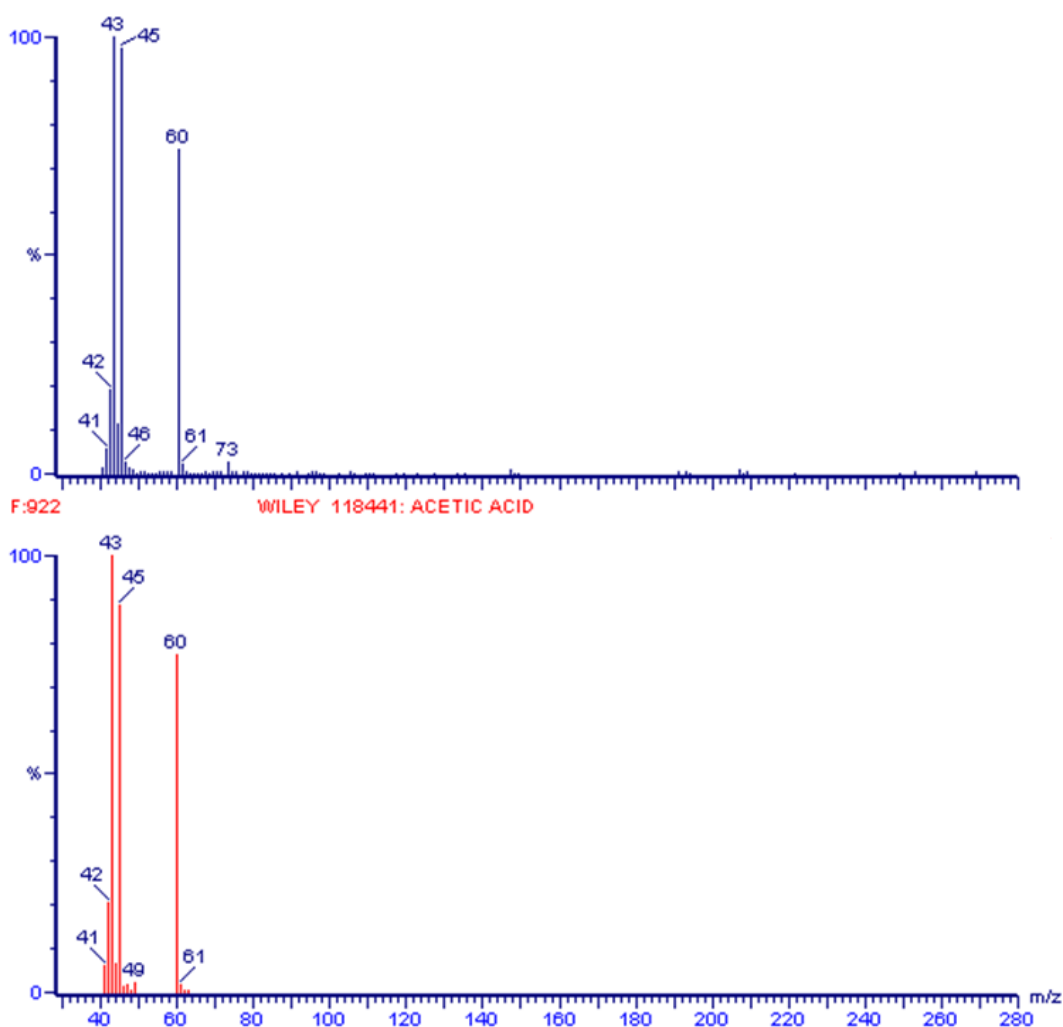
Obr. 27 Změny obsahu vybraných mastných kyselin tavených sýrů po 12 měsících skladování při různých teplotách. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchytky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení viz kapitola 4.1.



Obr. 28 Změny obsahu vybraných mastných kyselin tavených sýrů po 24 měsících skladování při různých teplotách. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchytky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení viz kapitola 4.1.

5.3 Stanovení aromaticky aktivních látek

Chuť a vůně (flavour) jsou spolu s texturou a barvou výrobku považovány za nejvýznamnější složky sensorické kvality. Flavour tavených sýrů souvisí s obsahem aromaticky aktivních látek. Část těchto sloučenin pravděpodobně pochází z přírodních sýrů, použitých při výrobě⁴², další pak vznikají následkem procesů probíhajících během technologického zpracování, zvláště při tavení a skladování sýrů. Těkavé aromaticky aktivní látky jsou velmi citlivé na různé podmínky aplikované během výroby a jsou tedy vhodným markerem pro sledování změn sýrové matrice.



Obr. 29 Hmotnostní spektrum kyseliny octové v porovnání s knihovnou spekter (dole).

K extrakci aromatických látek ze vzorků tavených sýrů byla použita metoda SPME, k následné identifikaci a kvantifikaci pak GC. Identifikace aromaticky aktivních látek v reálných vzorcích byla nejprve provedena pomocí metody GC-MS. Analyty byly identifikovány pomocí knihovny spekter Wiley. Na Obr. 29 je jako příklad uvedeno hmotnostní spektrum kyseliny octové. Vzhledem k nejednoznačnosti některých hmotnostních spekter byla identifikace potvrzena srovnáním retenčních časů identických standardů. Na

základě výsledků GC-MS analýzy a srovnáním s literární rešerší byly vybrány sloučeniny významné z kvantitativního hlediska. Pro další analýzy už byla použita metoda GC s FID detekcí, jednotlivé sloučeniny byly identifikovány a kvantifikovány pomocí dostupných standardů.

Pro účely identifikace a kvantifikace bylo použito celkem 62 standardů různých těkavých látek z toho 20 alkoholů, 11 aldehydů, 10 ketonů, 8 nižších mastných kyselin, 7 esterů, 3 sirné sloučeniny, 2 dusíkaté látky a z uhlovodíků heptan. Celkový přehled použitých standardů a způsob identifikace viz Tabulka 13.

Pro kvantifikaci sledovaných látek byla použita metoda vnějšího standardu. Kalibrační křivka pro jednotlivé látky byla sestavena z pěti kalibračních bodů (v koncentračním rozsahu 0,01–160 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, všechny korelační koeficienty $R^2 > 0,99$). Limity detekce (LOD, $S/N=3$) a limity kvantifikace (LOQ, $S/N=10$) pro jednotlivé látky uvádí Tabulka 14. Každý standard byl analyzován třikrát^{94,107}. Tabulka 13 ukazuje, že detekční limity různých sloučenin se poměrně liší, což je způsobeno rozdílnou afinitou analytů k SPME vláknu¹¹².

Opakovatelnost metody byla ověřena opakovanou extrakcí téhož vzorku ($n = 5$) směsi vybraných standardů, s relativní směrodatnou odchylkou $RSD < 10\%$ ^{94,107}. Výsledky všech měření jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra.

K dosažení co možná největšího extrakčního výtěžku byly optimalizovány podmínky SPME extrakce a následně vybrané parametry GC metody (teplotní program, průtok N_2 a pod.) pro zabezpečení optimálního rozdělení všech sledovaných analytů. Optimální podmínky použité metody jsou uvedeny v kapitole 4.3.2.

Vzhledem k velkému objemu dat jsou v následujících tabulkách (Tabulka 15–Tabulka 19) uvedeny pouze výsledky vzorků z řady I. Mezi hodnotami naměřenými u vzorků řady I a II nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$). Pro lepší přehlednost a srozumitelnost jsou dílčí výsledky včetně statistického zpracování uvedeny formou sloupcových grafů (Obr. 30–Obr. 37). Z uvedených grafů je dobře patrné zastoupení jednotlivých skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech a také jejich změny během zpracování a skladování sýrů.

Aromaticky aktivní látky mohou vznikat následkem použité vysoké teploty při sterilačním záhřevu, jejich tvorba pokračuje i během skladování sýrů, ale zároveň mohou také podléhat široké škále nejrůznějších degradačních reakcí. Z nich nejvýznamnější je Maillardova reakce (viz kapitoly 2.4.5, 2.4.6, 2.5.1). Nízká molekulová hmotnost a hlavně těkavost těchto sloučenin napomáhá prostupu látek sýrovou maticí, postupu k potenciálnímu reakčnímu partneru a usnadňuje reakce jak s ostatními těkavými sloučeninami, tak s vysokomolekulárními složkami systému.

Tabulka 13 Přehled standardů použitých k identifikaci a kvantifikaci aromaticky aktivních látek tavených sýrů.

MS – identifikováno pomocí hmotnostní spektrometrie, S – identifikováno pomocí hmotnostní spektrometrie, potvrzeno pomocí standardů

Rt (min)	Standard	Identifikace
12,366	Butan-1-ol	MS
12,550	Heptanal	MS
12,590	Heptan-2-on	MS
13,265	Heptaldehyd	MS, S
13,440	3-methyl-1-butanol	MS, S
14,570	Pentan-1-ol	MS
16,406	3-Hydroxybutan-2-on (Acetoin)	MS
16,705	Heptan-2-ol	MS
17,190	Hexan-1-ol	MS, S
18,756	Nonan-2-on	MS
19,180	Ethylkaprylát	MS
20,034	Okt-1-en-3-ol	MS
20,110	Furfural	MS
20,275	Octová kyselina	MS, S
21,270	Nonan-2-ol	MS
21,750	Benzaldehyd	MS, S
21,770	Propionová kyselina	MS, S
22,708	Oktan-1-ol	MS
23,103	2-methylpropanová	MS
23,930	N-Methylhydroxylamin hydrochlorid	MS
23,979	Undekan-2-on	MS
23,990	Ethylkaprinát	MS, S
24,535	Máselná kyselina	MS, S
25,014	Fenylacetaldehyd	MS
25,483	3-methylbutanová kyselina	MS, S
26,850	Mléčná kyselina	MS
26,910	Dekan-1-ol	MS
28,665	Fenylethanol	MS
29,004	Fenylethylacetát	MS, S
29,530	Benzylalkohol	MS, S
32,900	Kaprylová kyselina	MS

Rt (min)	Standard	Identifikace
3,800	Butan-2,3-diol	MS, S
4,008	Amoniak	MS
4,013	Heptan	MS, S
4,037	Acetaldehyd	MS, S
4,097	Kapronová kyselina	MS, S
4,272	Dimethylsulfid	MS
4,684	Propionaldehyd	MS, S
4,960	Methylacetát	MS
5,144	Aceton	MS, S
5,179	Aceton dimethyl acetal	MS
5,790	Ethylacetát	MS
6,050	2-methylpropanol	MS
6,060	Butan-2-on	MS, S
6,288	Methanol	MS, S
6,340	3-methylbutanal	MS
6,857	Propan-2-ol	MS, S
6,987	Ethanol	MS, S
7,430	Propylacetát	MS
7,480	Biacetyl	MS
7,947	Butan-2,3-dion	MS, S
8,046	Pentan-2-on	MS
8,610	Butan-2-ol	MS, S
8,883	Ethylbutyrát	MS, S
8,970	Propan-2-ol	MS
9,680	Butylacetát	MS
9,920	Kapronaldehyd	MS
10,093	Dimetyltrisulfid	MS
10,137	Dimetyldisulfid	MS
10,328	Hexanal	MS
10,767	Isobutanol	MS
11,585	Pentan-2-ol	MS

Tabulka 14 Limity detekce a kvantifikace vybraných aromaticky aktivních látek.

Aromaticky aktivní látka	LOD ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	LOQ ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)
Butan-2,3-diol	0,06	0,16
Acetaldehyd	0,04	0,14
Kapronová kyselina	0,01	0,02
Propionaldehyd	0,05	0,16
Aceton	0,06	0,16
Butan-2-on	0,25	0,76
Methanol	0,03	0,11
Propan-2-ol	0,50	1,42
Ethanol	0,01	0,04
Butan-2,3-dion	0,03	0,08
Butan-2-ol	0,06	0,21
Ethylbutyrát	0,06	0,19
Heptaldehyd	0,25	0,69
3-methyl-1-butanol	0,03	0,11
Hexan-1-ol	0,05	0,16
Octová kyselina	0,45	1,32
Benzaldehyd	0,04	0,11
Propionová kyselina	0,09	0,29
Ethylkaprinát	0,50	1,53
Máselná kyselina	0,60	1,72
3-methylbutanová kyselina	0,50	1,42
Fenylethylacetát	0,25	0,72
Benzylalkohol	0,35	0,99

5.3.1 Vliv sterilizačního záhřevu na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech

V tavených sýrech ihned po vyrobení bylo identifikováno celkem 19 aromaticky aktivních látek, z toho 7 alkoholů, 5 aldehydů, 5 ketonů a 2 nižší mastné kyseliny. Nejvíce zastoupené aromaticky aktivní látky uvádí Tabulka 15. Nejméně ($< 0,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra) byly zastoupeny tyto sloučeniny: hexanal, acetoin, heptan-2-ol, nonan-2-on, undekan-2-on, fenylethanol, z toho pouze v pasterovaném taveném sýru byl identifikován butan-1-ol, oktan-1-ol a fenylacetaldehyd, pouze ve sterilovaném sýru propionaldehyd.

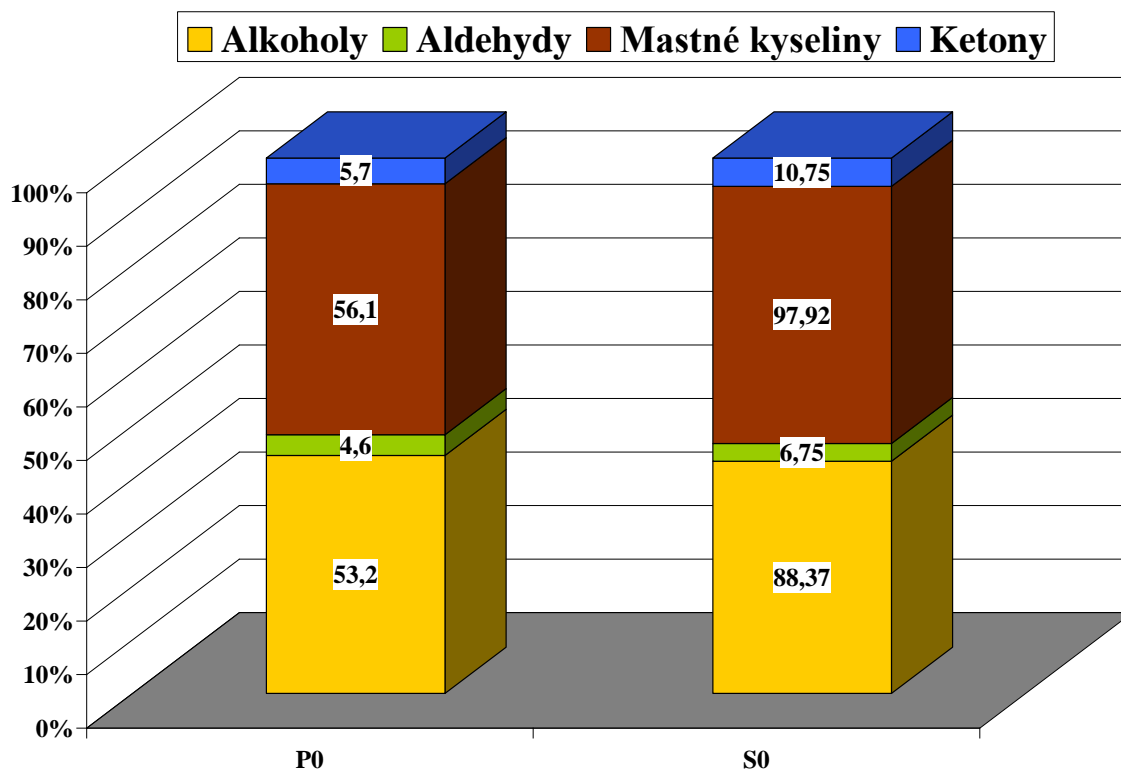
V poměrně vysokém množství byly v sýrech nalezeny kyseliny octová a máselná. Tyto dvě látky nebylo možné stanovit předchozí metodou po převedení na methylestery, neboť byly na

chromatogramu překryty píkem rozpouštědla (n- heptan). Jelikož se jedná o nízkouhlíkaté těkavé kyseliny, s výhodou lze pro jejich stanovení použít SPME vlákno^{106, 107}.

Tabulka 15 Obsah vybraných aromaticky aktivních látek v čerstvě vyrobených pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech (řada I), v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra*.

AAL	Pasterovaný	Sterilovaný
Acetaldehyd	20,46 ± 0,681	45,47 ± 2,822
Heptaldehyd	0,26 ± 0,012	1,17 ± 0,017
Aceton	3,44 ± 0,074	5,22 ± 0,118
Butan-2,3-dion	0,61 ± 0,042	1,69 ± 0,045
Methanol	23,85 ± 1,153	29,98 ± 1,523
Propan-2-ol	0,68 ± 0,047	11,34 ± 0,294
Ethanol	27,94 ± 1,002	16,39 ± 0,251
Octová kyselina	51,59 ± 0,214	60,01 ± 0,981
Máselná kyselina	3,40 ± 0,016	3,77 ± 0,155
Celkový obsah všech AAL	119,69 ± 1,681	203,79 ± 3,382

*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka (n = 3) Značení vzorků viz kapitola 4.1.



Obr. 30 Porovnání obsahu jednotlivých chemických skupin aromaticky aktivních látek v pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech ihned po vyrobení. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

Celkový obsah aromaticky aktivních látek se během sterilačního záhřevu zvýšil téměř dvojnásobně oproti pasterovanému sýru. Sterilace má tedy na vznik aromatických látek významný ($P < 0,05$) vliv. Tyto změny poté mohou indukovat další, ke kterým dochází během skladování.

Porovnání obsahu jednotlivých skupin aromatických látek v pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech je uvedeno na Obr. 30.

V průběhu sterilačního záhřevu došlo ke zvýšení obsahu všech skupin stanovovaných těkavých látek. Aldehydy a ketony vznikají předně oxidací lipidů⁸¹, mastné kyseliny s nízkým počtem uhlíků taktéž při oxidaci z vyšších mastných kyselin⁸¹. Alkoholy také vznikají degradací bílkovin⁹⁰. Tepelná zátěž při sterilaci pravděpodobně podporuje autooxidaci mastných kyselin za spolupůsobení zbytkového kyslíku zachyceného v hermeticky uzavřeném obalu. Při zvýšené teplotě také startuje Maillardova reakce.

5.3.2 Vliv doby skladování na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech

Tabulka 16 Obsah vybraných aromaticky aktivních látek v pasterovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C (řada I), v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra*.

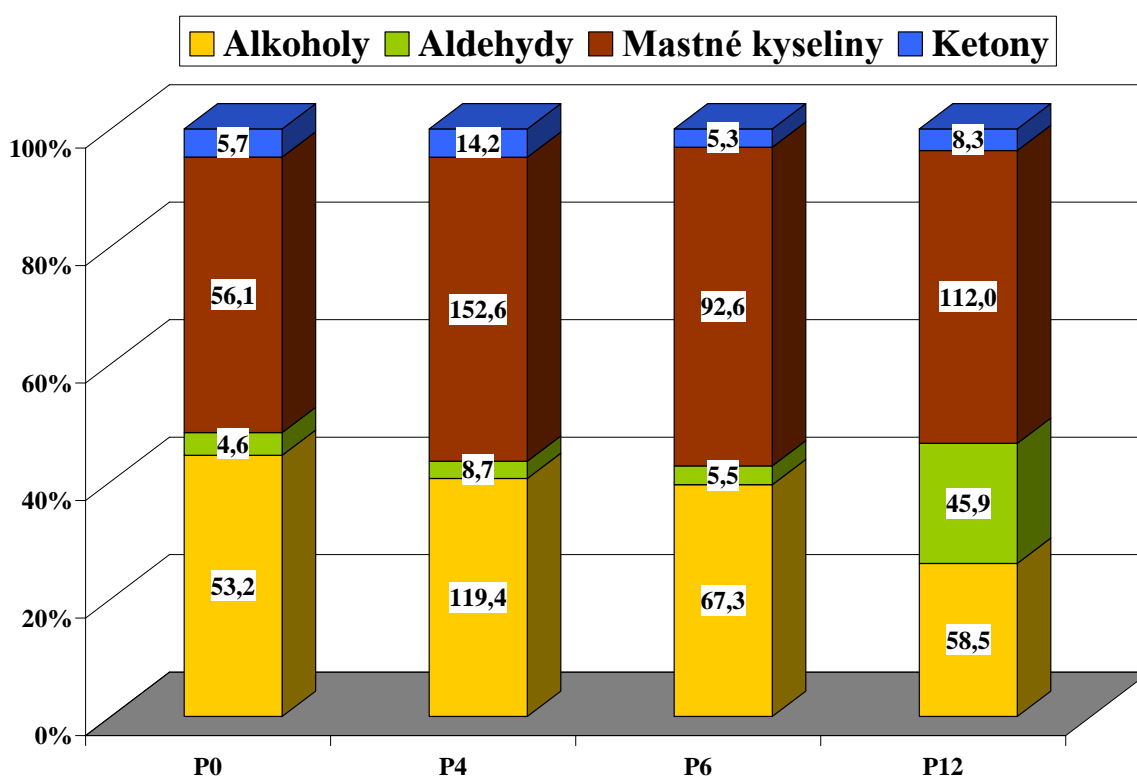
AAL	0	4	6	12
Acetaldehyd	20,46 ± 0,684	5,73 ± 0,020	4,44 ± 0,213	5,31 ± 0,200
Heptaldehyd	0,26 ± 0,005	1,52 ± 0,003	0,26 ± 0,009	1,20 ± 0,040
Octová kyselina	51,59 ± 0,212	69,95 ± 0,001	87,54 ± 1,031	59,25 ± 2,395
Máselná kyselina	3,40 ± 0,001	3,16 ± 0,003	3,53 ± 0,196	3,50 ± 0,145
Kapronová kyselina	ND	1,35 ± 0,044	ND	0,50 ± 0,015
Aceton	3,44 ± 0,071	9,90 ± 0,645	2,25 ± 0,053	8,10 ± 0,500
Butan-2,3-dion	0,61 ± 0,039	2,97 ± 0,032	0,51 ± 0,025	2,16 ± 0,060
Methanol	23,85 ± 1,147	48,15 ± 2,938	16,79 ± 0,241	32,17 ± 2,088
Ethanol	27,94 ± 1,000	28,80 ± 0,701	48,81 ± 1,211	24,49 ± 1,307
Propan-2-ol	0,68 ± 0,038	41,85 ± 2,275	1,13 ± 0,041	31,36 ± 1,860
Celkový obsah všech AAL	119,69 ± 1,682	295,05 ± 3,841	170,68 ± 1,635	224,74 ± 3,954

*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka ($n = 3$); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

V pasterovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C bylo identifikováno celkem 22 aromaticky aktivních látek, z toho 8 alkoholů, 5 aldehydů, 5 ketonů a 4 nižší mastné kyseliny. Nejvíce zastoupený byl ethanol, acetaldehyd, methanol a kyselina mléčná. V množství do $10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra byl přítomen methylacetát a aceton. Ostatní sloučeniny (propionaldehyd, hexanal, fenylacetaldehyd, isobutanol, pentan-2-ol, heptan-2-ol, oktan-1-ol, fenylethanol, acetoin, nonan-2-on, undekan-2-on a kyselina 3-methylbutanová) byly zastoupeny v množství cca do $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Butan-1-ol ($0,05 \pm 0,011 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra) byl

identifikován pouze v čerstvě vyrobeném sýru. Tabulka 16 uvádí obsah vybraných nejdůležitějších aromaticky aktivních látek.

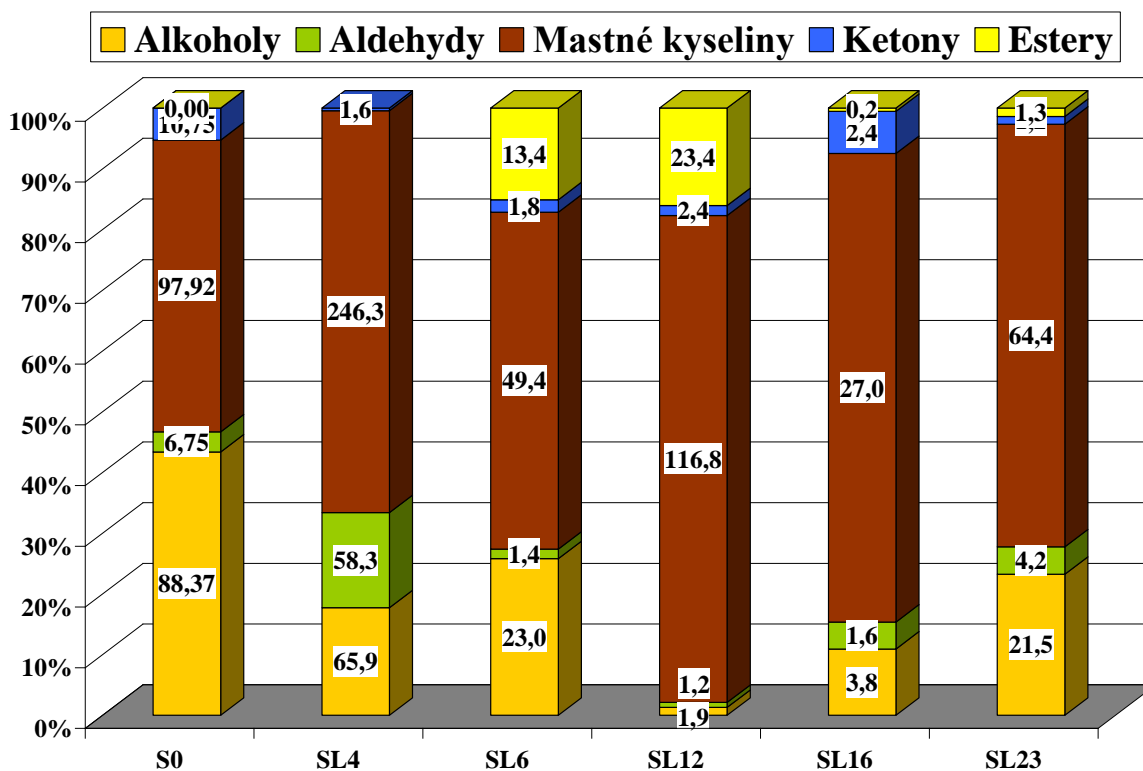
Na Obr. 31 je uvedeno srovnání jednotlivých skupin aromaticky aktivních látek. Je z něj patrné, že k největším změnám aromaticky aktivních látek dochází v prvních 4 měsících skladování. Dochází nejprve až k trojnásobnému zvýšení obsahu mastných kyselin, a k více než zdvojnásobení celkového obsahu alkoholů. Tyto změny mohou být způsobeny např. působením termostabilních enzymů, k jejichž inaktivaci je pastace nedostatečná. V dalších měsících se pravděpodobně více projevuje autooxidace tuku a vyšších mastných kyselin za vzniku aldehydů.



Obr. 31 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v pasterovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 6 ± 2 °C). Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

V tavených sterilovaných sýrech skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C bylo identifikováno celkem 38 aromaticky aktivních látek, z toho 10 alkoholů, 7 aldehydů, 8 ketonů, 6 esterů, 4 nižší mastné kyseliny a 2 dusíkaté sloučeniny. Nejvíce zastoupený byl ethanol, acetaldehyd, methanol a kyselina octová. Některé sloučeniny byly detekovány pouze v jednom vzorku sýra během skladování. Jednalo se o tyto látky: pouze ve 12. týdnu byly identifikovány amoniak ($1,82 \pm 0,030 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra), 2-methylpropanová kyselina a 2-nonanon. N-methylhydroxylamin hydrochlorid a ethylkaprinát byly přítomny pouze v 16. měsíci skladování, fenylacetaldehyd, biacetyl, ethylbutyrát a kyselina propionová ($9,20 \pm 1,972 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra) naopak v posledním

měření. Pokud není uvedeno jinak, bylo množství ostatních zmíněných sloučenin menší, než $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Mezi aromaticky aktivní látky zastoupené v množství do $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra patřil také propionaldehyd, hexanal, heptan-1-ol, pentan-2-on, acetoin, nonan-2-on, undekan-2-on, butan-2-on, heptan-2-ol, fenylethanol, butan-2,3-diol, 2-methylpropanol, methylacetát, butylacetát a ethylkaprylát. Ostatní látky viz Tabulka 17.



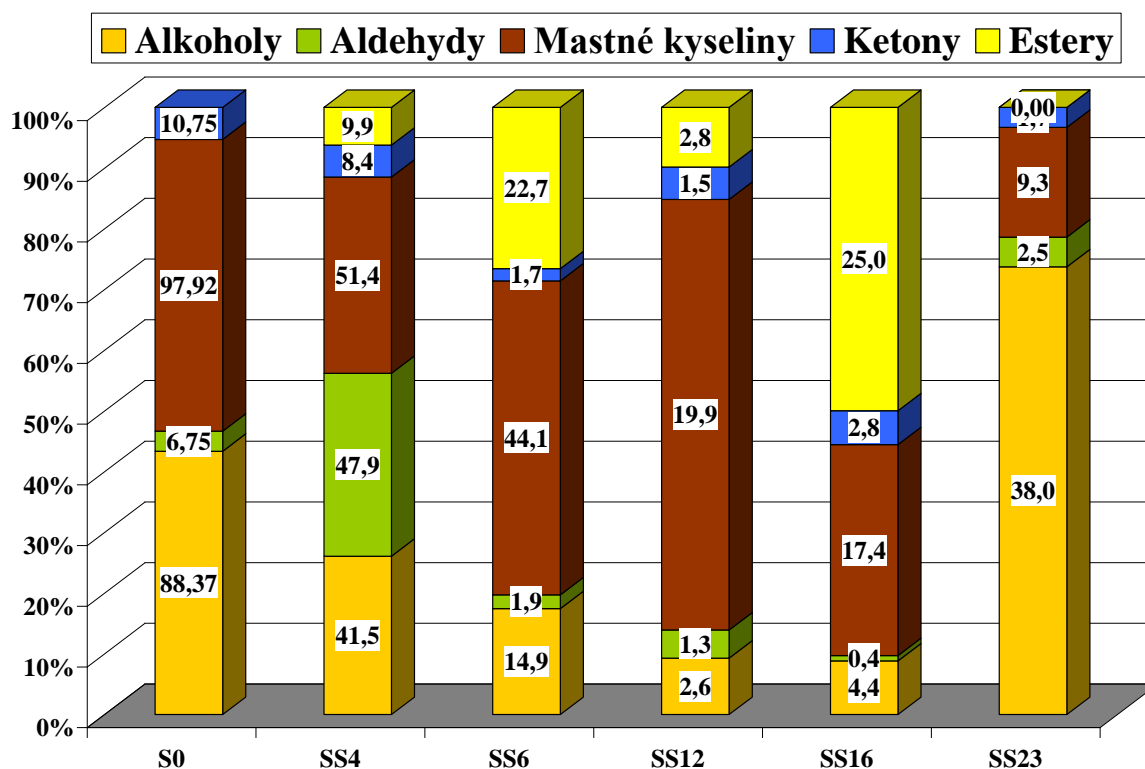
Obr. 32 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$). Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

V tavených sterilovaných sýrech skladovaných při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ bylo identifikováno celkem 35 aromaticky aktivních látek, z toho 10 alkoholů, 6 aldehydů, 6 ketonů, 3 estery, 5 nižších mastných kyselin, 2 dusíkaté a 2 sírné sloučeniny a heptan. V jediném vzorku během doby skladování byly detekovány tyto látky – pouze ve 12. měsíci byly identifikovány kyselina kapronová, methanol ($1,82 \pm 0,030 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra), ethylacetát a propanol. V 16. měsíci skladování byl identifikován heptan-2-ol, ve 23. měsíci 1-oktanol, hexanal, kyselina octová, heptanal a kyselina propionová ($3,98 \pm 0,380 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra). Pokud není uvedeno jinak, bylo množství zmíněných sloučenin menší, než $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Mezi aromaticky aktivní látky zastoupené v množství do $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra patřil také amoniak, acetaldehyd, dimethylsulfid, dimethyldisulfid, ethanol, nonan-2-on, okt-1-en-2-ol, kyselina máselná, fenylethylacetát, heptan-2-on, furfural, benzaldehyd, dekanol, benzylalkohol a kyselina kaprylová.

Tabulka 17 Obsah vybraných aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C (řada I), v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra*.

AAL	0	4	6	12	16	23
Acetaldehyd	45,47 ± 2,816	55,95 ± 1,028	ND	ND	9,57 ± 0,01	1,07 ± 0,100
Heptaldehyd	1,17 ± 0,008	1,87 ± 0,036	ND	ND	0,40 ± 0,054	ND
Aceton	5,22 ± 0,112	6,61 ± 0,099	ND	0,09 ± 0,001	ND	ND
Butan-2,3-dion	1,69 ± 0,037	2,48 ± 0,052	ND	ND	ND	ND
Methanol	29,98 ± 1,525	38,09 ± 1,949	ND	0,02 ± 0,01	ND	2,78 ± 0,250
Propan-2-ol	11,34 ± 0,289	9,56 ± 0,541	2,38 ± 0,631	ND	0,48 ± 0,050	0,52 ± 0,068
Ethanol	16,39 ± 0,246	16,31 ± 0,952	0,99 ± 0,019	0,99 ± 0,045	2,41 ± 0,032	12,72 ± 0,681
Hexan-1-ol	ND	ND	12,65 ± 0,920	22,12 ± 0,620	ND	ND
Octová kyselina	60,01 ± 0,985	88,08 ± 4,080	70,17 ± 0,480	75,04 ± 5,841	7,23 ± 2,473	35,34 ± 3,001
Máselná kyselina	3,77 ± 0,146	2,95 ± 0,120	6,36 ± 0,100	4,92 ± 0,163	1,29 ± 0,201	ND
Fenylethylacetát	ND	ND	19,48 ± 4,60	0,59 ± 0,081	0,81 ± 0,257	50,19 ± 8,274
Celkový obsah všech AAL	203,79 ± 3,381	380,25 ± 4,775	89,00 ± 4,764	147,49 ± 5,887	43,93 ± 2,491	102,14 ± 8,841

*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka ($n = 3$); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.



Obr. 33 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 23 ± 2 °C). Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení viz kapitola 4.1.

Obsahy zmíněných těkavých látek ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ v průběhu dvou let značně kolísaly. Při této teplotě tedy pravděpodobně probíhá velmi široké spektrum chemických reakcí, přičemž normální teplota tyto reakce podporuje a pravděpodobně žádnou nepreferuje. Po delší době skladování se již v podstatné míře projevuje vznik esterů mastných kyselin a alkoholů a poté další rozpad látek za vzniku alkoholů.

Tabulka 18 Obsah vybraných aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (řada I), v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra.*

AAL	0	4	6	12	16	23
Heptan	ND	ND	12,65 ± 0,917	22,12 ± 0,621	ND	ND
Acetaldehyd	45,47 ± 2,816	55,95 ± 1,030	ND	ND	9,57 ± 0,010	1,07 ± 0,100
Heptaldehyd	16,39 ± 0,249	16,31 ± 0,952	0,99 ± 0,023	0,99 ± 0,046	2,41 ± 0,028	12,72 ± 0,680
Aceton	5,22 ± 0,110	6,61 ± 0,104	ND	0,09 ± 0,011	ND	ND
Butan-2-on	11,34 ± 0,289	9,56 ± 0,542	2,38 ± 0,630	ND	0,48 ± 0,054	0,52 ± 0,067
Pentan-2-on	1,69 ± 0,039	2,48 ± 0,046	ND	ND	ND	ND
Propan-2-ol	ND	ND	6,15 ± 0,191	7,34 ± 1,422	2,24 ± 0,010	9,20 ± 1,973
Butan-2-ol	3,77 ± 0,154	2,95 ± 0,124	6,36 ± 0,102	4,92 ± 0,158	1,29 ± 0,201	ND
3-methyl-1-butanol	60,01 ± 0,977	88,08 ± 4,083	70,17 ± 0,479	75,04 ± 5,841	7,23 ± 2,466	35,34 ± 3,000
N-MH H**	ND	ND	19,48 ± 4,601	0,59 ± 0,082	0,81 ± 0,263	50,19 ± 8,281
Máselná kyselina	1,17 ± 0,014	1,87 ± 0,039	ND	ND	0,40 ± 0,047	ND
Ethylbutyrát	29,98 ± 1,519	38,09 ± 1,951	ND	0,02 ± 0,013	ND	2,78 ± 0,251
Celkový obsah všech AAL	203,79 ± 3,381	148,77 ± 4,771	72,50 ± 4,764	139,30 ± 6,047	27,77 ± 2,492	159,12 ± 9,053

*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka ($n = 3$); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

** Pozn. N-methylhydroxylamin hydrochlorid

V tavených sterilovaných sýrech skladovaných při teplotě $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ bylo identifikováno celkem 37 aromaticky aktivních látek, z toho 10 alkoholů, 8 aldehydů, 8 ketonů, 5 esterů, 5 nižších mastných kyselin a 1 dusíkatá látka. V jediném vzorku během doby skladování byly detekovány tyto látky – v 6. měsíci byla identifikována kyselina kaprylová, ve 12. měsíci N-methylhydroxylamin hydrochlorid ($1,37 \pm 0,190 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra), isobutanol a fenylacetaldehyd. Pokud není uvedeno jinak, bylo množství zmíněných sloučenin menší, než $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Mezi aromaticky aktivní látky zastoupené v množství do $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra patřil také propionaldehyd, pentan-2-on, hexanal, acetoin, heptan-2-ol, nonan-2-on, undekan-2-on, fenylethanol,

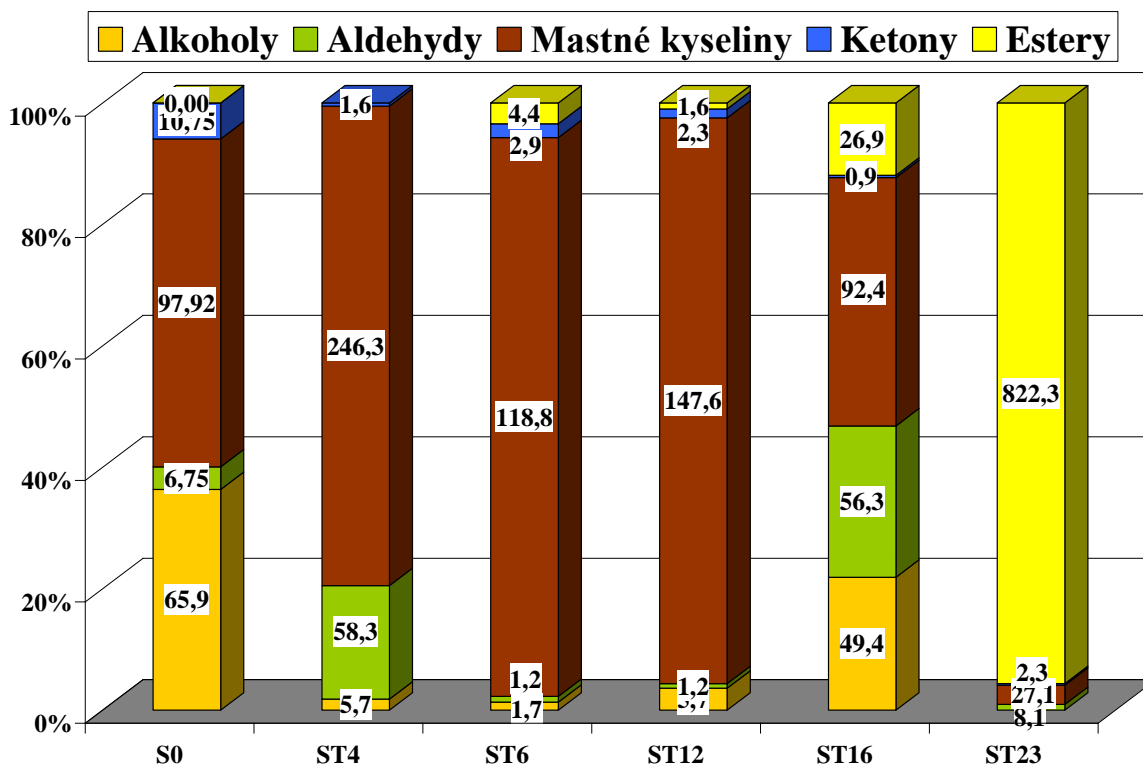
fenylethylacetát, methylacetát, 2-methylpropanol, butan-2-on, butan-2-ol, ethylbutyrát, butylacetát, heptanal a benzylalkohol.

Zvýšená teplota skladování (40 ± 2 °C) sterilovaných tavených sýrů pravděpodobně podporuje spíše oxidační reakce tuků nejprve na volné mastné kyseliny, poté i na aldehydy. Také degradace aminokyselin uvolněných z rozštěpeného kaseinu je velmi pravděpodobná^{88,90}. Se vzrůstajícím podílem těchto sloučenin vzniká prostor pro esterifikační reakce, u nichž má zvýšená teplota pravděpodobně také výrazné katalytické účinky.

Tabulka 19 Obsah vybraných aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě 40 ± 2 °C (řada I), v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra.*

AAL	0	4	6	12	16	23
Acetaldehyd	45,47 ± 2,821	55,95 ± 1,030	ND	ND	54,50 ± 0,011	1,51 ± 0,345
Heptaldehyd	1,17 ± 0,010	1,87 ± 0,043	0,03 ± 0,010	ND	0,34 ± 0,053	ND
Benzaldehyd	ND	ND	6,76 ± 0,221	8,26 ± 1,553	ND	ND
Aceton	5,22 ± 0,111	6,61 ± 0,104	0,47 ± 0,043	0,24 ± 0,009	ND	0,49 ± 0,009
Butan-2,3-dion	1,69 ± 0,037	2,48 ± 0,051	ND	ND	ND	ND
Methanol	29,98 ± 1,520	38,09 ± 1,949	ND	9,11 ± 0,214	1,46 ± 0,117	21,37 ± 3,725
Propan-2-ol	11,34 ± 0,288	9,56 ± 0,543	2,60 ± 0,157	0,01 ± 1,829	0,35 ± 0,026	11,28 ± 0,974
Ethanol	16,39 ± 0,251	16,31 ± 0,947	0,97 ± 0,036	0,81 ± 0,012	2,26 ± 0,413	9,30 ± 0,409
Butan-2,3-diol	ND	ND	1,48 ± 0,108	1,47 ± 0,027	0,53 ± 0,050	1,85 ± 0,342
Benzylalkohol	ND	ND	2,41 ± 0,701	3,29 ± 0,211	0,82 ± 0,121	17,96 ± 2,789
Octová kyselina	60,01 ± 0,978	88,08 ± 4,079	87,05 ± 3,903	113,56 ± 12,944	6,31 ± 0,790	138,91 ± 6,074
Máselná kyselina	3,77 ± 0,150	2,95 ± 0,124	4,17 ± 0,061	3,01 ± 0,189	2,25 ± 0,056	ND
3-methylbutanová kyselina	ND	154,56 ± 6,152	0,09 ± 0,014	ND	ND	ND
Propionová kyselina	ND	ND	38,74 ± 1,963	88,26 ± 0,404	26,36 ± 1,485	10,77 ± 0,325
Ethylkaprinát	ND	ND	0,15 ± 0,011	0,23 ± 0,005	0,38 ± 0,008	819,74 ± 92,656
Celkový obsah všech AAL	203,79 ± 3,381	380,25 ± 7,781	169,09 ± 4,432	163,41 ± 13,173	181,86 ± 1,754	1153,32 ± 92,982

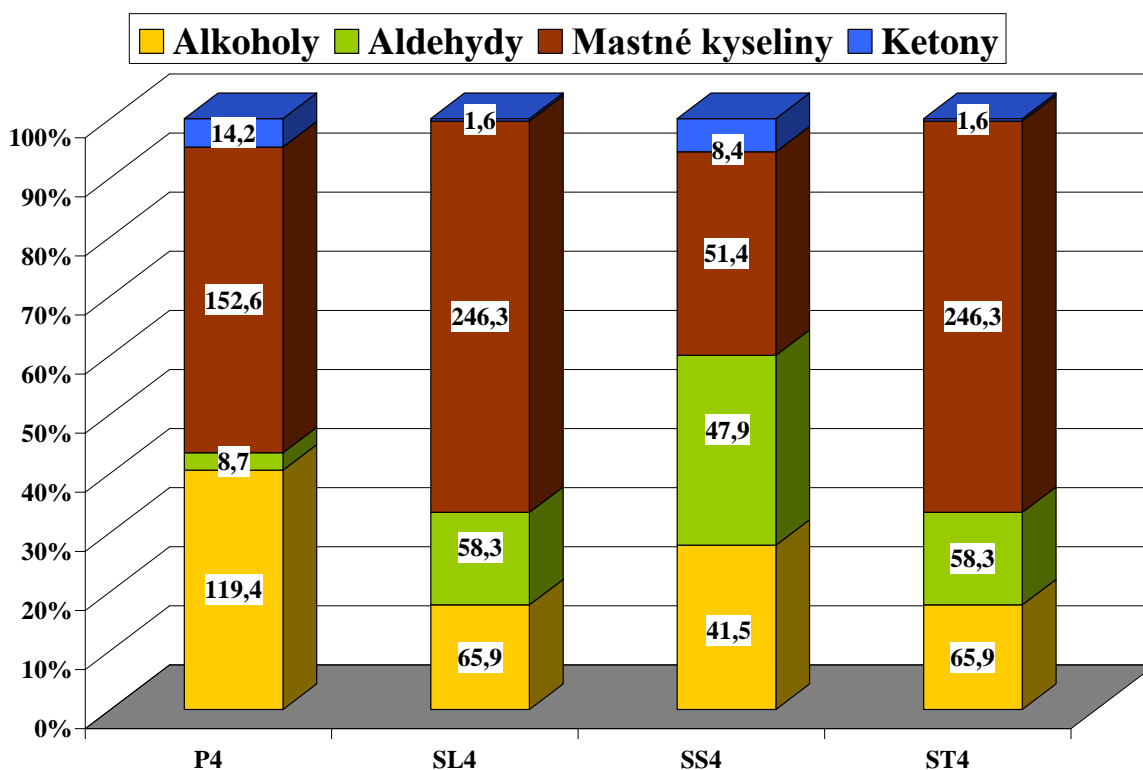
*Pozn: Výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr ± směrodatná odchylka ($n = 3$); ND – nebylo detekováno. Značení vzorků viz kapitola 4.1.



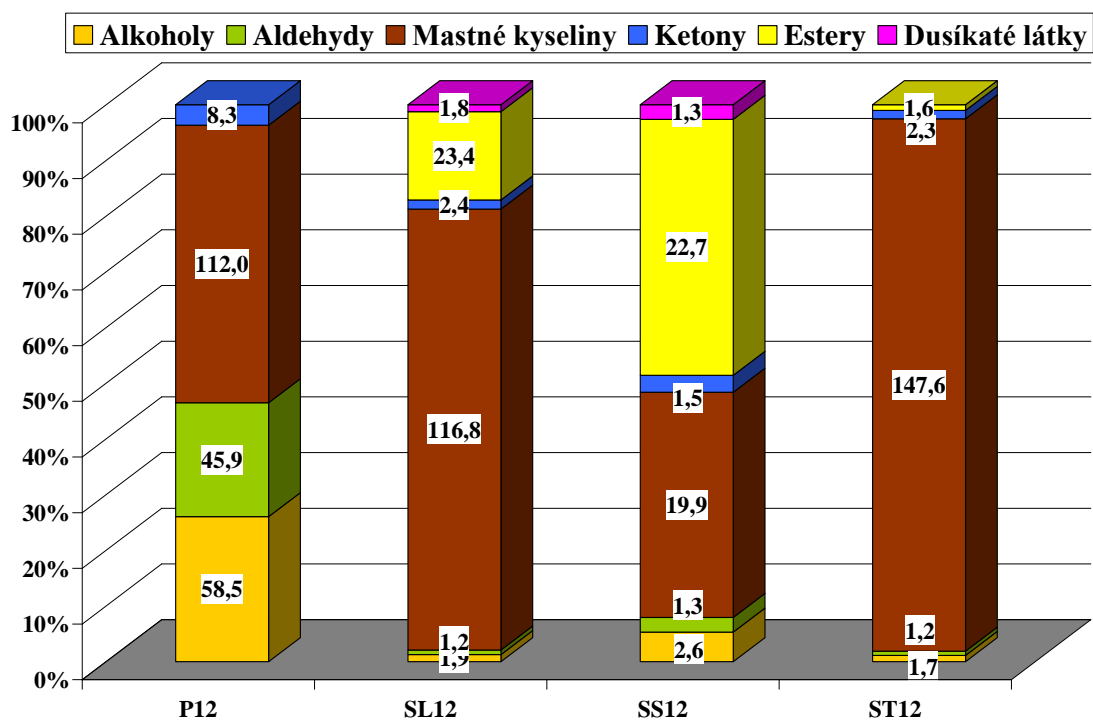
Obr. 34 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 40 ± 2 °C). Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

5.3.3 Vliv teploty skladování na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech

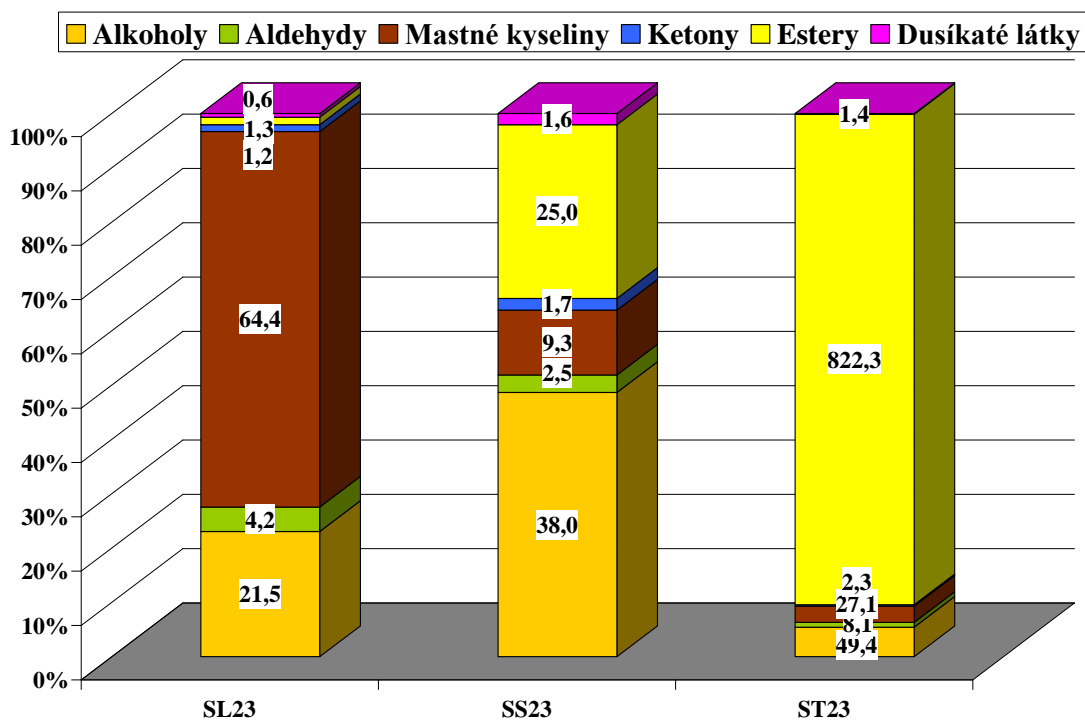
Na Obr. 35–Obr. 37 jsou přehledně zobrazeny rozdíly obsahů jednotlivých skupin látek v tavených sýrech skladovaných za různých teplotních podmínek. Pokud shrneme veškeré získané výsledky stanovení aromaticky aktivních látek, lze soudit, že aromaticky aktivní látky v pasterovaném taveném sýru ihned po výrobě pocházely pravděpodobně z přírodních sýrů, použitých při výrobě^{81, 87}. Následné změny aromatického profilu sýrů je nutné přičíst vlivu podmínek použitých při zpracování a skladování sýrů. Např. u alkoholů dochází v průběhu času k postupným ztrátám. Po 12 měsících skladování je rovnováha aromatických látek posunuta zejména ve prospěch mastných kyselin. Ty mohou pravděpodobně vznikat degradací vyšších mastných kyselin, které touto metodou bohužel není možné stanovit vzhledem k jejich nízké těkavosti. U sterilovaných tavených sýrů začínají vznikat v hojně míře estery. To samozřejmě zapříčiňuje pokles obsahu nižších mastných kyselin a alkoholů. Od jednoho roku skladování se také začínají objevovat dusíkaté sloučeniny pocházející z rozložených aminokyselin a peptidů. Z nízkého zastoupení můžeme usuzovat, že tyto produkty preferují reakce vzniku barevných pigmentů – melanoidinů. Na Obr. 37 je jasně patrný vliv vysoké skladovací teploty na vznik esterů. Ve sterilovaných sýrech uchovávaných při vyšší teplotě je obsah esterů po dvou letech skladování o několik řádů vyšší, než u vzorků skladovaných při normální teplotě.



Obr. 35 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech po 4 měsících skladování při různých teplotách. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení viz kapitola 4.1.



Obr. 36 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech po 12 měsících skladování při různých teplotách. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení viz kapitola 4.1.



Obr. 37 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech po 23 měsících skladování při různých teplotách. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 4.1.

5.4 Instrumentální měření textury sýrů

Textura a tavicí vlastnosti jsou sensorické znaky, na které výrobci, ale i spotřebitelé, kladou vedle flavouru u tavených sýrů velký důraz¹⁶⁶. Během výroby a skladování tavených sýrů podléhají jejich texturní vlastnosti významným změnám, většinou směřujícím k tuhnutí^{39,72} a jsou tak dalším vhodným markerem pro sledování změn sýrové matrice.

Kromě sensorického hodnocení byla textura tavených sýrů měřena také instrumentálně metodou TPA. Analýza texturního profilu je metoda, která simuluje žvýkání dané potraviny v ústech. Při měření TPA je vzorek pomocí pístu stlačován danou rychlostí na předem stanovenou velikost (% původní velikosti) a měří se síla, která je ke stlačení nutná. Stlačování vzorku probíhá ve dvou cyklech, vyhodnocuje se tzv. zatěžovací křivka, tj. závislost síly F na deformaci vzorku. Z této závislosti jsou pak určovány jednotlivé texturní parametry: tvrdost, křehkost, lepivost, pružnost, soudržnost, gumovitost a žvýkatelnost⁵⁵. To jsou hlavní mechanické vlastnosti výrobku, tak jak je uvádí ČSN ISO 11036⁷¹. Tvrdost vzorku je vyjádřena maximální silou F_{max} [N] dosaženou během prvního stlačovacího cyklu a simuluje žvýkání mezi stoličkami. Penetrační analýza je metoda, která simuluje první skousnutí sousta mezi řezáky. Tuhost je vyjádřena maximální silou F_{max} [N] potřebnou k proniknutí sondy vzorkem do hloubky 5 mm⁵⁵. V porovnání se sensorickou analýzou dává texturní profilová analýza jednoznačný číselný výsledek. Na druhou stranu, tato hodnota vypovídá pouze o jediném okamžiku při konzumaci, tedy nezohledňuje ostatní faktory vnímané hodnotitelem

včetně individuálních rozdílů mezi lidmi. Nehledě k tomu, že veličiny, které lze vyčíst ze zatěžovací křivky, mají empirický charakter, a proto je možné je chápat pouze jako ekvivalentní pro vyjádření změny u dané vlastnosti (není tedy možné je chápat absolutně)⁴⁷.

5.4.1 Vliv sterilizačního záhřevu na texturu tavených sýrů

Tabulka 20 Výsledky instrumentálního měření textury pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů – vliv sterilizačního záhřevu a skladování**.

Doba skladování (měsíce) / F _{max} (N)		Řada I		Řada II	
		0	12	0	12
TPA*	Pasterovaný	0,79 ± 0,112 ^a A	0,86 ± 0,112 ^a A	0,79 ± 0,111 ^a A	0,85 ± 0,134 ^a A
	Sterilovaný	0,76 ± 0,164 ^a A	0,88 ± 0,202 ^a A	0,76 ± 0,163 ^a A	0,87 ± 0,158 ^a A
P*	Pasterovaný	1,25 ± 0,094 ^a A	1,35 ± 0,054 ^a A	1,25 ± 0,098 ^a A	1,34 ± 0,103 ^a A
	Sterilovaný	1,55 ± 0,080 ^a A	1,72 ± 0,064 ^a A	1,55 ± 0,084 ^a A	1,88 ± 0,125 ^a A

*Pozn.: TPA – texturní a profilová analýza; P – penetrace

**Pozn.: Výsledky instrumentálního hodnocení textury jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 5). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilizačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem a následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší (P ≥ 0,05).

Instrumentálnímu měření textury byly podrobeny vzorky po výrobě, po 1. a 2. roce skladování. Jak bude diskutováno v kapitole o sensorickém hodnocení textury, vlivem sterilizačního záhřevu došlo k významnému (P < 0,05) zvýšení tuhosti tavených sýrů. Jak je zřejmé (viz Tabulka 20), podle výsledků instrumentálního hodnocení textury nebyly rozdíly shledány statisticky významné (P ≥ 0,05), nicméně je zde patrné zvýšení F_{max}, což značí větší tvrdost sýrů po 12 měsících skladování (při 6 ± 2 °C).

5.4.2 Vliv podmínek skladování na texturu tavených sýrů

Z výsledků, které zobrazuje Tabulka 21, vyplývá, že u všech vzorků sterilovaných tavených sýrů skladovaných po dobu 2 let došlo ke statisticky významnému (P < 0,05) zvýšení tuhosti oproti původně vyrobenému tavenému sýru. Dále bylo zjištěno, že skladování tavených sýrů při vyšší teplotě také významně zvyšuje tuhost sýra (P < 0,05).

Toto je v souladu se zjištěními Buňky a kol.⁷², v jehož práci byla konzistence sterilovaných tavených sýrů tužší v porovnání s tavenými sýry, které neprošly sterilizačním záhřevem. Vzrůst tuhosti může být způsoben v důsledku dodatečné hydrolýzy tavicích solí a následné vazby produktů hydrolýzy na proteinovou matici. Dalším důvodem může být uvolňování vody vlivem zvýšených teplot a tím narušení hydrofobních interakcí a rozrušení kaseinové struktury⁴⁷.

Tabulka 21 Výsledky instrumentálního měření textury sterilovaných tavených sýrů – vliv teploty a doby skladování**.

Doba skladování (měsíce)/ F _{max} (N)		Řada I		Řada II	
		0	23	0	23
TPA*	6 ± 2 °C	0,76 ± 0,164 ^a	1,91 ± 0,427 ^{bA}	0,76 ± 0,163 ^a	1,71 ± 0,314 ^{bA}
	23 ± 2 °C		2,03 ± 0,258 ^{bA}		2,07 ± 0,291 ^{bA}
	40 ± 2 °C		25,35 ± 2,132 ^{cB}		16,83 ± 1,42 ^{cB}
P*	6 ± 2 °C	1,55 ± 0,080 ^a	0,58 ± 0,074 ^{bA}	1,55 ± 0,084 ^a	1,41 ± 0,149 ^{aA}
	23 ± 2 °C		1,58 ± 0,103 ^{aB}		1,90 ± 0,135 ^{aA}
	40 ± 2 °C		5,61 ± 0,253 ^{bC}		5,09 ± 0,276 ^{bB}

*Pozn.: TPA – texturní a profilová analýza; P – penetrace

**Pozn.: Výsledky instrumentálního hodnocení textury jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 5). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilizačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem a následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší (P ≥ 0,05).

5.5 Instrumentální měření barvy sýrů

Kromě senzoričského hodnocení byla barva tavených sýrů měřena také instrumentálně metodou reflexní spektrofotometrie v barevných systémech CIEL*a*b* a L*C*h.

Cílem bylo zjistit, zda aplikovaný sterilizační záhřev ovlivňuje barvu tavených sýrů, dále pak jak se mění jejich barva v důsledku skladování za různých teplot. Na rozdíl od senzoričského hodnocení je instrumentální měření barvy objektivní, nezávislé na lidském vnímání a rozdíl ve zbarvení vzorku potravin lze určit mnohem přesněji, než je to možné pomocí lidského zraku. Ale na druhou stranu, podobně jako je tomu u textury, získané hodnoty lze chápat pouze jako ekvivalentní pro vyjádření změny u dané vlastnosti⁴⁷, popis (charakterizaci) barvy lze získat pouze senzoričským hodnocením. Kompletní výsledky uvádí Tabulka 22 a

Tabulka 23.

5.5.1 Vliv sterilizačního záhřevu na barvu tavených sýrů

Zpracování výsledků měření čerstvě vyrobených sýrů neprokázalo statisticky významnou změnu barvy vlivem aplikace sterilizačního záhřevu. Pasterované tavené sýry nezměnily významně svou barvu ani po ročním skladování. Naopak sterilované tavené sýry skladované za stejných podmínek (při 6 ± 2 °C) vykazovaly po jednom roce skladování již signifikantní (P < 0,05) rozdíly barvy, a to jak vzhledem k původním sterilovaným taveným sýrům, tak v porovnání s pasterovanými sýry skladovanými po dobu jednoho roku. Tyto rozdíly se projeví ve všech sledovaných dílčích vlastnostech. Z výsledků L* (viz Tabulka 22) tedy vyplývá, že 1 rok skladované sterilované tavené sýry byly tmavší a sytější v červeném (a*) a žlutém (b*) odstínu. V rovině a*b* barevného prostoru se hodnoty barvy posunuly od žluté více k červené.

Tabulka 22 Výsledky instrumentálního měření barvy pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů – vliv sterilizačního záhřevu a skladování**.

Doba skladování (měsíce)		Řada I		Řada II	
		0	12	0	12
L*	Pasterovaný	93,59 ± 0,571 ^a A	91,05 ± 0,562 ^a A	93,59 ± 0,571 ^a A	89,56 ± 0,863 ^b A
	Sterilovaný	93,33 ± 0,571 ^a A	86,10 ± 0,271 ^b B	93,33 ± 0,571 ^a A	86,52 ± 0,933 ^b B
a*	Pasterovaný	2,04 ± 0,221 ^a A	1,27 ± 0,154 ^a A	2,04 ± 0,221 ^a A	1,09 ± 0,298 ^b A
	Sterilovaný	1,42 ± 0,042 ^a A	6,36 ± 0,374 ^b B	1,42 ± 0,042 ^a A	3,92 ± 0,487 ^b B
b*	Pasterovaný	17,28 ± 1,334 ^a A	16,17 ± 0,667 ^a A	17,28 ± 1,334 ^a A	15,90 ± 0,642 ^a A
	Sterilovaný	16,05 ± 0,231 ^a A	22,11 ± 2,199 ^b B	16,05 ± 0,231 ^a A	19,76 ± 0,272 ^b B
C*	Pasterovaný	17,40 ± 1,347 ^a A	16,22 ± 0,658 ^a A	17,40 ± 1,347 ^a A	15,94 ± 0,654 ^a A
	Sterilovaný	16,11 ± 0,232 ^a A	23,01 ± 2,197 ^b B	16,11 ± 0,232 ^a A	20,15 ± 0,282 ^b B
h	Pasterovaný	83,27 ± 0,242 ^a A	85,51 ± 0,577 ^a A	83,27 ± 0,242 ^a A	86,10 ± 1,028 ^b A
	Sterilovaný	84,93 ± 0,177 ^a A	73,90 ± 0,794 ^b B	84,93 ± 0,177 ^a A	78,78 ± 1,346 ^b B
ΔE*	Pasterovaný	0***	4,17 ± 1,795	0***	4,37 ± 1,834
	Sterilovaný	1,40 ± 1,081	12,52 ± 1,606	1,40 ± 1,081	11,63 ± 2,844
	***	0***	13,51 ± 0,803	0***	12,23 ± 2,472

**Pozn.: Výsledky instrumentálního hodnocení barvy jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 5). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilizačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem se statisticky neliší (P ≥ 0,05).

***Pozn.: Hodnoty v prvním řádku jsou vztaženy na pasterovaný sýr, hodnoty ve druhém řádku na příslušný sterilovaný sýr (ΔE* = 0).

ΔE* je vypočítaný parametr, který udává celkovou změnu barvy při zohlednění všech jejích dílčích složek. Získané hodnoty potvrzují, že během sterilizačního záhřevu a následné doby skladování dochází ke změnám barvy. Tyto změny jsou více patrné u sterilovaných, než u pasterovaných tavených sýrů. Tabulka 22 udává hodnoty ΔE* jak ve vztahu k původnímu pasterovanému, tak i příslušnému sterilovanému sýru.

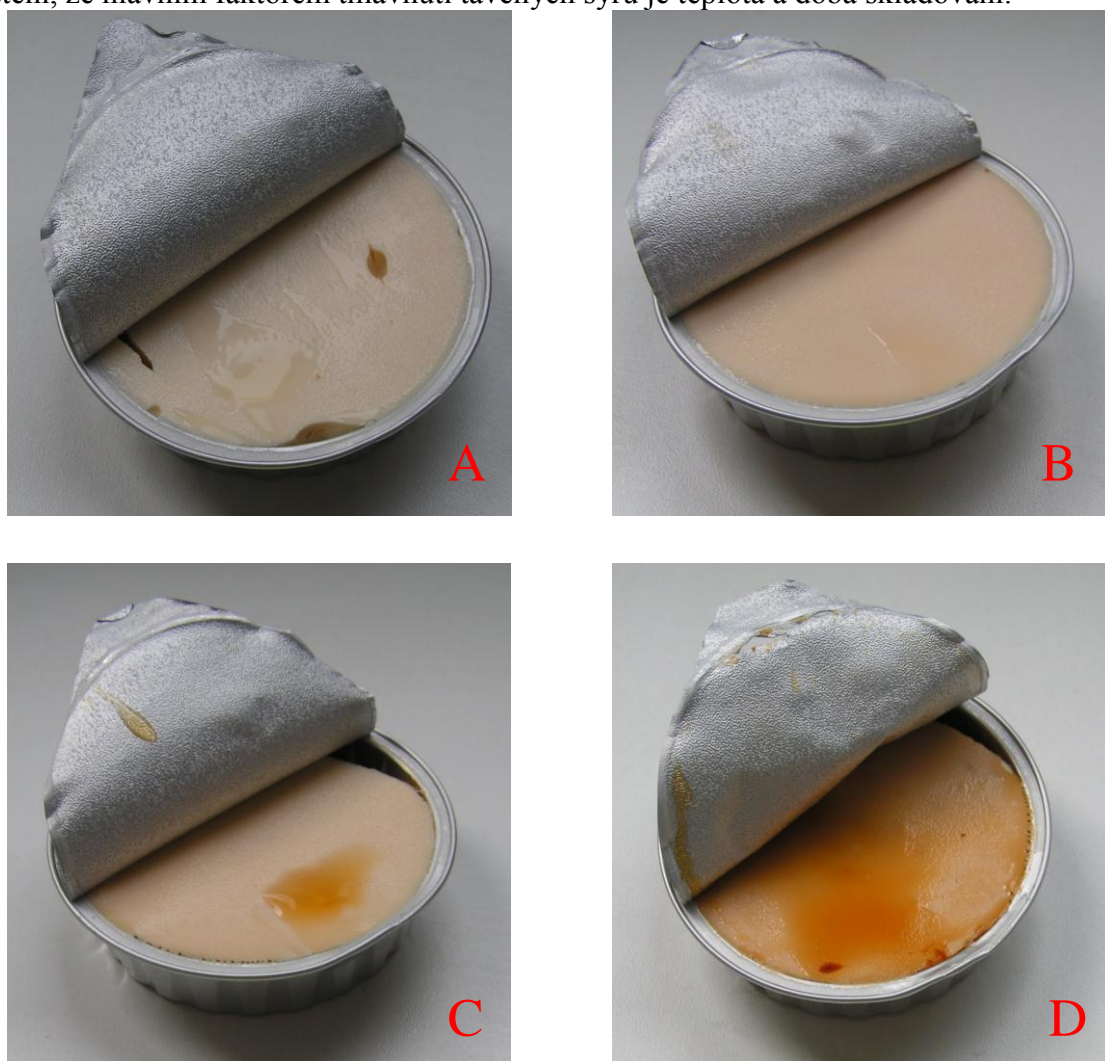
Změny barvy vlivem sterilizačního záhřevu lze zmírnit rychlým zchlazením sýra (viz kapitola 2.4.5.2). Přesto však dochází k částečným změnám, které podporují vznik zbarvení při následném skladování.

5.5.2 Vliv podmínek skladování na barvu tavených sýrů

Z uvedených výsledků (viz

Tabulka 23) jednoznačně vyplývá, že teplota i doba skladování významně (P < 0,05) ovlivňují barvu sterilovaných tavených sýrů. Vlivem doby skladování dochází k tmavnutí (snižování hodnoty L*) všech vzorků sterilovaných tavených sýrů a to bez ohledu na teplotu skladování. Při vyšší teplotě se tyto rozdíly ještě dále prohlubují. To znamená, že vzorky skladované při

teplotě $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ byly významně tmavší ($P < 0,05$), než vzorky skladované při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, a ty zase tmavší než vzorky skladované při teplotě $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Hodnoty a^* , b^* udávají souřadnice barevnosti. Zvyšující se hodnota a^* naznačuje, že barevnost vzorků se s rostoucí dobou a teplotou skladování posouvá spíše k červené, na úkor zelené barvy. Rostoucí hodnoty b^* znamenají posun směrem ke žluté barvě. Sytost barev jednotlivých sýrů lze určit pomocí hodnoty C^* . Čím delší doba a vyšší teplota skladování, tím vyšší byla sytost. Se vzrůstající dobou a teplotou skladování se tedy zvyšovala sytost žlutého i červeného odstínu všech sýrů s tím, že čím vyšší byla teplota skladování, tím sytější bylo zbarvení jednotlivých sýrů. Klesající hodnota úhlu h znamená posun odstínu od žluté k červené barvě. V praxi to znamená změnu barvy ze smetanově nažloutlé po naoranžovělou až hnědočervenou (viz Obr. 38). Změna barvy se projevuje vlivem pokročilé Maillardovy reakce a hromaděním melanoidinů v sýru (viz kapitola 2.4.5.2). Také Kristensen a kol.⁷³ ve své práci došli ke zjištění, že hlavním faktorem tmavnutí tavených sýrů je teplota a doba skladování.



Obr. 38 Porovnání barevnosti tavených sýrů po roce skladování: A – Pasterovaný tavený sýr, B – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, C – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, D – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabulka 23 Výsledky instrumentálního měření barvy sterilovaných tavených sýrů – vliv teploty a doby skladování**.

Doba skladování (měsíce)		Řada I		Řada II	
		0	23	0	23
L*	6 ± 2 °C	93,33 ± 0,571 ^a	89,64 ± 0,821 ^b	93,33 ± 0,571 ^a	87,95 ± 0,325 ^b
	23 ± 2 °C		83,93 ± 0,802 ^b		84,61 ± 0,902 ^c
	40 ± 2 °C		71,30 ± 0,464 ^c		73,21 ± 0,310 ^d
a*	6 ± 2 °C	1,42 ± 0,042 ^a	3,72 ± 0,312 ^b	1,42 ± 0,042 ^a	5,53 ± 0,111 ^b
	23 ± 2 °C		6,80 ± 0,201 ^c		8,11 ± 0,255 ^c
	40 ± 2 °C		10,57 ± 0,127 ^d		7,89 ± 0,112 ^c
b*	6 ± 2 °C	16,05 ± 0,231 ^a	18,74 ± 0,528 ^a	16,05 ± 0,231 ^a	21,21 ± 0,583 ^b
	23 ± 2 °C		26,11 ± 0,562 ^b		27,70 ± 0,624 ^c
	40 ± 2 °C		30,11 ± 0,224 ^c		28,76 ± 0,342 ^c
C*	6 ± 2 °C	16,11 ± 0,232 ^a	19,10 ± 0,562 ^a	16,11 ± 0,232 ^a	21,91 ± 0,553 ^b
	23 ± 2 °C		26,99 ± 0,596 ^b		28,86 ± 0,595 ^c
	40 ± 2 °C		31,91 ± 0,234 ^c		29,83 ± 0,364 ^c
h	6 ± 2 °C	84,93 ± 0,177 ^a	78,77 ± 0,722 ^b	84,93 ± 0,177 ^a	75,38 ± 0,535 ^b
	23 ± 2 °C		75,40 ± 0,199 ^c		73,67 ± 0,628 ^b
	40 ± 2 °C		70,65 ± 0,148 ^d		74,66 ± 0,057 ^b
ΔE*	6 ± 2 °C	0***	4,21 ± 1,065	0***	8,51 ± 0,915
	23 ± 2 °C		13,51 ± 0,801		16,02 ± 1,232
	40 ± 2 °C		27,69 ± 0,902		24,67 ± 0,771

**Pozn.: Výsledky instrumentálního hodnocení barvy jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka ($n = 5$). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilizačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

***Pozn.: Hodnoty jsou vztaženy na příslušný sterilovaný sýr ($\Delta E^* = 0$).

Získané hodnoty ΔE^* opět potvrzují, že vlivem teploty skladování dochází ke změnám barvy. Čím vyšší byla teplota skladování, tím k větší změně barvy došlo.

Tabulka 23 udává hodnoty ΔE^* ve vztahu ke sterilovanému tavenému sýru po vyrobení. Na Obr. 39 jsou pro názornost změny barvy zobrazeny tavené sýry po jednom roce skladování. Změna barvy u sterilovaných tavených sýrů je na první pohled patrná.

5.6 Výsledky senzoričského hodnocení sýrů

5.6.1 Hodnocení pomocí stupnice

Pro hodnocení celkové senzoričské kvality tavených sýrů byla použita sedmibodová ordinální stupnice hédonického typu, kde stupeň jedna odpovídal úrovni „vynikající“ a stupeň sedm

úrovni „nepřijatelný“. Sledovány byly tyto senzorické znaky: vzhled a barva, konzistence, lesk, chuť a vůně, celkové hodnocení. Prvním z cílů bylo zjistit, zda aplikovaný sterilační záhřev ovlivňuje jednotlivé vlastnosti a tedy celkovou senzorickou kvalitu tavených sýrů. Dále pak ověřit požadovanou trvanlivost jak pasterovaných, tak i sterilovaných tavených sýrů, tedy zda si vzorky uchovávají požadovanou senzorickou kvalitu po celou dobu uvedené trvanlivosti. Rovněž byly pozorovány případné změny po uplynutí doby trvanlivosti pasterovaných tavených sýrů. Kompletní výsledky viz Tabulka 24–Tabulka 27. Všechny výsledky získané stupnicovým hodnocením byly podrobeny statistickému testování pomocí Kruskal-Wallisova testu na hladině významnosti $P = 0,05$.

Hodnocení pomocí stupnice bylo doplněno pořadovým testem a párovými porovnávacími zkouškami, které dovolují mezi srovnávanými vzorky zachytit menší odchylky v porovnání se stupnicovými metodami.

5.6.1.1 Vliv sterilačního záhřevu na senzorickou kvalitu tavených sýrů

Z posouzení senzorických změn pasterovaných a sterilovaných sýrů (viz Tabulka 24 a Tabulka 25) vyplynula následující zjištění: U první sady vzorků byla kvalita vzhledu a barvy sterilovaných sýrů po první dva měsíce skladování statisticky významně ($P < 0,05$) horší, než u pasterovaných. Lesk, konzistence a celkové hodnocení nevykazovaly s výjimkou hodnocení ve třetím měsíci skladování statisticky významné rozdíly. Chuť a vůně pasterovaných sýrů se po šesti měsících významně ($P < 0,05$) zhoršila.

U druhé sady vzorků byly statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) pozorovány u konzistence, chuti a vůně a celkového hodnocení ihned po vyrobení. Při dalších měřeních již rozdíly nebyly signifikantní. V prvních třech měsících byly statisticky významné změny ($P < 0,05$) zjištěny i u vzhledu a barvy. Významný rozdíl lesku ($P < 0,05$) se projevil pouze po jedenácti měsících skladování.

Tabulka 24 Výsledky senzorického hodnocení pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů pomocí stupnice – vliv sterilačního záhřevu a doby skladování (řada I)*.

Doba skladování (měsíce)		0	3	4	6	12
Vzhled a barva	Pasterované	1 ^a A	1 ^{ab} A	1 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A
	Sterilované	2 ^{ab} B	4 ^a B	2 ^b A	2 ^a A	3 ^a A
Lesk	Pasterované	2 ^{ab} A	2 ^{ab} A	1 ^b A	3 ^a A	3 ^a A
	Sterilované	2 ^a A	3 ^b B	1 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
Konzistence	Pasterované	2 ^{ac} A	2 ^{ac} A	2 ^a A	4 ^{bc} A	3 ^c A
	Sterilované	3 ^a A	5 ^a B	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
Chuť a vůně	Pasterované	2 ^a A	2 ^a A	3 ^{ab} A	5 ^b A	4 ^b A
	Sterilované	2 ^{ab} A	3 ^a A	2 ^b A	2 ^{ab} B	2 ^{ab} A
Celkové hodnocení	Pasterované	2 ^a A	2 ^a A	3 ^{ab} A	4 ^b A	4 ^b A
	Sterilované	3 ^{ab} A	4 ^a B	2 ^b A	2 ^b A	3 ^{ab} A

Tabulka 25 Výsledky senzoričkého hodnocení pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů pomocí stupnice – vliv sterilačního záhřevu a doby skladování (řada II)*.

Doba skladování (měsíce)		0	3	4	6	12
Vzhled a barva	Pasterované	1 ^a A	1 ^a A	1 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A
	Sterilované	3 ^a B	3 ^a B	3 ^a B	3 ^a A	3 ^a A
Lesk	Pasterované	1 ^a A	1 ^a A	1 ^a A	2 ^a A	1 ^a A
	Sterilované	2 ^a A	2 ^a A	3 ^a A	2 ^a A	2 ^a B
Konzistence	Pasterované	1 ^a A	1 ^a A	1 ^a A	3 ^b A	2 ^{ab} A
	Sterilované	3 ^{ab} B	2 ^b A	3 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
Chuť a vůně	Pasterované	1 ^a A	1 ^a A	1 ^a A	3 ^b A	3 ^{ab} A
	Sterilované	4 ^a B	3 ^{ab} A	2 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A
Celkové hodnocení	Pasterované	1 ^a A	1 ^a A	1 ^a A	3 ^b A	3 ^{ab} A
	Sterilované	4 ^a B	3 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A	3 ^{ab} A

*Pozn: Výsledky senzoričkého hodnocení (počet hodnotitelů $n = 16$) jsou prezentovány jako mediány. Vliv délky skladování je dán hodnotami mediánů v řádcích. Hodnoty mediánů se shodným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Vliv sterilačního záhřevu udávají hodnoty mediánů ve sloupcích. Hodnoty mediánů následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

Z těchto výsledků vyplývá, že senzoričké změny způsobené vlivem sterilačního záhřevu jsou signifikantní zejména ihned po vyrobení. Postupem času dochází ke snižování kvality pasterovaných sýrů a tím i snižování významu rozdílů. Při skladování ve stejných podmínkách si sterilované tavené sýry udrží déle původní kvalitu, v některých ukazatelích dokonce vyšší.

5.6.1.2 Vliv podmínek skladování na senzoričskou kvalitu tavených sýrů

Jako výsledek porovnání všech parametrů vzorků jednotlivých měření (viz Tabulka 26 a Tabulka 27) lze konstatovat, že na zhoršení senzoričké kvality sterilovaných sýrů mají podmínky skladování statisticky významný vliv. Signifikantní rozdíly ($P < 0,05$) byly pozorovány mezi všemi dvojicemi sýrů skladovanými při teplotách $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Také téměř u všech vzorků skladovaných při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ byly pozorovány významné rozdíly ($P < 0,05$) ve vztahu k vzorkům teplotně zatěžovaným ($40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Vzorky pasterovaných sýrů byly sledovány po dobu jednoho roku, tedy mnohem déle, než je čtyřměsíční deklarovaná doba trvanlivosti. Při posledních dvou hodnoceních v šestém a dvanáctém měsíci již došlo ke staticky významnému ($P < 0,05$) zhoršení celkové kvality pasterovaných sýrů. To může být způsobeno i rozvojem nežádoucí mikroflóry, které pasterace nedokáže zcela zabránit.

Tabulka 26 Výsledky senzoričkého hodnocení sterilovaných tavených sýrů pomocí stupnice – vliv teploty a doby skladování (řada I)*.

Doba skladování (měsíce)		0	3	4	6	12	16	23
Vzhled a barva	6 ± 2 °C	2 ^{ab}	4 ^a AB	2 ^{bc} A	2 ^a A	3 ^a A	2 ^{ac} A	1 ^c A
	23 ± 2 °C		3 ^a A	3 ^a A	4 ^a AB	3 ^a A	3 ^a A	3 ^a B
	40 ± 2 °C		6 ^a B	6 ^a B	5 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a C
Lesk	6 ± 2 °C	2 ^a	3 ^b AB	1 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^{ab} A	1 ^{ab} A
	23 ± 2 °C		3 ^a A	2 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A	2 ^{ab} A
	40 ± 2 °C		6 ^a AB	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B
Konzistence	6 ± 2 °C	3 ^{ab}	5 ^b AB	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
	23 ± 2 °C		4 ^a A	3 ^a A	3 ^a A	2 ^a A	4 ^a B	4 ^a A
	40 ± 2 °C		7 ^a AB	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a C	6 ^a B
Chuť a vůně	6 ± 2 °C	2 ^{ab}	3 ^a A	2 ^b A	2 ^{ab} A	2 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^b A
	23 ± 2 °C		4 ^a A	3 ^a AB	3 ^a A	4 ^a AB	3 ^a A	3 ^a A
	40 ± 2 °C		5 ^a A	5 ^a B	5 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	7 ^a B
Celkové hodnocení	6 ± 2 °C	3 ^{ab}	4 ^a A	2 ^b A	2 ^b A	3 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^b A
	23 ± 2 °C		4 ^a A	3 ^a A	3 ^a A	4 ^a A	4 ^a B	3 ^a A
	40 ± 2 °C		6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	7 ^a C	6 ^a B

Sterilované tavené sýry byly sledovány v průběhu dvou let, což je trvanlivost tohoto druhu produktu deklarovaná výrobcem. Během této doby docházelo k významnému poklesu kvality jednotlivých senzoričkových ukazatelů. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u konzistence, vůně a chuti. Podle některých hodnotitelů byly některé sýry skladované při teplotách 23 ± 2 °C a 40 ± 2 °C již na konci prvního roku hodnoceny jako hořké. To může poukazovat na přítomnost hořkých peptidů vznikajících degradací bílkovin⁹¹. Později byly tyto sýry hodnocené jako krupičkovité, s jemnými hrudkami připomínajícími prášek, obsahující drobná zrníčka, nepříjemné na jazyku, s velkými částicemi, špatně se rozplývající. Tyto vady mohou vznikat vlivem více mechanismů. Při zvýšení teploty dochází k uvolňování vody z dispersního systému. To vede k narušení hydrofobních efektů a může dojít k narušení emulgace tuku bílkoviny. Tuk se tak může začít shlukovat, navíc vlivem teploty dochází ke změně jeho konfigurace a vzniku krystalků⁴⁴. Dalším důvodem je dehydratace tavicích solí, které také začnou krystalizovat a rovněž způsobovat nepříjemnou hořkou chuť a písčitou strukturu⁴⁷. Zároveň tak vlivem zvýšené teploty dochází k tuhnutí sýra vlivem shlukování kaseinu narušením jeho hydratované struktury⁷².

Tabulka 27 Výsledky senzoričkého hodnocení sterilovaných tavených sýrů pomocí stupnice – vliv teploty a doby skladování (řada II)*.

Doba skladování (měsíce)		0	3	4	6	12	16	23
Vzhled a barva	6 ± 2 °C	3 ^a	3 ^a A	3 ^a A	3 ^a A	3 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A
	23 ± 2 °C		3 ^a A	4 ^a AB	3 ^a A	4 ^a AB	5 ^a AB	3 ^a AB
	40 ± 2 °C		6 ^a A	6 ^a B	5 ^a A	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B
Lesk	6 ± 2 °C	2 ^a	2 ^a A	3 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
	23 ± 2 °C		3 ^a A	3 ^a AB	2 ^a A	3 ^a A	3 ^a A	3 ^a A
	40 ± 2 °C		6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B
Konzistence	6 ± 2 °C	3 ^a	2 ^a A	3 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	3 ^a A	2 ^a A
	23 ± 2 °C		3 ^a A	4 ^a AB	4 ^a AB	3 ^a A	4 ^a A	4 ^a AB
	40 ± 2 °C		7 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	5 ^a B
Chuť a vůně	6 ± 2 °C	4 ^a	3 ^{ab} A	2 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A
	23 ± 2 °C		3 ^a AB	4 ^a AB	4 ^a AB	4 ^a A	5 ^a AB	4 ^a A
	40 ± 2 °C		6 ^a B	6 ^a B	5 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B
Celkové hodnocení	6 ± 2 °C	4 ^a	3 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A	3 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A
	23 ± 2 °C		4 ^a A	4 ^a AB	4 ^a B	4 ^a A	5 ^a AB	4 ^a AB
	40 ± 2 °C		7 ^a B	7 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	7 ^a B	6 ^a B

*Pozn: Výsledky senzoričkého hodnocení (počet hodnotitelů $n = 16$) jsou prezentovány jako mediány. Vliv délky skladování je dán hodnotami mediánů v řádcích. Hodnoty mediánů se shodným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Vliv sterilačního záhřevu udávají hodnoty mediánů ve sloupcích. Hodnoty mediánů následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

5.6.2 Párová porovnávací zkouška

Pro doplnění výsledků senzoričkého hodnocení pomocí stupnice byly vybrány dvojice sýrů hodnoceny párovou porovnávací zkouškou. Porovnávány byly příslušné pasterované sýry se sterilovanými sýry, skladovanými při různých teplotách, v prvních čtyřech měsících skladování (tedy po dobu použitelnosti pasterovaných tavených sýrů). Takto bylo možné lépe ohodnotit vliv sterilačního záhřevu na vybrané vlastnosti sýrů, navíc je možné zaznamenat jemnější odchylky mezi srovnávanými vzorky než při hodnocení podle stupnice. Kritérii pro porovnání byla tuhost, tmavost barvy a preference hodnotitelů.

Párovou porovnávací zkouškou bylo prokázáno, že sterilované sýry byly významně ($P < 0,05$) tmavší než sýry pasterované. Tato tendence byla pozorována již u vzorků těsně po vyrobení a sterilaci. Během doby skladování ani vlivem skladovací teploty se hodnocení nezměnilo.

Z hlediska tuhosti byly shledány statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) mezi všemi testovanými dvojicemi. Sterilované tavené sýry byly hodnoceny jako tužší než sýry pasterované ve všech případech. Preference hodnotitelů byly jednoznačně ve prospěch pasterovaných sýrů a to téměř u všech vzorků ($P < 0,05$). Při porovnání vzorků pasterovaných

a sterilovaných sýrů skladovaných při teplotě $6 \pm 2^\circ$ nebyl ve 4. měsíci skladování pozorován žádný statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Z těchto výsledků vyplývá, že termosterilační záhřev negativně ovlivňuje tuhost i barvu tavených sýrů, což je velmi dobře patrné z Obr. 38 Porovnání barevnosti tavených sýrů po roce skladování: A – Pasterovaný tavený sýr, B – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při $6 \pm 2^\circ\text{C}$, C – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při $23 \pm 2^\circ\text{C}$, D – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při $40 \pm 2^\circ\text{C}$., a tím ovlivňuje i preference spotřebitelů. Tavené sýry vlivem sterilačního záhřevu ztmavnou a ztuhnou, tato změna je patrná ihned po vyrobení a rozdíly jsou pozorovány po celou dobu použitelnosti pasterovaných sýrů.

Pokud porovnáme výsledky hodnocení s použitím stupnic s výsledky párových porovnávacích zkoušek, pak je možné odvodit následující závěry. Vlivem sterilačního záhřevu došlo jednoznačně ke zhoršení vzhledu a barvy, a to v důsledku tmavšího zbarvení sterilovaných tavených sýrů. Zhoršilo se také hodnocení konzistence sterilovaných sýrů, což bylo způsobeno výrazným zvýšením jejich tuhosti. Výsledky instrumentálních technik potvrzují závěry vyplývající ze senzoričského hodnocení a byly již diskutovány v předchozích kapitolách.

5.6.3 Pořadová zkouška

Po uplynutí doby použitelnosti pasterovaných tavených sýrů byly samotné sterilované sýry hodnoceny pomocí pořadové zkoušky. Takto bylo možné lépe ohodnotit především vliv teploty skladování na vybrané vlastnosti sterilovaných sýrů, navíc je opět možné zaznamenat jemnější odchylky mezi srovnávanými vzorky než při hodnocení podle stupnice. Hodnotitelé měli za úkol seřadit vždy tři sterilované sýry skladované za různých teplotních podmínek podle tuhosti (1 – tavený sýr nejméně tuhý \Rightarrow 3 – tavený sýr nejtuzší), podle odstínu tmavosti (1 – tavený sýr nejméně tmavý \Rightarrow 3 – tavený sýr nejtmaavší), a podle svých preferencí (1 – tavený sýr nejlepší \Rightarrow 3 – tavený sýr nejhorší).

Výsledky senzoričského hodnocení tavených sýrů pomocí pořadové zkoušky udávají Tabulka 28 – Tabulka 30. Všechny výsledky získané pořadovou zkouškou byly podrobeny statistickému testování pomocí Friedmanova testu¹⁸⁴ na hladině významnosti $P = 0,05$.

Výsledky pořadové zkoušky nejsou vždy jednoznačné, ale potvrzují závěry předchozích zkoušek. Převážně hodnotitelé dávali přednost taveným sýrům skladovaným při teplotě $6 \pm 2^\circ\text{C}$. Hodnocení tuhosti se také měnilo během skladovacího procesu. Souhrnně lze však říci, že hodnocení tuhosti bylo úměrné zvyšující se teplotě skladování. Podobné tendence vykazovalo také hodnocení barvy s určením tmavosti jednotlivých vzorků, čím vyšší teplota skladování, tím horší bylo také hodnocení z hlediska barvy.

Sýry skladované při vyšších teplotách totiž mnohem dříve podléhaly negativním vlivům skladování jako reakce neenzymového hnědnutí, změna tuhosti vlivem vysychání sýrů a také související změny flavouru.

Tabulka 28 Výsledky pořadové zkoušky – Preference hodnotitelů*.

Doba skladování (měsíc)		6	12	16	23
Řada I	6 ± 2 °C	17 ^a A	46 ^b A	32 ^{ab} A	16 ^a A
	23 ± 2 °C	35 ^a B	32 ^a B	17 ^a B	33 ^a B
	40 ± 2 °C	44 ^a B	18 ^b C	47 ^a C	47 ^a C
Řada II	6 ± 2 °C	21 ^a A	26 ^a A	18 ^a A	18 ^a A
	23 ± 2 °C	27 ^a A	45 ^{ab} B	46 ^b B	31 ^{ab} A
	40 ± 2 °C	48 ^a B	25 ^b A	32 ^{ab} C	47 ^a B

Tabulka 29 Výsledky pořadové zkoušky – porovnání tuhosti tavených sýrů*.

Doba skladování (měsíc)		6	12	16	23
Řada I	6 ± 2 °C	32 ^{ab} A	48 ^a A	35 ^{ab} A	19 ^b A
	23 ± 2 °C	18 ^a B	32 ^a B	17 ^a B	31 ^a A
	40 ± 2 °C	46 ^a C	16 ^a C	45 ^a A	46 ^a B
Řada II	6 ± 2 °C	18 ^a A	28 ^a A	23 ^a A	21 ^a A
	23 ± 2 °C	30 ^a A	39 ^a A	46 ^a B	29 ^a A
	40 ± 2 °C	48 ^a B	29 ^b A	28 ^b A	46 ^{ab} B

Tabulka 30 Výsledky pořadové zkoušky – porovnání barvy tavených sýrů*.

Doba skladování (měsíc)		6	12	16	23
Řada I	6 ± 2 °C	18 ^a A	48 ^b A	33 ^{ab} A	16 ^a A
	23 ± 2 °C	32 ^a B	32 ^a B	18 ^a B	32 ^a B
	40 ± 2 °C	46 ^a C	16 ^a C	46 ^a A	48 ^a C
Řada II	6 ± 2 °C	17 ^a A	17 ^a A	18 ^a A	20 ^a A
	23 ± 2 °C	32 ^a B	48 ^a B	46 ^a B	30 ^a A
	40 ± 2 °C	47 ^a C	31 ^a C	32 ^a C	46 ^a B

*Pozn.: Výsledky sensorického hodnocení (počet hodnotitelů $n = 16$) jsou prezentovány jako součet pořadí. Vliv délky skladování je dán hodnotami mediánů v řádcích. Hodnoty součtů pořadí se shodným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Vliv sterilačního záhřevu udávají hodnoty součtů pořadí ve sloupcích. Hodnoty součtů pořadí následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

6 ZÁVĚR

Dnešní konzument je náročný, má více znalostí o výživě a vyžaduje bezpečné, nutričně hodnotné, ale i sensoricky vysoce kvalitní produkty. Produkce takovýchto vysoce kvalitních produktů vyžaduje precizní kontrolu faktorů ovlivňujících jejich kvalitu. Cílem této disertační práce bylo pomocí vhodných fyzikálních, chemických a sensorických metod sledovat vliv sterilačního záhřevu a teploty a doby skladování na vybrané parametry vhodné potravinářské matrice.

Jako modelová matrice byl zvolen klasický a sterilovaný tavený sýr (sušina 40 % w/w, tuk v sušině 45 % w/w). Tavený sýr je koncentrát mléčných bílkovin, vyráběný tavením směsi přírodních sýrů, tavicích solí, vody a dalších mléčných, příp. nemléčných surovin. Použitím vysoké teploty (cca 80–100 °C) při tavení dochází k žádoucí přeměně této směsi na homogenní hladkou lesklou hmotu požadovaných texturních, strukturních a sensorických vlastností. Sterilovaný tavený sýr je klasický tavený sýr podrobený procesu termosterilace (> 100 °C), čímž se výrazně prodlouží jeho trvanlivost, na druhou stranu ale následkem sterilačního záhřevu může docházet k řadě nežádoucích změn, které snižují jeho kvalitu. Deklarovaná trvanlivost sterilovaných tavených sýrů je dva roky a mohou tedy být použity jako konzerva pro řadu zvláštních příležitostí, např. pro Armádu ČR, nebo do balíčků určených pro krizové situace (povodně ap.).

Jako hlavní ukazatelé změn matrice tavených sýrů byly zvoleny sensorické vlastnosti, především textura, barva a tzv. flavour, které konzument u tavených sýrů nejvíce sleduje. Tyto vlastnosti lze sledovat jednak z hlediska sensorického, ale také s využitím vhodných fyzikálně chemických, instrumentálních a analytických metod. Tento komplexní přístup umožní poměrně dobře charakterizovat zvolenou matici i její změny.

Pro sensorické hodnocení vzhledu, barvy, lesku, konzistence, chuti a vůně tavených sýrů byla použita pořadová zkouška (ČSN ISO 8587 (56 0033)), párová porovnávací zkouška (ČSN EN ISO 5495 (56 0032)) a hodnocení podle sedmibodové jakostní ordinální stupnice hédonického typu (ČSN ISO 4121 (560052)).

Pro instrumentální měření textury byla použita analýza texturního profilu (TPA) a penetrační analýza na přístroji INSTRON 5544.

Instrumentální měření barvy bylo provedeno metodou reflexní spektrofotometrie v barevných systémech CIEL*a*b* a L*C*h.

Mastné kyseliny byly stanoveny v extrahovaném tuku (směs diethylether + petrolether) metodou plynové chromatografie s FID detekcí po převedení na methylestery methanolovým roztokem hydroxidu draselného. V rámci validace byla ověřena linearita metody (korelační koeficienty $R^2 > 0,99$ v koncentračním rozsahu 0,01–200 mg.ml⁻¹). Limity detekce a limity kvantifikace se pohybovaly v rozsahu 0,09–1,95 µg.ml⁻¹. Opakovatelnost metody byla dobrá,

RSD < 10 %. Výtěžnost jednotlivých mastných kyselin po extrakci tuku a esterifikaci neklesla pod 90 %.

Aromaticky aktivní látky byly ze vzorku sýra izolovány metodou Solid-Phase Microextraction (SPME), identifikovány metodou plynové chromatografie s MS detekcí a kvantifikovány metodou plynové chromatografie s FID detekcí pomocí dostupných standardů. V rámci validace byla ověřena linearita metody (korelační koeficienty $R^2 > 0,99$ v koncentračním rozsahu 0,01–160 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$). Limity detekce a limity kvantifikace se pohybovaly v rozsahu 0,01–1,53 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$. Opakovatelnost metody byla dobrá, RSD < 10 %.

V rámci této disertační práce byl zkoumán jednak vliv sterilačního záhřevu, jednak vliv skladovacích podmínek na uvedené parametry. Sýry byly skladovány při různé teplotě (chladírenské 6 ± 2 °C, skladové 23 ± 2 °C a zátěžové 40 ± 2 °C). Nesterilované sýry byly skladovány po dobu jednoho roku, tedy mnohem déle, než je čtyřměsíční deklarovaná doba trvanlivosti, sterilované sýry po dobu požadované trvanlivosti, tedy dva roky. V pravidelných intervalech byly odebírány vzorky pro fyzikální, chemické a senzorické analýzy.

Nesterilované tavené sýry ihned po výrobě byly považovány za jakýsi standard kvality pro následná porovnání. Udržely si výbornou senzorickou kvalitu po celou dobu trvanlivosti, po jejím uplynutí však došlo k významnému zhoršení většiny sledovaných senzorických vlastností.

Následkem použitého sterilačního záhřevu došlo ke ztmavnutí sýrů a vzniku tužší textury, a také ke zhoršení chuti a vůně. Změny po sterilačním záhřevu jsou způsobeny vlivem pokročilé Maillardovy reakce a hromaděním melanoidinů v sýru. Lze je zmírnit rychlým zchlazením sýrů, přesto však dochází k částečným změnám, které podporují vznik zbarvení a další změny při následném skladování. U sterilovaných tavených sýrů došlo během skladování k výraznému zhoršení jednotlivých senzorických ukazatelů. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u konzistence, vůně a chuti. U sýrů skladovaných při skladové a zátěžové teplotě byla již na konci prvního roku dokonce některými hodnotiteli detekována hořká chuť, což může poukazovat na přítomnost hořkých peptidů vznikajících degradací bílkovin. Později byly tyto sýry hodnoceny jako krupičkovité, s jemnými hrudkami, nepříjemné na jazyku, špatně se rozplývající. Původně smetanově nažloutlá barva sýrů se změnila na naoranžovělou až hnědočervenou.

Výsledky instrumentálních technik potvrzují závěry vyplývající ze senzorického hodnocení. Měření barvy a textury potvrzuje vznik tmavšího zbarvení a vyšší tvrdost sterilovaných tavených sýrů, pokračující během skladování.

Chuť a vůně (flavour) tavených sýrů souvisí s obsahem těkavých tzv. aromaticky aktivních látek. Část těchto sloučenin pravděpodobně pochází z přírodních sýrů, použitých při výrobě, další pak vznikají následkem procesů probíhajících během technologického zpracování, zvláště při tavení, a skladování sýrů. Následkem sterilačního záhřevu došlo k výraznému

zvýšení celkového obsahu těchto látek v sýrech, nicméně vzhledem k tomu, že sensoricky byla chuť a vůně po sterilaci hodnocena jako horší, je možné, že řada z těchto sloučenin přispívá k celkovému flavouru spíše negativně. Tato skutečnost by si zasluhovala další podrobnější zkoumání, zvláště proto, že flavouru tavených sýrů zatím není věnována velká pozornost a publikovaných prací na toto téma je velmi málo. Při následném skladování docházelo ke změnám v obsahu jednotlivých aromaticky aktivních látek, nelze však určit jednoznačný trend. Vzhledem k tomu, že tyto látky stále vznikají během skladování, zvláště při vyšší teplotě, ale zároveň mohou také podléhat široké škále nejrozličnějších degradačních reakcí, z nichž nejvýznamnější je Maillardova reakce, jejich obsah v sýrech je proměnlivý. Obsah sledovaných mastných kyselin se během skladování postupně snižoval.

Výsledky této práce dokazují předpoklad, že sterilované tavené sýry si udrží poměrně dobrou sensorickou i nutriční kvalitu po celou dobu požadované trvanlivosti (2 roky). Kvalita (přijatelnost) klasických tavených sýrů je sice vyšší, zvláště v případě chuti, vůně a textury, nicméně jejich trvanlivost je pouze několik měsíců (v závislosti na typu sýra, balení a pod.) a to pouze za předpokladu jejich uchování při nízké teplotě (do 6 °C). Při skladování ve stejných podmínkách si sterilované tavené sýry udrží původní kvalitu podstatně déle.

Nicméně je třeba zdůraznit, že uchování i sterilovaných tavených sýrů při vysokých teplotách vede po určité době k výraznému zhoršení jejich sensorické kvality, a jejich použití v extrémních podmínkách bez možnosti chlazení je omezené, i když v krajním případě a po omezenou dobu mohou stále sloužit jako dobrý zdroj vápníku, mléčných bílkovin a energie.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 Vyhláška ministerstva zemědělství č. 124/2004 Sb., v platném znění, kterou se mění vyhláška č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.
- 2 Kapoor, R., Metzger, L. E. Process cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2008, vol. 7, no. 2, pp. 194–214. ISSN 1541-4337.
- 3 Delgado, F. J., Gonzalez-Crespo, J., Cava, R., Ramirez, R. Free Fatty Acids and Oxidative Changes of a Raw Goat Milk Cheese through Maturation. *Journal of Food Science*. 2011, vol. 76, no. 4, pp. C669–C673. ISSN 0022-1147.
- 4 Wolf, I. V., Meinardi, C. A., Zalazar, C. A. Production of Flavour Compounds from Fat During Cheese Ripening by Action of Lipases and Esterases. *Protein and Peptide Letters*. 2009, vol. 16, no. 10, pp. 1235–1243. ISSN 0929-8665.
- 5 Jooyandeh, H., Kaur, A., Minhas, K. S. Lipases in Dairy Industry: A Review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*. 2009, vol. 46, no. 3, pp. 181–189. ISSN 0022-1155.
- 6 Azarnia, S., Robert, N., Lee, B. Biotechnological Methods to Accelerate Cheddar Cheese Ripening. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2006, vol. 26, no. 3, pp. 121–143. ISSN 0738-8551.
- 7 Tarakci, Z., Temiz, H. A Review of the Chemical, Biochemical and Antimicrobial Aspects of Turkish Otlu (Herby) Cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 2009, vol. 62, no. 3, pp. 354–360. ISSN 1364-727X.
- 8 Marilley, L., Casey, M. G. Flavours of Cheese Products: Metabolic Pathways, Analytical Tools and Identification of Producing Strains. *International Journal of Food Microbiology*. 2004, vol. 90, no. 2, pp. 139–159. ISSN 0168-1605.
- 9 Pachlová, V., Buňka, F., Buňková, L., Weiserová, E., Budinský, P., Žaludek, M., Kráčmar, S. The Effect of Three Different Ripening/Storage Conditions on the Distribution of Selected Parameters in Individual Parts of Dutch-type Cheese. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011, vol. 46, issue 1, pp. 101–108. ISSN 0950-5423
- 10 Buňková, L., Buňka, F., Mantlová G., Čablová, A., Sedláček, I., Švec, P., Pachlová, V., Kráčmar, S. The Effect of Ripening and Storage Conditions on the Distribution of Tyramine, Putrescine and Cadaverine in Edam-Cheese. *Food Microbiology*. 2010, vol. 27, pp. 880–888. ISSN 0740-0020.
- 11 Jokovic, N., Vukasinovic, M., Veljovic, K., Tolinacki, M., Topisirovic, L. Characterization of Non-starter Lactic acid Bacteria in Traditionally Produced Home-Made Radan Cheese During Ripening. *Archives of Biological Sciences*. 2011, vol. 63, no. 1, pp. 1–10. ISSN 0354-4664.

- 12 Karimi, R., Mortazavian, A. M., Da Cruz, A. G. Viability of Probiotic Microorganisms in Cheese During Production and Storage: A Review. *Dairy Science & Technology*. 2011, vol. 91, no. 3, pp. 283–308. ISSN 1958-5586.
- 13 Gori, K., Jespersen, L. The Language of Cheese-Ripening Cultures. *Australian Journal of Dairy Technology*. 2010, vol. 65, no. 3, pp. 192–194. ISSN 0004-9433.
- 14 Settanni, L., Moschetti, G. Non-starter Lactic Acid Bacteria Used to Improve Cheese Quality and Provide Health Benefits. *Food Microbiology*. 2010, vol. 27, no. 6, pp. 691–697. ISSN 0740-0020.
- 15 Ardo, Y., Varming, C. Bacterial Influence on Characteristic Flavour of Cheeses Made with Mesophilic DL-starter. *Australian Journal of Dairy Technology*. 2010, vol. 65, no. 3, pp. 153–158. ISSN 0004-9433.
- 16 Foegeding, E. A., Drake, M. A. Invited Review: Sensory and Mechanical Properties of Cheese Texture. *Journal of Dairy Science*. 2007, vol. 90, no. 4, pp. 1611–1624. ISSN 0022-0302.
- 17 Hernandez-Morales, C., Hernandez-Montes, A., Aguirre-Mandujano, E., De Gante, A. V. Physicochemical, Microbiological, Textural and Sensory Characterisation of Mexican Anejo Cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 2010, vol. 63, no. 4, pp. 552–560. ISSN 1364-727X.
- 18 Aydemir, O., Dervisoglu, M. The Effect of Heat Treatment and Starter Culture on Colour Intensity and Sensory Properties of Kulek Cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 2010, vol. 63, no. 4, pp. 569–574. ISSN 1364-727X.
- 19 Cunha, C. R., Viotto, W. H. Casein Peptization, Functional Properties, and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts. *Journal of Food Science*. 2010, vol. 75, no. 1, pp. C113–C120. ISSN 0022-1147.
- 20 Wang, H.-H., Sun, D.-W. Assessment of Cheese Browning Affected By Baking Conditions Using Computer Vision. *Journal of Food Engineering*. 2003, vol. 56, pp. 339–345. ISSN 0260-8774.
- 21 Lucey, J.A., Johnson, M.E., Horne, D.S. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*. 2003, vol. 86, no. 9, pp. 2725–2743. ISSN 0022-0302.
- 22 Avila, M., Garde, S., Nunez, M. The Influence of Some Manufacturing and Ripening Parameters on the Colour of Ewes' Milk Cheese. *Milchwissenschaft-Milk Science International*. 2008, vol. 63, no. 2, pp. 160–164. ISSN 0026-3788.
- 23 Pillonel, L., Dufour, E., Schaller, E., Bosset, J. O., De Baerdemaeker, J., Karoui, R. Prediction of Colour of European Emmental Cheeses by Using Near Infrared Spectroscopy: A Feasibility Study. *European Food Research and Technology*. 2007, vol. 226, no. 1–2, pp. 63–69. ISSN 1438-2377.

- 24 Cernikova, M., Bunka, F., Pospiech, M., Tremlova, B., Hladka, K., Pavlinek, V., Brezina, P. Replacement of Traditional Emulsifying Salts by Selected Hydrocolloids in Processed Cheese Production. *International Dairy Journal*. 2010, Vol. 20, No. 5, pp. 336–343. ISSN 0958-6946.
- 25 Cernikova, M., Bunka, F., Pavlinek, V., Brezina, P., Hrabe, J., Valasek, P. Effect of Carrageenan Type on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *Food Hydrocolloids*. 2008, Vol. 22, No. 6, pp. 1054–1061. ISSN: 0268-005X.
- 26 Sadlikova, I., Bunka, F., Budinsky, P., Voldanova, B., Pavlinek, V., Hoza, I. The Effect of Selected Phosphate Emulsifying Salts on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *Food Science and Technology-Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 2010, Vol. 43, No. 8, pp. 1220–1225. ISSN 0023-6438.
- 27 Macku, I., Bunka, F., Voldanova, B., Pavlinek, V. Effect of Addition of Selected Solid Cosolutes on Viscoelastic Properties of Model Processed Cheese Containing Pectin. *Food Hydrocolloids*. 2009, Vol. 23, No. 8, pp. 2078–2084. ISSN: 0268-005X.
- 28 Macku, I., Bunka, F., Pavlinek, V., Leciabiva, P., Hrabe, J. The Effect of Pectin Concentration on Viscoelastic and Sensory Properties of Processed Cheese. *International Journal of Food Science and Technology*. 2008, Vol. 43, No. 9, pp. 1663–1670. ISSN 0950-5423.
- 29 Wang, F., Zhang, X. Y., Luo, J., Guo, H. Y., Zeng, S. S., Ren, F. Z. Effect of Proteolysis and Calcium Equilibrium on Functional Properties of Natural Cheddar Cheese During Ripening and the Resultant Processed Cheese. *Journal of Food Science*. 2011, vol. 76, no. 3, pp. E248–E253. ISSN 0022-1147.
- 30 Dimitreli, G., Thomareis, A. S. Instrumental Textural and Viscoelastic Properties of Processed Cheese as Affected by Emulsifying Salts and in Relation to its Apparent Viscosity. *International Journal of Food Properties*. 2009, vol. 12, no. 1, pp. 261–275. ISSN 1094-2912.
- 31 Brickley, C. A., Auty, M. A. E., Piraino, P., McSweeney, P. L. H. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, vol. 72, no. 9, pp. C483–C490. ISSN 0022-1147.
- 32 Lu, Y. J., Shirashoji, N., Lucey, J. A. Rheological, Textural and Melting Properties of Commercial Samples of Some of the Different Types of Pasteurized Processed Cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 2007, vol. 60, no. 2, pp. 74–80. ISSN 1364-727X.
- 33 Joshi, N. S., Jhala, R. P., Muthukumarappan, K., Acharya, M. R., Mistry, V. V. Textural and Rheological Properties of Processed Cheese. *International Journal of Food Properties*. 2004, vol. 7, no. 3, pp. 519–530. ISSN 1094-2912.

- 34 Bunka, F., Pavlinek, V., Hrabe, J., Rop, O., Janis, R., Krejci, J. Effect of 1-Monoglycerides on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *International Journal of Food Properties*. 2007, Vol. 10, No. 4, pp. 819–828. ISSN 1094-2912.
- 35 Bunka, F., Kramarova, D., Rop, O., Hrabe, J., Hoza, I., Kracmar, S. The Changes of Amino Acids Content in Consequence of Sterilization in Processed Cheese. *Journal of Peptide Science*. 2006, Vol. 12, pp. 105–105. ISSN 1075-2617.
- 36 Brickley, C. A., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J. J., Johnson, M. E., Johnson, P., McSweeney, L. H., Lucey, J. A. Influence of Emulsifying Salts on the Textural Properties of Nonfat Process Cheese Made from Direct Acid Cheese Bases. *Journal of Dairy Science*. 2008, vol. 91, issue 1, pp. 39–48. ISSN 0022-0302.
- 37 Lazarkova, Z., Bunka, F., Bunkova, L., Valasek, P., Kracmar, S., Hrabe, J. Application of Different Sterilising Modes and the Effects on Processed Cheese Quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2010, Vol. 28, No. 3, pp. 168–176. ISSN 1212-1800.
- 38 Sunesen, L. O., Lund, P., Sorensen, J., Holmer, G. Development of Volatile Compounds in Processed Cheese During Storage. *Food Science and Technology – Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 2002, vol. 35, issue 2, pp. 128–134. ISSN 0023-6438.
- 39 Schär, W., Bosset, J. O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A review. *Food Science and Technology–Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 2002, vol. 35, no. 1, pp. 15–20. ISSN 0023-6438.
- 40 Janál, R., Blahovec, J. *Fyzikální vlastnosti mléka*. Praha: Středisko technických informací potravinářského průmyslu, 1974. 159 s.
- 41 Velíšek, J. *Chemie potravin I*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- 42 Roginski, H., Fuquay, J. W., Fox, P. F. *Encyclopedia of Dairy Science*. Vol. 3. London: Elsevier Science, 2004. ISBN 0-12-227238-2.
- 43 Brummer, R. *Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2006. 171 p. ISBN-10 3-540-25553-2.
- 44 Dickinson, E., McClements, D. J. *Advances in Food Colloids*. 1st ed. London: Blackie Academic & Professional, 1996, pp. 333. ISBN 0-7514-0203-6.
- 45 Buňka, F., Hrabě, J., Hoza, I. Tavené sýry ve výživě člověka. *Výživa a potraviny*. 2006, č. 5, s. 135–136. ISSN 1211-846X.
- 46 Pokorný, J. Nasycené mastné kyseliny v tucích: nepůsobí všechny stejně. *Výživa a potraviny*. 2006, č. 4, s. 91–92. ISSN 1211-846X.
- 47 Buňka, F.: *Vliv sterilizačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace*. Vyškov, 2004. 110 s. Disertační práce na Fakultě ekonomiky a managementu Vysoké vojenské školy pozemního vojska na Katedře materiálu a služeb. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.

- 48 Contarini, G., Povolo, M., Leardi, R., Toppino, P. M. Influence of Heat Treatment on the Volatile Compounds of Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997, vol. 45, pp. 3171–3177. ISSN 0021-8561.
- 49 Urbach, G. Headspace Volatiles from Cold-Stored Raw Milk. *Australian Journal of Dairy Technology*. 1990, vol. 45, pp. 80–85. ISSN 0004-9433.
- 50 Jeon, I. J. Undesirable Flavors in Dairy Products. In: Saxby, M. J. (Ed.): *Food Taints and Off-flavours*. 2nd ed. London: Blackie Academic & Professional, 1996, pp. 139–167. ISBN 075140263X.
- 51 Kochhar, S. P. Oxidative Pathways to the Formation of Off-flavours. In: Saxby, M. J. (Ed.): *Food Taints and Off-flavours*. London: Blackie Academic & Professional, 1996, pp. 168–225. ISBN 075140263X.
- 52 Calvo, M. M., de la Hoz, L. Flavour of Heated Milks. A Review. *International Dairy Journal*. 1992, vol. 2, issue 2, pp. 69–81. ISSN 0958-6946.
- 53 Vallejo-Cordoba, B., Nakai, S. Using a Simultaneous Factor Optimization Approach for the Detection of Volatiles in Milk by Dynamic Headspace Gas Chromatographic Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1993, vol. 41, pp. 2378–2384. ISSN 0021-8561.
- 54 Fox, P. F., McSweeney, P. L. H *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic & Professional, 1998. ISBN 0-412-72000-0.
- 55 Krkošková, B. *Textúra potravín*. Bratislava: Alfa-Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1986. 194 s.
- 56 Vítová, E.: Ústní sdělení. Brno: VUT, 2011.
- 57 Hui, Y. H *Dairy Science and Technology Handbook 1. Principles and Properties*. New York: Wiley-VCH, Inc., 1993. ISBN 1-56081-078-5.
- 58 Pijanowski, E. *Základy chemie a technologie mliekárstva II*. Bratislava: Príroda, 1978. 632 s.
- 59 Carić, M., Milanović, S. Processed Cheese. In Hui, Y. H. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Vol. 4. New York: Taylor & Francis Group, 2006. ISBN 0-8493-9849-5.
- 60 Guinee, T. P., Carić, M., Kaláb, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In Fox, P. F. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. 3rd ed. London: Elsevier Science, 2004. pp. 349–394. ISBN 0-1226-3653-8.
- 61 Drake, S. L., Yates, M. D., Drake, M. A. Development of a Flavor Lexicon for Processed and Imitation Cheeses. *Journal of Sensory Studies*. 2010, vol. 25, no. 5, pp. 720–739. ISSN 088-8250.
- 62 Macků, I. *Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinu*. Zlín, 2009. 100 s., 8 s. příloh. Disertační práce na Fakultě technologické Univerzity

- Tomáše Bati ve Zlíně na ústavu Chemie a technologie potravin. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
- 63 Kopáček, J. Vývoj ve výrobě sýrů v České republice. *Výživa a potraviny*. 2006, č. 4, s. 93–95. ISSN 1211-846X.
- 64 Guinee, T. P. Pasteurized processed cheese products. In Roginski, H., Fuquay, J. W., Fox, P. F. *Encyclopedia of Dairy Science*, Vol. 1. London: Elsevier Science, 2004. pp. 411–418. ISBN 0-12-227235-8.
- 65 Velíšek, J. *Chemie potravin II*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- 66 Piska, I. *Rheologické vlastnosti tavených sýrů*. Praha, 2004. 188 s., 36 s. příloh. Disertační práce na Fakultě potravinářské a biochemické technologie Vysoké školy chemicko-technologické na Ústavu technologie mléka a tuků. Vedoucí disertační práce Ing. Jiří Štětina, CSc.
- 67 Carić, M., Kaláb, M. Processed Cheese Products. In Fox, P. F. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. London: Chapman and Hall, 1993. pp. 467–505. ISBN 0412582309.
- 68 Cunha, C. R., Dias, A. I., Viotto, W. H. Microstructure, Texture, Colour and Sensory Evaluation of a Spreadable Processed Cheese Analogue Made with Vegetable Fat. *Food Research International*. 2010, vol. 43, pp. 723–729. ISSN 0963-9969.
- 69 Vyhláška 4/2008 Sb., o použití přídatných látek a rozpouštědel při výrobě potravin.
- 70 Třešňák, K. *Barvy a barevné modely - II* [online]. 18.02.2001 [cit. 2011-04-09]. Printing.cz. Dostupné z WWW: <http://www.printing.cz/art/colormanagement/barvy_a_modely_2.html>.
- 71 ČSN ISO 11036. Senzorická analýza – Metodologie – Profil textury. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- 72 Bunka, F., Hrabe, J., Kracmar, S. The Effect of Sterilisation on Amino Acid Contents in Processed Cheese. *International Dairy Journal*. 2004, Vol. 14, No. 9, pp. 829–831. ISSN 0958-6946.
- 73 Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R. A., Skibsted, L. H. Influence of Light and Temperature on the Colour and Oxidative Stability of Processed Cheese. *International Dairy Journal*. 2001, vol. 11, pp. 837–843. ISSN 0958-6946.
- 74 O'Brien, J., Morrissey, P. A. Nutritional and Toxicological Aspects of the Maillard Browning Reaction in Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1989, vol. 28, issue 3, pp. 211–248. ISSN 1040-8398.
- 75 Friedman, M. Food Browning and Its Prevention: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996, vol. 44, no. 3, pp. 631–653. ISSN 0021-8561.
- 76 Nursten, H. E. Recent Development in Studies of The Maillard Reaction. *Food Chemistry*. 1981, vol. 6, pp. 263–277. ISSN 0021-8561.

- 77 Bley, M. E., Johnson, M. E., Olson, N. F. Factors Affecting Nonenzymatic Browning of Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1985, vol. 68, issue 3, pp. 555–561. ISSN 0022-0302.
- 78 Kristensen, D., Orlien, V., Mortensen, G., Brockhoff, P., Skibsted, L. H. Light-induced Oxidation in Sliced Havarti Cheese Packaged in Modified Atmosphere. *International Dairy Journal*. 2000, vol. 10, pp. 95–103. ISSN 0022-0302.
- 79 Wilkes, J. G., Conte, E. D., Kim, Y., Holcomb, M., Sutherland, J. B., Miller, D. W. Sample Preparation for the Analysis of Flavors and Off-flavors in Foods. *Journal of Chromatography A*. 2000, vol. 880, pp. 3–33. ISSN 0021-9673.
- 80 Molimard, P., Spinnler, H. E. Compounds Involved in the Flavour of Surface Mold-Ripened Cheeses: Origins and Properties. *Journal of Dairy Science*. 1996, vol. 79, pp. 169–184. ISSN 0022-0302.
- 81 Curioni, P. M. G., Bosset, J. O. Key Odorants in Various Cheese Types as Determined by Gas Chromatography-Olfactometry. *International Dairy Journal*. 2002, Vol. 12, No. 12, pp. 959–984. ISSN 0958-6946.
- 82 Dincer, F., Muezzinoglu, A. Chemical Characterization of Odours due to some Industrial and Urban facilities in Izmir, Turkey. *Atmospheric Environment*. 2006, vol. 40, pp. 4210–4219. ISSN 1352-2310.
- 83 Juric, M., Bertelsen, G., Mortensen, G., Petersen, M. A. Light-induced Colour and Aroma Changes in Sliced, Modified Atmosphere Packaged Semi-hard Cheeses. *International Dairy Journal*. 2003, vol. 13, pp. 239–249. ISSN 0958-6946.
- 84 Pizzoferrato, L., Manzi, P., Vivanti, V., Nicoletti, I., Corradini, C., Cogliandro, E. Maillard Reaction in Milk-Based Foods: Nutritional Consequences. *Journal of Food Protection*. 1998, vol. 61, no. 2, pp. 235–239. ISSN 0362-028X.
- 85 Guerra-Hernandez, E., Leon Gomez, C., Garcia-Villanova, B., Corzo Sanchez, N., Romera Gomez, J. M. Effect of Storage on Non-enzymatic Browning of Liquid Infant Milk Formulae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002, vol. 82, pp. 587–592. ISSN 0022-5142.
- 86 Coolbear, T., Crow, V. L., Holland, R., Liu, S. Q., Reid, J. R. Flavour Development. In Roginski, H., Fuquay, J. W., Fox, P. F. *Encyclopedia of Dairy Science*. Vol. 3. London: Elsevier Science, 2004. Pp. 1520–1524. ISBN 0-12-227238-2.
- 87 Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H., Wilkinson, M. G. Lipolysis and Free Fatty Acid Catabolism in Cheese: A Review of Current Knowledge. *International Dairy Journal*. 2003, Vol. 13, No. 11, pp. 841–866. ISSN 0958-6946.
- 88 Van Leuven, I., Van Caelenberg, T., Dirinck, P. Aroma Characterisation of Gouda-type Cheeses. *International Dairy Journal*. 2008, Vol. 18, No. 8, pp. 790–800. ISSN 0958-6946.

- 89 Sousa, M. J., Ardo, Y., McSweeney, P. L. H. Advances in the Study of Proteolysis During Cheese Ripening. *International Dairy Journal*. 2001, Vol. 11, No. 4–7, pp. 327–345. ISSN 0958-6946.
- 90 Sablé, S., Cottenceau, G. Current Knowledge of Soft Cheese Flavor and Related Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, vol. 47, no. 12, pp. 4825–4836. ISSN 0021-8561.
- 91 Zemanová, J.: *Využití elektromigračních metod pro stanovení látek bílkovinné povahy v potravinářských materiálech*. Brno, 2005. 182 s. Disertační práce na Fakultě chemické Vysokého učení technického na Ústavu chemie potravin a biotechnologií. Školitel: doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
- 92 Mallia, S., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H. Aroma-active Compounds of Butter: A Review. *European Food Research and Technology*. 2008, vol. 226, no. 3, pp. 315–325. ISSN 1438-2377.
- 93 Cremer, D. R., Vollenbroeker, M., Eichner, K. Investigation of Formation of Strecker Aldehydes from the Reaction of Amadori Rearrangement Products with α -Amino Acids in Low Moisture Model System. *European Food Research and Technology*. 2000, vol. 211, pp. 400–403. ISSN 1438-2377.
- 94 Vítová, E., Loupancová, B., Zemanová, J., Štoudková, H., Březina, P., Babák, L. Solid-Phase Microextraction for Analysis of Mould Cheese Aroma. *Czech Journal of Food Sciences*. 2006, Vol. 24, No. 6, pp. 268–274. ISSN 1212-1800.
- 95 Sides, A., Robards, K., Helliwell, S. Developments in Extraction Techniques and Their Application to Analysis of Volatiles in Foods. *Trends in Analytical Chemistry*. 2000, Vol. 19, No. 5, pp. 322–329. ISSN 0165-9936.
- 96 Gutnikov, G. Fatty Acids Profiles of Lipid Samples. *Journal of Chromatography B*. 1995, vol. 671, pp. 71–89. ISSN 1570-0232.
- 97 Seppänen-Laakso, T., Laakso, I., Hiltunen, R. Analysis of Fatty Acids by Gas Chromatography and its Relevance to Research on Health and Nutrition. *Analytica Chimica Acta*. 2002, vol. 465, pp. 39–62.
- 98 Eder, K. Gas Chromatographic Analysis of Fatty Acid Methyl Esters. *Journal of Chromatography B*. 1995, vol. 671, pp. 113–131. ISSN 1570-0232.
- 99 Myher, J. J., Kuksis, A. General Strategies in Chromatographic Analysis of Lipids. *Journal of Chromatography B*. 1995, vol. 671, pp. 3–33. ISSN 1570-0232.
- 100 Blomquist, G., Andersson, B., Andersson, K., Brondz, I. Analysis of Fatty Acids. A New Methods for Characterization of Moulds. *Journal of Microbiological Methods*. 1992, vol. 16, pp. 59–68. ISSN 0167-7012.
- 101 Vítová, E., Zemanová, J., Bezděková, Š., Babák, L., Loupancová, B., Březina, P. Changes of Free Fatty Acids During Ripening of Niva Cheese. *Czech Journal of Food Sciences*. 2004, Vol. 22, pp. 310–313. ISSN 1212-1800.

- 102 Garcia-Lopez, S., Echeverria, E., Tsui, I., Balch, B.: Changes in the content of conjugated linoleic acid (CLA) in processed cheese during processing. *Food Research International*, 1994, Vol. 27, No. 1, pp. 61–64. ISSN 0963-9969.
- 103 Buňka, F., Vítová, E., Hrabě, J., Zemanová, J. The Effect of a Defined Sterilization Heating on Fatty Acid Contents in Processed Cheese.
- 104 Van Doorn, H., Grabanski, C. B., Miller, D. J., Hawthorne, S. B. Solid-Phase Microextraction with pH Adjustment for the Determination of Aromatic Acids and Bases in Water. *Journal of Chromatography A*. 1998, Vol. 829, No. 1–2, pp. 223–233. ISSN 0021-9673.
- 105 Ampuero, S., Bosset, J. O. The Electronic Nose Applied to Dairy Products: A Review. *Sensors and Actuators B*. 2003, Vol. 94, No. 1, pp. 1–12. ISSN 0925-4005.
- 106 Pawliszyn, J. Solid Phase Microextraction: Theory and Practice. New York: Wiley-VCH, 1997. ISBN 0-471-19034-9.
- 107 Vítová, E., Loupancová, B., Štoudková, H., Zemanová, J. Application of SPME-GC Method for Analysis of the Aroma of White Surface Mould Cheeses. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2007, Vol. 46, No. 2, pp. 84–90. ISSN 1336-8672.
- 108 Kataoka, H., Lord, H. L., Pawliszyn, J. Applications of Solid-Phase Microextraction in food analysis. *Journal of Chromatography A*. 2000, vol. 880, pp. 35–62. ISSN 0021-9673.
- 109 Muller, L., Fattore, E., Benfenati, E. Determination of aromatic amines by solid-phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry in water samples. *Journal of Chromatography A*, 1997, Vol. 791, No. 1–2, pp. 221–230. ISSN 0021-9673.
- 110 Peres, C., Viallon, C., Berdague, J. L. Solid-Phase Microextraction Mass-Spectrometry: A New Approach to the Rapid Characterization of Cheeses. *Analytical Chemistry*. 2001, Vol. 73, No. 5, pp. 1030–1036. ISSN 0003-2700.
- 111 Theodoridis, G., Theodoridis, G., Koster, E. H. M., de Jong, G. J. Solid-Phase Microextraction for the Analysis of Biological Samples. *Journal of Chromatography B – Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 2000, Vol. 745, No. 1, pp. 49–82. ISSN 1570-0232.
- 112 Wardencki, W., Michulec, M., Curylo, J. A Review of Theoretical and Practical Aspects of Solid-Phase Microextraction in Food Analysis. *International Journal of Food Science and Technology*. 2004, Vol. 39, No. 7, pp. 703–717. ISSN 0950-5423.
- 113 Muir, D. D., Tamime, A. Y., Shenana, M. E., Dawood, A. H. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes: 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5 °C. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 1999, vol. 32, pp. 41–49. ISSN 0023-005X.

- 114 Foegeding, E. A., Brown, J., Drake, M. A., Daubert, C. Sensory and Mechanical Aspects of Cheese Texture. *International Dairy Journal*. 2003, vol. 13, pp. 585–591. ISSN 0958-6946
- 115 Vickers, Z., Mullan, L. Liking and Consumption of Fat-Free and Full-Fat Cheese. *Food Quality and Preference*. 1997, vol. 8, pp. 91–95. ISSN 0950-3293.
- 116 Chen, J. Food Oral Processing – A Review. *Food Hydrocolloids*. 2009, vol. 23, pp. 1–25. ISSN 0268-005X.
- 117 Finot, P. A., Deutsch, R., Bujard, E. The Extent of the Maillard Reaction During the Processing of Milk. *Progress in Food & Nutrition Science*. 1981, vol. 5, pp. 345–355. ISSN 0306-0632.
- 118 Szczesniak, A.S. Texture is a Sensory Property. *Food Quality and Preference*. 2002, vol. 13, pp. 215–225. ISSN 0950-3293.
- 119 Foster, K. D., Woda, A., Peyron, M. A. Effect of Texture of Plastic and Elastic Model Foods on the Parameters of Mastication. *Journal of Neurophysiology*. 2006, vol. 95, pp. 3469–3479. ISSN 0022-3077.
- 120 Meullenet, J. F., Lyon, B. G., Carpenter, J. A., Lyon, C. E. Relationship Between Sensory and Instrumental Texture Profile Attributes. *Journal of Sensory Studies*. 1998, vol. 13, pp. 77–93. ISSN 0887-8250.
- 121 Hill, P. G., Smith, R. M. Determination of Sulphur Compounds in Beer using Headspace Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatographic Analysis with Pulsed Flame Photometric Detection. *Journal of Chromatography A*. 2000, Vol. 872, No. 1–2, pp. 203–213. ISSN 0021-9673.
- 122 Messens, W., Van de Walle, D., Arevalo, J., Dewettinck, K., Huyghebaert, A. Rheological Properties of High-Pressure-Treated Gouda cheese. *International Dairy Journal*. 2000, Vol. 10, No. 5–6, pp. 359–367. ISSN 0958-6946.
- 123 San Martin-Gonzalez, M. F., Rodriguez, J. J., Gurram, S., Clark, S., Swanson, B. G., Barbosa-Canovas, G. V. Yield, Composition and Rheological Characteristics of Cheddar Cheese Made with High Pressure Processed Milk. *LWT-Food Science and Technology*. 2007, Vol. 40, No. 4, pp. 697–705. ISSN 0023-6438.
- 124 Lobato-Calleros, C., Velazquez-Varela, J., Sanchez-Garcia, J., Vernon-Carter, E. J. Dynamic Rheology of Mexican Manchego Cheese-Like Products Containing Canola Oil and Emulsifier Blends. *Food Research International*. 2003, Vol. 36, No. 1, pp. 81–90. ISSN 0963-9969.
- 125 Rodriguez-Aguilera, R., Oliveira, J. C., Montanez, J. C., Mahajan, P. V. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality Factors and Shelf-Life of Surface Mould Ripened Cheese: Part I Constant Temperature. *LWT-Food Science and Technology*. 2011, Vol. 44, No. 1, pp. 330–336. ISSN 0023-6438.

- 126 Sanchez, C., Beaugard, J. L., Chassagne, M. H., Bimbenet, J. J., Hardy, J. Effects of Processing on Rheology and Structure of Double Cream Cheese. *Food Research International*. 1995, Vol. 28, No. 6, pp. 547–552. ISSN 0963-9969.
- 127 Sanchez, C., Beaugard, J. L., Chassagne, M. H., Bimbenet, J. J. Rheological and Textural Behaviour of Double Cream Cheese. Part I: Effect of Curd Homogenization. *Journal of Food Engineering*. 1994, Vol. 23, No. 4, pp. 579–594. ISSN 0260-8774.
- 128 Lee, S. K., Buwalda, R. J., Euston, S. R., Foegeding, E. A., McKenna, A. B. Changes in the Rheology and Microstructure of Processed Cheese During Cooking. *Food Science and Technology-Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 2003, Vol. 36, No. 3, pp. 339–345. ISSN 0023-6438.
- 129 Dimitreli, G., Thomareis, A. S. Effect of Temperature and Chemical Composition on Processed Cheese Apparent Viscosity. *Journal of Food Engineering*. 2004, Vol. 64, No. 2, pp. 265–271. ISSN 0260-8774.
- 130 Dimitreli, G., Thomareis, A. S. Texture Evaluation of Block-Type Processed Cheese as a Function of Chemical Composition and in Relation to its Apparent Viscosity. *Journal of Food Engineering*. 2007, Vol. 79, No. 4, pp. 1364–1373. ISSN 0260-8774.
- 131 Precise Color Communication: Color Control From Feeling to Instrumentation. Minolta Co., 1994.
- 132 Kuehni, R. G. *Color: An Introduction to Practice and Principles*. New York: John Wiley and Sons, 1996, pp. 186. ISBN 0-471-14566-1.
- 133 CIE Technical Report *Colorimetry*. 3rd ed. Vienna: CIE Central Bureau, 2004, pp. 72. ISBN 3 901 906 33 9.
- 134 Saláková, A. *Texturní a barevné charakteristiky masa a masných výrobků*. Brno, 2008. 147 s., 12 s. příloh. Disertační práce na Fakultě veterinární hygieny a ekologie Veterinární a farmaceutické univerzity na Ústavu hygieny a technologie masa. Vedoucí disertační práce prof. MVDr. Iva Steinhäuserová, CSc.
- 135 Mazzone, G., Giammarco, M., Vignola, G., Sardi, L., Lambertini, L. Effects of the Rearing Season on Carcass and Meat Quality of Suckling Apennine Light Lambs. *Meat Science*. 2010, vol. 86, pp. 474–478. ISSN 0309-1740.
- 136 Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Onega, E., Blázquez, B. Changes in Meat Quality Characteristics of Bovine Meat during the First 6 Days Post Mortem. *Meat Science*. 2003, vol. 65, pp. 1439–1446. ISSN 0309-1740.
- 137 Válková, V. *Senzorická jakost masných výrobků a metody pro její hodnocení*. Brno, 2008. 100 s., 11 s. příloh. Disertační práce na Fakultě veterinární hygieny a ekologie Veterinární a farmaceutické univerzity na Ústavu hygieny a technologie masa. Vedoucí disertační práce doc. MVDr. Bohuslava Tremlová, Ph.D.

- 138 McKeith, R. O., Pringle, T. D. Quality Attributes and Color Characteristics of Three-piece Boneless Hams. *Meat Science*. 2010, vol. 86, pp. 555–556. ISSN 0309-1740.
- 139 Sánchez-Molinero, F., García-Regueiro, J. A., Arnau, J. Processing of Dry-Cured Ham in a Reduced-Oxygen Atmosphere: Effects on Physicochemical and Microbiological Parameters and Mite Growth. *Meat Science*. 2010, vol. 84, pp. 400–408. ISSN 0309-1740.
- 140 Álvarez, D., Castillo, M., Payne, F. A., Xiong, Y. L. A Novel Fiber Optic Sensor to Monitor Beef Meat Emulsion Stability Using Visible Light Scattering. *Meat Science*. 2009, vol. 81, pp. 456–466. ISSN 0309-1740.
- 141 Lund, M. N., Hviid, M. S., Skibsted, L. H. The Combined Effect of Antioxidants and Modified Atmosphere Packaging on Protein and Lipid Oxidation in Beef Patties during Chill Storage. *Meat Science*. 2007, vol. 76, pp. 226–233. ISSN 0309-1740.
- 142 Banon, S., Diaz, P., Rodriguez, M., Garrido, M. D., Price, A. Ascorbate, Green Tea and Grape Seed Extracts Increase the Shelf Life of Low Sulphite Beef Patties. *Meat Science*. 2007, vol. 77, pp. 626–633. ISSN 0309-1740.
- 143 Smilanick, J. L., Sorenson, D. Control of Postharvest Decay of Citrus Fruit with Calcium Polysulfide. *Postharvest Biology and Technology*. 2001, vol. 21, pp. 157–168. ISSN 0925-5214.
- 144 Clerici, M. T. P. S., Kallmann, C., Gaspi, F. O. G., Morgano, M. A., Martinez-Bustos, F., Chang Y. K. Physical, Chemical and Technological Characteristics of Solanum Lycocarpum A. St. - HILL (Solanaceae) Fruit Flour and Starch. *Food Research International*. 2011, vol. 44, pp. 2143–2150. ISSN 0963-9969.
- 145 Ferrari, G., Maresca, P., Ciccarone, R. The Application of High Hydrostatic Pressure for the Stabilization of Functional Foods: Pomegranate Juice. *Journal of Food Engineering*. 2010, vol. 100, pp. 245–253. ISSN 0260-8774.
- 146 Girard, B., Yuksel, D., Cliff, M. A., Delaquis, P., Reynolds, A. G. Vinification Effects on the Sensory, Colour and GC Profiles of Pinot Noir Wines from British Columbia. *Food Research International*. 2001, vol. 34, pp. 483–499. ISSN 0963-9969.
- 147 Guerrero, R. F., Puertas, B., Jiménez, M. J., Cacho, J., Cantos-Villa, E. Monitoring the Process to Obtain Red Wine Enriched in Resveratrol and Piceatannol without Quality Loss. *Food Chemistry*. 2010, vol. 122, pp. 195–202. ISSN 0021-8561.
- 148 Duman, A. D. Storage of Red Chili Pepper under Hermetically Sealed or Vacuum Conditions for Preservation of its Quality and Prevention of Mycotoxin Occurrence. *Journal of Stored Products Research*. 2010, vol. 46, pp. 155–160. ISSN 0022-474X.
- 149 Olarte, C., Sanz, S., Echávarri, J. F., Ayala, F. Effect of Plastic Permeability and Exposure to Light during Storage on the Quality of Minimally Processed Broccoli and

- Cauliflower. *Food Science and Technology*. 2009, vol. 42, pp. 402–411. ISSN 0950-5423.
- 150 Moyano, M. J., Meléndez-Martínez, A. J., Alba, J., Heredia, F. J. A Comprehensive Study on the Colour of Virgin Olive Oils and its Relationships with their Chlorophylls and Carotenoids Indexes (I): CIEXYZ non-uniform colour space. *Food Research International*. 2008, vol. 41, pp. 505–512. ISSN 0963-9969.
- 151 Zhu, K., Kanu, P. J., Claver, I. P., Zhu, K., Qian, H., Zhou, H. A Method for Evaluating Hunter Whiteness of Mixed Powders. *Advanced Powder Technology*. 2009, vol. 20, pp. 123–126. ISSN 0921-8831.
- 152 Romani, S., Rocculi, P., Mendoza, F., Dalla Rosa, F. Image Characterization of Potato Chip Appearance during Frying. *Journal of Food Engineering*. 2009, vol. 93, pp. 487–494. ISSN 0260-8774.
- 153 Lucisano, M., Cappa, C., Fongaro, L., Mariotti, M. Methods for the Characterisation of Breadcrumbs, an Important Ingredient of Stuffed Pasta. *Journal of Cereal Science*. 2010, vol. 51, pp. 381–387. ISSN 0733-5210
- 154 Guyomarc'h, F., Binet, A., Dufosse, L. Characterization of Brevibacterium Linens Pigmentation Using Spectrocolorimetry. *International Journal of Food Microbiology*. 2000, vol. 57, pp. 201–210. ISSN 0168-1605.
- 155 Barbut, S. Effects of Calcium Level on the Structure of Pre-heated Whey Protein Isolate Gels. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 1995, vol. 28, pp. 598–603. ISSN 0023-6438.
- 156 Okpala, Ch. O. R., Piggott, J. R., Schaschke, C. J. Influence of High-Pressure Processing (HPP) on Physico-Chemical Properties of Fresh Cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2010, vol. 11, pp. 61–67. ISSN 1466-8564.
- 157 Capellas, M., Mor-Mur, M., Sendra, E., Guamis, B. Effect of High-pressure Processing on Physico-Chemical Characteristics of Fresh Goats' Milk Cheese (Mató). *International Dairy Journal*. 2001, vol. 11, pp. 165–173. ISSN 0958-6946.
- 158 Rodriguez-Aguilera, R., Oliveira, J. C., Montanez, J. C., Mahajan, P. V. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality Factors and Shelf-life of Surface Mould Ripened Cheese: Part I Constant Temperature. *Food Science and Technology*. 2011, vol. 44, pp. 330–336. ISSN 0023-6438.
- 159 *Hodnocení barvy masa a masných výrobků* [online]. [cit. 2011-09-04]. Vscht.cz. Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/oborI/barva.pdf>.
- 160 Kramer, A. Food Texture – Definition, Measurement and Relation to other Food Quality Attributes. In Kramer, A., Szczesniak, A. S. *Texture Measurement of Foods*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1973, pp. 1–9. ISBN 9027703078.
- 161 Hashmi, I. *Sensory Evaluation Techniques* [online]. 2007 [cit. 2011-09-04]. www.iaom-mea.com. Dostupné z WWW:

- <<http://www.iaom-mea.com/EduMat/Dec11/Session5/Tech10-AGF-IAOM-Muscat-07.pdf>>.
- 162 Lawless, H. T., Heymann, H. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices I*. Vol. 1, New York: Chapman & Hall, 1999. ISBN 0-8342-1752-X.
- 163 Pokorný, J., Valentová, H., Panovská, Z.: *Senzorická analýza potravin*. Praha: VŠCHT, 1998. ISBN 80-7080-329-0.
- 164 Drake, M. A., Civille, G. V. Flavor Lexicons. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2002, vol. 2., pp. 33–40. ISSN 1541-4337.
- 165 Bhushan, N., Ravishankar Rao, A., Lohse, G. L. The Texture Lexicon: Understanding the Categorization of Visual Texture Terms and Their Relationship to Texture Images. *Cognitive Science*. 1997, vol. 21, issue 2, pp. 219–246. ISSN 0364-0213.
- 166 Foster, K. D., Grigor, J. M. V., Cheong, J. N., Yoo, M. J. Y., Bronlund, J. E., Morgenstern, M. P. The Role of Oral Processing in Dynamic Sensory Perception. *Journal of Food Science*. 2011, vol. 76, no. 2, pp. 49–61. ISSN 0022-1147.
- 167 Marshall, R. J. Physicochemical Properties Accounting for Cheese Texture. *Acta Psychologica*. 1993, vol. 84, pp. 69–77. ISSN 0001-6918.
- 168 Arltoft, D., Madsen, F., Ipsen, R. Relating the Microstructure of Pectin and Carrageenan in Dairy Desserts to Rheological and Sensory Characteristics. *Food Hydrocolloids*. 2008, Vol. 22, No. 4, pp. 660–673. ISSN 0268-005X.
- 169 Awad, R. A., Abdel-Hamid, L. B., El-Shabrawy, S. A., Singh, R. K. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT-Food Science and Technology*. 2002, Vol. 35, No. 1, pp. 54–61. ISSN 0023-6438.
- 170 Lee, S. K., Klostermeyer, H. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-Fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT-Food Science and Technology*. 2001, Vol. 34, No. 5, pp. 288–292. ISSN 0023-6438.
- 171 Lawless, H. T., Heymann, H. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices II*. Vol. 2, New York: Chapman & Hall, 1999. ISBN 0-8342-1752-X.
- 172 Ingr, I., Pokorný, J., Valentová, H.: *Senzorická analýza potravin*. Brno: MZLU, 1997. ISBN 80-7157-283-7
- 173 Konteles, S., Sinanoglou, V. J., Batrinou, A., Sflomos, K. Effects of γ -Irradiation on *Listeria Monocytogenes* Population, Colour, Texture and Sensory Properties of Feta Cheese During Cold Storage. *Food Microbiology*. 2009, vol. 26, pp. 157–165. ISSN 0740-0020.
- 174 Pokorný, J. *Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti*. Praha: Ústav zemědělské a potravinářské inspekce, 1997. ISBN 80-85120-60-7.

- 175 Vítová, E., Loupancová, B., Buňka, F., Hrozová, L., Zemanová, J. Changes of Fatty Acids in Sterilized Processed Cheese. *Chemické Listy*. 2005, roč. 99, s. 353. ISSN 0009-2770.
- 176 ČSN ISO 8589. Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- 177 ČSN 56 0032. Senzorická analýza – Metodologie – Párová porovnávací zkouška. Praha: Český normalizační institut, 1991. 10 s.
- 178 ČSN EN ISO 5495. Senzorická analýza – Metodologie – Párová porovnávací zkouška. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- 179 ČSN ISO 8587. Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška. Praha: Český normalizační institut, 2008. 24 s.
- 180 ČSN ISO 4121 (560052). Senzorická analýza – Obecné pokyny pro použití kvantitativních odpovědních stupnic. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- 181 ČSN ISO 8587 (56 0033). Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- 182 ČSN ISO 11037. Senzorická analýza – Obecná směrnice a zkušební metoda pro posuzování barvy potravin. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- 183 ČSN EN ISO 5492. Senzorická analýza – Slovník. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- 184 Hrabě, J., Kříž, O., Buňka, F. *Statistické metody v senzorické analýze potravin*. Vyškov: Vysoká škola pozemního vojska, 2001.
- 185 Bekbölet, M. Light Effects on Food. *Journal of Food Protection*. 1990, vol. 53, issue 5, pp. 430–440. ISSN 0362-028X.
- 186 ČSN EN ISO 8586-2. Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů – Část 2: Odborní senzoričtí posuzovatelé. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- 187 ČSN ISO 8586-1. Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů – Část 1: Vybraní posuzovatelé. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- 188 ČSN ISO 5496. Senzorická analýza – Metodologie – Zasvěcení do problematiky a výcvik posuzovatelů při zjišťování a rozlišování pachů. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- 189 ČSN ISO 1735. Sýry a tavené sýrové výrobky – Stanovení obsahu tuku – Vážková metoda. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- 190 Pillonel, L., Bossett, J. O., Tabacchi, R. Rapid preconcentration and enrichment techniques for the analysis of food volatile. A review. *LWT-Food Science and Technology*. 2002, Vol. 35, No. 1, pp. 1–14. ISSN 0023-6438.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AAL	aromaticky aktivní látka
AK	aminokyselina
GC	gas chromatography, plynová chromatografie
GC-FID	gas chromatography – flame ionization detector, plynová chromatografie s plamenově ionizační detekcí
GC-MS	gas chromatography – mass spectrometry, plynová chromatografie s hmotnostní detekcí
HS-SPME	head space – solid phase microextraction, head space – mikroextrakce tuhou fází
Ile	aminokyselina isoleucin
LOD	limit of detection, detekční limit
LOQ	limit of quantification, limit kvantifikace
Lys	aminokyselina lysin
MEMK	methylester mastné kyseliny
Met	aminokyselina methionin
MK	mastná kyselina
Phe	aminokyselina fenylalanin
RSD	relative standard deviation, relativní směrodatná odchylka
S/N	signal/noise, signál/šum
SPE	extrakce tuhou fází
SPME	solid phase microextraction, mikroextrakce tuhou fází
TLC	tenkovrstevná chromatografie
TPA	texturní profilová analýza
TvS	tuk v sušině
Tyr	aminokyselina tyrosin
UHT	ultra high temperature

9 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Základní složky tavicích solí používaných při výrobě tavených sýrů a pH jejich 1% roztoku^{66, 67}
- Příloha 2 Protokol pro stupnicové hodnocení
- Příloha 3 Klíč k určení testovaných vzorků
- Příloha 4 Stupnice pro hodnocení tavených sýrů
- Příloha 5 Protokol pro párovou porovnávací zkoušku (do 4 měsíce od začátku skladování)
- Příloha 6 Protokol pro pořadovou zkoušku (od 4 měsíce od začátku skladování)
- Příloha 7 Chromatogramy aromaticky aktivních látek stanovených ve sterilovaných tavených sýrech po dvou letech skladování

Příloha 1 Základní složky tavicích solí používaných při výrobě tavených sýrů a pH jejich 1% roztoku^{66, 67}

Skupina	Tavicí sůl	Vzorec	pH (1% roztok)
Citronany	Monohydrát dihydrogencitronanu sodného	$\text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3,75
	Dihydrát citronanu sodného	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	8,55
	Undekahydrát citronanu sodného	$2\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	7,95
Orthofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH_2PO_4	4,5
	Monohydrát dihydrogenfosforečnanu sodného	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4,5
	Dihydrát dihydrogenfosforečnanu sodného	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4,5
	Hydrogenfosforečnan sodný	Na_2HPO_4	9,1
	Dihydrát hydrogenfosforečnanu sodného	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	9,1
	Heptahydrát hydrogenfosforečnanu sodného	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9,1
	Dodekahydrát hydrogenfosforečnanu sodného	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	9,1
	Fosforečnan sodný	Na_3PO_4	11,9
	Fosforečnan sodný -0.5-hydrát	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	11,9
	Dodekahydrát fosforečnanu sodného	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	11,9
Difosforečnany	Dihydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	4,1
	Nonahydrát hydrogendifosforečnanu sodného	$\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	6,7 - 7,5
	Dekahydrát difosforečnanu sodného	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	10,2
Polyfosforečnany	Trifosforečnan sodný	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,7
	Hexahydrát trifosforečnanu sodného	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	9,7
	Tetrafosforečnan sodný	$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$	8,5
	Polyfosforečnan sodný (Grahamova sůl)	$(\text{NaPO}_3)_n$	6,6

Příloha 2 Protokol pro stupnicové hodnocení

Senzorické hodnocení pomocí stupnic (zapište zvolený stupeň)

Tavený sýr	Znak				
	Vzhled a barva	Lesk	Konzistence	Chuť a vůně	Celkové hodnocení
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					

Poznámky

Tavený sýr	Poznámky
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	

Příloha 3 Klíč k určení testovaných vzorků

Datum:

Označení provedl:

Označení vzorku	Popis vzorku	Zkratka
A	SS I	
B	SL II	
C	ST I	
D	N II	
E	SS II	
F	ST II	
G	N I	
H	SL I	

Příloha 4 Stupnice pro hodnocení tavených sýrů

Hodnocení tavených sýrů

Vzhled a barva

1. **Vynikající** – barva smetanově bílá, stejnorodá, bez cizích odstínů. Sýr hladký, lesklý.
2. **Výborná** – nepatrná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, homogenní, typická pro smetanový tavený sýr. Změny barvy způsobené osýcháním sýru, oxidačními změnami vyloučeny. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, čistý, hladký, lesklý.
3. **Velmi dobrá** – mírná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, homogenní, typická pro smetanový tavený sýr. Změny barvy způsobené osýcháním sýru, oxidačními změnami jen nepatrné. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, na povrchu sýra čistý, hladký, lesklý.
4. **Dobrá** - barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s vyloučením mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené mírnou deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je nepatrně matný, stále však hladký.
5. **Méně dobrá** - barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s nepatrnými náznaky mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je mírně matný, mírné odchylky v hladkosti.
6. **Nevyhovující** - barva mírně nehomogenní (mramorovitá), povrch sýra matný bez lesku, na povrchu mírné barevné změny v důsledku oxidačních změn.
7. **Nepříjemný** – barva na povrchu i v těstě nehomogenní, silné oxidační změny na povrchu, výskyt plísně, značná deformace povrchu, vzhled narušen duřením sýra, vytavený, oddělený tuk.

Lesk sýra

1. **Vynikající vysoký lesk** – sýr s vynikajícím leskem
2. **Výborný lesk**
3. **Dobrý lesk**
4. **Uspokojivý lesk**
5. **Méně dobrý lesk**
6. **Nevyhovující lesk**
7. **Naprosto nevhovující lesk** – naprosto matný sýr

Konzistence

1. **Vynikající** – lehce roztíratelná, plastická, dokonale utavená, bez vzduchových dutin, homogenní, bez výskytu neutavených kousků sýra.
2. **Výborná** – konzistence výborně roztíratelná, jemná, nelepivá.
3. **Velmi dobrá** - roztíratelnost velmi dobrá, nepatrně tužší nebo měkčí.
4. **Dobrá** – roztíratelnost dobrá, mírně tužší nebo měkčí, slabě lepivá.
5. **Méně dobrá** – roztíratelnost horší, tužší, pastovitá nebo měkčí, lepivá.
6. **Nevyhovující** – lepivá, tuhá, řídká, nehomogenní, špatně roztíratelná.
7. **Nepříjemná** – velmi tuhá až drobivá, silně lepivá, rozbředlá, nehomogenní s oddělováním se tukem, zduřelá s výskytem provzdušnění, silně krupičkovitá, roztékavá.

Chuť a vůně

1. **Vynikající** - chuť jemná, mléčně sýrová, nebo máslová, smetanová, jemně sýrově nasládlá, výrazná. Vůně čistá velmi harmonická, cizí příchutě jsou vyloučeny.
2. **Výborná** – nepatrné odchylky od vynikající chuti a vůně, chuť a vůně harmonická, sýrová, nebo máslová, smetanová, jemně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny.
3. **Velmi dobrá** – mírné odchylky od vynikající chuti a vůně, přesto harmonická, odpovídající deklarovanému druhu, přirozeně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny.
4. **Dobrá** – chuť a vůně typická pro smetanový tavený sýr s odchylkami ne zásadního charakteru, avšak charakteristická a čistá pro deklarovaný druh.
5. **Méně dobrá** – výskyt cizích příchutí ve velmi malé intenzitě, méně harmonická, slabě nahořklá nebo slanější, slabá příchutě po tavicích solích, mírně kyselejší, , dílčí odchylky v chuti, slabě nečistá, slabě kvasničná.
6. **Nevyhovující** – výskyt cizích příchutí, méně harmonická, nahořklá, slanější, příchutě po tavicích solích, kyselejší, mírně oxidovaná, dílčí odchylky v chuti, mírně nečistá, mírně kvasničná.
7. **Nepřijatelná** – nečistá, žluklá, slaná, hořká, cizí, netypická, silně oxidovaná (žluklá), zatuchlá, kvasnicová, ostře kyselá aj.

Celkové hodnocení

Zohledňují se všechny ukazatele, prioritní postavení mají **chuť a vůně**, dalšími relevantními ukazateli jsou **vzhled a barva a konzistence**, ostatní deskriptory mají pouze „poradní sílu“.

1. **Vynikající** - chuť a vůně musí mít hodnocení vynikající, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než výborný.
2. **Výborný** - chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než výborný, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než velmi dobrý.
3. **Velmi dobrý** - chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než velmi dobrý, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než dobrý.
4. **Dobrý** - chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než dobrý, ve všech ostatních ukazatelích ne hůře než méně dobrý.
5. **Méně dobrý** - tavený sýr hodnocený ve všech ukazatelích ne hůře než méně dobrý.
6. **Nevyhovující** - tavený sýr hodnocený ve všech ukazatelích ne hůře než nevyhovující.
7. **Naprosto nevyhovující** - tavený sýr, který je u jakéhokoliv ukazatele hodnocen jako naprosto nevyhovující.

Příloha 5 Protokol pro párovou porovnávací zkoušku (do 4 měsíce od začátku skladování)

Párová porovnávací zkouška

Vzorky G a A: Kterému vzorku dáváte přednost?

Vzorky G a A: Který vzorek má tužší konzistenci?

Vzorky G a A: Který vzorek má tmavší barvu?

Vzorky G a H: Kterému vzorku dáváte přednost?

Vzorky G a H: Který vzorek má tužší konzistenci?

Vzorky G a H: Který vzorek má tmavší barvu?

Vzorky G a C: Kterému vzorku dáváte přednost?

Vzorky G a C: Který vzorek má tužší konzistenci?

Vzorky G a C: Který vzorek má tmavší barvu?

Vzorky D a E: Kterému vzorku dáváte přednost?

Vzorky D a E: Který vzorek má tužší konzistenci?

Vzorky D a E: Který vzorek má tmavší barvu?

Vzorky D a B: Kterému vzorku dáváte přednost?

Vzorky D a B: Který vzorek má tužší konzistenci?

Vzorky D a B: Který vzorek má tmavší barvu?

Vzorky D a F: Kterému vzorku dáváte přednost?

Vzorky D a F: Který vzorek má tužší konzistenci?

Vzorky D a F: Který vzorek má tmavší barvu?

Příloha 6 Protokol pro pořadovou zkoušku (od 4 měsíce od začátku skladování)

Pořadové zkoušky

Seřaďte sterilované tavené sýry A, C a D podle tuhosti (1 – tavený sýr nejméně tuhý, 3 – tavený sýr nejtuzší; dva tavené sýry by neměly mít stejné číslo)

Tavený sýr	A	C	D
Tuhost			

Seřaďte sterilované tavené sýry B, E a H podle tuhosti (1 – tavený sýr nejméně tuhý, 3 – tavený sýr nejtuzší; dva tavené sýry by neměly mít stejné číslo)

Tavený sýr	B	E	H
Tuhost			

Seřaďte sterilované tavené sýry A, C a D podle odstínu tmavosti (1 – tavený sýr nejméně tmavý, 3 – tavený sýr nejtmaší; dva tavené sýry by neměly mít stejné číslo)

Tavený sýr	A	C	D
Tmavost			

Seřaďte sterilované tavené sýry B, E a H podle odstínu tmavosti (1 – tavený sýr nejméně tmavý, 3 – tavený sýr nejtmaší; dva tavené sýry by neměly mít stejné číslo)

Tavený sýr	B	E	H
Tmavost			

Seřaďte sterilované tavené sýry A, C a D podle svých preferencí (1 – tavený sýr nejlepší, 3 – tavený sýr nejhorší; dva tavené sýry by neměly mít stejné číslo)

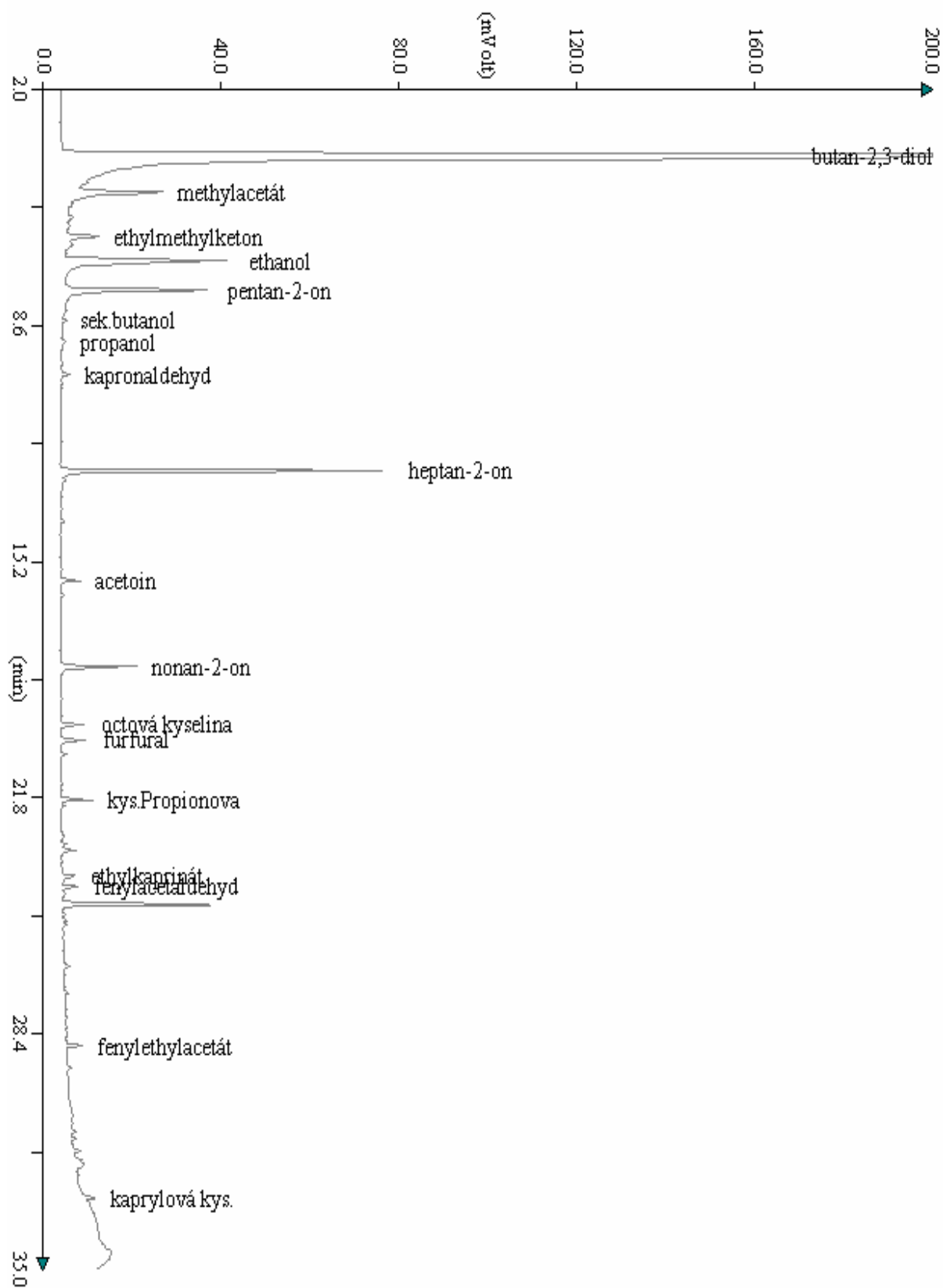
Tavený sýr	A	C	D
Preference			

Seřaďte sterilované tavené sýry B, E a H podle odstínu tmavosti (1 – tavený sýr nejlepší, 3 – tavený sýr nejhorší; dva tavené sýry by neměly mít stejné číslo)

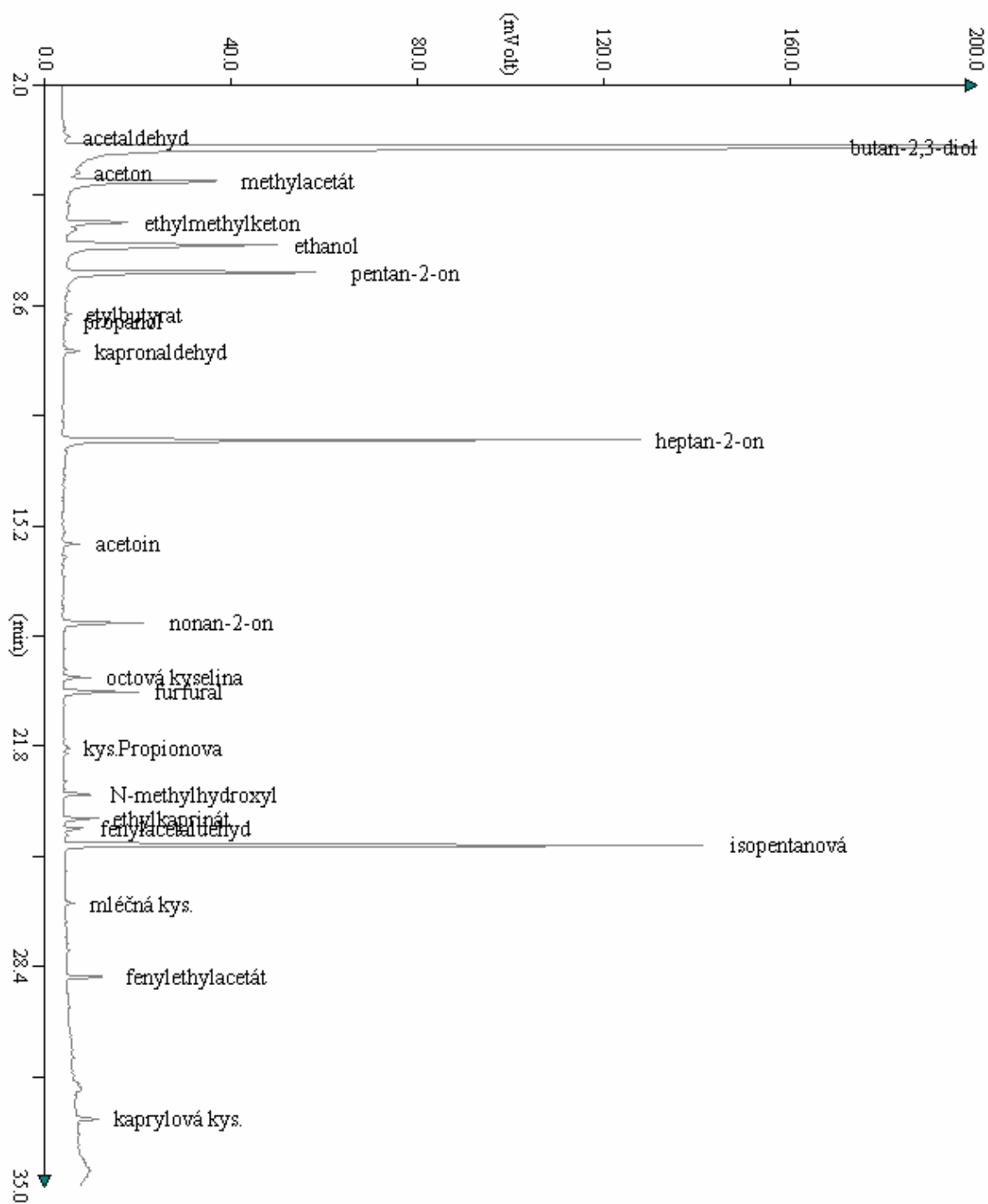
Tavený sýr	B	E	H
Preference			

Příloha 7 Chromatogramy aromaticky aktivních látek stanovených ve sterilovaných tavených sýrech po dvou letech skladování

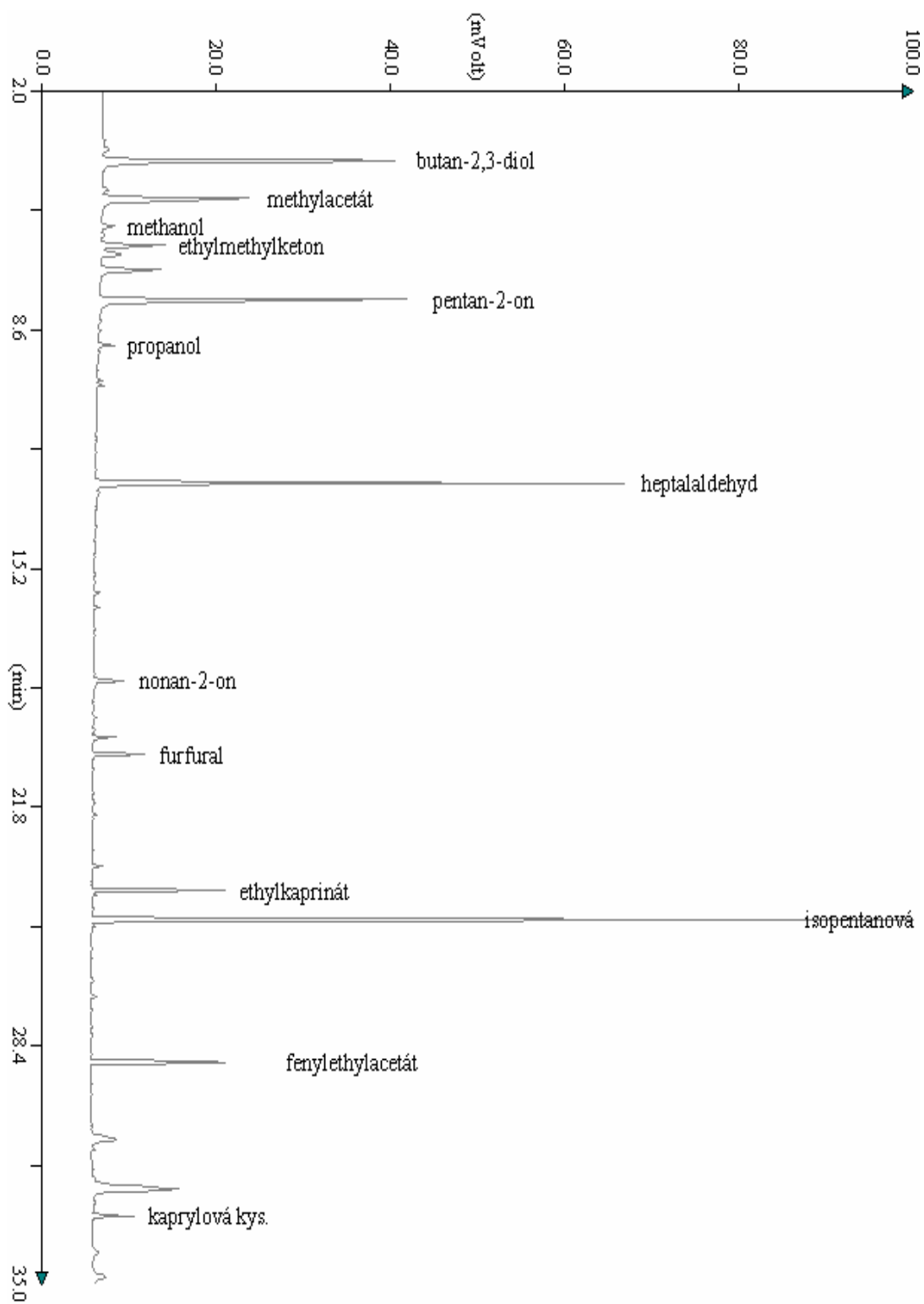
A – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při teplotě 6 ± 2 °C



B – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$



C – Sterilovaný tavený sýr uchovávaný při teplotě $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$



10 PUBLIKACE

Web of Science

1. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., MACKŮ I., ZEMANOVÁ, J., BABÁK, L. Effect of fat composition on some physico-chemical parameters and sensorial evaluation of dark chocolate. *Journal of Food and Nutrition Research.*, 2009, roč. 48, č. 2, s. 72-79. ISSN 1336-8672.
2. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J. Application of SPME-GC method for analysis of the aroma of white surface mould cheeses. *Journal of Food and Nutrition Research.*, 2007, roč. 46, č. 2, s. 84-90. ISSN 1336-8672.
3. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ZEMANOVÁ, J., ŠTOUDKOVÁ, H., BŘEZINA, P., BABÁK, L. Solid-phase microextraction for analysis of mould cheese aroma. *Czech Journal of Food Science*, 2006, roč. 24, č. 6, s. 268-274. ISSN 1212-1800.

Scopus

1. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., BABÁK, L. MACKŮ, I. Comparison of aroma profiles of several types of dark chocolate. *Chemické Listy*, 2008, roč. 102, s. 817. ISSN 0009-2770.
2. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., BUŇKA, F. Fatty acids like a markers of processed cheese changes during storage. *Chemické Listy*, 2008, roč. 102, s. 714. ISSN 0009-2770.
3. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ZEMANOVÁ, J., BUŇKA, F., FIŠERA, M. The simple method for analysis of fatty acids in food. *Chemické Listy*, 2005, roč. 99, s. 311. ISSN 0009-2770.
4. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., BUŇKA, F., HROZOVÁ, L., ZEMANOVÁ, J. Changes of fatty acids in sterilized processed cheese. *Chemické Listy*, 2005, roč. 99, s. 353. ISSN 0009-2770.

Práce zveřejněné ve sbornících konferencí

1. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J. Vliv aromaticky aktivních sloučenin na chutnost hořké čokolády. In *Bezpečnost a kontrola potravin*. Nitra. 2009, s. 267-270. ISBN 978-80-552-0193-1.
2. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J. Srovnání aromatického profilu sýrů s bílou plísní. In *Bezpečnost a kontrola potravin*. Nitra. 2006, s. 287-290. ISBN 80-8069-682-9.
3. ŠTOUDKOVÁ, H., VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., FIŠERA, M. Těkavé aromatické látky v různých stádiích zrání sýra Niva. In *Bezpečnost a kontrola potravin*. Nitra. 2006, s. 269-272. ISBN 80-8069-682-9.
4. ZEMANOVÁ, J., LAŠTOVIČKOVÁ, M., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., LOUPANCOVÁ, B. Nová perspektiva při řešení problematiky analýzy hořkých peptidů v sýrech. In *Bezpečnost a kontrola potravin*. Nitra. 2006, s. 313-316. ISBN 80-8069-682-9.
5. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J. Identifikace těkavých látek čokolády s použitím HS-SPME v kombinaci s GC-MS. In *Bezpečnost a kontrola potravin*. Nitra. 2006, s. 404-406. ISBN 80-8069-682-9.

6. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., MÁCHOVÁ, Z. Vliv teploty a doby skladování na obsah mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech. *XXXVI. Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno, 2006, s. 163. ISBN 80-7305-570-8.
7. VÍTOVÁ, E., VESPALCOVÁ, M., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J. MARTINŮ, J. Vliv přídavku rostlinného tuku na organoleptické vlastnosti hořké čokolády. *XXXVII. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin*. Skalský Dvůr, 2006. ISSN 1802-1433.
8. ŠTOUDKOVÁ H., VÍTOVÁ E., LOUPANCOVÁ B., FIŠERA M. Využití různých způsobů extrakce pro analýzu aroma látek sýra Niva. *Celostátní přehlídka sýrů a seminář Mléko a sýry*. Praha, 2006, s. 166. ISBN 80-7080-620-6.
9. ZEMANOVÁ J., ŠTOUDKOVÁ H., LAŠTOVIČKOVÁ M., VÍTOVÁ E., LOUPANCOVÁ B. Identifikace hořkých peptidů v sýru Niva metodou MALDI-TOF. *Celostátní přehlídka sýrů a seminář Mléko a sýry*. Praha, 2006, s. 172. ISBN 80-7080-620-6.
10. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., BUŇKA, F. Identifikace těkavých látek tavených sýrů s použitím HS-SPME v kombinaci s GC-MS. *Mléko a sýry 2006*. Praha, 2006, ISBN 80-7080-620-6.
11. ŠTOUDKOVÁ H., ŠVARCOVÁ I., ZEMANOVÁ J., LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E. Využití plynové chromatografie k analýze vybraných rostlinných olejů. *XVI. mezinárodní konference: Chromatografické metody a zdraví člověka*, Piešťany, 2006, s. 10. ISSN 1335-5236.
12. LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E., ŠTOUDKOVÁ H., MÁCHOVÁ, Z., ZEMANOVÁ J. Změny mastných kyselin tavených sýrů v průběhu skladování. *XVI. mezinárodní konference: Chromatografické metody a zdraví člověka*, Piešťany, 2006, ISSN 1335-5236.
13. ŠTOUDKOVÁ H., MARTINŮ M., LOUPANCOVÁ B., ZEMANOVÁ J., VESPALCOVÁ M., VÍTOVÁ E. Srovnání tukových charakteristik vybraných rostlinných olejů za různých podmínek skladování. *XVII. mezinárodní konference Analytické metody a zdraví člověka*, Nový Smokovec, 2008. ISSN 1335-5236.
14. VÍTOVÁ E., LOUPANCOVÁ B., ŠTOUDKOVÁ H., ZEMANOVÁ J. Stanovení těkavých aromaticky aktivních látek různých typů ovocných jogurtů metodou SPME-GC. *XVII. mezinárodní konference Analytické metody a zdraví člověka*, Nový Smokovec, 2008, ISSN 1335-5236.
15. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., MACKŮ, I. Analýza mastných kyselin v čokoládě metodou plynové chromatografie. *Chemické Listy*, 2006, roč. 100, č. 8, s. 728. ISSN 0009-2770.
16. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., BUŇKA, F., ZEMANOVÁ, J. Změny organoleptických vlastností sterilovaných tavených sýrů v závislosti na době a způsobu skladování. *Chemické Listy*, 2006, roč. 100, č. 8, s. 738. ISSN 0009-2770.
17. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ZEMANOVÁ, J., LACHOVÁ, H. Změny obsahů mastných kyselin a dalších aromatických látek sýra Niva. *Mléko a sýry 2005*. Praha, 2005. ISBN 80-8623-8-48-2.
18. LACHOVÁ, H., VÍTOVÁ, E., TYKVART, J., LOUPANCOVÁ, B. Vliv různých přísad na sensorickou jakost ochucených tvarohů. *Mléko a sýry 2005*. Praha, 2005. ISBN 80 8623-8-48-2.
19. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., FIŠERA, M. Analýza mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech. *XXXV. Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno, 2005, s. 51. ISBN 80-7305-544-9.

20. ŠTOUDKOVÁ, H., VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., FIŠERA, M. Využití molekulových sít pro extrakci těkavých aromatických látek ze vzorků sýra. XXXV. *Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno, 2005, s. 116. ISBN 80-7305-544-9.
21. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ZEMANOVÁ, J., ŠTOUDKOVÁ, H., BABÁK, L. Vývoj aroma plísňového sýra Niva. XXXV. *Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno, 2005, s. 128. ISBN 80-7305-544-9.
22. ZEMANOVÁ, J., VÍTOVÁ, E., HADRA, L., LOUPANCOVÁ, B. Analýza krátkých peptidů v plísňovém sýru. In XXXIV. *Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno. 2004, s. 98. ISBN 80-7305-498-1.
23. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ZEMANOVÁ, J., FIŠERA, M. Závislost koncentrace aromatických látek a jejich prekursorů mastných kyselin v sýru Niva. In XXXIV. *Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno. 2004, s. 99. ISBN 80-7305-498-1.
24. VÍTOVÁ, E., LACHOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., LOUPANCOVÁ, B. Trvanlivost a senzorická jakost různých typů čerstvých krémových sýrů. In XXXIV. *Lenfeldovy a Höklovy dny*. Brno. 2004, s. 100. ISBN 80-7305-498-1.
25. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., HROZOVÁ, L., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., BUŇKA, F. Stanovení mastných kyselin v tavených sýrech pomocí plynové chromatografie. XXXVI. *Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin*. Skalský Dvůr, 2005. ISBN 80-86909-01-8.
26. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., HRADILOVÁ, J., BEZDĚKOVÁ, Š., ZEMANOVÁ, J. Vznik aromaticky aktivních látek v průběhu zrání sýrů s bílou plísní na povrchu. XXXVI. *Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin*. Skalský Dvůr, 2005. ISBN 80-86909-01-8.
27. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., HROZOVÁ, L., ŠTOUDKOVÁ, H., FIŠERA, M. Změny mastných kyselin v tepelně ošetřených tavených sýrech. *ChemZi*, 2005, roč. 1, č. 1, s. 272. ISSN 1336-7242.
28. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., FIŠERA, M. Využití plynové chromatografie k analýze mastných kyselin. *Súčasný stav a perspektívy analytické chemie v praxi*. Bratislava, 2005. ISSN 1336-6831.
29. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ZEMANOVÁ, J., ŠTOUDKOVÁ, H., BABÁK, L. Změny těkavých aromatických látek v průběhu zrání sýra Niva. *Súčasný stav a perspektívy analytickém chemie v praxi*. Bratislava, 2005. ISSN 1336-6831.
30. ZEMANOVÁ, J., DUNAJOVÁ, M., ŠTOUDKOVÁ, H., VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., FIŠERA, M. Zhodnocení možností kapilární zónové elektroforézy pro analýzu oligopeptidů v kapiláře pokryté polyethylenoxidem. *Súčasný stav a perspektívy analytickém chemie v praxi*. Bratislava, 2005. ISSN 1336-6831.
31. ŠTOUDKOVÁ, H., VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ZEMANOVÁ, J., FIŠERA, M. Extrakce těkavých aromatických látek sýra pomocí molekulových sít. *Súčasný stav a perspektívy analytickém chemie v praxi*. Bratislava, 2005. ISSN 1336-6831

V anglickém jazyce:

1. LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E., ŠTOUDKOVÁ H. Changes of FA in long term stored sterilized processed cheese. XVII. *medzinárodná konferencia Analytické metódy a zdravie človeka*, Nový Smokovec, 2008, ISSN 1335-5236.
2. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., ILLKOVÁ, K. A rapid and simple method for the direct analysis of fatty acids by gas chromatography. In 13th *International Symposium on Separation Sciences*. Štrbské Pleso. 2007. ISBN 978-80-227-2698-6.

3. ŠTOUDKOVÁ H., VÍTOVÁ E., ŠILHANOVÁ J., LOUPANCOVÁ B., ZEMANOVÁ J. Determination of fatty acids in selected vegetable oils by gas chromatography. *13th International Symposium on Separation Sciences*, Štrbské Pleso, 2007, s. M12. ISBN 978-80-227-2698-6.
4. ŠTOUDKOVÁ H., ZEMANOVÁ J., ŠVARCOVÁ I., LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E. Fatty acids contained in select vegetable oils. *Vitamins 2006*, Pardubice, 2006, s. 153. ISBN 80-7194-855-1.
5. LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E., ŠTOUDKOVÁ H., LAZÁRKOVÁ Z., ZEMANOVÁ J. Determination of Volatile Compounds in Processed cheese by Gas Chromatography, *Vitamins 2006*, Pardubice, 2006, s. 151. ISBN 80-7194-855-1.
6. VÍTOVÁ, E., ZEMANOVÁ, J., BEZDĚKOVÁ, Š., BABÁK, L., LOUPANCOVÁ, B., BŘEZINA, P. Changes of free fatty acids during ripening of Niva cheese. *Czech Journal of Food Science (Special Issue)*, 2004, roč. 22, s. 310-313. ISSN 1212-1800.

Abstrakty zveřejněné ve sbornících konferencí

1. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ZEMANOVÁ, J., BEZDĚKOVÁ, Š., BUŇKA, F., BABÁK, L. Vliv volných mastných kyselin na chutnost sýra Niva. *Chemické Listy*, 2004, roč. 98, č. 8, s. 688.
2. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., HROZOVÁ, L., ŠTOUDKOVÁ, H., FIŠERA, M. Comparison of several methods for preparation of fatty acids volatile esters from organic matrix. In *2nd International Symposium on Recent advances in food analysis*. Praha. 2005, s. 59. ISBN 80-7080-578-1.
3. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., HRADILOVÁ, J., ZEMANOVÁ, J., BEZDĚKOVÁ, Š. Analysis of white surface mould cheeses aroma by SPME-GC method. In *2nd International Symposium on Recent advances in food analysis*. Praha. 2005, s. 269. ISBN 80-7080-578-1.
4. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., HROZOVÁ, L., FIŠERA, M. Determination of Fatty Acids in Processed Cheese by Gas Chromatography. In *11th International Symposium on Separation Science*. Pardubice, 2005, s. 266. ISBN 80-7194-771-7.
5. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., HRADILOVÁ, J., BEZDĚKOVÁ, Š., ZEMANOVÁ, J. Aroma Compounds of White Surface Mould Cheeses. In *11th International Symposium on Separation Science*. Pardubice, 2005, s.272. ISBN 80-7194-771-7.