



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

AROMATICKÝ PROFIL TAVENÝCH SÝROVÝCH ANALOGŮ

AROMA PROFILE OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Štefan Kučerka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1434/2018 Akademický rok: 2018/19
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Štefan Kučerka**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Biotechnologie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Aromatický profil tavených sýrových analogů

Zadání bakalářské práce:

- Zpracujte literární přehled dané problematiky:
 - tavené sýrové analogy – složení, vlastnosti, technologie výroby
 - vybrané rostlinné oleje – složení, vlastnosti
 - aromaticky aktivní látky – charakteristika, rozdělení
 - mikroextrakce pevnou fází, plynová chromatografie s hmotnostní detekcí (GC–MS) – princip, popis, instrumentace
- Pomocí metody HS–SPME–GC–MS identifikujte těkavé látky ve vzorcích analogů
- Porovnejte těkavý profil jednotlivých vzorků

Termín odevzdání bakalářské práce: 24.5.2019:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Štefan Kučerka
student(ka)

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2019

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo identifikovať a semikvantifikovať prchavé (aromatické) látky vo vzorkách tavených syrových analógov vyrobených s plnou, prípadne čiastočnou náhradou mliečneho tuku vybranými rastlinnými tukmi/olejmi (kokosový, palmový, zmesový, hroznový, ľanový, marhuľový, ríbezľový).

V teoretickej časti sú charakterizované tavené syrové analógy, postup a suroviny používané na výrobu. Následne je rozobraná tematika aromaticky aktívnych látok. V závere teoretickej časti je popísaná metóda mikroextrakcie pevnou fázou, plynová chromatografia a hmotnostná spektrometria.

V experimentálnej časti boli analyzované modelové vzorky tavených syrových analógov vyrobených na Univerzite Tomáša Baťu v Zlíne, ako suroviny boli použité eidamský syr a uvedené tuky. Na izolovanie a stanovenie prchavých (aromatických) látok vo vzorkách bola vybratá metóda HS-SPME-GS-MS.

Vo všetkých vzorkách bolo identifikovaných 152 prchavých zlúčenín. Medzi vzorkami boli nájdené rozdiely v počte aj obsahu identifikovaných zlúčenín, medzi obsahovo najvýznamnejšie skupiny látok patrili aldehydy a kyseliny.

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to identify and semiquantify volatile (aroma) compounds in samples of processed cheese analogues, produced with full or partial substitution of milk fat with selected vegetable fats/oils (coconut, palm, blended, grapeseed, linseed, apricot kernel, blackcurrant seed).

Theoretical part is dealing with characterization of processed cheese analogues, procedure and ingredients used in production. This is followed by a topic of aroma compounds. At the end of theoretical part the method of solid-phase microextraction, gas chromatography and mass spectrometry is described.

In the experimental part the model samples of processed cheese analogues were analyzed. They were produced in Tomas Bata University in Zlin. Edam cheese and mentioned fat were used as ingredients. HS-SPME-GS-MS method was chosen to isolate and determinate volatile (aroma) compounds in samples.

A total of 152 volatile compounds were identified in samples. Differences in the number and content of the identified compounds were found among samples, aldehydes and acids belonged to the most important groups, sample content speaking.

Kľúčové slová

Syrové analógy, prchavé látky, SPME, GC, MS

Key words

Cheese analogues, volatiles, SPME, GS, MS

KUČERKA, Štefan. *Aromatický profil tavených sýrových analogů*. Brno, 2019. Dostupné tiež z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/115797>. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnológií, 55 s. Vedúci bakalárskej práce doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne a že som všetky použité zdroje správne citoval. Bakalárska práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brne a môže byť použitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúceho bakalárskej práce a dekana FCH VUT.

.....
Podpis študenta

Pod'akovanie: Chcel by som sa poďakovať svojej vedúcej doc. Ing. Eve Vítovej Ph.D. za vedenie bakalárskej práce, za cenné rady a pripomienky, za trpezlivosť a čas.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	TEORETICKÁ ČASŤ	8
2.1	Syrové analógy – charakteristika	8
2.2	Syrové analógy – zloženie.....	8
2.3	Syrové analógy – vlastnosti.....	9
2.4	Mikroštruktúra.....	10
2.5	Označovanie syrových analógov.....	10
2.6	Podobnosti výroby s tavenými syrmi	11
2.7	Suroviny na výrobu syrových analógov	11
2.7.1	Tuky a oleje	12
2.7.2	Mliečne proteíny	15
2.7.3	Rastlinné proteíny	15
2.7.4	Škrob	15
2.7.5	Emulgačné soli	16
2.7.6	Hydrokoloidy	16
2.7.7	Kyselinotvorné látky	16
2.8	Postup výroby syrových analógov	16
2.9	Aromatické látky	18
2.9.1	Uhl'ovodíky	19
2.9.2	Alkoholy.....	19
2.9.3	Aldehydy	19
2.9.4	Ketóny	20
2.9.5	Mastné kyseliny.....	20
2.9.6	Estery mastných kyselín.....	20
2.9.7	Sírne zlúčeniny	21
2.9.8	Dusíkaté zlúčeniny	21
2.10	Analytické metódy stanovenia aromatických látok	21
2.10.1	Mikroextrakcia pevnou fázou.....	22
2.10.2	Plynová chromatografia	22
2.10.3	Hmotnostná spektrometria	23
2.10.4	Plynová chromatografia-hmotnostná spektrometria	24
3	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	25
3.1	Laboratórne vybavenie	25
3.1.1	Prístroje	25
3.1.2	Pracovné pomôcky	25
3.2	Analyzované vzorky.....	25
3.3	Použitá metóda HS-SPME-GC-MS	25
3.3.1	Príprava vzoriek k analýze	25
3.3.2	Podmienky HS-SPME-GC-MS analýzy	26
3.3.3	Vyhodnotenie a štatistické spracovanie výsledkov analýzy	27

4	VÝSLEDKY A DISKUSIA	28
4.1	Identifikácia prchavých látok vo vzorkách analógov	28
4.1.1	Porovnanie počtu identifikovaných aromatických látok (prvá vs. druhá séria vzoriek).....	38
4.2	Semikvantifikácia aromaticky aktívnych látok vo vzorkách analógov	39
4.2.1	Porovnanie obsahu aromatických látok (prvá vs. druhá séria).....	40
5	ZÁVER.....	42
6	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	43
7	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	47
8	PRÍLOHY	48

1 ÚVOD

Takzvané syrové analógy sú produkty, u ktorých sú mliečny tuk a/alebo bielkovina nahradené nemliečnou zložkou, najčastejšie rastlinného pôvodu.

Vzhľadom k nárastu spotreby syru ako ingrediencie u analógov ide o lacnú náhradu. Keďže ide o lacnejší produkt, syrové analógy majú mnoho nevýhod. V porovnaní s klasickými syrmi sa líšia v textúre, v chuti a v aróme. Syrové imitácie sa líšia od klasických syrov aj tak, že musia byť označené inak ako slovom syr.

Táto práca má poukázať na jav, že pri použití rôznych rastlinných olejov a tukov pri výrobe syrových analógov, čiže náhrad dochádza ku zmene aromatického profilu. Tento profil je spôsobený zlúčeninami, ktoré vykazujú vnem vône a chute. Najdôležitejšie látky podieľajúce sa na vonnom charaktere sú uhl'ovodíky, alkoholy, karbonylové zlúčeniny, organické kyseliny, estery, sírne a dusíkaté zlúčeniny.

V teoretickej časti je preberané zloženie, vlastnosti a technológia výroby tavených syrových analógov, taktiež zloženie a vlastnosti rastlinných olejov. Ďalej je popísaná charakteristika a rozdelenie aromaticky aktívnych látok, mikroextrakcia pevnou fázou a plynová chromatografia s hmotnostnou detekciou.

Cieľom experimentálnej časti práce bolo porovnať obsah prchavých (aromatických) látok v modelových vzorkách tavených syrových analógov vyrobených s prídavkom rôznych druhov rastlinných tukov/olejov (kokosový, palmový, zmesový, marhuľový, hroznový, ríbezl'ový, ľanový).

2 TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 Syrové analógy – charakteristika

Syrové analógy sú zväčša definované ako produkty vyrobené zmiešaním jednotlivých zložiek, vrátane nemliečneho tuku alebo bielkoviny, pričom dôjde k výrobe produktu, ktorý spĺňa špecifické požiadavky. Takýto produkt je nutrične menejcenný, aj keď dnes už sú dostupné produkty s vylepšenou nutričnou hodnotou, napríklad obohatené radom nutrične významných látok v porovnaní so syrom [1]. Keďže je nemliečny tuk alebo bielkovina lacnejšia ako mliečna, finančná náročnosť na výrobu analógu syrov sa podstatne zníži. Zo všeobecného hľadiska je predajná cena kazeínu a kazeinátov mimo Európsku úniu lacnejšia ako ekvivalentné množstvo kazeínu v surovom mlieku [2]. Preto, ak sa nahradí len časť mliečnej zložky rastlinnou, takto vyrobený produkt sa už nesmie nazývať syrom [3].

Suroviny, ktoré sa používajú na výrobu syrových analógov, sú kazeíny alebo kazeináty, srvátkové bielkoviny, mliečny tuk, a rastlinné oleje alebo tuky, emulzifikačné soli, stabilizátory, zložky zlepšujúce chuť a konzervačné látky. Jedným z dôvodov výroby syrových analógov je aj nedostačujúca produkcia mlieka v určitých častiach sveta [3].

V Spojených štátoch je používanie analógov stabilné, pričom najvyšší podiel vyrobených analógov patrí syru typu Mozzarella, ktorá sa používa ako ingrediencia pri výrobe pizze. Je to hlavne preto, lebo syr patrí medzi najnákladnejšiu časť pizze [3]. Tavené syrové analógy môžu byť taktiež použité ako prísada do grilovaných syrových sendvičov alebo do cestovín [4]. Odhaduje sa, že okolo 300 000 ton syrových analógov je vyrobených ročne v USA [5]. Naopak, v Európe tento trh takmer neexistuje. Je to hlavne kvôli tomu, lebo v Spojených štátoch sa prínos analógov na trh berie ako pozitívum, keďže nedochádza k samotnému nahradeniu prírodných syrov. Jednou z výhod výroby analógov je skutočnosť, že takéto produkty môžu byť vyrábané s takmer neobmedzenou trvanlivosťou [3].

2.2 Syrové analógy – zloženie

Z fyzikálneho hľadiska je syrový analóg, taktiež ako tavený syr, emulzia oleja vo vode. Po aromatickej stránke sú nevýrazné a bez chuti. Tento problém sa rieši pridaním aromaticky zvýrazňujúcich látok. Týmto sa docieli podobnosť s prírodnými syrmi [6].

Syrové analógy sa najčastejšie vyrábajú z kazeínov (proteín v kravskom mlieku), z rastlinného tuku, soli a vody. Približné chemické zloženie zahŕňa vlhkosť, celkový obsah proteínov, chlorid sodný, obsah tuku, popol, obsah vápnika, horčíku a pH [7]. Ukážka zloženia je uvedená v Tabuľke 1.

Bod topenia rastlinných tukov je všeobecne nízky. K tomu, aby sa docielilo požadovanej tvrdosti v syrovej matrici, sú často rastlinné oleje hydrogenované, aby sa zvýšil ich bod topenia. Táto zmena má žiadaný vplyv na textúru. Na druhej strane sa týmto krokom znižuje nutričná hodnota rastlinných olejov a dochádza k zvýšeniu rizika srdcovo-cievnych chorôb [8].

Tabuľka 1 Typické zloženie syru typu Mozzarella a analógov syrov na pizzu [7]

	Mozzarella	Syrový analóg na pizzu 1	Klasická Mozzarella	Syrový analóg na pizzu 2
Vlhkosť %	46,40	48,80	47,53	53,35
Proteíny %	26,00	18,50	23,06	20,13
Tuk %	23,20	25,00	24,56	15,23
Tuk v suchej hmote %	44,60	40,00	46,81	32,66
Soľ %	-	-	1,29	0,90
Soľ vo vode %	3,10	3,50	-	-
Popol %	3,90	4,20	3,18	3,91
Ca, Mg / 100g	27,50	34,40	0,62	0,39
pH	5,50	6,10	5,36	5,66

2.3 Syrové analógy – vlastnosti

Vlastnosti syrových analógov veľmi úzko súvisia s chemickým zložením. Väčšina publikovaných prác sa zameriava na textúru, tá je u syrových analógov už pomerne dobre preštudovaná. Vo všeobecnosti majú piesčitú a drobnú štruktúru. Bachmann [3] uvádza, že obsah vody, obsah tuku, pH a emulzifikačné soli majú na štruktúre najväčší podiel. Taktiež uvádza, že zmeny v textúre syrových analógov môžu byť spôsobené rozložením proteínov a tukov v koncovom produkte. Vlhkosť v sieti proteínov spôsobuje elastickejšiu štruktúru, ktorá je menej drobná. Pri vyššom obsahu tuku sa analóg správa pružnejšie, bol tvrdší, viac sa drobí.

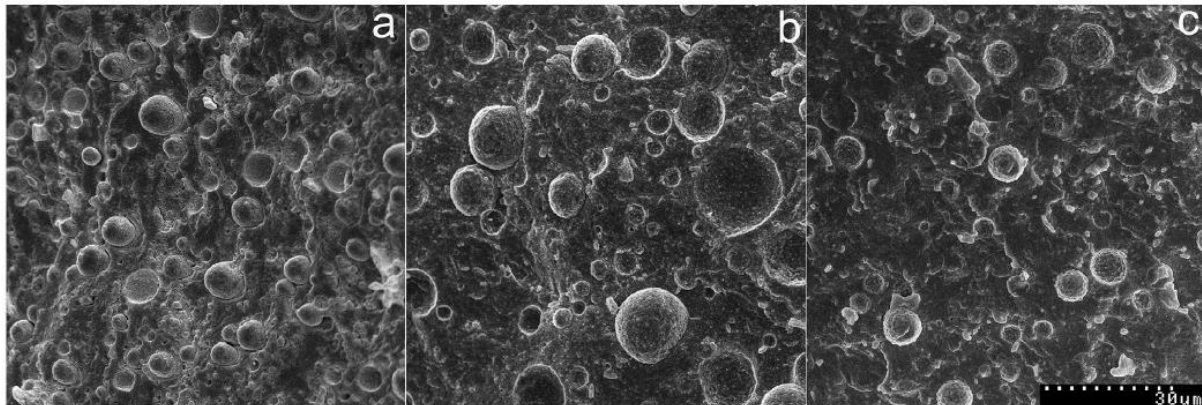
Ramel a Marangoni [4] sledovali priemernú tvrdosť u analógov, ktoré obsahovali bezvodý mliečny tuk (AMF), koncentrovaný mliečny tuk (CMF) a repkový olej (CO). Vo svojej štúdii zistili, že najtvrdší je analóg, v ktorom bol použitý AMF a najmenej tvrdý je analóg, v ktorom bol použitý CO. Variácie v reológii syrových analógov priamo súvisia s dĺžkou skladovania. V priebehu skladovania po dobu štyroch mesiacov sa zmenila najviac schopnosť rozotierania a schopnosť analógu odpovedať na stlačenie [9].

Masotti a kol. [1] uvádza, že u syrových analógov sa sledujú rôzne reologické vlastnosti, napríklad pružnosť, tvrdosť, drobnosť, krehkosť a príľnavosť. Taktiež musia mať požadované komerčné vlastnosti. Toto sa vzťahuje na výrobky určené na priamu konzumáciu alebo ako ingredienciu. U produktov určených na priamu konzumáciu sú to chuť, strúhateľnosť, kráčajnosť, rozotierateľnosť, ďalej stabilita pri skladovaní a dlhá trvanlivosť. U analógu ako ingrediencie sú požadované vlastnosti chuť a správanie sa pri tepelnej úprave, ako je hnednutie, chrumkavosť, tekutosť, taviteľnosť, rozťažnosť.

Chuti a vône analógov sa venuje minimum publikácií. Bolo zistené, že chuť je najdôležitejší faktor, ktorý ovplyvňuje prijateľnosť syrových imitácií vyrábaných zo sóje. Príkladom je sójové mlieko, vyrobené buď z čerstvej sóje, alebo z bôbov fermentovanej sóje. Čerstvé sójové bôby majú chuť fazúl, na druhej strane fermentované bôby vykázali jednoznačné zlepšenie chuti a textúry v porovnaní s nefermentovanými bôbmi. Medzi rôznymi rastlinnými druhmi, arašidové orechy majú sľubnú budúcnosť ako zdroj bielkovín a taktiež oleja na výrobu analógov [3].

2.4 Mikroštruktúra

Za mikroštruktúru tavených syrov a syrových analógov je zodpovedná polymérová maticová skladba, v ktorej je proteínová matica spojená sieťou s guľôčkami tuku, ktoré sa taktiež nazývajú aj vyplňajúce častice. Vlastnosti týchto častíc majú vplyv na celkovú makroštruktúru. Ramel a Marangoni [4] použili vo svojej štúdiu imitáciu syru založenú na kazeináte sodnom, pričom výsledkom bola gélová sieť vyplnená tukovými časticami. Cieľom tejto štúdie bolo čiastočne alebo až úplne nahradiť mliečny tuk repkovým olejom, ktorý obsahuje z väčšiny nenasýtené tuky. Výroba tohto analógu bola skombinovaná s technikou oleogelácie (zachytávanie oleja v sieti polyméru). Následne boli pridávané rôzne častice netukového charakteru, ktoré nepozmenili štruktúru analógu. Na zistenie mikroštruktúry analógov použili metódu kryogénnej skenujúcej elektrónovej mikroskopie (cryo-SEM). Vzorky, ktoré použili na výrobu imitácie, boli rozdelené podľa toho, akú náhradu tuku zvolili. Tieto náhrady boli bezvodný mliečny tuk (AMF), koncentrovaný mliečny tuk (CMF) a repkový olej (CO).



Obrázok 1: cryo-SEM mikrografy modelových syrov vytvorených z AMF (a), CMF (b), CO (c) [4]

Tamime a kol. [9] použili na skúmanie mikroštruktúry analógov transmisnú elektrónovú mikroskopiu. Pozorovaním zistili, že proteínové matrice tvorené mliečnymi proteínmi vyzerali byť rovnaké. Na druhú stranu, použité tukové náhrady sa vo vzhľade líšili.

2.5 Označovanie syrových analógov

Spotrebitelia by mali mať prístup k bezpečným a kvalitným potravinám. Produkty s vysokou komerčnou hodnotou, ako sú napríklad mliečne produkty, olivový olej, med, mäso a ryby, boli tradične cieľom falšovania. Prevencia pred falšovaním a ochrana autentických produktov je potrebná k zabezpečeniu kvality a ochrany práv spotrebiteľa. V súčasnosti je v databáze DOOR (Database of Origin and Registration) registrovaných 232 syrových produktov, z toho 188 značiek pochádza z Európy a sú chránené najstriktnejšie. Príkladom takejto chránenej značky je Mozzarella di Bufala Campana, ktorá môže byť vyrábaná striktne v siedmich provinciách Talianska [10].

Počas kontroly kvality v Spojenom kráľovstve bolo testovaných štyridsať syrov typu Mozzarella, ktoré boli zakúpené v celom Spojenom kráľovstve. Päť z týchto syrov boli syrové

analógy, pričom boli označené ako 100% syr typu Mozzarella. Takéto falšovanie poškodzuje reputáciu a vierohodnosť organizácií, ktoré garantujú kvalitu zakúpených výrobkov [10]. Keďže boli tieto produkty označené slovom syr, porušili nariadenie o označovaní mliečnych výrobkov. Slovom syr sa môže označovať len produkt vyrobený z mlieka [11].

Pri výrobe analógu musí výrobca deklarovat', aké tuky boli použité [12].

2.6 Podobnosti výroby s tavenými syrmi

Výroba tavených syrových analógov je podobná výrobe tavených syrov, pričom tieto podobnosti zahŕňajú [13]:

- použitie spoločných surovín, napríklad emulgačné soli, stabilizátory, nesyrivé mliečne suroviny, farbivá, chute a ich zvýrazňovače
- podobná technológia výroby zahŕňajúca použitie tepla a intenzívneho miešania na sformovanú zmes, následným plnením za tepla, balením a chladením
- podobná mikroštruktúra, ktorá je vo všeobecnosti emulzia oleja vo vode stabilizovaná hydratovaným kazeinátom
- chýba doba zrenia
- široký rozsah textúr, chutí, vlastností tvarov a obalov, v ktorom sú analógy zabalené
- obe sa používajú ako alternatíva prírodných syrov

2.7 Suroviny na výrobu syrových analógov

Suroviny používané na výrobu syrových analógov sú uvedené v Tabuľke 2 a v Tabuľke 3.

Tabuľka 2 Ingrediencie používané pri výrobe syrových analógov [13][14]

Ingrediencie	Hlavná funkcia/efekt	Príklady
Tuk	Dodáva požadované zloženie, textúru, schopnosť tavenia; maslový tuk dodáva mliečnu chuť	Maslo, bezvodný mliečny tuk, prirodzený alebo sčasti hydrogenovaný sójový olej, kukuričný olej, palmojadrový olej
Mliečne proteíny	Dodáva požadované zloženie, polotvrďú textúru s dobrou schopnosťou strúhania, pri zahriatí dobrú roztiažnosť; pomáha pri formovaní fyzikálno-chemickej stability produktu	Kazeín, kazeináty, srvátkové proteíny
Rastlinné proteíny	Dodáva požadované zloženie; nízka cena v porovnaní s kazeínom	Sójové proteíny, arašidové proteíny, pšeničný glutén
Škrob	Náhrada kazeínu a nízka cena	Prirodzený alebo modifikovaný kukuričný škrob, zemiakový škrob, ryžový škrob

Tabuľka 3 Stabilizátory a doplnujúce ingrediencie pri výrobe syrových analógov [13][14]

<i>Ingrediencie</i>	<i>Hlavná funkcia/efekt</i>	<i>Príklady</i>
Emulgačné soli	Pomáhajú pri formácii fyzikálno-chemickej stability produktu, upravujú funkčné a textúrové vlastnosti	Sodné fosfáty a citráty
Hydrokoloidy	Zvyšujú stabilitu produktu, upravujú funkčné a textúrové vlastnosti	Hydrokoloidy: guarová guma, xantánová guma, karagenány
Kyselinotvorné látky	Pomáhajú pri kontrole pH výsledného produktu	Organické kyseliny, mliečna, octová, citrónová, fosforečná
Príchute a dochucovadlá	Rozvíjanie chute	Soľ, kvasnicový extrakt, glutamát sodný
Sladidlá	Zvyšujú sladkosť výsledného produktu	Sacharóza, dextróza, kukuričný sirup, hydrolyzované škroby, hydrolyzovaná laktóza
Farbivá	Dodávajú požadovanú farbu	Potravinárske farbivá, paprika, annatto (červené potravinárske farbivo)
Konzervanty	Spomaľujú rast plesní, predlžuje sa trvanlivosť	Nisin, sorban draselný, propionán vápenatý, propionán draselný
Minerály a vitamíny	Zlepšujú nutričnú hodnotu	Oxid zinočnatý, oxid horečnatý, železo, vitamín A, palmitát, riboflavín, thiamín, kyselina listová

2.7.1 Tuky a oleje

Syrové analógy sa najčastejšie vyrábajú s prídavkom rôznych rastlinných olejov.

Jedlým tukom a olejom sa podľa českej legislatívy rozumie zmes zmiešaných triacylglycerolov, ktoré sa v závislosti na pomernom zastúpení mastných kyselín v triacylglycerole vyskytujú za normálnych podmienok v tekutom alebo v tuhom stave. Jedlé tuky alebo oleje sa delia na rastlinné, živočíšne, stužené, pokrmové, roztierateľné, zmesové roztierateľné a tekuté emulgované [15].

Rastlinný tuk alebo olej je jedlý tuk alebo olej získaný zo semien, plodov alebo jadier plodov olejnatých rastlín [15]. Ich fyzikálne a chemické vlastnosti závisia od mastných kyselín, ktoré obsahujú a ich pozície v triacylglycerolovej molekule [16]. Tuky obsahujú vo svojej štruktúre nasýtené mastné kyseliny a sú vo svojej podstate tuhé. Oleje sú tekuté a v ich štruktúre sú viazané nenasýtené mastné kyseliny, najmä kyselina olejová, linolová a linolénová [17]. V Tabuľke 4 sa nachádzajú základné vlastnosti rastlinných tukov a olejov.

Zdrojom rastlinných olejov sú kultivované rastliny vyšľachtené človekom. Príkladom takýchto rastlín je slnečnica alebo repka olejná. Druhým zdrojom rastlinných olejov sú plody

stromov, ktoré sú bohaté na olej obsiahnutý buď v dužine, alebo v jadre. Príkladom sú olivy, kokosový orech [16].

Obecný postup výroby oleja zahŕňa [16][17]:

- Čistenie semien – odstránenie nečistôt, ktoré by mohli v ďalších procesoch poškodiť strojové zariadenie alebo akosť výrobku, pričom tento proces prebieha na sítach, magnetoch
- Lúpanie semien – tento proces prebieha hlavne u semien, ktoré majú tvrdú šupku, ako napríklad slnečnica
- Drvenie semien – uskutočňuje sa hlavne u surovín, ktoré sú väčšie ako 10 mm, príkladom je palmové jadro
- Temperovanie rozomletých semien – použitie u surovín, ktoré zle uvoľňujú tuk, za zvýšenia teploty na teplotu až 80 °C
- Lisovanie – surovina sa pri tomto procese zbaví väčšiny tuku, ktorú ešte v sebe obsahuje, pričom výsledný produkt tohto procesu je surový olej
- Rafinácia – rafinácia je sled procesov, ktorý má za úlohu olej prečistiť; tento proces je zložený z čistenia surového oleja, neutralizácie a alkalizácie, bielenia neutrálnych olejov a dezodorácie za vzniku rafinovaného oleja

Tabuľka 4 Vybrané oleje, tuky a ich parametre [15]

Výrobok	Vlastnosti, požiadavky a použitie
Olivový olej	Olej získaný z plodov olivovníkov; obsahuje vo svojej štruktúre majoritne kyselinu olejovú [18]; kyselina olejová je monoénová kyselina, to znamená, že je stabilná za vysokých teplôt, preto je olivový olej odporúčaný používať pri smažení a v teplej kuchyni [19]
Slnečnicový olej	Vyrobený zo semien slnečnice; obsahuje vysoký obsah polyénových mastných kyselín, preto sa odporúča v studenej kuchyni, nie na smaženie a používanie v teplej kuchyni [19]
Sójový olej	Vyrobený zo semien sóje; z mastných kyselín v triacylglycerole obsahuje vo väčšine kyselinu linolovú a po nej kyselinu olejovú [18]; v Spojených štátoch Amerických ide o najviac používaný olej [16]
Kokosový tuk	Vyrobený z dužiny kokosových orechov, plodov palmy kokosovej; obsahuje vo väčšine nasýtené mastné kyseliny, a to prevažne kyselinu laurovú, môže obsahovať kyselinu kaprylovú alebo kyselinu myristovú [18]; keďže obsahuje vysoký podiel nasýtených mastných kyselín, má vysoký bod topenia, a to 23-26 °C [17]
Repkový olej	Vyrobený zo semien rôznych druhov repky olejnej; vo väčšine obsahuje kyselinu olejovú, preto je odporúčaný do teplej kuchyne [20]; kvôli obsahu nenasýtených kyselín má teplotu topenia -9 °C [17]

2.7.1.1 Použitie vo výrobe syrových analógov

Obsah tukov v analógoch syrov sa pohybuje od 22% do 28%. Rozloženie veľkosti kvapiek emulgovaných olejov spolu so stupňom hydratácie para-kazeinátu sú hlavnými faktormi reológie a funkčnosti syrových analógov pri zahriatí. Hydratované proteíny obalujú povrch rozptýlených tukových guľôčok, pričom tým prispievajú k lepšej emulzifikácii v

olejovej fáze. Pri náhrade až 50 % mlieka rastlinnými olejmi vzniká produkt, ktorý je v textúre mäkší. Jedným zo záujmov výrobcov je znížiť množstvo tukov v syrových náhradách [1].

Popísané boli postupy s hydrogenovanými rastlinnými olejmi, ako sú sójový, arašidový, palmojadrový, olej zo semien bavlníka, kokosový a kukuričný olej. Sójový tuk udáva syrovému analógu tvrdosť a príľnavosť, na druhej strane mu uberá z kohézivnosti a pružnosti. Pri použití sójového oleja spolu s maslovým tukom bol efekt opačný. Tavený arašidový syrový analóg sa vyznačuje schopnosťou rozťahovať sa podobne ako syr typu Mozzarella [3].

2.7.1.2 Tuky a oleje použité na výrobu modelových vzoriek

Na výrobu modelových vzoriek tavených syrových analógov v rámci tejto práce boli použité: kokosový, palmový, marhuľový, hroznový, ríbezl'ový, ľanový, zmesový tuk/olej.

Základné vlastnosti kokosového tuku sa nachádzajú v Tabuľke 4. V súčasnosti sa považuje za zdravý tuk, s pozitívnymi biologickými a farmakologickými vlastnosťami, ako sú antioxidačná a protizápalová aktivita [21].

Palmový olej je získavaný z dužiny palmových plodov, palmojadrový tuk je získavaný z jadier palmových plodov [16]. Palmový olej môže byť vyrobený cestou lisovania palmojadrového tuku. Na druhej strane, olej môže byť pomocou stužovania pretransformovaný na tuk. Tento proces sa nazýva hydrogenácia, jej princípom je adícia vodíka na dvojitú väzbu, pričom dôjde k nasýteniu nenasýtenej dvojitej väzby [17]. Kompozícia mastných kyselín je úzko spojená so zemepisným pôvodom oleja. V súčasnosti palmový olej tvorí okolo 35 % celkového trhu rastlinných olejov [22].

Marhuľový olej je vyrábaný z jadier marhule obyčajnej, ktoré obsahujú približne 53 % oleja, z toho sú 91,5 až 91,8 % nenasýtené a polynenasýtené mastné kyseliny a 7 až 8 % nasýtené mastné kyseliny. Obsah mastných kyselín v oleji závisí od spôsobu výroby, najvyšší podiel patrí kyseline olejovej a linolovej. V jadrách marhúľ sa nachádza amygdalín, ktorý sa v malom množstve dostáva aj do oleja [23].

Hroznový olej je vyrábaný ako vedľajší produkt pri výrobe vína zo semien vínnej révy. Vyznačuje sa jemnou chuťou s ovocnými tónmi s vysokým bodom zadymenia. Z mastných kyselín obsahuje najmä linolovú, olejovú a palmitovú [24].

Ríbezl'ový olej je najčastejšie vyrábaný zo semien čiernych ríbezlí ako vedľajší produkt výroby šťavy. V semenách sa nachádza v najväčšom množstve kyselina linolová, gama-linolénová, alfa-linolénová. Taktiež obsahujú vo veľkom počte fenolové kyseliny (p-kumarová, galová, ferulová), ktoré zabraňujú oxidácii mastných kyselín. Produkty semien sa vďaka ich pozitívnym vlastnostiam využívajú v potravinárstve, farmakológii, kozmetike [25].

Zo semien ľanu siateho sa vyrába ľanový olej využívaný buď ako doplnok stravy, alebo v priemysle pri výrobe linolea, špeciálnych náterov na drevo alebo výrobe olejových farieb. V oleji obsah kyseliny linolénovej presahuje hodnotu 45 %. V surovom oleji sa nachádza najviac kyseliny linolénovej, v rafinovanom je to kyselina linolová. Čerstvý nerafinovaný olej má jemnú, orieškovú, príjemnú chuť, avšak po krátkom čase skladovania vykazuje vôňu podobnú maliarskym farbám a začína prevládať kyslá chuť [26].

2.7.2 Mliečne proteíny

Medzi mliečne proteíny sa radia kazeíny, kazeináty a srvátkové proteíny. V mlieku má najvyšší podiel kazeín, ktorý tvoria štyri frakcie α_1 , α_2 , β a κ . V mlieku má kazeín prevažne guľovitý tvar s polomerom približne 100 nm, takto tvorí v mlieku kazeínovú micélu. Kazeínové micély sú prepojené pomocou fosforečnanu vápenatého, ktoré udržujú ich integritu pomocou hydrofóbných interakcií. Príkladom kazeinátov je kazeinát sodný, ktorý je možné vyrobiť pomocou zrážania kazeínových micél pri pH 4,6 a následným premývaním, čím sa dosiahne odstránenie vápenatého fosfátu. Po pridaní hydroxidu sodného dochádza k spätnému rozpúšťaniu proteínov. Pri neutrálnom pH tvorí kazeinát sodný častice s veľkosťou 10 nm [27].

Kazeinát, najmä sodný, má pri výrobe tavených syrov a syrových analógov funkciu zdržiavať v sebe vodu. Kazeináty sa používajú pri výrobe syrových analógov, pričom dodávajú výslednému produktu schopnosť rozotierania [13]. Srvátkové proteíny a ich deriváty sa používajú hlavne z nutričných a ekonomických dôvodov. Srvátkové proteíny nie sú tak silno amfifilné ako kazeináty, preto nie sú také efektívne v emulzifikácii voľných olejov [1].

2.7.3 Rastlinné proteíny

Vo výrobe syrových analógov Bachmann [3] opisuje použitie rastlinných proteínov, pričom dochádza k celkovej alebo len čiastočnej náhrade mliečnych proteínov proteínmi sójovými alebo arašidovými. Sójové proteíny sú v porovnaní s mliečnymi jednoznačne dlhšie, majú komplexnú kvartérnu štruktúru a nie sú fosfoproteíny. Bachmann taktiež popisuje, že pri použití podzemnicových alebo sójových proteínov zostáva syrová imitácia mäkšia a menej gumová s prídavkami rastlinných proteínov.

Jedným z príkladov je syr sufu, vyrábaný z fermentovanej sóje [3]. Tento syr má krémovú konzistenciu, pričom sa dá veľmi dobre rozotierať. Syr typu sufu sa vyrába fermentovaním syra tofu pomocou špeciálnych druhov mikroorganizmov a následným zrením v soľnom roztoku spolu s alkoholom [7]. Huang a kol. [28] použili metódu ^1H NMR a HS-SPME-GC-MS na identifikáciu a kvantifikáciu neprchavých aj prchavých polárnych metabolitov počas fermentácie syru sufu. Počas fermentácie boli najpočetnejšími cukrami glukóza a fruktóza, avšak na konci kvasenia po 60 dňoch sa ich koncentrácia znížila. Aminokyseliny boli hlavným metabolitom kvasenia, ich koncentrácia sa v začiatkovej fáze výrazne zvyšovala, neskôr došlo k ich ustáleniu množstva.

2.7.4 Škrob

Škrob je zásobný polysacharid rastlín zložený z dvoch podjednotiek, a to amylózy a amylopektínu. Molekuly škrobu sú zložené z jednotiek glukózy spojených α -1,4 a α -1,6 glykozidickými väzbami. Pri výrobe syrov je škrob používaný ako náhrada tuku, keďže odborníci odporúčajú znížiť ich príjem hlavne kvôli zdravotným dôvodom. Toto má však dopad na výslednú textúru syra [29]. V prípade náhrady mliečného tuku za škrob pri výrobe syrového analógu dochádza k zhoršeniu chuťových vlastností a k strate krémovej a maslovej chute [3]. Škrob je taktiež používaný preto, lebo funguje synergicky s proteínmi za vzniku gélu [30]. Masotti a kol. [1] uvádzajú, že keď je použitý škrob pri výrobe syrového analógu celkovo tvorí 10-15 % celkovej hmotnosti kazeínu, čo je po prepočítaní 2-4 % hmotnosti syrového analógu.

2.7.5 Emulgačné soli

Emulgačné, alebo inak nazývané aj taviace soli, nie sú po chemickej stránke emulzifikátory, pričom nutne nemusia byť ani povrchovo aktívne látky [16]. Emulgačné soli zaisťujú v priebehu výroby syrových analógov a tavených syrov, aby sa zmes pri vysokej teplote 85 °C nerozdelila na tri fázy – vyzrážanú bielkovinu na dne, vodnú fázu v strednej vrstve a oddelený voľný tuk na povrchu. Emulgačné soli zaisťujú v priebehu tavenia výmenu vápenatých iónov v tavenine za ióny sodné, rozpúšťajú bielkoviny, umožňujú emulgáciu tuku, podieľajú sa na väzbe vody a upravujú pH [19]. Pôsobia na bielkoviny a robia ich napučateľnými [31].

Ako emulgačné soli sa používajú citráty, ortofosfáty, pyrofosfáty a polyfosfáty [14]. Z citrátov je najpoužívanejší citrát trisodný. Pri použití citrátu disodného dochádza k vysokému pH výsledného produktu a nechcenému uvoľňovaniu vody. Citrát sodný zapríčiňuje taktiež vysoké pH, pri jeho použití dochádza k slabej emulzifikácii a výsledný produkt je drobivý. Z fosfátov sa najviac používajú sodné soli ortofosfátov [13]. K zabráňovaniu oddelenia vody, tuku a bielkovín po ochladení sa taktiež môžu použiť sodné soli kyseliny mliečnej [31].

2.7.6 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy spolu s emulgačnými soľami sú klasifikované ako stabilizátory. Pri výrobe syrových analógov sa využívajú hydrokoloidy polysacharidovej povahy. Pri procese výroby je nutné vedieť presné kombinácie hydrokoloidov a ich množstvo, aby boli dosiahnuté požadované vlastnosti. Taktiež majú schopnosť viazať vodu a stabilizačné vlastnosti, a prispievajú k zníženiu energetickej hodnoty syrových analógov, keď sú použité ako substitúcia za tuk [1].

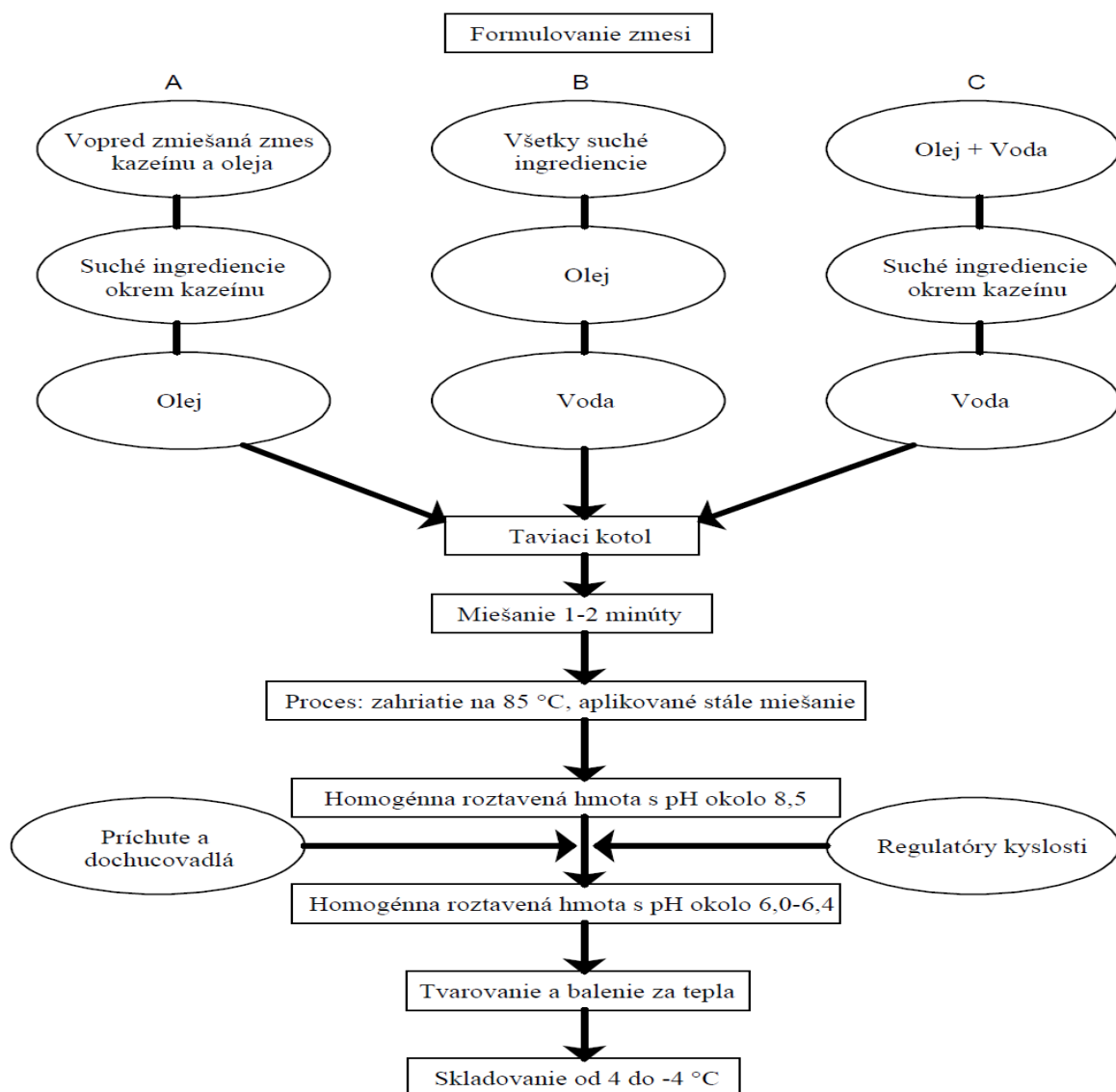
2.7.7 Kyselinotvorné látky

Kyselinotvorné látky, inak nazývané aj regulátory kyslosti, majú za úlohu zabezpečiť pri výrobe syrovej náhrady mikrobiálnu stabilitu. Okrem stabilizačnej funkcie dodávajú výslednému produktu chuťový element [1].

2.8 Postup výroby syrových analógov

Syrové analógy sú vyrábané špeciálne v rozvinutých zemiach pomocou rôznych metód, s rozličnými vlastnosťami a pomocou rôznych produkčných techník, ktoré sú patentované [14]. Všeobecný výrobný postup určený na výrobu syrového analógu z kazeínu zahŕňa niekoľko základných fyzikálno-chemických procesov [13]:

- väzba vápnika z kazeínu prídavkom emulgačných solí pri vysokej teplote (typicky 80-84 °C)
- úprava (zvýšenie) pH zmesi prídavkom emulgačných solí
- sprievodná hydratácia kazeínu emulgačnými soľami je aplikovaná teplota a intenzívne miešanie
- disperzia pridaných tukov a ich emulzifikácia pomocou para-kazeinátu
- formovanie štruktúry počas chladenia



Obrázok 2 Tri (A, B, C) typické výrobné procesy používané pri výrobe analógu Mozzarely [13]

Celý proces sa skladá z formulácie zmesi surovín obsiahnutých v Tabuľke 5, miešania, zohrievania, intenzívneho miešania, balenia za tepla a chladenia. Celý proces trvá v rozsahu 8-13 minút [1]. Fyzikálno-chemické vlastnosti sú závislé od teploty topenia, od času, koľko je celá hmota premiešavaná [3]. Sice sa procesy výroby odlišujú, typický výrobný proces pozostáva z týchto krokov: súčasné pridávanie požadovaného množstva vody a suchých ingrediencií (kazeín, emulgačné soli), prídavok oleja a zahriatie, až sa dosiahne 85 °C (použitie priameho vstrekovania pary) za stáleho miešania, pokým sa dosiahne uniformnej homogénnej tavenej hmoty. Dochucovadlá a regulátory pH (kyselina citrónová) sa pridajú do masy a zmes je premiešavaná v čase 1-2 minúty a balené za horúca. Horizontálne tavičky s dvoma miešadlami pracujú pri rýchlosti 40 otáčok za minútu [13]. Masotti a kol. [1] uvádza priemernú rýchlosť 100-200 otáčok za minútu, pričom sa môžu použiť aj jednomiešadlové

tavičky. Takýto dizajn zabezpečí adekvátne miešanie a relatívne nízky stupeň mechanického namáhania. Takéto podmienky spolu so správnou formuláciou podporujú nízky stupeň disperzie tuku, takže vznikajú relatívne veľké guľôčky tuku. Tohto sa využíva pri použití syrových analógov ako prísad na pizzu. Prídavok kyseliny na konci procesu zaručí vysoké pH pri miešaní surovín. Tento postup sa používa vtedy, keď je nerozpustný syridlový proteín primárnou proteínovou zložkou [13]. Počas procesu chladenia sa homogénna hmota ustáľuje a z homogénnej viskózne hmoty sa stáva mäkký a roztierateľný až nakoniec tvrdý matrix so schopnosťou krájania [1].

Tabuľka 5 Typická formulácia zmesi pre výrobu syrového analógu typu Mozzarella [13]

<i>Surovina</i>	<i>Hmotnostný podiel (%)</i>
Kazeíny a kazeináty	18-24
Rastlinný olej	22-28
Škrob	0,0-3
Emulgačné soli	0,5-2
Príchute a dochucovadlá	0,5-3
Stabilizátory	0,0-0,50
Okysľujúce činidlo	0,2-0,36
Farbivá	0,04
Konzervanty	0,1
Voda a kondenzát	45-55

2.9 Aromatické látky

Množstvo konzumovanej potravy a jej využiteľnosť priamo závisí od senzorickej akosti. Zmyslovú akosť určujú prítomné senzoricky aktívne látky. Sú to látky, ktoré vnímame zmyslami, teda chuťou, čuchom, zrakom alebo aj hmatom [32].

K najvýznamnejším senzoricky aktívnym látkam patrí [32]:

- látky vonné (vôňa potravín)
- látky chuťové (chuť potravín)
- farbivá
- látky prispievajúce k textúre

Táto práca je zameraná na stanovenie prchavých (aromatických) látok vo vzorkách tavených syrových analógov, v tejto kapitole sú preto charakterizované hlavné skupiny aromatických látok.

Vôňa potravín je často spôsobená nie jednou látkou, ale súborom vonných látok. Celkový počet vonných látok prítomných v potravinách sa odhaduje na 10 000. Intenzita a kvalita vône aj chute závisí taktiež od ďalších zložiek potravín, predovšetkým bielkovín, sacharidov a lipidov, s ktorými vonné látky interagujú. Chuťové látky sú obvykle polárne, vo vode rozpustné neprchavé zlúčeniny, naopak látky vonné sú prchavé a vo vode nerozpustné [32]. Chemická kompozícia matrice priamo ovplyvňuje uvoľňovanie a vnem chute/vône potravín [33]. K analýze vonného charakteru sa dá použiť olfaktometria zapriahnutá do analýzy GC-MS, v ktorej sa súčasne získa kvalita, kvantita a špeciálna aróma sledovanej látky [34].

2.9.1 Uhl'ovodíky

Uhl'ovodíky sa vyskytujú v potravinách spravidla v stopovom množstve. Môžu byť prirodzenou súčasťou lipidického podielu potravín, napríklad rastlinných olejov [35]. Tukey a oleje sú často prekurzormi arómy, pričom tieto produkty dodávajú buď príjemnú arómu typickú pre čerstvé ovocie a zeleninu, niektoré naopak nepríjemný pach často spôsobujúci problémy so skladovaním týchto potravín a s ich spracovaním [18]. Alkány, alkény, alkadiény a alkatriény vznikajú z nenasýtených mastných kyselín oxidáciou, príkladom je pentán vznikajúci z linolovej kyseliny [32]. Niektoré alkány, alkény a alkíny môžu byť zložkami rôznych druhov silíc, napríklad citrónovej. Častou zložkou v požívatinách sú terpény. [35].

Terpénové uhl'ovodíky tvoria zložky arómy prakticky všetkých druhov ovocia, zeleniny a korenia. V pomarančoch tvoria 90-99 % vonných látok, v mrkve 80 %, 70-80 % vonných látok čierneho korenia tvoria monoterpénové uhl'ovodíky [32]. Príkladom terpénov v čiernom korení je α -pinén, sabinén, β -karyofylén, v rasci sa nachádza karvón, limonén, v tymiáne sú tymol, p-cymol, karvakrol a linalol [35].

2.9.2 Alkoholy

Alkoholy a taktiež fenoly sa dajú formálne považovať za prvý stupeň oxidačnej rady uhl'ovodíkov. Alkoholy bývajú primárnymi a sekundárnymi vonnými a chuťovými látkami potravín rastlinného aj živočíšneho pôvodu [32]. V potravinách môžu byť prítomné rôzne alifatické, terpénové, aromatické a heterocyklické alkoholy. Ako prirodzené zložky potravín vznikajú enzýmovými reakciami najčastejšie zo sacharidov a aminokyselín. Vysoký obsah majú v alkoholických nápojoch. Súčasťou esenciálnych olejov sú niektoré alkoholy, najmä terpénové, ktoré ovplyvňujú arómu ovocia [35].

Etanol je najčastejšie obsiahnutý v rastlinách ako súčasť esterov mastných kyselín v prchavom podiele rôznych aromatických zložiek alebo spolu s inými alkoholmi v rôznych mliečne fermentovaných výrobkoch [35]. Pri etanolovom kvasení vzniká okrem etanolu rad vyšších alifatických alkoholov s výraznou arómou, ktoré sa nazývajú pribudlina, ktoré sú veľmi dôležitou aromatickou zložkou napríklad whisky [32].

Nenasýtené alifatické alkoholy sa vyznačujú arómou čerstvého ovocia, zeleniny a húb. Príjemnú bylinnú vôňu má 3-hexén-1-ol inak, nazývaný aj listový alkohol. Podobnou vôňou sa vyznačujú aj hexanál, (*E*)-2-hexanál a (*E*)-2-pentanál. Terpénové alkoholy vykazujú zväčša sladkú, ťažkú, kvetinovú arómu. Najvýznamnejší z nich je linalol, citranelol, geraniol a jeho izomér nerol [32]. Aromatické alkoholy bývajú prirodzenými zložkami silíc. Príkladom je škoricová silica, ktorej hlavnou zložkou je škoricový alkohol [35].

V syre typu Camembert sa nachádza 1-oktén-3-ol, za kvetinovú arómu je v tomto syre zodpovedný 2-fenyletanol. V syroch s mazom na povrchu sa ako aromatické látky uplatňujú fenol a krezol. V aróme syrov typu Ementál a Gruyere sa taktiež uplatňujú alkoholy [32].

2.9.3 Aldehydy

Takmer všetky nasýtené alifatické aldehydy majú význam ako vonné látky. Z nenasýtených alifatických alkoholov sú dôležité monoterpénové aldehydy [32]. Už v nízkych koncentráciách ovplyvňujú arómu. Arómu ovplyvňujú pozitívne, ale aj negatívne, hlavne pri nežiadúcich zmenách senzorickej a výživovej hodnoty. Prenikavým až stuchnutým

pachom sa vyznačujú aldehydy s počtom uhlíkov 1-7, aldehydy s počtom uhlíkov 8-14 majú príjemnú arómu, aldehydy s viac ako 14 uhlíkmi nie sú už prchavé [35].

Formaldehyd má štipľavú vôňu, acetaldehyd má štipľavú ovocnú vôňu, hexanál má lojovitú vôňu, heptanál olejovitú [32]. Medzi významné aromatické aldehydy patrí škoricový aldehyd, benzaldehyd a vanilín, ktorý je charakteristickou zložkou arómy vanilky [35]. V sójovej omáčke sa nachádza 3-metylbutanál a 2-metylbutanál, ktoré jej dodávajú „maltózovú“ vôňu [34]. 3-metylbutanál, hexanál a benzaldehyd tvoria arómu syra Comté [36].

2.9.4 Ketóny

Mnohé ketóny sa vyznačujú charakteristickým pachom, preto sa uplatňujú ako žiadúce alebo tiež nežiadúce zložky rôznych aróm. Z aromatického hľadiska sú zaujímavé metylketóny, napríklad propanón, pentán-2-ón, heptán-2-ón, nonán-2-ón, a undekán-2-ón. Pri aromatizácii syrov sa využívajú posledné tri. Ako významné aromatické látky sú zväčša monoterpénové ketóny, medzi ktoré patrí karvón ako zložka rascovej a kôprovej silice, dihydrokarvón ako zložka taktiež rascovej silice a mätovej silice. Najvýznamnejšími predstaviteľmi hydroxykarbonylových a dikarbonylových zlúčenín sú acetoín a biacetyl. Obe majú ostrú, dráždivú vôňu a chuť, v zriedení pripomínajúcu maslo. V alkoholických nápojoch sú tieto látky nežiadúce, keďže sú indikátorom oxidácie alebo bakteriálnej kontaminácie [32].

2.9.5 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny sú významnou zložkou niektorých druhov potravín, najmä rastlinného pôvodu, pretože ovplyvňujú ich sensorickú hodnotu a technologické vlastnosti [35]. Kyselina mravčia sa ako aromatická látka nachádza buď ako voľná, alebo ako esterifikovaná predovšetkým v zeleninách, v ovocí a tiež v alkoholických nápojoch [32]. Taktiež sa môže nachádzať v syroch s plesňou [35].

Kyselina octová je najbežnejšia monokarboxylová kyselina nachádzajúca sa v potravinách. V potravinárstve má veľké využitie, keďže je hlavnou zložkou potravinárskych octov, ktoré sú vyrábané mikrobiálnou oxidáciou etanolu, ovocných vín alebo muštu baktériami rodu *Acetobacter* [32].

Ďalšími významnými kyselinami sú kyselina propiónová, ktorá spolu s kyselinou maslovou vznikajú pri fermentácii. Výskyt kyseliny propiónovej bol zistený v pive, kyslej kapuste a v syroch, kyselina maslová sa vyskytuje napríklad v hubách [35]. Vo víne sa nachádza kyselina jablčná s kyselinou vínnou, ktoré mu dodávajú špecifickú chuť/vôňu [32].

Arómu syra typu Tilsit tvoria majoritne kyseliny butánová, 3-metylbutánová, hexánová a oktánová [36].

2.9.6 Estery mastných kyselín

Organické kyseliny sa v potravinách vyskytujú v potravinách spolu s esterami. Jednosýtné kyseliny tvoria s jednosýtnymi alkoholmi prchavé estery, ktoré sú súčasťou primárnej arómy niektorých surovín rastlinného pôvodu, najmä ovocia. Estery aromatických kyselín a aromatických alkoholov sú podstatne vzácnejšie [35].

Vôňu ananásu tvoria najmä estery alylkapronát, butylacetát, butylizobutanoát a metylkapronát. Dietylmalonát a metylizovalerát tvoria arómu jablák. Brandy a whisky majú vôňu po amylkapryláte, rum má vôňu po etyllaktáte [32].

2.9.7 Sírne zlúčeniny

Zlúčeniny síry sú veľmi dôležitou skupinou aromatických látok určujúcich alebo významne ovplyvňujúcich žiaducu arómu rôznych druhov potravín. Často môžu byť nositeľom nepríjemného pachu a pachute. Často bývajú primárnymi vonnými látkami potravín rastlinného pôvodu, sú významnými zložkami arómy kávy, mäsa a iných potravín [32]. Najdôležitejšie sírne prchavé zlúčeniny sú sulfán, tioly, sulfidy, izotiokyanáty, a sírne heretocyklické zlúčeniny [35].

V potravinách má sulfán nízku koncentráciu, takže sa negatívne neprejavuje. Vplyvom dlhšieho skladovania v plechových obaloch dochádza ku vzniku sulfidov kovov. Sulfán je taktiež indikátorom zdravotnej a hygienickej nezávadnosti potravín [35]. Vyššie koncentrácie sulfánu v potravinách bohatých na proteíny sú spojované s hnilobnými procesmi [32].

Dialyldisulfid je vonnou a chuťovou látkou cesnaku, 2-izobutyltiazol je významnou vonnou zložkou čerstvých rajčín, propantiol je významnou zložkou arómy cibule a póru, dimetylsulfid je významnou zložkou arómy čaju, kávy, kaka [32]. Heterocyklické sírne zlúčeniny môžu byť prirodzenými zložkami potravín, ale najčastejšie vznikajú sekundárne reakciami neenzymového hnednutia, ktoré intenzívnou mierou ovplyvňujú sensorickú hodnotu predovšetkým tepelne upravených potravín, a to mäsa, húb, cibule, zemiakov alebo mliečnych výrobkov [35].

2.9.8 Dusíkaté zlúčeniny

Z dusíkatých látok sa najviac ako aromatické látky uplatňujú amoniak, niektoré amíny, imíny, amidy karboxylových zlúčenín, ale najmä dusíkaté heterocyklické zlúčeniny. V nekyslých potravinách sa vyskytujú prevažne ako vonné látky, v kyslých potravinách sa nachádzajú ako neprchavé soli. Amíny sa nachádzajú prakticky vo všetkých potravinách, preto sa vyskytujú taktiež v ovocí alebo v alkoholických nápojoch. V nekyslých potravinách sú dôležitou zložkou arómy potravín živočíšneho pôvodu, ako sú napríklad syry, ryby a iné mäso. Alifatické a cyklické amidy sú zložky arómy mäsa kreviet, krabov a iných morských kôrovcov. Z aromatických dusíkatých zlúčenín sú významné pyroly, ktoré majú intenzívnu vôňu ktorá je v niektorých zlúčenín nepríjemná, u iných pripomína karamel, oriešky alebo čokoládu. Imidazoly sa uplatňujú zväčša ako chuťové látky, keďže sú neprchavé [32].

2.10 Analytické metódy stanovenia aromatických látok

Zlúčeniny, ktoré sú zodpovedné za arómu, sú malou frakciou spomedzi komplexnej zmesi prchavých látok, ktoré sú obsiahnuté v potravinách. Keďže je pomerne namáhavé a nákladné tieto látky študovať, je dôležité určiť najviac efektívne aromatické látky pred hĺbkovou analýzou [34]. Široké pole zlúčenín, ktoré tvoria arómu syra sú prchavé látky, preto existuje mnoho extrakčných techník s úlohou izolovať a koncentrovať prchavé látky. Najviac používané techniky izolácie prchavých látok sú destilácia-extrakcia, simultánna destilácia-extrakcia (SDE), termálna desorpcia (TD), mikroextrakcia pevnou fázou (SPME) [36].

Keďže je v experimentálnej časti v tejto práci použitá metóda HS-SPME-GC-MS, v nasledujúcich statiach bude opísaná metóda SPME, plynová chromatografia a hmotnostná spektrometria.

2.10.1 Mikroextrakcia pevnou fázou

SPME je technika určená pre prípravu vzorky, pričom je táto technika praktická, rýchla a priateľská ku životnému prostrediu. Vo svojej podstate sa nemusí použiť rozpúšťadlo. SPME bola rozvíjaná, aby spojila vzorkovanie, izoláciu a obohacovanie do jedného kroku [37]. Najväčšia výhoda SPME je v extrémoch objemov vzoriek. Keďže je celkový nástroj malý a praktický, obalené vlákna SPME dokážu extrahovať analyty z veľmi malých vzoriek [38].

Táto metóda funguje na princípe extrakcie pevnou fázou, ktorou je v prípade SPME špeciálny povlak alebo obalová vrstva nanosená na kremennom vlákne. Pre rôzne aplikácie sú používané rôzne obalové vrstvy. Samotná citlivosť metódy závisí od objemu použitej obalovej vrstvy. Výber a dizajn špeciálneho povlaku môže byť založený na tom, kam bude vzorka pokračovať, príkladom je použitie povrchu spoločného s afinitnou chromatografiou [38].

Pri mikroextrakcii pevnou fázou rozpoznávame tri základné typy extrakcií [38]:

- priama extrakcia
- headspace (HS) extrakcia (s voľným objemom nad vzorkou)
- prístup s membránovou ochranou

Priama extrakcia sa vyznačuje tým, že obalené vlákno je nasunuté priamo do vzorky, pričom sú analyty transportované priamo z matrice vzorky do extrakčnej fázy. V headspace extrakcii analyty potrebujú byť transportované cez prekážku, ktorou je vzduch, aby sa dostali na povrch vlákna. Množstvo extrahovaného analytu z tej istej vialky v rovnováhe použitím priamej a headspace extrakcie sú identické, pokiaľ je objem vzorky a voľný objem nad vzorkou rovnaký [38].

Analytický prístroj, ktorý je používaný najčastejšie s SPME, je plynový chromatograf [38]. Vo všeobecnosti sa dá SPME použiť s plynovou/kvapalinovou chromatografiou alebo plynovou/kvapalinovou chromatografiou spojenou s hmotnostnou spektrometriou. SPME môže byť využité aj spojením len so samotnou hmotnostnou spektrometriou [37]. K skúmaniu aromatického profilu je z SPME najvýhodnejšia headspace extrakcia [34].

2.10.2 Plynová chromatografia

Pojem chromatografia je zložitý definovať, pretože tento pojem býva použitý vo veľkom množstve systémov a techník. Avšak, všetky tieto metódy majú spoločné použitie fáz, a to stacionárnej a mobilnej. Zložky zmesi sú unášané cez stacionárnu fázu prúdom mobilnej fázy. Separácia je založená na rôznej migračnej rýchlosti zložiek zmesi [39]. Chromatografia ako metóda inštrumentálnej analýzy je schopná produkcie informácií, ktoré opisujú kvantitatívne a kvalitatívne zloženie zmesi [40].

Plynová chromatografia sa využíva k deleniu zmesi látok dynamického systému s plynnou mobilnou fázou. Zložky vzorky sa v tomto systéme delia po prevedení do plynnej fázy. Používa sa na separáciu, identifikáciu a stanovenie zložitejších zmesí plynov a prchavých látok, ale predovšetkým organických zlúčenín s bodom varu menším než 400 °C.

V plynovej chromatografii sa najčastejšie používa elučná technika vnášania vzorky po jedno rázovom nástreku na kolónu [41].

2.10.2.1 Inštrumentálne usporiadanie

Základná schéma jednodimenzionálneho usporiadania chromatografu je tvorená šiestimi samostatnými funkčnými časťami [42]:

- nosný plyn – pri nosnom plyne sa reguluje rýchlosť prietoku
- injektor – dochádza ku nástreku vzorky
- kolóna – dochádza k chromatografickému deleniu
- detektor – množstvo je premenené na signál
- signál – dochádza k elektronickému spracovaniu
- vyhodnotenie – prepočet signálu na množstvo

Zdrojom nosného plynu je tlaková nádoba, obsahujúca vodík, dusík, hélium alebo argón. Voľba nosného plynu je často určená druhom kolóny [43]. Voľba nosného plynu má vplyv na separačnú účinnosť v dôsledku rozdielnych difúzných koeficientov. Nosný plyn slúži len k transportu zložiek kolónou, sám neinteraguje so separovanými zložkami alebo so stacionárnou fázou [41].

Injektory majú za úlohu dávkovať analyzovanú vzorku na začiatok kolóny, previesť vzorky do plynného skupenstva a vniesť ju do prúdu nosného plynu. Nástrek do kolóny je základnou metódou u náplňových kolón [43]. Injektory s deličom (split) sa používajú v prípade vzorky obsahujúcej veľké množstvo analyzovaných komponentov. Dávkovanie bez deliča (splitless) sa používa pri analýze zriedených roztokov [41].

Kolóny určené pre plynovú chromatografiu sú náplňové a kapilárne. Chromatografické kolóny sa líšia v dĺžke od 2 m až po 50 m. Vyrobené bývajú z nehrdzavejúcej ocele, kremenného skla alebo teflónu. Tieto kolóny bývajú stočené do cievok s priemerom od 10 cm do 30 cm [39].

Detektory sú zariadenia reagujúce na zmeny zloženia pretekajúcej mobilnej fázy, ktoré prevádzajú na elektricky merateľné veličiny. Detektory umožňujú registráciu jednotlivých zón separovaných zložiek, ich identifikáciu a kvantifikáciu [41]. V praxi sú používané tepelne-vodivostný detektor, plameňový ionizačný detektor, detektor elektrónového záchytu, fotoionizačný detektor a iné [43].

2.10.3 Hmotnostná spektrometria

Princípom hmotnostnej spektrometrie je vytvoriť, separovať a detekovať pozitívne a negatívne ióny v plynnom skupenstve. Keďže sú vzorky typicky nábojovo neutrálne, ako prvé musia byť ionizované [44]. Hmotnostné spektrum predstavuje záznam relatívnej početnosti iónových druhov, vzniknutých procesom ionizácie pôvodnej častice, v závislosti od pomeru ich hmotnosti a neseného náboja [41]. Pri vhodnej kombinácii s inou metódou musí byť hmotnostná spektrometria zaradená vždy ako posledný stupeň [45].

Základnými súčasťami každého hmotnostného spektrometru sú [41]:

- iónový zdroj
- hmotnostný analyzátor (separátor)
- detektor

Pri hmotnostnej spektrometrii sa molekuly vzorky prevádzajú rôznymi excitačnými postupmi vo vákuu alebo v plynnom prostredí na ióny [45]. Ióny vznikajú na základe dodania dostatočného množstva energie [41]. V súčasnej dobe sa väčšinou v organickej stopovej analýze používa 5 budiacich postupov, ktorými sú ionizácia nárazom elektrónov, chemická ionizácia, ionizácia poľom, desorpcia poľom a ionizácia pri atmosférickom tlaku [45].

Hmotnostné analyzátory môžu obecné pracovať v dvojakom móde – tzv. full scan, snímanie hmotnostných spektier periodicky v čase alebo sledovanie intenzity jednej alebo niekoľko vhodne zvolených iónových druhov v čase. Medzi základné druhy analyzátorov sa zaraďujú magnetický analyzátor, elektrostatický analyzátor, kvadrupolový analyzátor, iónová pasca a prietový analyzátor (analyzátor doby priletu TOF) [41].

Existujú rôzne možnosti dôkazov oddelených iónov. Typy používaných detektorov súvisia s celkovou konštrukciou zariadenia. Pri väčšine sa využíva Faradayova klietka, po konverzii kladných a záporných iónov na elektróny elektrónového násobiča, prípadne po dopade konvertovaného elektrónu na scintilačnú dosku fotofásobiča [41].

Keďže ióny, vznikajúce riadeným postupom ionizácie nemôžu meniť neriadene svoju energiu, a to hlavne nechcenými zrážkami, je nutné udržiavať v celom systéme tlak na nízkych hodnotách [41].

2.10.4 Plynová chromatografia-hmotnostná spektrometria

Spojenie GC-MS je v súčasnosti technicky zvládnuté, komerčne bežne dostupné a je to najobvyklejší spôsob aplikácie hmotnostnej spektrometrie, ktorý sa uplatňuje pri sledovaní technologických procesov, akostných parametrov surovín či výrobkov, alebo pri analýze objektov životného prostredia [41].

Pri pripojení plynového chromatografu k hmotnostnému spektrometru je základným problémom tlaková nekompatibilita. Tlak na výstupe kolóny je približne atmosférický, ale iónové zdroje používané pre túto kombináciu pracujú optimálne za vysokého alebo za veľmi nízkeho tlaku [42].

Párovanie kapilárnej kolóny k hmotnostnému spektrometru je možné dosiahnuť uvedením eluátu z kolóny do iónového zdroja hmotnostného spektrometra, ktorý operuje vo väčšine prípadov vo vákuu. Tohto sa dá dosiahnuť buď priamo, alebo pomocou prepojenia. Prúd nosného plynu prichádzajúceho do iónového zdroja nesmie byť príliš veľký, aby nedošlo k porušeniu vákuu v iónovom zdroji, čo by spôsobilo zhoršenie kvality identifikácie [40].

3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

3.1 Laboratórne vybavenie

3.1.1 Prístroje

- Plynový chromatograf Trace™ 1310 so split/splitless injektorom (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Hmotnostný detektor ISQ™ LT Single Quadrupole (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Knižnica spektier NIST/EPA/NIH, verzia 2.0 (Gaithersburg, Maryland, USA)
- Analytické digitálne váhy HELAGO, GR-202-EC, Taliansko
- Počítač PC, Intel Pentium Procesor
- Chladnička

3.1.2 Pracovné pomôcky

- SPME vlákno DVB/CAR/PDMS 50/30 µm, Supelco, Bellefonte, Pennsylvania, USA;
- Vialky s objemom 10 ml so skrutkovacím magnetickým uzáverom
- Bežné laboratórne sklo a pomôcky

3.2 Analyzované vzorky

V experimentálnej časti bolo analyzovaných celkom 7 modelových vzoriek tavených syrových analógov (40 % suš., 50 % tuku v sušine) s obsahom rôznych tukov/olejov.

Vzorky boli vyrobené na Univerzite Tomáša Baťu v Zlíne štandardným technologickým postupom pre výrobu tavených syrov (viď kapitola 2.8)

Na výrobu boli použité: eidamská tehla (30 % tuku v sušine) (Kromilk a.s.), maslo a vybrané tuky, zakúpené v bežnej tržnej sieti, voda a taviace soli (Fosfa a.s.).

Taviaci zohrev 90 °C 1 min., celková doba spracovania 10 min.

Prvá séria vzoriek bola vyrobená z kokosového, palmového a zmesového tuku. Zmesový tuk: obsah tuku 73 %, z toho 85 % rastlinného (palmový, repkový, bambucký, kokosový olej) a 15 % mliečného tuku.

Druhá séria vzoriek bola pripravená z masla, s prídavkom marhuľového, hroznového, ľanového a ríbezl'ového oleja. Rastlinný olej tvoril vždy 1 % z celkového obsahu tuku vo vzorkách.

Vzorky boli skladované v chladničke pri teplote < 6 °C, v rámci tejto práce boli analyzované vzorky po 5 mesiacoch skladovania.

3.3 Použitá metóda HS-SPME-GC-MS

3.3.1 Príprava vzoriek k analýze

Vzorky boli dodané v tégliku ochráneným hliníkovým viečkom. Po odstránení veka bola hmota vzorky zhomogenizovaná premiešaním. Následne boli 2 gramy vzorky navážené do vialky (viď Obrázok 3). Vialka bola uzavretá magnetickým uzáverom a umiestnená do autosampléra plynového chromatografu.



Obrázok 3 Navážka vzorky vo vialkách

3.3.2 Podmienky HS-SPME-GC-MS analýzy

Podmienky SPME extrakcie:

- Doba inkubácie (temperovanie): 10 min
- Doba extrakcie: 20 min
- Teplota agitátora (teplota extrakcie a inkubácie): 40 °C
- Agitátor zapnutý: 5 s
- Agitátor vypnutý: 60 s
- Množstvo vzorky: 2 g
- Hĺbka ponorenia vlákna do vialky: 20 mm

Podmienky GC-MS analýzy:

- Kapilárna kolóna TG-WaxMS (30 m x 0,25 mm x 0,5 µm)
- Teplota injektora (desorpcia): 240 °C
- Doba desorpcie: 20 min
- Dávkovanie: splitless, ventil uzavretý 10 min
- Hĺbka ponorenia vlákna do injektora: 40 mm
- Nosný plyn: hélium, prietok 1 ml/min
- Teplotný program: 40 °C s výdržou 2 min, vzostupný gradient 3 °C/min, do 110 °C s výdržou 10 min, vzostupný gradient 3 °C/min do 200 °C s výdržou 0 min, celková doba analýzy 65 min
- Hmotnostný detektor v móde EI
 - Energia ionizačných elektrónov 70 eV
 - Teplota iónového zdroja: 200 °C
 - Skenovací rozsah m/z: 30-370 amu
 - Rýchlosť skenovania: 0,2 s

3.3.3 Vyhodnotenie a štatistické spracovanie výsledkov analýzy

Prchavé látky boli identifikované pomocou programu Xcalibur 2.2 (Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, MA, USA) porovnaním hmotnostných spektier s knižnicou spektier, obsah identifikovaných zlúčenín je vyjadrený semikvantitatívne pomocou plôch príslušných píkoch chromatogramu. Výsledky sú prezentované formou grafov. Vzorka bola vždy analyzovaná dvakrát ($n=2$).

Výsledky boli spracované pomocou programu MS Excel 2016. Pri nameraných dátach bol priemerný retenčný čas vypočítaný ako aritmetický priemer pre jednotlivé analýzy (T_R).

Štatistická významnosť rozdielov medzi vzorkami bola vyhodnotená pomocou dvojvýberového párového t-testu na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Táto bakalárska práca je súčasťou rozsiahlejšej štúdie zameranej na výrobu a komplexnú charakterizáciu tavených syrových analógov. Projekt prebieha v spolupráci s Univerzitou Tomáša Baťu v Zlíne, hlavným cieľom je navrhnúť výrobu analógov tavených syrov s obsahom rastlinných tukov, tak aby mali dobrú senzorickú kvalitu a prípadne zvýšenú nutričnú hodnotu.

Modelové vzorky sú vyrábané na Univerzite Tomáša Baťu v Zlíne. Ako zdroj mliečnych bielkovín v analógoch sa v praxi najčastejšie používa kazeín, v našom prípade bola ako základná surovina pre výrobu vzoriek použitý eidamský syr, čo nie je v praxi časté vzhľadom na vyššiu cenu prírodných syrov; cieľom bolo dosiahnuť lepšiu chuť vzoriek.

V rámci prvého experimentu boli vzorky vyrobené s použitím kokosového, palmového a zmesového tuku. Tieto tuky boli vybrané ako najčastejšie v praxi používané, vzhľadom na ich pomerne ľahkú dostupnosť.

Druhá séria vzoriek bola vyrobená z masla s prídavkom za studena lisovaných olejov marhuľového, hroznového, ľanového a ríbezľového. V tomto prípade rastlinný olej (vzhľadom na vyššiu cenu) tvoril len 1 % z celkového obsahu tuku vo vzorkách. Tieto oleje boli vybrané s cieľom zvýšiť senzorickú kvalitu (chuť) a nutričnú hodnotu vyrobených vzoriek.

Počas výroby a skladovania modelových vzoriek je sledovaný rad fyzikálnych, chemických, mikrobiologických a senzorických parametrov, v rámci tejto práce to bolo stanovenie aromatických látok, ktoré významným spôsobom ovplyvňujú chuť vzoriek. Na ich stanovenie bola zvolená jednoduchá a šetrná metóda HS-SPME-GC-MS za podmienok uvedených v kapitole 3.3. Táto metóda je zavedená na ÚCHPBT a je používaná v rámci diplomových a bakalárskych prác.

Hlavným cieľom práce bolo porovnanie vzoriek na základe profilu aromaticky aktívnych látok a posúdenie vplyvu použitého tuku na počet a obsah aromatických látok vo vzorkách.

Táto práca nadväzuje na predchádzajúce experimenty, vzorky boli analyzované až po pomerne dlhej dobe skladovania (5 mesiacov). Trvanlivosť kvalitných tavených syrov by mala byť až niekoľko mesiacov, predovšetkým v závislosti pod použitého obalu, v prípade analógov i dlhšia. Vedľajším cieľom teda bolo posúdiť trvanlivosť vzoriek.

4.1 Identifikácia prchavých látok vo vzorkách analógov

Identifikácia prchavých látok bola vykonaná porovnaním hmotnostných spektier s dostupnou knižnicou spektier. Prehľad všetkých identifikovaných látok zlúčenín vo všetkých vzorkách je uvedený v Tabuľke 6.

Vzhľadom na mierne odchýlky retenčných časov je vždy uvedený priemer zo všetkých meraných vzoriek (n=14).

Symbol „√“ v Tabuľke 6 udáva prítomnosť danej zlúčeniny vo vzorke.

Vo všetkých vzorkách bolo predbežne identifikovaných 152 zlúčenín, z toho bolo 25 alkoholov, 24 aldehydov, 15 ketónov, 10 kyselín, 34 esterov, 2 alkény, 7 aromatických uhl'ovodíkov, 17 terpenoidov, z toho 6 terpénových uhl'ovodíkov, 7 terpénových alkoholov, 1

terpénový aldehyd, 2 terpénové ketóny, 1 terpénový éter, 4 furány, 5 fenolov, 3 étery, 4 laktóny, 1 anhydrid a 1 sírna zlúčenina.

Získané chromatogramy sú uvedené v Prílohách 1-7. Z každej vzorky bol vybratý jeden reprezentatívny chromatogram.

Z Tabuľky 7 je zrejmé, že vo vzorkách bolo identifikované veľké množstvo prchavých zlúčenín, nie všetky látky však musia byť nutne aromaticky aktívne, teda vykazovať určitú arómu/pach [32]. Ďalším krokom teda bude overovanie spoľahlivosti identifikácie zlúčenín a skúmanie, či sú skutočne aromatické. Za týmto účelom sa najčastejšie používa olfaktometria [34], jednoduchšie je možné zrovnanie s už publikovanými výsledkami na obdobných matriciach (analógoch, prípadne syroch), čo bude náplňou nadväzujúcej diplomovej práce. Je potrebné spomenúť, že práce venované syrovým analógom, konkrétne ich aromatickým látkam, je dosiaľ publikovaných veľmi málo [46].

Tabuľka 6 Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	ĽO	MO	RO
hexanál	aldehyd	8,73	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2-metylbut-2-én-1-ál	aldehyd	9,26					✓		
2-cyklopentylcyklopentanón	ketón	9,26							✓
etylbenzén	aromatický uhl'ovodík	10,19			✓				
izoamylacetát	ester	10,22				✓			
2-butyľfurán	furán	10,58				✓	✓		
pent-2-én-1-ál	aldehyd	10,63			✓		✓		✓
etylpentanoát	ester	10,68						✓	
3-karén	terpénový uhl'ovodík	10,78							✓
2-etylbut-2-én-1-ál	aldehyd	11,31					✓		
2-metyľpent-2-én-1-ál	aldehyd	11,70					✓		✓
anhydrid kyseliny propánovej	anhydrid	11,82	✓	✓		✓		✓	
pent-1-én-3-ol	alkohol	11,87			✓		✓		✓
kumén	aromatický uhl'ovodík	12,13	✓	✓	✓				
heptán-2-ón	ketón	12,63	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
heptanál	aldehyd	12,75				✓	✓		✓
metyľhexanoát	ester	12,79	✓	✓	✓		✓	✓	
limonén	terpénový uhl'ovodík	13,01	✓	✓	✓	✓		✓	✓
eukalyptol	terpénový éter	13,38		✓				✓	✓
fenyletanál	aldehyd	13,59	✓		✓				
3-metyľhept-2-én	alkén	13,72					✓		
3-metyľbután-1-ol	alkohol	13,73				✓	✓	✓	✓
butyľbutanoát	ester	14,03	✓	✓	✓		✓		
izobutyľbutanoát	ester	14,04		✓					

Tabuľka 6 pokračovanie Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	LO	MO	RO
hex-2-én-1-ál	aldehyd	14,20			✓				
2-etylfenol	fenol	14,22							✓
4-etylfenol	fenol	14,23				✓	✓	✓	✓
butylmetakrylát	ester	14,39					✓		
butylester kyseliny but-2-énovej	ester	14,46	✓						
2-pentylfurán	furán	14,63	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
etylhexanoát	ester	14,72	✓				✓	✓	✓
γ-terpinén	terpénový uhl'ovodík	15,05	✓						✓
hept-4-én-1-ál	aldehyd	15,19					✓		✓
α-felandrén	terpénový uhl'ovodík	15,25	✓						
pentán-1-ol	alkohol	15,54	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
styrén	aromatický uhl'ovodík	15,86	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
o-cymén	aromatický uhl'ovodík	16,21	✓				✓	✓	✓
hexylacetát	ester	16,43	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
p-cymén	aromatický uhl'ovodík	16,44							✓
terpinolén	terpénový uhl'ovodík	16,67	✓						✓
oktán-2-ón	ketón	16,97		✓	✓	✓	✓	✓	✓
metylheptanoát	ester	17,01					✓		
undekán-5-ón	ketón	17,02					✓		
acetoín	aldehyd	17,15	✓	✓	✓		✓	✓	✓
oktanál	aldehyd	17,16				✓	✓		✓
izoamylbutanoát	ester	18,23			✓				
heptylbutanoát	ester	18,26							✓

Tabuľka 6 pokračovanie Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	ĽO	MO	RO
pentylbutanoát	ester	18,32				✓			
heptán-2-ol	alkohol	18,48					✓		
pent-2-én-1-ol	alkohol	18,63				✓	✓		✓
heptán-2-ál	aldehyd	18,73		✓	✓	✓	✓	✓	✓
α-metylstyrén	aromatický uhl'ovodík	19,04	✓	✓	✓				
2-etylhex-2-én-1-ál	aldehyd	19,14				✓			✓
6-metylhept-5-én-2-ón	ketón	19,30		✓	✓	✓	✓	✓	✓
4-hydroxyhexán-3-ón	ketón	19,54		✓					
pentán-3-ol	alkohol	19,56			✓	✓	✓	✓	
anizol	éter	19,59	✓	✓					
hexanol	alkohol	19,93		✓		✓	✓	✓	✓
kyselina glykolová	kyselina	20,23		✓					
1-hydroxybután-2-ón	ketón	20,99			✓		✓		
metyloktanoát	ester	21,43	✓	✓	✓		✓	✓	
nonán-2-ón	ketón	21,44				✓	✓		✓
nonanál	aldehyd	21,64	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
okt-3-én-2-ón	ketón	22,26		✓	✓	✓	✓	✓	✓
okta-3,5-dién-2-ol	alkohol	22,27		✓				✓	
izobutylester kyseliny 2-metylbutánovej	ester	22,34		✓			✓		
butylester kyseliny 4-methylpentánovej	ester	22,35	✓						
butylhexanoát	ester	22,38	✓	✓				✓	
hexylizobutanoát	ester	22,47			✓		✓	✓	
hexylbutanoát	ester	22,48	✓	✓					

Tabuľka 6 pokračovanie Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	LO	MO	RO
hexylester kyseliny 2-metylbutánovej	ester	22,90			✓		✓	✓	
okt-2-én-1-ál	aldehyd	23,20		✓	✓	✓	✓	✓	✓
etyloktanoát	ester	23,30	✓	✓		✓	✓	✓	✓
okt-1-én-3-ol	alkohol	24,05	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
heptán-1-ol	alkohol	24,24					✓		✓
heptylester kyseliny mravčej	ester	24,24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
dodekán-1-ol	alkohol	24,28					✓		
mentón	terpénový ketón	24,40		✓			✓		
3-metylcyklohex-2-én-1-ón	ketón	24,51			✓		✓		✓
kyselina octová	kyselina	24,68	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kyselina 3-metylhexánová	kyselina	25,54							✓
2-etylhexán-1-ol	alkohol	25,66	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
okt-3-én-1-ol	alkohol	25,99					✓		
okta-2,4-dién	alkén	26,01					✓		
dekanál	aldehyd	26,05	✓			✓		✓	
benzaldehyd	aldehyd	27,39	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
oktadek-5-én-1-ál	aldehyd	27,77					✓		
nonán-1-ol	alkohol	27,78			✓				
nonán-2-ol	alkohol	27,83				✓			✓
linalylbutanoát	ester	28,44		✓					
linalol	terpénový alkohol	28,48			✓			✓	✓
β-ocimén	terpénový uhl'ovodík	28,84					✓	✓	
oktylester kyseliny mravčej	ester	28,95		✓	✓				

Tabuľka 6 pokračovanie Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	LO	MO	RO
oktán-1-ol	alkohol	28,99	✓	✓		✓	✓	✓	✓
kyselina propiónová	kyselina	29,11			✓				
okta-3,5-dién-2-ón	ketón	29,81	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
bután-2,3-diol	alkohol	30,31	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
fenchón	terpénový ketón	30,72					✓		
undekán-2-ón	ketón	31,35	✓						
terpinén-4-ol	terpénový alkohol	31,62							✓
okt-5-én-1-ol	alkohol	32,71		✓	✓	✓	✓		✓
etyldekanoát	ester	34,23				✓			
kyselina maslová	kyselina	35,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
furfurylalkohol	furán	36,74	✓	✓	✓		✓	✓	✓
verbenol	terpénový alkohol	37,37							✓
3-acetyl-2,5-dimetylfurán	furán	37,41					✓		
dietyléster kyseliny butándiovej	ester	37,65				✓			
1-fenyletanol	alkohol	38,28			✓		✓		
metylester kyseliny octovej	ester	38,29		✓					
α-terpineol	terpénový alkohol	38,82	✓					✓	✓
γ-kaprolaktón	laktón	39,01		✓		✓	✓		
nona-2,4-dién-1-ál	aldehyd	39,06			✓				
4-etylbenzaldehyd	aldehyd	39,36					✓		
citral	terpénový aldehyd	41,04	✓					✓	✓
naftalén	aromatický uhl'ovodík	41,16		✓	✓				
kyselina pentánová	kyselina	42,58				✓			

Tabuľka 6 pokračovanie Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	LO	MO	RO
citronelol	terpénový alkohol	43,19	✓			✓	✓		
3-fenylprop-2-én-1-ol	alkohol	43,23				✓			
škoricový alkohol	alkohol	43,76				✓			
metylester kyseliny laurovej	ester	44,85				✓		✓	
tridekán-2-ón	ketón	45,15					✓	✓	
deka-2,4-dién-1-ál	aldehyd	45,25			✓				✓
estragol	éter	46,16						✓	
anetol	éter	46,17				✓		✓	
α-izometylionón	ketón	46,85				✓	✓	✓	✓
geraniol	terpénový alkohol	47,28							✓
tymol	terpénový alkohol	47,35							✓
6,10-dimetylundeka-5,9-dién-2-ón	ketón	47,41				✓		✓	
kyselina hexánová	kyselina	47,77	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
benzylalkohol	alkohol	48,57	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
dimetylsulfón	sírna zlúčenina	49,68	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2-fenyletanol	alkohol	50,00				✓		✓	✓
kyselina 2-etylhexánová	kyselina	52,03							✓
benzylbenzoát	ester	52,04						✓	
benzylsalicilát	ester	52,38	✓						
metylester kyseliny myristovej	ester	53,73				✓	✓	✓	
4-etoxybenzaldehyd	aldehyd	53,96							✓
fenol	fenol	54,00	✓	✓					
eugenol	fenol	54,03				✓			

Tabuľka 6 pokračovanie Prehľad prchavých (aromaticky aktívnych) látok identifikovaných vo všetkých vzorkách

	chemická skupina	T _R [min]	KT	PT	ZO	HO	LO	MO	RO
izoeugenol	fenol	54,04				✓			
4-metoxybenzaldehyd	aldehyd	54,45						✓	
γ-nonalaktón	laktón	54,45			✓	✓			
škoricový aldehyd	aldehyd	55,01	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1-fenoxypropán-2-ol	alkohol	55,19	✓						
kyselina oktánová	kyselina	56,24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
triacetín	ester	56,43			✓				✓
benzylester kyseliny škoricovej	ester	57,27					✓		✓
kyselina nonanová	kyselina	59,82		✓	✓	✓			
undekán-1-ol	alkohol	59,50							✓
δ-dekalaktón	laktón	60,13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kumarín	laktón	60,32	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
metylester kyseliny palmitovej	ester	60,82				✓	✓	✓	

T_R – retenčný čas; „✓“ látka bola vo vzorke identifikovaná; značenie vzoriek: analóg s prídavkom KT – kokosového tuku; PT – palmového tuku; ZO – zmesového oleja; HO – hroznového oleja; LO – ľanového oleja; MO – marhuľového oleja; RO – ríbezľového oleja

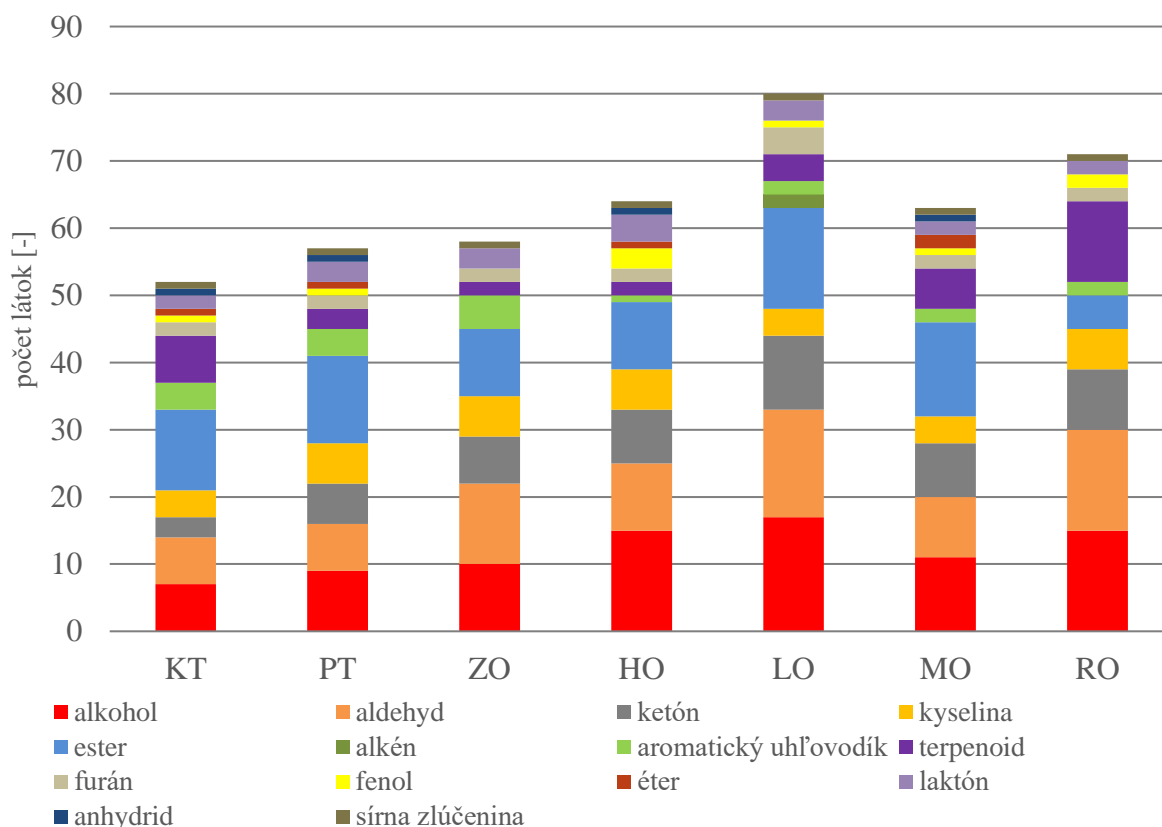
Porovnanie chemických skupín identifikovaných látok je uvedené v Tabuľke 7 a pre lepšiu názornosť aj v Graf 1. Vo vzorke taveného syrového analógu s kokosovým tukom bolo identifikovaných 52 zlúčenín, s palmovým tukom 57, so zmesovým olejom 58, s hroznovým olejom 64, s ľanovým olejom 80, s marhuľovým olejom 63 a vo vzorke s ríbezľovým olejom 71 prchavých látok. Medzi vzorkami sú zjavné rozdiely v zložení prchavých látok, v najvyššom počte sa nachádzali alkoholy, aldehydy a estery. Najmenej zlúčenín bolo identifikovaných vo vzorke s kokosovým tukom, najviac s ľanovým olejom.

Látky ktoré sa nachádzajú vo všetkých vzorkách sú hexanál, heptán-2-ón, 2-pentylfurán, pentán-1-ol, nonanál, okt-1-én-3-ol, kyselina octová, 2-etylhexán-1-ol, benzyldehyd, okta-3,5-dién-2-ón, bután-2,3-diol, kyselina maslová, kyselina hexánová, benzylalkohol, dimetylsulfón, škoricový aldehyd, kyselina oktánová, δ -dekalaktón a kumarín.

Tabuľka 7 Porovnanie chemických skupín zlúčenín identifikovaných vo vzorkách (počet zlúčenín)

	KT	PT	ZO	HO	LO	MO	RO
alkohol	7	9	10	15	17	11	15
aldehyd	7	7	12	10	16	9	15
ketón	3	6	7	8	11	8	9
kyselina	4	6	6	6	4	4	6
ester	12	13	10	10	15	14	5
alkén	0	0	0	0	2	0	0
aromatický uhl'ovodík	4	4	5	1	2	2	2
terpénový uhl'ovodík	4	1	1	1	1	2	4
terpénový alkohol	2	0	1	1	1	2	6
terpénový aldehyd	1	0	0	0	0	1	1
terpénový ketón	0	1	0	0	2	0	0
terpénový éter	0	1	0	0	0	1	1
furán	2	2	2	2	4	2	2
fenol	1	1	0	3	1	1	2
éter	1	1	0	1	0	2	0
laktón	2	3	3	4	3	2	2
anhydrid	1	1	0	1	0	1	0
sírna zlúčenina	1	1	1	1	1	1	1
celkovo	52	57	58	64	80	63	71

Značenie vzoriek: analóg s prídavkom KT – kokosového tuku; PT – palmového tuku; ZO – zmesového oleja; HO – hroznového oleja; LO – ľanového oleja; MO – marhuľového oleja; RO – ríbezľového oleja



Graf 1 Porovnanie chemických skupín zlúčenín identifikovaných vo vzorkách (celkový počet zlúčenín)

Značenie vzoriek: analóg s prídavkom KT – kokosového tuku; PT – palmového tuku; ZO – zmesového oleja; HO – hroznového oleja; LO – ľanového oleja; MO – marhuľového oleja; RO – ríbezl'ového oleja

4.1.1 Porovnanie počtu identifikovaných aromatických látok (prvá vs. druhá séria vzoriek)

Ako už bolo spomenuté (kap. 3.2) v rámci tejto práce boli analyzované dve série vzoriek.

Prvá séria bola vyrobená s plnou náhradou mliečného tuku, s použitím kokosového, palmového a zmesového tuku. Tieto oleje sú v praxi najviac využívané, ich výhodou je nízka cena a ľahká dostupnosť. Chutnosť, a s ňou súvisiaci obsah prchavých látok, takýchto analógov však bude pravdepodobne horšia než u klasických tavených syrov. Jediný zmesový tuk obsahoval podľa informácií na obale 15 % mliečného tuku, tento mohol prispieť k lepšej chutnosti výrobku.

V druhej sérii bola nahradená len časť mliečného tuku (masla) rastlinnými olejmi, konkrétne marhuľovým, hroznovým, ľanovým a ríbezl'ovým. Tieto oleje sa ako náhrada mliečného tuku v praxi bežne nepoužívajú; dá sa očakávať atraktívnejšia chuť, a teda vyšší obsah prchavých látok konečného výrobku, okrem toho aj vyššiu nutričnú hodnotu kvôli vyššiemu obsahu nenasýtených mastných kyselín a prípadne ďalších nutrične cenných látok [23].

V marhuľovom oleji sa nachádza vysoký obsah tokoferolov (β , γ , δ , α), ktoré sú známe svojou antioxidačnou schopnosťou. Taktiež obsahuje amygdalín, ktorý na jednej strane patrí medzi toxické kyanogénne glykozidy, podľa niektorých štúdií sa ale tiež vyznačuje protizápalovou a protirakovinovou aktivitou [23]. Hroznový olej sa vyznačuje vyšším obsahom fenolických látok, ktoré sú zodpovedné za vyššiu oxidačnú stabilitu [24]. Vysoký obsah fenolických látok sa nachádza aj v semenách čiernych ríbezlí, z ktorých sa vyrába ríbezl'ový olej [25]. V ľanovom oleji sa najpočetnejšie z tokoferolov nachádzajú γ a α [26]. Veľkou nevýhodou takýchto výrobkov bude pravdepodobne vyššia cena.

Z Graf 1 je zrejme, že vo všetkých vzorkách druhej série bolo podľa očakávania identifikovaných viac zlúčenín.

Prchavé látky, ktoré sa nachádzali len v druhej sérii vzoriek: 11 alkoholov: 3-metylbután-1-ol, heptán-2-ol, pent-2-én-1-ol, heptán-1-ol, dodekán-1-ol, okt-3-én-1-ol, nonán-2-ol, 3-fenylprop-2-én-1-ol, škoricový alkohol, 2-fenyletanol, undekán-1-ol; 11 aldehydov: 2-metylbut-2-én-1-ál, 2-etylbut-2-én-1-ál, 2-metylpent-2-én-1-ál, heptanál, hept-4-én-1-ál, oktanál, 2-etylhex-2-én-1-ál, oktadek-5-én-1-ál, 4-etylbenzaldehyd, 4-etoxybenzaldehyd, 4-metoxybenzaldehyd; 6 ketónov: 2-cyklopentylcyklopentanón, undekán-5-ón, nonán-2-ón, tridekán-2-ón, α -izometylionón, 6,10-dimetylundeka-5,9-dién-2-ón; 3 kyseliny: 3-metylhexánová, pentánová, 2-etylhexánová; 13 esterov: izoamylacetát, etylpentanoát, butylmetakrylát, metylheptanoát, heptylbutanoát, pentylbutanoát, etyldekanoát, dietyléster kyseliny butándiovej, metylester kyseliny laurovej, benzylbenzoát, metylester kyseliny myristovej, benzylester kyseliny škoricovej, metylester kyseliny palmitovej; 2 alkény: 3-metylhept-2-én, okta-2,4-dién; aromatický uhl'ovodík: p-cymén; 7 terpenoidov: 3-karén, β -ocimén, fenchón, terpinén-4-ol, verbenol, geraniol, tymol; 2 furány: 2-butylfurán, 3-acetyl-2,5-diemtylfurán; fenoly: 2-etylfenol, 4-etylfenol, eugenol, izoeugenol; 2 étery: estragol, anetol.

Obsahu prchavých zlúčenín v rastlinných olejoch nie je venovaná veľká pozornosť. Dostupné publikované práce sa väčšinou venujú stanoveniu obsahu mastných kyselín a/alebo sledovaniu oxidačných procesov. Na druhej strane, práve oxidácia lipidov je najvýznamnejším zdrojom prchavých látok v konečných výrobkoch [16].

4.2 Semikvantifikácia aromaticky aktívnych látok vo vzorkách analógov

Vzhľadom na to, že je veľmi finančne náročné a prakticky nemožné mať k dispozícii štandardy všetkých identifikovaných zlúčenín pre úplnú kvantifikáciu, bol obsah aromatických látok vo vzorkách zisťovaný len semikvantitatívne, tj. porovnávaním plôch píkov jednotlivých zlúčenín. Je to síce určité zjednodušenie, napriek tomu sa tento prístup v praxi pomerne často používa a dajú sa týmto spôsobom pomerne dobre postihnúť rozdiely medzi vzorkami.

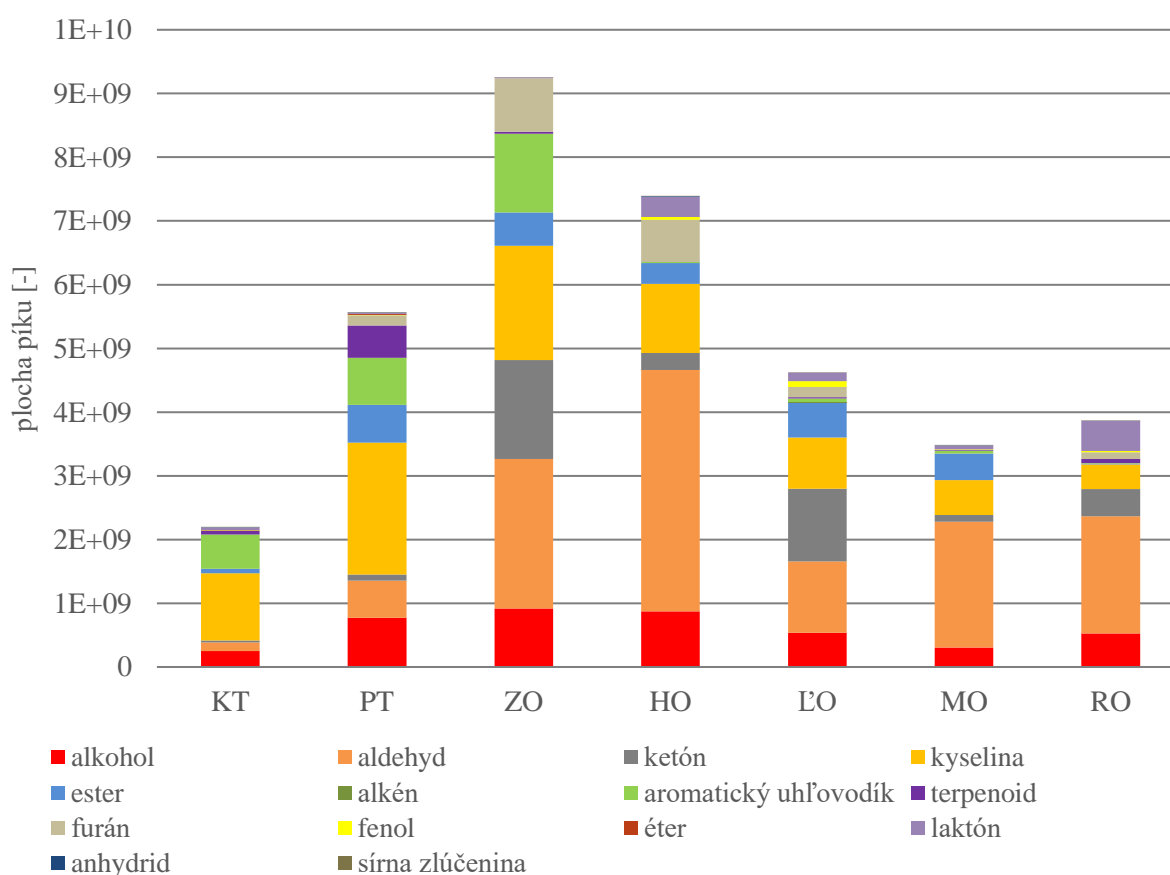
Výsledky sú graficky znázornené (vid' Graf 2) vždy ako priemerná plocha píku dvoch meraní ($n=2$); zlúčeniny sú opäť rozdelené podľa chemických skupín. Kvantitatívne najvýznamnejšími boli vo väčšine vzoriek aldehydy a kyseliny. Aldehydy sú typické produkty oxidácie lipidov, voľné mastné kyseliny zase tzv. hydrolytického žltnutia. Ich vyšší obsah pravdepodobne súvisí so starobou vzorky, lebo boli analyzované po 5 mesiacoch skladovania. Z týchto zlúčenín bol vo vzorkách nájdený vyšší obsah hexanal a heptanal, kyseliny

maslovej, hexánovej a oktánovej. Vzorky síce boli v hermeticky uzavretom obale, skladované pri nízkej teplote ($< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$), po tejto dlhej dobe však dochádza i pri týchto podmienkach k vyššie uvedeným zmenám.

4.2.1 Porovnanie obsahu aromatických látok (prvá vs. druhá séria)

Je známe, že tuky majú tendenciu podliehať oxidácii, ktorou najčastejšou príčinou býva teplo, svetlo a prítomnosť vzduchu/kyslíka. Na oxidáciu sú najviac náchylné nenasýtené mastné kyseliny, najmä linolová a linolénová.

Kokosový a palmový tuk sú vzhľadom na svoje zloženie (vysoký obsah nasýtených mastných kyselín) pomerne stabilné voči oxidácii. V týchto dvoch vzorkách bol nájdený najnižší obsah aldehydov a ketónov (viď Graf 2), sekundárnych produktov oxidácie lipidov. V kokosovom analógu bol dokonca najnižší celkový obsah všetkých zlúčenín.



Graf 2 Porovnanie chemických skupín zlúčenín identifikovaných vo vzorkách (celkový obsah zlúčenín)

Značenie vzoriek: analóg s prídavkom KT – kokosového tuku; PT – palmového tuku; ZO – zmesového oleja; HO – hroznového oleja; EO – ľanového oleja; MO – marhuľového oleja; RO – ríbezľového oleja

Na základe štatistického porovnania rozdielov medzi vzorkami (vid' Tabuľka 8) sa dá povedať, že medzi vzorkami prvej skupiny sú štatisticky významné ($p < 0,05$) rozdiely v obsahu identifikovaných zlúčenín; najvyšší obsah zlúčenín bol nájdený v analógu so zmesovým tukom, predovšetkým vďaka vysokému obsahu aldehydov, ketónov a kyselín – zmesový tuk bol zložený z palmového, repkového, bambuckého, kokosového a mliečného tuku, tieto tuky obsahujú nasýtené, prípadne mononenasýtené mastné kyseliny; celkovo nižšia odolnosť voči oxidačnému a hydrolytickému žltnutiu mohla byť zrejme spôsobená prítomnosťou nenasýtených mastných kyselín v repkovom a bambuckom oleji. Naopak, najnižší obsah, ako už bolo spomenuté, bol v kokosovom analógu.

Oleje použité pre výrobu druhej série vzoriek majú na jednej strane prevahu polynenasýtených mastných kyselín, a teda nízku oxidačnú stabilitu, na druhej strane ale sú typické vysokým obsahom antioxidantov, ktoré tieto nežiaduce procesy spomaľujú. Celkovo mali tieto vzorky nízky obsah aldehydov, s výnimkou analógu s hroznovým olejom, a celkovo nízky obsah identifikovaných zlúčenín. Z Graf 2 je zrejme, že najvyšší obsah zlúčenín bol v analógu s hroznovým olejom, rozdiel oproti ostatným sa však nedá považovať za významný. Takýto malý prídavok rastlinných olejov (1 % z celkového obsahu tuku) pravdepodobne významne neovplyvňuje zloženie prchavých zlúčenín v analógoch.

Rozdiel medzi prvou a druhou sériou vzoriek sa nedá jednoznačne posúdiť (vid' Graf 2 Tabuľka 8).

Z výsledkov je zrejme, že vo všetkých vzorkách pravdepodobne prevládajú skôr prchavé látky, ktoré vznikli pri procese žltnutia, čo sa dá vzhľadom na starobu vzoriek očakávať.

Tabuľka 8 Štatistické spracovanie výsledkov - porovnanie celkového obsahu identifikovaných zlúčenín vo vzorkách

	KT	PT	ZO	HO	EO	MO	RO
KT							
PT	N						
ZO	R	R					
HO	R	N	N				
EO	N	N	N	N			
MO	N	R	R	N	N		
RO	N	N	R	R	N	N	

Značenie vzoriek: analóg s prídavkom KT – kokosového tuku; PT – palmového tuku; ZO – zmesového oleja; HO – hroznového oleja; EO – ľanového oleja; MO – marhuľového oleja; RO – ríbezľového oleja; N – nie je rozdiel medzi vzorkami; R – medzi vzorkami je rozdiel ($p < 0,05$)

5 ZÁVER

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce bolo porovnanie profilu prchavých (aromaticky aktívnych) látok v modelových vzorkách tavených syrových analógov. Vzorky boli vyrobené štandardným technologickým postupom na Univerzite Tomáša Baťu v Zlíne, ako základná surovina (zdroj mliečnych bielkovín) bol použitý eidamský syr a vybrané rastlinné tuky/oleje.

V rámci prvého experimentu boli vzorky vyrobené s plnou náhradou mliečného tuku s použitím kokosového, palmového a zmesového tuku, druhá séria vzoriek bola vyrobená z masla, s prídavkom za studena lisovaných olejov marhuľového, hroznového, ľanového a ríbezl'ového (1 % z celkového tuku).

K izolácii a stanoveniu sledovaných prchavých látok bola použitá metóda HS-SPME-GC-MS.

Celkom sa vo vzorkách podarilo identifikovať 152 prchavých zlúčenín, z toho bolo 25 alkoholov, 24 aldehydov, 15 ketónov, 10 kyselín, 34 esterov, 2 alkény, 7 aromatických uhl'ovodíkov, 17 terpenoidov, z toho 6 terpénových uhl'ovodíkov, 7 terpénových alkoholov, 1 terpénový aldehyd, 2 terpénové ketóny, 1 terpénový éter, 4 furány, 5 fenolov, 3 étery, 4 laktóny, 1 anhydrid a 1 sírna zlúčenina.

Oleje použité na výrobu druhej série vzoriek majú vyššiu nutričnú hodnotu aj sensorickú kvalitu, bol tu podľa očakávania nájdený mierne väčší počet identifikovaných zlúčenín. V prvej sérii bolo nájdených zlúčenín menej, dá sa predpokladať horšia chuťnosť, tieto vzorky však budú v prípade praktickej aplikácie jednoznačne lacnejšie vďaka nižšej cene a ľahšej dostupnosti tukov.

Čo sa týka obsahu identifikovaných zlúčenín, medzi vzorkami boli nájdené významné ($p < 0,05$) rozdiely, výsledky však nie sú jednoznačné. Najvyšší obsah bol zistený vo vzorke so zmesovým olejom, najnižší vo vzorke s kokosovým olejom. Vzhľadom na to, že táto práca predstavuje konečnú fázu skladovacieho experimentu (vzorky 5 mesiacov skladované), kedy bola testovaná taktiež trvanlivosť vzoriek, aromatický profil je do určitej miery skreslený v dôsledku pravdepodobných oxidačných a hydrolytických zmien. Produkty týchto nežiadúcich zmien, aldehydy a kyseliny z hľadiska obsahu vo vzorkách dokonca prevládali. Z uvedených výsledkov a uskutočneného orientačného sensorického zhodnotenia vzoriek je jasné, že takto dlho skladované analógy nie sú vhodné na konzumáciu.

6 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] MASOTTI, Fabio, Stefano CATTANEO, Milda STUKNYTĚ a Ivano DE NONI. *Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities*. 2018, 74, 158-169. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.02.016. ISSN 09242244. Dostupné tiež z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224417307215>
- [2] RANKEN, M.D., Ronald C. KILL a Christopher G. J. BAKER, ed. *Food industries manual: a technical and commercial compendium on the manufacture, preserving, packing, and storage of all food products*. London: Leonard Hill, 1931. ISBN 0071-7177.
- [3] BACHMANN, H. Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*. 2001, 11, 505-515. ISSN 0958-6946.
- [4] RAMEL, Pere R. a Alejandro G. MARANGONI. Processed cheese as a polymer matrix composite: A particle toolkit for the replacement of milk fat with canola oil in processed cheese. *Food Research International*. 2018, 107, 110-118. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.02.019. ISSN 09639969. Dostupné tiež z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918301121>
- [5] MULSOW, B.B., D. JAROS a H. ROHM. Processed Cheese and Cheese Analogues. *Structure of Dairy Products*. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2007, , 210-235. DOI: 10.1002/9780470995921.ch8. ISBN 9780470995921. Dostupné tiež z: <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470995921.ch8>
- [6] NORONHA, NESSA a kol. Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*. 2008, 106(3), 905-913. ISSN 0308-8146.
- [7] CHAVAN, R. S. a A. JANA. Cheese substitutes: An alternate to natural cheese - A review. *International Journal of Food Science, Technology & Nutrition*. 2007, 2(2), 25-39.
- [8] JESKE, Stephanie, Emanuele ZANNINI a Elke K. ARENDT. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International*. 2018, 110, 42-51. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.03.045. ISSN 09639969. Dostupné tiež z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917301436>
- [9] TAMIME, A.Y., D.D. MUIR, M.E. SHENANA, M. KALAB a A.H. DAWOOD. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 2. Rheology, Sensory Perception of Texture and Microstructure. *LWT - Food Science and Technology*. 1999, 32(1), 50-59. DOI: 10.1006/fstl.1998.0510. ISSN 00236438. Dostupné tiež z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643898905102>
- [10] XYSTOURIS, Savvas. Product classification: Dairy Cheese or Analogue cheese?. *Food Authenticity* [online]. 2017 [cit. 2019-01-21]. Dostupné tiež z: <http://www.foodauthenticity.uk/new-services/product-classification-dairy-cheese-or-analogue-cheese>
- [11] Nařízení rady (ES) č. 1234/2007, kterým se stanoví společná organizace zemědělských trhů a zvláštní ustanovení pro některé zemědělské produkty, v platném znění.
- [12] ČERNÁ, Marie. *Nutriční hodnota mléka a mléčných výrobků*. Praha : STI, 1979, 141 s.
- [13] FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*. 3rd ed. London: Elsevier, 2004, 349-385 . ISBN 01-226-3653-8.

- [14] BADEM, Abdullah a Gürkan GÜRKAN UÇAR. Cheese Analogues. *Research & Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*. 2016, 4(3), 44-48. ISSN 2321-6204.
- [15] DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. *Potravinářské zboží a technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2014, 151-157. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-208-2.
- [16] O'BRIEN, Richard. Edible Fats and Oils Processing and Applications. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering - 4 Volume Set*. CRC Press, 2005, 2005-12-19. Food Science and Technology. DOI: 10.1201/b15995-175. ISBN 978-0-8493-9847-6. Dostupné také z: <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/b15995-175>
- [17] SKOUPIL, Jan. *Suroviny a polotovary pro cukrářskou výrobu*. Brno: Společenstvo cukrářů České republiky, 2005, 123-145. ISBN 80-239-6061-X.
- [18] FENNEMA, Owen R. *Food chemistry*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, 1996. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), v. 76, 226-313. ISBN 08-247-9691-8.
- [19] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2009, 291-313. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [20] CEDANO ROMERO, José. Maximizing content of Omega-3 (EPA and DHA) in the process of enzymatic acidolysis of canola oil and concentrated of long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFA) in supercritical CO₂ conditions. *Scientia agropecuaria*. 2015, , 313-323. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2015.04.08. ISSN 20779917. Dostupné také z: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/1040>
- [21] NARAYANANKUTTY, Arunaksharan, Soorya Parathodi ILLAM a Achuthan C. RAGHAVAMENON. *Health impacts of different edible oils prepared from coconut (Cocos nucifera): A comprehensive review*. 2018, 80, 1-7. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.07.025. ISSN 09242244. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224417302856>
- [22] GOGGIN, Kirstie A. a Denis J. MURPHY. Monitoring the traceability, safety and authenticity of imported palm oils in Europe. *OCL*. 2018, 25(6). DOI: 10.1051/ocl/2018059. ISSN 2272-6977. Dostupné také z: <https://www.ocl-journal.org/10.1051/ocl/2018059>
- [23] 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*. DOI: 10.1002/ejlt.201800043. ISSN 14387697. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ejlt.201800043>
- [24] PARDO, Jose Emilio, Enrique FERNÁNDEZ, Manuela RUBIO, Andrés ALVARRUIZ a Gonzalo Luis ALONSO. Characterization of grape seed oil from different grape varieties (Vitis vinifera). *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2009, 111(2), 188-193. DOI: 10.1002/ejlt.200800052. ISSN 14387697. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ejlt.200800052>
- [25] FLORES, Gema a María Luisa RUIZ DEL CASTILLO. Enhancement of nutritionally significant constituents of black currant seeds by chemical elicitor application. *Food Chemistry*. 2016, 194, 1260-1265. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.006. ISSN

03088146. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615013497>
- [26] SHIM, Youn Young, Bo GUI, Yong WANG a Martin J.T. REANEY. *Flaxseed (Linum usitatissimum L.) oil processing and selected products*. 2015, 43(2), 162-177. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.03.001. ISSN 09242244. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224415000473>
- [27] THOMAR, Peggy a Taco NICOLAI. Dissociation of native casein micelles induced by sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*. 2015, 49, 224-231. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.03.016. ISSN 0268005X. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X15001290>
- [28] HUANG, Xiaoning, Shizhe YU, Beizhong HAN a Jingyu CHEN. Bacterial community succession and metabolite changes during sufu fermentation. *LWT*. 2018, 97, 537-545. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.07.041. ISSN 00236438. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643818306248>
- [29] DIAMANTINO, Vivian R., Mariana S. COSTA, Sebastião R. TABOGA, Patrícia S.L. VILAMAIOR, Célia M.L. FRANCO a Ana Lúcia B. PENNA. Starch as a potential fat replacer for application in cheese: Behaviour of different starches in casein/starch mixtures and in the casein matrix. *International Dairy Journal*. 2019, 89, 129-138. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.08.015. ISSN 09586946. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694618302280>
- [30] YANG, Cuihong, Fang ZHONG, H. DOUGLAS GOFF a Yue LI. Study on starch-protein interactions and their effects on physicochemical and digestible properties of the blends. *Food Chemistry*. 2019, 280, 51-58. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.12.028. ISSN 03088146. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461832123X>
- [31] DRDÁK, Milan. *Základy potravinárskych technológií: spracovanie rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie, uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé centrum, 1996, 336-339. ISBN 80-967-0641-1.
- [32] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravín*. Tábor: OSSIS, 1999, 154-240. ISBN 80-902-3914-5.
- [33] VOILLEY, A a P ETIEVANT. *Flavour in food*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2006. ISBN 978-185-5739-604.
- [34] SONG, Huanlu a Jianbin LIU. GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis. *Food Research International*. 2018, 114, 187-198. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.037. ISSN 09639969. Dostupné tiež z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918305751>
- [35] TAKÁCSOVÁ, Mária a Alexander PRÍBELA. *Chémia potravín*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996, 163-187. Edícia skrípt. ISBN 80-227-0861-5.
- [36] BERTUZZI, Andrea S., Paul L.H. MCSWEENEY, Mary C. REA a Kieran N. KILCAWLEY. Detection of Volatile Compounds of Cheese and Their Contribution to the Flavor Profile of Surface-Ripened Cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018, 17(2), 371-390. DOI: 10.1111/1541-4337.12332. ISSN 15414337. Dostupné tiež z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12332>
- [37] FANG, Ling, Jiewei DENG, Yunyun YANG, et al. Coupling solid-phase microextraction with ambient mass spectrometry: Strategies and applications. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2016, 85, 61-72. DOI: 10.1016/j.trac.2016.05.025. ISSN 01659936. Dostupné tiež z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016599361630022X>

- [38] PAWLISZYN, Janusz. *Solid phase microextraction: theory and practice*. New York: Wiley-VCH, 1997, 15-170. ISBN 04-711-9034-9.
- [39] SKOOG, Douglas A., Donald M. WEST a F. James HOLLER. *Fundamentals of analytical chemistry*. 7th ed. Fort Worth: Saunders College Pub., 1996, 660-695. ISBN 00-300-5938-0.
- [40] SCHOMBURG, Gerhard. *Gas chromatography: a practical course*. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1990, 1-111. ISBN 35-272-7879-6.
- [41] SOMMER, Lumír. *Základy analytické chemie II*. Brno: VUTIUM, 2000, 185-241. ISBN 80-214-1742-0.
- [42] ŠTULÍK, Karel. *Analytické separační metody*. Praha: Karolinum, 2004, 94-237. ISBN 80-246-0852-9.
- [43] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003, 10-23. ISBN 80-863-6907-2.
- [44] CHRISTIAN, Gary D. a James E. O'REILLY. *Instrumental analysis*. 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon, 1986, 476-767. ISBN 02-050-8685-3.
- [45] BEYERMANN, Klaus. *Organická stopová analýza*. Praha : SNTL, 1987, 132-193.
- [46] VÍTOVÁ, Eva, Blanka LOUPANCOVÁ, Kateřina SKLENÁŘOVÁ, Radka DIVIŠOVÁ a František BUŇKA. Identification of volatile aroma compounds in processed cheese analogues based on different types of fat. *Chemical Papers*. 2012, 66(10). DOI: 10.2478/s11696-012-0181-z. ISSN 1336-9075. Dostupné tiež z: <http://www.degruyter.com/view/j/chempap.2012.66.issue-10/s11696-012-0181-z/s11696-012-0181-z.xml>

7 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

CA – syrový analóg

GC – plynová chromatografia

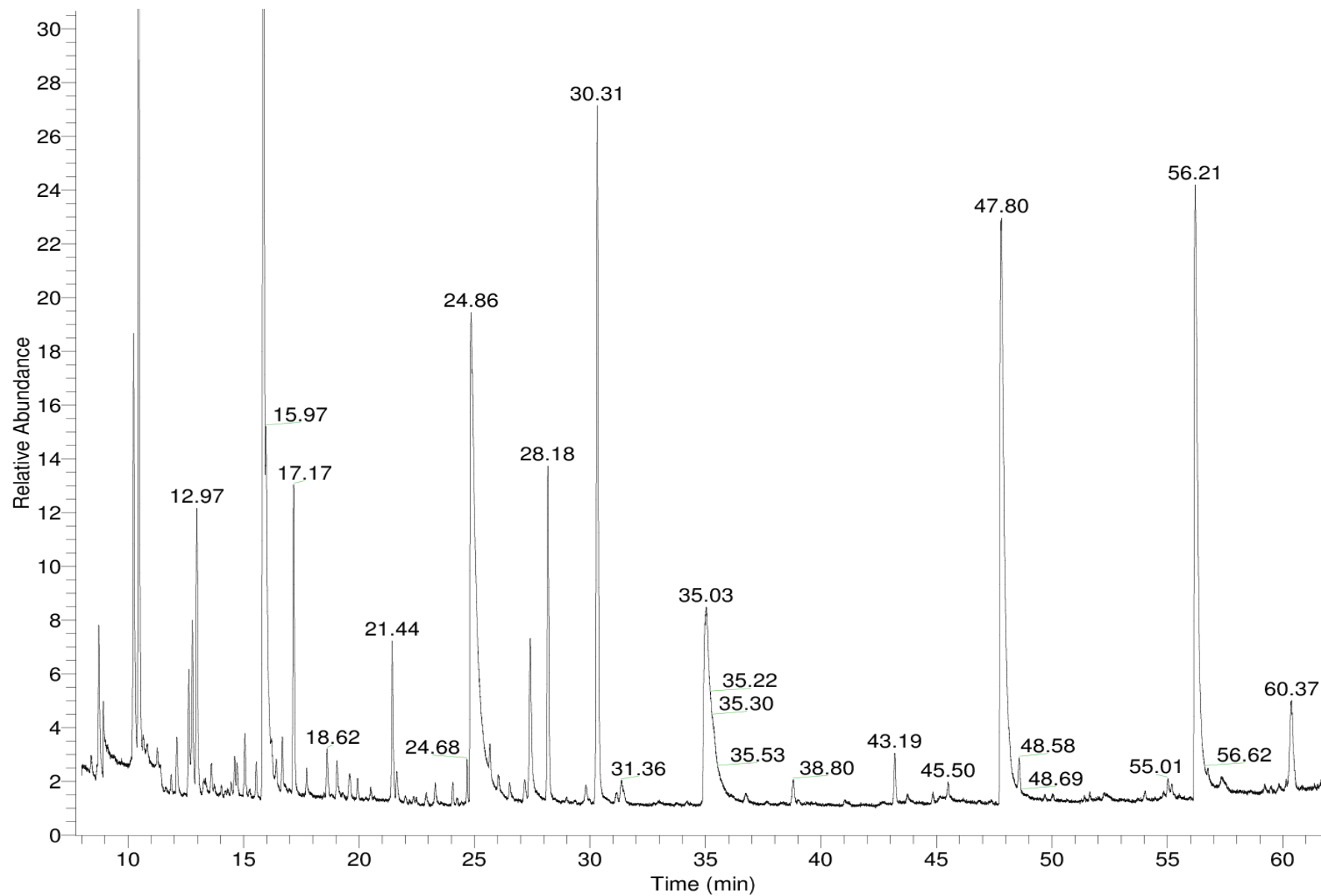
MS – hmotnostná spektrometria

SPME – mikroextrakcia pevnou fázou

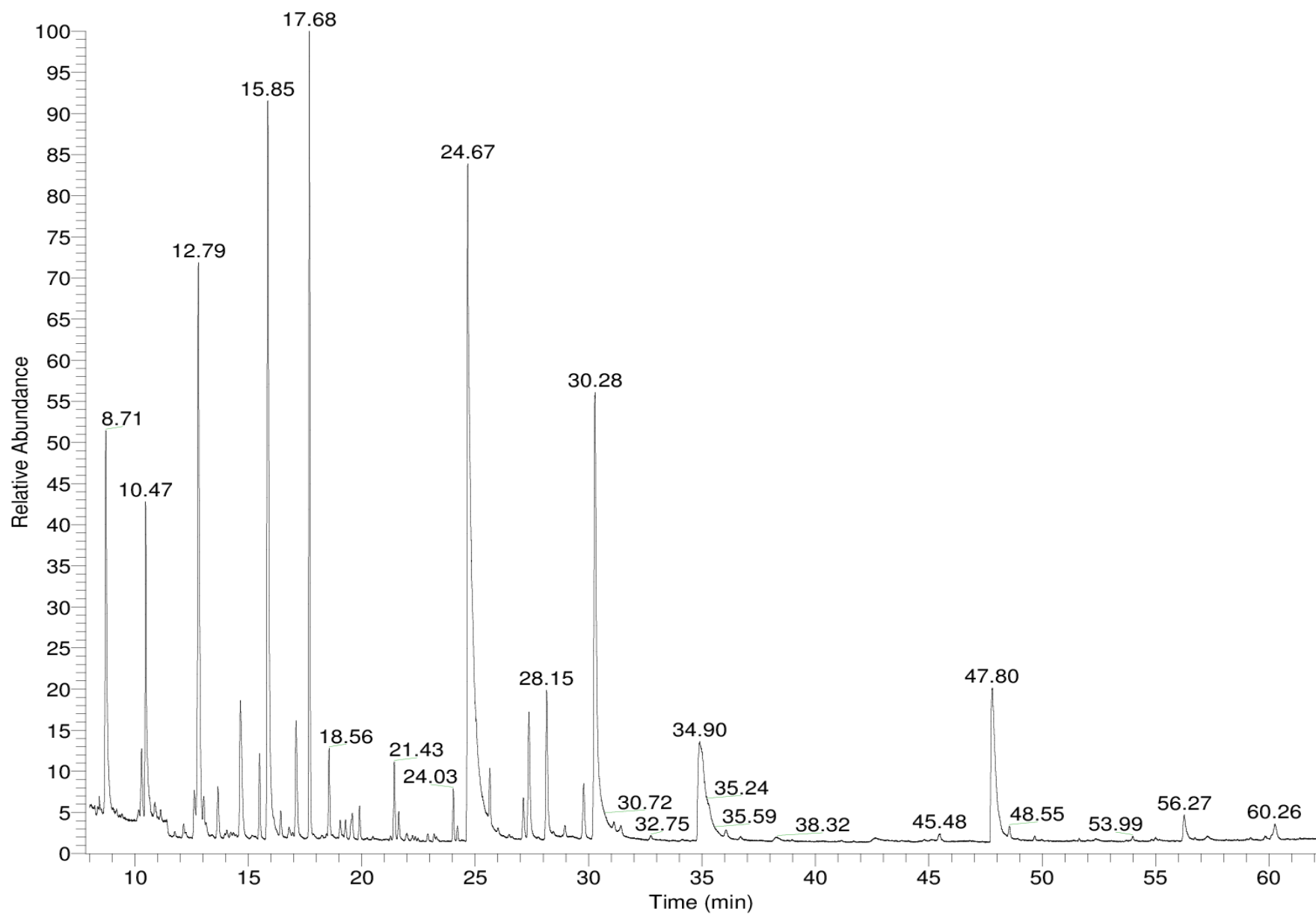
8 PRÍLOHY

- Príloha 1 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s kokosovým tukom
- Príloha 2 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s palmovým tukom
- Príloha 3 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu so zmesovým tukom
- Príloha 4 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s hroznovým olejom
- Príloha 5 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s ľanovým olejom
- Príloha 6 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s marhuľovým olejom
- Príloha 7 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s ríbezl'ovým olejom

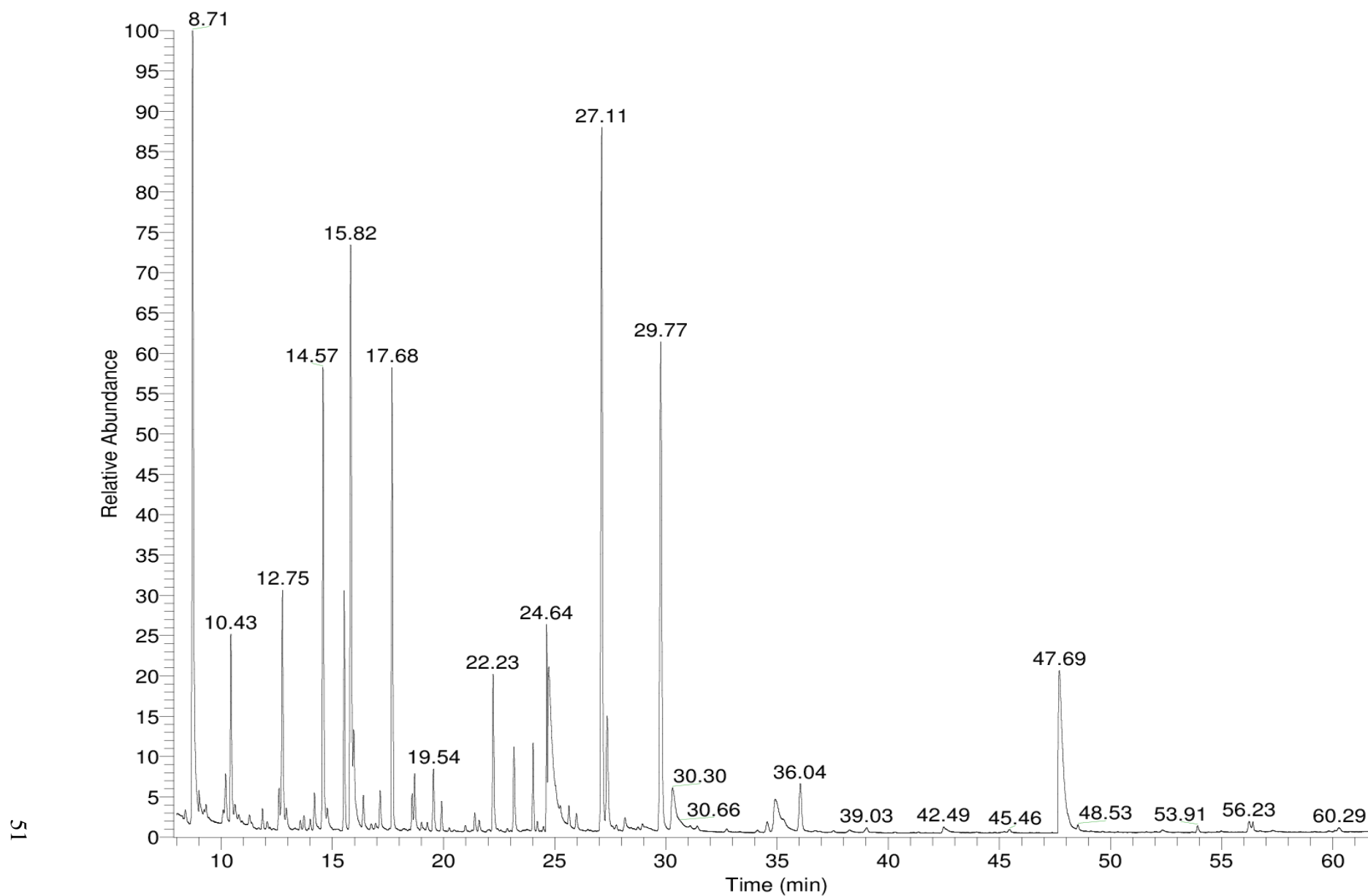
Príloha 1 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s kokosovým tukom; identifikácia píkov vid Tabuľka 6



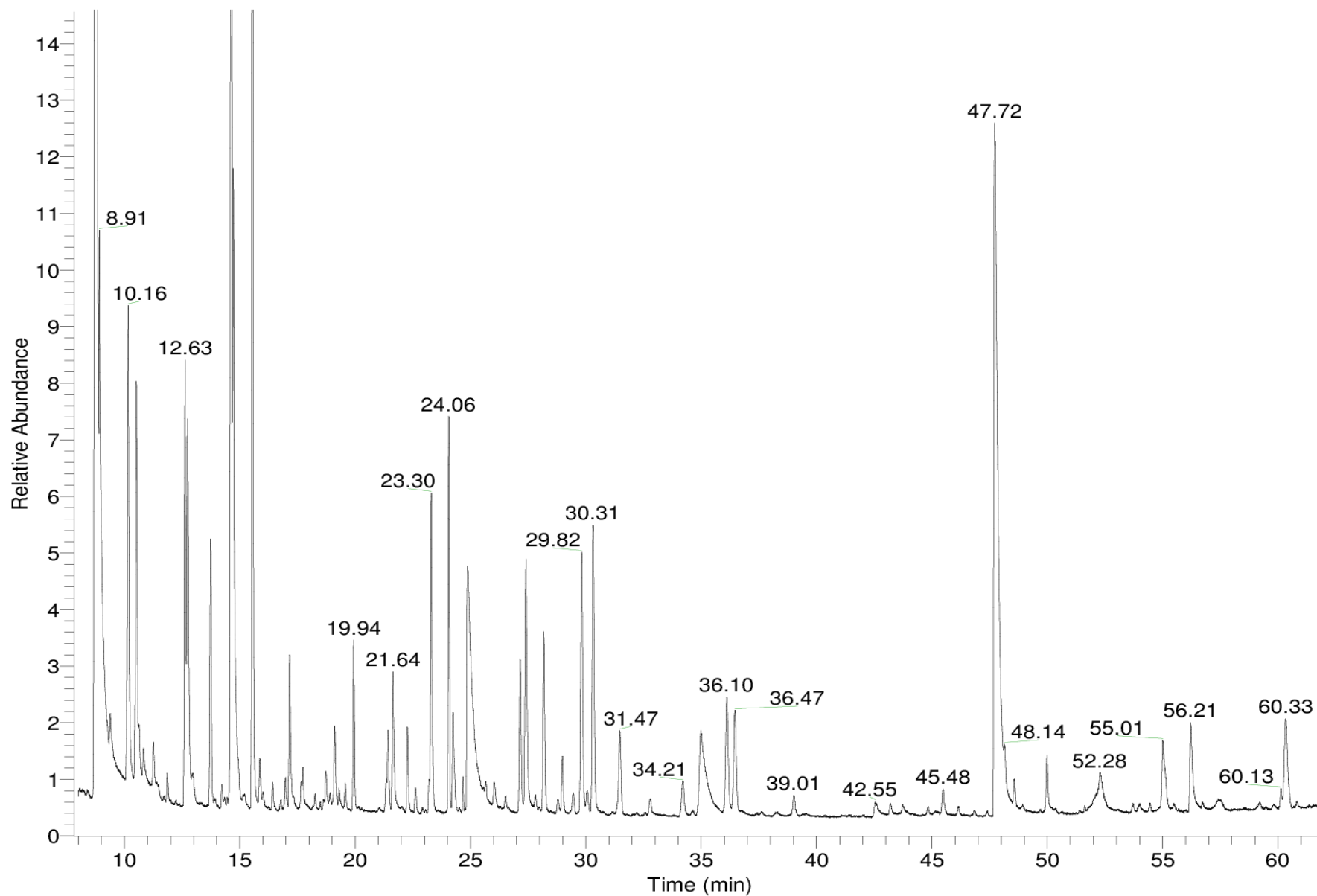
Príloha 2 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s palmovým tukom; identifikácia píkov vid' Tabuľka 6



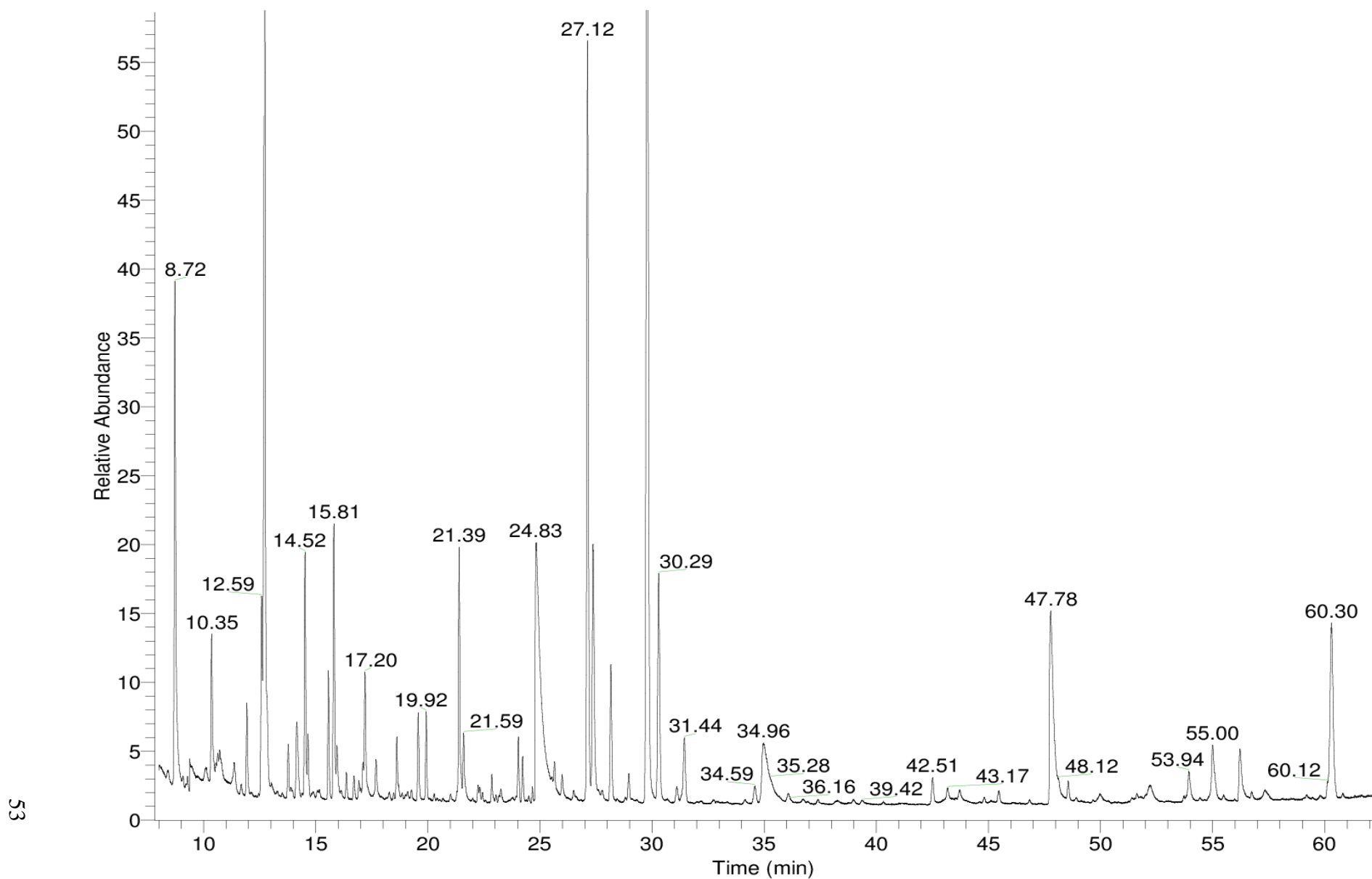
Príloha 3 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu so zmesovým tukom; identifikácia píkov vid' Tabuľka 6



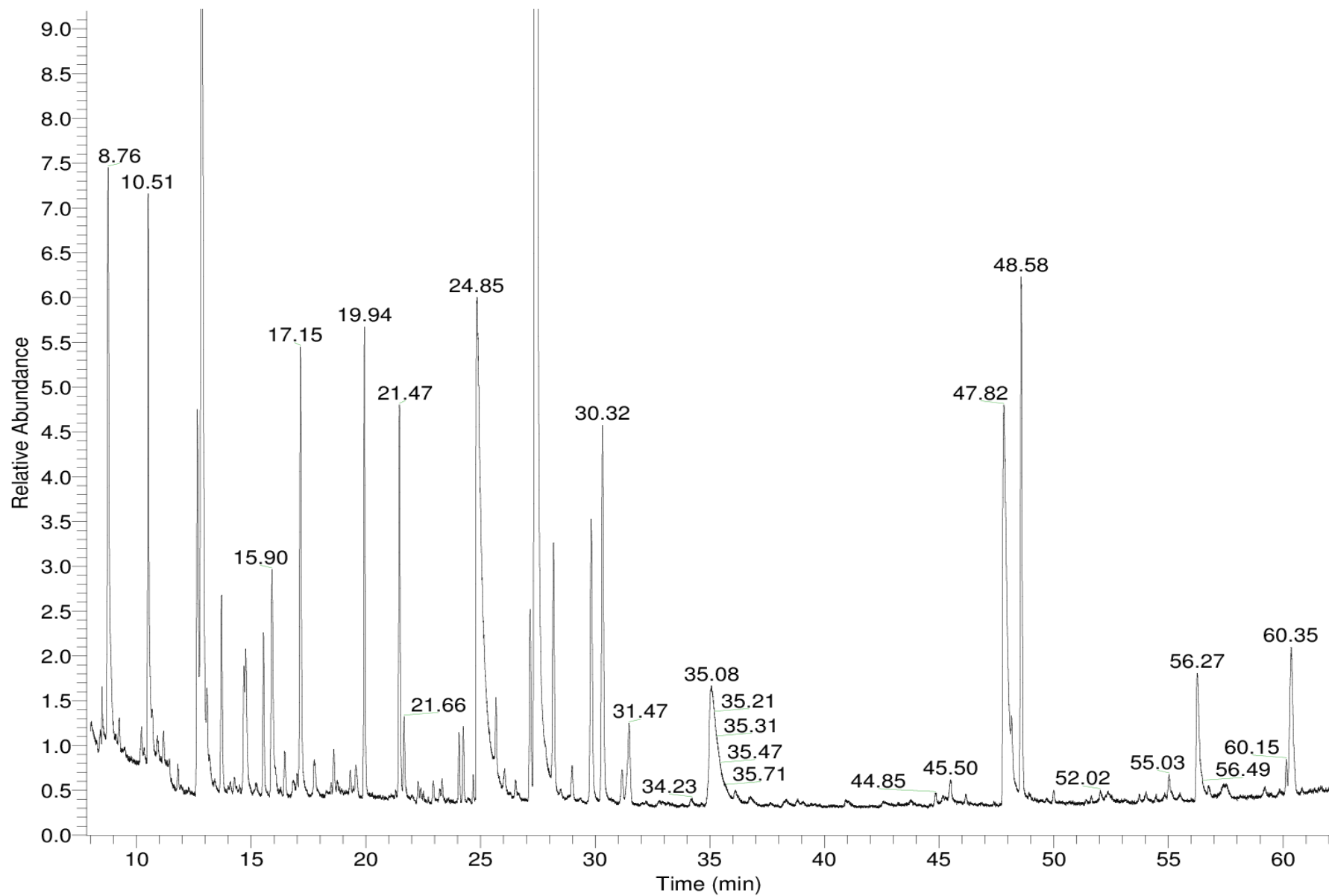
Príloha 4 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s hroznovým olejom; identifikácia píkov vid' Tabuľka 6



Príloha 5 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s ľanovým olejom; identifikácia píkov vid Tabuľka 6



Príloha 6 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s marhuľovým olejom; identifikácia píkov vid Tabuľka 6



Príloha 7 Chromatogram aromaticky aktívnych látok vo vzorke taveného syrového analógu s ribezľovým olejom; identifikácia píkov vid Tabuľka 6

