

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta chemická

Ústav chemie potravin a biotechnologií

Ing. Kateřina Sůkalová

**FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ SENZORICKOU JAKOST ANALOGŮ
TAVENÝCH SÝRŮ**

**FACTORS INFLUENCING SENSORY QUALITY OF PROCESSED
CHEESE ANALOGUES**

Zkrácená verze PhD Thesis

Obor: Potravinářská chemie

Školitel: prof. Ing. František Buňka, Ph.D.

Školitel specialista: doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

Oponenti:

Datum obhajoby:

Klíčová slova

tavené sýry, analogy, rostlinné tuky, flavour, senzorická analýza, SPME, GC-FID

Keywords

processed cheese, analogues, vegetable fats, flavour, sensory analysis, SPME, GC-FID

Místo uložení práce:

Areál knihovna FCH VUT v Brně, Purkyňova 118, Brno

© Kateřina Sůkalová, 2020

ISBN 80-214-

ISSN 1213-4198

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	5
2.1	Tavené sýry a jejich analogy	5
2.1.1	<i>Suroviny pro výrobu</i>	6
2.1.2	<i>Technologie výroby</i>	6
2.1.3	<i>Senzorické vlastnosti</i>	7
2.2	Vybrané tuky a oleje jako suroviny pro výrobu analogů	7
2.2.1	<i>Máslo a mléčný tuk</i>	7
2.2.2	<i>Rostlinné tuky a oleje</i>	8
2.2.3	<i>Aroma/flavour rostlinných tuků a olejů</i>	9
2.3	Aromaticky aktivní látky jako podstata flavouru sýrů	9
3	CÍLE PRÁCE	10
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	10
4.1	Analyzované vzorky	10
4.2	Použité metody	10
4.2.1	<i>Stanovení těkavých látek</i>	10
4.2.2	<i>Senzorické hodnocení modelových analogů</i>	10
4.3	Statistické zpracování výsledků	11
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	11
5.1	Stanovení těkavých látek	12
5.1.1	<i>Identifikace těkavých látek ve vzorcích</i>	12
5.1.2	<i>Kvantifikace těkavých látek ve vzorcích</i>	14
5.2	Senzorické hodnocení modelových analogů	19
6	ZÁVĚRY	21
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	23
8	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	26
9	ŽIVOTOPIS	27
10	VYBRANÉ PUBLIKACE	28
11	ABSTRACT	29

1 ÚVOD

Tavené sýry patří k oblíbeným mléčným výrobkům. K jejich přednostem patří snadná použitelnost, různé varianty chuti, vůně, vzhledu, textury a z toho vyplývající široké možnosti použití, relativně nízká cena a dlouhá trvanlivost.

Ve srovnání s přírodními sýry mají tavené sýry nižší výživovou hodnotu. Řada z nich má poměrně vysoký obsah tuku a jsou tak významným zdrojem energie a také cholesterolu; díky přidavku tavicích solí jsou významným zdrojem sodíku a fosforu. Všechny tyto složky jsou při nadměrné konzumaci rizikovým faktorem pro vznik kardiovaskulárních onemocnění. Zvýšený příjem fosforu může redukovat vstřebávání vápníku, což je rizikový faktor pro vznik osteoporózy.

Se stoupající spotřebou a nárůstem ceny přírodních, a tedy i tavených, sýrů se objevil požadavek na výrobu produktu, který by byl levnější a zároveň měl stejnou nebo vyšší nutriční hodnotu. Tato kritéria splňují tzv. sýrové analogy, u nichž je některá ze základních mléčných složek (tuk, bílkovina) nahrazena složkou rostlinného původu. V současnosti nalézají uplatnění především v restauracích nebo fast-foodech jako cheeseburgery, přidavky na pizzu, do salátů, chlebičků, omáček, sendvičů aj.

Přestože senzorická kvalita je jeden z nejvýznamnějších faktorů, ovlivňujících spotřebitele při výběru potravin, této stránce tavených sýrů a sýrových analogů bylo dosud věnováno minimum odborné pozornosti. Tato práce se proto věnuje sledování senzorické kvality modelových vzorků tavených sýrových analogů, s důrazem především na tzv. flavour, který velmi úzce souvisí s obsahem tzv. aromaticky aktivních látek. Cílem bylo popsat změny senzorické kvality v důsledku náhrady mléčného tuku rostlinnými oleji a sledovat tyto změny v průběhu několikaměsíčního skladování.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 TAVENÉ SÝRY A JEJICH ANALOGY

Podle vyhlášky MZe č. 397/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů, tavený sýr je definován jako „*sýr, který byl tepelně upraven tavením*“ [1].

Sýrové analogy jsou nejčastěji definovány jako produkty, u nichž jsou mléčný tuk a/nebo mléčná bílkovina částečně nebo zcela nahrazeny nemléčnou složkou, zejména rostlinného původu [2]. V literatuře je lze nalézt pod různými názvy: „analog“, „imitace“, „substitut“, „náhražka“, „umělý“, „lisovaný“, „syntetický“, „plněný“ [2, 3]. Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013, v platném znění, označení „sýr“ se vyhraduje výhradně pro mléčné výrobky [4]. Z toho tedy jednoznačně vyplývá, že analogy nesmí být označovány jako „sýr“.

2.1.1 Suroviny pro výrobu

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů (TS) jsou přírodní sýry. Jejich obsah v TS musí být min. 50 % hm. [1]. Výběr sýrů určí charakter vlastností výsledných TS, vč. chuti a vůně [5, 6]. S výhodou je možné použít sýry, které nemají potřebné parametry (např. mechanické vady apod.), nesmí se však jednat o vady chemické (přítomnost kontaminantů apod.) nebo mikrobiální (přítomnost sporotvorných a/nebo patogenních mikroorganismů) - růst mikroorganismů v TS může být příčinou senzorických vad nebo ohrozit bezpečnost konečného výrobku [3, 6].

Kromě této základní suroviny se do tavené směsi přidávají další složky mléčné povahy: máslo, smetana (ke zvýšení obsahu tuku), tvaroh (ke zvýšení obsahu tukuprosté sušiny), sušené mléko, podmásli, syrovátka aj. [5, 7]. Do některých typů TS se používají i nemléčné přísady, např. koření, masné výrobky, žampiony, zelenina, ořechy apod., v zahraničí dokonce i kakao, med, vanilka, kávový extrakt aj. [6, 7].

V případě analogů mohou být do surovinové skladby zařazeny rostlinné proteiny (sójový, bavlníkový, pšeničný aj.), tuky rostlinného původu (sójový, kokosový, lněný, palmový, slunečnicový aj.) [2, 3], a přírodní či modifikované škroby [5]. Výhodou použití těchto ingrediencí je snížení nákladů [8]. Jejich přidavek však může ovlivnit senzorické vlastnosti konečného výrobku, především flavour a texturu [2].

Pro zajištění vzniku homogenní směsi se při výrobě TS a tavených sýrových analogů (TSA) používají tavicí soli. Přírodní sýry není možné běžně zahřívat, aniž by došlo k rozdělení směsi na tři fáze: vysráženou bílkovinu na dně, vodní fázi a volný tuk na povrchu. Tomuto rozdělení zabráňují tavicí soli, které zajišťují výměnu Ca^{2+} iontů v tavenině za Na^+ (nebo K^+) ionty, emulgují tuk, rozpouštějí proteiny a zamezují tak jejich srážení, upravují pH na optimální hodnotu 5,6–5,9 [5, 6]. Nejčastěji se používají sodné nebo draselné soli kyseliny trihydrogenfosforečné nebo citronové [5].

2.1.2 Technologie výroby

Technologie výroby spočívá v tavení směsi zmíněných surovin. Použitím vysoké teploty, za stálého míchání a částečného vakua, dochází k žádoucí přeměně směsi na homogenní hladkou lesklou hmotu požadovaných senzorických vlastností. Důležitou roli hraje teplota, doba působení, rychlost míchání, množství a druh tavicích solí [3, 5, 6].

Teploty tavení se liší podle způsobu výroby. Diskontinuální výroba probíhá v tavicích kotlích a využívá teplot 90–100 °C po dobu několika minut, naopak u kontinuálního způsobu výroby se tavení provádí v nerezových trubkách v tenké vrstvě při teplotě 130–145 °C po dobu několika sekund. Tavenina se balí ještě za

horka (65–75 °C), aby se snížila pravděpodobnost kontaminace. Již zabalený produkt je ochlazen na skladovací teplotu (4 až 8 °C) [3, 5, 6].

Trvanlivost TS je řádově několik měsíců a závisí jak na kvalitě použitého sýra, na podmínkách při výrobě a skladování, tak i na kvalitě a typu použitého obalu [3, 5].

2.1.3 Senzorické vlastnosti

Kvalitní TS by měl mít typický sýrový flavour, do určité míry charakteristický pro druh sýra, ze kterého byl vyroben, popř. dle různých příchutí, které jsou při výrobě přidávány, např. zeleninová, masová aj. [5]. Měl by mít celistvý, hladký a lesklý povrch, pravidelný tvar, texturu tuhou, polotuhou nebo roztíratelnou dle typu výrobku, homogenní, hladkou, jemnou, bez přítomnosti ok. Barva TS by měla být smetanová až sýrově žlutá, stejnorodá, bez cizích odstínů [9].

Senzorické vlastnosti TSA by měly být ideálně stejné, jako TS. Největší nevýhodou analogů je jejich chuť/flavour, který je obecně málo výrazný, popisovaný jako „fádní“, „prázdný“ a většinou nedosáhne flavouru klasického sýra. Použité nemléčné suroviny mohou navíc způsobit různý off-flavour; např. „olejovitý/oxidovaný“ při použití nevhodného rostlinného oleje aj. [9, 10].

Aby se analogy co nejvíce blížily odpovídajícím sýrům, jsou v praxi používány různé příchutě a zvýrazňovače chuti přírodního i syntetického původu. V současné době lze vyrobit analog s prakticky libovolným flavourem [2, 10].

2.2 VYBRANÉ TUKY A OLEJE JAKO SUROVINY PRO VÝROBU ANALOGŮ

Při výrobě TS se používá smetana, máslo a mléčný tuk, tyto se v případě TSA nahrazují tuky rostlinného původu [2, 5].

2.2.1 Máslo a mléčný tuk

Máslo je výrobek, který obsahuje minimálně 80 % tuku, s max. obsahem vody 16 %. Obsahuje řadu biologicky aktivních látek (např. fosfolipidy, lipofilní vitaminy, esenciální mastné kyseliny atd.). Surovinou pro výrobu másla je sladká nebo zakysaná smetana, principem výroby je fázová inverze emulze olej ve vodě, která přechází na emulzi voda v oleji [11].

Máslové aroma může ovlivňovat řada faktorů, a to především čím jsou zvířata krmena, v jaké části sezóny probíhá výroba, samotný výrobní proces a skladovací podmínky. Obsahem těkavých látek v másle se zabývalo již mnoho autorů, jejich výsledky jsou shrnuty v přehledné práci Mallia a kol. [12]. Bylo identifikováno více než 230 těkavých sloučenin, za klíčové jsou považovány laktony a také sirné sloučeniny [13, 14]. Máslo ze zakysané smetany obsahuje většinu sloučenin, které se nacházejí ve sladkém másle a některé další, tvořené činností bakterií mléčného kvašení (BMK), především biacetyl (typické máslové aroma), kyselina máselná (žluklé aroma) a δ -dekalakton (broskvové aroma) [13, 14].

2.2.2 Rostlinné tuky a oleje

Vyhláška MZe č. 397/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů, definuje rostlinný tuk a olej jako „jedlý tuk a olej získaný ze semen, plodů nebo jader plodů olejnatých rostlin“ [1]. V experimentální části práce byly pro výrobu modelových vzorků použity: klasické často používané oleje/tuky – kokosový, palmový, směsný; a oleje s vyšším obsahem biologicky aktivních látek – meruňkový, rybízový, lněný a z jader hroznového vína.

Palmový tuk se získává z dužiny plodů palmy olejné (*Elaeis guineensis*) [15]. Dužina obsahuje 40–60 % hm. palmového oleje. V potravinářském průmyslu je široce využíván díky nízké ceně, oxidační stabilitě a také proto, že je přirozeně v pevném stavu a nemusí se upravovat hydrogenací. Je obsažen zhruba v polovině všech potravinářských výrobků (pečivo, sušenky, čokoláda, zmrzlina apod.) [15, 16].

Surovinou pro výrobu **kokosového tuku** je kopra z plodů palmy kokosové (*Cocos nucifera*). Kopra obsahuje 55–65 % hm. oleje. Je poměrně odolný vůči oxidaci, ale snadno podléhá ketonickému žluknutí. V potravinářství se používá pro výrobu jedlého oleje, margarínů a pokrmového tuku [15, 17].

Rybízový olej se získává ze semen černého rybízu (*Ribes nigrum*), nejč. jako vedlejší produkt při výrobě šťávy. Zajímavý je obsahem vitamínu C, tokoferolů a kyseliny γ -linolenové a stearidinové [15, 18].

Meruňkový olej je získáván z jader pecek meruněk (*Prunus armeniaca*), které obsahují 40–50 % hm. oleje. Obsahuje velké množství draslíku a vitaminů, především skupiny B, A a C [50, 61-63]. V jádrech meruněk se nachází kyanogenní glykosid amygdalin, který se v malém množství dostává i do oleje [19-21].

Lněný olej se získává z lněných semen (*Linum usitatissimum* L.). Semena obsahují 28–40 % hm. oleje. Má velmi nízkou oxidační stabilitu a musí být skladován v chladu, bez přístupu kyslíku a světla. Obsahuje nežádoucí kyanogenní glykosidy (linamarin, linustatin a neolinustatin), na druhou stranu jsou semena lnu bohaté na fytosteroly, fytoestrogeny a tokoferoly a vykazují tak výrazný antioxidační potenciál [22, 23].

Hroznový olej je získáván z jader vinných hroznů (*Vitis vinifera* L.). Semena obsahují 6–20 % hm. oleje. Ještě donedávna se jádérka po vylisování hroznů používala do kompostu, dnes se, v rámci bezodpadových technologií, stále více používají pro získání oleje. Olej je bohatý na fenolové sloučeniny, vitamíny (skupiny B) a stopové prvky (Ca, Mg, P, K). Díky svému složení je velmi silný antioxidant, příznivě ovlivňuje činnost kardiovaskulárního a imunitního systému; vzhledem k vysokému obsahu polynenasycených MK je však náchylný k oxidaci. Je velmi jemný, aromatický, má příjemnou, mírně nasládlou chuť a žlutou, žlutozelenou až hnědou barvu [24, 25].

2.2.3 Aroma/flavour rostlinných tuků a olejů

Senzorické kvalitě a obsahu těkavých sloučenin v rostlinných olejích není věnována velká pozornost. Dostupné publikované práce se věnují stanovení mastných kyselin a/nebo sledování oxidačních procesů [26]. Vezmeme-li v úvahu, že většina olejů je během výroby podrobena procesu deodorace [15], lze předpokládat, že obsah těkavých látek zde bude velmi malý a flavour kvalitního oleje není prakticky vnímatelný. Nicméně některé oleje slabý flavour vykazují, ten je ale tvořen spíše netěkavými sloučeninami, např. mírně slaná chuť identifikovaná u kokosového oleje [17], nebo nasládlá chuť a „fialkové“ aroma palmového tuku [16].

2.3 AROMATICKY AKTIVNÍ LÁTKY JAKO PODSTATA FLAVOURU SÝRŮ

ČSN EN ISO 5492 definuje flavour jako „celkovou kombinaci čichového, chuťového a trigeminálního jemu vnímaného během zkoušení“.

Charakteristický flavour daného typu výrobku je výsledkem složité rovnováhy směsi složek, z nichž těkavé tvoří aroma – vůni (interagují s čichovými receptory) a netěkavé chuť potraviny (interagují s chuťovými receptory). Mezi těkavé látky řadíme organické kyseliny s krátkým řetězcem, alkoholy, methylketony, aldehydy, estery, laktony, alkany, aromatické uhlovodíky, a sloučeniny obsahující síru nebo dusík. Do skupiny netěkavých patří peptidy, aminokyseliny, aminy, organické kyseliny, soli a minerály. Z chemického hlediska bývá flavour většinou redukován na stanovení těkavých tzv. aromaticky aktivních látek (AAL). V jednom typu potraviny se jich může vyskytovat až několik set, jejich celkový obsah je 1–1000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ [27–29].

Flavour TS a TSA je z velké části determinován flavourem přírodních sýrů jako hlavní suroviny, v nichž se AAL tvoří především při procesu zrání [30–34]. Hlavní biochemické procesy, doprovázející zrání sýrů, zahrnují metabolismus laktosu, laktátu a citrátu, lipolýzu, kde jsou konečným produktem volné mastné kyseliny (VMK), a proteolýzu, kde jsou konečným produktem volné aminokyseliny (VAK). Následně probíhají sekundární biochemické děje, při nichž se tvoří vlastní AAL. Konečný flavour sýra ovlivňuje především použitá mikrobiální kultura, technologie výroby, obsah tuku a soli [35, 36].

Kromě použitých surovin jsou AAL v TS a TSA ovlivňovány řadou faktorů, od množství tavicích solí (hořká chuť), přes tavicí proces (některé AAL vznikají, jiné jsou rozloženy), až po skladovací podmínky. Mezi nejvýznamnější reakce během výroby a skladování TS patří Maillardova reakce a oxidace lipidů [37]. Intenzita reakcí se zvyšuje s vyšší teplotou a dobou skladování, za přístupu světla a s rostoucí koncentrací kyslíku, následky oxidace lze proto významně snížit použitím kvalitních obalů, nepropustných pro světlo a kyslík, příp. balením v ochranné atmosféře (N_2/CO_2) [5].

3 CÍLE PRÁCE

Cílem práce bylo popsat změny senzorické kvality (především flavouru) a souvisejících těkavých (aromaticky aktivních) látek modelových vzorků tavených sýrů a tavených sýrových analogů, vyrobených s přidavkem vybraných rostlinných olejů. Změny byly sledovány v závislosti na použitých surovinách (rostlinný tuk/olej, eidamský sýr) v průběhu 6 měs. skladování.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 ANALYZOVANÉ VZORKY

V rámci této práce byly provedeny dva obdobné experimenty zaměřené na výrobu a následnou analýzu modelových vzorků TSA. U obou experimentů byla jako hlavní surovina použita eidamská cihla (30 % tvs) různé zralosti (zralost 2, 4, 8 a 12 týdnů), máslo (MA), tavicí soli, voda a různé druhy tuků: kokosový (KT), palmový (PT), směsný (SO) v exp. I, a meruňkový (MO), lněný (LO), rybízový (RO) a hroznový olej (HO) v exp. II, zakoupené v běžné tržní síti.

Vzorky byly vyrobeny standardním postupem pro výrobu TS (tavicí záhřev 90 °C 10 min.) na UTB ve Zlíně, obsahovaly 40 % sušiny a 50 % tvs.

V rámci skladovacího experimentu byly analogy skladovány po dobu 6 měsíců (< 6 °C), vzorky pro analýzy byly odebírány po 0, 1, 3 a 6 měs. skladování.

4.2 POUŽITÉ METODY

4.2.1 Stanovení těkavých látek

Pro stanovení těkavých látek ve vzorcích byla použita mikroextrakce pevnou fází ve spojení s plynovou chromatografií s plameno-ionizační detekcí (HS-SPME-GC-FID). Použité SPME vlákno CAR/PDMS 85 µm; kapilární kolona DB-WAX (30 m × 0,32 mm × 0,5 µm).

4.2.2 Senzorické hodnocení modelových analogů

Senzorické hodnocení probíhalo v senzorické laboratoři (ČSN ISO 8589). Hodnotitelé byli vybráni z řad studentů FCH, hodnocení se účastnilo vždy 20 hodnotitelů.

Senzorická analýza vycházela z platných ČSN a skládala se z hodnocení pomocí stupnic, profilového testu a pořadové zkoušky. Vzhled, barva, lesk, konzistence (textura), vůně, chuť (flavour) a celková senzorická kvalita/přijatelnost vzorků byly hodnoceny pomocí sedmibodové kategorové ordinální stupnice hédonického typu (1 – vynikající ⇒ 7 – nepřijatelný) (ČSN ISO 4121); v rámci profilového testu byla hodnocena intenzita vybraných deskriptorů chuti (kyselá, slaná, hořká, sýrová, žluklá, olejovitá, příp. cizí pachů) pomocí intenzitní stupnice (1 – neznatelná ⇒

7 – velmi silná) (ČSN EN ISO 13299); v rámci pořadové zkoušky (ČSN ISO 8587) měli hodnotitelé seřadit vzorky podle svých preferencí (1 – nejlepší $\Rightarrow$ 4 – nejhorší).

4.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Výsledky byly zpracovány pomocí programu MS Excel 2010.

Obsah vybraných těkavých látek je vyjádřen graficky, chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku měření. Každý vzorek byl analyzován třikrát ($n = 3$). Výsledky senzorické analýzy jsou vyjádřeny graficky jako medián hodnocení všech hodnotitelů ($n = 20$).

Pro zjištění rozdílů mezi vzorky byla použita ANOVA s následným Tukeyho HSD testem. V případě senzorické analýzy byl aplikován Kruskal-Wallisův test.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce se zabývá sledováním senzorické kvality TSA, se zaměřením především na chutnost (flavour) a s ní související obsah těkavých látek. Podstatou práce bylo posouzení vlivu přídavku různých rostlinných tuků/olejů na zmíněné parametry, zároveň byly sledovány jejich změny v průběhu skladování. Práce probíhala ve spolupráci s Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně; modelové vzorky byly vyrobeny standardním technologickým postupem pro výrobu TS.

Experimentální část byla rozdělena do dvou experimentů. V prvním experimentu byl tradiční tuk (máslo) zcela nahrazen vybranými rostlinnými tuky; byly použity tuky levné, snadno dostupné, v praxi často používané (palmový, kokosový a „směsný olej“ blíže nespecifikovaného složení). Ve druhém experimentu byla nahrazena pouze část (1 % hm.) másla rostlinnými oleji s vyšším obsahem biologicky aktivních látek (meruňkový, lněný, rybízový a hroznový) s cílem vylepšit nejen senzorickou, ale i nutriční hodnotu konečného výrobku. Jako obdoba klasického TS a standard pro porovnání byl stejným postupem vyroben vzorek pouze z másla.

Stanovení těkavých látek bylo provedeno ihned po utavení vzorků, následně po 1, 3 a 6 měs. skladování ($< 6^{\circ}\text{C}$), senzoricky byly vzorky hodnoceny ihned po utavení a po 3 měs. skladování.

Jako hlavní surovina pro výrobu vzorků byla použita eidamská cihla (30 % tvs) v různých fázích zralosti (2, 4, 8 a 12 týdnů). Především v průběhu zrání se tvoří podstatná část těkavých látek v přírodních sýrech, což může významně ovlivnit flavour vyrobených tavených analogů, a jedná se proto o další faktor, jehož vliv byl v práci sledován a posuzován.

V těchto tezích jsou na ukázkou uvedeny pouze vybrané výsledky experimentu I.

5.1 STANOVENÍ TĚKAVÝCH LÁTEK

Přítomné sloučeniny byly identifikovány porovnáním retenčních časů s identickými standardy, kvantifikace byla provedena metodou vnějšího standardu – srovnáním ploch píků se standardy o známé koncentraci měřenými za identických podmínek.

5.1.1 Identifikace těkavých látek ve vzorcích

Celkem bylo ve vzorcích identifikováno 58 těkavých sloučenin, byly rozděleny pro lepší porovnávání do skupin, které korelují s typem funkční skupiny v molekule. Jednalo se o alkoholy, aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny, estery a terpeny. Všechny identifikované látky lze považovat za aromaticky aktivní, tj. vykazují určitou vůni/pach a mohou tak přispívat k flavouru vzorků [30, 31, 35].

Ve vzorcích bylo identifikováno celkem 21 alkoholů. Dráhy zodpovědné za biosyntézu alkoholů v přírodních sýrech zahrnují metabolismus laktosy a citrátu, katabolismus aminokyselin, redukci methylketonů a degradaci některých MK (linolová, linolenová). Mezi významné reakce patří jejich oxidace na karboxylové sloučeniny a esterifikace [31].

Ve vzorcích bylo dále identifikováno 10 aldehydů, jejich biosyntéza zahrnuje především β -oxidaci nenasycených MK a katabolismus aminokyselin, případně metabolismus citrátu a laktátu [31].

Ketony v sýrech pocházejí z β -oxidace MK, případně z metabolismu laktátu a citrátu [31, 33]. Ve vzorcích jich bylo identifikováno 10.

Zatímco MK s delším řetězcem vznikají lipolýzou mléčného tuku nebo rozkladem aminokyselin, kratší MK pochází z degradace laktosy, aminokyselin, příp. mohou být odvozeny z ketonů, esterů a aldehydů oxidací [33]. V našich vzorcích bylo identifikováno 9 kyselin s krátkým řetězcem (< 10 C); protože těkavost MK se zvyšujícím se počtem uhlíků klesá [36], použitou metodou (HS-SPME-GC-FID) víceuhlíkaté nebyly detekovány.

Estery vznikají esterifikací MK a primárních a sekundárních alkoholů [36]. Ve vzorcích byly identifikovány methyl-, ethyl-, propyl- a butylestery, celkem 7 sloučenin. Protože převažujícím alkoholem v sýrech je ethanol [47], mezi estery převažovaly ethylestery – celkem 4.

Ve vzorcích EC byl identifikován 1 terpen (linalool). Terpeny jsou charakteristické spíše pro rostlinné materiály, konkrétně linalool byl identifikován např. v meruňkách [21], do mléka a následně i do sýrů se pravděpodobně dostávají jako součást stravy dojnic.

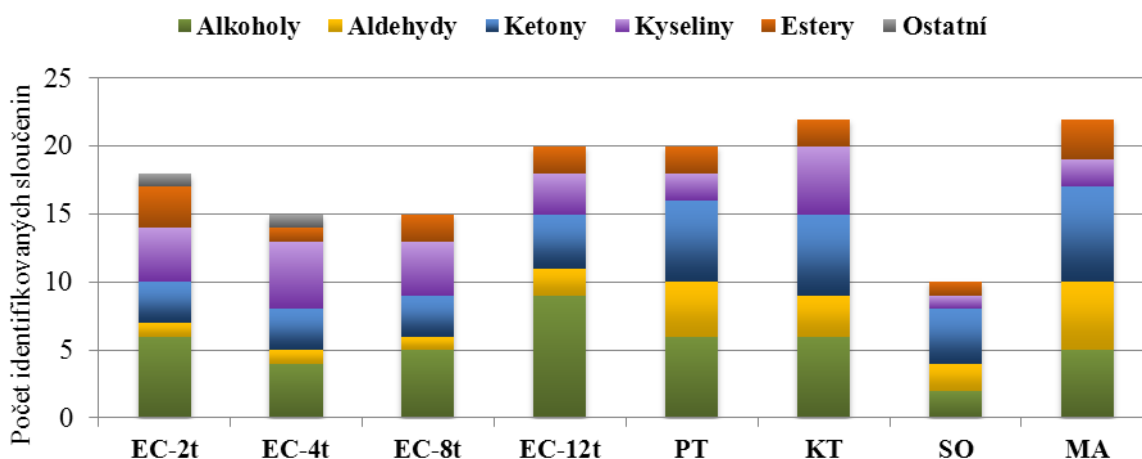
Ve všech vzorcích byly nejvíce zastoupeny alkoholy, aldehydy a ketony.

Z klíčových AAL, které bývají obvykle identifikovány v eidamských sýrech, byl v našich vzorcích nalezen biacetyl, acetoin, hexanal, 2-methylbutan-1-ol,

3-methylbutan-1-ol, 2-methylpropan-1-ol, 3-methylbutan-1-al, ethylbutanoát a kyseliny octová, máselná a 3-methylbutanová [35, 36, 38].

Srovnání počtu těkavých látek v použitých surovinách (tuky vs. eidamská cihla)

Srovnání počtu těkavých látek v použitých surovinách, rozdělené podle chemických skupin, je uvedeno na **Obr. 1**.



Obr. 1: Celkový počet identifikovaných těkavých látek v surovinách použitých na výrobu tavených sýrových analogů. Kódy vzorků viz kap. 4.1

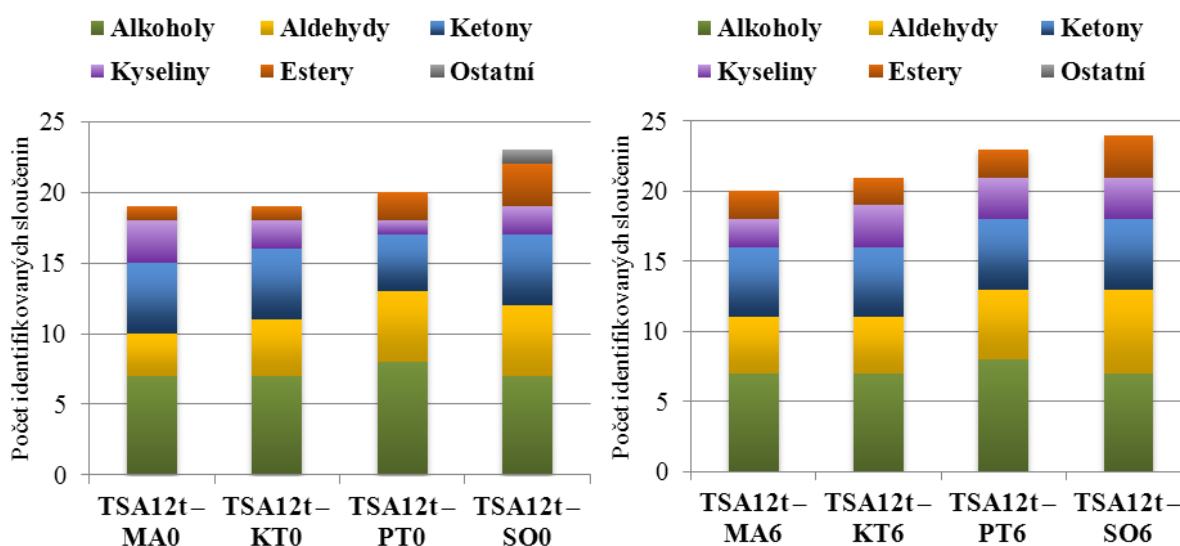
Optimální doba zrání eidamských sýrů je 2–5 měsíců [38], v ČR se často expedují podstatně dříve (kvůli snížení nákladů). Pro výrobu analogů byla použita eidamská cihla nezralá (2 týdny) až „dobře“ prozrálá (12 týdnů). Vzhledem k tomu, že flavour, a sním související těkavé látky, se v přírodních sýrech tvoří především při procesu zrání [32, 33], lze předpokládat, že jejich počet se bude v průběhu zrání zvyšovat. Jak je vidět z grafu na **Obr. 1**, tento předpoklad se však nepotvrdil. Během zrání EC se zastoupení těkavých látek měnilo, a pravděpodobně tak v průběhu zrání u některých sloučenin dochází k jejich odbourání, jiné vznikají.

Obsahu těkavých sloučenin v rostlinných olejích není věnována velká pozornost. Podstatně lépe je z tohoto hlediska prozkoumáno máslo, byla publikována řada prací, jejichž výsledky jsou shrnuty v přehledné práci Mallia a kol. [12]. Co se týče tuků, použitých pro výrobu našich analogů, jsou mezi nimi patrné významné rozdíly (**Obr. 1**.) Nejvíce látek bylo identifikováno v kokosovém tuku a v másle, dále v palmovém tuku a nejméně ve směsném oleji. Ve všech převažovaly alkoholy a ketony.

Srovnání počtu těkavých látek jednotlivých typů tavených sýrových analogů

Cílem této kapitoly bylo posoudit rozdíly mezi jednotlivými vzorky TSA, resp. vliv použitých různých rostlinných tuků. Pro lepší přehlednost byly vybrány pouze

vzorky na začátku a konci skladovacího pokusu (0 a 6 měs.). Výsledky jsou uvedeny na **Obr. 2**. Mezi vzorky jsou patrné rozdíly, počet identifikovaných sloučenin se zvyšoval v pořadí MA $\Rightarrow$ KT $\Rightarrow$ PT $\Rightarrow$ SO, na začátku i na konci skladování.



Obr. 2: Celkový počet identifikovaných těkavých látek v jednotlivých analozích. Kódy vzorků viz kap. 4.1

V TSA bylo téměř vždy nalezeno méně sloučenin, než v odpovídajícím tuku, zřejmě došlo k jejich ztrátám vlivem vysoké teploty, rozdíly však jsou zanedbatelné.

Trvanlivost TS je řádově několik měsíců, dle Buňky a kol. [5] cca 3–4 měsíce. V rámci tohoto experimentu byly TSA skladovány po dobu 6 měsíců při chladírenské teplotě (< 6 °C). U všech TSA byl patrný vliv skladování na vývoj těkavých látek, nebyl však pozorován jednoznačný trend.

5.1.2 Kvantifikace těkavých látek ve vzorcích

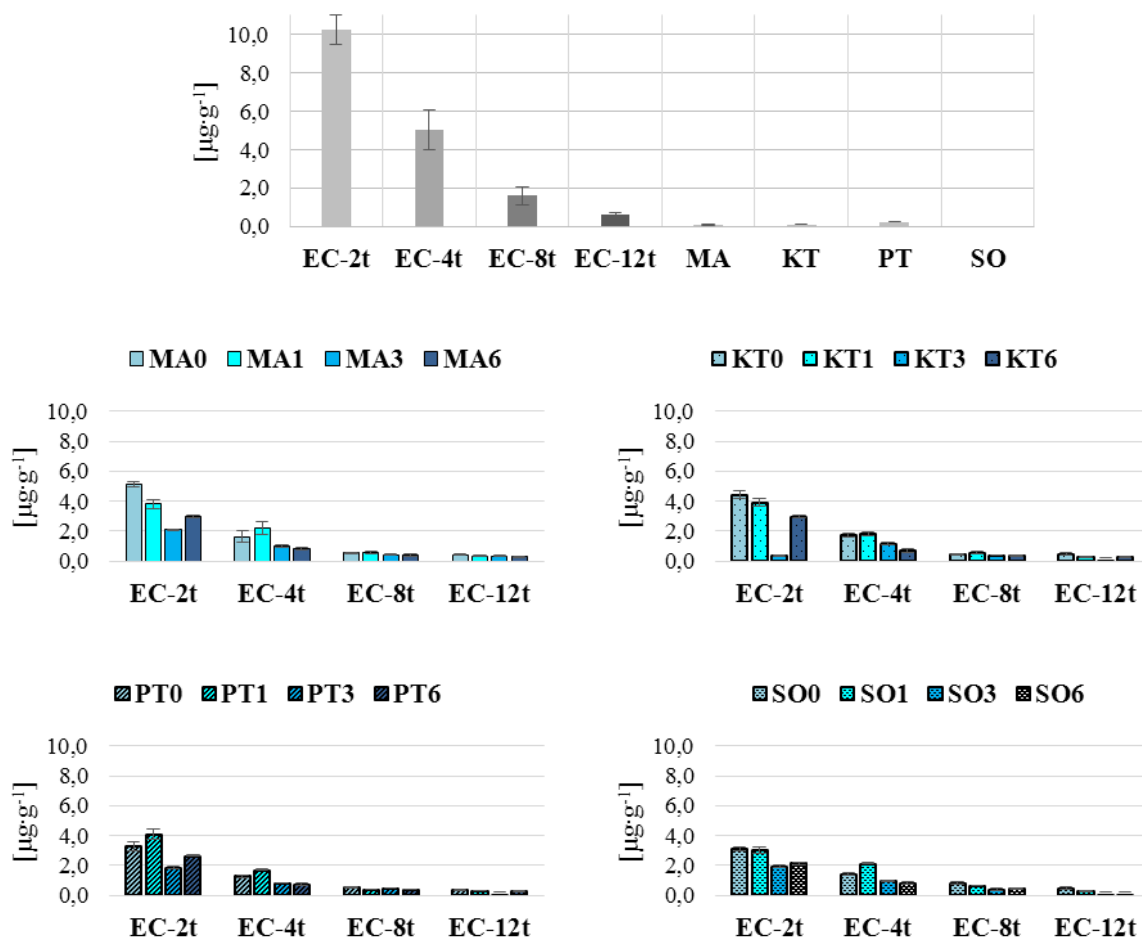
Rozdíly v počtu identifikovaných sloučenin mezi jednotlivými vzorky, v závislosti na sledovaných faktorech, byly sice patrné, ale poměrně malé, pohybovaly se v jednotkách sloučenin. Zajímavější je sledování obsahu sloučenin v jednotlivých vzorcích. Vzhledem k dostupnosti potřebných standardů bylo pro kvantitativní porovnání vybráno 14 sloučenin (alkoholy – butan-1-ol, butan-2-ol, ethanol, pentan-1-ol; aldehydy – ethanal, fenylmethanal, heptanal, hexanal; ketony – 3-hydroxybutan-2-on, butan-2-on, butan-2,3-dion; kyselina ethanová; estery – ethylethanoát, ethyldekanoát), u nichž během výroby docházelo k významnějším změnám. Na ukázkou jsou zde prezentovány čtyři sloučeniny, klíčové pro flavour eidamských sýrů: biacetyl, acetoin, hexanal, a kyselina octová [35, 36, 38].

Podle výsledků aktuálních studií úplná kvantifikace AAL v sýrech ani není nutná, protože neodráží jejich sensorický profil při konzumaci. Výsledný flavour sýrů,

a tedy pravděpodobně i TS, je výsledkem rovnováhy řady sloučenin různých chemických tříd o různých koncentracích. Pravděpodobně nezáleží na koncentraci jedné (několika málo) sloučenin, ale spíše na přesně vyváženém poměru mnoha sloučenin; jak se různé sloučeniny kombinují, aby vytvořily celkový smyslový dojem, stále ještě není přesně známo. Dřívější snahy vědců směřovaly k identifikaci všech těkavých látek v dané potravíně, v současné době se výzkum zaměřuje spíše na identifikaci sloučenin, které jsou pro vnímání flavouru skutečně důležité (tzv. „klíčové“ substance), což je podle nejnovějších výzkumů jen cca 5 % ze všech [31, 39].

Biacetyl

Biacetyl (butan-2,3-dion) je jedním z nejdůležitějších diketonů v sýrech, pochází z metabolismu laktátu a citrátu, zejména díky aktivitě citrát pozitivních BMK. Jeho prekursorem může být i alanin, který je transaminován nebo deaminován na pyruvát, a následně metabolizován na kyselinu mléčnou [28].



Obr. 3. Obsah biacetylů ve všech surovinách a vzorcích TSA. Kódy vzorků viz kap. 4.1

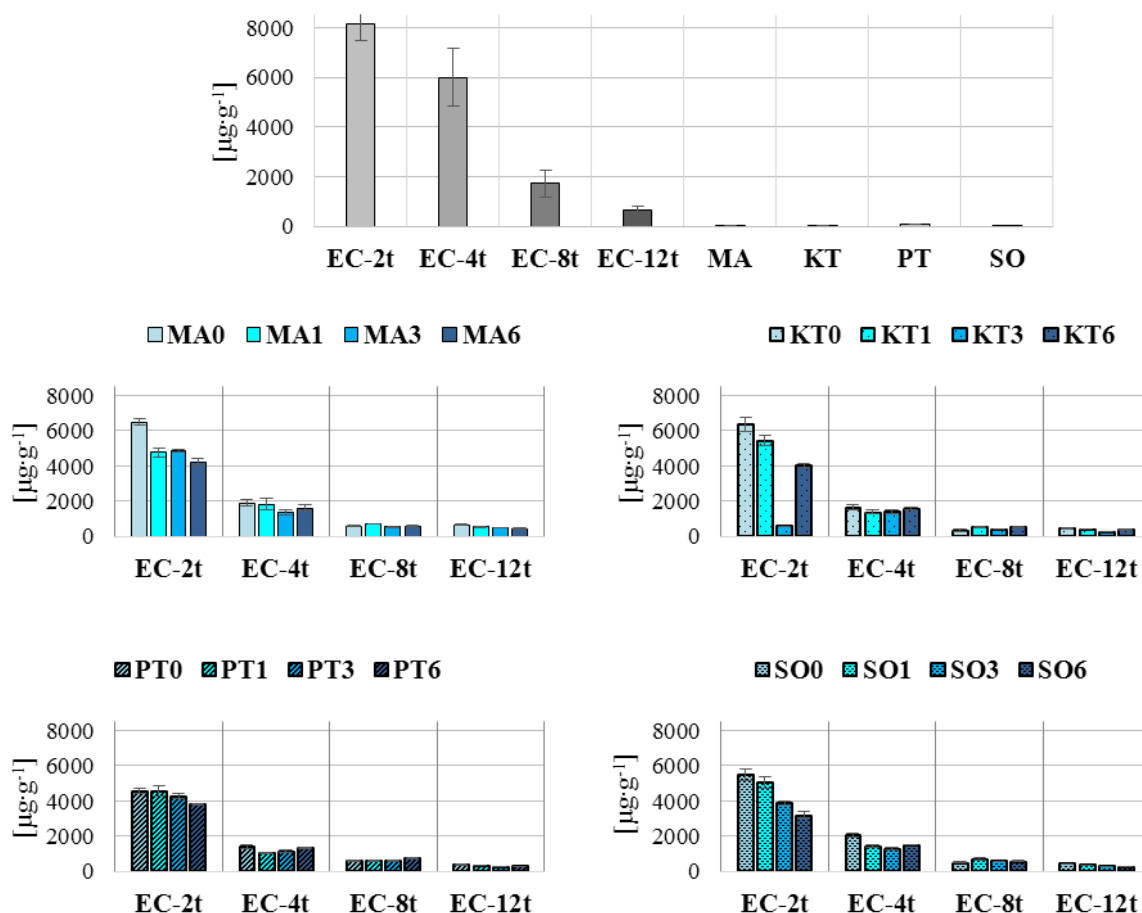
Byl identifikován jako klíčová složka aroma různých sýrů, vč. eidamských. Během zrání jeho koncentrace klesá, může být přeměněn na acetoin, dále na butan-2,3-diol a 2-butanon a ten nakonec na 2-butanol [31]. Aroma biacetylu je popisováno jako máslové, oříškové, karamelové [31].

Jeho obsah ve vzorcích se pohyboval v rozmezí - od 0,2 do 5,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Rozdíly mezi vzorky jsou znázorněny na **Obr. 3**.

V souladu s literaturou během zrání EC jeho obsah výrazně klesal [31], s tím koreloval i klesající trend jeho obsahu v TSA se zralostí EC. A jeho obsah klesal u všech TSA i během skladování. Jeho obsah v tučích byl zanedbatelný, i když byl identifikován jako klíčová složka flavouru čerstvého másla [12].

Acetoin

Acetoin (3-hydroxybutan-2-on) je významná AAL různých sýrů, tvořená při metabolismu laktosy, laktátu a citrátu [28]. Převážná část laktosy a citrátu jsou při výrobě sýrů odváděny syrovátkou, zbytek je metabolizován zákysovémi a nezákysovémi BMK na řadu AAL, mezi nimi i acetoin [31].



Obr. 4. Obsah acetoinu ve všech surovinách a vzorcích TSA. Kódy vzorků viz kap. 4.1

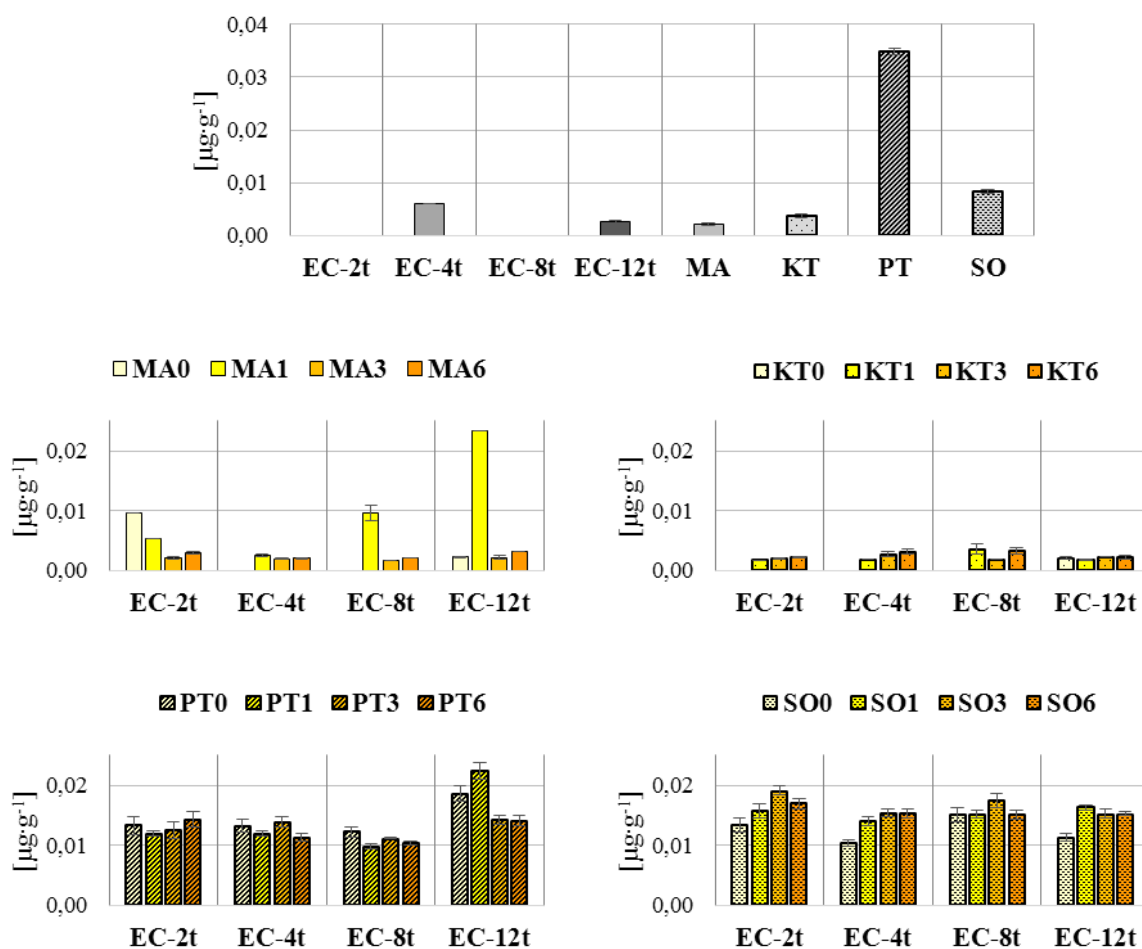
Jeho aroma je popisováno jako květinové, krémové, máslové [31].

Jeho obsah ve vzorcích se pohyboval v rozmezí - v surovinách od 0 do 8181 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, v TSA od 261,5 do 6500 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Rozdíly mezi vzorky jsou znázorněny na **Obr. 4**.

V eidamských sýrech bývá identifikován ve vysokých koncentracích jako původce jemného máslového flavouru [38, 40]. V použitých surovinách byl vyhodnocen klesající trend jeho obsahu v závislosti na zralosti EC. Během zrání totiž může být přeměněn na butan-2,3-diol, butan-2-on a nakonec na butan-2-ol [31]. Naopak u použitých tuků byl detekován v zabudovatelných množstvích.

Hexanal

Hexanal je jeden z nejběžnějších aldehydů vyskytujících se v sýrech, vzniká s největší pravděpodobností při β -oxidaci nenasycených MK, konkrétně z kyseliny linolové. Další možnosti jeho tvorby jsou světlem indukované reakce (žluknutí), takové reakce však v sýrech běžně neprobíhají, proto se může hexanal využívat jako indikátor zhoršení kvality u nesprávně skladovaných produktů [31].



Obr. 5. Obsah hexanalů ve všech surovinách a vzorcích TSA. Kódy vzorků viz kap. 4.1

Aroma hexanalů je popisováno jako bylinné, trávové, nezralého ovoce [31], obecně ale mají aldehydy s přímým řetězcem spíše negativní dopad na flavour sýra, pokud jejich obsah překročí určitou hodnotu. U hexanalů se tato hodnota pohybuje kolem $9 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a při jejím překročení vykazuje spíše „lojovitý“ pach. Používá se jako indikátor oxidačního žluknutí tuků [31]. Jeho obsah ve vzorcích se pohyboval v rozmezí - v surovinách od 0 do $0,035 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, v TSA od 0 do $0,023 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Rozdíly mezi vzorky jsou znázorněny na **Obr. 5**.

Hexanal byl identifikován jako klíčová AAL eidamských sýrů, kde bývá nalezen ve významných koncentracích [38]. V našich vzorcích EC však byl nalezen překvapivě nízký obsah, a pouze ve dvou fázích zrání.

Byl detekován ve všech použitých tucích, kde vzniká především v důsledku oxidace. Hexanal je však na druhou stranu považován za důležitou složku flavouru čerstvého másla [12], byl identifikován i v panenském kokosovém oleji [41]. Z našich vzorků tuků nejvíce obsahoval palmový tuk (cca o řád vyšší) a směsný tuk (cca 2x vyšší) než ostatní tuky. S tímto koreluje i vyšší obsah v TSA s palmovým a směsným tukem (cca $0,02 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), ve srovnání s TSA s máslem a kokosovým tukem. V TSA tedy pravděpodobně pochází spíše z použitých tuků, zvláště pokud se v nich nachází vyšší obsah hexanalů; u TSA-PT a TSA-SO už tedy hrozí riziko vzniku oxidovaného off-flavouru.

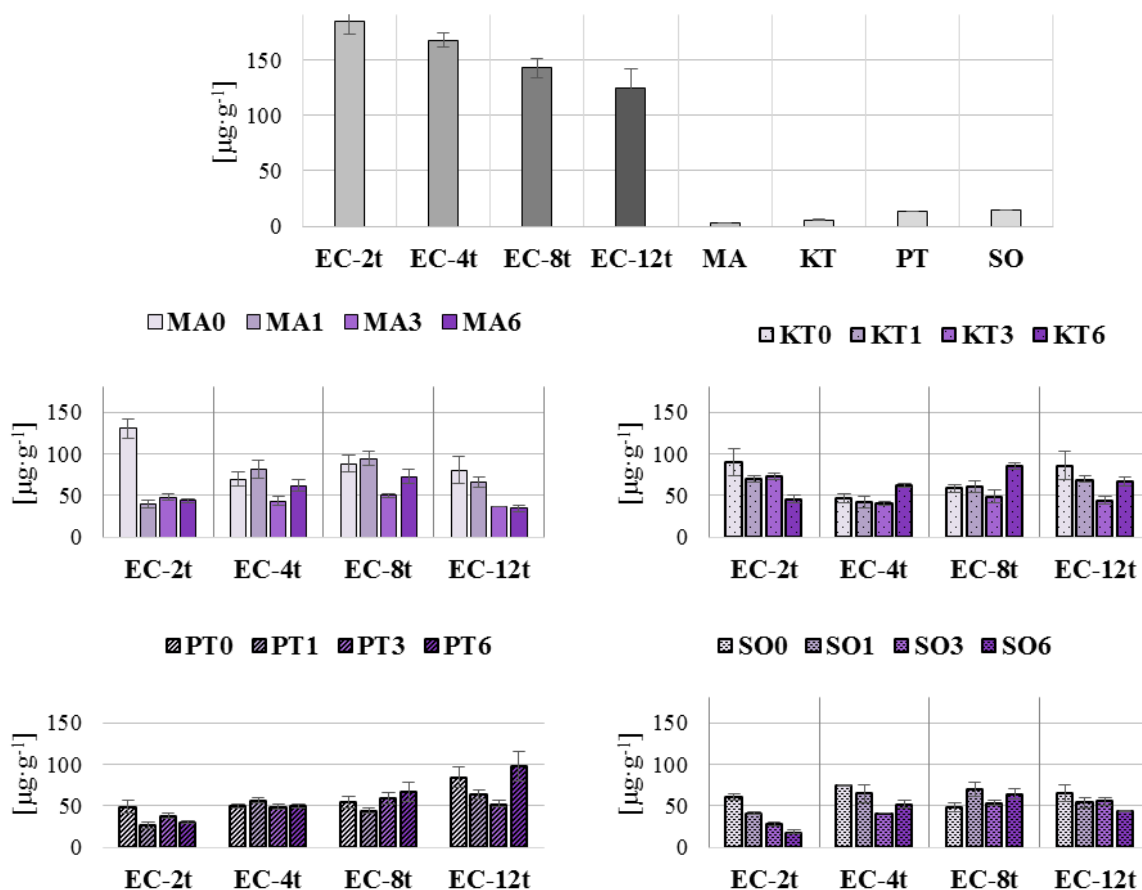
Zralost EC neměla na jeho obsah v TSA výrazný vliv. Co se týče skladování, Sunesen a kol. [37] ve své práci pozorovali výrazné zvýšení hexanalů v TS následkem skladovací doby a přístupu světla. U našich vzorků nárůst během skladování nebyl pozorován.

Kyselina octová

Kyselina octová vzniká z laktátu činností nezákysových BMK; při homofermentativním kvašení vzniká pouze kyselina mléčná, při heterofermentativním i další vedlejší produkty, vč. kyseliny octové [30, 35]. Tato dráha je typická pro eidamské sýry, kde byla identifikována jako jedna z klíčových sloučenin [38]. Může vznikat také při katabolismu některých aminokyselin (alanin, serin, threonin) [35]. Její aroma je popisováno jako octové, ostré, kyselé [31], patří mezi nositele kyselé chuti/flavouru potravin [28].

Její obsah ve vzorcích se pohyboval v rozmezí od 18,2 do $130,4 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Rozdíly mezi vzorky jsou znázorněny na **Obr. 6**.

Z grafu je patrný mírně se snižující obsah se zralostí EC, kyseliny jsou totiž prekursory dalších AAL (alkoholy, aldehydy, estery, ketony, laktony) [28]; kyselina octová bývá nejč. vázána v esterech. Tento trend však už není tak výrazný v TSA.



Obr. 6. Obsah kyseliny octové ve všech surovinách a vzorcích TSA. Kódy vzorků viz kap. 4.1

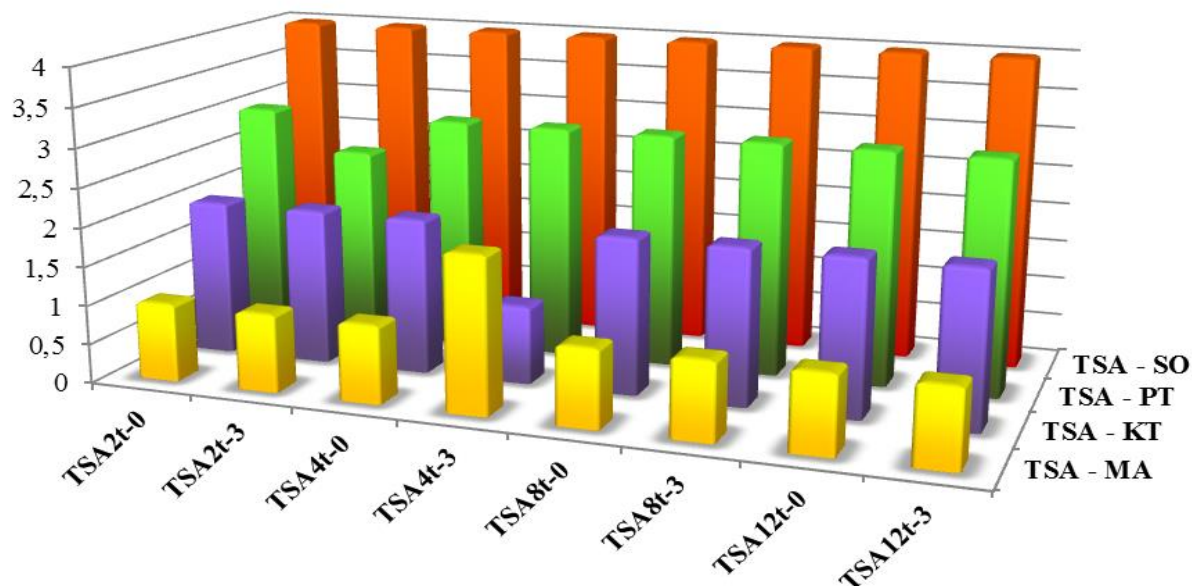
V použitých tucích byl její obsah zanedbatelný, nejnižší kupodivu v másle. Během skladování TSA nebyl pozorován jednoznačný trend, lze říci, že se obsah u všech TSA výrazněji neměnil.

5.2 SENZORICKÉ HODNOCENÍ MODELOVÝCH ANALOGŮ

Senzorické hodnocení TSA bylo provedeno ihned po utavení a následně po 3 měs. skladování (< 6 °C). Po 6 měsících už vzorky vykazovaly senzorické změny – slabě písčitou, lepivou konzistenci, oxidovanou, žluklou, olejovitou chuť, mikrobiologická analýza (není součástí práce) navíc ukázala na nárůst kontaminující mikroflóry. Proto bylo od senzorické analýzy u těchto vzorků upuštěno.

Z výsledků senzorického hodnocení vyplývá, že výrazné rozdíly mezi jednotlivými TSA byly znatelné pouze v chuti, vůni a v celkové přijatelnosti. Nezávisle na zralosti použité EC, v hodnocení ihned po utavení i po 3 měsících skladování byla patrná zhoršující se celková přijatelnost vzorků v pořadí MA ⇒ KT ⇒ PT ⇒ SO, totéž platí i pro hodnocení chuti a vůně. Vzhled a barva, lesk i konzistence byly hodnotiteli posuzovány bez statisticky významných rozdílů.

Rozdíly mezi vzorky jsou nejlépe patrné z výsledků pořadové zkoušky (viz **Obr. 7**). Z grafu je velmi dobře patrné, že jako nejlepší/nejpříjemnější byl podle očekávání vyhodnocen kontrolní vzorek s máslem. TSA s kokosovým tukem byl hodnocen z hlediska přijatelnosti jako druhý.



Obr. 7. Vyhodnocení pořadového testu. Kódy vzorků viz kap. 4.1

Výsledky senzorických metod ukazují potenciál kokosového tuku pro využití při výrobě TSA. Naopak, zcela nevhodným se jeví směsný olej, ve všech případech byl hodnocen jako nejméně přijatelný.

6 ZÁVĚRY

Dizertační práce se zabývá problematikou tavených sýrových analogů. Hlavní pozornost je věnována senzorické kvalitě, s důrazem především na tzv. flavour, který velmi úzce souvisí a je ovlivňován obsahem tzv. aromaticky aktivních látek. Podstatou práce je posouzení vlivu přídavku různých rostlinných tuků/olejů na zmíněné parametry, zároveň byly sledovány jejich změny v průběhu skladování.

Modelové vzorky analogů byly vyrobeny na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Experimentální část byla rozdělena do dvou experimentů. V prvním experimentu byl tradiční tuk (máslo) zcela nahrazen vybranými rostlinnými tuky; byly použity tuky levné, snadno dostupné a v praxi často používané (kokosový, palmový tuk a „směsný olej“). Ve druhém experimentu byla nahrazena pouze část (1 % hm.) másla senzoricky a nutričně zajímavými oleji (meruňkový, lněný, rybízový a hroznový). V těchto tezích jsou na ukázkou uvedeny pouze vybrané výsledky experimentu I.

Jako obdoba klasického taveného sýra a standard pro porovnání byl vyroben vzorek pouze z másla, bez přídavku rostlinných olejů. Jako hlavní surovina pro výrobu analogů byla použita eidamská cihla (30 % tvs) v různých fázích zralosti (2, 4, 8 a 12 týdnů).

Vyrobené vzorky byly podrobeny skladovacímu pokusu (6 měsíců při $\approx 6\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Pro stanovení těkavých látek byla použita metoda HS-SPME-GC-FID. Pro hodnocení senzorické kvality vzorků byly použity metody vycházející z platných mezinárodních norem, konkrétně hodnocení pomocí stupnic, profilový test a pořadová zkouška.

Ze získaných výsledků lze vyvodit následující závěry:

- Co se týče použitých surovin, zastoupení těkavých látek eidamské cihly se v různých fázích zralosti měnilo, během zrání došlo ke snížení počtu identifikovaných sloučenin, pravděpodobně v důsledku jejich odbourání metabolickou činností přítomných mikroorganismů.
- V případě použitých tuků/olejů, byly mezi nimi patrné rozdíly. V prvním experimentu bylo nejvíce sloučenin identifikováno v kokosovém tuku a másle.
- V analozích bylo téměř vždy nalezeno méně sloučenin, než v odpovídajícím tuku/oleji, zřejmě dochází k jejich ztrátám vlivem vysoké teploty během tavení.

Výsledky prokázaly, že použitý rostlinný olej ovlivňuje jak senzorickou kvalitu, tak i obsah a složení těkavých látek vyrobených analogů.

- Počet identifikovaných sloučenin se zvyšoval v pořadí: analog s máslem $\Rightarrow$ kokosovým tukem $\Rightarrow$ palmovým tukem $\Rightarrow$ směsným tukem.
- Z hlediska senzorického byly největší rozdíly v chuti, vůni a celkové přijatelnosti. Zhoršující se celkovou přijatelnost vzorků lze vyjádřit pořadím: výrobek s máslem $\Rightarrow$ kokosovým $\Rightarrow$ palmovým $\Rightarrow$ směsným tukem.
- Vzhled a barva, lesk i konzistence byly hodnotiteli posuzovány bez statisticky významných rozdílů.
- Nejvíce sloučenin bylo identifikováno v analogu se směsným olejem a s palmovým tukem, tyto vzorky vykazovaly při senzorickém hodnocení nejhorší výsledky. Lze říci, že vyšší počet sloučenin ovlivňuje flavour analogů spíše negativně.

Určitý vliv na složení těkavých látek a senzorickou kvalitu vyrobených analogů vykazovala i zralost použité eidamské cihly.

- Počet sloučenin se s vyšší zralostí mírně zvyšoval,
- u většiny analogů došlo k mírnému zlepšení senzorických vlastností s více zralou cihlou. Chuť a vůně však byly ovlivněny poměrně málo, vzorky s nejzralejší cihlou byly hodnoceny max. o stupeň lépe než ostatní, a rozdíl se projevil spíše až po 3 měs. skladování.
- Použití nejzralejší cihly (12 týdnů) však příznivě ovlivnilo vzhled, barvu, lesk a konzistenci vzorků analogů.

U všech analogů byl patrný vliv skladování na vývoj těkavých látek i senzorickou kvalitu.

- V případě experimentu I byla patrná souvislost se zralostí použité eidamské cihly, s méně zralou cihlou se počet sloučenin během skladování spíše snižoval, se zralejší cihlou tomu bylo naopak.
- Senzorické vlastnosti analogů se skladováním mírně zhoršovaly.

Na základě výsledků senzorické analýzy bylo prokázáno, že vzorky si udrží dobrou senzorickou kvalitu min. po dobu 3 měsíců při dodržení nízké skladovací teploty ($\approx 6^\circ\text{C}$).

Z výsledků obou experimentů se jako nevhodné pro výrobu analogů ukázaly být směsný tuk, rybízový a hroznový olej, naopak s kokosovým tukem a meruňkovým olejem by mohly obohatit nabídku potravin na trhu.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] 397/2016 Sb. Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [2] BACHMANN, H-P: Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. 2001, Vol. 11, No. 4-7, pp. 505-515. ISSN 0958-6946.
- [3] GUINEE, T. P., CARIĆ, M., KALÁB, M.: Pasterized Processed cheese and Substitute/Imitation cheese products. *Cheese: Cheemistry, physics and microbiology*. 2004, Vol. 2, No3, pp. 349- 394. ISBN 0-1226-3653-8.
- [4] Nařízení – Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty a zrušují nařízení Rady (EHS) č. 922/72, (EHS) č. 234/79, (ES) č. 1037/2001 a (ES) č. 1234/2007 - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1308>
- [5] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. 70 s. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [6] 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.
- [7] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M., MCSWEENEY, P. L. H. Fundamentals of Cheese science. 2000. First ed. Gauthersburg MD: Aspen Pub. 587 p. ISBN 0-8342-1260-9.
- [8] BADEM, Abdullah a Gürkan UÇAR. Cheese Analogues. *Journal of Food and Dairy Technology*. 2016, 4(3). 2321-6204.
- [9] DRAKE, S.L., YATES, M.D., DRAKE, M.D. Development of flavour lexicon for processed and imitation cheeses. *Journal of Sensory Studies*. 2010, vol. 25, pp. 720-739.
- [10] CUNHA, C. R., DIAS, A. I., VIOTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogues made with vegetable fat. *Food Research International*. 2010, vol. 43, pp. 723-729. ISSN 0963-9969.
- [11] FUNAHASHI, H., HORIUCHI, J. Characteristics of the churning process in continuous butter manufacture and modelling using an artificial neural network. *International Dairy Journal*. 2008, roč. 18, č. 3, s. 323-328. ISSN 09586946.
- [12] MALLIA, S., ESCHER, F., SCHLICHTERLE-CERNY, H.. Aroma-active compounds of butter: a review. *European Food Research and Technology*. 2008, roč. 226, č. 3, s. 315-325. ISSN 1438-2377.
- [13] POVOVO, M., CONTARINI, G. Comparison of solid-phase microextraction and purge-and-trap methods for the analysis of the volatile fraction of butter. *Journal of Chromatography A*. 2003, Vol. 985, p. 117-125.
- [14] PETERSON, D.G., REINECCIUS, G.A.: Characterization of the volatile compounds that constitute fresh sweet cream butter aroma. *Flavour and Fragrance Journal*, 2003, vol. 18, no. 3, pp. 215–220. ISSN 0882-5734.
- [15] GUNSTONE, F, HARWOOD, J.L., DIJKSTRA, A.J.. The lipid handbook with CD-ROM. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, c2007, xiii, 656 p. ISBN 08-493-9688-3.

- [16]TRES, A., C. RUIZ-SAMBLAS, G. VAN DER VEER, S.M. VAN RUTH. Geographical provenance of palm oil by fatty acid and volatile compound fingerprinting techniques. *Food Chemistry*. 2013, roč. 137, 1-4, s. 142-150. ISSN 03088146.
- [17]VILLARINO, B.J., DY, L.M., LIZADA, M.C.C. Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deodorized coconut oil. *Food Science and Technology-Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 2007, vol. 40, no. 2, pp. 193–199. ISSN 0023-6438.
- [18]STRÁNSKÝ, K., ZAREVÚCKA, M., WIMMER, Z. Gas chromatography analysis of blackcurrant oil in relation to its stability. *Food Chemistry*, 2005, vol. 92, issue 3, s. 569-573. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.10.010.
- [19]ÖZKAL, S.G., M.E. YENER a L. BAYINDIRLI. 2005. Response surfaces of apricot kernel oil yield in supercritical carbon dioxide. *LWT - Food Science and Technology*. 38(6): 611-616. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.08.003. ISSN 00236438. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643804002257>
- [20]PAVLOVIĆ, Nika, Senka VIDOVIĆ, Jelena VLADIĆ, Ljiljana POPOVIĆ, Tihomir MOSLAVAC, Snježana JAKOBOVIĆ a Stela JOKIĆ. Recovery of Tocopherols, Amygdalin, and Fatty Acids From Apricot Kernel Oil: Cold Pressing Versus Supercritical Carbon Dioxide. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2018, 120, 1800043.
- [21]GUPTA, A., SHARMA, P. C., TILAKRATNE, B. M. K. S., VERMA, A. K. Studies on physico-chemical characteristics and fatty acid composition of wild apricot (*Prunus armeniaca* Linn.) kernel oil. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 2012, vol. 3, issue 3, s. 366-370.
- [22]GOYAL, Ankit, Vivek SHARMA, Neelam UPADHYAY, Sandeep GILL a Manvesh SIHAG. Flax and flaxseed oil. *Journal of Food Science and Technology*. 2014, 51(9), 1633-1653. DOI: 10.1007/s13197-013-1247-9. ISSN 0022-1155. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-013-1247-9>
- [23]DZUVOR, CKO; TAYLOR, JT; ACQUAH, C; PAN, S; AGYEI, D. Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed. *Molecules* 2018, Volume: 23, Issue: 10. 2444. DOI: 10.3390/molecules23102444.
- [24]DABETIC, NM; TODOROVIC, VM; DJURICIC, ID; STANKOVIC, JAA; BASIC, ZN; VUJOVIC, DS; SOBAJIC, SS. Grape Seed Oil Characterization: A Novel Approach for Oil Quality Assessment. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2020, Volume122, Issue 6, 1900447. DOI: 10.1002/ejlt.201900447.
- [25]SHINAGAWA, FB; DE SANTANA, FC; ARAUJO, E; PURGATTO, E; MANCINI, J. Chemical composition of cold pressed Brazilian grape seed oil. *Food Science And Technology*, 2018, Vol: 38, Issue: 1, pp. 164-171. DOI: 10.1590/1678-457X.08317
- [26]VAN RUTH, S.M., ROOZEN, J.P., JANSEN, F.J.H.M. Aroma profiles of vegetable oils varying in fatty acid composition vs. concentrations of primary and secondary lipid oxidation products. *Nahrung-Food*. 2000, vol. 44, no. 5, pp. 318–322. ISSN 0027-769X.
- [27]BELITZ, H. D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P.: *Food Chemistry*. 4th ed. Berlin: Springer, 2009. 1070 pp. ISBN 978-3-540-69933-0. Kapitola Aroma compounds pp. 340-402.

- [28] FISHER, C., SCOTT, T.R. *Food Flavours Biology and Chemistry*. The Royal Society of Chemistry, 1997, 165 p. ISBN 0-85404-538-4.
- [29] CHAMBERS, E., KOPPEL, K. Associations of Volatile Compounds with Sensory Aroma and Flavor. *Molecules*. 2013, vol. 18, no. 5, pp. 4887-4905. ISSN 1420-3049
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] HASSAN, F.A.M., ABD EL-GAWAD, M.A.M., ENAB., A.K. Flavour compounds in cheese (review). *International Journal of Academic Research*. 2012, vol. 4, no. 5, pp. 169-181.
- [33] YVON, M., RIJNEN, L. Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal*. 2001, 11, 185-201.
- [34] SOUSA, M. J., ARDÖ, Y., McSWEENEY, P.L.H. Advance in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*. 2001, 11, 327-345.
- [35] MARILLEY, L., CASEY, M.G. Flavours of cheese products: methabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*. 2004, 90, 139-159.
- [36] 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, 13, 841-866
- [37] SUNESEN, L. O., LUND, P., SORENSEN, J., HOLMER, G. Development of Volatile Compounds in Processed Cheese During Storage. *Food Science and Technology – LebensmittelWissenschaft und Technologie*. 2002, vol. 35, issue 2, pp. 128–134. ISSN 0023-6438.
- [38] ALEWIJN, M., SLIWINSKI, E. L., WOUTERS, J. T. M. Production of fat-derived (flavour) compounds during the ripening of Gouda cheese. *International Dairy Journal*. 2005, vol. 15, pp. 733-740
- [39] ZELLNER, B.D., DUGO, P., DUGO, G., MONDELLO, L. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. *Journal of Chromatography A*, 2008, vol. 1186, no. 1–2, pp. 123–143. ISSN 0021-9673. DOI: 10.1016/j.chroma.2007.09.006.
- [40] DIRINCK, P., DE WINNE, A. Flavour characterisation and classification of cheese by gas chromatographic-mass spectrometric profiling. *Journal of Chromatography A*. 1999, vol 847, no. 1-2, pp. 203-208. ISSN 0021-9673.
- [41] ARIE FEBRIANTO MULYADI, MATTHIAS SCHREINER, AND IKA ATSARI DEWI. Phenolic and Volatile Compounds, Antioxidant Activity, and Sensory Properties of Virgin Coconut Oil: Occurrence and Their Relationship with Quality. The 8th Annual Basic Science International Conference. AIP Conference Proceedings 2021, doi: 10.1063/1.5062818.

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAL	Aromaticky aktivní látky
BMK	Bakterie mléčného kvašení
FID	Plamenově ionizační detektor (Flame Ionization Detector)
GC	Plynová chromatografie (Gas Chromatography)
MK	Mastná kyselina
MZe	Ministerstvo zemědělství
SPME	Mikroextrakce pevnou fází (Solid Phase Eicroextraction)
TS	Tavený sýr
TSA	Tavený sýrový analog
tvS	Tuk v sušině
VAK	Volné aminokyseliny
VMK	Volné mastné kyseliny

9 ŽIVOTOPIS

Osobní údaje

Ing. Kateřina Šůkalová (roz. Sklenářová)
Mládežnická 4, 690 02 Břeclav

Dosažené vzdělání

2018–doposud	FCH VUT v Brně – kombinované doktorské studium
2015–2018	Přerušení studia – mateřská dovolená
2014–2015	FCH VUT v Brně Kombinované doktorské studium + zaměstnanec FCH
2010–2014	FCH VUT v Brně Prezenční doktorské studium Obor: Potravinářská chemie
2008–2010	FCH VUT v Brně Prezenční magisterské studium Obor: Potravinářská chemie a biotechnologie
2005–2008	FCH VUT v Brně Prezenční bakalářské studium Obor: Biotechnologie

Praxe

2018–doposud	GJB Ivančice – učitelka chemie a matematiky Zdravé město Rosice – koordinátorka projektu
2014–2015	Zaměstnanec FCH (technický pracovník)

Zahraniční stáže

2012–2013	Zahraniční stáž v rámci programu Socrates – Erasmus STU v Bratislavě
-----------	---

Pedagogická činnost

Chemie a matematika – vyučované předměty na gymnáziu
Praktikum z instrumentální a strukturní analýzy, Praktikum ze senzorické analýzy

10 VYBRANÉ PUBLIKACE

VÍTOVÁ E., SŮKALOVÁ K., MAHDALOVÁ M., BUTOROVÁ L., MATĚJÍČEK A., KAPLAN J. Influence of volatile compounds on flavour of selected cultivars of gooseberry. Chemical Papers, 2017, Volume 71, Number 10, pp. 1895-1908. ISSN 2585-7290. (IF=1,326)

VÍTOVÁ E., SŮKALOVÁ K., MAHDALOVÁ M., BUTOROVÁ L., MELIKANTOVÁ M. Comparison of selected aroma compounds in cultivars of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Chemical Papers, 2015, Vol. 69, No. 6, pp. 881-888. ISSN 0366-6352. (IF= 1,193)

VÍTOVÁ, E.; DIVIŠOVÁ, R.; SŮKALOVÁ, K.; MATĚJÍČEK, A. Determination and quantification of volatile compounds in fruits of selected elderberry cultivars grown in Czech Republic. Journal of Food and Nutrition Research, 2013, roč. 52, č. 1, s. 1-11. ISSN: 1336- 8672. (IF=0,444)

VÍTOVÁ, E.; LOUPANCOVÁ, B.; SKLENÁŘOVÁ, K.; DIVIŠOVÁ, R.; BUŇKA, F. Identification of volatile aroma compounds in processed cheese analogues based on different types of fat. Chemical Papers, 2012, roč. 66, č. 10, s. 907-913. ISSN: 0366- 6352. (IF=0,879)

11 ABSTRACT

The presented thesis deals with the monitoring sensory quality of processed cheese analogues, focusing mainly on the taste (flavour) and related content of volatile (aroma active) substances. Model samples of analogues were produced by a standard procedure at Tomas Bata University in Zlín.

The experimental part was divided into two experiments, which differed in the composition of model samples of analogues. In the first experiment, the traditional fat (butter) was completely replaced by selected vegetable fats (palm, coconut, mixed), in the second experiment only a part (1% w/w – expressed on the total weight of the sample) of butter was replaced by vegetable oils (apricot, flax seed, currant, grape seed). In this PhD thesis, only selected results of experiment I are shown.

Solid phase microextraction in conjunction with gas chromatography with flame ionization detection was used to determine volatiles. Methods based on valid international standards were used to evaluate the sensory quality of samples, focusing mainly on flavor, namely evaluation using scales (ISO 4121), profile test (EN ISO 13299) and ranking test (ISO 8587). The aim of the work was to assess the effect of the addition of various vegetable fats/oils on the above parameters, at the same time their changes were monitored during 6 months of storage (at $\approx 6^{\circ}\text{C}$).

The results showed that the vegetable oil used affects both the sensory quality and the content and composition of volatile substances of analogues. Significant differences between samples were mainly in taste, aroma and overall acceptability. The decreasing overall acceptability of the samples can be expressed in experiment I by the order: product with butter $\Rightarrow$ coconut $\Rightarrow$ palm $\Rightarrow$ mixed fat; in the case of experiment II: product with butter $\Rightarrow$ apricot $\cong$ flax $\cong$ grape $\Rightarrow$ currant oil. Mixed fat, currant and grape seed oil proved to be unsuitable for the production of analogues, on the contrary, analogues with coconut fat and apricot oil were evaluated best.

Based on the results of sensory analyses, it was shown that the samples maintain a good sensory quality min. for 3 months while maintaining a low storage temperature ($\approx 6^{\circ}\text{C}$).

An analogue with coconut fat, whose taste, aroma and acceptability were rated as very good, and apricot oil, whose taste, aroma and acceptability were even rated as excellent, could enrich the food offer on the market.