

Změny profilu mastných kyselin semen šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* L.) vlivem teplotního režimu při technologickém zpracování

Bc. Růžena Vašková

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Růžena Vašková**
Osobní číslo: **T13599**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Změny profilu mastných kyselin semen šalvěje hispánské (*Salvia hispanica*) vlivem teplotního režimu při technologickém zpracování**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte šalvěj hispánskou (*Salvia hispanica*).
2. Popište chemické složení jejich semen a možnosti jejich potravinářského využití.
3. Charakterizujte mastné kyseliny a popište metody jejich stanovení.

II. Praktická část

1. Stanovte profil mastných kyselin v semenech šalvěje hispánské (*Salvia hispanica*).
2. Zjistěte změny profilu mastných kyselin vlivem teplotního režimu při technologickém zpracování semen šalvěje hispánské.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] SANDOVAL-OLIVEROS, María R; PAREDES-LÓPEZ, Octavio. Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, ISSN:0021-8561.

[2] CAHILL, Joseph. Ethnobotany of Chia, *Salvia Hispanica* L. (Lamiaceae). *Economic Botany*. 2009, ISSN:0013-0001.

[3] ÁLVAREZ-CHÁVEZ, Luz Magali; VALDIVIA-LÓPEZ, María De Los Angeles; ABURTO-JUÁREZ, María De Lourdes; TECANTE, Alberto. Chemical Characterization of the Lipid Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.). *International Journal of Food Properties*. 2008, ISSN:1094-2912.

[4] PORRAS-LOAIZA, Patricia; JIMÉNEZ-MUNGUÍA, María T; SOSA-MORALES, María Elena; PALOU, Enrique; LÓPEZ-MALO, Aurelio. Physical Properties, Chemical Characterization and Fatty Acid Composition of Mexican Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds. *International Journal of Food Science & Technology*. 2014, ISSN:0950-5423.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

20. ledna 2015

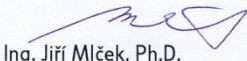
Termín odevzdání diplomové práce:

24. dubna 2015

Ve Zlíně dne 20. ledna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Růžena Vašková

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 20. 4. 2016

.....
Růžena Vašková

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídá k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo stanovit profil mastných kyselin ve vzorcích semen šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* L.) a dále stanovit změnu profilu mastných kyselin vlivem teplotního režimu. V teoretické části je popsána charakteristika rostliny a mastných kyselin, v praktické části bylo provedeno stanovení celkových lipidů Soxhletovou metodou a kvantitativní stanovení mastných kyselin ve vzorcích pomocí plynové chromatografie.

Klíčová slova: šalvěj hispánská (*Salvia hispanica* L.), lipidy, mastné kyseliny, kvantitativní analýza, plynová chromatografie

ABSTRACT

The main aim of this diploma thesis was determination of fatty acids profile in *Salvia hispanica* seeds samples and determination of their changes during thermal treatment. Theoretic part describes characterization of *Salvia hispanica* and characterization of fatty acids. In practical part there was made determination of lipids using Soxhlet extraction with hexan and there was also made quantitative determination of fatty acids in samples using the gas chromatography.

Keywords: *Salvia hispanica* L., lipids, fatty acids, quantitative analyse, gas chromatography

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D., vedoucí své diplomové práce, za její čas, odborné vedení, cenné rady a připomínky, a také za její přátelský přístup, který mi při zpracování této práce věnovala. Ráda bych také poděkovala Ing. Mgr. Jarmile Vávra Ambrožové za její pomoc a ochotu při práci v laboratořích. Zvláštní poděkování patří mé rodině a blízkým za velkou podporu během celého studia.

„Vědět málo je nebezpečné. Vědět mnoho, také.“

Albert Einstein

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINY	12
1.1 BOTANICKÉ A TAXONOMICKÉ ZAŘAZENÍ	12
1.2 PŮVOD.....	13
1.3 KULTIVACE A PODMÍNKY PĚSTOVÁNÍ.....	13
1.4 SEMENA ŠALVĚJE HISPÁNSKÉ	14
1.5 CHEMICKÉ SLOŽENÍ CHIA SEMEN	16
1.5.1 Lipidy	16
1.5.2 Proteiny	19
1.5.2.1 Složení aminokyselin	19
1.5.3 Sacharidy	20
1.5.4 Vitaminy.....	22
1.5.5 Minerální látky	22
1.5.6 Fenolické látky	23
1.5.7 Ostatní látky	25
1.6 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI CHIA SEMEN	25
1.7 MOŽNOST POTRAVINÁŘSKÉHO VYUŽITÍ CHIA SEMEN	27
1.7.1 Olej ze semen chia	28
1.7.2 Použití chia semen pro pekárenské účely.....	32
1.7.3 Další využití chia semen	35
1.8 POZITIVNÍ DOPAD NA ZDRAVÍ.....	37
1.8.1 Možné nežádoucí účinky.....	37
1.9 VYUŽITÍ SEMEN CHIA V ČR.....	38
2 MASTNÉ KYSELINY	40
2.1 NASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY (SFAs)	40
2.2 NENASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY S JEDNOU DVOJNOU VAZBOU (MUFAs)	41
2.3 NENASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY S NĚKOLIKA DVOJNÝMI VAZBAMI (PUFAs).....	42
2.4 OSTATNÍ MASTNÉ KYSELINY	46
2.5 VLASTNOSTI MASTNÝCH KYSELIN	46
2.6 VÝŽIVA A METABOLIZMUS ESENCIÁLNÍCH MASTNÝCH KYSELIN	47
2.6.1 Odbourávání mastných kyselin	47
3 METODY STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN.....	49
3.1 CHROMATOGRAFICKÉ METODY	49
3.1.1 Stanovení mastných kyselin plynovou chromatografií (GC).....	49
3.1.2 Stanovení mastných kyselin vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC)	51
3.1.3 Stanovení mastných kyselin tenkovrstevnou chromatografií (TLC)	51
3.2 SPEKTROSKOPICKÉ METODY.....	52
3.2.1 NMR spektroskopie	52
3.2.2 Infračervená spektroskopie (IR).....	52
3.2.2.1 Stanovení <i>trans</i> nenasycených mastných kyselin.....	53

II PRAKTICKÁ ČÁST	54
4 CÍL PRÁCE	55
5 MATERIÁL A METODIKA	56
5.1 POUŽITÝ MATERIÁL.....	56
5.2 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, POMŮCKY A PŘÍSTROJE	57
5.2.1 Použité chemikálie	57
5.2.2 Standardy.....	57
5.2.3 Pomůcky.....	57
5.2.4 Přístroje	57
5.3 STANOVENÍ CELKOVÝCH LIPIDŮ	58
5.3.1 Extrakce lipidů hexanem.....	58
5.3.2 Gravimetrické stanovení lipidů.....	60
5.4 ÚPRAVA VZORKŮ PRO PLYNOVOU CHROMATOGRAPHII.....	60
5.4.1 Příprava 0,5 M metanolického roztoku NaOH	60
5.4.2 Příprava 15% roztoku BF ₃	61
5.4.3 Příprava metylesterů.....	61
5.4.4 Příprava vnitřního standardu	63
5.5 KVANTITATIVNÍ ANALÝZA MASTNÝCH KYSELIN	63
5.5.1 Analýza na plynovém chromatografu	63
5.6 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	65
6 VÝSLEDKY A DISKUSE	67
6.1 CELKOVÝ OBSAH LIPIDŮ V SEMENECH CHIA	67
6.2 STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN V SEMENECH CHIA.....	67
6.2.1 Kvantitativní zastoupení FAs v semenech chia	67
6.3 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	74
6.3.1 Statistické vyhodnocení vlivu teploty na obsah FAs	74
6.3.2 Statistické vyhodnocení vlivu teploty na obsah n-3 a n-6 FAs.....	76
6.3.3 Statistické vyhodnocení vlivu teploty na obsah <i>trans</i> FAs	78
ZÁVĚR	81
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	91
SEZNAM OBRÁZKŮ	93
SEZNAM TABULEK.....	95

ÚVOD

V dnešní době začíná být běžné, že spotřebitelé dávají přednost přírodním produktům ať už v potravinách, či kosmetice. Lidé se snaží vyhýbat spotřebě potravin s obsahem škodlivých konzervantů a dalších přídatných látek, jelikož se v důsledku špatného stravování stále objevují nové vědecké studie ukazující jeho dopad na mnoho chronických a civilizačních chorob, jako jsou např. rakovina, kardiovaskulární onemocnění, vysoký tlak a obezita. Konzumenty jsou dále požadovány nejen nutričně vyvážené a bezpečné potraviny, ale také snadno připravitelné a tzv. „ready to eat“, které přinášejí určité pohodlí.

Moderním trendem v potravinářství je snaha objevovat nové přírodní produkty s funkčními vlastnostmi, které poskytují vhodné organoleptické a senzorické vlastnosti, a které jsou schopny nahradit umělé přídatné látky v potravinách. Jednou z alternativ s velkým potenciálem v potravinářském průmyslu se ukázalo být používání semen a dalších znovuobjevených produktů. Semena jako chia, amarant a quinoa byly objeveny pro své nutriční a léčivé vlastnosti již starými civilizacemi a dnešní obyvatelstvo se k jejich konzumaci vrací.

Chia semena jsou přírodním zdrojem polynenasycených mastných kyselin, včetně esenciálních n-3 a n-6 nenasycených mastných kyselin, které jsou pro člověka nezbytné a v lidském těle jsou součástí významných biochemických a fyziologických procesů. Na význam mastných kyselin ve stravě je stále často zapomínáno, což může být příčinou již zmíněných civilizačních onemocnění. Dle Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) a Světové zdravotnické organizace (WHO) je důležitý nejen příjem, ale také poměr mezi nasycenými, mononenasycenými a polynenasycenými mastnými kyselinami, který by měl být 1 : 1,4 : 0,6 a také poměr mezi n-6 a n-3 mastnými kyselinami by ve výživě neměl překročit 5 : 1. V současnosti je však častý vyšší příjem n-6 mastných kyselin a poměr tak narůstá.

Semena chia mají vysoký obsah n-3 mastných kyselin zastoupených převážně kyselinou α -linolenovou a poměr n-6 : n-3 mastných kyselin je nízký, což je důležité v mnoha metabolických procesech. Lidskou stravu však mohou nutričně obohatit také vysokým obsahem antioxidantů, vápníku, bílkovin, vlákniny, vitamínů i minerálních látek, čímž jsou v některých zemích řazena mezi tzv. funkční potraviny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINY

Šalvěj hispánská (*Salvia hispanica* L.) je jednoletá dužnatá rostlina náležící do čeledi hluchavkovité (*Lamiaceae*) pocházející z jižního Mexika a severní Guatemaly. *Salvia* L. je nejrozsáhlejší rod čeledi *Lamiaceae*, který je zastoupen přibližně tisíci druhy [1].

1.1 Botanické a taxonomické zařazení

Říše: *Plantae* (rostliny)

Podříše: *Tracheobionta* (cévnaté rostliny)

Nadoddělení: *Spermatophyta* (semenné rostliny)

Oddělení: *Magnoliophyta* (krytosemenné)

Třída: *Magnoliopsida* (nižší dvouděložné)

Podtřída: *Asteridae*

Řád: *Lamiales* (hluchavkotvaré)

Čeleď: *Lamiaceae* (hluchavkovité)

Rod: *Salvia* (šalvěj)

Druh: *hispanica* [2].



Obr. 1. Šalvěj hispánská (*Salvia hispanica* L.) [3]

1.2 Původ

Šalvěj hispánská (*Salvia hispanica* L.) má dlouhou historii pěstování člověkem. V oblasti Střední a Jižní Ameriky byla semínka **chia** významnou komoditou, která byla ceněna jako potravina, lék i jako surovina pro výrobu oleje. První zmínky o pěstování byly z Mexika a severní Guatemaly. Slovo „chia“ pochází z Aztéckého názvu *chian* nebo *chien* a ve španělštině znamená olejnatý [4].

V těchto oblastech se pěstuje již 4000 let a řadí se zde k tradičním potravinám. Rostlinu, vzhledem ke své náročnosti a podmínkách růstu, nelze pěstovat kdekoliv, proto jsou její semínka tak vzácná a kromě tradičních oblastí nejsou příliš rozšířena [5].

V některých oblastech Střední a Jižní Ameriky tvořila rostlina základní součást potravy a pro Aztéky i Maye byla hlavní plodinou podobně jako kukuřice (*Zea Mays* L.), amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L.) a fazole (*Phaseolus vulgaris*) [6].

Podle nálezů archeologů se chia také pohřbívala společně s mayskými a aztéckými vládci, podobně jako se vkládaly oblíbené pokrmy do hrodek egyptských faraonů nebo sloužila jako obětní dar pro jejich božstva [5].

Přestože byla semena spojována s léčivými účinky a měla pro místní obyvatelstvo náboženský význam, pěstování bylo španělskými dobyvateli zakázáno. Bylo to na začátku šestnáctého století, když si Španělé podrobili Aztéky. Dobyvatelé poté přivezli rostlinu i do Evropy, protože energie, výdrž a vitalita získávána ze semínek na ně udělala velký dojem [5].

1.3 Kultivace a podmínky pěstování

Rostlina šalvěje hispánské byla kultivována v oblasti tropické až subtropické. Přestože je rostlina náchylná na mráz, je možné ji pěstovat i ve sklenících v některých částech Evropy. V dnešní době jsou chia semínka pěstována komerčně na území Jižní Ameriky převážně v Mexiku, Bolívii, Argentině, Ekvádoru a Guatemale [1].

Rostlina je nenáročná na pěstování, ale vyžaduje plné slunce a dobře propustnou, spíše písčitou půdu, je citlivá na denní světlo. Může dorůst velikosti 100 cm a je poměrně rozkladitá. Kvete v období letních měsíců a květy jsou jemné modrofialové, květenství tvoří lichopřesleny. Listy jsou řapíkaté, polodlouhé vejčité, mají délku 4 – 8 cm a šířku 3 – 5 cm. Stonek je čtyřhranný, žebrovaný a pokrytý chloupky. Semena jsou oválná, hlad-

ká a lesklá, většinou je lze na rostlině nalézt ve skupinkách po čtyřech. Rostlina je samo-sprašná [7, 8].

Z důvodu přítomnosti éterických olejů v listech, které působí jako přirozený repelent proti hmyzu, je možné rostlinu pěstovat bez použití pesticidů a jiných chemických látek. V Mexiku se nachází i planě rostoucí druhy o velikosti až 190 cm převážně v jalovcových, borovičných a dubových lesích. Z rostliny pěstované komerčně na polích o velikosti hektaru je možné sklídit 500 až 600 kg semen, na pokusných parcelách však bylo dosaženo výnosu až 2500 kg semen na hektar za pomoci dusíkatých hnojiv a zavlažovacího systému [8].

1.4 Semena šalvěje hispánské

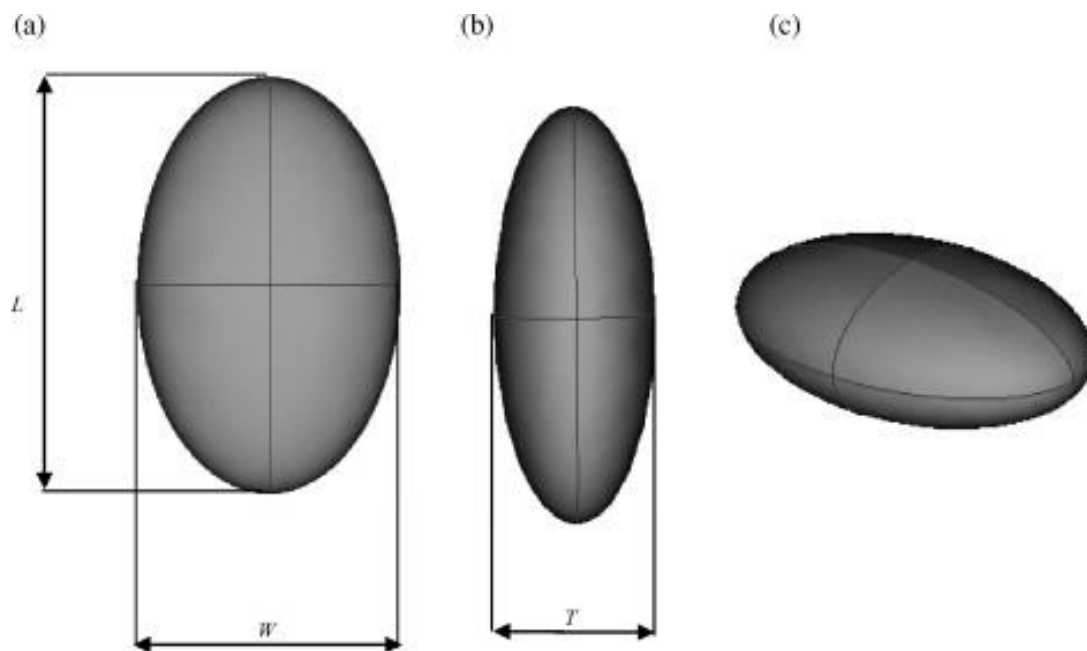
Semena šalvěje hispánské jsou známa jako chia semínka, která byla po dlouhou dobu využívána Aztéckými domorodci, kdy byla významná nejen jako potravina, ale také jako lék. Tradičně jsou stále konzumována v Mexiku a jihozápadní části USA, méně rozšířená je konzumace v Jižní Americe a v Evropě prozatím není využití velmi rozšířeno [1].

Šalvěj hispánská (*Salvia hispanica* L.) produkuje dva typy semen, **tmavá a bílá**, přičemž bílá semínka jsou kódována jediným recesivním genem a vyskytují se mnohem méně než semínka tmavá. Barva tmavých semen může přecházet od tmavě hnědé, přes šedou až černou. Velikostí, tvarem i barvou mohou bílá chia semena připomínat semena sezamu indického (*Sezamum indicum* L.) a vzhledem k tomu, že má šalvěj hispánská podobné využití jako sezam (např. jako přídavek do pekárenských výrobků), mohou být bíle zbarvená semínka komerčně preferována [1, 8].

Tvar semen je oválný, elipsovitý a jejich průměrná velikost je na délku 2,03 - 2,11 mm, 1,27 - 1,32 mm na šířku a tloušťka je 0,77 - 0,81 mm. Celková plocha činí 4,95 - 5,42 mm² a hmotnost 1000 semen je 1,24 – 1,32 g [9, 10].

Velikostní rozdíl mezi bílými a tmavými semeny je pouze nepatrný, bílá jsou poněkud větší než tmavá. Rozdíl se může mírně projevit také v chemickém složení, a to v obsahu proteinů a skladbě mastných kyselin [1].

Suchá a čistá semena lze uchovávat velmi dlouhou dobu z důvodu obsahu antioxidantů, které zabraňují znehodnocení vnitřních složek [8].



Obr. 2. Typické rozměry chia semínek: L , délka (length); W , šířka (width); T , tloušťka (thickness) (a) přední pohled; (b) boční pohled; (c) trojrozměrná geometrie [1]



Obr. 3. Detail tmavých a bílých semen šalvěje hispánské [8]

1.5 Chemické složení chia semen

Chia semena jsou zkoumána a doporučována převážně díky jejich obsahu tuků, proteinů, antioxidantů a vysokého podílu vlákniny. Semínka obsahují 25 – 38 % **tuků**, který obsahuje vysoký podíl **α -linolenové kyseliny** (až 60 %). Poměr mezi n-3 a n-6 mastnými kyselinami je 3 : 1. Také obsah **proteinů** 18,5 – 22,3 % je vyšší než u tradičních cereálií jako je pšenice (*Triticum aestivum* L.), kukuřice (*Zea mays* L.), rýže (*Oryza sativa* L.), oves (*Avena sativa* L.) a ječmen (*Hordeum vulgare* L.) [1].

Dále je významný vysoký obsah **vlákniny** (20,1 – 36,1 %) a **fenolických látek** s antioxidační aktivitou (0,53 – 0,71 mg/g). Vlhkost semen je proměnlivá v závislosti na podmínkách pěstování, které jsou odlišné podle geografické polohy a faktory jako nadmořská výška, teplota, relativní vlhkost vzduchu nebo půdní podmínky mohou také ovlivnit chemické složení semen [10].

Tab. 1. Chemické složení semen šalvěže hispánské (*Salvia hispanica* L.) [9, 11]

Chemické složení	Obsah v semenech [%]
Vlhkost	5,3 – 7,6
Popel	4,5 – 4,9
Proteiny	18,5 – 25,3
Lipidy	21,5 – 32,7
Vláknina	20,1 – 36,1
Sacharidy	7,9 – 18,7
Energie (kcal/kg)	4320

Statisticky významné odlišnosti v chemickém složení semen chia na základě rozdílných genotypů bílých a černých semen nebyly zjištěny [12].

1.5.1 Lipidy

Obsah lipidů v semenech chia je poměrně vysoký a pohybuje se v rozmezí 21,5 – 32,7 %, významné je, že až 63,8 % z celkového množství lipidů tvoří polynenasycené mastné kyseliny (PUFAs), které jsou prevencí proti kardiovaskulárním chorobám [13].

Nasycené mastné kyseliny (SFAs) jsou v lipidech semen chia zastoupeny především kyselinou palmitovou v rozmezí 6,0 – 7,1 % a stearovou v rozmezí 2,8 – 5,2 %. V podobném

množství se vyskytuje mononenasycená mastná kyselina (MUFA) olejová v množství 7,1 – 8,8 %. Mnohem významnější je však obsah PUFAs, a to především kyseliny linolové, α -linolenové a arachidonové kyseliny (AA). Kyselina α -linolenová (ALA) představuje průměrně 59,9 – 63,4 % z celkového množství mastných kyselin a kyselina linolová (LA) asi 18,9 – 20,1 % [11].

Polynenasycené mastné kyseliny linolová (C18:2, n-6) a α -linolenová (C18:3, n-3) jsou nezbytné pro mnohé metabolické procesy a pro člověka jsou esenciální. Musí je přijímat v potravě, protože si je na rozdíl od rostlin z důvodu absence příslušných enzymů nedokáže syntetizovat. Významným zdrojem n-3 mastných kyselin jsou např. mořské ryby, ale chia semena spolu se lněnými semeny jsou jejich důležitým zdrojem rostlinným, který vysoký podíl α -linolenové kyseliny také obsahuje [11].

V lidském těle se α -linolenová kyselina transformuje na kyselinu eikosapentaenovou (EPA, C20:5, n-3) a kyselinu dokosaheptaenovou (DHA, C22:6, n-3), dvě mastné kyseliny, které se nacházejí i v rybím oleji. Těmto kyselinám se připisuje důvod nižšího výskytu srdečních chorob u grónských Eskymáků, přestože jedí tučnou stravu složenou z velrybího masa a tuku. Podobně tomu je i u jiných kultur, které konzumují velká množství ryb, např. skandinávské a japonské [5].

Tab. 2. Zastoupení mastných kyselin v semenech šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* L.) získaných z různých regionů (Mexiko a Argentina) [10, 11]

Mastné kyseliny	Obsah v semenech [%]
Laurová C12:0	0,01
Myristová C14:0	0,04
Pentadekanová C15:0	0,02
Palmitová C16:0	6,00 – 7,06
Palmitolejová C16:1	0,22
Heptadekanová C17:0	0,04
Stearová C18:0	2,79 – 5,21
Olejová C18:1	7,05 – 8,74
Arachová C20:0	0,24 – 0,38
Linolová C18:2 n-6	18,87 – 20,12
α -Linolenová C18:3 n-3	59,89 – 63,40
γ - Linolenová C18:3 n-6	0,31
Eikosadienová C20:2 n-6	0,21 – 0,30
Eikosapentaenová C20:5 n-3	0,13

Energie z tuků by měla tvořit 30 – 35 % z celkového energetického příjmu. Tuky by měly obsahovat nasycené, monoenové a polyenové mastné kyseliny v poměru přibližně 1 : 1,4 : 0,6. Nasycené kyseliny (SFAs) by měly krýt méně než 10 % přijímané energie, polyenové (PUFAs) řady n-6 by měly představovat 4 – 8 % a PUFAs řady n-3 asi 1 %. Poměr mezi n-6 : n-3 by měl být maximálně 5 : 1 a minimálně 0,5 % příjmu by mělo pocházet z EPA, DHA aj. vyšších polynenasycených kyselin [14].

Semena mají nízký poměr n-6 : n-3 mastných kyselin, což je důležité v mnoha metabolických procesech. Optimální je poměr 1 : 1 až 3 : 1. V dnešní době je však typický vyšší poměr n-6 : n-3 než 15 : 1 a tato nerovnováha zvyšuje riziko kardiovaskulárního onemocnění [11].

Poměr n-6 : n-3 mastných kyselin byl až do dvacátého století příznivý, přibližně 1 : 1. Změnil se však poté, když se začaly ve velkém používat margaríny z rostlinných tuků, majonézy a různé zálivky s vysokým obsahem n-6 mastných kyselin, a to až do rozmezí 10 : 1 až 25 : 1 [5].

Zajímavý je i možný obsah dalších látek jako např. skvalenu a fytosterolů, které snižují hladinu cholesterolu, a dále byl prokázán jejich antikarcinogenní účinek. Celkový obsah fytosterolů se pohybuje v rozmezí 7 – 17 g/kg oleje ze semen se 74 % zastoupením β -sitosterolu, obsah skvalenu činil 0,5 g/kg oleje ze semen [13].

1.5.2 Proteiny

Šalvěj hispánská je rostlina, která produkuje semena bohaté i na proteiny. Jak už bylo zmíněno, obsah proteinů je vyšší než v běžně používaných cereáliích a tvoří přibližně 19 – 23 %. V porovnání s pšenicí (*Triticum aestivum* L.) a kukuřicí (*Zea mays* L.) obsahuje asi 14 % proteinů, zatímco rýže (*Oryza sativa* L.) 8,5 %, oves (*Avena sativa* L.) 15,3 % a ječmen (*Hordeum vulgare* L.) 9,2 % [15].

Proteiny izolované z rostlinných zdrojů vykazují mnohé zdraví prospěšné účinky a jsou proto používány jako suroviny do různých potravinářských výrobků z důvodu zlepšení nutriční hodnoty potravin. Analýza celkových proteinů v semenech chia je komplikovaná díky heterogenitě polypeptidů a jejich různé rozpustnosti. V jedlých semenech chia bylo zjištěno 52 % globulinů, 17,3 % albuminů, 12,7 % prolaminů a 14,5 % glutelinů z celkového obsahu proteinů. Ze skupiny globulinů byly izolovány čtyři typy proteinů, které se lišily svou velikostí. První skupina proteinů s velikostí sedimentačního koeficientu 11S zahrnuje proteinovou frakci leguminů, druhá skupina obsahuje proteiny se sedimentačním koeficientem přibližně 7S, které patří do skupiny vicilinů. Tyto typy proteinů se vyskytují i v jiných druzích jedlých semen a mají vliv na nutriční, fyziologické a funkční vlastnosti potravin, které jsou závislé na struktuře a konformaci proteinů. V menším poměru byly přítomny i další skupiny proteinů s neobvyklou velikostí sedimentačního koeficientu 6S a 19S, které však nebyly prozatím plně charakterizovány [15].

Semena chia neobsahují lepek, proto pokrmy s přídavkem chia semen mohou být konzumovány osobami trpícími celiakií a alergií na lepek [8].

1.5.2.1 Složení aminokyselin

Proteiny chia jsou bohaté na aromatické a sирné aminokyseliny, obsahují velké množství kyseliny glutamové (123 g/kg hrubého proteinu), argininu (80,6 g/kg) a kyseliny asparagové (61,3 g/kg). Složení aminokyselin v semenech chia nemá žádné limitující faktory pro dietu dospělých, ale threonin, lysin a leucin byly limitujícími aminokyselinami ve stravě předškolních dětí [16, 15].

Vysoký obsah kyseliny glutamové je významný díky vlastnosti této aminokyseliny stimulovat centrální nervový a imunitní systém, potenciál asparagové kyseliny je v pozitivním vlivu na regulaci hormonů [15].

Tab. 3. Obsah aminokyselin v semenech šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* L.) [11]

Aminokyseliny	Obsah [g/kg]
Esenciální aminokyseliny	
Arginin	20,00
Fenylalanin	11,60
Histidin	6,10
Isoleucin	7,40
Leucin	14,20
Lysin	9,30
Metionin	6,70
Threonin	5,40
Valin	7,90
Neesenciální aminokyseliny	
Alanin	9,40
Asparagová kyselina	12,80
Cystein	4,20
Glutamová kyselina	28,70
Glycin	9,10
Prolin	12,80
Serin	9,40
Tyrosin	6,10
AMK celkem	181,10
Esenciální AMK	68,60
Neesenciální AMK	112,50

1.5.3 Sacharidy

Sacharidy jsou přítomny především v gelu vytvořeném z chia semen po namočení ve vodě, kde celkový obsah může dosáhnout až 48 %. Jsou tvořeny monosacharidy, které jsou slo-

ženy z D-xylózy a D-mannózy (17 %), D-arabinózy (2 %), D-glukózy (7 %), galaktouronové kyseliny (4 %) a glukuronové kyseliny (12 %) [8].

Chia semena jsou bohatá na rozpustnou (5 %) i nerozpustnou (30 %) **vlákninu**. Nerozpustná forma je tvořena polysacharidy z vnějšího obalu, rozpustná z vnitřních složek semen. Obě frakce vlákniny se projevují příznivými fyziologickými účinky. Hlavním efektem rozpustné vlákniny je vliv na žaludek a tenké střevo, nerozpustná vláknina zvyšuje citlivost k inzulinu [5].

Celkový obsah vlákniny (34 %) je vysoký i ve srovnání s ostatními potravinami jako je čočka (10,6 %), fazole (15,5 %), amarant (4,7 %), kukuřice (2,3 %), pšenice (2,6 %), rýže (1,0 %) mandle (9,8 %) nebo oves (5,0 %) [10].

Vláknina stravy sestává z rostlinných polysacharidů a ligninu, které jsou odolné vůči hydrolyze trávicími enzymy. Je v ní zahrnuta celulóza, hemicelulózy, lignin, gumy, modifikované celulózy, muciny, oligosacharidy, pektiny a minoritní látky jako vosky, kutin a suberin [17].

Kromě příznivých účinků na trávicí systém má celková vláknina důležité technologické vlastnosti jako je vázání tuků, tvorba gelu, vliv na texturu a jako chelatační činidlo (navázání a následné vyloučení některých kovů z organismu). Denní příjem vlákniny by měl být 20 až 35 g [18].

Rozpustná vláknina snadno absorbuje vodu a v trávicím traktu tvoří viskózní gel. Snižuje míru vstřebávání látek a váže na sebe škodlivé a karcinogenní látky, které jsou následně z těla odváděny. Navozuje pocit sytosti, má prebiotické účinky, usnadňuje vyprazdňování zvětšením a zahuštěním střevního obsahu. Působí také preventivně na řadu civilizačních onemocnění (prevence gastrointestinálních onemocnění a rakoviny, snižování cholesterolu a vysokého tlaku) [19, 20].

Do rozpustné vlákniny jsou zařazeny fruktooligosacharidy, kterých je v semenech asi 2 – 3 %. Jsou to ve vodě dobře rozpustné látky, a v tlustém střevě jsou fermentovány anaerobními bakteriemi [21].

Fruktooligosacharidy jsou růstovým faktorem bifidobakterií (*Bifidobacterium bifidum*), které produkují kyselinu octovou a mléčnou, snižují pH a produkcí látek s antibiotickými účinky potlačují růst nežádoucí mikroflóry [14].

Nerozpustná vláknina na sebe váže vodu jen málo a uplatňuje se především při zachování optimální skladby bakteriální mikroflóry v tlustém střevě a při prevenci zácpy a rakoviny tlustého střeva [22].

Mezi intenzivně zkoumané složky v semenech chia patří také β -glukany, které snižují cholesterol a pozitivně regulují metabolismus glukózy. Jsou druhem vlákniny a přidávají se také jako zahušřovadla a želírovací látky [23].

1.5.4 Vitaminy

V semenech je významný obsah vitaminů skupiny B, převážně riboflavinu, niacinu a thiaminu. Obsahují však alespoň stopová množství všech hlavních frakcí vitaminů skupiny B. Ve srovnání s jinými cereáliemi semena obsahují více niacinu než kukuřice (*Zea mays* L.), sója (*Glycine max.* L.) a rýže (*Oryza sativa* L.), obsah thiaminu a riboflavinu je podobný jako u kukuřice a rýže [24, 8].

Tab. 4. Obsah vitaminů v semenech šalvěže hispánské (*Salvia hispanica* L.) [8]

Vitamin	jednotka	množství ve 100g
Vitamin C (celková kyselina askorbová)	mg	1,6
Thiamin	mg	0,62
Riboflavin	mg	0,17
Niacin	mg	8,83
Folát	mg	49
Vitamin A	IU	54
Vitamin E (α -tokoferol)	mg	0,5

1.5.5 Minerální látky

Z minerálních látek v semenech obsažených je důležitý vysoký obsah **vápníku**, a to zhruba 600 mg v 100 gramech semen. Pro srovnání, ve 100 g mléka je vápníku 120 mg, tedy pětkrát méně. Této skutečnosti může být využito pro dietu lidí s intolerancí na laktózu, u nichž semena chia mohou být významným zdrojem vápníku [5].

Nedostatkem vápníku mohou trpět také ženy po třicátém roku věku, těhotné a kojící matky s výskytem padání vlasů a lámání nehtů. Také pro ně je konzumace semen doporučena [25].

Další stopový prvek obsažený v semenech chia je bór, o němž se předpokládalo, že se nalézá pouze v ovoci, zelenině, mandlích, datlích, nepasterizovaném medu, arašídech, švestkách, rozinkách a sójových bobech [5].

Odhaduje se, že denní potřeba tohoto prvku je okolo 3 mg/den a je potřebný k syntéze steroidních hormonů nezbytných k metabolismu vápníku, hořčíku, manganu a fosforu v kostech a k svalovému růstu. Slouží také k prevenci a léčbě osteoporózy a dokáže zpomalit úbytek kostní tkáně u žen po menopauze [5].

Z ostatních minerálních prvků je významná přítomnost železa, zinku, fosforu, hořčíku, mědi a draslíku [24].

1.5.6 Fenolické látky

Koncentrace fenolických sloučenin v semenech chia se pohybuje průměrně od 0,53 do 0,71 mg/g. Tato hodnota je nízká ve srovnání s některými druhy ovoce, jako např. hroznové víno (11,2 – 84,5 mg) nebo mandarinky (47,1 – 78,7 mg). Nicméně obsah fenolických látek je srovnatelný s hodnotami jiných cereálií jako je quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) 0,88 mg a amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L.) 0,25 mg [10].

Nejvíce zastoupenými fenolickými sloučeninami s antioxidačním účinkem, které lze v semenech nalézt, jsou antokyany myrcetin, kvercetin, kampferol a kyselina skořicová, chlorogenová a kofeinová. Tyto látky jsou ze skupiny flavonoidů [26].

Kvercetin je silný přírodní antioxidant, který zabraňuje oxidaci lipidů, proteinů i DNA. Kyseliny chlorogenová a kofeinová chrání proti volným radikálům a inhibují peroxidaci lipidů [8].

Tab. 5. Obsah a skladba antioxidantů v semenech šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* L.) [12]

Semena	Flavonoly [mg/g]				
	myrcetin	kvercetin	kampferol	kyselina chlorogenová	kyselina kofeinová
černá	0,115	0,007	0,025	0,226	0,139
bílá	0,121	0,06	0,024	0,218	0,149

Nejčastěji zastoupenými antioxidanty v lidské výživě jsou právě **rostlinné polyfenoly**. Bývají označovány jako sekundární metabolity, které mají nespecifickou úlohu v rostlinných buňkách. Obsahují nejméně jeden aromatický kruh s navázanou jednou nebo více hydroxylovými skupinami, případně s dalšími substituenty. Hlavní skupinou polyfenolů jsou flavonoidy, kterých bylo izolováno více než 5000 a dále se rozdělují do podskupin antokyanidinů, flavanonů, flavonolů, flavonů a isoflavonů. Nejrozšířenější jsou flavonoly, především kvercetin a kampferol. Díky příznivému účinku na zdraví jsou polyfenoly intenzivně zkoumány od počátku 90. let minulého století. Jejich antioxidační účinek souvisí s vazbou polyfenolů na bílkoviny plasmy [27].

Řada studií prokázala významný vliv antokyanů v prevenci bakteriálních infekcí a zánětů, diabetu i srdečně-cévních onemocnění. Experimenty *in vitro* ukazují, že antokyaniny inhibují abnormální bujení buněk, čímž snižují riziko některých druhů rakoviny [28].

Nejrozšířeněji používané syntetické antioxidanty jsou butylhydroxyanisol (BHA), butylhydroxytoluen (BHT) a terciální butylhydrochinon (TBHQ). Přidávají se do potravin k zajištění jejich oxidační stability, jako konzervační prostředek, stabilizátor i dochucovač. Tyto látky jsou však nestálé a málo odolné vůči vysokým teplotám. Navíc existují pochybnosti týkající se jejich bezpečnosti, neboť byla studii na zvířatech dokázána jejich možná toxicita a ukládání v lidském organismu. Z tohoto důvodu se před několika lety objevila možnost náhrady syntetických antioxidantů rostlinnými extrakty obsahujícími antioxidační složky a semena chia se zdají být významným zdrojem látek, které vykazují antioxidační aktivitu [18].

Chia semena neobsahují (např. na rozdíl od semen lněných) žádné toxické kyanogenní glykozidy ani inhibitory vitaminů B a fytoestrogeny, které jsou ve stravě nežádoucí a mohou způsobit zažívací potíže [21].

1.5.7 Ostatní látky

Z dalších významných látek v rostlině obsažených je možné zmínit silice (éterické oleje), těkavé vonné látky, které chrání rostlinu před napadením hmyzem. Jsou to terpenické sloučeniny skládající se z izoprenoidních jednotek β -karyofylen, globulol, γ -murulen, β -pinen, α -humulen, germakren-B a vidrol a mohou být extrahovány z listů [8].

1.6 Fyzikální vlastnosti chia semen

Chia semínka jsou významnou surovinou uplatňující se pro své funkční vlastnosti dané jejich speciální charakteristikou vylučovat gelující polysacharidy po namočení ve vodě [1].

Mohou být tedy vhodným zdrojem pro **tvorbu gelu**. Charakteristika gelu z chia semen bývá srovnávána s gumou Guar nebo želatinou a také se v potravinářském průmyslu podobně využívá [29].

Guarová guma (guaran) se získává jako mouka z endospermu luštěniny *Cyamopsis tetragonoloba* z čeledi *Fabaceae*, bobovité. Je dobře rozpustná ve vodě, tvoří silně viskózní roztoky a je možné ji kombinovat se všemi přírodními gumami, škroby, pektiny, celulórou a jejich deriváty [14].

Gel z chia semen je založen na bázi polysacharidů, je tvořen převážně hrubou vlákninou (58 %) a byly v něm identifikovány glukóza, xylóza a kyselina glukuronová. Může se tvořit přímo ze semen nebo z mouky. V potravinářství má tento gel vliv na texturu potravin, dále má význam jako zahušťující a emulgující prostředek a také jako stabilizátor. Další možné využití gelu je ve farmaceutickém průmyslu [29, 13].

Tento gel, či guma je tvořen po hydrataci semen a má molekulární hmotnost $0,8 - 2 \cdot 10^6$ Da. Z důvodu síly jeho zahušťujícího efektu může být gel využit jako náhrada vajec či oleje v některých potravinách [30, 31].

Hydratace semen chia a tvorba gelu je podmíněna jejich schopností přijímat vodu, která způsobí zvětšení exokarpu, při němž může pokožka prasknout za současné ztráty elasticity a buněčné složky se mohou vylít do okolí a vytvářet gel obklopující celý povrch semena [9].

Chia semena tedy po namočení ve vodě vylučují čirý rosolovitý gel, který je pevně spojen se semenem a obklopuje ho. Gel také hraje významnou roli v upevnění semen v půdě. Semena obsahují $50 - 60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ gelu, který je součástí rozpustné vlákniny a ta přispívá ke

stabilizaci potravinářských systémů (disperze, emulze, atd.) vytvořením trojrozměrné struktury a zahuštěním spojité fáze [9].

Základní jednotkou polysacharidové frakce je větvený tetrasacharid s navázanou 4-O-metyl- α -D-glukoronopyranozylovou jednotkou v hlavním řetězci a β -D-xylopyranozylovou jednotkou v bočním řetězci. Tento gel je snadno extrahován a má velkou schopnost hydratace. Vzorek 100 mg gelu byl schopen absorbovat 2,7 g vody, tedy 27 násobné množství jeho hmotnosti. Celá semena mají hydratační kapacitu pouze 12 krát [9].

Tvorba gelu je ovlivněna přítomností solí, hodnotou pH a teplotou. Vyšší koncentrace solí vyvolá nižší hydratační schopnost, nejvyšší hydratační schopnost byla naopak pozorována při zásaditém pH o hodnotě 9 a teplotě okolo 80 °C [8].



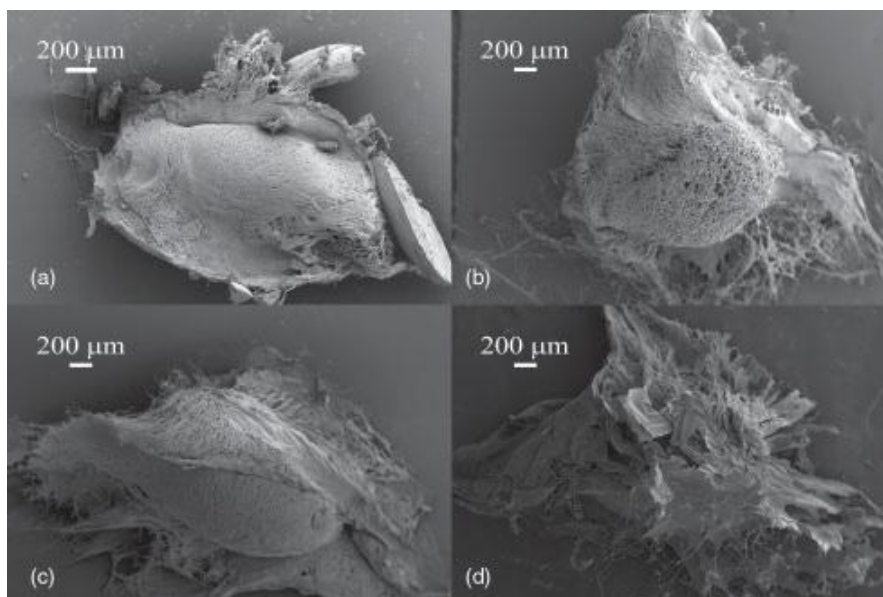
Obr. 4. Vytvoření gelu kolem semen po namočení ve vodě [32]

Hydrokoloidy a potravinářské gummy jsou klíčovou emulgační a stabilizující složkou používanou při zpracování potravin. Charakteristické vlastnosti gelu ze semen chia jsou významné pro inovativní procesy v potravinářském průmyslu [29].

Gel má velký potenciál také jako funkční potravina, především pro vysokou absorpční schopnost, viskozitu, schopnost tvořit emulze a pěny. Významná je i vysoká rozpustnost ve studené i horké vodě, což umožňuje jeho použití v různých technologických procesech [8].

Gel je možno získat po několikahodinové hydrataci ve vodě, dále je podroben lyofilizaci a následně je vysušený gel od semen odstraněn odíráním a broušením [8, 9].

Na obrázku č. 5 jsou uvedeny příklady tvorby gelu v závislosti na různé délce hydratace semen.



Obr. 5. Snímek z elektronového mikroskopu, semena chia máčena ve vodě různě dlouhou dobu: a) 5 minut b) 10 minut c) 30 minut d) 60 minut [9]

1.7 Možnost potravinářského využití chia semen

Kulinářské využití chia semínek by se dalo rozdělit na použití buď celých semen, mouky ze semen, gelu a oleje ze semen. Běžnou úpravou bývalo pražení a mletí semen na mouku, napodobující zpracování kukuřičných semen, často byly tyto dva druhy také zpracovávány společně. Mouka se začala přidávat například do tortill nebo různých Aztéckých nápojů. V Mexiku je stále oblíbený nápoj, který se nazývá „agua de Chia“ nebo *Chia fresca*. Jiným způsobem bylo smíchání pražených semen s vodou a konzumování jako ovesná kaše [4].



Obr. 6. Ilustrace z the Florentine Codex napsaného r. 1575-1577 nebo 1578-1580. Obrázek znázorňuje ženy drtící semena šalvěje hispánské na mouku [4]

1.7.1 Olej ze semen chia

Jak už bylo zmíněno, chia semena jsou produktem s vysokou nutriční hodnotou, který obsahuje polynenasycené mastné kyseliny (PUFAs), převážně kyselinu α -linolenovou (ALA) z řady n-3 a linolovou (LA) z řady n-6. Tyto složky lze získat s použitím několika metod jednak lisováním semen, enzymatickou extrakcí, extrakcí rozpouštědlem nebo superkritickou extrakcí. Ve všech případech je snaha zkrátit extrakční časy, použít co nejméně rozpouštědla, zvýšit výtěžek a zdokonalit kvalitu extrahovaného materiálu [33].

Semena obsahují 25 – 38 % oleje. Výtěžnost oleje ze semen rostliny získaných **extrakcí** je o 30 % vyšší než při **lisování**. Složení mastných kyselin se však příliš neliší. Obsah PUFAs je mezi 84,1 – 85,9 %, poměr n-3 : n-6 se pohybuje mezi 3,18 – 4,18, což je velmi příznivé a hodnota je vyšší než u jiných druhů rostlinných olejů. Hlavní mastné kyseliny obsažené v oleji jsou α -linolenová (64,5 – 69,9 %), linolová (16,6 – 20,3 %), olejová (5,3 – 5,8 %), palmitová (5,5 – 6,6 %) a stearová (2,7 – 4,4 %). Oleje se vyznačují i mírným obsahem bioaktivních složek jako tokoferoly, polyfenoly, karotenoidy a fosfolipidy. Díky vysokému podílu nenasycených mastných kyselin má však olej nízkou oxidační stabilitu [34].

Složení mastných kyselin v oleji je jedinečné i ve srovnání s ostatními rostlinnými oleji jako je sójový (*Glycine max.* L.) olej, slunečnicový (*Heliantus annus* L.) olej, řepkový (*Brassica napus* L.) olej, olivový (*Olea europea* L.) olej apod. Chia olej je kvalitativně odlišný také od dalšího známého oleje s vyšším obsahem PUFAs, a to lněného (*Linum usitatissimum* L.) oleje s obsahem 53,3 % ALA [12].

Míra nenasycenosti je měřena pomocí jódového čísla, které vyjadřuje obsah jodu vázaného na tuk (v %) a je měřítkem obsahu dvojných vazeb. Olej ze semen chia dosahuje hodnoty 197, čímž je řazen na přední pozice. Oleje lněný, tungový a dehydratovaný olej ricinový mají hodnotu jódového čísla vyšší než 150 a jsou označovány jako vysychavé či tuhnoucí. Tyto oleje obsahují vysoký podíl kyseliny linolové, linolenové nebo oleostearové [5].

Nevysychavé čili netuhnoucí oleje mají jódové číslo menší než 100 a mají velký podíl kyseliny olejové. Řadí se zde např. olej olivový, podzemnicový a kokosový. Mezi polovysychavé oleje s jódovým číslem 130 – 150 patří např. olej makový, sójový nebo slunečnicový, které se vyznačují větším podílem kyseliny linolové [35].

Koncentrace fosfolipidů v oleji ze semen chia dosahuje 118 ppm (*parts per milion*). Tato hodnota je nižší než u sojového oleje (349 – 975 ppm), který je hlavním zdrojem těchto složek, stejně jako olej slunečnicový (342 – 657 ppm) a řepkový (120,5 ppm) [36].

Tab. 6. Fyzikální a chemické vlastnosti oleje ze semene šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* L.) [36]

Relativní hustota	Refrakční index	Číslo kyselosti (mg KOH/g oleje)	Číslo zmýdelnění (mg KOH/g oleje)	Jódové číslo (g I/100 g oleje)	Peroxidové číslo (meq O ₂ /kg oleje)
0,9241	1,4763	1,64 – 2,05	193,01 – 222,66	193,45 – 210,50	1,64 – 1,75

Tab. 7. Obsah a skladba mastných kyselin v oleji ze semene šalvěže hispánské (*Salvia hispanica* L.) [36]

Mastné kyseliny	Obsah v oleji [%]
Nasyčené (SFAs)	
Myristová C14:0	0,04
Pentadekanová C15:0	0,02
Palmitová C16:0	7,47
Palmitolejová C16:1 cis-9	0,06
Heptadekanová C17:0	0,05
Heptadekanová C17:0 cis-10	0,02
Stearová C18:0	2,9
Arachová C20:0	0,15
Behenová C22:0	0,06
Mononenasyčené (MUFAs)	
Olejová C18:1 cis-9	2,43
Gadolejová C20:1 cis-11	0,03
Polynenasyčené (PUFAs)	
Linolová C18:2 cis-9 n-6	20,4
α -Linolenová C18:3 cis-9 n-3	68,52
γ - Linolenová C18:3 cis-6 n-6	0,31
Eikosatrienová C20:3 cis-5	0,01
Arachidonová C20:4 cis-5	0,13
Dokosahexaenová C22:6 cis-4	0,05

Obsah oleje, ale i skladby mastných kyselin může být ovlivněn způsobem extrakce, použitým rozpouštědlem nebo lisováním, jak je uvedeno v Tab. 8.

Tab. 8. Srovnání obsahu a skladby mastných kyselin [%] v oleji ze semene šalvěže hispanické (*Salvia hispanica* L.) z různých zeměpisných oblastí při použití extrakce hexanem a lisování [37]

	Vzorek 1 (Argentina)		Vzorek 2 (Guatemala)	
	Extrakce	Lisování	Extrakce	Lisování
Výtěžek oleje	33,6	24,8	26,7	20,3
Mastné kyseliny				
Palmitová (16:0)	6,2	6,6	5,5	5,9
Stearová (18:0)	3	3,1	2,7	4,4
Olejová (18:1)	5,3	5,4	5,8	5,5
Vakcenová (18:1)	0,5	0,5	0,4	0,5
Linolová (18:2)	19,7	20,3	16,6	17,5
α -Linolenová (18:3)	65,6	64,5	69,3	66,7
SFAs	9,3	9,8	8,3	10,3
PUFAs	85,4	84,9	85,9	84,1
PUFAs : SFAs	8,7	9,2	10,4	8,2
n-3 : n-6	3,32	3,18	4,18	3,81

Olej lze získat také **superkritickou extrakcí** s použitím CO_2 . Tato metoda se zdá být dobrou alternativou, protože se pracuje při nízkých teplotách a v konečném produktu nejsou žádná rozpuštěná rezidua. Superkritická extrakce esenciálních olejů má velký význam vzhledem k vysoké čistotě finálních složek, které zvyšují množství koncového produktu, ale také jejich cenu na mezinárodním trhu [33].

Kapaliny v superkritickém stavu mají vysokou absorpční schopnost, ale zároveň si udržují vlastnosti plynů (difuzibilita, nízká viskozita), které usnadňují přestup hmoty mezi extrahovaným materiálem a extrakčním činidlem [38].

Nejvíce je pro superkritickou extrakci používán CO_2 , protože je netoxický, nehořlavý a levný. Superkritického stavu se dosahuje překonáním kritických hodnot teploty a tlaku ($T_C = 31,06 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_C = 7,48 \text{ MPa} \sim 74 \text{ barů}$). Pro extrakci oleje ze semen bylo použito teplot 40 – 80 $^\circ\text{C}$ a tlaku 50 – 600 barů [33].

Tab. 9. Vliv různých extrakčních podmínek na obsah mastných kyselin [%] při superkritické extrakci s použitím CO₂ [33]

Extrakční podmínky	40 °C 544 bar	60 °C 408 bar	60 °C 482 bar	60 °C 544 bar	80 °C 408 bar	80 °C 544 bar
FAs [%]						
Palmitová (16:0)	7,12	7,96	7,32	7,52	8,03	7,16
Stearová (18:0)	3,09	3,62	3,81	3,24	4,09	4,06
Olejová (18:1)	6,28	6,28	7,28	6,70	7,06	6,97
Linolová (18:2)	17,51	17,67	18,15	18,07	17,59	17,37
Linolenová(18:3)	66,00	63,88	63,45	64,47	62,23	64,44

Většina hlavních složek oleje patří mezi těkavé a chemicky nestabilní v přítomnosti kyslíku, světla, vlhkosti či tepla. Stabilitu esenciálních složek je možno zvýšit využitím mikroenkapsulace. Mikroenkapsulace sprejovým sušením je v potravinářském průmyslu široce využívána na přípravu stabilních aditiv jako jsou např. esenciální oleje a aroma. Zahrnuje emulzifikaci jádra materiálu, obvykle lipidů, přičemž obal je tvořen převážně proteiny a polysacharidy (gumy), poté následuje vysušení emulze [39].

Olej může být získán také extrakcí z listů a konzumován v potravinách jako koření či aromatická látka [8].

Kromě využití v potravinářství lze olej ze semen chia přidávat i do kosmetiky. Již Aztéky byl olej ze semen využíván jako lék, mazali si jej na tělo proti bolesti, vyráběli mastičky i jako zvláčňující a zklidňující prostředek [13].

Současný výzkum souvisí s vlivem přídavku alkoholového extraktu z chia semen do kosmetiky na zesvětlení pleti. Na počátku letošního roku byl výrobek patentován z důvodu jeho vlivu na syntézu pigmentu melaninu v pleti přítomném [40].

1.7.2 Použití chia semen pro pekárenské účely

V současné době je zkoumán také vliv přídavku chia semen nebo mouky ze semen na technologickou a senzoryckou kvalitu pečiva (**chleba**). Mouka z chia semen významně zvyšuje absorpci vody během hnětení, přičemž efekt se zvyšoval, když byla mouka předem namočená. Přídavek rovněž zvyšoval houževnatost těsta a snižoval roztažnost. Předem namočená mouka z chia semen zvyšuje objem těsta a zpomaluje jeho tvrdnutí [30].

Využití je možné i pro přípravu bezlepkového pečiva, kdy při přidavku 15 g mouky či semen v suchém či předem namočeném stavu na 100 g rýžové mouky byl prokázán vliv na objem a tvrdost pečiva, hmotnost, barvu i texturu. Chia semena minimalizovala ztrátu hmotnosti odparem vody pečiva během pečení a zajistila také tmavší barvu střídy i kůrky. Přídavek semen do bezlepkového pečiva současně zvyšuje jeho nutriční hodnotu [41].

Obsah semen v pečivu rovněž inhibuje retrogradaci amylopektinu v průběhu skladování, což má přímý vliv na oddálení okorání povrchu [42].

Semena chia jsou obecně přidávány do pekárenských produktů (chléb, sušenky, koláče) pro zvýšení jejich nutriční hodnoty. Přestože jsou tyto tradiční výrobky získané z cereálií významným zdrojem energie a základních živin, udává se, že v průběhu mlecího procesu je zrna cereálií oddělováno od obalových vrstev a výrobky již nejsou tak nutričně bohaté jako produkty z celého zrna. Semena chia zajistí obohacení o proteiny, minerály i vlákninu [43].



Obr. 7. Efekt přidavku chia semen do chleba na tvar bochníku, střed krajíce a strukturu střídy a) bez přidavku chia semen, b) 5 % chia semen, c) 5 % chia mouky, d) 5 % z části odtučněné chia mouky, e) 5 % odtučněné chia mouky [42]

Sušenky z pšeničné mouky obohacené moukou z chia semen v množství 10 % a 20 % obsahovaly významně více bílkovin, lipidů, vlákniny, vápníku, zinku a α -linolenové kyseliny (n-3). Přídavek tedy vedl k výrobě produktu, který byl sensoricky přijatelný a měl navíc vhodný poměr mastných kyselin (nižší n-6 : n-3). Sušenky obohacené chia semeny tedy mohou přispět k pokrytí či navýšení denního doporučeného příjmu těchto složek potravy. Přídavek semen chia zajistil v sušenkách také zlepšení reologických vlastností [43, 44].



Obr. 8. Ukázka sortimentu sušenek s chia semínky [45]

V **koláčcích** může gel vyrobený z chia semen nahradit přídavek vajec, či oleje, a to v množství 25 – 75 %. Po přidavku 25 % gelu nevykazovaly koláčky podstatné změny barvy, chuti, textury ani celkové přijatelnosti. Náhrada 50 % oleje za gel však způsobila úbytek energie o 36 kcal a o 4 g méně tuku na 100 g porci. Váha ani symetrie koláčku nebyla ovlivněna, s narůstajícím zastoupením gelu byl však zaznamenán pokles objemu pečiva. Sensoricky nejpřijatelnější byly koláčky s přidavkem 50 % chia semen a 75 % chia semen [31].

1.7.3 Další využití chia semen

Chia semena jsou používána také při výrobě **nápojů**. Populární nápoj je připravován míxováním chia semen s vodou nebo ovocným džusem. Oblíbené je i použití semen na výrobu **pudingů**, který je konzumován po smíchání semen s mlékem (sójovým, mandlovým), dalšími ingrediencemi a několikahodinovém odstání [31, 46].



Obr. 9. Příprava pudingu z chia semínek [46]

Do budoucna je se semeny počítáno nejen na výrobu mouky a chleba, ale také na řadu dalších výrobků jako jsou palačinky, vafle, tortilly, salza, salátový dresing, hořčice, tatarská omáčka, různé dipy, marmelády a želé, také proteinové nápoje, mléčné koktejly, jogurty a celá řada sladkostí, sušenek, sladkého a čajového pečiva. Gel připravený z chia semen může být přidáván také do mletých mas a masných výrobků [5].

Zajímavý je také přídavek semen do vysoce výživného **krmiva** pro domácí zvířata, především psy a kuřata. V případě kuřat má příjem chia semen zabezpečit zvýšení obsahu polynenasycených mastných kyselin ve vejcích [5, 47].

Výzkum zaměřený na krmivo pro slepice obohacené o chia semena a jeho vliv na zvýšení nutričního a sensorického profilu vajec ukázal, že přídavek 300 g na 1 kg krmiva zajistil zvýšení koncentrace n-3 mastných kyselin ve vejcích z 18 mg na 321 mg/ 50 g žloutku v průběhu 4 týdnů. Krmivo dále mělo významný vliv na barvu, chuť, vůni a celkovou přijatelnost vajec [47].

Celosvětově je již nyní zaznamenán rychlý vzrůst spotřeby produktů s chia semeny jako krmivo pro koně, prasata, drůbež, psy a kočky [26].

1.8 Pozitivní dopad na zdraví

Semena chia jsou komplexní plnohodnotnou potravinou. Nejen že mají jako přírodní zdroj vysoký obsah n-3 nenasycených mastných kyselin, ale obsahují antioxidanty, vápník, bílkoviny, vlákninu, vitaminy i minerální látky. Díky obsahu tuků a sacharidů jsou také výborným zdrojem energie. Vzhledem k tomu, že chia semena absorbují velké množství vody a současně mají vysoký obsah rozpustné vlákniny, pomáhají pozvolna uvolňovat energii ze sacharidů do krevního oběhu, navíc jsou lehce stravitelná. Semena chia dokáží navázat na sebe tolik vody, že zvětší svůj objem až 12x, tyto hydrofilní vlastnosti umožňují vytvořit jemný a lehce stravitelný gel, který v těle významně snižuje hladinu krevního cukru, což umožnilo jeho využití také pro diabetickou dietu. Tím, že semena prodlužují proces přeměny zkonsumovaných sacharidů na glukózu, nedojde k náhlému zvýšení ani snížení krevního cukru [48].

Výzkum prováděný v Kanadě, kterého se zúčastnilo 20 osob s diabetem 2. typu ukázal, že semínka výrazně snižují systolický tlak [49].

Podle odborných studií chia semena příznivě působí na kardiovaskulární systém, pomáhají při metabolických poruchách, při bolestech kloubů a jejich pravidelným užíváním lze předjet dalším nemocem jako např. diabetu, depresím, hypertenzi, zácpě, ischemické chorobě srdeční, zánětům, rakovině tlustého střeva, ale je možné je použít i jako prevenci při vzniku obezity [48, 31].

Semena také působí jako přírodní antioxidant proti volným radikálům a byly zjištěny i protivirové účinky [48].

Listy je možné použít na čaj při horečce, artritidě, bolesti v krku i vysokém cholesterolu.

Aztékové gel vytvořený nabobtnáním semen používali jako obklady i jako prostředek k odstranění nečistot z očí [13].

Chia semena mají uplatnění také v kosmetickém průmyslu pro jejich pozitivní vliv na stav pokožky, vlasů a nehtů [5].

1.8.1 Možné nežádoucí účinky

Konzumace chia semen je doporučována všem skupinám konzumentů, včetně vegetariánů a veganů a prozatím nebyly zjištěny žádné významné negativní vlastnosti, pro něž by bylo nutné omezit jejich konzumaci. Nicméně u citlivějších jedinců se v důsledku jejich zvýše-

ného příjmu mohou projevit některé nežádoucí účinky. Z důvodu vlivu semen na snížení krevního tlaku se mohou objevit obtíže spojené s nízkým krevním tlakem, převážně u osob staršího věku. Přestože jsou n-3 mastné kyseliny v semenech obsažené významnou složkou potravy, mohou být také příčinou ředění krve, což může být opět rizikové u některých jedinců. Chia semena jsou významným zdrojem vlákniny, a proto se následkem zvýšeného příjmu může vyskytnout plynatost či střevní obtíže. Z hlediska alergenity se mohou objevit nežádoucí reakce u osob, které jsou alergické na hořčičná (*Sinapis alba* L.) či sezamová semena (*Sesamum indicum* L.) [50].

1.9 Využití semen chia v ČR

Vzhledem k tomu, že se semena chia **nekonzumovala** v EU ve významném množství před 15. 5. 1997, považují se za potravinu nového typu a vztahují se na ně nařízení (ES) č. 258/97. Žádosti o schválení potravin a potravinových složek nového typu posuzuje ve Velké Británii Poradní výbor pro potraviny a procesy nového typu (ACNFP) [51].

V roce 2005 podala irská společnost Robert Craig & Sons Ltd. žádost o schválení celých semen chia (semena rostliny *Salvia hispanica* L.) importovaných z Jižní Ameriky, respektive celozrnného mletého produktu ze semen chia, jako nové potravin pro použití ve formě přídatku bohatého na n-3 mastné kyseliny a s vysokou želírovací schopností při výrobě chleba. Společnost uvedla, že 5 % semen chia v chlebu zabezpečí doporučený denní příjem n-3 mastných kyselin, a to v mnohem přijatelnější formě než např. ryby nebo potravinové doplňky, dále je významný obsah proteinů (21 %), vitaminů skupiny B, vápníku, fosforu, draslíku, zinku a mědi. Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) však vyžadoval další ověření bezpečnosti této ingredience před zavedením na evropský trh, protože nebyla zcela jasně zodpovězena otázka alergenity semen chia. K tomu, aby se mohla vyloučit přítomnost látek vykazujících antinutriční nebo toxické účinky nebyl dostatek přesvědčivých údajů [52].

V listopadu 2009 byly na základě pozitivních stanovisek Stálého výboru pro potraviny (z července 2009) a stanovisek EFSA schváleny potraviny nového typu a mezi nimi i přídatek 5 % celých nebo drcených semen chia do pekařských výrobků [53].

V roce 2013 se zvýšil limit přídatku semen *Salvia hispanica* L. na 10 %, a to nejen do pekařských výrobků, ale i do snídaňových cereálií a ovocných, ořechových a semenných

směsí. Semena chia lze nyní prodávat i samostatně v balené formě, přičemž musí být uvedena informace pro zákazníka, že doporučený denní příjem je nejvýše **15 g** [54].

2 MASTNÉ KYSELINY

Z hlediska výživy jsou mastné kyseliny FAs (z angl. *Fatty Acids*) nejvýznamnější složkou lipidů. Lipidy konzumované ve stravě se v žaludku a tenkém střevě enzymově štěpí pomocí lipáz na 2-monoacylglyceroly a mastné kyseliny, a jako takové se vstřebávají střevní stěnou [14].

Jsou to monokarboxylové kyseliny s dlouhými alifatickými uhlovodíkovými řetězci, většina mastných kyselin má 16 a více uhlíků. Vyskytují se jako volné, neesterifikované, nebo estericky vázané v přírodních tucích a olejích [55].

Volných mastných kyselin člověk potravou přijímá jen málo. V potravinách se v lipidech vyskytují tyto skupiny mastných kyselin:

- nasycené mastné kyseliny
- nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové)
- nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové)
- mastné kyseliny s trojnými vazbami a s různými substituenty (rozvětvené, cyklické, s kyslíkatými, sírnými nebo dusíkatými funkčními skupinami) [14].

2.1 Nasycené mastné kyseliny (SFAs)

Někdy se označují jako satureované mastné kyseliny SFAs (z angl. *Saturated Fatty Acids*) a jsou běžnou složkou přírodních lipidů. Obsahují nejméně 4 až 38 atomů uhlíku a zpravidla lineární, nerozvětvený řetězec. Nejběžnější je kyselina palmitová (C16:0), která se vyskytuje prakticky ve všech živočišných a rostlinných lipidech [14].

Systematický název je odvozen z názvu uhlovodíku se stejným počtem uhlíkových atomů přidáním koncovky -ová, spolu se slovem kyselina. Pro mastné kyseliny jsou však často používány triviální názvy [56].

Nižší nasycené mastné kyseliny (C4 – C10) jsou při pokojové teplotě kapalné, snadno stravitelné a volné nepříjemně zapáchají. Jsou obsaženy např. v mléčném tuku. Vyšší nasycené mastné kyseliny mají více než 10 uhlíkových atomů, při pokojové teplotě jsou tuhé, hůře stravitelné a vyskytují se v živočišných a rostlinných tucích. V potravě slouží SFAs jako zdroj energie, většinou doprovázeny cholesterolem. Zvyšují hladinu celkového cholesterolu a LDL, podporují obezitu a vznik aterosklerózy (převážně ty s dlouhými řetězci). Chemicky jsou to látky stabilní, k autooxidaci dochází až při vyšších teplotách [55, 14].

Tab. 10. Nasyčené mastné kyseliny vyskytující se v lipidech [14]

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	butanová
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	myristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová
dokosanová	22	behenová
tetrakosanová	24	lignocerová (karnaubová)
hexakosanová	26	cerotová
oktakosanová	28	montanová
triakontanová	30	melissová
dotriakontanová	32	lakcerová
tetratriakontanová	34	gheddová

2.2 Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (MUFAs)

Nazývají se také monoenové mastné kyseliny MUFAs (z angl. *Monosaturated Fatty Acids*) a liší se navzájem počtem atomů uhlíku, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací. Mnohé z nich mají své běžně používané triviální názvy. Nejrozšířenější je kyselina **olejová** (C18:1), která je přítomna v živočišných i rostlinných lipidech [14].

Přítomnost dvojně vazby umožňuje *cis* nebo *trans* izomerii. V přírodě se většina mastných kyselin vyskytuje v konfiguraci *cis*, jejíž molekuly jsou v místě vazby ohnuté o 120 ° a mají nižší bod tání. Mastné kyseliny s *trans* dvojnými vazbami mají bod tání vyšší, řetězec je napřímený (podobně jako u SFAs) a mohou se vyskytovat v některých potravinách, kde jsou z důvodu zdravotního rizika nežádoucí. Přirozeně je lze nalézt např. v mléce a jiných živočišných tucích, uměle vznikají především hydrogenací nenasycených mastných kyselin při výrobě ztužených rostlinných tuků, či při dlouhodobém tepelném namáhání [14].

Tab. 11. Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech [14]

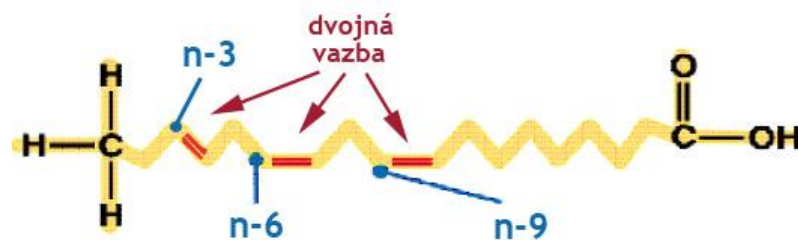
Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojně vazby	Isomer	Triviální název
decenová	10	4	<i>cis</i>	obtusilová
decenová	10	9	<i>cis</i>	kaprolejová
dodecenová	12	4	<i>cis</i>	linderová
dodecenová	12	9	<i>cis</i>	laurolejová
tetradecenová	14	4	<i>cis</i>	tsuzuová
tetradecenová	14	5	<i>cis</i>	fyseterová
tetradecenová	14	9	<i>cis</i>	myristolejová
hexadecenová	16	9	<i>cis</i>	palmitolejová
hexadecenová	16	9	<i>trans</i>	palmitelaidová
oktadecenová	18	6	<i>cis</i>	petroselinová
oktadecenová	18	6	<i>trans</i>	petroselaidová
oktadecenová	18	9	<i>cis</i>	olejová
oktadecenová	18	9	<i>trans</i>	elaidová
oktadecenová	18	11	<i>cis</i>	asklepová (<i>cis</i> -vakcenová)
oktadecenová	18	11	<i>trans</i>	<i>trans</i> -vakcenová
eikosenová	20	9	<i>cis</i>	gadolejová
eikosenová	20	11	<i>cis</i>	gondoová
dokosenová	22	11	<i>cis</i>	cetolejová
dokosenová	22	11	<i>trans</i>	cetelaidová
dokosenová	22	13	<i>cis</i>	eruková
dokosenová	22	13	<i>trans</i>	brassidová
tetrakosenová	24	15	<i>cis</i>	nervonová (selacholejová)
hexakosenová	26	17	<i>cis</i>	ximenová
triakonteová	30	21	<i>cis</i>	limekvová

2.3 Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (PUFAs)

Nenasycené mastné kyseliny polyenové PUFAs (z angl. *Polyunsaturadet Fatty Acids*) obsahují dvě a více dvojných vazeb. Mastné kyseliny s dvěma dvojnými vazbami se označují jako dienové a jsou ve výživě velmi důležité. Nejvýznamnější je kyselina **linolová** (C18:2).

PUFAs jsou často rozdělovány na n-3 (ω -3) a n-6 (ω -6) mastné kyseliny podle polohy dvojných vazby od metylového konce řetězce, kdy první dvojná vazba je na třetím nebo na šestém uhlíku od metylového konce řetězce [14].

Do skupiny n-6 mastných kyselin náleží kyselina linolová (C18:2), kyselina γ -linolenová (C18:3) a kyselina arachidonová (C20:4). Mezi n-3 mastné kyseliny jsou řazeny kyselina α -linolenová (C18:3), timnodová (C20:5), klupadonová (C22:5), a dokosaheptaenová (C22:6) [55].



Obr. 10. Schéma n-3, n-6 a n-9 nenasycených mastných kyselin [57]

Mezi PUFAs se vyskytují i tzv. **esenciální mastné kyseliny EFAs** (z angl. *Esencial Fatty Acids*), které jsou v lidské výživě nezbytné. Z prekurzorů EFAs kyseliny linolové (LA) a kyseliny α -linolenové (ALA) se formují tzv. polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem LCPUFAs (z angl. *Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids*), mezi které náleží kyseliny arachidonová (AA), kyselina eikosapentaenová (EPA) a kyselina dokosaheptaenová (DHA). Tyto kyseliny jsou díky svým fyziologickým účinkům v živočišném organismu nenahraditelné jako esenciální složky biologických membrán a utváří více než 30 % z celkových mastných kyselin v lidském mozku. DHA je zastoupena 60 % z celkových mastných kyselin v sítnici a klinickými studiemi byl prokázán její vliv na růst, vývin a normální funkce mozku. S PUFAs jsou dále spojovány pozitivní účinky na růst a dělení buněk, agregaci krevních destiček, imunitní a protizánětlivé funkce, prevenci a ochranu před kardiovaskulárními nemocemi, vysoký tlak, diabetes 2. typu, artritidu, rakovinu a další autoimunitní onemocnění [58].

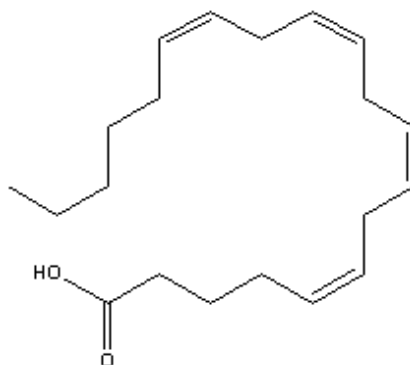
Většina n-6 nenasyceným mastných kyselin se do lidského těla dostává v podobě kyseliny linolové (LA), která je prekurzorem skupiny n-6 mastných kyselin a jejímž hlavním zdrojem jsou některé rostlinné oleje, např. slunečnicový, pupalkový, sójový, kukuřičný nebo

podzemnicový. Prekurzorem n-3 mastných kyselin je kyselina α -linolenová (ALA), tu je možné nalézt např. ve lněném, řepkovém, sójovém oleji nebo v listové zelenině. Nejvýznamnějším zdrojem n-3 mastných kyselin je tuk mořských ryb, který obsahuje kyseliny EPA a DHA [59].

Přestože jsou v současné době hlavními zdroji EPA a DHA ryby a mořské plody, díky nepříjemnému zápachu, možnosti kontaminace těžkými kovy či odmítáním vegetariány jsou stále objevovány nové alternativní zdroje a výzkum je zaměřen převážně na pěstování olejnatých rostlin včetně geneticky modifikovaných organismů (GMO) [58].

Důležitým aspektem v příjmu n-3 a n-6 mastných kyselin je zejména jejich rovnováha, která může významně ovlivnit buněčný metabolismus. Zatímco n-3 mastné kyseliny mají spíše protizánětlivé účinky, nadměrné množství n-6 mastných kyselin a vysoký poměr n-6 : n-3 je spojován s podporou vzniku zánětu a vývojem mnoha chorob zahrnujících kardiovaskulární choroby, rakovinu a autoimunitní onemocnění. Optimální poměr mezi n-6 : n-3 mastnými kyselinami by měl být maximálně 5 : 1, v západním stylu stravování jsou bohužel n-6 mastné kyseliny spolu s SFAs zastoupeny v nadměrném množství a tento poměr je překračován [60, 61].

Nejdůležitější látkou z vyšších EFAs pro člověka (Obr. 11) je kyselina arachidonová (C20:4), která se tvoří z kyseliny linolové a ukládá se v biologických membránách. V potravě se vyskytuje pouze v nepatrném množství a přítomná je především v játrech [14, 62].



Obr. 11. Kyselina arachidonová [64]

Tab. 12. Dienové, trienové a další polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech [14]

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojných vazeb	Konfigurace dvojných vazby	Triviální název
dienové				
hexadekadienová	16	9,12	<i>cis, cis</i>	
oktadekadienová	18	9,12	<i>cis, cis</i>	linolová
oktadekadienová	18	9,12	<i>trans, trans</i>	linolelaidová
oktadekadienová	18	12,15	<i>cis, cis</i>	
eikosadienová	20	11,14	<i>cis, cis</i>	
dokosadienová	22	13,16	<i>cis, cis</i>	
trienové				
hexadekatrienová	16	6,10,14	<i>all-cis</i>	hiragonová
oktadekatrienová	18	6,9,12	<i>all-cis</i>	γ -linolenová
oktadekatrienová	18	8,10,12	<i>trans, trans, cis</i>	α -kalendová
oktadekatrienová	18	8,10,12	<i>trans, trans, trans</i>	β -kalendová
oktadekatrienová	18	9,11,13	<i>cis, trans, trans</i>	α -eleostearová
oktadekatrienová	18	9,11,13	<i>trans, trans, trans</i>	β -eleostearová
oktadekatrienová	18	9,11,13	<i>cis, trans, cis</i>	puniková (trichosanová)
oktadekatrienová	18	9,12,15	<i>all-cis</i>	α -linolenová
eikosatrienová	20	5,8,11	<i>all-cis</i>	Meadsova
eikosatrienová	20	8,11,14	<i>all-cis</i>	dihomo- γ -linolenová
tetraenové				
oktadekatetraenová	18	6,9,12,15	<i>all-cis</i>	stearidonová (moroktová)
oktadekatetraenová	18	9,11,13,15	<i>cis, trans, trans, cis</i>	α -parinarová
oktadekatetraenová	18	9,11,13,15	<i>all-trans</i>	β -parinarová
eikosatetraenová	20	5,8,11,14	<i>all-cis</i>	arachidonová
dokosatetraenová	22	7,10,13,16	<i>all-cis</i>	adrenová
pentaenové				
eikosapentaenová	20	4,8,12,15,19	<i>all-cis</i>	klupanodonová
eikosapentaenová	20	5,8,11,14,17	<i>all-cis</i>	timnodová (EPA)
dokosapentaenová	22	4,7,10,13,16	<i>all-cis</i>	
dokosapentaenová	22	7,10,13,16,19	<i>all-cis</i>	klupadonová (EPA)
hexaenové				
dokosahexaenová	22	4,7,10,13,16,19	<i>all-cis</i>	cervonová (DHA)
tetrakosahexaenová	24	6,9,12,15,18,21	<i>all-cis</i>	nisinová

2.4 Ostatní mastné kyseliny

V potravinářství jsou tyto kyseliny méně důležité. Mohou mít jednu nebo více trojných vazeb nebo být rozvětvené s bočním řetězcem, dále jsou cyklické mastné kyseliny s nasyceným, nenasyceným tříčlenným, pětičlenným a šestičlenným kruhem a kyseliny s další kyslíkatou funkční skupinou [14].

- **Alkynové kyseliny**
 - jsou rozšířeny převážně v lipidech mechů a jätrovek a také v lipidech některých tropických rostlin, jsou toxické
- **Rozvětvené kyseliny**
 - základní složkou bočního řetězce je kyselina 3-metylbutanová (isovalerová), přítomny jsou např. v tuku ryb a přežvýkavců
- **Alicyklické kyseliny**
 - v přírodních tucích a olejích jsou tyto nasycené mastné kyseliny většinou vzácné, obsahují cyklopropanový, cyklopropenový a cyklopentanový kruh, stopově se vyskytují např. v lipidech bakterií, jiných nižších organismů a rostlin
- **Kyseliny s další kyslíkatou funkční skupinou**
 - epoxymastné kyseliny se většinou nacházejí jako složky kutinů a olejů ze semen rostlin, hydroxykyseliny jsou zastoupeny např. jako složky sfingolipidů živočichů i rostlin, dále v mléčném tuku, v ovoci a v ricinovém oleji, oxomastné (ketomastné) kyseliny jsou méně běžné
- **Další mastné kyseliny**
 - ve stopových množstvích se lze setkat s mastnými kyselinami obsahující dusík (tropické rostliny), síru (řepkový olej) nebo chlor (jako kontaminanty) [14].

2.5 Vlastnosti mastných kyselin

Mastné kyseliny mohou být kapaliny nebo tuhé látky. Jejich bod tání je ovlivněn počtem atomů uhlíku. Nižší nasycené FAs jsou kapalné, tuhé při teplotě místnosti jsou potom kyseliny od dekanové výše. Při počtu uhlíků vyšším než 20 se již jejich bod tání příliš nemění. Příkladem může být zmíněna kyselina máselná (C4:0) s bodem tání $-7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a kyselina stearová (C18:0) s bodem tání $69,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výrazně nižší bod tání než nasycené FAs mají ne-

nasyčené FAs s dvojnou vazbou uprostřed řetězce, značný vliv na bod tání má také konfigurace, přičemž *cis*-deriváty mají o několik desítek stupňů nižší bod tání než odpovídající *trans*-deriváty [14].

Za atmosférického tlaku jsou nižší FAs těkavé, vyšší FAs jsou netěkavé. Bod varu narůstá s rostoucím počtem atomů uhlíku, dvojně vazby nemají na bod varu příliš velký vliv. FAs s krátkým uhlíkovým řetězcem jsou mísitelné s vodou, ale rozpustnost ve vodě významně klesá s rostoucím počtem atomů uhlíku v molekule, vyšší FAs se ve vodě rozpouštějí jen nepatrně [14].

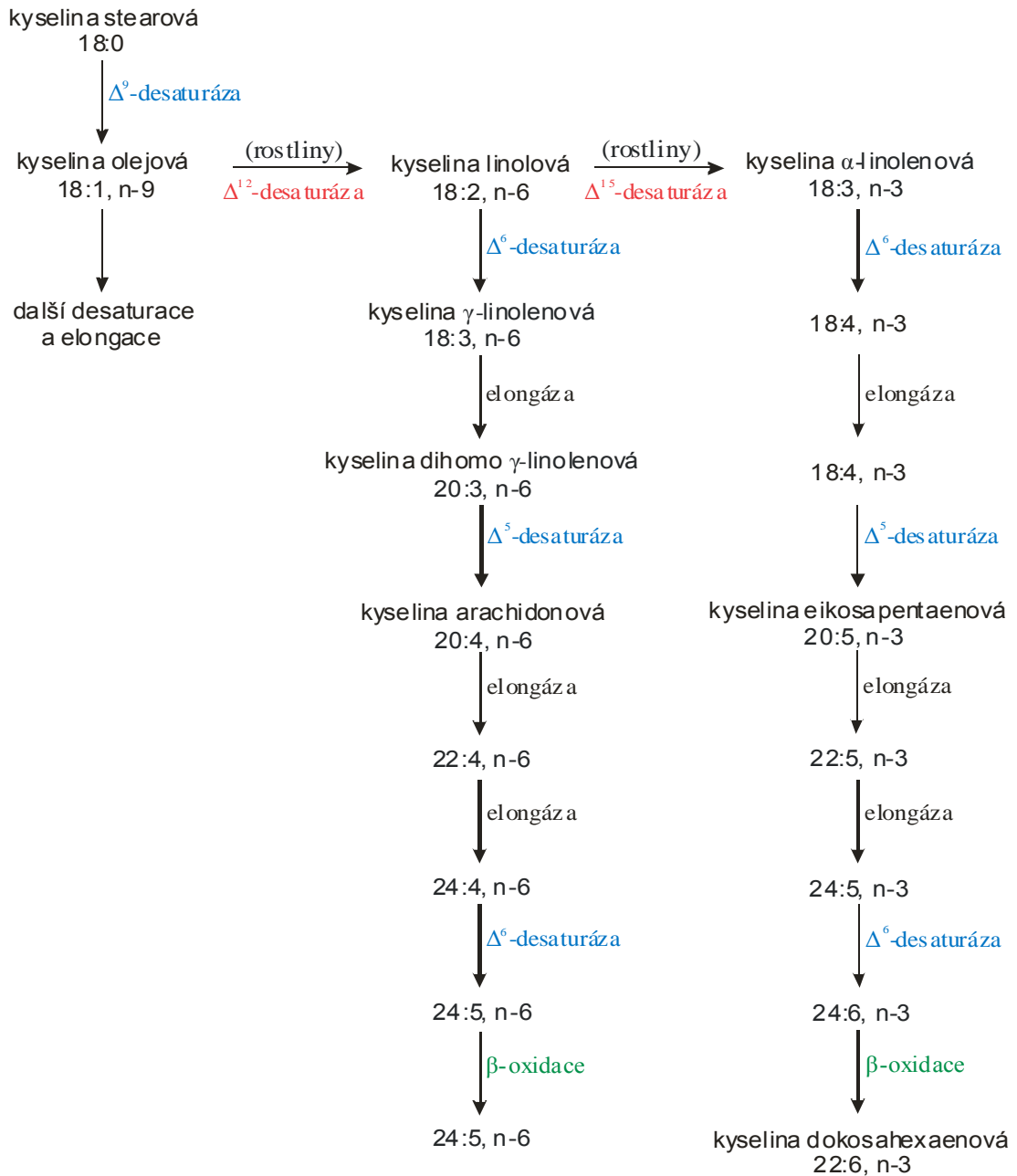
2.6 Výživa a metabolismus esenciálních mastných kyselin

Savci mají schopnost syntetizovat mastné kyseliny *de novo* z acetylkoenzymu A. Při syntéze nejdříve vzniká nasyčená kyselina palmitová (C16:0), která může být následně enzymaticky prodloužena tzv. elongací na kyselinu stearovou (C18:0). Introdukce dvojně vazby mezi uhlíky 9 a 10 je katalyzována enzymem desaturázou, který se nachází v rostlinném i živočišném organismu a účastní se také konverze kyseliny stearové (C18:0) na kyselinu olejovou (C18:1). Rostliny na rozdíl od živočichů mohou vkládat do řetězce kyseliny olejové další dvojně vazby mezi dvojnou vazbu v poloze C9 a metylový konec řetězce, čímž vznikne kyselina linolová (C18:2) a kyselina α -linolenová (C18:3). Jelikož živočichové tuto schopnost postrádají, jsou pro ně kyseliny LA a ALA esenciální a musí je přijímat potravou [58, 63].

Kyseliny linolová a α -linolenová se v lidském organismu dále prodlouží o 2 – 6 atomů uhlíku působením dalších elongáz. Vytvářejí se nové dvojně vazby a vznikají mastné kyseliny s 20 – 24 atomy uhlíku se třemi až šesti dvojnými vazbami v molekule. Tyto vyšší esenciální FAs mají v organismu živočichů nezastupitelnou úlohu jako prekurzory biologicky aktivních látek nazývaných eikosanoidy a dále jako složky fosfolipidů a biologických membrán [14, 62]. Schéma metabolismu mastných kyselin je znázorněno na Obr. 12.

2.6.1 Odbourávání mastných kyselin

Mastné kyseliny jsou v lidském organismu odbourávány nejčastěji mechanismem β -oxidace, kdy je z molekuly postupně odštěpován acetyl-CoA a řetězec je zkrácen o dva atomy uhlíku [14].



Obr. 12. Metabolizmus esenciálních nenasycených mastných kyselin [63]

3 METODY STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN

Jak už bylo zmíněno, mastné kyseliny (FAs) jsou z výživového hlediska nejvýznamnější složkou lipidů. Lipidy lze v analytické chemii stanovit různými metodami, pomocí kterých je možné stanovit celkový obsah lipidů, tukové charakteristiky, jednotlivé lipidové složky, včetně doprovodných látek lipidů. Ze zastoupení FAs v lipidech lze určit jejich biologickou i nutriční hodnotu, identifikovat druh tuku, jeho oxidační stabilitu, případně upravovat technologické procesy. Nejvyužívanějšími metodami při stanovení FAs jsou metody chromatografické [65].

3.1 Chromatografické metody

Principem chromatografie je oddělování (separace) složek obsažených ve vzorku a to tak, že je vzorek vnášen mezi dvě nemísitelné fáze, stacionární (nepohyblivou) a mobilní (pohyblivou). Mobilní fází je vzorek přes stacionární fázi unášen, při čemž jeho složky mohou být na stacionární fázi zachycovány, a proto se při pohybu zdržují. Tímto způsobem se od sebe složky postupně odseparují [66].

3.1.1 Stanovení mastných kyselin plynovou chromatografií (GC)

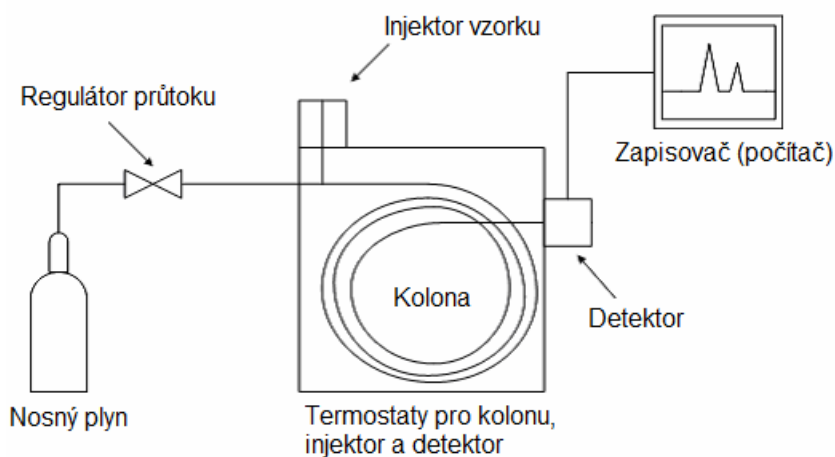
Technika plynové chromatografie – GC (z angl. *Gas Chromatography*) je nejčastěji využívána pro zjištění zastoupení FAs v tucích a olejích a zároveň je jednou z nejúčinnějších analytických metod pro separaci a analýzu lipidů. Před použitím GC je často prováděna úprava (derivatizace) látek, protože neporušené triacylglyceroly (TAGs) a volné mastné kyseliny FFAs (z angl. *Free Fatty Acids*) jsou málo těkavé a pomocí GC obtížně stanovitelné. Principem je zmýdelnění glyceridů, čímž jsou rozloženy na glycerol a volné mastné kyseliny a následná esterifikace v alkalickém prostředí metanolu za přítomnosti kyselého katalyzátoru. Vznikají tak metylestery mastných kyselin FAMES (z angl. *Fatty Acids Methyl Esters*) [67, 68].

Směs molekul prochází přes kolonu tvořící stacionární fázi, která zpomaluje tok molekul a nejčastěji je tvořena polyestery nebo polyalkylenglykolem. Molekuly jsou rozděleny na základě odlišné afinity ke stacionární fázi kolony a poté jsou detekovány na vhodně zvolených detektorech. FAMES se stanovují metodou GC nejčastěji s využitím plamenově ionizačního detektoru FID (z angl. *Flame-Ionization Detector*), který detekuje prakticky vše s výjimkou anorganických par a plynů. Výstupem je chromatogram, ze kterého lze vyčíst

dle elučních časů jednotlivé FAs a podle velikosti a plochy píků určit procentuální zastoupení daných FAs [66, 67].

GC poskytuje kompletní profil molekul obsažený ve vzorku a může být použita pro určení počtu nasycených, nenasycených, polynenasycených mastných kyselin, cholesterolu, či stupně oxidace lipidů. Není však vhodná pro mastné kyseliny s krátkým řetězcem a zkruslené výsledky může dát také v přítomnosti oxidovaných mastných kyselin, hydroxykyselin, epoxykyselin, cyklických kyselin, v přítomnosti vosků a většího množství nezmýdelnitelných látek [67].

Plynový chromatograf se skládá z **injektoru** (dávkovače), kam je vzorek nastříknut, odpařen a unášen do chromatografické **kolony**, kde dochází k separaci složek. Podle druhu kolony je dávkováno 1 – 10 μl . Kolona je spolu s **detektorem** indikujícím koncentraci separovaných složek v nosném plynu umístěna v **termostatu** zajišťujícím dostatečně vysokou teplotu pro udržení vzorku v plynném stavu. Zdrojem nosného plynu je **tlaková láhev** obsahující vodík, dusík, helium nebo argon. Úkolem plynu je unášet vzorek kolonou a musí být inertní vůči jeho složkám. Nemá tedy přímý vliv na separaci. Při jeho výběru je důležitá také jeho netoxičita, bezpečnost práce a nízká cena. Dále je přítomen **regulační systém** zajišťující průtok nosného plynu a **čisticí zařízení** pro zachycení vlhkosti a nečistot v nosném plynu. Výstupní signál detektoru je doprovázen **zesilovačem** a zpracováván **vyhodnocovacím zařízením**, které zakresluje chromatografickou křivku (chromatogram). Každá látka představuje jeden pík [66]. Na Obr. 13 je znázorněno zjednodušené schéma plynového chromatografu.



Obr. 13. Schéma plynového chromatografu [69]

3.1.2 Stanovení mastných kyselin vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC)

Analytická metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie – HPLC (z angl. *High Performance Liquid Chromatography*) vyžaduje k separaci použití dostatečně malých zrníček sorbentu, která kladou prostupující kapalině dostatečný odpor, je však nutné pracovat při vysokém tlaku [66].

HPLC s UV detekcí může být použita pro stanovení celkového počtu triacylglycerolů (TAGs), diacylglycerolů (DAGs), monoacylglycerolů (MAGs) a metylesterů mastných kyselin (FAMES) v různých druzích rostlinných olejů. HPLC je užitečnou alternativou k využití GC a nabízí oproti GC několik výhod. Při stanovení pomocí GC může přítomnost tepelně labilních složek ovlivňovat množství FAMES, mohou nastat strukturní změny uhlíkového řetězce PUFAs, izomerace a rozklad vysokou teplotou, pomocí GC není možné shromáždit frakce odseparovaných FAMES pro další analýzy a navíc GC vyžaduje derivatizační kroky před vlastním stanovením [70, 71].

Výhoda metody HPLC spočívá v její rychlosti, rozlišení, vysoké citlivosti a specifičnosti. Stanovení pomocí HPLC je vhodné i ve zvláštních případech jako je např. separace geometrických *cis/trans* izomerů mastných kyselin. Izomery mohou být odděleny na kolonách se stříbrnými ionty, využívána je také metoda HPLC na obrácené fázi, tzv. RP-HPLC (z angl. *Reversed – Phased High Performance Liquid Chromatography*) pro oddělení vzorků s různým počtem, konfigurací a polohou dvojně vazby [71].

3.1.3 Stanovení mastných kyselin tenkovrstevnou chromatografií (TLC)

Tenkovrstevná chromatografie – TLC (z angl. *Thin Layer Chromatography*) je jednoduchou a účinnou separační metodou, jejímž principem je rozdělení jednotlivých složek směsi na základě jejich rozdílné interakce na stacionární fázi, která je v tenké vrstvě nanášena na pevný nosič (skleněná destička, chromatografický papír). Mobilní fázi je zde vhodné organické rozpouštědlo. Vzorek je aplikován na start nosiče a ponořen do nádoby s rozpouštědlem, které vzlíná směrem nahoru. Po dokončení procesu dělení jsou rozpuštěné látky zviditelněny a detekovány pomocí UV záření nebo chemickými činidly. Jednotlivé složky lze identifikovat s následným porovnáním se standardem [72].

3.2 Spektroskopické metody

Využití spektroskopických metod při stanovení FAs, poskytuje několik výhod proti běžněji využívaným chromatografickým metodám (GC, HPLC). Metody umožňují jasný postup kvantitativní analýzy FAs bez vysokého obsahu organických rozpouštědel a dalších toxických chemických sloučenin. Klasické analytické metody jsou rovněž zdlouhavé a drahé, vyžadují úpravy vzorků před vlastním stanovením a kvůli parám jsou nebezpečné i pro životní prostředí [73].

3.2.1 NMR spektroskopie

Zkratka NMR znamená nukleární magnetická rezonance. Tato analytická metoda, která na základě absorpce radiofrekvenčního záření vzorkem umístěným v silném magnetickém poli poskytuje informace o struktuře zkoumané látky. Aby byla intenzita signálu NMR co nejvyšší, je třeba použít velmi silné magnetické pole, které je získáváno pomocí solenoidu ze supravodivého materiálu (materiál bez Ohmického odporu). Tyto supravodiče vyžadují pro svůj provoz velmi nízkou teplotu ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ a méně), proto je cívka ponořena do kapalného helia. Cívka je tvořena několika tisíci závitů a teče jí proud okolo 100 A, dále je NMR tvořen magnetem a pro měření NMR spekter je potřeba sonda, do které se vkládá vzorek [74].

Metoda NMR spektroskopie pro stanovení FAs je založena na integraci signálu skupin α -karbonyl- CH_2 , metylenových skupin přímo sousedících s karbonylovou skupinou volných mastných kyselin (FFAs) a metylenových skupin esterifikovaných FAs. Jelikož se mohou signály částečně překrývat, není tato metoda dostatečně citlivá pro detekci malého počtu FFAs v lipidech [73].

3.2.2 Infračervená spektroskopie (IR)

Principem infračervené spektroskopie IR (z angl. *Infrared Spectroscopy*) je absorpce infračerveného záření molekulami buněk. Tato metoda náleží do skupiny nedestruktivních metod, kdy zkoumaný vzorek není analýzou nijak poškozen. Infračervenými spektry se sledují vibrační a rotační změny v molekulách, pokud je změna těchto stavů spojena se změnou dipólových momentů, dochází k absorpci záření charakteristické pro danou vazbu v molekule. Pro identifikaci organických sloučenin má největší význam oblast spektra v rozmezí $400 - 4000\text{ cm}^{-1}$, jelikož se v této oblasti organické sloučeniny projevují největším počtem absorpčních pásů [75].

K praktickému rozšíření infračervených spektrometrů došlo po zavedení moderních přístrojů s Fourierovou transformací, tzv. FTIR spektrometrů (z *angl. Fourier Transform Infrared*). Výhody spočívají v tom, že při měření dopadá na detektor vždy celý svazek záření, což umožňuje i experimenty, při nichž dochází k velkým energetickým ztrátám, při měření silně absorbujících vzorků [75].

3.2.2.1 Stanovení *trans* nenasycených mastných kyselin

Metoda infračervené spektroskopie IR je využívána taktéž ke stanovení obsahu *trans* nenasycených mastných kyselin. Principem je převedení tuků, olejů a FAs na FAMEs, poté je změřeno infračervené spektrum vzorku při $1100 - 910 \text{ cm}^{-1}$ a následně jsou proměřeny absorbance těchto FAMEs při 970 cm^{-1} . Výška absorbujícího píku je úměrná obsahu dvojných vazeb v konfiguraci *trans* ve vzorku. Metoda ovšem poskytuje informaci pouze o procentuálním zastoupení dvojných vazeb v konfiguraci *trans*, ne už o povaze izomerů jako je jejich délka řetězce či počet dvojných vazeb. IR je použitelná pro přírodní, rafinované a hydrogenované tuky a oleje, FAs a jejich metylestery [67, 76].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo stanovit profil mastných kyselin semen šalvěje hispánské (*Salvia Hispanica* L.) a dále stanovit změnu profilu mastných kyselin působením různých teplot při jejich použití pro pekárenské účely.

Pro stanovení celkových lipidů byla použita extrakce dle Soxhleta, kvantitativní obsah jednotlivých mastných kyselin byl poté stanoven po převedení mastných kyselin ve vzorcích na metylestery metodou plynové chromatografie s plamenově ionizačním detektorem (FID).

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Použitý materiál

Pro analýzu byly použity komerční vzorky semene šalvěje hispánské dostupné z běžné maloobchodní sítě. Před vlastním stanovením byly vzorky tepelně ošetřeny při různých teplotách. Tepelná úprava proběhla v elektrické troubě při teplotách 150 °C, 175 °C a 200 °C po dobu 25 minut. Teploty, při kterých byly vzorky ošetřeny, byly vybrány s ohledem na teploty používané při pekárenském zpracování produktů obohacených o chia semena.



Obr. 14. Použité vzorky semen šalvěje hispánské



Obr. 15. Vzorky semen šalvěje hispánské a) tepelně neošetřená semena, b) tepelně ošetřená při 150 °C, c) ošetřená při 175 °C, d) ošetřená při 200 °C

Po tepelné úpravě byly vzorky semen dezintegrovány pomocí makového mlýnku, z důvodu rozrušení pletiv a snazšího přístupu extrakčního činidla.

5.2 Použité chemikálie, pomůcky a přístroje

5.2.1 Použité chemikálie

- Hexan p.a.: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod
- Metanol koncentrovaný p.a.: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod
- Hydroxid sodný p.a.: Ing. Petr Švec (Penta), výrobní divize Chrudim
- Bortrifluorid-Diethylether-Komplex zur Synthese: Merck KGaA, Darmstadt
- n-Heptan p.a.: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod
- Chlorid sodný p.a.: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod
- Síran sodný bezvodý: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

5.2.2 Standardy

- U 0220 Metyl-undekanoát: Sigma Aldrich Co LLC, USA
- Supelco 37 Component FAME Mix: Supelco, USA

5.2.3 Pomůcky

- běžné laboratorní pomůcky a sklo (Petriho misky, varné baňky s kulatým dnem, kádinky, odměrné válce, dělicí nálevky, chladič, hadičky)
- Soxhletův extraktor
- Extrakční patrony

5.2.4 Přístroje

- Analytické váhy Explorer EP 214, Švýcarsko
- Topné hnízdo LTHS 250, Brněnská Drutěva, výrobní družstvo, Brno
- Odparka rotační vakuová Laborota 4000, Heidolph, Německo
- Plynový chromatograf Shimadzu GC-2010 s FID detektorem, SHIMADZU Handels GmbH, Japonsko

- Vysoce polární kolona HP 88 Agilent Technologies s rozměry stacionární fáze 100 m x 0,25 mm x 0,25 μm , Agilent Technologies, USA

5.3 Stanovení celkových lipidů

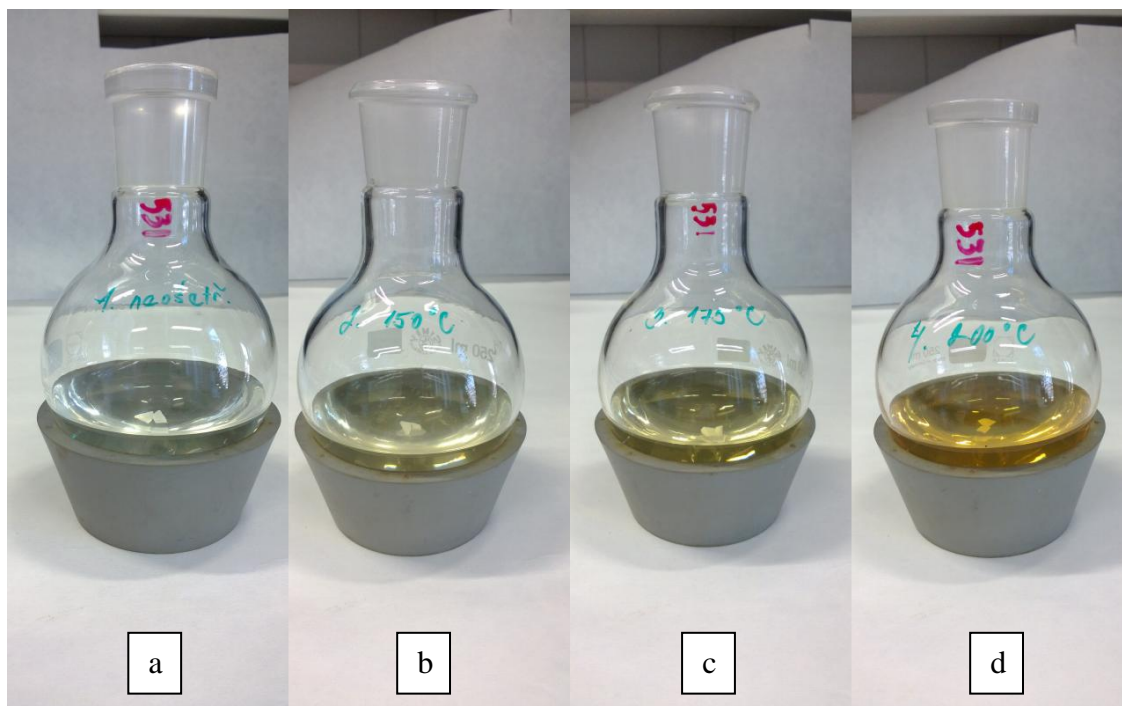
Stanovení celkového obsahu lipidů ve vzorcích chia semen bylo provedeno dle platných norem [77].

5.3.1 Extrakce lipidů hexanem

Do prázdné vysušené 250 ml baňky se zábrusem byly vloženy varné kamínky a baňka byla zvážena na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Dále bylo naváženo 3 g dezintegrovaného vzorku s přesností na 0,0001 g do extrakční patrony. Do baňky bylo odměřeno 100 ml hexanu. Soxhletova extrakce pod zpětným chladičem (Obr. 16) probíhala 4 hodiny při současném zahřívání baňky na topném hnízdě. Na Obr. 17 jsou fotografie extraktů ze semen po různé tepelné úpravě. Po ukončení extrakce bylo rozpouštědlo oddestilováno na vakuové rotační odparce (Obr. 18) a baňka byla následně po vysušení zvážena.



Obr. 16. Aparatura pro Soxhletovu extrakci



Obr. 17. Extrakty ze semen a) tepelně neošetřených, b) ošetřených při 150 °C, c) ošetřených při 175 °C, d) ošetřených při 200 °C



Obr. 18. Vakuová rotační odparka

5.3.2 Gravimetrické stanovení lipidů

Celkové lipidy byly stanoveny gravimetricky po Soxhletově extrakci probíhající 4 hodiny za použití hexanu jako rozpouštědla. Celkový obsah lipidů byl vypočten jako rozdíl mezi baňkou s obsahem lipidů po extrakci a oddestilování příslušného rozpouštědla na vakuové odparce a předem zváženou prázdnou baňkou. Rozdíl byl vypočten podle vzorce pro výpočet obsahu celkových lipidů.

Vzorec pro výpočet obsahu celkových lipidů [%] (1)

$$x = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100$$

Kde:

x hmotnost celkových lipidů [%]

m_1 hmotnost prázdné baňky [g]

m_2 hmotnost baňky s vyextrahovaným tukem po oddestilování rozpouštědla [g]

m hmotnost navážky [g]

5.4 Úprava vzorků pro plynovou chromatografii

Po Soxhletově extrakci byly vyextrahované lipidy převedeny na metylestery mastných kyselin (FAMES) esterifikací metanolickým roztokem NaOH v přítomnosti kyselého katalyzátoru bortrifluoridu (BF_3). Metylestery mastných kyselin lze plynovou chromatografií lépe stanovit z důvodu jejich vyšší těkavosti.

5.4.1 Příprava 0,5 M metanolického roztoku NaOH

Metanolický roztok NaOH byl připraven rozpuštěním příslušného množství NaOH v odměrné baňce a doplněním po rysku metanolem. Množství použitého NaOH v gramech bylo vypočítáno podle vzorce:

$$m = c \cdot V \cdot M \quad (2)$$

Kde:

c koncentrace roztoku [mol]

V celkový objem roztoku [ml]

M molární hmotnost NaOH [$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$]

5.4.2 Příprava 15% roztoku BF_3

Bylo nutné předem připravit také 15% metanolický roztok BF_3 , který slouží jako katalyzátor. Roztok byl připraven do 250 ml odměrné baňky, do které bylo aplikováno několik kapek metanolu a přidáno 37,5 ml bortri-fluorid-dietyleter-komplexu. Následně byla odměrná baňka doplněna po rysku metanolem.

5.4.3 Příprava metylesterů

Vyextrahované lipidy v 250 ml baňce se zábrusem byly zmýdelňovány 4 ml 0,5 M metanolického roztoku NaOH za neustálého zahřívání na topném hnízdě pod zpětným chladičem (Obr. 19). Zmýdelňování probíhalo pod inertní atmosférou tvořenou dusíkem až do vymizení tukových kapiček, přibližně 30 minut. Poté bylo do varné baňky pomalu přidáno 5 ml 15% metanolického roztoku BF_3 válcem přes zpětný chladič a po 2 minutách 5 ml heptanu také přes zpětný chladič. Po další 1 minutě varu byl chladič odejmut, baňka byla odstavena z topného hnízda a po částečném ochlazení byly přidány 2 ml nasyceného vodného roztoku NaCl. Vzniklý roztok byl převeden do 250 ml dělicí nálevky, baňka byla promyta 15 ml heptanu a obsah baňky byl přidán k prvnímu podílu do dělicí nálevky. Dále bylo do dělicí nálevky přidáno 40 ml nasyceného vodného roztoku NaCl a po protřepání obsahu došlo k oddělení heptanové fáze od vodné. Vodná fáze byla odpuštěna do další dělicí nálevky a promyta 15 ml heptanu, kdy došlo k dalšímu oddělení heptanové a vodné fáze (Obr. 20). Vodná fáze byla opět odstraněna a heptanová fáze byla spojena s předchozí heptanovou fází. Spojené heptanové fáze byly promyty 20 ml nasyceného vodného roztoku NaCl, heptanová fáze byla opět oddělena a na závěr vysušena 3 lžičkami bezvodého síranu sodného. Po vysušení byly vzorky převedeny do 50 ml odměrných baněk.



Obr. 19. Aparatura na přípravu metylesterů



Obr. 20. Dělení vodné a heptanové fáze

5.4.4 Příprava vnitřního standardu

Byla zvolena metoda vnitřního standardu, při které není nutné znát přesný objem nástřiku při analýze v plynovém chromatografu a navíc jsou stanovované složky vzorku i vnitřní standard ovlivňovány při změně pracovních podmínek stejně. Ke vzorku je přidáno určité množství známé látky, která není ve vzorku přítomna a ani se složkami vzorku neinteraguje, tvoří však samostatný pík v blízkosti stanovované látky.

Pro použité vzorky byl zvolen metylester kyseliny undekanové (C11:0). Vnitřní standard byl připraven do 25 ml odměrné baňky tak, že bylo 125 μ l metyl-undekanoátu odměřeno mikropipetou a zbytek byl po rysku doplněn heptanem. Množství 1 ml vnitřního standardu bylo poté přidáno ke každému vzorku připraveného metylesteru do 50 ml odměrné baňky a zbytek byl doplněn heptanem po rysku.

5.5 Kvantitativní analýza mastných kyselin

Pro kvantitativní analýzu zastoupení FAs, bylo odebráno přibližně 1,5 ml každého vzorku do vialky, každý vzorek byl poměřen dvakrát. Byl použit standard Supelco 37 Component FAME Mix, který zahrnoval 37 vybraných FAs k dosažení širokého spektra stanovovaných FAs.

Na plynovém chromatografu s FID detektorem (Obr. 21) byly poté poměřeny vzorky semen i příslušný standard. FID detektor poskytuje odezvu na téměř všechny organické látky, odezva u uhlovodíků je úměrná počtu atomů v molekule. Stanovení mastných kyselin ve vzorcích chia semen bylo provedeno dle platných norem [77, 78].

5.5.1 Analýza na plynovém chromatografu

Stanovení jednotlivých FAs bylo provedeno na plynovém chromatografu Shimadzu GC-2010 s FID detektorem, vysoce polární kolonou HP-88 Agilent Technologies s rozměry stacionární fáze 100 m x 0,25 mm x 0,25 μ m, která je určena pro identifikaci *cis/trans* metylesterů mastných kyselin. Objem nástřiku byl 1 μ l, jako nosný plyn byl použit dusík, splítovací poměr byl 100,0. Analýzy byly prováděny lineární rychlostí 17,8 cm/s po dobu 90 minut. Teplotní program byl zvolen 80 °C/5 min., 200 °C/30 min. a 250 °C/15 min. Metylestery mastných kyselin (FAMES) analyzovaných vzorků i použitý standard byly poměřovány za stejných podmínek metody. Podmínky chromatografického stanovení FAMES jsou shrnuty v Tab. 13.

Tab. 13. Podmínky chromatografického stanovení

Parametr	Podmínky stanovení
plynový chromatograf	Shimadzu GC-2010
kolona	HP-88 Agilent Technologies
nosný plyn	N ₂
detektor	FID
doba analýzy	cca 90 min. s lineární rychlostí 17,8 cm/s
objem nástřiku, dávkování	1 μl; split 100,0
teplotní program	80 °C/5 min., 200 °C/30 min. a 250 °C/15 min.

Pro kvantitativní vyhodnocování chromatogramů vzorků chia semen byla podstatná plocha i výška píku v chromatogramu, které jsou úměrné obsahu složky ve vzorku. Tyto parametry mohou být závislé také na pracovních podmínkách (teplotě kolony a průtoku nosného plynu). Při identifikaci jednotlivých FAs byly porovnány retenční časy analyzovaných vzorků s retenčními časy použitého standardu.

Kvantitativní vyhodnocení FAs bylo provedeno na základě integrace vybraných píků FAs, jejichž plochy byly znormalizovány na obsah vnitřního standardu C11:0, a poté byly vyjádřeny v mg/g vzorku a přepočteny na %-ní podíl FAs z celkových metylesterů mastných kyselin podle vzorce pro výpočet procentuálního zastoupení FAs.

Vzorec pro výpočet zastoupení FAs v [%] z celkových FAMES:

$$x = \frac{P_1}{\Sigma P} \cdot 100 \quad (3)$$

Kde:

x zastoupení FA v [%] z celkových FAMES

P_1 plocha normalizovaného píku dané FA

ΣP suma ploch normalizovaných píků všech vybraných FAs daného vzorku



Obr. 21. Plynový chromatograf Shimadzu GC-2010

5.6 Statistické vyhodnocení výsledků

Získané výsledky byly vyjádřeny jako aritmetický průměr včetně směrodatné odchylky. Pro výpočet aritmetického průměru i směrodatné odchylky byly použity statistické funkce v programu Microsoft Office Excel (Redmont, WA, USA). Analýzy u každého vzorku chia semen byly provedeny třikrát.

Dále byl při statistickém zhodnocení výsledků kvantitativních změn obsahů mastných kyselin použit Studentův párový t -test v programu QC Expert 3.3 (TriloByte Statistical Software, s.r.o., Parubice, Česká republika) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Tento test je nejčastěji používaným parametrickým testem a porovnává data, která tvoří „variační spárované řady“, tzn., že pocházejí ze subjektů, které byly podrobeny dvěma měřeními. Párový t -test byl použit pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi zastoupením jednotlivých mastných kyselin ve vzorcích semen v závislosti na teplotě.

Při statistickém vyhodnocení výsledků byly rovněž provedeny korelace závislostí tepelného ošetření na obsah FAs pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (R), který udává statistickou závislost u lineárních dat a počítá se pomocí směrodatných odchylek obou proměnných a jejich kovariance (míra vzájemné vazby mezi veličinami). Tyto korelace popisují vliv změny jednoho znaku na změnu úrovně jiného znaku a ověřují hypotézy

o statistické významnosti závislosti. Pokud se hodnoty jednoho znaku mění, mění se korelativně i hodnoty znaku druhého a naopak. Pokud je u sledovaných znaků prokázána korelace, je pravděpodobné, že jsou na sobě závislé. Míru korelace pak určuje korelační koeficient, který nabývá hodnot v intervalu od -1 do 1. Svých extrémních hodnot (-1 a 1) nabývá, pouze pokud leží všechny body na jedné přímce. Pokud je korelační koeficient roven 1, je mezi veličinami vztah přímé úměry (tedy čím větší je hodnota jedné veličiny, tím větší je hodnota i druhé veličiny). Pokud je korelační koeficient roven -1, je mezi veličinami vztah nepřímé úměry, jestliže jsou veličiny nezávislé, korelace mezi nimi je nulová. Pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu byly použity statistické funkce v programu Microsoft Office Excel (Redmont, WA, USA).

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 Celkový obsah lipidů v semenech chia

Celkový obsah lipidů ve vzorcích chia semen byl stanoven podle metodiky popsané v kapitole 5.3. V Tab. 14 je znázorněno množství vyextrahovaného tuku ze semen a stanovený obsah celkových lipidů příslušných vzorků tepelně neošetřených semen, který byl stanoven po Soxhletově extrakci v hexanu. Obsah je vyjádřen jako průměr ze tří paralelních stanovení v gramech a procentech z hmotnosti vzorku, navážka činila 3 g s přesností na 0,0001g.

Tab. 14. Celkový obsah lipidů ve vzorcích tepelně neošetřených semen

Vzorek	Vyextrahovaný tuk [g]	Celkové lipidy [%]
1 (neošetřený)	0,9924 ± 0,08	32,9 ± 3,37

Obsah lipidů v semenech chia může být proměnlivý, jak je patrné z odborné literatury, a to v rozmezí 21,5 – 32,7 % [9, 11]. Jak vyplývá z Tab. 1, námi stanovené obsahy lipidů v tepelně neošetřených semenech byly spíše u horního rozmezí údajů dostupných v odborné literatuře.

6.2 Stanovení mastných kyselin v semenech chia

Mastné kyseliny (FAs) byly stanoveny podle metodiky popsané v kapitole 5.5. Kvantitativní analýza FAs byla provedena za použití standardu Supelco 37 Component FAME Mix. Vlastní kvantitativní stanovení bylo provedeno za použití vnitřního standardu (metylundekanoát).

6.2.1 Kvantitativní zastoupení FAs v semenech chia

Mastné kyseliny byly stanoveny po extrakci hexanem a převedení na metylestery mastných kyselin (FAMES). V Tab. 15 je znázorněno kvantitativní zastoupení FAs v tepelně neošetřených chia semenech a tepelně ošetřených semenech při teplotách 150 °C, 175 °C a 200 °C po dobu 20 minut.

Tab. 15. Kvantitativní zastoupení FAs ve vzorcích semen chia v závislosti na teplotě [mg/g]

Vzorky semen chia				
Mastná kyselina	neošetřené	150 °C	175 °C	200 °C
C8:0	0,00	0,00	0,07± 0,03	0,09±0,03
C15:0	0,11± 0,02	0,16	0,13± 0,03	0,11± 0,04
C16:0	50,47 ± 6,22	61,00± 4,72	56,00± 8,28	51,52± 9,93
C16:1(cis-9)	0,44± 0,13	0,57± 0,04	1,20± 0,74	0,37± 0,14
C17:0	0,39± 0,07	0,51± 0,05	0,46± 0,07	0,39± 0,03
C18:0	22,86± 2,81	27,58± 2,29	24,94± 3,82	23,06± 4,41
C18:1(trans-9)	0,00	0,21± 0,06	0,51± 0,33	1,29± 1,55
C18:1(cis-9)	39,34± 5,09	48,45± 4,32	42,80± 4,65	36,65± 10,22
C18:2(all-cis-9,12)	130,88± 16,44	155,23± 11,33	138,69± 20,16	114,60± 37,34
C20:0	2,03± 0,26	2,58± 0,26	2,32± 0,47	2,42± 0,82
C18:3(all-cis-6,9,12)	2,16± 0,25	3,39± 0,50	5,92± 0,75	2,60± 0,62
C18:3(all-cis-9,12,15)	508,61± 62,50	593,93± 40,75	524,41± 75,00	362,45± 175,73
C20:2(all-cis-11,14)	0,24± 0,08	0,35± 0,05	0,24± 0,08	0,00
C22:0	0,46± 0,07	0,63± 0,05	0,53± 0,04	0,00
C22:1(cis-13)	0,34± 0,08	0,43± 0,04	0,27± 0,06	0,00
C20:5(all-cis-5,8,11,14,17)	0,28± 0,07	0,46± 0,04	0,34± 0,12	0,17± 0,05

Z výsledků vyplývá, že nejčastěji vyskytujícími FAs, které byly ve všech vzorcích semen chia zjištěny jsou kyseliny palmitová (C16:0), stearová (C18:0), olejová (C18:1; cis-9), linolová (C18:2; all-cis-9,12) a α -linolenová (C18:3; all-cis-9,12,15). Ostatní FAs se vyskytovaly pouze v malém množství. U tepelně ošetřených semen byl dále pozorován výskyt kyseliny elaidové (C18:1; trans-9), která v tepelně neošetřených semenech zjištěna nebyla. Kyselina palmitová (C16:0) byla ve vzorcích semen zastoupena v množství 50,47 až 61,00 mg/g a kyselina stearová (C18:0) v množství 22,86 až 27,58 mg/g, tyto mastné kyseliny patří do skupiny nasycených mastných kyselin (SFAs). Kyselina olejová (C18:1) náleží do skupiny mononesycených mastných kyselin (MUFAs) byla přítomna v množství 36,65 až 48,45 mg/g. Z polynenasycených mastných kyselin (PUFAs) byla prokázána přítomnost kyseliny linolové (LA, C18:2; all-cis-9,12) v množství 114,60 až 155,23 mg/g a kyseliny α -linolenové (ALA, C18:3; all-cis-9,12,15) v množství 362,45 až 593,93 mg/g. Tato kyselina byla současně nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou ve vzorcích chia semen, což korespondovalo s údaji v odborné literatuře [9, 11].

V Tab. 16 jsou uvedeny hodnoty kvantitativního zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin, a to nasycených mastných kyselin (SFAs), mononenasycených mastných kyselin (MUFAs), polynenasycených mastných kyselin (PUFAs), *trans* nenasycených mastných kyselin (*trans* FAs) a esenciálních mastných kyselin (EFAs) z řady n-3 FAs a n-6 FAs, a také kyselin eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA) v závislosti na použitém tepelném ošetření. Tato tabulka umožňuje snazší pohled na složení mastných kyselin v semenech z hlediska výživy.

Tab. 16. Kvantitativní zastoupení jednotlivých skupin FAs ve vzorku v závislosti na teplotě [mg/g]

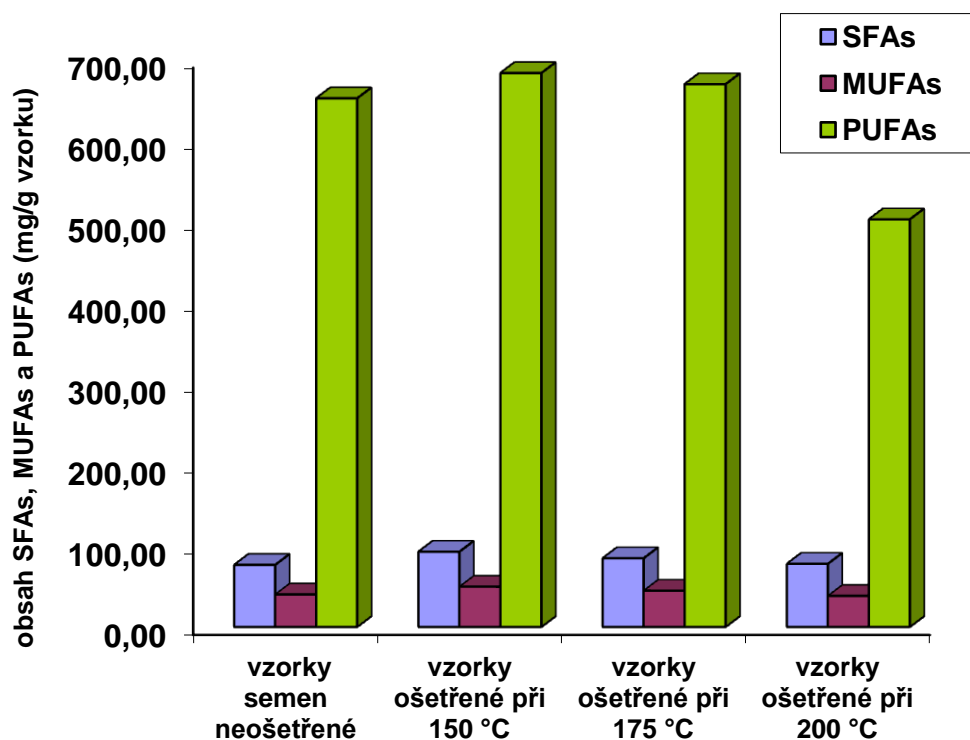
Vzorky semen chia				
Skupiny FAs	neošetřené	150 °C	175 °C	200 °C
SFAs	76,62 ^a	92,83 ^a	84,79 ^a	77,89 ^a
MUFAs	40,12 ^a	49,66 ^a	44,78 ^a	38,31 ^a
PUFAs	652,17 ^a	683,35 ^a	669,59 ^a	502,82 ^b
<i>trans</i> FAs	0,00 ^a	0,21 ^b	0,51 ^c	1,29 ^d
n-3 FAs	518,89 ^a	544,38 ^b	524,75 ^a	362,62 ^c
n-6 FAs	143,29 ^a	148,97 ^a	144,84 ^a	140,20 ^a
EPA	0,28 ^a	0,46 ^a	0,34 ^a	0,17 ^a
DHA	0,00	0,00	0,00	0,00

a, b, c, d – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($\alpha > 0,05$)

Z Tab. 16 je patrné, že nejvíce zastoupenou skupinou FAs v semenech jsou PUFAs, a to především vysokým zastoupením kyseliny α -linolenové (ALA) a kyseliny linolové (LA), jejichž významným zdrojem semena chia jsou. PUFAs se v semenech chia vyskytovala ve významném množství v rozmezí 502,82 až 683,35 mg/g a jejich pokles byl pozorován až při ošetření semen při teplotě 200 °C. Z Tab. 16 vyplývá, že semena chia obsahovala také vysoké množství FAs patřících do skupiny n-3 FAs v rozmezí 362,62 až 544,38 mg/g, a to především vysokým obsahem ALA. Zastoupení FAs náležících do skupiny n-6 FAs bylo nižší než předcházející skupina n-3 FAs. Jejich obsah v rozmezí 140,20 až 148,97 mg/g byl dán především obsahem LA. Pokles v obsazích těchto esenciálních skupin FAs lze pozorovat opět až při záhřevu na 200 °C, vzorky semen neošetřených a ošetřených při nižších teplotách vykazovaly konstantní zastoupení n-3 a n-6 FAs, které se až do ošetření na 175 °C příliš nelišilo.

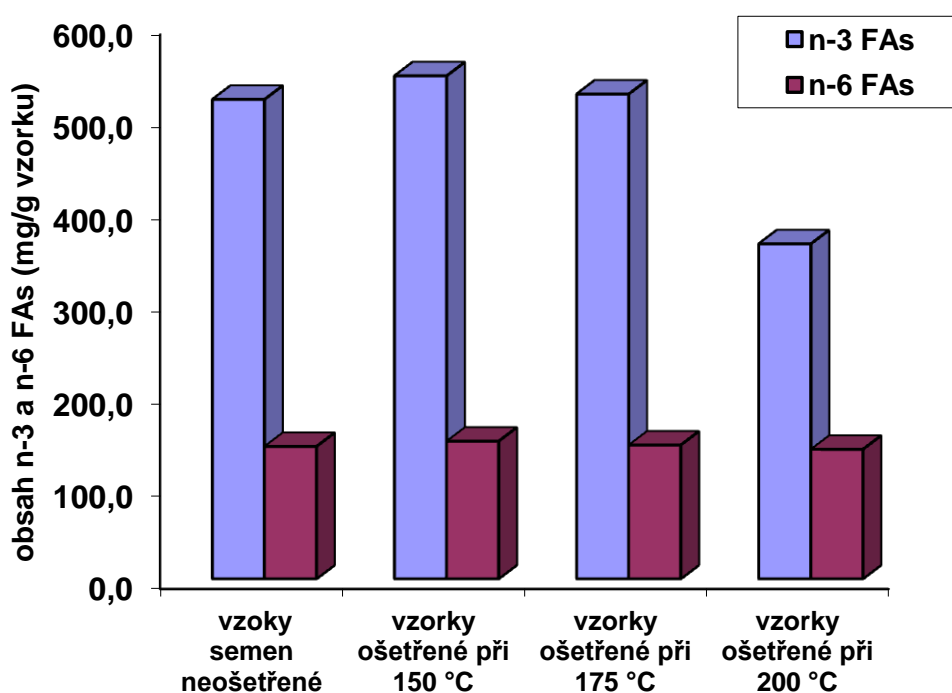
Skupinu SFAs zastupovaly v semenech převážně kyseliny palmitová a stearová, jejich množství bylo v rozmezí 76,62 až 92,83 mg/g. Obsah MUFAs je dán především kyselinou olejovou, jejich obsah byl v semenech pozorován v množství 38,31 mg/g až 49,66 mg/g. Co se týče esenciálních mastných kyselin EPA a DHA, EPA byla pozorována ve vzorcích ve velmi malém množství, a to v rozmezí 0,17 až 0,46 mg/g, DHA nebyla zjištěna vůbec. Tyto kyseliny se však tvoří z ALA při metabolických přeměnách.

Naopak se vzrůstající teplotou byl pozorován nárůst *trans* FAs zastoupených kyselinou elaidovou, která se v tepelně neošetřených semenech nevyskytovala. Již v semenech ošetřených na 150 °C byla zjištěna přítomnost 0,21 mg/g *trans* FAs, obsah se zvyšoval s narůstající teplotou až na 1,29 mg/g *trans* FAs při ošetření na 200 °C. Z důvodu prokázání negativního vlivu *trans*-izomerů mastných kyselin na lidské zdraví, především na kardiovaskulární onemocnění, je snahou zajistit jejich eliminaci v potravním řetězci a technologickém zpracování a také jejich přítomnost v potravinách sledovat. Vznikají při záhřevu, hydrogenaci nebo při autooxidaci lipidů. Důležité je, že jsou v těle metabolizovány jako SFAs, mohou proto významně antagonizovat účinek PUFAs a tak prohloubit jejich deficit v organismu.



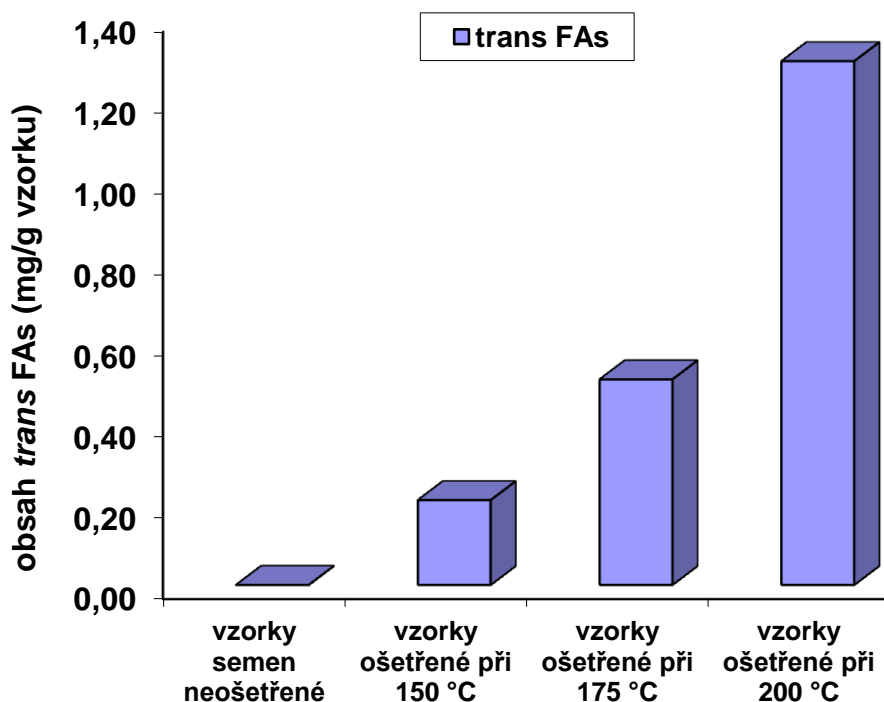
Obr. 22. Změna obsahu SFAs, MUFAs a PUFAs v závislosti na tepelném ošetření vzorků

Na Obr. 22 je graficky znázorněna změna obsahu nasycených mastných kyselin (SFAs), mononenasycených mastných kyselin (MUFAs) a polynenasycených mastných kyselin (PUFAs) v závislosti na tepelném ošetření vzorků. V případě PUFAs byl pozorován úbytek o 22,9 % v porovnání mezi tepelně neošetřenými semeny a semeny ošetřenými na 200 °C. Při ošetření na 150 °C a 175 °C byly rozdíly v obsahu pouze do 5 %, což může být změna v rámci chyby metody. Obsahy SFAs ani MUFAs se v závislosti na tepelném ošetření příliš nelišily, byly pozorovány změny pouze do 5 %, a to při všech použitých teplotách.



Obr. 23. Změna obsahu n-3 a n-6 FAs v závislosti na tepelném ošetření vzorků

Na Obr. 23 je graficky znázorněna změna obsahu esenciálních skupin n-3 a n-6 mastných kyselin v závislosti na tepelném ošetření vzorků. U skupiny n-3 mastných kyselin byl pozorován úbytek o 30,1 % v porovnání mezi tepelně neošetřenými semeny a semeny tepelně ošetřenými na 200 °C, změny v obsahu n-3 mastných kyselin při ošetření na 150 °C a 175 °C byly pouze do 5 %, což může být změna v rámci chyby metody. Úbytek v obsahu n-6 mastných kyselin byl při tepelném ošetření na 200 °C pouze o 2,2 % a také v případě tepelného ošetření na 150 °C a 175 °C byly změny malé, do 5 %.



Obr. 24. Změna obsahu *trans* FAs v závislosti na tepelném ošetření vzorků

Na Obr. 24 je graficky znázorněna změna obsahu *trans* nenasycených mastných kyselin v závislosti na tepelném ošetření vzorků. Zde je možné pozorovat postupný nárůst *trans* nenasycených mastných kyselin v závislosti se vzrůstající teplotou. Vzorky chia semen ošetřené na 150 °C vykazovaly nárůst o 21 % *trans* nenasycených mastných kyselin v porovnání s tepelně neošetřenými vzorky, vzorky ošetřené na 175 °C nárůst o 51 % *trans* nenasycených mastných kyselin a vzorky ošetřené na 200 °C nárůst o 129 % v porovnání s tepelně neošetřenými vzorky. Toto zjištění je významné z důvodu prokázání přítomnosti *trans*-izomerů v tepelně ošetřených vzorcích, jelikož *trans*-izomery mastných kyselin mohou vznikat právě při tepelném ošetření potravin bohatých na lipidy a mají prokázaný negativní účinek na lidské zdraví, především na kardiovaskulární onemocnění.

V odborné literatuře je možné se nejčastěji setkat s údaji vyjádřenými jako metylestery mastných kyselin (FAMES) z celkových mastných kyselin (FAs), proto byla zhotovena tabulka, která vyjadřuje zastoupení jednotlivých FAMES v % ve vzorcích semen v závislosti na tepelném ošetření.

Tab. 17. Kvantitativní zastoupení jednotlivých skupin FAMES ve vzorku v závislosti na teplotě [%]

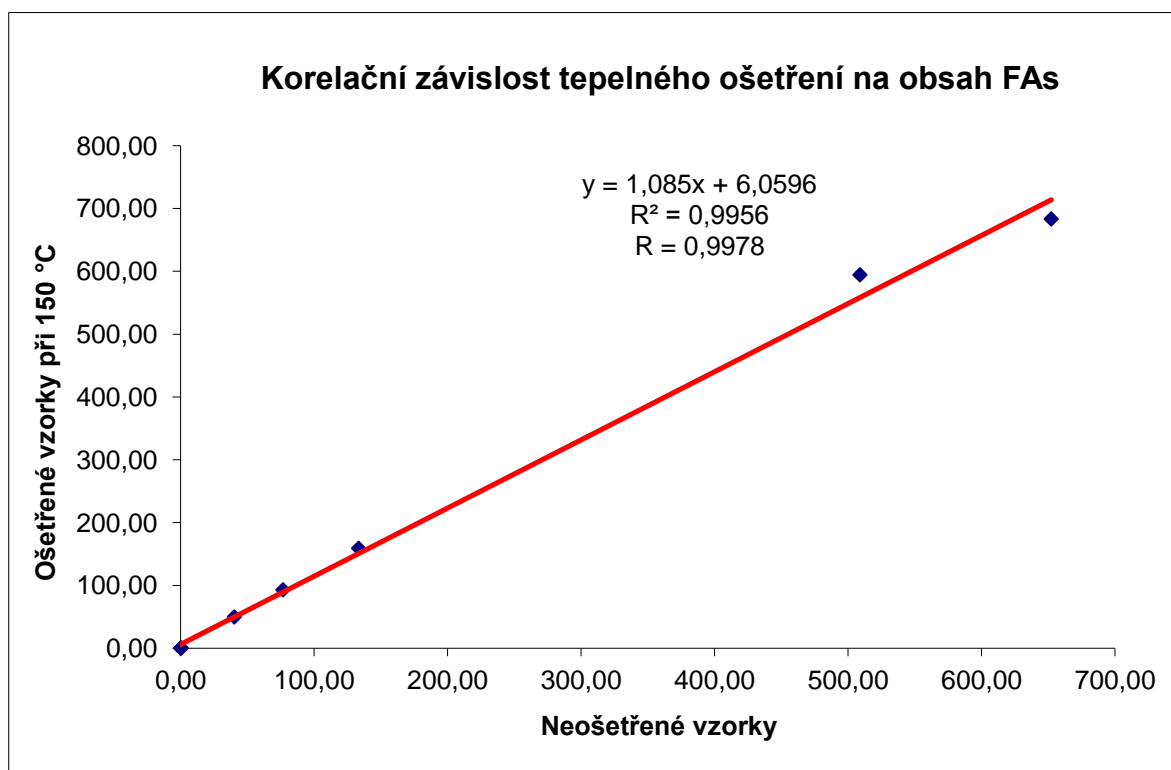
Vzorky semen chia				
Skupiny FAMES	neošetřené	150 °C	175 °C	200 °C
SFAs	10,7	10,9	11,2	14,0
MUFAs	5,5	5,7	5,8	6,7
PUFAs	83,9	83,3	83,0	79,3
<i>trans</i> FAs	0,00	0,02	0,07	0,32
n-3 FAs	66,1	65,4	64,6	55,3
n-6 FAs	17,8	18,0	17,9	17,0
EPA	0,07	0,10	0,08	0,06
DHA	0,00	0,00	0,00	0,00

Výsledky v Tab. 17 ukazují, že nejvyšší zastoupení FAMES z celkových FAs bylo možné pozorovat opět u skupiny polynenasycených mastných kyselin (PUFAs) a to v rozmezí 79,3 % až 83,9 %. FAMES esenciální skupiny n-3 mastných kyselin byly přítomny v množství 55,3 % až 66,1 %, skupina n-6 mastných kyselin se vyskytovala v množství 17,0 % až 18,0 %. Poněkud nižší procentuální zastoupení vykazovaly FAMES skupin nasycených mastných kyselin (SFAs) a mononenasycených mastných kyselin (MUFAs). Hodnoty SFAs se pohybovaly v rozmezí 10,7 % až 14,0 % a hodnoty MUFAs 5,5 % až 6,7 %. Dále je z Tab. 17 patrné, že zastoupení FAMES mastné kyseliny EPA bylo méně významné, pouze v rozmezí 0,06 % až 0,10 % a FAMES mastné kyseliny DHA nebyly prokázány ve vzorcích vůbec. Stejně jako při vyhodnocení celkového obsahu *trans* nenasycených mastných kyselin, byl i v případě FAMES skupiny *trans* FAs pozorován postupný nárůst s přibývajícím teplotou. Ve vzorcích ošetřených na 150 °C bylo možné zjistit 0,02 % FAMES, ve vzorcích ošetřených na 175 °C bylo přítomno 0,07 % FAMES a ve vzorcích ošetřených na 200 °C se hodnota FAMES navýšila až na 0,32 %.

6.3 Statistické vyhodnocení

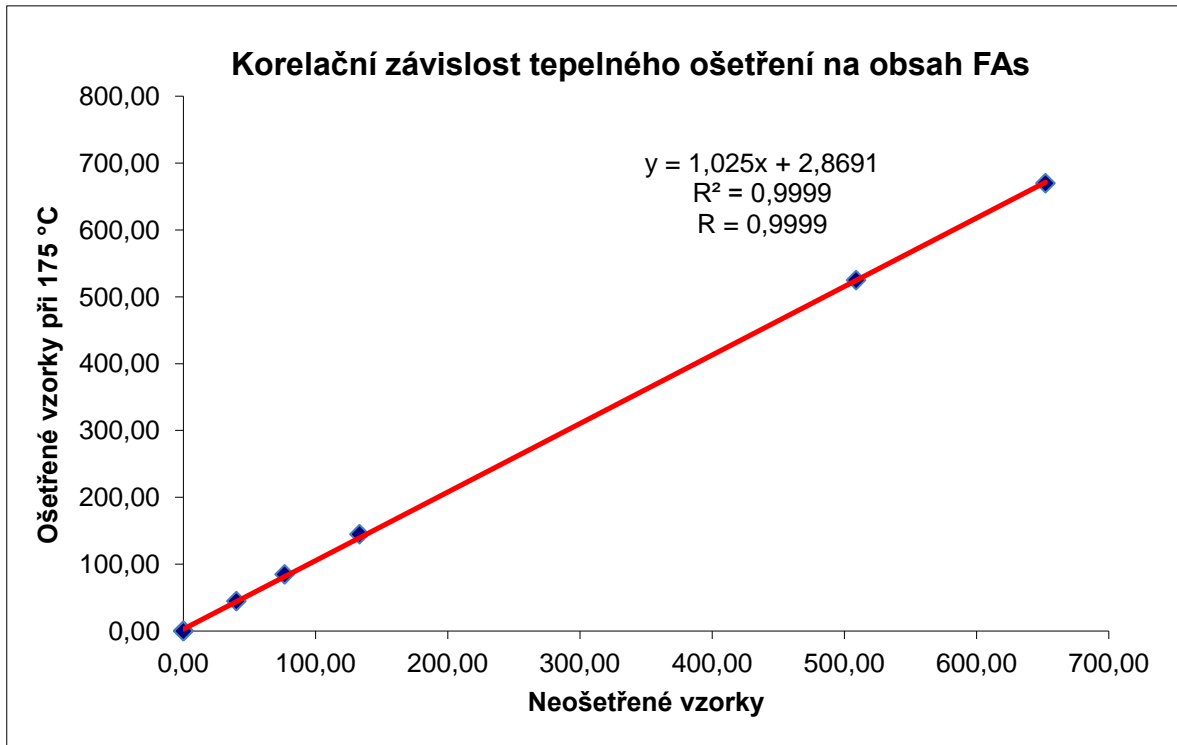
6.3.1 Statistické vyhodnocení vlivu teploty na obsah FAs

Při statistickém vyhodnocení výsledků byly provedeny korelace závislostí tepelného ošetření na obsah FAs pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (R), tak jak je popsáno v kapitole 5.6. Výsledky jsou znázorněny na Obr. 25 – 27, kde je možné pozorovat korelační závislosti tepelného ošetření semen při 150 °C, 175 °C a 200 °C na obsah FAs.

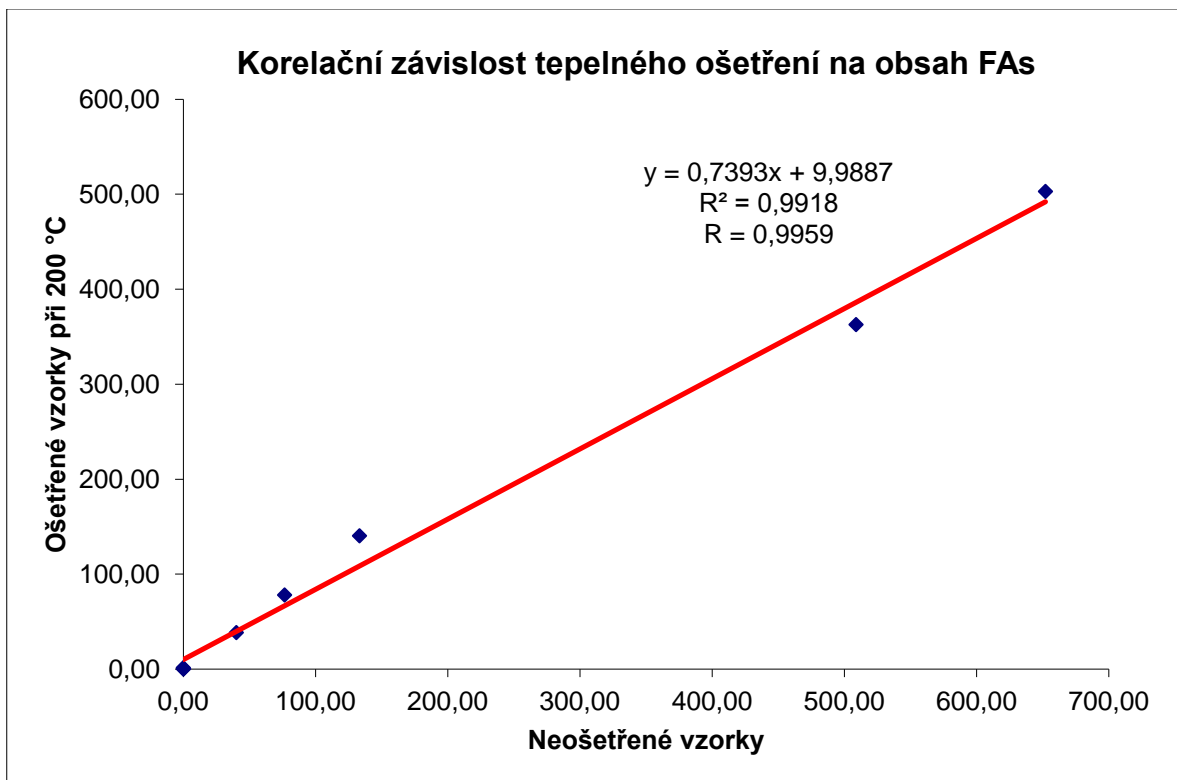


Obr. 25. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 150 °C

U sledovaných hodnot byla prokázána korelace kladná, kdy se zvyšováním hodnot jednoho znaku se zvyšovaly i hodnoty znaku druhého a Pearsonův korelační koeficient (R) nabýval hodnot 0 – 1. Z Obr. 25 vyplývá, že hodnota Pearsonova korelačního koeficientu (R) byla 0,9978, což svědčí o statisticky významné korelaci mezi obsahem FAs v neošetřených semenech chia a teplotou 150 °C. Dle tvaru závislostí byla korelace přímková (lineární), grafickým obrazem závislostí byla přímka (lineární trend). Na následujících Obr. 26 a 27 jsou znázorněny korelační závislosti obsahu FAs na teplotách 175 °C a 200 °C.



Obr. 26. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 175 °C

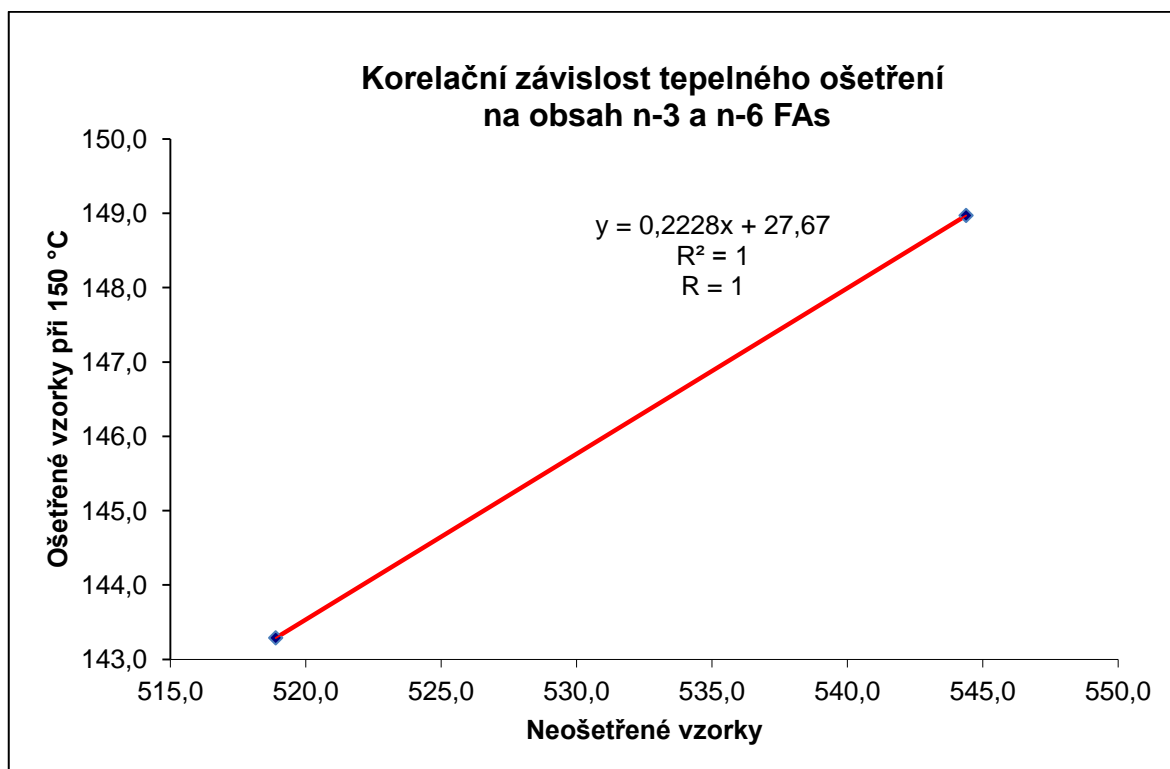


Obr. 27. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 200 °C

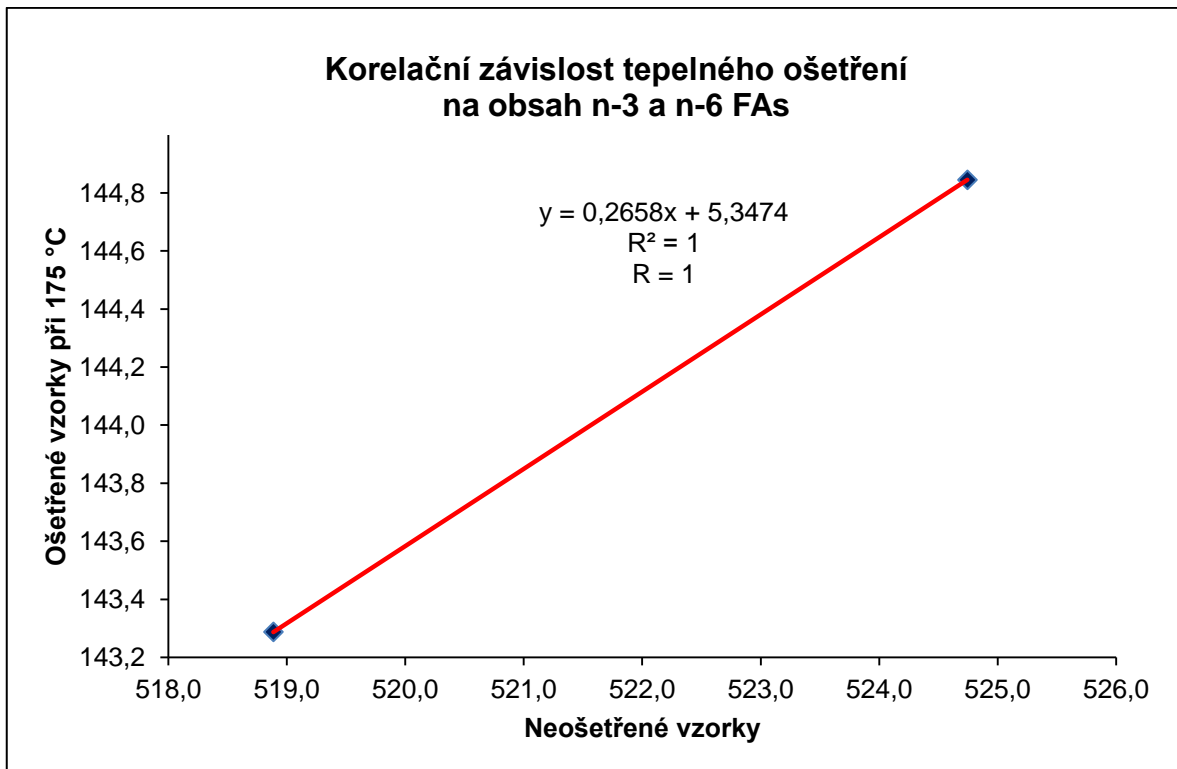
Z Obr. 26 a 27 je možné pozorovat, že hodnota Pearsonova korelačního koeficientu pro korelační závislost tepelného ošetření při 175 °C na obsah FAs byla 0,9999 a pro tepelné ošetření při 200 °C byla 0,9959. Tyto výsledky opět prokazují statisticky významnou korelaci mezi obsahem FAs v neošetřených semenech chia a teplotami 175 °C a 200 °C. Jelikož Pearsonův korelační koeficient (R) nabýval hodnot 0 – 1, byla zjištěna korelace kladná, se zvyšováním hodnot jednoho znaku se zvyšovaly i hodnoty znaku druhého. Obě korelace byly podle tvaru závislostí přímkové (lineární).

6.3.2 Statistické vyhodnocení vlivu teploty na obsah n-3 a n-6 FAs

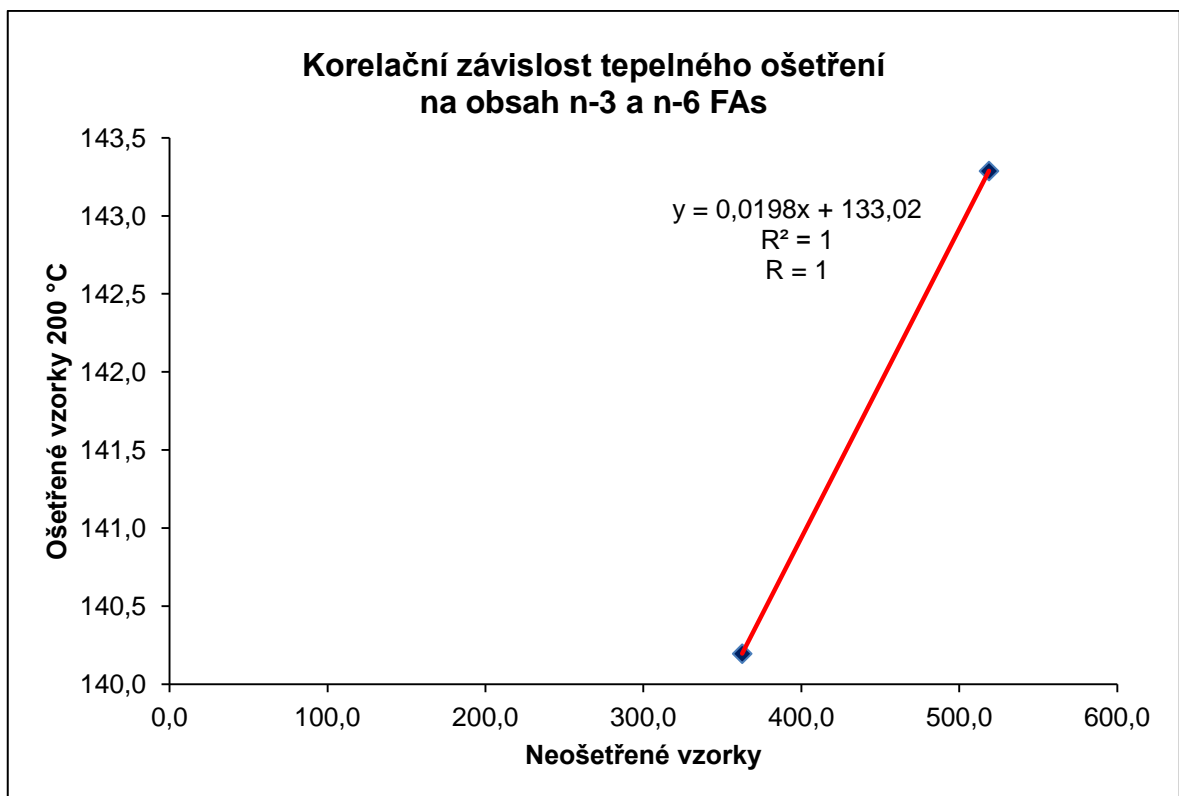
Statistické vyhodnocení výsledků pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (R) bylo provedeno také pro esenciální n-3 a n-6 FAs. Na Obr. 28 – 30 jsou znázorněny získané výsledky korelačních závislostí tepelného ošetření chia semen při 150 °C, 175 °C a 200 °C na obsah n-3 a n-6 FAs, které byly podobné, jako v případě vzájemných závislostí tepelného ošetření při různých teplotách na FAs.



Obr. 28. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah n-3 a n-6 FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 150 °C



Obr. 29. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah n-3 a n-6 FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 175 °C

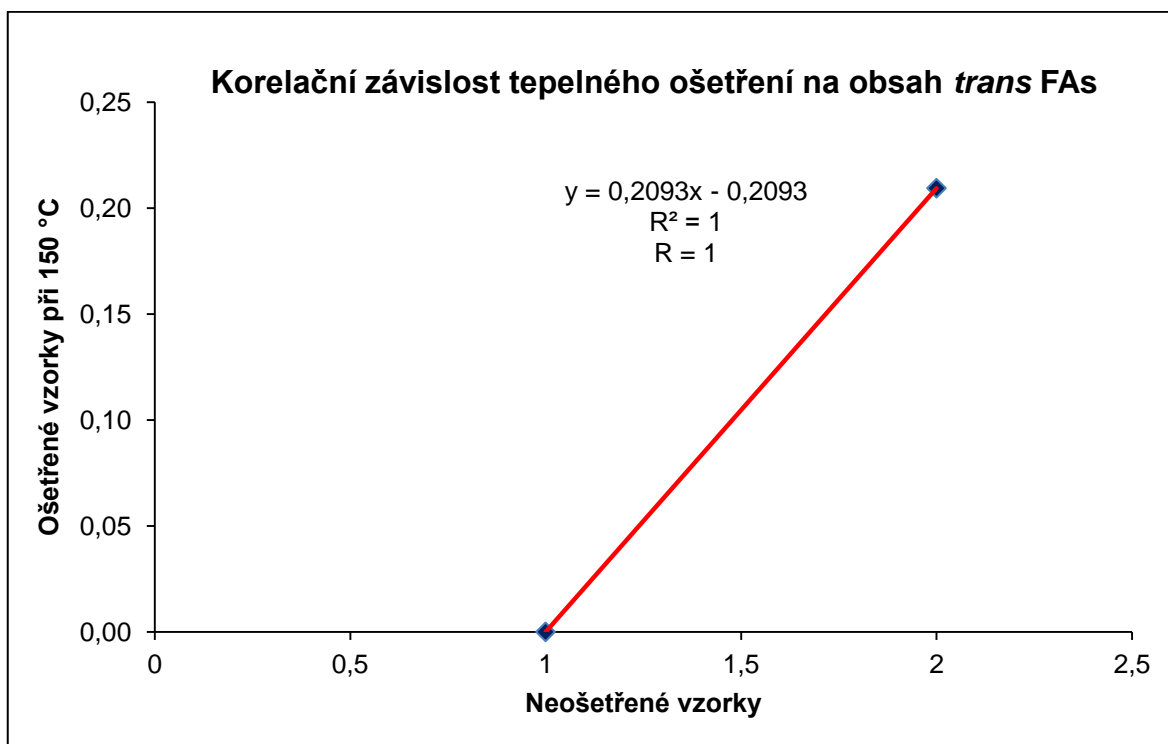


Obr. 30. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah n-3 a n-6 FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 200 °C

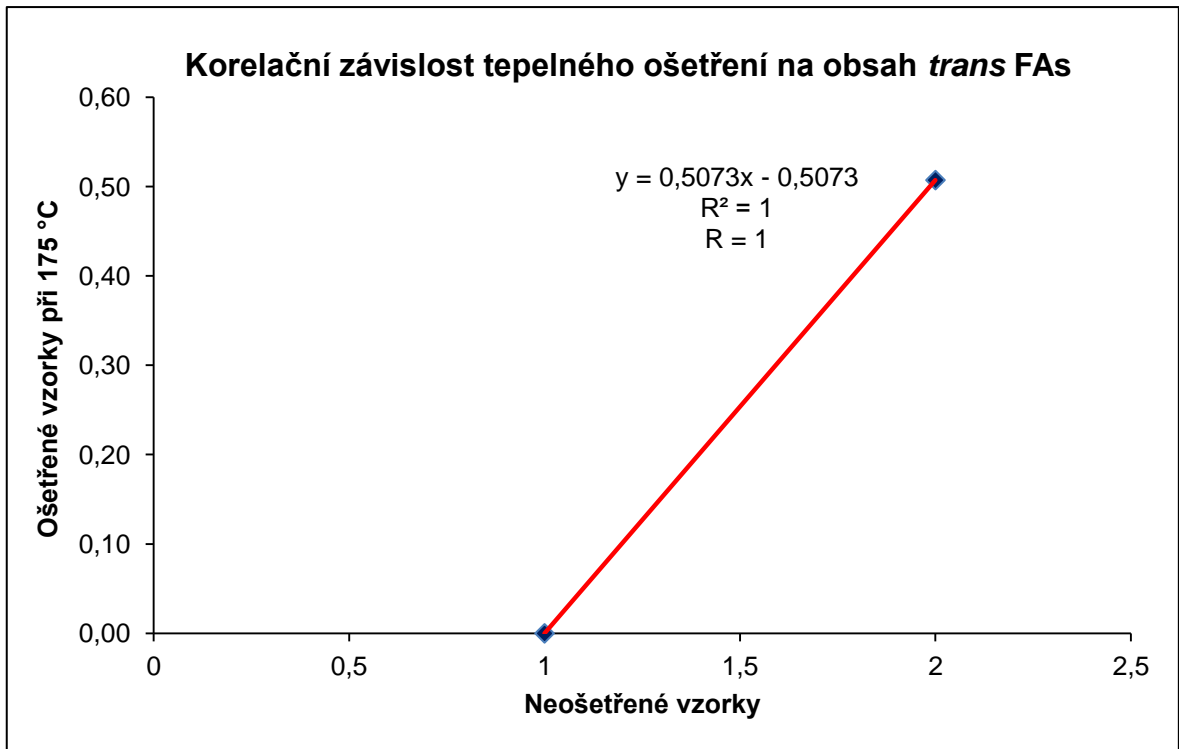
V případě všech sledovaných hodnot byly na Obr. 28 – 30 prokázány statisticky významné korelace mezi obsahem n-3 a n-6 FAs v neošetřených semenech chia a teplotami 150 °C, 175 °C a 200 °C. Pearsonův korelační koeficient (R) nabýval ve všech znázorněných grafech hodnoty 1, byla tedy prokázána korelace kladná a grafickým obrazem závislosti byly přímky (lineární trendy).

6.3.3 Statistické vyhodnocení vlivu teploty na obsah *trans* FAs

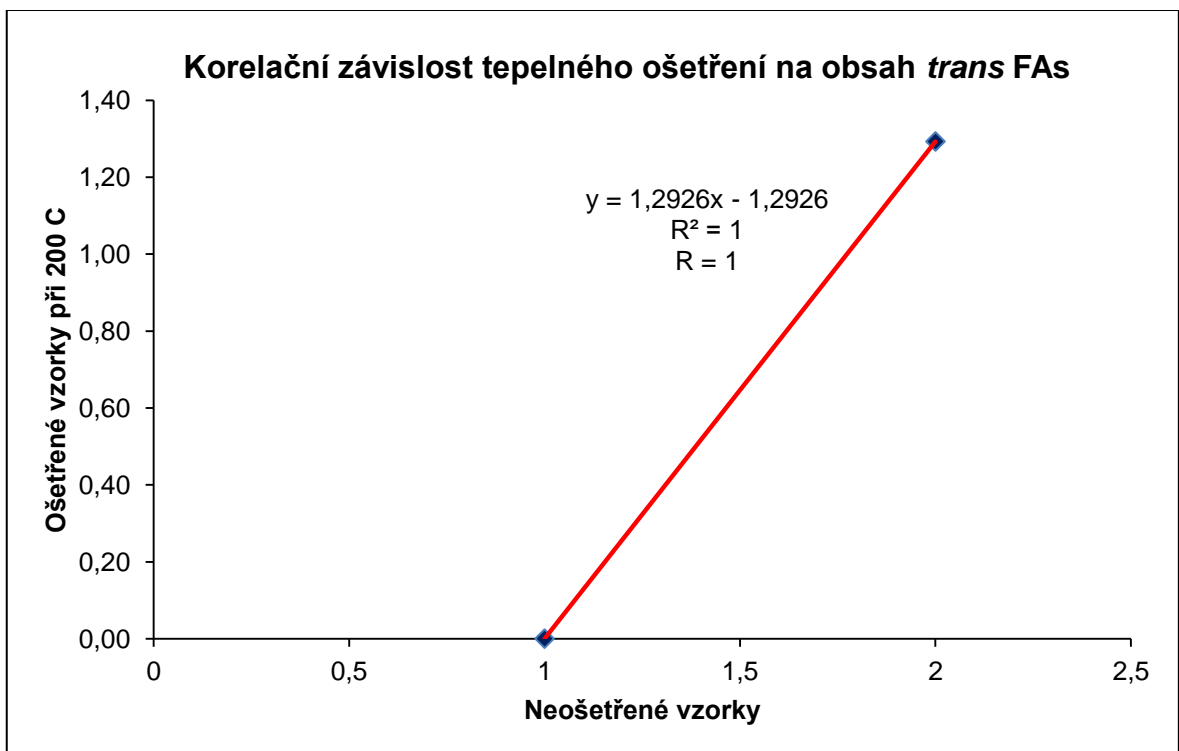
Poslední skupinou FAs, u které byly při statistickém vyhodnocení výsledků provedeny korelace závislosti tepelného ošetření na obsah FAs pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (R), byly *trans* FAs. Na Obr. 31 – 33 je možné pozorovat získané výsledky korelačních závislostí tepelného ošetření semen při 150 °C, 175 °C a 200 °C na obsah *trans* FAs. Negativní vlivy *trans*-izomerů v lidské výživě byly již několikrát zmíněny, z grafů pak jasně vyplývá vzájemná závislost mezi tepelným ošetřením a obsahem *trans* FAs, tedy že se zvyšující se teplotou narůstá i obsah *trans* FAs.



Obr. 31. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah *trans* FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 150 °C



Obr. 32. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah *trans* FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 175 °C



Obr. 33. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah *trans* FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 200 °C

Z Obr. 31 – 33 je patrné, že hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu byly pro všechny použité teploty 1, byly tedy prokázány statisticky významné korelace mezi obsahem *trans* FAs v neošetřených semenech chia a teplotami 150 °C, 175 °C a 200 °C. Korelace byly kladné a dle tvaru závislostí byly ve všech případech vlivu tepelného ošetření na obsah *trans* FAs přímkové.

ZÁVĚR

V rámci diplomové práce bylo zjištěno, že semena šalvěže hispánské (*Salvia hispanica* L.) jsou významným rostlinným zdrojem lipidů a n-3 mastných kyselin. Ve vzorcích semen tepelně neošetřených i tepelně ošetřených při různých teplotách se nejvíce vyskytovaly polynenasycené mastné kyseliny (PUFAs) a to především vysokým zastoupením kyseliny α -linolenové (ALA) z řady n-3 a kyseliny linolové (LA) z řady n-6.

Z hlediska výživy představují mastné kyseliny významnou složku lipidů, která se v lidském organismu podílí na mnoha významných funkcích. Esenciální mastné kyseliny n-3 a n-6 tvoří důležité složky buněčných membrán a jsou prekurzory mnoha dalších důležitých biochemických pochodů. Význam n-3 nenasycených mastných kyselin spočívá v protizánětlivém působení a semena chia se ukázala být dalším významným zdrojem této skupiny mastných kyselin, který lze ve výživě využít např. kromě ryb a mořských produktů.

Pro stanovení obsahu celkových lipidů ve vzorcích semen byla zvolena Soxhletova extrakce za použití hexanu, kvantitativní analýza mastných kyselin byla provedena pomocí plynové chromatografie, což je nejčastěji používaná metoda ke stanovení mastných kyselin, jelikož poskytuje kompletní profil molekul obsažených ve vzorku. Obsah lipidů v tepelně neošetřených semenech činil průměrně 32,9 %, což korespondovalo s údaji dostupnými v odborné literatuře.

Kvantitativní analýzou mastných kyselin bylo zjištěno, že ve vzorcích chia semen se nejvíce vyskytovaly polynenasycené mastné kyseliny α -linolenová a linolová, mononenasycená mastná kyselina olejová a nasycené mastné kyseliny palmitová a stearová, a to v množstvích, které opět korespondovaly s odbornou literaturou. Zastoupení ani obsah mastných kyselin se působením teplot 150 °C a 175 °C příliš neměnil, pokles v obsahu byl pozorován až při záhřevu na 200 °C.

Se zvyšující se teplotou byl ovšem ve vzorcích chia semen pozorován výskyt *trans* nenasycených mastných kyselin, které jsou z hlediska výživy nežádoucí. V porovnání s tepelně neošetřenými semeny, ve kterých se *trans* nenasycené kyseliny nevyskytovaly, byl nárůst při tepelné ošetření na 200 °C o 129 %. V důsledku tohoto zjištění vyvstává otázka, jestli je vhodné používat semena chia pro pekárenské účely z důvodu vysoké teploty, které se při pečení používají. Důležitá je ale i doba pečení, v rámci tohoto měření byla semena při všech teplotách ošetřena po dobu 25 min.

V diplomové práci jsem se zabývala tepelným ošetřením samotných chia semen, do budoucna bylo by možné rozšířit tento výzkum také s použitím přímo pekárenských produktů, ve kterých by byla semena chia obsažena, aby se prokázalo, zda je vhodné tyto výrobky ke konzumaci z důvodu obohacení stravy o esenciální mastné kyseliny a další nutričně významné látky doporučit. V případě některých pekárenských výrobků (např. sušenek) by bylo možné zkrátit také dobu pečení a pozorovat tak výskyt *trans* nenasycených mastných kyselin v kratších časech. Je třeba také zmínit, že tyto výrobky jsou sami od sebe svým složením bohatým zdrojem lipidů a výskyt *trans* nenasycených mastných kyselin by mohl pocházet i z ostatních složek těsta.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] IXTAINA, Vanesa Y, Susana M. NOLASCO a Mabel C. TOMÁS. Physical Properties of Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds. *Industrial Crops & Products*. 2008, s. 286-293. ISSN:0926-6690.
- [2] *Salvia hispanica* L. [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SAHI6>
- [3] *Salvia hispanica* , *foliis ovatis, petiolis utrinque mucronatis, species imbricatis, calycibus trisidis = Chia americana [Chia Sage]* (1772 – 1793) [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://digitalcollections.nypl.org/items/510d47dd-c9c1-a3d9-e040-e00a18064a99>
- [4] CAHIL, Josef. Ethnobotany of Chia, *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*). *Economic Botany*. 2009, s. 604-618. ISSN:0013-0001.
- [5] SCHEER, James F. *Magie semínek chia: léčivé jídlo starých indiánů - návrat ke kořenům*. Hodkovičky [Praha]: Pragma, 2012, 175 s. ISBN 978-80-7349-336-3.
- [6] CRAIG, R. and M. SONS. *Application for Approval of Whole Chia (Salvia hispanica L.) Seed and Ground Whole Seed as Novel Food Ingredient*. 2004 [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/chiaapplication.pdf
- [7] *Botanical Characteristics of Chia* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://www.botanical-online.com/english/Chia_plant.htm
- [8] HERNANDEZ, Loreto M. *Mucilage From Chia Seeds (Salvia hispanica L.): Microstructure, Physico-chemical Characterization and Applications in Food Industry*. Pontificia Universidad Catolica De Chile. 2012, 146 s. [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/123456789/1889/593967.pdf?sequence=1>
- [9] CAPITANI, Marianela I, Vanesa Y. IXTANIA, Susana M. NOLASCO a Mabel C. TOMÁS. Microstructure, Chemical Composition and Mucilage Exudation of Chia (*Salvia Hispanica* L.) Nutlets from Argentina. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013, s. 3856-3862. ISSN:0022-5142.

- [10] PORRAS-LOAIZA, Patricia, María T. JIMENÉZ-MUNGUÍA, María E. SOSA-MORALES, Enrique PALOU a Aurelio LÓPEZ-MALO. Physical Properties, Chemical Characterization and Fatty Acid Composition of Mexican Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds. *International Journal of Food Science & Technology*. 2014, s. 571-577. ISSN:0950-5423.
- [11] NITRAYOVÁ, Soňa, Matej BRESTENSKÝ, Jaroslav HEGER, Peter PATRÁŠ, Ján RAFAY a Alexander SIROTKIN. Amino Acids and Fatty Acids Profile of Chia (*Salvia Hispanica* L.) and Flax (*Linum Usitatissimum* L.) Seed. *Potravinárstvo*. 2014, s. 72-76. ISSN:1338-0230.
- [12] AYERZA, Ricardo. Seed Composition of Two Chia (*Salvia Hispanica* L.) Genotypes Which Differ in Seed Color. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2013, s. 495-500. ISSN:2079-052X.
- [13] ÁLVAREZ-CHÁVEZ, Luz Magali, María A. VALDIVIA-LÓPEZ, María D. L. ABURTO-JUÁREZ a Alberto TECANTE. Chemical Characterization of the Lipid Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.). *International Journal of Food Properties*. 2008, s. 687-697. ISSN:1094-2912.
- [14] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [15] SANDOVAL-OLIVEROS, María R a Octavio PAREDES-LÓPEZ. Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, s. 193-201. ISSN:0021-8561.
- [16] OLIVOS-LUGO, B. L, María A. VALVIDIA-LÓPEZ a Alberto TECANTE. Thermal and Physicochemical Properties and Nutritional Value of the Protein Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia hispanica* L.). *Food Science and Technology International*. 2010, s. 89-96. ISSN:1082-0132
- [17] *Metody stanovení nerozpustné, rozpustné a celkové vlákniny* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=161&ch=13&typ=1&val=118874>
- [18] REYES-CAUDILLO E, Alberto TECANTE a María VALVIDIA-LÓPEZ. Dietary Fibre Content and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds Present in Mexican

- Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds. Food Chemistry. 2008, s. 656-663. ISSN:0308-8146.
- [19] CHAWLA, R a G. R. PATIL. Soluble Dietary Fiber. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2010, s. 178-196. ISSN:1541-4337.
- [20] MCCLEARY, Barry V, Jonatan W DEVRIES, Jeanne I. RADER, Gerald COHEN, Leon PROSKY, David C. MUGFORD, Martine CHAMP a Kazuhiro OKUMA. Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber. Journal of AOAC International. 2012, s. 824-844. ISSN:1060-3271.
- [21] MINATELLI, John, Stephen HILL, Rudi MOERCK a Uy NGUYEN. Chia Seed Composition. US8652544 B2, International Patent Classification. 2011, [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/8652544>
- [22] KUČEROVÁ, J. Technologie cerálií, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. ISBN 80-7157-811-8.
- [23] *Účinnost beta – glukanů jako složky funkčních potravin* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://agronavigator.cz/default.asp?ids=153&ch=13&typ=1&val=103087>
- [24] BUSHWAY, A. A, P. R. BELYEA a R. J. BUSHWAY. Chia Seed as a Source of Oil, Polysaccharide, and Protein. Journal of Food Science. 1981, s. 1349 – 1350. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1981.tb04171.x
- [25] *Chia a lidské tělo* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.chia-seminka.cz/chia-a-nase-telo/>
- [26] PIERETTI, P. G. a F. GAI. Fatty acid and Nutritive Quality of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed and Plant During Growth. Animal Feed Science and Technology. 2009, s. 267-275. ISSN:0377-8401.
- [27] *Vzájemné působení polyfenolů a bílkovin plasmy* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=120644>

- [28] *Důkaz a stanovení antokyanů v ovoci a bobulovinách* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://agronavigator.cz/default.asp?ids=149&ch=13&typ=1&val=116277>
- [29] COOREY, Ranil, Audrey TJOE a Vijay JAYASENA. Gelling Properties of Chia Seed and Flour. *Journal of Food Science*. 2014, s. E859-E866. ISSN:0022-1147.
- [30] STEFFOLANI, Eugenia, Mario M. MARTINEZ, Alberto E. LEÓN a Manuel GÓMEZ. Effect of Pre-hydration of Chia (*Salvia Hispanica* L.), Seeds and Flour on the Quality of Wheat Flour Breads. *LWT – Food Science and Technology*. 2015, s. 401-406. ISSN:0023-6438.
- [31] BORNEO, R. Chia (*Salvia hispanica* L.) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. *J Am Diet Assoc*. 2010, s. 946-949. ISSN:0002-8223.
- [32] *Chia: The New Latest Thing?* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <https://foodfactandfallacy.wordpress.com/2012/02/20/37/>
- [33] URIBE, Jose A. R, Jorge I. N. PEREZ, Henry C. KAUIL, Gabriel R. RUBIO a Carlos G. ALCOCER. Extraction of Oil from Chia Seeds with Supercritical CO₂. *Journal of Supercritical Fluids*. 2011, s. 174-178. ISSN:0896-8446.
- [34] *Vlastnosti oleje ze semen chia* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=149&ch=13&typ=1&val=114123>
- [35] DUDÁŠ, František. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. Vyd. 1. (2. přeprac.). Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1981, 383 s.
- [36] SEGURA-CAMPOS, Maria R, Norma CIAU-SOLÍS, Gabriel ROSADO-RUBIO, LUIS CHEL-GUERRERO a David BETANCUR-ANCONA. Physicochemical Characterization of Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seed Oil from Yucatán, México. *Agricultural Sciences*. 2014, s. 220-226. ISSN:2156-8553.
- [37] IXTANIA, Vanesa Y, Marcela L. MARTÍNEZ, Viviana SPOTORNO, Carmen M. MATEO, Damián M. MAESTRI, Bernd W. K. DIEHL, Susana M. NOLASCO a Mabel C. TOMÁS. Characterization of Chia Seed Oils Obtained by Pressing and Solvent Extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011, s. 166-174. ISSN:0889-1575.

- [38] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2013, 496 s. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-163-4.
- [39] RODEA-GONZÁLEZ, Dulce A, Julian CRUZ-OLIVARES, Angélica ROMÁN-GUERRERO, María E. RODRÍGUEZ-HUEZO, Eduardo J. VERNON-CARTER a César PÉREZ-ALONSO. Spray-dried Encapsulation of Chia Essential Oil (*Salvia hispanica* L.) in Whey Protein Concentrate-polysaccharide Matrices. *Journal of Food Engineering*. 2012, s. 102-109. ISSN:0260-8774.
- [40] Patent Issued for Skin Whitening Composition Containing Chia Seed Extract. *Life Science Weekly*. 2015, 15274. ISSN:1552-2466.
- [41] STEFFOLANI Eugenia, Esther HERA, Gabriela PÉREZ a Manuel GÓMEZ. Effect of Chia (*Salvia hispanica* L.) Addition on the Quality of Gluten-Free Bread. *Journal of Food Quality*. 2014, s. 309-317. ISSN:0146-9428.
- [42] IGLESIAS-PUIG Esther a Monika HAROS. Evaluation of Performance of Dough and Bread Incorporating Chia (*Salvia Hispanica* L.). *European Food Research and Technology*. 2013, s. 865-874. ISSN:1438-2377.
- [43] BARRIENTOS, V. A, A. AGUIRRE a Rafael BORNEO. Chia (*Salvia Hispanica* L.) Can Be Used to Manufacture Sugar-snap Cookies with an Improved Nutritional Value. *International Journal of Food Studies*. 2012, s. 135-143. ISSN:2182-1054.
- [44] INGLETT George E, Diejun CHEN a Sean LIU. Physical Properties of Sugar Cookies Containing Chia-oat Composites. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014, s. 3226-3233. ISSN:0022-5142.
- [45] *Trvanlivé pečivo - chichinky* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.prirodnipecivo.cz/nase-vyrobky/detail/chichinky>
- [46] *Basic Raw, Vegan Vanilla Chia Seed Pudding: Step by Step Instructions and Recipe!* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.choosingraw.com/basic-raw-vegan-vanilla-chia-seed-pudding-step-by-step-instructions-and-recipe/>
- [47] COOREY, Ranil, Agnes NOVINDA, Hannah WILLIAMS a Vijay JAYASENA. Omega-3 Fatty Acid Profile of Eggs from Laying Hens Fed Diets Supplemented with Chia, Fish Oil and Flaxseed. *Journal of Food Science*. 2015, s. S180-S187. ISSN:0022-1147.

- [48] *Využití semen chia a vliv na lidské zdraví* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=128966>
- [49] COATES, Wayne. *Zázračné semínko chia: energetická bomba pro sportovce, více než 75 báječných receptů, ucelený program pro snížení hmotnosti*. Vyd. 1. Praha: Ikar, 2014. 247 s. ISBN 9788024924458.
- [50] *How Much Chia Seeds Per Day?* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.just-health.net/How-Much-Chia-Seed-Per-Day.html>
- [51] *Potraviny nového typu: semena chia* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=152&ch=13&typ=1&val=110522>
- [52] *Podle EFSA není bezpečnost semen chia dostatečně prokázána* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=150&ch=13&typ=1&val=41098>
- [53] *Schválení alfa a chia jako potravinových složek nového typu* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=153&ch=13&typ=1&val=96790>
- [54] *Rozšířené použití semen chia* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://agronavigator.cz/default.asp?ids=152&ch=13&typ=1&val=125043>
- [55] MURRAY, Robert K. *Harperova ilustrovaná biochemie*. 5. české vyd., 1. v nakl. Galén. Překlad Bohuslav Matouš. Praha: Galén, 2012, 730 s. ISBN 978-80-7262-907-7.
- [56] WILHELM Zdeněk. *Mastné kyseliny ω -3; od teorie po klinickou praxi*. Fyziologický ústav LF MU, Brno, 2013 [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2013/02/07.pdf>
- [57] *Schéma n-3, n-6 a n-9 nenasycených mastných kyselin* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/77922/prif_m/
- [58] WARUDE, Dnyaneshwar, Kalpana JOSHI a Abhay HARSULKAR. *Polyunsaturated Fatty Acids: Biotechnology. Critical Reviews in Biotechnology*. 2006, s. 83-93. ISSN:0738-8551.

- [59] BATES, E. J. Eikosanoids, Fatty Acids and Neutrophils: Their Relevance to the Pathophysiology of Disease. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA). 1995, s. 75-86. ISSN:0952-3278.
- [60] AKIHISA, Toshiro, Harukuni TOKUDA, Masakazu OGATA, Motohiko UKIYA, Masao IIZUKA, Takashi SUZUKI, Koichi METORI, Naoto SHIMIZU a Hoyoku NISHINO. Cancer Chemopreventive Effects of Polyunsaturated Fatty Acids. Cancer Letters. 2004, s. 9-13. ISSN:0304-3835.
- [61] DE LORGERIL, Michel a Patricia SALEN. New Insight into Health Effects of Dietary Saturated and Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids. BMC Medicine. 2012, s. 150. ISSN:1741-7015.
- [62] RUDOLPH, I. L, D. S. KELLEY, K. C. KLASING a K. L. ERICKSON. Regulation of Cellular Differentiation and Apoptosis by Fatty Acids and Their Metabolites. Nutrition Research. 2001, s. 381-393. ISSN:0271-5317.
- [63] CALDER, P. C. Immunoregulatory and Anti-inflammatory Effects of N-3 Polyunsaturated Fatty Acids. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 1998, s. 467-490. ISSN:0100-879X.
- [64] *Fatty Acids and Triglycerols* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://www.mpcfakulty.net/mark_bishop/fatty_acids_triglycerol.htm
- [65] JANÍČEK, Gustav, Karel ŠANDERA a Bohuš HAMPL. *Rukověť potravinářské analytiky*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962, 740 s.
- [66] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003, 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [67] DAVÍDEK, J., et al. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2. vyd. Praha: SNTL/ALFA, 1981. 718 s.
- [68] KAIL, Brian W, Dirk D. LINK a Bryan D. MORREALA. Determination of Free Fatty Acids and Triglycerides by Gas Chromatography Using Selective Esterification Reactions. Journal of Chromatographic Science. 2010, s. 934-939. ISSN:0021-9665.
- [69] *Plynová chromatografie (GC)* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://cheminfo.chemi.muni.cz/chem_sekce/predmety/C7300/GC/uvod.pdf

- [70] CARVALHO, Myller S, Márcio A. MENDONCA, David M. PINHO, Inés S. RESCK a Paulo A. Z. SUAREZ. Chromatographic Analyses of Fatty Acid Methyl Esters by HPLC-UV and GC-FID. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2012, s. 763-769. ISSN:0103-5053.
- [71] LIMA, E. S. a D. S. P. ABDALLA. High-performance Liquid Chromatography of Fatty Acids in Biological Samples. *Analytica Chimica Acta*. 2002, s. 81-91. ISSN:0003-2670.
- [72] MIKEŠ, Otakar. *Laboratorní chromatografické metody*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 673 s.
- [73] SKIERA, Christina, Panagiotis STELIOPOULOS, Thomas KUBALLA, Ulrike HOLZGRABE a Bernd DIEHL. Determination of Free Fatty Acids in Edible Oils by ¹H NMR Spectroscopy. *Lipid Technology*. 2012, s. 279-281. ISSN:0956-666X.
- [74] *NMR Spektroskopie* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://nmrlab.chemi.muni.cz/img/NMR.pdf>
- [75] *Infračervená Spektroskopie* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/anl/lach1/7_IC.pdf
- [76] JUANÉDA, Pierre, Martial LEDOUX a Jean-Louis SÉBÉDIO. Analytical Methods for Determination of *Trans* Fatty Acid Content in Food. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2007, s. 901-917
- [77] ČSN P CEN ISO/TS 17764-1. *Krmiva - Stanovení obsahu mastných kyselin - Část 1: Příprava methylesterů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak 467096.
- [78] ČSN P CEN ISO/TS 17764-2. *Krmiva - Stanovení obsahu mastných kyselin - Část 2: Metoda plynové chromatografie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak 467096.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AA	Kyselina arachidonová
ACNFP	Poradní výbor pro potraviny a procesy nového typu
ALA	Kyselina α -linolenová
BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoluen
DAG	Diacylglycerol
DHA	Kyselina dokosahexaenová
EPA	Kyselina eikosapentaenová
EFA _s	Esenciální mastné kyseliny
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
EU	Evropská unie
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
FAs	Mastné kyseliny
FAME _s	Metylestery mastných kyselin
FID	Plamenově ionizační detektor
FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
GC	Plynová chromatografie
GMO	Geneticky modifikovaný organizmus
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
IR	Infračervená spektroskopie
LA	Kyselina linolová
LCPUFAs	Polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem
LDL	Nízkodenzitní lipoprotein
MAG	Monoacylglycerol

MUFAs	Mononenasyčené mastné kyseliny
NMR	Nukleární magnetická rezonance
PUFAs	Polynenasycené mastné kyseliny
SFAs	Nasyčené mastné kyseliny
TAG	Triacylglycerol
TBHQ	Terciální butylhydrochinon
TLC	Tenkovrstevná chromatografie
WHO	Světová zdravotnická organizace

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Šalvěj hispánská (Salvia hispanica L.)</i>	12
<i>Obr. 2. Typické rozměry chia semínek: L, délka (length); W, šířka (width); T, tloušťka (thickness) (a) přední pohled; (b) boční pohled; (c) trojrozměrná geometrie</i>	15
<i>Obr. 3. Detail tmavých a bílých semen šalvěje hispánské</i>	15
<i>Obr. 4. Vytvoření gelu kolem semen po namočení ve vodě</i>	26
<i>Obr. 5. Snímek z elektronového mikroskopu, semena chia máčena ve vodě různě dlouhou dobu: a) 5 minut b) 10 minut c) 30 minut d) 60 minut</i>	27
<i>Obr. 6. Ilustrace z the Florentine Codex napsaného r. 1575-1577 nebo 1578-1580. Obrázek znázorňuje ženy drtící semena šalvěje hispánské na mouku</i>	28
<i>Obr. 7. Efekt přidavku chia semen do chleba na tvar bochníku, střed krajíce a strukturu střídy a) bez přidavku chia semen, b) 5 % chia semen, c) 5 % chia mouky, d) 5 % z části odtučněné chia mouky, e) 5 % odtučněné chia mouky</i>	34
<i>Obr. 8. Ukázka sortimentu sušenek s chia semínky</i>	35
<i>Obr. 9. Příprava pudingu z chia semínek</i>	36
<i>Obr. 10. Schéma n-3, n-6 a n-9 nenasycených mastných kyselin</i>	43
<i>Obr. 11. Kyselina arachidonová</i>	44
<i>Obr. 12. Metabolismus esenciálních nenasycených mastných kyselin</i>	48
<i>Obr. 13. Schéma plynového chromatografu</i>	50
<i>Obr. 14. Použité vzorky semen šalvěje hispánské</i>	56
<i>Obr. 15. Vzorky semen šalvěje hispánské a) tepelně neošetřená semena, b) tepelně ošetřená při 150 °C, c) ošetřená při 175 °C, d) ošetřená při 200 °C</i>	56
<i>Obr. 16. Aparatura pro Soxhletovu extrakci</i>	58
<i>Obr. 17. Extrakty ze semen a) tepelně neošetřených, b) ošetřených při 150 °C, c) ošetřených při 175 °C, d) ošetřených při 200 °C</i>	59
<i>Obr. 18. Vakuová rotační odparka</i>	59
<i>Obr. 19. Aparatura na přípravu metylesterů</i>	62

<i>Obr. 20. Dělení vodné a heptanové fáze.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 21. Plynový chromatograf Shimadzu GC-2010.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 22. Změna obsahu SFAs, MUFAs a PUFAs v závislosti na tepelném ošetření vzorků.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 23. Změna obsahu n-3 a n-6 FAs v závislosti na tepelném ošetření vzorků.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 24. Změna obsahu trans FAs v závislosti na tepelném ošetření vzorků.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 25. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 150 °C.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 26. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 175 °C.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 27. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 200 °C.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 28. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah n-3 a n-6 FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 150 °C.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 29. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah n-3 a n-6 FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 175 °C.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 30. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah n-3 a n-6 FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 200 °C.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 31. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah trans FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 150 °C.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 32. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah trans FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 175 °C.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 33. Korelační závislost tepelného ošetření na obsah trans FAs tepelně neošetřených vzorků chia semen a ošetřených při teplotě 200 °C.....</i>	<i>79</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Chemické složení semen šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.)</i>	16
<i>Tab. 2. Zastoupení mastných kyselin v semenech šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.) získaných z různých regionů (Mexiko a Argentina)</i>	18
<i>Tab. 3. Obsah aminokyselin v semenech šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.)</i>	20
<i>Tab. 4. Obsah vitaminů v semenech šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.)</i>	22
<i>Tab. 5. Obsah a skladba antioxidantů v semenech šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.)</i>	24
<i>Tab. 6. Fyzikální a chemické vlastnosti oleje ze semene šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.)</i>	29
<i>Tab. 7. Obsah a skladba mastných kyselin v oleji ze semene šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.)</i>	30
<i>Tab. 8. Srovnání obsahu a skladby mastných kyselin [%] v oleji ze semene šalvěže hispánské (Salvia hispanica L.) z různých zeměpisných oblastí při použití extrakce hexanem a lisování</i>	31
<i>Tab. 9. Vliv různých extrakčních podmínek na obsah mastných kyselin [%] při superkritické extrakci s použitím CO₂</i>	32
<i>Tab. 10. Nasycené mastné kyseliny vyskytující se v lipidech</i>	41
<i>Tab. 11. Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech</i>	42
<i>Tab. 12. Dienové, trienové a další polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech</i>	45
<i>Tab. 13. Podmínky chromatografického stanovení</i>	64
<i>Tab. 14. Celkový obsah lipidů ve vzorcích tepelně neošetřených semen</i>	67
<i>Tab. 15. Kvantitativní zastoupení FAs ve vzorcích semen chia v závislosti na teplotě [mg/g]</i>	68
<i>Tab. 16. Kvantitativní zastoupení jednotlivých skupin FAs ve vzorku v závislosti na teplotě [mg/g]</i>	69
<i>Tab. 17. Kvantitativní zastoupení jednotlivých skupin FAMES ve vzorku v závislosti na teplotě [%]</i>	73

