

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Chuťové látky máku a sezamu

Bakalářská práce

Kateřina Pecková

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Chuťové látky máku a sezamu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D. za poskytování cenných rad a připomínek a za vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat spolku Český modrý mák za poskytnutí materiálů a informací.

Chuťové látky máku a sezamu

Souhrn

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je kulturní plodina pěstovaná již tisíce let. Na základně užitkovosti se odrůdy dělí na dvě skupiny - potravinářské, které se využívají ke konzumním účelům, a pak průmyslové, které jsou pro výskyt alkaloidů a opia vhodné na použití ve farmaceutickém průmyslu. Potravinářské odrůdy máku mají pestré složení. Mák je velmi bohatý na olej, jehož majoritní složkou je linolová kyselina (60 - 70 %). Dále jsou přítomné palmitová, olejová, stearová a linolenová kyselina. Semeno máku je také bohaté na vápník, tokoferoly, sacharidy a fenolové látky. Některé druhy, které obsahují alkaloidy, nejsou vhodné pro potravinářské účely, a proto byly vyšlechtěny odrůdy s nižším obsahem těchto látek. Pro Českou republiku je velmi významný Český modrý mák, který v roce 2020 získal chráněné zeměpisné označení původu a zaručuje svoji typickou chuť a vlastnosti. Rostlina máku je protkaná mléčnicemi, které jsou bohaté na latex, jenž se při porušení pletiv uvolňuje a po zatuhnutí se vytvoří směs látek zvaná opium.

Sezam indický (*Sesamum indicum* L.) je jedna z nejstarších člověkem pěstovaných plodin, která je schopná růst v oblastech, kde jiné plodiny nejsou schopny přežít. Sezam byl dříve divoce rostoucí, ale zdomácněl téměř po celém tropickém pásmu. Je velmi oblíbený pro jedlá semena, která se stala součástí mnoha jídel. Největším importérem sezamu je Čína, kde se běžně využívá v přípravě a dochucování čínských specialit.

Významnými analytickými metodami pro stanovení chuťových látek máku, sezamu a produktů z nich je kapalinová a plynová chromatografie. U sezamu byly stanoveny látky ethylpyrazin, který má vůni po praženém sezamovém semínku, 2,6-dimethylpyrazin a methylpyrazin s vůní po ořeších a další látky popsané dále v textu. U máku byly stanoveny látky 2-methylpyrazin, 2-pentylfuran a penta-2-on, které se vyskytovaly v oleji z modré odrůdy.

Klíčová slova: aroma; maková semena; látky; Papaver; senzorika; Sesamum

Poppy and Sesame Flavors

Summary

The poppy (*Papaver somniferum* L.) is a crop that has been cultivated for thousands of years. On the basis of yield, the varieties are divided into two groups - food varieties, which are used for consumption, and industrial varieties, which are suitable for use in the pharmaceutical industry because of the presence of alkaloids and opium. Food poppy varieties have a varied composition. The poppy is very rich in oil, the major component of which is linoleic acid (60 - 70 %), followed by palmitic, oleic, stearic and linoleic acids. Poppy seed is also rich in calcium, tocopherols, carbohydrates and phenolic substances. Some species containing alkaloids are not suitable for food purposes and varieties with lower levels of these substances have been bred. Of great importance for the Czech Republic is the Czech Blue Poppy, which was awarded the Protected Geographical Indication of Origin in 2020 for its typical taste and characteristics. The poppy plant is interwoven with milkweeds, which are rich in latex, which is released when the weft is broken and, when hardened, produces a mixture of substances called opium.

Indian sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the oldest crops cultivated by man and is able to grow in areas where other crops are unable to survive. Sesame was formerly wild, but has become domesticated almost throughout the tropics. It is very popular for its edible seeds, which have become part of many dishes. The largest importer of sesame is China, where it is commonly used in the preparation and flavouring of Chinese specialities.

Liquid and gas chromatography are important analytical methods for determining the flavour compounds of poppy, sesame and their products. The substances ethylpyrazine, which has the odour of 2,6-dimethylpyrazine and methylpyrazine with a nutty smell, and other substances described below have been determined for sesame. In poppy, 2-methylpyrazine, pentylfuran and penta-2-one were determined in the oil of the blue variety.

Keywords: aroma; poppy seeds; substances; Papaver; sensory; Sesamum

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 9 |
| 2 Cíl práce | 10 |
| 3 Literární rešerše | 11 |
| 3.1 Mák a sezam | 11 |
| 3.1.1 Historie a význam máku | 11 |
| 3.1.1.1 Mák a tradice | 11 |
| 3.1.1.2 Chráněné zeměpisné označení a Český modrý mák..... | 12 |
| 3.1.1.3 Co ovlivňuje kvalitu Českého modrého máku a škůdci..... | 13 |
| 3.1.2 Historie a význam sezamu..... | 14 |
| 3.1.2.1 Pěstování sezamu | 14 |
| Morfologie | 15 |
| 3.1.3 Mák..... | 15 |
| 3.1.3.1 Kořenová soustava | 15 |
| 3.1.3.2 Lodyha | 15 |
| 3.1.3.3 Listy | 15 |
| 3.1.3.4 Květ | 15 |
| 3.1.3.5 Plod | 16 |
| 3.1.3.6 Semeno | 16 |
| 3.1.4 Sezam | 16 |
| 3.1.5 Biologie máku..... | 17 |
| 3.1.5.1 Semeno | 17 |
| 3.1.6 Biologie sezamu..... | 17 |
| 3.1.7 Typy máku | 18 |
| 3.1.7.1 Dle požitelnosti..... | 18 |
| 3.1.7.2 Dle doby výsevu | 18 |
| 3.1.7.3 Dle obsahu alkaloidů..... | 19 |
| 3.1.7.4 Dle otevírání makovic | 20 |
| 3.1.7.5 Dle barvy květu a semene..... | 20 |
| 3.2 Obsahové a chuťové látky | 21 |
| 3.2.1 Mák..... | 21 |
| 3.2.1.1 Lipidy | 21 |
| 3.2.1.2 Mastné kyseliny | 21 |
| 3.2.1.3 Fenolové sloučeniny | 21 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.2.1.4 | Fytosteroly | 22 |
| 3.2.1.5 | Vitaminy a minerální látky | 22 |
| 3.2.1.6 | Bílkoviny a sacharidy..... | 23 |
| 3.2.1.7 | Alkaloidy..... | 23 |
| 3.2.1.8 | Alergie | 24 |
| 3.2.2 | Sezam | 24 |
| 3.2.3 | Chuťové látky..... | 25 |
| 3.2.3.1 | Aromatické látky a přírodní aromatické látky | 25 |
| 3.2.3.2 | Chuťové látky sezamu a sezamových výrobků..... | 26 |
| 3.3 | Možnosti využití máku a sezamu | 27 |
| 3.3.1 | Mák..... | 27 |
| 3.3.1.1 | Farmakologický průmysl | 27 |
| 3.3.1.2 | Potravinářský průmysl | 27 |
| 3.3.2 | Sezam | 28 |
| 3.3.2.1 | Farmakologický a potravinářský průmysl průmysl | 28 |
| 3.4 | Role ve výživě člověka | 30 |
| 3.4.1 | Mák..... | 30 |
| 3.4.1.1 | Výživové hodnoty..... | 30 |
| 3.4.1.2 | Mák v kuchyni | 30 |
| 3.5 | Analytické metody | 31 |
| 3.5.1 | Chromatografické metody | 31 |
| 3.5.1.1 | Vysokoučinná kapalinová chromatografie (HPLC)..... | 31 |
| 3.5.1.2 | Adsorpční a rozdělovací kapalinová chromatografie (LSC) | 32 |
| 3.5.1.3 | Iontově-výměnná a gelová permeační chromatografie | 32 |
| 3.5.1.4 | Detektory v kapalinové chromatografii | 32 |
| 3.5.1.5 | Plynová chromatografie (GC)..... | 34 |
| 3.5.1.6 | Kolony v plynové chromatografii..... | 34 |
| 3.5.1.7 | Detektory v plynové chromatografii..... | 34 |
| 3.6 | Senzorická analýza | 35 |
| 3.6.1 | Čich | 35 |
| 3.6.1.1 | Elektronický nos | 35 |
| 3.6.2 | Chuť | 36 |
| 3.6.2.1 | Vnímání chuti | 36 |
| 3.6.3 | Senzorické hodnocení máku a makových výrobků | 36 |
| 3.6.3.1 | Vzhled, chuť a vůně modrého máku..... | 36 |
| 3.6.3.2 | Maková semena | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 4 Závěr..... | 37 |
| 5 Literatura | 38 |
| 6 Seznam použitých zkratk a symbolů | 43 |
| 7 Seznam obrázků a seznam tabulek | 44 |

1 Úvod

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je významná plodina, která nás provází již od doby kamenné. Dříve se využíval k okrasným účelům a v léčitelství. Jeho současné využití má dva směry – potravinářské a průmyslové. Pro potravinářské účely se mák využívá pro svá semena, která jsou významným zdrojem oleje, a také jako součást tradiční kuchyně hlavně slovanských národů. Pro průmyslové účely se využívá ve farmacii pro svůj vysoký obsah alkaloidů. Kvalitní semena se získávají z vyšlechtěných odrůd máku setého, která slouží k lidské spotřebě.

Sezam indický (*Sesamum indicum* L.) je jedna z nejstarších pěstovaných plodin. Původně rostla divoce, ale později zdomácněla a stala se velmi oblíbenou pro svá semena, jež jsou významná pro kulinářské účely převážně v asijských zemích. První zmínka o sezamu pochází z Nippuru a byla zapsána na hliněné destičky.

2 Cíl práce

Vypracovat literární rešerši, ve které jsem se zaměřila na oblasti:

- 1) Druhy máku a jeho využití;
- 2) Sezam a jeho využití;
- 3) Definice chuťových látek;
- 4) Typy sensorického hodnocení a jejich definice, použitelnost pro stanovení sensorických vlastností máku a sezamu.

3 Literární rešerše

3.1 Mák a sezam

3.1.1 Historie a význam máku

Kulturní mák je prastará, historická plodina. Významné nálezy máku pochází z mladší doby kamenné (neolitu). První zmínka o máku pochází z roku 3 000 před našim letopočtem z Nippuru (duchovní centrum Sumerů) a byla zapsána klínovým písmem na hliněné tabulky. Mák do Evropy přiváželi vojáci z křížových výprav. Původně se pěstoval jako zahradní a okrasná plodina. Na konci 17. století se začal pěstovat jako polní plodina a až v 19. století se začal využívat jako olejnína. V jižní Francii se mák využíval jako náhrada po kalamitním poškození olivových plantáží (Rosso 2010; Makový občasník 2019; Muška a kol. 2021).

V České republice byl nejstarší nález máku zaznamenán v Ostrově u Stříbra. Jeho stáří je přibližně 2 800 let, tj. pozdní doba bronzová. Z 13. století jsou písemné zprávy o pěstování máku na Olomoucku. Ve 14. a 15. století bylo pěstování máku velmi rozšířeno a dokazují to zápisy o poddanských dávkách, kde je uváděn i mák. V této době patřil mák mezi cennější potraviny. Ve druhé polovině 20. století se mák stal důležitou exportní surovinou. Český statistický úřad (ČSÚ) zveřejnil k 31. 5. 2021 odhady osevních ploch máku v České republice na 43 867 ha. To znamená, že oproti předcházejícímu roku, kdy byla osevni plocha 40 255 ha, bylo oseto o 9 % více. V současné době se pěstuje nebo roste planě přibližně 12 druhů máku, z nichž polovina se považuje za druhy domácí. Mezi nejobvyklejší máky, které rostou ve volné přírodě (na loukách, pastvinách, v polích, u cest apod.), patří mák vlčí, mák pochybný a mák polní. Nejvýznamnějším druhem máku u nás je mák setý (*Papaver somniferum* L.), který se též nazývá mák snodárný nebo mák spánkodárný. O oblibě máku v České republice svědčí i jeho spotřeba 0,4 kg/osobu/rok. (Novák & Nováková 2018; Makový občasník 2019; Sabolová 2020; Muška a kol. 2021).

3.1.1.1 Mák a tradice

Mák je velmi oblíbený nejen pro použití v potravinářství, ale také ovlivnil naše dětství svou přítomností v pohádkách. Příkladem může být Maková panenka nebo Český Honza odcházející do světa s uzlíčkem makových buchet. Také se vyskytuje v různých slovních spojeních a dokonce i pranostikách, např.: „Bylo tam lidí jako máku“, „Je-li na poli chrpa a mák, bude chleba tak tak“, aj. Velmi rozšířený výskyt je i v názvech měst, vesnic a vrchů (Makov, Makotřasy, Makolusky, Maková hora). Tradiční svátky, jako Velikonoce nebo Vánoce, si většina Slovanů nedokáže bez máku představit. Česká republika má velmi pozitivní vztah k makovým pokrmům – oblíbené jsou švestkové knedlíky s mákem, nudle s mákem, škušánky a šišky sypané mákem, rovněž domácích sladkosti, koláče a buchty (Český modrý mák (a)).

3.1.1.2 Chráněné zeměpisné označení a Český modrý mák

Český modrý mák má jiné kvality než mák technický, který se pěstuje převážně v západní Evropě. Proto v roce 2015 požádal spolek Český modrý mák o zeměpisné označení původu (CHZO) z důvodů rozlišení dvou typů komodit se stejným názvem. Od února roku 2021, kdy se po mnohaletém úsilí Český modrý mák dočkal CHZO, mohou všichni, kdo pracují s mákem, používat ještě jednu ochrannou známku. Logo CHZO je znázorněno na obrázku 1. Toto označení je možné použít pouze na mák vyprodukovaný v České republice. Dostal se tak na úroveň např. italských sýrů nebo francouzského vína (Český modrý mák (b); Gec 2021; Honsová 2021).

Jedině Český modrý mák zaručuje typickou makovou vůni a chuť. Semena jiných odrůd máku, které jsou pěstované hlavně pro farmaceutický průmysl, či jinak barevná semena, mají nevýraznou chuť a vůni. Označením logem české cechovní normy má garantovaný nižší obsah morfinových alkaloidů (pod 20 mg/kg) a splňuje tak požadavky českých právních předpisů kladené na bezpečnost potravin. U semen máku, která se pyšní označením „Vyrobeno podle České cechovní normy“, není povolena termostabilizace a nemohou tak být zaměňována se semeny technického máku.

Seznam odrůd, které se využívají k produkci potravinářského máku podle české cechovní normy:

- Akvarel,
- Aplaus,
- Bergam,
- Maratón,
- MS Harlekýn,
- Onyx,
- Opex,
- Orbis,
- Orfeus,
- Oz,
- Titan,
- Zeno Plus,
- Major,
- Gerlach,
- Opal.

Spotřebiteli se zápisem české cechovní normy pro Český modrý mák (registrační číslo: 2019-01-14-0415) dostává do rukou jedinečný nástroj, podle kterého si může v obchodě vybrat mák české provenience, ale zejména takový mák, který mu přinese gurmánský zážitek. Takový makový produkt má typickou sladkou chuť a výraznou vůni. Norma je vyhrazena pro semena jednoletého máku setého modrosemenného, olejného typu, získávaná z odrůd registrovaných

v ČR. Navíc se týká také odrůd Major, Opal, Gerlach, které nejsou vyjmenované ve státní odrůdové knize (Chýlková 2019).

Důležitou fungující normou je „Český modrý mák mletý“, kterou pro označení svých výrobků používají čtyři subjekty. Jednoduchá je v tom, že mletý mák může být vyroben pouze ze suroviny, která vyhovuje parametrům předchozí normy, tzn. Český modrý mák“ (Gec 2021).



Obr. 1: Logo Chráněného zeměpisného označení (Český modrý mák (c)).

CHZO Český modrý mák:

- Semeno musí být nepoškozené, zdravé, o velikosti cca 1,0 mm. Barva jasně modrošedá, chuť sladká s jemně hořkým nádechem. Vůně je výrazná, příjemná a typická pro Český modrý mák. Konzistence sypká bez hrudek.
- Mezi fyzikální a chemické vlastnosti patří obsah alkaloidů (morfin, thebain a kodein), který nesmí přesáhnout na povrchu semene 20 mg/kg a 0,8 % v sušině tobolky (Potravinářská komora ČR 2019 (a)).

3.1.1.3 Co ovlivňuje kvalitu Českého modrého máku a škůdci

V publikacích od Pavla Kolaříka a Karly Kolaříkové z roku 2019 a Hany Honsové z roku 2021 se uvádí, že kvalitu Českého modrého máku ovlivňuje mnoho faktorů. Pro dobrou kvalitu je potřeba kvalitně založit porost s tím, že na stejné pole by mák neměl přijít dříve než za 4-5 let. Pole by mělo být odpleveleno a je důležité zamezit výskytu škůdců a houbových chorob (plísňe, hlízenky atd.). Dalším důležitým faktorem je kvalitní výživa v podobě hnojení dusíkem a sírou, u které je zjištěno, že zvyšuje výnos. Na 1 tunu semene máku je potřeba 18 kg síry. Samozřejmě nemůžeme opominout vliv počasí na. Jestliže jsou vydatnější srážky, mák rychle roste do výšky až 150 cm, což způsobuje naředění pletiv stonků a dochází k ohnutí a zlomení. Listy ležící v důsledku ohnutí na zemi špatně vysychají a podléhají napadení hnilobou. Ta postupně napadá celou rostlinu.

Nejčastější škůdci jsou krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*) a krytonosec makovicový (*Neoglocianus maculaalba*). Krytonosec kořenový je 3 - 3,5 mm velký tmavohnědý brouk, který naletuje na vzházející porost máku, kde provádí žír. Samičky kladou vajíčka do hlavního listového nervu a larvy se pak vyvíjejí na kořenech. U krytonosce

makovicového, jehož samička klade vajíčka do jamek 1-3 dny starých makovic, se larvy vyvíjejí uvnitř tobolek, kde vyžírají vznikající maková semena.

Dalším významným škůdcem je bejломorka maková (*Dasineura papaveris* Winn). Jedná se o 2 mm dlouhého komára s načervenalým zadečkem. Samičky využívají při kladení vajíček otvorů způsobených krytonosem makovicovým. Larvy v průběhu svého vývoje vysávají pletiva přepážek, na kterých se vyvíjejí semena, a ta se potom stávají neplnohodnotná (zdeformovaná). Larvy bejломorky makové jsou znázorněny na obrázku 2.



Obr.2: Larvy bejlochory makové (Kolařík & Kolaříková 2019).

3.1.2 Historie a význam sezamu

Sezam je jedna z nejstarších člověkem pěstovaných plodin. Archeologické zdroje zaznamenaly sezam v Mezopotámii a na indickém subkontinentu okolo roku 2 000 před Kristem. V Egyptě byl pěstován již v dobách Ptolemaia, odkud se zřejmě dostal přes Sýrii do Turecka. Divoce rostoucí druhy se vyskytují v Africe a Indii. Sezam zdomácněl takřka po celém tropickém pásmu a pěstuje se pro svá jedlá semena (Salvia paradise 2023).

3.1.2.1 Pěstování sezamu

Historická obliba pěstování sezamu vyplývá z faktu, že rostlina je schopna růstu v oblastech, kde jiné plodiny nejsou schopny přežít. Jedná se o oblasti suché, s vysokou teplotou a minimální vlhkostí. Nemá ale problém přežít i v monzunových oblastech. Sezam toleruje různé typy půd, zavodněné nebo vysušené s neutrálním pH. Mnoho komerčně pěstovaných druhů sezamu vyžaduje 90 - 120 dní odpočinku během zimy.

Největším producentem sezamových semínek byla v roce 2013 Indie s 4,2 milióny tun. Dalšími světovými producenty jsou Čína, Etiopie a Myanmar. Nejvyššího hektarového výnosu v roce 2013 dosáhla jedna řecká farma, která vyprodukovala 0,69 t na hektar. Největší světový dovozce produktů vyrobených ze sezamu je Japonsko. Druhým největším importérem sezamu

ve světě je Čína. Vysoká obliba sezamu je také v USA, Kanadě, Holandsku, Turecku a Francii (Salvia paradise 2023).

Morfologie

3.1.3 Mák

3.1.3.1 Kořenová soustava

Kořenovou soustavu máku tvoří kulový zdužnatělý hlavní kořen a z něj vyrůstající silnější postranní kořeny. Mnoho tenkých kořínků prorůstá těsně pod povrchem půdy. Hloubka hlavního kořene se pohybuje od 50-70 mm, což má za následek jednoduché vyvrácení rostliny při silném větru nebo v namoklé půdě (Novák & Nováková 2018).

3.1.3.2 Lodyha

Maková lodyha je podlouhlá, dutá a vyplněná houbovitou dřevinou. Výška se pohybuje od 80-150 cm. Některé druhy máku větvi těsně nad zemí, jiné větvi nad polovinou výšky stonku. První postranní větve mají vrcholičnaté větvení - přerůstají hlavní stoněk. Pod květem je stoněk většinou lysý. Počet větví na lodyze je dán odrůdou a je ovlivněn sponem rostliny. Lodyha může být pod makovicí pokryta zcela, nebo vůbec, štětinkami (ostny) (Baranyk a kol. 2010; Vašák a kol. 2010; Novák & Nováková 2018).

3.1.3.3 Listy

Listy se dělí na spodní, střední a horní. Spodní listy jsou umístěny u prvního větvení. U máku s dobrým ošetřením jsou listy tmavě zelené a jsou pokryté modrozeleným povlakem. Ten tvoří voskovou vrstvu listu, která ovlivňuje jejich citlivost na chemické ošetření (herbicide). Listy jsou bifaciální a jejich tvar je značně variabilní. Okraj listů je nepravidelný a zubatý. Listy jsou tenké a může u nich snadno dojít k mechanickému poškození (Baranyk a kol. 2010; Vašák a kol. 2010).

3.1.3.4 Květ

Květy máku jsou pravidelné a oboupohlavní. Skládají se ze čtyř korunních plátků a dvou opadavých kališních lístků. V květu se vyskytuje velké množství tyčinek (od 150 - 250) a tím se tvoří velké množství pylu. Díky tomu jsou máky velmi atraktivní rostliny pro včely. Barva květů se liší podle odrůdy. Mezi nejznámější patří růžové, tmavě nebo světle červené a fialové. Květy máku mohou mít různé barevné kombinace (Baranyk a kol. 2010; Vašák a kol. 2010).

3.1.3.5 Plod

Plodem máku je tobolka zvaná makovice. Ke stonku je připojena kolénkem. Tobolka je lysá a má hladký povrch. Její tvar je proměnlivý - kulovitý, vejčitý, ledvinovitý. Velikost a tvar jsou dány genotypem, ale mohou být ovlivněny i pěstitelskými podmínkami. Uvnitř tobolky se nachází 9-15 přehrádek (plodolistů), kde se vyvíjejí semena. Makovice může být zcela uzavřená, nebo má otvůrky, díky kterým se mohou semena sypat na zem (Vašák a kol. 2010; Baranyk a kol. 2010).

3.1.3.6 Semeno

„Pro kvalitu semen máku platí norma ČSN 462312. Mák je v ní klasifikován jako pochutina a důraz je kladen na sensorické vlastnosti, homogenitu barvy a poškození semen“ (Baranyk a kol. 2010).

Semeno má ledvinovitý tvar a je dlouhé asi 1,0 - 1,5 mm. Osemení je velmi tenké a je složené z pěti vrstev. Díky této tenkosti přijímají semena vodu snadněji, ale v období sucha jsou více náchylná na vysychání. Povrch semen máku se lehce poškodí. Na semeno, které bylo poškozeno, se lepí prach z makoviny a to způsobuje zvýšení obsahu morfinu i nad limitní hranici bezpečnosti 20 ppm (20 mg morfinu na kg semene). Nejobvyklejší barva semena je modrá, ale může být také fialová, černá, nažloutlá a hnědá. V semeni máku se vyskytuje asi 22 - 25 % bílkovin s dobrým zastoupením aminokyselin. Obsah sacharidů je kolem 3,5 %, což je poměrně malé množství, ale zároveň obsahuje významné množství vlákniny (9 - 14 %). Modrá semena máku mají typickou chuť. Obecně světlá semena, včetně bílých, mají chuť nevýraznou. Bílá barva semen je obvyklá pro tenká osemení a kvůli tomu mají nízký obsah vlákniny a ligninu a chuťové látky jsou též nevýrazné. Bíle zbarvená semena obsahují více tuku než ostatní semena (Vašák a kol. 2010; Sabolová 2020; Makový občasník 2022).

3.1.4 Sezam

Sezam je vzpřímená jednoletá bylina dorůstající do výšky 60 - 150 cm. Stonek je dutý nebo má a bílou dřev. Listy jsou bezřapíkaté, 3 - 10 cm dlouhé, 2,5 - 4 cm široké, obdélníkového nebo vejčitého tvaru s mírně chlupatým povrchem. Jsou nesené jednotlivě nebo 2 - 3 společně v úžlabí listu. Květ sezamu je bílý, narůžovělý až fialový. Koruna je 2,5 - 3 cm dlouhá ve tvaru trubky o průměru přibližně 1 - 1,5 cm. Uvnitř květu jsou 4 tyčinky, semeník je svrchní a chlupatý. Kališní laloky jsou 5 - 8 mm dlouhé a 1,6 - 3,5 mm široké, kopinatého tvaru a mají chlupatý vzhled. Kvetení nastává koncem léta až začátkem podzimu. Plodem je tobolka obdélníkového tvaru, 2 - 3 cm dlouhá o průměru 6 - 12 mm, s podélnými žebry na povrchu a mikroskopickými chloupky na epidermis. Sezamová semínka jsou černá nebo bílá. Podle toho rozlišujeme černý a bílý sezam (Wei a kol. 2022).

3.1.5 Biologie máku

Mák se řadí do čeledi rostlin makovitých (*Papaveraceae*) a zahrnuje přes 100 druhů rostoucích hlavně v mírném pásmu severní polokoule. Jsou to jednoleté až vytrvalé byliny s velkými barevnými květy a s typickým plodem - tobolkou, které se říká makovice. Rostliny všech druhů máku mají hustou, různě rozvětvenou síť trubicovitých mléčnic. Dojde-li k poranění kterékoliv části rostliny, vytéká z ní mléčně bílá, bezbarvá nebo žlutooranžová na vzduchu tuhnutí šťáva. Ta obsahuje menší či větší množství specifických sloučenin, např. alkaloidy, které mají specifické účinky na zvířata i lidi (Kubánek 2011; Novák & Nováková 2018).

3.1.5.1 Semeno

Růstové fáze máku jsou děleny do tří fází, které jsou popsány v publikaci Miroslava Bechyně a Jana Nováka z roku 1987:

1. Fáze pozvolného růstu

Tato fáze trvá okolo 7-8 týdnů. Celý proces začíná klíčením semen a vzcházením rostliny. je přírůstek organické hmoty pomalý, ale později, když rostlina vzejde, dochází ke zvýšení intenzity růstu. Začínají se tvořit pravé listy a kořen postupuje hlouběji do půdy. Ke konci této fáze dojde ke vzniku silnější lodyhy a kořene. Rostlina se posouvá do další etapy-fáze růstu.

2. Fáze největšího růstu (asimilace)

Asimilační fáze je nejdůležitější a nejdelsí. Dochází v ní k nejvyšší produkci živé hmoty. Lodyha, listy, generativní orgány a tobolky intenzivně rostou. Tato fáze je ukončena vývojem nezralých makovic.

3. Fáze dozrávání a odumírání rostliny

Po odkvětu dochází k intenzivnímu růstu semeníku a tvorbě makovice. Rostlina se dostává do finální podoby. Semena jsou úplně vyvinutá a dochází u nich k vysychání a dozrání za vzniku rozdílného zbarvení, které závisí na odrůdě máku. Poslední stádium je odumření rostliny.

3.1.6 Biologie sezamu

Sezam indický (*Sesamum indicum* L.) je jedna z nejstarších olejnin. Patří do čeledi sezamovitých (*Pedaliaceae*) a je hojně pěstována v tropických a subtropických oblastech. V tobolkách jsou drobná semena, která obsahují jeden z nejkvalitnějších potravinových olejů díky vysokému podílu nenasycených mastných kyselin (PUFA). Pro svůj vysoký obsah oleje (42 - 54 %) a bílkovin (22 - 25 %) je ročně vyprodukováno přes 6 milionů tun semen. Přibližně 65 % roční produkce sezamu ve světě se zpracovává na sezamový olej, který má dobré výživové

hodnoty a příjemnou chuť. Hlavními pěstitelskými oblastmi je Asie, Afrika, Indie, Čína a Nigérie (Jahodář 2011; Bhattacharjee a kol. 2019; Yin a kol 2020).

3.1.7 Typy máku

3.1.7.1 Dle poživatelnosti

Máky potravinářské

Máky potravinářské mají vysokou produkci kvalitních semen, která mají různé barvy a odstíny. Nejvíce žádaný a pěstovaný je modrosemenný mák, který má typickou chuť a vůni (Novák & Nováková 2018).

Máky průmyslové

Máky průmyslové mají v suché makovině poměrně vysoký obsah morfinu (1 - 3 %). Semena jsou modrá, šedá až černá. Pěstují se hlavně za účelem průmyslové extrakce morfinu a dalších alkaloidů, ale u nás se nepěstují vůbec nebo jen v zanedbatelném množství (Novák & Nováková 2018).

Máky opiové

Mák opiový se pěstuje především v Asii a v menší míře v Latinské Americe.

Je typický zvýšeným obsahem alkaloidů, především morfinu. Patří mezi omamné drogy, ale je rovněž cennou surovinou pro farmaceutický průmysl. V pletivech, především v makovicích, má výrazné mléčnice, které po poranění roní bílou šťávu - latex. Vzniklá šťáva na vzduchu tuhne a černá v opium. K získání alkaloidů se používají i prázdné makovice z máku olejného (Český modrý mák (d); Valíček 2014; Novák & Nováková 2018; Vašák a kol. 2010).

Máky olejné (semenné)

Mák semenný se pěstuje u nás a v řadě zemí Evropy. Mimo EU hlavně v Turecku a na Ukrajině. Naše semenné máky jsou přizpůsobeny půdám a klimatickým podmínkám mírného pásma. Dorůstají do výšky přibližně 1 metru a jsou odolnější proti polehávání rostliny. Semeno se využívá v potravinářství, kde se z něj vyrábí kvalitní olej, cukrovinky nebo pečivo. Olej lisovaný za studena patří mezi oblíbené stolní oleje. Olej získaný extrakcí se používá k výrobě laků, fermeží, mýdla, barev atd. Výlisky získané zpracováním semen se v omezeném množství zkrmují hospodářským zvířatům. Vymlácené makovice se využívají ve farmaceutickém průmyslu hlavně pro morfin (Valíček 2014; Novák & Nováková 2018).

3.1.7.2 Dle doby výsevu

Máky jarní a ozimé

Největší plochu v České republice zaujímají máky jarní, a to až 90 - 100 %, podle roku. Máky ozimé zaujímají mnohem menší podíl plochy, a to 0 - 10 %. Narozdíl od jarních máků mají bohatěji ochlupené mladé listy (Český modrý mák (d)).

3.1.7.3 Dle obsahu alkaloidů

Máky můžeme dělit podle obsahu alkaloidů na máky s nízkým (0,0 - 0,3 %), středním (0,3 - 0,8 %) a vysokým (1 - 1,5 %) obsahem morfinu v makovině. Semena s nízkým a středním obsahem nejsou téměř využitelná pro průmyslové zpracování, takže nejvíce se uplatňují v potravinářském průmyslu (např. Zeno, Przemko). Naopak semena s vysokým obsahem alkaloidů jsou určena pro průmyslové účely (Český modrý mák (d)).

Šlechtitelské směry

Prvním šlechtitelským cílem bylo vytvořit univerzální typ máku, který má vysoký výnos semene, jasnou modrou a vyrovnanou barvu semene s vysokým obsahem morfinu. Kvůli komplikaci s existencí negativní korelace mezi výnosy semen a obsahem morfinu v tobolkách se definovaly šlechtitelské směry.

Šlechtitelské směry byly popsány dle knihy **Mák od Vašáka a kol. 2010**

1. Směr

První směr popisuje univerzální mák, který má vysoký výnos semen s dobrou barvou, průměrným obsahem morfinu a jehož hlavním cílem je produkce semene. K tomuto směru jsou registrované odrůdy Opál a Gerlach.

2. Směr

Druhý směr popisuje mák, který má velmi nízký obsah alkaloidů a jeho hlavní cíl je produkce semene. Tomuto máku se může říkat mák „kuchyňský“ a registrované odrůdy jsou Przemko a Mieszko.

3. Směr

Třetí směr popisuje mák, který má vysoký obsah alkaloidu (morfinu) a hlavním cílem je produkce makoviny s nejvyšším obsahem alkaloidů. Jeho využití je hlavně pro farmaceutický průmysl. Registrovaná odrůda je Lazur.

4. Směr

Čtvrtý směr popisuje šlechtění máku na určitou barvu semene. Nejvíce se praktikuje šlechtění na bílou barvu semene, kdy jeho chuť připomíná oříšky. Využívá se ve farmaceutickém průmyslu a registrovaná odrůda je Albín. Kromě známé modré a bílé barvy existuje i barva fialová, hnědá, růžová, žlutá, černá a šedá. Máky se šedým a černým zbarvením se běžně nevyskytují a jejich šlechtění se tím pádem neprovádí. V České republice je též známé šlechtění máku na hnědou barvu semene, které je po rozemletí téměř dokonalou náhradou ořechů.

5. Směr

Pátý směr je zaměřený na schopnost máku produkovat alkaloidy, převážně thebain. Jeho využití je ve farmaceutickém průmyslu, protože z thebainu se vyrábí léky na stavy po mozkové mrtvici a na výrobu protijedu při otravě morfinem.

3.1.7.4 Dle otevírání makovic

Podle otevírání makovic dělíme mák na Hněďák a Slepák. Hněďák (např. mák vlčí) vytváří otvory pod korunkou, ze kterých vypadávají semena. Není úplně vhodný pro pěstování ve velkovýrobních podmínkách. Slepák se od Hněďáka odlišuje absencí otvorů pod korunkou (Český modrý mák (d)).

3.1.7.5 Dle barvy květu a semene

Dle barvy květu dělíme máky na bělokvěté (Aplaus, Onyx, Major), růžokvěté (Albín), červenokvěté (Mieszko) a fialokvěté (Zeno). Obrázek 3 znázorňuje květ máku Aplaus.

Další barevné rozdělení je podle semen. Rozeznáváme tyto druhy: bělosemenné (Orel), žlutosemenné, modrosemenné (Mieszko, Aplaus), šedosemenné, růžovosemenné, hnědosemenné a černosemenné (Český modrý mák(d)).



Obr. 3: Český modrý mák – Aplaus (Český modrý mák(d)).

3.2 Obsahové a chuťové látky

3.2.1 Mák

Mák jako olejnina je významným zdrojem mnoha prospěšných živin včetně tuků, bílkovin a sacharidů. Rostliny obsahují cukry, latex, vosk, alkaloidy, mléčnou kyselinu. Semena máku obsahují základní živiny, organické sloučeniny, enzymy a minerální látky. Složení tří různých barevných odrůd tureckého máku se liší obsahem oleje. Mák modrý má nejvyšší obsah oleje (46,30 %), žlutý mák obsahuje 38,91 % a bílý mák 36,07 %. Modře zbarvený mák má nejvyšší vlhkost (6,40 %) a obsah popelovin (6,20 %). Nejvyšší obsah bílkovin je u bílého máku (21,4 %). Má také nejvyšší hmotnost semena a je to největší odrůda (Muhammad a kol. 2021).

3.2.1.1 Lipidy

Když se na tuk obsažený v máku podíváme z výživového hlediska, zjistíme, že není důležité jeho množství, ale složení. Základní molekulou tuku je triacylglycerol (TAG), který tvoří tři mastné kyseliny navázané na glycerol. Podle typu navázané mastné kyseliny můžeme rozdělit tuky či oleje na zdraví prospěšné nebo škodlivé, tuhnoucí nebo tekuté, vysychavé nebo nevysychavé (Makový občasník 2022).

3.2.1.2 Mastné kyseliny

Nejvíce zastoupenými mastnými kyselinami (MK) jsou linolová kyselina (70 -74 %) a olejová kyselina (13 - 18 %). Z nasycených mastných kyselin je nejčastěji zastoupena palmitová kyselina (8 - 9 %) a stearová kyselina (2 %) (Makový občasník 2019).

3.2.1.3 Fenolové sloučeniny

Polyfenolové látky, které jsou obsaženy v máku, mají antibakteriální, antivirové, antimutagení a protizánětlivé účinky. Mezi tyto látky patří také tokoferoly, které jsou jedny z nejdůležitějších lipofilních antioxidantů. V máku se nachází významné množství tokoferolů a tokotrienolů, které společně s dalšími antioxidanty poskytují ochranu proti oxidačnímu stresu. Fenolové látky jsou velmi důležité při ochraně polynenasycených mastných kyselin (PUFA) před oxidací a tím se udržuje nutriční kvalita makového oleje (Bozan & Temelli 2008; Ishtiaque a kol. 2013; Fereidoon & de Camargo 2016).

3.2.1.4 Fytosteroly

Fytosteroly (rostlinné steroly) jsou látky nacházející se v potravinách rostlinného původu.) Mají pozitivní vliv na snižování rizika kardiovaskulárních onemocnění, krevního tlaku a snížení LDL-cholesterolu (živočišného sterolu) o 10 % při dávce 2 - 3 g/den. Obsah fytosterolů v máku se pohybuje od 1 100 do 3 270 mg/kg, což je srovnatelné s obsahem v sezamu (2 028 – 4 000 mg/kg). V máku jsou nejvíce zastoupené fytosteroly β -sitosterol, kampesterol, avenasterol a stigmasterol (Otaegui-Arrazola a kol. 2010; Sabolová 2020).

3.2.1.5 Vitaminy a minerální látky

V makovém oleji je nejvíce zastoupený tokoferol (vitamin E), hlavně γ -tokoferol. Přesný obsah tokoferolů v máku není přesně daný, protože se podle různých autorů obsah značně liší. Ve srovnání americké a české databáze složení potravin je obsah tokoferolů velmi odlišný. Dle české databáze je obsah 2,3 mg/100 g a dle americké databáze je obsah 18,8 mg/100 g. Tyto odlišné obsahové hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny rozdílnými odrůdami a lokalitami pěstování. Obsah minerálních látek v máku je uveden v Tabulce 1 (Makový občasník 2019).

Tab. 1: Obsah mikroživin (mg/100 g) v olejnatých semenech a vybraných druzích ořechů (Makový občasník 2019).

| Semena/ořechy | Tokoferoly | Ca | P | Mg | K | Zn | Fe |
|-------------------------------|-------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mák | 2,3 | 1357 | 936 | 395 | 832 | 6,8 | 8,8 |
| Len | 5,0 | 195 | 722 | 291 | 762 | - | 17,1 |
| Sezam | 2,3 | 96 | 701 | 352 | 438 | 8,6 | 9,9 |
| Dýně | 1,0 | 43631 | 1174 | 535 | 807 | 7,5 | 15,0 |
| Slunečnice | 50,3 | 135 | 709 | 367 | 603 | 2,2 | 12,3 |
| Chia | 9,2 | 631 | 860 | 335 | 407 | 4,6 | 7,7 |
| Vlašské ořechy | 3,1 | 96 | 377 | 159 | 575 | 3,4 | 2,7 |
| Mandle (neloupané) | 25,0 | 252 | 481 | 247 | 791 | 2,9 | 3,8 |
| Lískové ořechy (neloupané) | 25,2 | 181 | 153 | 153 | 648 | 2,2 | 5,8 |
| Arašídý (loupané) | 11,9 | 70 | 384 | 182 | 572 | 3,2 | 3,0 |

3.2.1.6 Bílkoviny a sacharidy

V semenech máku se nachází 22 % bílkovin s dobrým zastoupením aminokyselin (AMK). Díky konzumaci máku společně s obilovinami dochází ke zlepšení výživové hodnoty pokrmu. Sacharidy jsou v semenech máku obsaženy pouze ze 3 %, z nichž 1,8 % tvoří cukry. Obsah základních živin v olejnatých semenech je uveden v Tabulce 2 (Makový občasník 2019).

Tab. 2: Srovnání obsahu živin (g/100 g) v olejnatých semenech a vybraných druzích ořechů (Makový občasník 2019).

| Semena/ořechy | Tuky | Bílkoviny | Sacharidy |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|
| Mák | 38,9 | 21,8 | 3,0 |
| Len | 33,5 | 21,7 | 12,5 |
| Sezam | 58,5 | 21,9 | 4,6 |
| Dýně | 45,3 | 33,8 | 1,3 |
| Slunečnice | 45,0 | 19,0 | 19,7 |
| Chia | 30,7 | 16,5 | 7,7 |
| Vlašské ořechy | 61,2 | 16,3 | 6,6 |
| Mandle (neloupané) | 47,9 | 28,1 | 4,3 |
| Lískové ořechy (neloupané) | 61,4 | 14,4 | 4,2 |
| Arašidy (loupané) | 49,3 | 25,3 | 11,8 |

3.2.1.7 Alkaloidy

Alkaloidy jsou dusíkaté sloučeniny zásadité povahy, které tvoří většinou soli s organickými kyselinami (jablečnou, šťavelovou, mléčnou, vinnou a citronovou) a jsou to sloučeniny sekundárního metabolismu. Nejvíce alkaloidů z čeledi *Papaveraceae* obsahuje mák setý. Alkaloidy jsou obsaženy v opiu. Obsah alkaloidů se pohybuje mezi 10 - 20 %. Do skupin citlivějších na nežádoucí účinky morfinu patří těhotné ženy, kojenci, osoby nad 75 let a osoby se zhoršenými respiračními funkcemi (Novák & Nováková 2018; EFSA 2018; Muhammad a kol. 2021).

3.2.1.8 Alergie

Potravinová alergie (PA) je nežádoucí reakce na potravinu podmíněná imunologickým mechanismem při opakovaném požití potravin. Česká republika má ve výskytu alergie na mák dost možná prvenství kvůli jeho oblíbenosti. V jiných zemích je tato alergie spíše vzácnost (Sabolová 2020; Šetinová 2020).

3.2.2 Sezam

Obsahové látky v sezamu byly nejlépe popsány v článku od D.M. Hegde z roku 2012.

Lipidy sezamových semen jsou složeny hlavně z neutrálních triglyceridů s malým množstvím fosfatidů. Sezamový olej obsahuje poměrně velké množství (1,2 %) nezmýdelnitelných látek. Sezamová semena obsahují velké množství sesaminu a γ -tokoferolu.

Mastné kyseliny (MK) jsou důležitou složkou lipidů. Jedná se o karboxylové kyseliny s alifatickým řetězcem uhlovodíků. Mastné kyseliny, které se vážou v přírodních lipidech, mají rozdílnou délku, charakter uhlovodíkového řetězce a nasycenost (Velíšek 1999; Davídek a kol. 1983; Zajíc & Bareš 1988).

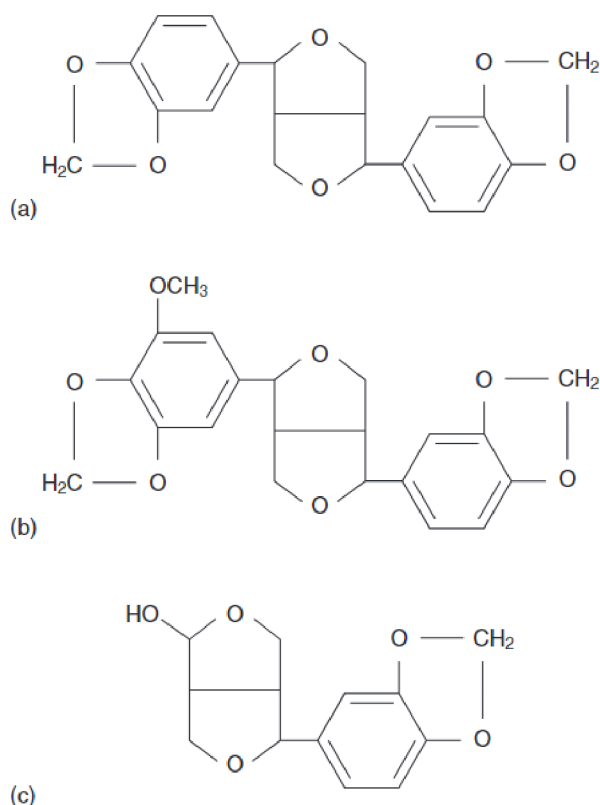
Hlavní mastné kyseliny jsou olejová kyselina (cca 42 %) a linolová kyselina (cca 44 %). Nasycené MK tvoří méně než 20 % z celkových MK. Mezi hlavní nasycené MK patří palmitová a stearová kyselina.

Semínka sezamu obsahují 37 – 63% oleje. Jeho obsah závisí na barvě a velikosti semen. Bílá a světlá semena mají více oleje než tmavá semena. Menší semena obsahují více oleje než větší semena. Sezamový olej je z rostlinných olejů nejvíce odolný vůči oxidačnímu žluknutí pravděpodobně díky přítomnosti velkého podílu nezmýdelnitelných látek. Nezmýdelnitelné látky obsahují sesamol, fytosterol, které se v jiných olejích nevykylují. Sesamol po hydrolyze tvoří sesamol. Sesamol se ze sesamolinu uvolní pomocí hydrogenace. Strukturu antioxidantů v sezamovém oleji znázorňuje obrázek 4.

Obsah bílkovin v sezamu je 17 - 32%. Na základě rozpustnosti byly klasifikovány jako frakce albuminu (8,6 %), globulinů (67,3 %), prolaminu (1,3 %) a glutelinu (6,9 %). Převládající frakce bílkovin je globulin. Skládá se ze dvou složek - α -globulin a β -globulin. α -globulin je vysokomolekulární bílkovina, která tvoří 60 - 70 % celkového globulinu. β -globulin je složka vedlejší a jeho podíl je 25 %. Sezamové bílkoviny mají nedostatek lysinu, což je neobvyklé.

Sezamová semena obsahují 14 - 25 % sacharidů. Z toho přibližně 5 % cukrů převážně redukujícího typu. Dále obsahují 3-6 % hrubé vlákniny, která je přítomná hlavně v obalu a slupce semen.

Semena sezamu jsou významným zdrojem vitaminů. Mezi nejdůležitější vitaminy patří niacin, listová kyselina a tokoferoly. Vitamin A se vyskytuje v malém množství.



Obr. 4: Struktura antioxidantů v sezamovém oleji: a) sesamin; b) sesangolin c) samin (Hegde 2012)

3.2.3 Chut'ové látky

Lidský organismus dokáže rozlišit 5 základních chutí - sladkou, slanou, hořkou, kyselou a umami. Chuť potravin je výrazně ovlivněna aromatickými látkami. Tyto látky jsou vnímány retronasálně čichovými receptory, které jsou umístěny v nose. Celkový vjem chuti, textury a vůní je nazýván flavor (Charles a kol. 2013).

3.2.3.1 Aromatické látky a přírodní aromatické látky

Aromatická látka je látka chemicky definovaná a má aromatické vlastnosti. Zahrnuje jak přírodně identické aromatické látky, tak i uměle vytvořené. Přírodní aromatická látka se získává vhodnými fyzikálními, enzymatickými nebo mikrobiologickými procesy z látek, které jsou živočišného, mikrobiologického nebo rostlinného původu. Přírodní aromatické látky musí odpovídat látkám, které se vyskytují přirozeně v prostředí (ABCERT 2012).

3.2.3.2 Chuťové láky sezamu a sezamových výrobků

Sezam (*Sesamum indicum* L.) je rostlina pěstovaná po celém světě pro své živiny a chuť. Syrová sezamová semena nejsou aromatická, proto pro rozvinutí intenzivního aromatického profilu je potřeba semena pražit. Aromatické látky, které přispívají ke vnímání aroma sezamových semen (viz Tabulka 3), byly identifikovány v malém počtu studií (Yin a kol. 2021).

Tab. 3: Lexikon aromatických látek pro sezamový olej (Yin a kol. 2021).

| Atribut aroma | Popis | Referenční sloučenina |
|---|---|--|
| Pražené sezamové semeno | Vůně po vařeném sezamovém semeni | Ethylpyrazin |
| Ořechový jako popcorn | Vůně ořechů s jemnými dřevitými tóny Vůně po praženém popcornu, chlebu a rýže | 2,6-dimethylpyrazine Methylpyrazine |
| Karamelová Sírová | Sladká a karamelová vůně Cibulová a česneková vůně, sírová, masitá | 2-pentylfuran 4-methylthiazol Dimethylnl trisulfid |
| Uzená | Uzená vůně | 2-methoxy-4-vinylphenol |
| Spálená | Vůně nadměrně vařeného jídla s hořkým aroma | Spálené sezamové semeno |
| Travnatá | Vůně po trávě a zelené zelenině a ovoci | Hexanal |
| Syrová sezamová semena Dřevěná Zemitá | Vůně sezamového semena Vůně dřeva, kůry a stromů, Vůně půdy a zoxidovaného tuku | Syrová sezamová semena α -terpinene (<i>E,E</i>)-2,4-decadienal |

3.3 Možnosti využití máku a sezamu

3.3.1 Mák

3.3.1.1 Farmakologický průmysl

Semeno opiového máku se téměř nevyužívá v důsledku poškození rostliny při získávání opia (Vše o máku 2023).

3.3.1.2 Potravinářský průmysl

Barva semen máku je velmi široká a má řadu odstínů. Barvy mohou být bílá, žlutá, okrová, červená, fialová, modrá, šedá a modrá. Nejčastěji se využívají semena šedá, bílá a modrá. Zralá semena mají využití pro výrobu makového oleje, náplň do moučníků a ke zvýraznění chuti při vaření a pečení, protože jeho chuť připomíná oříšky.

Mák se řadí mezi chlebová koření, protože se používá k posypu sladkého i slaného pečiva.

Rozemletý mák se může přidávat do směsí koření pro zlepšení konzistence a zlepšení chuti. Jeho využití je možné i v bezlepkových dietách (Vše o máku 2023).

Pekařské výrobky

Mák je možné přidávat do pekařských výrobků k ochucení a zvýšení estetické hodnoty výrobků. Při výrobě sušenek lze místo živočišných tuků použít mletý žlutý mák, který zvýší obsah fenolických látek a lze tím získat zdravější sušenky (Muhammad a kol. 2021).

Příchutě a koření

Mák je dobrý zdroj mnoha aminokyselin a glycinu, alaninu, tyrosinu a asparagové kyseliny. Tyto aminokyseliny mají schopnost dodávat specifickou chuť.

Maková semena se ve zralém stavu využívají jako koření, tradičně se používala do kari, chleba a cukrářských výrobků.

Vůně semen je sladká a lehce oříšková, chuť je výrazná připomínající mandle a její intenzita se zvyšuje pražením nebo pečením. Studie prokázala, že použití máku v čokoládě nahrazuje lískové oříšky. Lískové oříšky totiž mohou působit na některé uživatele jako alergen. Dle sensorických parametrů proběhlo hodnocení čokolády s 4 % máku a zjistilo se, že spotřebitelům to vyhovuje (Chýlková a kol. 2019; Muhammad a kol. 2021).

Makový olej

Makový olej byl nejvíce vyráběn na konci 18. a na začátku 19. století ve Francii a Německu. Má velmi dobré organoleptické vlastnosti a nízký obsah linolové kyseliny. Nejvýznamnějším znakem je vysoký obsah PUFA. Tuhne při 18 °C v rostlinné máslo a žlukne pomaleji než jiné oleje. Světle žlutý olej se získává lisováním semen za studena a používá se ke kulinářským účelům. Při lisování za tepla (při 115 °C) se olej zbarvuje do tmavě žluté až načervenalé barvy a jeho využití je jako rafinovaný produkt. Po lisování oleje zůstává moučka ze semen, která je dobrým zdrojem bílkovin. Makový olej má specifickou chuť a aroma.

Nejvíce aromatických látek je přítomno v modrých odrůdách máku, ve kterých jsou nejvíce zastoupeny 2-methylpyrazin, 2-pentylfuran a pentan-2-on. Olej se používal pro vylepšení chuti pokrmů. Dále se také využíval k vylepšení oleje olivového nebo oleje z broskvových jader. Fenolové sloučeniny v makovém oleji pomáhají k prodloužení trvanlivosti výrobku (Norman 2006; Bernath a kol. 2009; Chýlková 2019; Muhammad a kol. 2021; Nováková J. 2021).

3.3.2 Sezam

3.3.2.1 Farmakologický a potravinářský průmysl

Díky přítomnosti lignanů má sezamový olej protirakovinné účinky, které se prokázaly v testech na zvířatech. Kyselina hexakisfosfátová a hořčík mají v určité koncentraci protirakovinnou aktivitu. Jedna studie publikovaná v Journal of Clinical Nutrition popsala snížení rizika kolorektálního tumoru o 12% po podávání 100 mg hořčíku (v dávce přítomné v sezamu). Obsah hořčíku v sezamových semínkách může redukovat spasmy v dýchacích cestách, a proto se některými lékaři doporučují podávat jako podpora léčby astmatu. V potravinářství se používá při přípravě výrobků a cukrovinek, posypů na pečivo ad. (Bhattacharjee a kol. 2019; Salvia paradise 2023).

Sezamová semena

Sezamová semínka jsou bez zápachu s příjemnou ořechovou vůní. Mají velkou škálu využití v potravinářství a jen samostatná semena se používají jako posyp na chléb, bagety nebo hamburgerové housky a bývají součástí cukrovinek jako je baklava či chalva. Sezam bývá spékán na sušenkách, tyčinkách a v Řecku na dortech. V Japonsku se semínka objevují na několika typech sushi, salátech a sladkostech nebo se samostatně opékají k dochucení sladkosti gomashio (směs černých sezamových semínek a soli). V Čínské kuchyni se objevují v jídlech dim sum (dušené knedlíčky) a ve vietnamské kuchyni bánh rán (smažené kuličky obalené v sezamových semínkách). V Koreji se podávají semínka k dochucení masa a zeleniny. V Indii se hojně využívají tmavá sezamová semínka v tradičních pochoutkách např. til pitha (rýžové placky plněné sezamovou směsí) a tilor laru (sladký dezert z černých sezamových semínek tvarovaný do kuliček). Dalším územím, kde se konzumují sezamová semínka jsou Spojené státy americké (USA), kam se sezam dostal během 17. století africkými otroky. V Severní Karolině jsou oblíbená na vaflích a koláčcích (Salvia paradise 2023).

Sezamový olej

Přibližně 65 % roční produkce sezamu ve světě se zpracovává na sezamový olej, který se získává z pražených nebo syrových sezamových semen. V Číně a Japonsku se používá jako olej na vaření a jako zvýrazňovač chuti v cukrářských a pekařských výrobcích. Čínský lisovaný olej má tmavohnědou barvu, která vzniká z pražení sezamových semínek. Při pražení prostřednictvím Maillardovy reakce dochází ke karamelizaci cukrů a oxidaci lipidů. Semena pražená hluboko (180 °C) mají bohatší chuť než semena pražená lehce (150 °C). Sezamový olej, který je lisovaný za studena, je téměř bezbarvý a je méně aromatický než olej z pražených semínek. Sezamový olej obsahuje velké množství nenasycených mastných kyselin (80 %), lignany, fytosteroly a tokoferoly, pyraziny, pyroly, alifatické aldehydy, alkoholy, ketony.

Pyraziny jsou hlavní sloučeniny, které dávají praženou chuť (Agyemang a kol. 2011; Yin a kol. 2020).

Sezamová pasta

Sezamová pasta je koloidní suspenze s hydrofilními pevnými látkami. Sezamové pasty se vyrábí z mletého praženého semena sezamu. Nejvíce se používá ve východní Asii. Využívá se jako pomazánka na maso, chléb nebo jako přísada do potravin (Hou a kol. 2018; Salvia paradise 2023).

Sezamové máslo

Sezamové máslo se ve větším množství konzumuje v asijských zemích a zemích Blízkého východu a jeho využití je také pro výrobu oleje. Organoleptické vlastnosti másla výrazněji ovlivňují procesy mletí a pražení sezamových semen (Zhang a kol. 2019).

3.4 Role ve výživě člověka

3.4.1 Mák

3.4.1.1 Výživové hodnoty

Semena máku mají poměrně vysoký obsah tuku (42 - 57 %), na který má vliv například lokalita pěstování či odrůda. S vyšším obsahem tuku se setkáme u bělosemenných a okrovosemenných odrůd. Makový olej se vyznačuje vysokým zastoupením monoenoových a polyenoových mastných kyselin, v jejichž důsledku je náchylný k oxidaci. Ta může vést ke zhoršení sensorických vlastností (hořká chuť a žluklá vůně). Z výživového hlediska je však u máku významný zejména značný obsah vlákniny s obsahem kolem 23 %. Z vitaminů jsou v makovém oleji zastoupeny vitamin E (tokoferol), v malé míře se nachází vitamin C a některé vitamíny skupiny B (B₁, B₂, B₃, B₅, B₆). Mák je také bohatý na vápník, draslík, fosfor a hořčík. Vstřebatelnost vápníku z rostlinných zdrojů je asi 5 % (Sabolová 2020).

3.4.1.2 Mák v kuchyni

Mák je součástí jídelníčku zejména ve střední a východní Evropě. Nejvíce se využívá pro výrobu makových pokrmů, náplní do koláčů, posypů sladkého či slaného pečiva. Mezi neznámější moučnický patří makový závin, který se konzumuje téměř ve všech slovanských zemích a Turecku, kde je oblíbená kombinace máku s cukrem, máslem nebo olejem. V České republice jsou oblíbené frgály s různými náplněmi včetně makové, ale nejvíce dominujícím produktem jsou makové buchty. V Polsku se mák využívá k přípravě pudingů a v Rusku a na Ukrajině je hojně využíván jako posyp na čajové pečivo „sushki“. Na Slovensku se peče tradiční kynutý koláč zvaný štedrák, rý obsahuje nejen makovou, ale i povidlovou, tvarohovou a ořechovou náplň. Velmi zajímavé je použití praženého máku v Indii, kde se připravuje směs z máku a kari, která se slouží k dochucování a zahušťování pokrmů. Další produkty, které se vyrábí z máku je pasta, která je pro svoji chuť velmi podobná arašídovému máslu (Norman 2006; Staňková-Kröhnová 2006; Evered 2011; Makový občasník 2019; Sabolová 2020).

3.5 Analytické metody

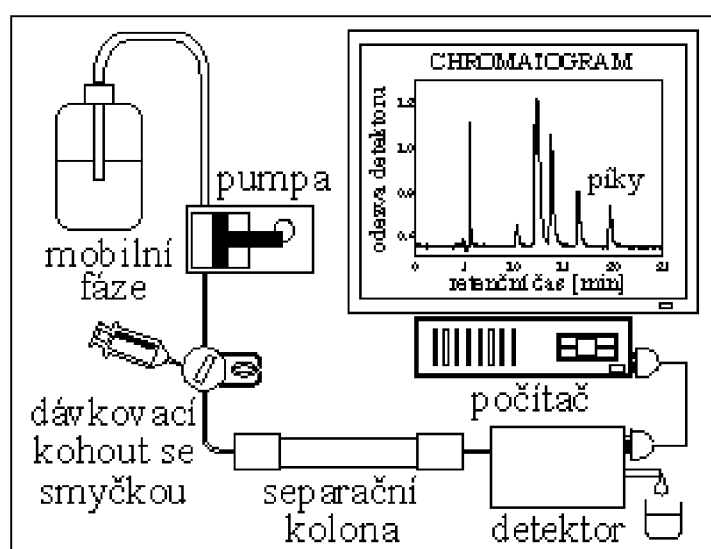
3.5.1 Chromatografické metody

Chromatografickými metodami a jejich rozdělením se zabývají publikace Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí od docenta Jaroslava Prugara a Moderní analytické metody od inženýra Pavla Klouda z roku 2003.

Chromatografie je dělicí analytická metoda, která poskytuje kvantitativní a kvalitativní informace o sledovaném vzorku. Je hojně využívána pro analýzu potravin a rostlinných produktů. Využívá rozdělování látek mezi mobilní a stacionární fáze. Chromatografie se rozlišuje na plynovou (GC), superkritickou fluidní (SFC) a kapalinovou (LC). Kapalinová chromatografie se dělí na klonovou (HPLC), plošnou papírovou (PC) a plošnou tenkovrstvou (TLC). Každý chromatografický systém má začátek (nástřík, nanesení), dále následuje chromatografická kolona (stacionární fáze). Na ní dochází k dělení za působení mobilní fáze, která unáší analyt na konec, kde je detektor nebo zařízení k vyhodnocení výsledků (může být i lidské oko). Hodnotí se čas a vzdálenost, kterou sloučenina urazila. Výsledky musí být řádně zaznamenány a výstupem je zpravidla sestavení chromatografu, kde osa x představuje čas a osa y představuje intenzitu odezvy signálu (Coufal 1996; Prugar a kol. 2008).

3.5.1.1 Vysokoučinná kapalinová chromatografie (HPLC)

Kapalinová chromatografie je založena na rozdělování látek, které jsou unášeny mobilní fází (kapalinou) kolonou naplněnou stacionární fází (sorbentem) na základě rozdílné afinity obou fází. Schéma kapalinového chromatografu je na obrázku 5. Metoda se nejvíce využívá pro stanovení méně těkavých, netěkavých a polárních látek. Pro stanovení potravin a rostlinných produktů lze využít HPLC pro stanovení obsahu aflatoxinů, patulinu, aminokyselin, cukrů, oligosacharidů, organických kyselin, vitaminů, kofeinu, polycyklických aromatických uhlovodíků (Prugar a kol. 2008).



Obr. 5: Kapalinový chromatograf (Prugar a kol. 2008).

3.5.1.2 Adsorpční a rozdělovací kapalinová chromatografie (LSC)

LSC využívá mezimolekulové přitažlivé síly mezi stacionární fází a analytem. Jako běžný adsorbent se používá zrnitý materiál na bázi síkylagelu, který musí mít dostatečně velký povrch. Také je možné využívat jiné materiály jako např. aktivní uhlí, celulózu a její deriváty, uhličitán vápenatý a síran vápenatý. U rozdělovací kapalinové chromatografie se analyt rozděluje mezi dvě nemísitelné kapalné fáze. Mobilní fáze unáší analyt a stacionární fáze (kapalina) je připevněna na pevném nosiči (Klouda 2003).

3.5.1.3 Iontově-výměnná a gelová permeační chromatografie

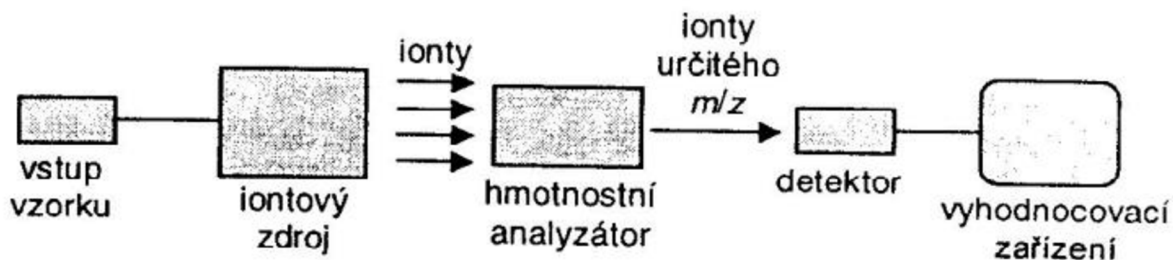
Pro iontově-výměnnou chromatografii představuje stacionární fázi měnič iontů, kterým je makromolekulární matrice (celulóza, polyester) s kyselou nebo zásaditou povahou. Také se můžeme setkat s iontoměníči (ionexy), které se dělí na anexy a katexy. Anexy slouží k výměně aniontů a jejich funkční skupiny jsou tedy zásadité (aminoskupiny), narozdíl od katexů, které slouží k výměně kationtů a jejich funkční skupina je kyselá (karboxylové skupiny).

V gelové permeační chromatografii dochází k separaci molekul na základě jejich velikosti a dochází k rozdělení látek mezi pohyblivou část mobilní fáze a mezi nepohyblivou část mobilní fáze. Gel se volí podle vlastností látky. Hydrofilní gely se používají pro látky rozpustné ve vodě (Klouda 2003).

3.5.1.4 Detektory v kapalinové chromatografii

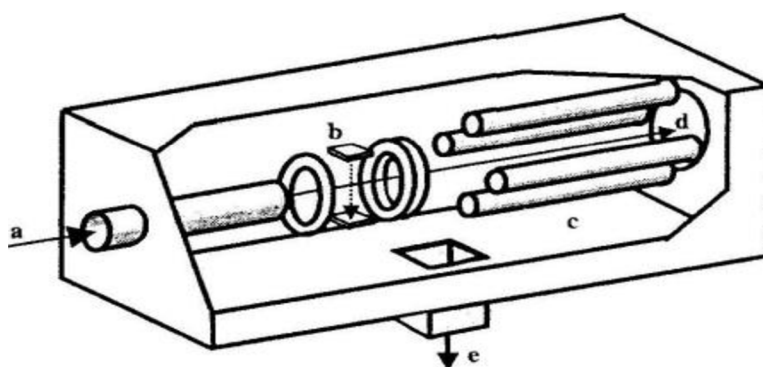
Detektory pro kapalinovou chromatografii jsou selektivní pro analyt a málo citlivé pro mobilní fázi. Nejpoužívanější detektory jsou fotometrické, refraktometrické a fluorescenční. Fotometrické jsou nejběžnější detektory. Pro požadovanou citlivost musí být zajištěna absorpční dráha průtočné květy, kterou prochází paprsek. Refraktometrické detektory měří rozdíl mezi čistou mobilní fází a indexem lomu eluátu. Při měření je důležité dodržovat konstantní teplotu. Fluorescenční detektor je založený na schopnosti látek absorbovat ultrafialové záření (Klouda 2003).

Dalším velmi používaným detektorem je hmotnostní spektrometr, který obsahuje vstup vzorku, iontový zdroj, hmotnostní analyzátor a detektor, jak znázorňuje obrázek 6. Při klasické konstrukci hmotnostního spektrometru je vzorek přiváděn v podobě páry do iontového zdroje, kde je bombardován elektronovým svazkem. Vzniklé kationty přecházejí do akcelerační komory, kde jsou urychleny napětím 3 - 10 kV a vstupují do magnetického pole. Magnetické pole vykazující silové účinky způsobuje pohyb iontů po kruhové dráze za působení odstředivé a dostředivé síly, které jsou v rovnováze. Detektor musí být umístěn tak, že na něj dopadají ionty určitého poloměru. V moderních přístrojích je jako analyzátor hmotnosti za iontovým zdrojem používán kvadrupól nebo kvadrupólová iontová past (Klouda 2003).



Obr. 6: Hmotnostní spektrometr (Klouda 2003).

Kvadrupólový analyzátor (viz Obrázek 7) se skládá ze čtyř rovnoběžných tyčových elektrod a na každé tyči je přiváděna stejnosměrná složka napětí a složka radiofrekvenčního pole. Nastavení hodnot veličin je důležité pro trajektorii drah, po kterých se budou pohybovat ionty mezi tyčemi. Zařízení umožňuje snadnou automatizaci, není příliš složité a ani drahé (Klouda 2003).



Obr. 7: Hmotnostní spektrometr s kvadrupólem (a-vstup vzorku, b-iontový zdroj, c-kvadrupól, d-detektor, e-vakuum) (Klouda 2003).

Kvadrupólová iontová past je založená na podobném principu jako kvadrupól, ale má jen tři elektrody. Jedna elektroda je kruhová a dvě jsou vyklenuté do prostoru kruhu, ve kterém se hromadí oblak iontů. Zde jsou zachovány v řádech milisekund i déle. Plyn, který se používá je nejčastěji hélium o nízkém tlaku, protože třením je schopno brzdit pohyb iontů a pomůže je shromažďovat do oblaku v iontové pasti. Detektor je malý, citlivý a automatizovaný, ale bohužel má malé rozlišení a jeho dynamický rozsah je omezený (Klouda 2003).

Hmotnostní spektrometr TOF-MS je jeden z nejjednodušších a nejrychlejších hmotnostních spektrometrů. Celý vzorek je akcelerovaný současně a všem iontům se dodává stejná energie. Ionty postupují evakuovanou trubicí, která je 1-2 metry dlouhá a na konci je detektor, na který ionty dopadají postupně od nejlehčích po nejtěžší. Přístroj je velmi citlivý, má velký rozsah, ale není příliš univerzální. Používá se běžně v analyzátoch sekvencí deoxyribonukleové kyseliny (DNA), identifikaci proteinů a určování molárních hmotností (Klouda 2003).

3.5.1.5 Plynová chromatografie (GC)

Plynová chromatografie je založena na rozdělování látek v plynném stavu, které jsou unášeny inertním plynem (dusík, helium) kolonou se zakotvenou stacionární fází. Nejvíce se metoda využívá pro stanovení těkavých, středně polárních a nepolárních těkavých látek. Pro GC se používá výhradně křemenná kapilární kolona o délce 10-100 metrů (Prugar a kol. 2008).

3.5.1.6 Kolony v plynové chromatografii

Kolona je součástí chromatografu, ve které je umístěna stacionární fáze a dochází v ní k separaci složek. V plynové chromatografii se setkáváme s náplňovou a kapilární kolonou. Náplňová kolona má tvar trubice a je naplněná nosiči nebo sorbenty (silikagel, alumina), které jsou pokryté kapalnou fází. V současné době se upřednostňují kapilární kolony. Kapilární kolona využívá jako nosič stacionární fáze vnitřní stěny. Materiál, ze kterého jsou vyrobeny, je obvykle ocel nebo sklo, ale kapilární kolona se vyrábí z taveného křemene. Nejdůležitější je při výběru vhodné kolony volba stacionární fáze (Klouda 2003).

3.5.1.7 Detektory v plynové chromatografii

Detektory v plynové chromatografii byly popsány v publikaci Moderní analytické metody od Ing. Pavla Kloudy z roku 2003.

Detektor sleduje vlastnost plynu z kolony, která je závislá na koncentraci a druhu složek. Detektory se dělí na tepelně-vodivostní (TCD) a ionizační. Tepelně-vodivostní detektor je typ univerzálního detektoru. Přítomnost nosného plynu mění tepelnou vodivost prostředí kolem vlákna, které je žhavé díky proudění elektrického proudu, a tím mění i jeho elektrický odpor a teplotu. Pro použití detektoru je důležité zvolit správný nosný plyn. Těchto detektorů se nejvíce využívá při analýzách anorganických plynů a nízkomolekulárních organických látek. Ionizační detektory jsou založeny na vedení elektřiny v plynech. Základ aparatury tvoří izolovaná nádoba, kterou proudí plyn přes dvě elektrody, mezi kterými je elektrické pole.

Plamenový ionizační detektor (FID)

V kyslíkovodíkovém plameni se molekuly plynu ionizují a vedou ionizační proud mezi elektrodami. Nosný plyn se mísí před vstupem do hořáku s vodíkem a vzduch se přivádí z vnějšku. Detektor je velmi citlivý a jeho detekční limity jsou v pikogramech analytu. Detektor dokáže detekovat téměř vše, kromě anorganických par a plynů. Organické látky jsou teplem štěpeny na radikály.

3.6 Senzorická analýza

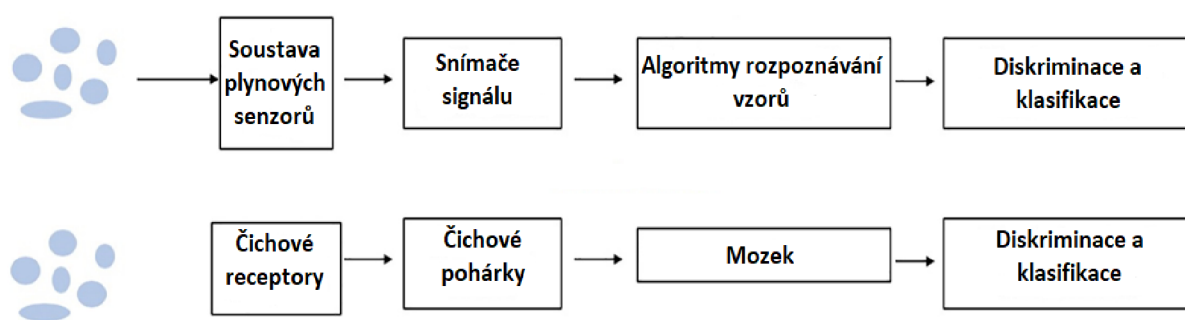
Senzorická analýza (smyslová a organoleptická), která se značně rozšířila ve 2. polovině 20. století, se zabývá hodnocením potravin na základě lidských smyslů včetně zpracování výsledků centrálním nervovým systémem. Metody pro senzorickou analýzu se rozvíjely, zdokonalovaly a byly standardizovány pro mezinárodní měřítko. Jedná se o optimalizaci a sledování produktů, jejich kvality a jestli budou přijatelné pro zákazníky. Smyslová analýza se hojně využívá při vývoji nových produktů, ke zlepšování technologických postupů, pro stanovení minimální doby trvanlivosti a celkový monitoring změn během skladování produktů (Saláková & Ježek 2012; Yu a kol. 2018).

3.6.1 Čich

Čich je velmi starý smysl a je pro mnohé živočichy velmi důležitý pro život. Příjemné vjemy se označují jako vůně, aroma, a nepříjemné vjemy jsou nazývané zápach. Vůně je definována jako vlastnost látky, která je vnímaná po vdechnutí do nosní nebo ústní dutiny (Saláková & Ježek 2012).

3.6.1.1 Elektronický nos

Elektronické nosy (e-nosy) se díky soustavě chemických plynových senzorů hojně využívají pro analýzu více těkavých organických látek najednou. Na obrázku 8 je znázorněno schéma vnímání lidského a elektronického nosu. Každý senzor je schopný detekovat konkrétní typ aroma a dokáže převádět chemické informace na analytické signály. Čichový systém je schopný detekovat vůně bez získání chemických látek, které jsou uvolňovány předměty. Tyto látky se mohou nacházet ve složitých nebo jednoduchých strukturách. Automatického rozpoznávání nelze dosáhnout bez shromážděného souboru dat digitálních podpisů specifických vůní (Winquist a kol. 1999; Karakaya a kol.2020).



Obr. 8: Vnímání lidského nosu a elektronického nosu (Tan a Xu 2020).

3.6.2 Chut'

Chuť je odraz jednotlivých vlastností předmětů a jevů, které na nás působí. Jsou vnímané chuťovým orgánem, který je drážděný určitými rozpustnými látkami. Umístění chuťových receptorů je v dutině ústní. Orgánem chuti jsou chuťové pohárky, což jsou specializované receptory umístěné v epitelu sliznice. Na vrcholu chuťového pohárku se nachází povrchová jamka (*Porus gustatorius*) a pod ní je vkleslina do pohárku, která je naplněná hlenovitou látkou jež zprostředkovává kontakt chuťové buňky s vnímanou látkou. Chuťových pohárků je přibližně 2 000 a se stářím jich ubývá (Saláková & Ježek 2012).

3.6.2.1 Vnímání chuti

Sladká chuť je nejvíce vnímaná na špičce jazyka a vyvolávají ji glukóza, sacharóza a další látky. Slaná chuť je nejvíce vnímaná v přední části jazyka na stranách a vyvolávají ji anorganické ionty. Chloridové ionty jsou aktivátory. Slanou chuť má jen chlorid sodný. Kyselé receptory jsou umístěné na stranách v zadní části jazyka. Receptory hořké chuti jsou umístěny na kořeni jazyka. Za hořkou chuť mohou alkaloidy (chinin, atropin), glykosidy a některé hydrofobní kyseliny (Saláková & Ježek 2012).

3.6.3 Senzorické hodnocení máku a makových výrobků

3.6.3.1 Vzhled, chuť a vůně modrého máku

Senzorické požadavky pro modrý mletý mák jsou popsány v cechovní normě 2019-10-23-0455 (Potravinářská komora ČR 2019 (b)).

Barva mletého modrého máku je modrá až tmavě modrá. Chuť je typická pro mletý modrý a je sladká. Vůně je výrazná a typická pro modrý mák. Nesmí obsahovat cizí pachy, známky kyselosti nebo hořkosti a její konzistence je sypká, bez hrudek.

3.6.3.2 Maková semena

Podle studií byl zjištěn rozdíl mezi chutí máku modrosemenného a bělosemenného. Modrosemenné odrůdy se vyznačují mnohem výraznější makovou chutí a vůní než odrůdy s bílými semeny, které připomínají spíše vlašské ořechy. Semena obsahují vysoký podíl omega-3 a omega-6 mastných kyselin, které jsou náchylné k autooxidaci, což má za následek nepříjemnou vůni a hořkou chuť (Makový občasník 2019).

4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši na mák a sezam, jejich význam a využití v potravinářství. Dle prostudovaných zdrojů byly obě plodiny shledány jako významný zdroj rostlinných olejů s majoritní složkou linolové kyseliny. Právě pro vysoký obsah této kyseliny a také vápníku bylo užívání semen máku a sezamu vyhodnoceno jako přínosné pro zdraví lidského organismu. Dále se práce zabývala využíváním zmíněných plodin v různých národních kuchyních.

Pro detekci chuťových látek přítomných v máku a sezamu byly shledány jako nejvýznamnější chromatografické metody. Jednalo se především o HPLC a kapalinovou chromatografii. U sezamu byly stanoveny látky ethylpyrazin, 2,6-dimethylpyrazin a methylpyrazin a další. U máku byly stanoveny látky 2-methylpyrazin, 2-pentylfuran a penta-2-on, které se vyskytovaly v oleji z modré odrůdy.

V práci je také věnována pozornost senzoričkému hodnocení potravin obsahujících mák a sezam. Požadovanou chuť a kvalitu makových semen splňuje Český modrý mák. Jeho parametry kvality stanovuje evropská norma. O sezamu bylo publikováno málo informací.

Z hlediska nárůstu oblíbenosti a spotřeby semen těchto plodin by bylo vhodné se touto problematikou dále zabývat.

5 Literatura

ABCERT. 2012. Aromata a jejich použití v ekologických potravinách. Available from http://www.abcert.cz/data/files/dokument_32.pdf (accessed December 2022).

AGYEMANG D, BARDSLEY K, BROWN S, KRAUT K, PSOTA-KELTY L, TRINNAMAN L. 2011. Identification of 2-ethyl-4-methyl-3-thiazoline and 2-isopropyl-4-methyl-3-thiazoline for the first time in nature by the comprehensive analysis of sesame seed oil. *Journal of Food Science* **76**.

BARANYK, P. a kol. 2010. Olejniny. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-38-0.

BECHYNĚ, M., NOVÁK, J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. VŠZ, Praha, 94 s.

BERNATH, J., NEMETH, E.. Poppy. In: VOLLMANN, RAJCAN, J., RAJCAN, I. 2009. Oil Crops: Handbook of Plant Breeding. 4. New York: Springer, s. 449-468. ISBN 978-0-387-77593-7.

BHATTACHARJEE, M., IQBAL, A., SINGHA, S., NATH, D., PRAKASH, S., & DASGUPTA, T. 2019. Genetic diversity in *Sesamum indicum* L. *Bangladesh Journal of Botany*. PLoS 48(3): 497-506. DOI: <https://doi.org/10.3329/bjb.v48i3.47784>.

BOZAN, B., TEMELLI, F. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*. Elsevier 99(14): 6354-6359.

CHARLES M., POINOT, P., TEXIER, F., ARVISENET, G., VIGNEAU, E., MEHINAGIC, E., PROST, C. 2013. The “Mouth to Nose Merging System”: A novel approach to study the impact of odour on other sensory perceptions. *Food Quality and Preference* **28**: 264–270. Elsevier Ltd. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.10.003>.

CHÝLKOVÁ, M. Český modrý mák má svoji normu. *Farmář*. 2019, **25**(7), 30-31. ISSN 1210-9789.

COUFAL, P. 1996. Separční metody HPLC. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra analytické chemie. Available from <https://web.natur.cuni.cz/~pcoufal/hplc.html> (accessed January 2023).

Český modrý mák, z.s (a). Mák v názvech a jídlech. Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/mak-v-nazvech-a-jidlech> (accessed January 2023).

Český modrý mák, z.s (b). Český modrý mák. Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/cesky-modry-mak> (accessed January 2023).

Český modrý mák, z.s (c). Chráněné zeměpisné označení. Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/chzo2021> (accessed January 2023).

Český modrý mák, z.s (d). Typy máku. Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/druhy-maku> (accessed January 2023).

GEC, J. 2021. Souhrn makových aktualit. *Pekař Cukrář*. 2021, **31**(10), 18-19. ISSN 1213-2403.

HONSOVÁ, H. 2021. Při pěstování máku nic nepodcenit. *Úroda*. 2021, **69**(4), 65-67. ISSN 0139-6013.

DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. 1983. *Chemie potravin*. 1.vyd. Praha: SNTL, 632s.

EFSA. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2018. Update of the Scientific Opinion on opium alkaloids in poppy seeds. *EFSA Journal* 16(5). DOI: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2018.5243>.

EVERED, K.T. 2011. The Opium Poppy in Turkey: Alternative Perspectives on a Controversial Crop. *Focus on Geography*. 54(1), 1-10.

FEREIDOON, S., DE CAMARGO, A. 2016. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits. *International journal of molecular sciences*. 17(10), 1745.

HEGDE, D.M. 2012. Sesame. *Handbook of Herbs and Spices: Second Edition 2.*: 449–486.

HOU L.X., LI C.C., WANG X.D. 2018. Physicochemical, Rheological and Sensory Properties of Different Brands of Sesame Pastes. *J Oleo Sci*. 2018 Oct 11;67(10):1291-1298. DOI: 10.5650/jos.ess18109.

ISHTIAQUE, S., KHAN N., MUHAMMAD, A., RAHMANULLAH, S., SHAHINA, N. 2021. Antioxidant Potential of the Extracts, Fractions and Oils Derived from Oilseeds. *Antioxidants* 2(4), 246-256, ISSN 2076-3921.

JAHODÁŘ, L. 2011. *Farmakobotanika: semenné rostliny*. Vyd. 3., upr. a dopl. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2015-2.

KARAKAYA, D., ULUCAN, O., TURKAN, M. 2020. Electronic Nose and Its Applications: A Survey. *International Journal of Automation and Computing* 17:179–209.

KOLAŘÍK, P., KOLAŘÍKOVÁ, K. 2019. Nejvýznamnější hmyzí škůdci máku setého a ochrana proti nim. *Úroda*. 2019, **67**(5), 28-34. ISSN 0139-6013.

KUBÁNEK, V. 2011. *Konopí a mák: (pěstování, výroby, legislativa)*. Tribun EU. ISBN 978-80-7399-895-0.

- KLOUDA, P. 2003. Moderní analytické metody. 2. vydání. Ostrava: Pavel Klouda. ISBN 80-86369-07-2.
- Makový občasník: Mák v roce 2019. 2019. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2930-0.
- Makový občasník: Mák v roce 2022. 2022. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-3163-1.
- MUHAMMAD, A., AKHTAR, A.S., ASLAM, R.S., KHAN, N., KHALID, AHMED, Z. 2021. Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. *FFHD: Functional Foods in Health and Disease.*, 522-554. DOI:10.31989/ffhd.v11i10.836.
- MUŠKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., MUŠKA, A., MUŠKOVÁ, A. 2021. Historie pěstování máku setého. *Farmář.* 2021, 27(1), 11-13. ISSN 1210-9789.
- NORMAN, J. 2006. Bylinky a koření v kuchyni. Praha: Ottovo nakladatelství. ISBN 80-7360-325-X.
- NOVÁK, J., NOVÁKOVÁ, H. 2018. Mák jako potravina a droga: makový receptář. Turnov: AVENTINUM, 2018. ISBN 978-80-7442-101-3.
- NOVÁKOVÁ, J. 2021. Makový olej vás nadchne vůní, sladkou chutí a širokým použitím v kuchyni. *Český rozhlas.* Available from <https://regiony.rozhlas.cz/makovy-olej-vas-nadchne-vuni-sladkou-chuti-a-siropou-pouzitim-v-kuchyni-7420411> (accessed february 2023).
- OTAEGUI-ARRAZOLA, A., MENÉNDEZ-CARREÑO, M., ANSORENA, D., ASTIASARÁN, I. 2010. Oxysterols: A world to explore. *Food and chemical toxicology.* 48(12), 3289-3030.
- POTRAVINÁŘSKÁ KOMORA ČR. 2019. (a) Modrý mák. Available from <https://www.cehovninormy.cz/index.php/cehovni-normy/270-modry-mak> (accessed february 2023).
- POTRAVINÁŘSKÁ KOMORA ČR. 2019. (b) Modrý mák mletý. Available from <https://www.cehovninormy.cz/index.php/cehovni-normy/270-modry-mak-mlety> (accessed february 2023).
- PRUGAR, J. a kol. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský; Česká akademie zemědělských věd.
- ROSSO, A.M. 2010. Poppy and opium in ancient times: remedy or narcotic? *Biomedicine International.* 2010(1), 81-87.

SABOLOVÁ, M. 2020. Role máku ve výživě člověka. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/wpcontent/uploads/2020/02/mak1.pdf> (accessed january 2023).

SALÁKOVÁ, A., JEŽEK, F. 2012. Senzorická analýza potravin.

SALVIA PARADISE. Sezam indický - *sasamum indicum*. Available from https://www.salviaparadise.cz/herbar-rostlin-sezam-indicky-sasamum-indicum-c-736_1074.html (accessed march 2023).

STAŇKOVÁ-KRÖHNOVÁ, M. 2009. Bylinky pro děti a maminky: praktické použití léčivých rostlin pro rodiny s dětmi od jara do zimy. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2312-9.

ŠETINOVÁ, I. 2020. Potravinová alergie a intolerance. *Vnitřní lékařství*. 66(6), 340-344.

TAN, J., Xu J. 2020. Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture* 4:104–115. Elsevier B.V. Available from <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.06.003>.

VALÍČEK, P. 2014. Léčivé rostliny Číny a Vietnamu 3. díl. Benešov: Start. ISBN 978-80-86231-61-7.

VAŠÁK, J. 2010. Mák. 1. Praha: Powerprint, ISBN 978-80-904011-8-1.

VELÍŠEK, J. 1999. *Chemie potravin* 1. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 352s. ISBN 80- 902391-3-7.

Vše o máku. Využití máku. Available from <https://o-maku.estranky.cz/clanky/vyuziti-maku.html> (accessed january 2023).

WEI, P., ZHAO, F., WANG, Z., WANG, Q., CHAI, X., HOU, G., MENG, Q. 2022, October 1. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development of Food, and Industrial Applications. MDPI.

WINQUIST, F., LUNDSTRÖM, I., WIDE, P. 1999. Combination of an electronic tongue and an electronic nose. *Sensors and Actuators, B: Chemical* 58:512–517.

YIN, W., XUE-TING, M., SHI-JIA, L., XUE-DE, W., HUA-MIN, L., RUI, S. 2021. Comparison of key aroma-active compounds between roasted and cold-pressed sesame oils (150). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110794>.

YIN, W., WASHINGTON, M., MA, X., YANG, X., LU, A., SHI, R., ZHAO, R., WANG, X. 2020. Consumer acceptability and sensory profiling of sesame oils obtained from different processes. *Grain & Oil Science and Technology* 3:39–48. Elsevier B.V. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2020.04.001>.

YU P, LOW MY, ZHOU W. 2018. Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review. *Trends in Food Science and Technology* **71**:202–215. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.013>.

ZAJÍC, J., BAREŠ, M. 1988. *Chemie a technologie tuků*. 1.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 244s.

ZHANG W, XU T, YANG R. 2019. Effect of Roasting and Grinding on the Processing Characteristics and Organoleptic Properties of Sesame Butter. *European Journal of Lipid Science and Technology* **121**.

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

ČSÚ - Český statistický úřad

CHZO - chráněné zeměpisné označení původu

TAG - triacylglycerol

PUFA - polynenasycené mastné kyseliny

AMK - aminokyseliny

PA - potravinová alergie

MK - mastné kyseliny

USA - Spojené státy americké

GC - plynová chromatografie

SFC - superkritická fluidní chromatografie

LC - kapalinová chromatografie

HPLC - kapalinová chromatografie

PC - plošná kapalinová chromatografie

TLC - plošná tenkovrstvá kapalinová chromatografie

TCD - tepelně-vodivostní detektory

DNA - deoxyribonukleová kyselina

7 Seznam obrázků a seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Logo Chráněného zeměpisného označení | 13 |
| Obr. 2: Larvy bejlomorky makové | 14 |
| Obr. 3: Český modrý mák – Aplaus | 20 |
| Obr. 4: Struktura antioxidantů v sezamovém oleji: | 25 |
| Obr. 5: Kapalinový chromatograf | 31 |
| Obr. 6: Hmotnostní spektrometr | 33 |
| Obr. 7: Hmotnostní spektrometr s kvadrupólem | 33 |
| Obr. 8: Vnímání lidského nosu a elektronického nosu | 35 |
| | |
| Tab. 1: Obsah mikroživin v olejnatých semenech a vybraných druzích ořechů | 22 |
| Tab. 2: Srovnání obsahu živin v olejnatých semenech a vybraných druzích ořechů | 23 |
| Tab. 3: Lexikon aromatických látek pro sezamový olej | 26 |