

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Kvalitativní parametry potravinářského a technického  
máku**

**Bakalářská práce**

**Helena Kmječová**

**Kvalita a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.**

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Kvalitativní parametry potravinářského a technického máku“ 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 vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Matyáši Orsákovi Ph.D. za metodické vedení a odbornou podporu, bez níž by tato práce nevznikla.

# Kvalitativní parametry potravinářského a technického máku

## Souhrn

Tato práce je zaměřená na kvalitativní parametry máku setého a na jejich stanovení. Mák setý (*Papaver somniferum L.*) je jednoletá rostlina z čeledi makovitých (*Papaveraceae*). Pěstuje se na potravinářské účely, olej a farmaceutické účely. Odrůdy pro potravinářský průmysl jsou vyšlechtěny tak, aby ve své makovině byl co nejmenší obsah alkaloidů. Průmyslové odrůdy jsou vyšlechtěny pro vyšší obsah alkaloidů.

Složení semen máku setého je variabilní podle odrůdy, agrotechnických postupů a meteorologických podmínek při pěstování. Obsahuje 40–55 % polovysychavého oleje, dále 18 - 26 % bílkovin, 16 - 24 % sacharidů, 5 - 8 % vlákniny, 0,20 - 0,25 % lecitinu a asi 6 % minerálních látek. Z minerálních látek je v máku nejvíce zastoupen vápník. Díky svému vysokému obsahu oleje je významným zdrojem kyseliny linolové a olejové. Dalšími významnými látkami jsou tokoferoly, nenasycené heterocykly, aromatické sloučeniny, nitrosloučeniny, alifatické sloučeniny.

Opiové máky jsou určeny pro získávání morfinových alkaloidů. V rostlině jsou mléčnici, které obsahují latex. Když se naruší pletiva, vytéká z nich směs látek, kterou nazýváme opium. V opiu je směs alkaloidů a kyseliny mekové. Alkaloidy v rostlině vznikají druhý až třetí den po vyklíčení. Nejvíce zastoupenými alkaloidy v máku jsou morfin, kodein, tebain, noskapin a papaverin.

V máku se stanovuje vlhkost, popeloviny a olejnatost. Olejnatost se stanovuje pomocí extrakce podle Soxhleta. Dále se provádějí stanovení, které jsou specifická pro mák setý. Pro stanovení kvality oleje v makovém semeni se používají tuková čísla. Pro stanovení obsahu kadmia v máku se využívá atomová absorpční spektrofotometrie. Alkaloidy v máku setém se nejefektivněji stanovují pomocí vysokoúčinné kapalinové a plynové chromatografie.

**Klíčová slova:** chemie; kvalita; papaver somniferum; potraviny; složení

# Qualitative parameters of food and technical poppy

## Summary

This work focuses on the qualitative parameters of poppy and their determination. Poppy (*Papaver somniferum* L.) is an annual plant of the poppy family (Papaveraceae). It is cultivated for food, oil and pharmaceutical purposes. Varieties for the food industry are bred to have the lowest possible alkaloid content in their poppy seeds. Industrial varieties are bred for higher alkaloid content.

The composition of poppy seeds varies according to the variety, agronomic practices and meteorological conditions during cultivation. It contains 40-55 % semi-arid oil, 18-26 % protein, 16-24 % carbohydrate, 5-8 % fibre, 0,20-0,25 % lecithin and about 6 % minerals. Of the minerals, calcium is the most abundant in poppy seeds. Its high oil content makes it an important source of linoleic and oleic acid. Other important substances are tocopherols, unsaturated heterocycles, aromatic compounds, nitro compounds, aliphatic compounds.

Opium poppies are used to obtain morphine alkaloids. There are milkweeds in the plant which contain latex. When the webs are disturbed, a mixture of substances called opium flows out. In opium, there is a mixture of alkaloids and mecolic acid. The alkaloids in the plant are produced on the second or third day after germination. The most abundant alkaloids in poppy are morphine, codeine, thebaine, noscapine and papaverine.

Moisture, ash content and oil content are determined in poppy. Oiliness is determined by Soxhlet extraction. Determinations specific to poppy seeds are also carried out. Fat numbers are used to determine the quality of the oil in poppy seed. Atomic absorption spectrophotometry is used to determine the cadmium content of poppy seeds. Alkaloids in poppy seeds are most efficiently determined by high-performance liquid and gas chromatography.

**Keywords:** chemistry; quality; *papaver somniferum*; food; composition

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Mák setý (<i>Papaver somniferum L.</i>)</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Historie pěstování a využití máku setého</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Pěstování máku setého v České republice</b> .....	<b>11</b>
<b>3.4</b>	<b>Typy máku</b> .....	<b>11</b>
3.4.1	Podle taxonomie .....	11
3.4.2	Podle barvy semen.....	12
3.4.2.1	Modrosemenné.....	12
3.4.2.2	Šedosemenné .....	12
3.4.2.3	Bělosemenné .....	12
3.4.3	Podle požitelnosti .....	13
3.4.3.1	Potravinářský mák .....	13
3.4.3.2	Průmyslový mák .....	13
3.4.3.3	Opiový mák.....	13
3.4.4	Podle odrůd.....	13
3.4.4.1	Gerlach.....	13
3.4.4.2	Opal.....	13
3.4.4.3	Lazur .....	14
3.4.4.4	Sokol .....	14
3.4.4.5	Racek .....	14
3.4.4.6	Redy .....	14
<b>3.5</b>	<b>Biologie máku</b> .....	<b>15</b>
3.5.1	Morfologie máku.....	15
3.5.1.1	Semeno máku.....	15
3.5.1.2	Kořenová soustava .....	15
3.5.1.3	Lodyha máku .....	16
3.5.1.4	Listy .....	16
3.5.1.5	Květ máku.....	17

3.5.1.6	Tobolka máku .....	17
3.5.2	Pěstování máku setého .....	17
3.5.3	Růstové fáze máku .....	18
3.5.3.1	Klíčení.....	18
3.5.3.2	Vývoj listů.....	18
3.5.3.3	Prodlužování stonku.....	18
3.5.3.4	Objevení květenství .....	18
3.5.3.5	Kvetení.....	18
3.5.3.6	Vývoj plodů (tobolek).....	18
3.5.3.7	Stárnutí.....	19
<b>3.6</b>	<b>Legislativa spojená s mákem .....</b>	<b>19</b>
3.6.1	Vyhláška č. 329/1997 .....	19
3.6.2	Zákon č. 167/1998 Sb.....	21
<b>3.7</b>	<b>Česká cechovní norma.....</b>	<b>21</b>
<b>3.8</b>	<b>Složení semene máku setého .....</b>	<b>22</b>
3.8.1	Lipidy .....	22
3.8.2	Sacharidy .....	23
3.8.3	Bílkoviny a aminokyseliny.....	23
3.8.4	Makroprvky .....	23
3.8.4.1	Vápník.....	24
3.8.4.2	Fosfor .....	24
3.8.4.3	Draslík.....	24
3.8.5	Alkaloidy .....	25
3.8.5.1	Morfin .....	26
3.8.5.2	Kodein.....	27
3.8.5.3	Papaverin.....	27
3.8.5.4	Tebain .....	28
3.8.5.5	Noskapin .....	28
3.8.6	Tokotrienoly a tokoferoly.....	29
3.8.7	Kadmium .....	30
3.8.8	Residua pesticidů.....	30
3.8.8.1	Systém regulace s preemergentními aplikacemi herbicidů.....	30
3.8.8.2	Systém regulace plevelů založený na postemergentních aplikacích.....	30
<b>3.9</b>	<b>Chemické hodnocení semen máku setého.....</b>	<b>31</b>

3.9.1	Stanovení vlhkosti .....	31
3.9.2	Popeloviny .....	31
3.9.2.1	Metoda suchého zpopelnění .....	32
3.9.2.2	Metoda mokrého zpopelnění .....	32
3.9.3	Stanovení tukových čísel .....	32
3.9.3.1	Číslo kyselosti .....	32
3.9.3.2	Číslo zmýdelnění .....	32
3.9.3.3	Jodové číslo .....	33
3.9.3.4	Peroxidové číslo .....	33
3.9.4	Stanovení olejnatosti .....	34
3.9.4.1	Stanovení tuku pomocí konvenční extrakce dle Soxhleta .....	34
3.9.4.2	Stanovení tuku pomocí Soxhletovy extrakce s ultrazvukem .....	35
3.9.5	Atomová absorpční spektrofotometrie .....	35
3.9.6	Chromatografie .....	35
3.9.6.1	Plynová chromatografie .....	36
3.9.6.2	Vysokoučinná kapalinová chromatografie (HPLC) .....	37
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>45</b>



# 1 Úvod

Sama si nejsem jistá, zda jsem si téma bakalářské práce vybrala z nostalgické vzpomínky na babiččiny nudle s mákem a makové koláče, anebo mne zaujala skutečnost, že v pěstování potravinářského máku na semeno stojí Česká republika na první příčce legálních pěstitelů ve světě.

Jsem opravdu ráda za toto téma, protože jsem si při studiu z různých zdrojů souvisejících s touto prací uvědomila řadu navazujících skutečností. Především to, jak je u čeledi makovitých křehké rozhraní mezi zdravou olejnatou potravinou a drogovou závislostí.

Kdysi kdosi mi poslal Bylinkový receptář s 500 návody z lidové medicíny. Mák setý (*Papaver somniferum L.*) mezi nimi samozřejmě nechybí, protože patří mezi léčivé rostliny se zklidňujícími účinky. Překvapilo mě však, že i usušené jemné květní lupeny vlčího máku jsou dobrým uspávacím prostředkem, ale i drogou, nebezpečnou při předávkování.

V některých zemích je kvůli obsahu morfia v mléce v nezralých tobolkách pěstování máku zakázáno. Naše země není naštěstí mezi nimi, protože se mák pěstuje na semeno a využívá v potravinářství a ve farmacii. Jsem tomu opravdu ráda, protože by mi ty makové dobroty a semínky bohatě sypané pletýnky opravu chyběly.

## **2 Cíl práce**

Bakalářská práce bude zaměřena na kvalitativní parametry potravinářského a technického máku.

Cíle práce:

- 1) Mák a jeho využití – potravinářský a technický mák
- 2) Kvalitativní parametry máku a jeho využití
- 3) Kvantitativní parametry máku

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Mák setý (*Papaver somniferum L.*)

Rod mák (*Papaver L.*), rostoucí v mírném pásmu severní polokoule, má přes 100 druhů. Jsou to jednoleté až dvouleté byliny, které kvetou barevně. V České republice roste planě, ale také se pěstuje v asi 12 druzích. Mezi volně rostoucí máky patří mák vlčí, mák polní a mák pochybný. Z hlediska hospodářského využití je nejvýznamnějším druhem je mák setý (*Papaver somniferum L.*). V České republice se pěstuje mák pro potravinářské a průmyslové (farmaceutické účely), málokdy na olej (Novák & Nováková 2018).

### 3.2 Historie pěstování a využití máku setého

Jedny z nejstarších zbytků tobolek a semen máku byly nalezeny ve Švýcarsku a Francii. Staří Řekové, Egypťané a Římané používali opium k utišení bolestí. Mák se v Evropě pěstoval spíše pro okrasné účely, přičemž rozvoj máku na opium začal až 19. století. Největší rozmach zneužívání opia nastal v Číně v průběhu 19. století. V roce 1909 vznikla komise pro opium, přesto se však ani jí nepodražilo rozmach zneužití máku na opium zastavit. Problémy s opiátovými deriváty a distribucí opia přetrvávají (Baranyk et al. 2010).

### 3.3 Pěstování máku setého v České republice

Podle Českého statistického úřadu klesla osevní plocha v roce 2022 oproti roku 2008 o necelých 42 000 ha na 26 125 ha. Sklizeň v roce 2021 klesla o 20 000 t na celkových 29 691 t. Hektarový výnos v roce 2021 činil 0,68 t/ha. Spotřeba máku v roce 2020 byla 0,4 kg/osobu. Podíl osevních ploch máku v roce 2022 k ostatním olejninám byl 6,0 %. Vývoz z České republiky roce 2021 čítal 25 439 t, což odpovídá 1,3 miliardy Kč (ČSÚ 2022).

### 3.4 Typy máku

#### 3.4.1 Podle taxonomie

Mák setý, přesněji snodárný či spánkodárný (*Papaver somniferum L.*) pochází z východoasijského a předoasijského genového centra. Ze Středozeší pochází mák štětinkatý neboli mák hubený (*Papaver setigerum DC.*), který je některými lidmi považován za mák setý. V zemědělství se využívá častěji jednoletý jarní. Nejvýznamnější členění je na mák opiový a mák semenný (Vašák et al. 2010).

### 3.4.2 Podle barvy semen

Mák setý můžeme členit podle barvy semen. Nejběžnější jsou modrosemenné, šedosemenné a bělosemenné. Méně běžné jsou odrůdy žlutosemenné, růžovosemenné, fialovosemenné, hnědosemenné a černosemenné (Český modrý mák 2022 a).

#### 3.4.2.1 Modrosemenné

Nejtypičtější pro střední Evropu je mák se semeny modré barvy, který je používán nejběžněji v potravinářském průmyslu. Skoro všechny modrosemenné odrůdy mají v makovině malý obsah alkaloidů, pouze odrůda Lazur má vyšší obsah alkaloidů, díky čemuž se používá ve farmacii (Profi press 2002).

#### 3.4.2.2 Šedosemenné

Mají zcela shodné kuchyňské využití jako modrosemenné, z čehož vyplývá, že šedá barva není na závadu. Tento mák pochází ze západní Evropy a z Asie (Profi press 2002).

#### 3.4.2.3 Bělosemenné

I když se nazývá bělosemenný, má spíše barvu nažloutlou nebo béžovou. Na rozdíl od modrosemenného obsahuje méně hrubé vlákniny (Profi press 2002). Disponuje vyšším obsahem tuku okolo 50 %, stejné množství tuku mají okrovosemenné odrůdy (Sobolová 2019). Bílá semena chutí a vůní připomínají oříšky. Bílý mák je náročný na agrotechniku, proto je jeho produkce menší (Profi press 2002).



Obrázek 1 Barvy semen máku setého (Fejér, 2015)

### **3.4.3 Podle poživatelnosti**

#### **3.4.3.1 Potravinářský mák**

Nejčastěji používaný potravinářský mák se dělí na olejnatý a semenný. Mohou mít různé barvy semen od bílé do šedé až stříbrnošedé. Modrosemenné odrůdy mají nejvíce makovou chuť a vůni. Cévní svazkový systém tohoto máku je málo vyvinutý, což způsobuje, že rostlina nemá téměř žádný latex a nízké koncentrace alkaloidů (Český modrý mák 2019). Mezi odrůdy potravinářského máku patří například odrůdy Opal, Gerlach, Major, Maraton a Malsar (Vašák et al. 2010).

#### **3.4.3.2 Průmyslový mák**

Barva semen je většinou šedá. Tento mák je používán pro farmaceutickou výrobu. Hlavní produktem je makovina, která se využívá k extrakci alkaloidů, především morfinu. Kvůli nepříjemné chuti a vůni a vyššímu obsahu alkaloidů ho nejde použít pro potravinářský průmysl (Český modrý mák 2019). Mezi odrůdy průmyslového máku patří například odrůdy Buddha, Postomi a Lazur (Vašák et al. 2010).

#### **3.4.3.3 Opiový mák**

Produkuje latex o vysokém obsah alkaloidů, což způsobuje dobře vyvinutý systém cévních svazků. Nelegální produkce, je nejčastější pěstují v Asii, hlavně v Afganistánu (Český modrý mák 2019). Je diploidní, převažuje u něj samosprašné křížení. Roste po celý rok (Mandal et al. 2022).

### **3.4.4 Podle odrůd**

#### **3.4.4.1 Gerlach**

Je to modrosemenná středně raná odrůda s vysokým výnosem. Je odolná proti poléhání (Baranyk et. al. 2010). Má střední obsah morfinu v makovině. Díky svým vlastnostem se hodí do řady pěstitelských oblastí (Úroda.cz 2001).

#### **3.4.4.2 Opal**

Také patří mezi modrosemenné, středně rané odrůdy. Díky svému střednímu obsahu morfinu se používá pro potravinářské a farmaceutické účely (Úroda.cz 2001). Opal je odolný vůči napadení plísní makovou a helmintosporiózou (Baranyk et. al. 2010).

#### 3.4.4.3 Lazur

Tato modrosemenná odrůda nejvíce pěstuje k produkci makoviny pro farmacii, protože má vysoký obsah morfinu. Také se hodí do většiny pěstitelských oblastí (Úroda.cz 2001). Stejně jako odrůda Opal je odolná vůči napadení plísní makovou a helmintosporiózou (Baranyk et. al. 2010).

#### 3.4.4.4 Sokol

Tato odrůda patří mezi bělosemenné, její obsah morfinu je střední. Používá se v potravinářství či farmacii. Je méně odolný vůči napadnutí listů a tobolek helmintosporiózou a středně odolný vůči makové plísni (Baranyk et. al. 2010).

#### 3.4.4.5 Racek

Racek je bělosemenná odrůda používaná pro potravinářském průmyslu, hlavně díky nízkému obsahu morfinu (Baranyk et. al. 2010). U bělosemenných odrůd má tato odrůda vysoký výnos. Hmotnost tisíce semen je středně vysoká a obsah oleje vysoký (Rostlinářský portál 2023 a).

#### 3.4.4.6 Redy

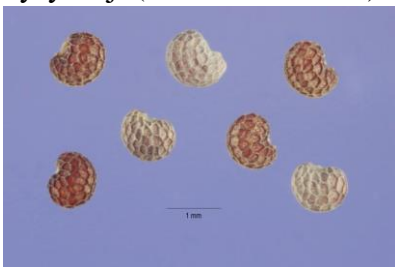
Je to okrovosemenný mák, který má nízký obsah morfinu, proto se používá v potravinářství. Jeho chuť je výrazně oříšková. Je odolná proti napadení plísní makovou a helmintosporiózou (Baranyk et. al. 2010).

## 3.5 Biologie máku

### 3.5.1 Morfologie máku

#### 3.5.1.1 Semeno máku

Semeno má ledvinovitý tvar a je velké 1,0-1,5 mm. Jeho drsný povrch je dán šestiúhelníkovými ploškami, které jsou ohraničeny vystouplými žebry. Tento povrch pomáhá přilnavosti ochranných prostředků a vody. Semeno má nejběžněji barvu šedomodrou či bílou, ale může mít i jiné barvy viz. kapitola Typy máku. Průměrná hmotnost tisíce semen máku je u nás okolo 0,55 g. Osemení se skládá z pěti vrstev, tyto vrstvy jsou velmi tenké a snadno propouštějí vodu. Díky této funkci semena dobře přijímají vláhu, ale za sucha také rychle vysychají (Vašák et al. 2010).



Obrázek 2 Semena máku setého (Dostupné z: <https://www.feedipedia.org/content/poppy-papaver-somniferum-seeds> ke dni 21. 4.2023)

#### 3.5.1.2 Kořenová soustava

Kořenovou soustavu tvoří hluboké kořeny o délce kolem 750 mm. Má několik postranních a mnoho vláscitých kořínků (Vašák et al. 2010). Kořeny intenzivně rostou už v počátečních fázích růstu. Dříve vysetý mák se tvoří hlubší a bujnější kořenovou soustavu, než mák vysetý později (Fejér 2015).



Obrázek 3 Kořenová soustava máku setého

(Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/neobykla-abioticka-a-bioticka-poskozeni-maku> ke dni 21.4.2023)

### 3.5.1.3 Lodyha máku

Lodyha je vysoká až 1,8 m, počet větví na jednom stvolu je dán odrůdou a může být ovlivněn sponem (šíří vysetých řádků). Ideální z hlediska výnosu je, aby se rostliny nerozvětvovaly, protože hlavní makovice stojí níže než makovice na větvích. Ty tudíž dozrávají dříve a musely by se sbírat ručně. Lodyha máku nebývá pod makovicí pokryta štětinkami, kterým se říká ostny (Vašák et al. 2010).



Obrázek 4 Lodyha máku setého

(Dostupné z: <https://botanika.wendys.cz/index.php/487-papaver-somniferum-mak-sety> ke dni 21.4.2023)

### 3.5.1.4 Listy

Listy mají podlouhlý tvar, jsou mírně vlnité, zubovité a jsou podlouhlé. Listy dělíme do tří skupin: spodní, střední a horní. Spodní listy se nacházejí pod rozvětvením rostliny. V úžlabí se tvoří střední listy a horní listy jsou přisedlé k větvím. Jsou pokryty voskovou vrstvou, která napomáhá při ochraně porostu herbicidy a při hnojení (Vašák et al. 2010).



Obrázek 5 Listy máku setého (Dostupné z:

<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/sirana-list-vhodny-doplnek-vyzivy-maku> ke dni 21. 4. 2023)



### 3.5.1.5 Květ máku

Květ je složen z dvou kališních lístků a čtyř korunních plátků. Korunní lístky mají různou barvu, ale nejčastěji jsou bílé. Ve většině odrůd je na bázi korunních plátků velká skvrna. Celý květ bývá většinou barvy růžové a fialové. I když je samosprašný, vyhledávají ho opylovači, protože tvoří velké množství pylu (Vašák et al. 2010). Jeho květný vzorec je  $\text{♀♂, } \dagger, \text{K}_2, \text{C } 2 + 2, \text{A } \infty, \text{G } 1$ . Počet tyčinek je okolo 100 až 250 kusů, variabilita je zapříčiněna různými druhy máku (Fejér 2015).



Obrázek 6 Květ máku setého (Dostupné z: <https://www.bylinkyprovsechny.cz/byliny-kere-stromy/byliny/2117-mak-sety-ucinky-na-zdravi-co-leci-pouziti-uzivani-vyuziti-ke-dni-21-4-2023>)

### 3.5.1.6 Tobolka máku

Tobolce máku se také říká, makovice. Tobolky máku dělíme na mák slepák a mák hled'ák. Mák slepák je téměř uzavřen. Mák hled'ák má u blizny otvůrky, přes které se mohou vysypat semena po půdy. Tobolky mají velikost a tvar závislé především na odrůdě, ale také na vnějších podmínkách. Například když bude spon menší, než je obvyklé, pak makovice mohou být protáhlé a menší (Vašák et al. 2010).



Obrázek 7 Tobolka máku setého (dostupné z: <https://opioidy.weebly.com/opium.html> ke dni 21. 4. 2023)

## 3.5.2 Pěstování máku setého

Pro mák setý je ideální setí v období od února do března, nejdůležitější je teplota, při které se mák seje, okolo 3 až 4 °C. Rostlina vzejde po třech týdnech. Pokud počasí neumožní zasetí v březnu nebo v dubnu a mák se seje až v květnu, bude rostlina mít nižší výnosy. Mák se nejčastěji sklízí v srpnu (Novák & Nováková 2018).

### 3.5.3 Růstové fáze máku

#### 3.5.3.1 Klíčení

Suché semeno, které je v této fázi mořeno, začíná bobtnat. Když je semeno nabobtnané, praskne osemení, aby mohl vystoupit klíčící kořen. Hypokotyl (podděložní článek rostliny) s děložními listy se dostávají k povrchu půdy. Děložní listy pronikají nad povrch půdy, kterémužto procesu se říká vzházení (Rostlinářský portál 2023 b). Fáze klíčení může být velice variabilní v závislosti na klimatických a půdních podmínkách. Má-li semeno ideální podmínky, pak doba bobtnání, prasknutí a objevení klíčku je dlouhá 15 až 20 dní. Důležitá je teplota při klíčení okolo 3 °C (Fejér 2015).

#### 3.5.3.2 Vývoj listů

Vývoj listů probíhá ve několika fázích. Po vyklíčení jsou děložní listy plně vyvinuté a vidlicově rozevřené. Když je vyvinuto šest pravých listů, znamená to konec vegetativní fáze. Vyvinutím sedmého pravého listu začíná generativní fáze. Devět a více pravých listů je v listové růžici, s desátým listem začíná fáze diferenciacce tyčinek (Rostlinářský portál 2023 b).

#### 3.5.3.3 Prodlužování stonku

Prodlužování stonku trvá 15 až 20 dní. Poté začínají růst boční listy (Fejér 2015). Internodium (část stonku mezi jednotlivými uzlinami, mezi jednotlivými listy) se začíná viditelně prodlužovat až délku 10 cm (Rostlinářský portál 2023 b).

#### 3.5.3.4 Objevení květenství

Objevení květenství je také nazýváno butonizace. Poupě je rozpoznatelné mezi listy, odděluje se od listové růžice. Následně se poupě sklání, aby se oddělilo od horního listu, ale nepřevyšuje horní lodyžní listy. Poté převislé poupě s lodyhou převyšuje všechny listy. Lodyha je v konečné délce a poupě se vzpřimuje, ale je zcela zavřené (Rostlinářský portál 2023 b).

#### 3.5.3.5 Kvetení

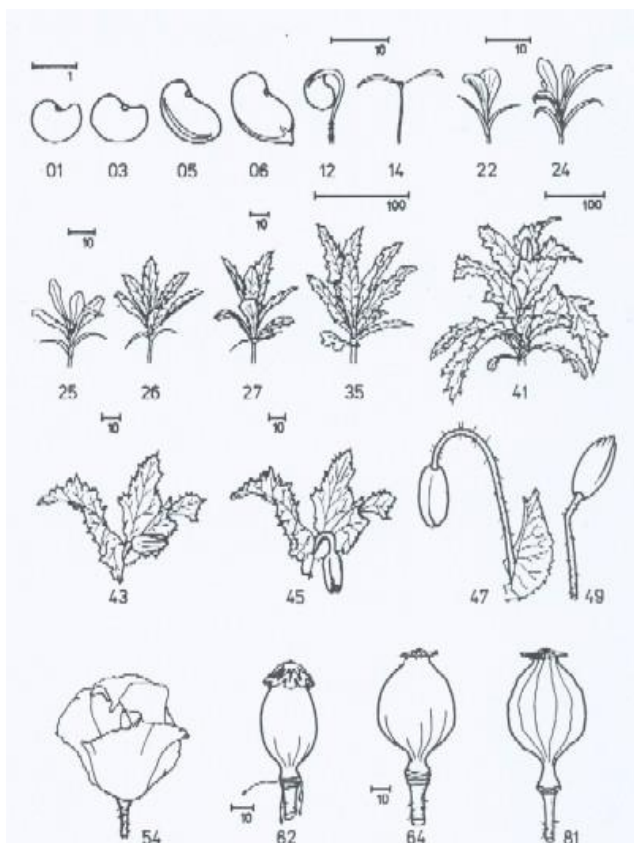
Fáze kvetení jsou: počátek kvetení, kvetení, plný květ, dokvétání a konec kvetení, kdy je 90 % vyvinutých květů odkvetlých (Rostlinářský portál 2023 b).

#### 3.5.3.6 Vývoj plodů (tobolek)

Začátek zrání, semena dosáhla druhové specifické velikosti a začala žloutnout. Při žluté zralosti tobolek vysychají a zrají. Následuje fyziologická zralost, při které se semena uvolňují na dno tobolek. Tobolky mají kožovitou konzistenci. Poslední fází zrání plodů je plná zralost, semena jsou suchá, nemění svou barvu a v tobolce chrastí (Rostlinářský portál 2023 b).

### 3.5.3.7 Stárnutí

Rostlina usychá a umírá. Plodina se sklízí, když je semeno suché a má vlhkost maximálně 12 %, optimálně však 10 % (Rostlinářský portál 2023 b).



Obrázek 8 Vývojové fáze máku (Novák & Nováková 2018)

## 3.6 Legislativa spojená s mákem

### 3.6.1 Vyhláška č. 329/1997

Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena (Ministerstvo zemědělství 1997).

Vyhláška vstoupila v platnost 31. 12. 1997 a ke stejnému dni na byla účinnost. Je rozdělená do tří oddílů. V prvním oddílu se zabývá škrobem a výrobky z něj. Určuje, co je to škrob, na jaké druhy a skupiny se člení, jak se označuje a jaké jsou požadavky na jakost. Ve druhém oddílu se vyhláška zabývá luštěninami. Určuje, co jsou to luštěniny, na jaké druhy, skupiny a podskupiny se člení, jak se označuje a jaké jsou požadavky na jakost. Ve třetím oddílu se vyhláška zabývá olejnatými semeny. Určuje, co to jsou olejnatá semena, na jaké druhy, skupiny a podskupiny se člení, jak se označují, jaké jsou požadavky na jakost a skladování (Ministerstvo zemědělství 1997).

V §12, který se zabývá požadavky na jakost pro olejnatá semena, se uvádí, že pro potravinářské účely lze používat pouze semena odrůd máku setého, která obsahují nejvýše 0,8 % morfinových alkaloidů v sušině tobolky nebo na povrchu makového semene nejvýše 25 mg/kg morfinových alkaloidů. V příloze č. 9 k vyhlášce č. 329/1997 Sb. jsou fyzikální a chemické požadavky na jakost olejnatých semen (Ministerstvo zemědělství 1997).

Tabulka 1 Semeno máku setého (*Papaver somniferum L.*) semenného, olejného typu (Ministerstvo zemědělství 1997)

Barva semene	Modrá		Nejvýše 0,2 % hmotnosti máku bílého
	Bílá nebo směs barev		Nad 0,2 % hmotnosti máku bílého
Vlhkost	1. Jakost		Nejvýše 8,0 % hmotnosti
	2. Jakost		Nejvýše 10,0 % hmotnosti
Semena nevybarvená tmavá až černá			Nejvýše 5,0 % hmotnosti
Příměsi a nečistoty celkem			Nejvýše 8,0 % hmotnosti
Z toho:			
a)	Semena nezralá rezavé barvy		Nejvýše 5,0 % hmotnosti
b)	Poškozená semena		Nejvýše 3,0 % hmotnosti
c)	Nečistoty	Celkem 1.jakost	Nejvýše 0,2 % hmotnosti
		Celkem 2. jakost	Nejvýše 1,0 % hmotnosti
d)	Semena blínu černého ( <i>Hyoscyamus niger L.</i> )		Nejvýše 0,00 % hmotnosti
e)	Semena laskavce a merlíku		Nejvýše 0,2 % hmotnosti
f)	Anorganické nečistoty		Nejvýše 0,0 % hmotnosti
g)	Obsah kadmia		Nejvýše 0,8 mg/kg
h)	Obsah arsenu		Nejvýše 0,1 mg/kg
i)	Obsah rtuti		Nejvýše 0,012 mg/kg
j)	Obsah olova		Nejvýše 1,0 mg/kg
k)	Obsah morfinových alkaloidů		Nejvýše 25 mg/kg

### 3.6.2 Zákon č. 167/1998 Sb.

Zákon č. 167/1998 Sb. Zákon o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. Vstoupil v platnost 15. 07. 1998 a účinnosti nabyl dne 01. 01. 1999. Zákon upravuje zacházení s návykovými látkami (jejich vývoz, dovoz, tranzitní operace, jakož i zacházení s přípravky obsahujícími návykovou látku). Zároveň upravuje pěstování máku, konopí a koky (Parlament ČR 1998).

Hlava V KONOPÍ, KOKA, MÁK SETÝ A MAKOVINA v §24 zakazuje pěstovat odrůdy *Papaver somniferum L.*, které mají v sušině tobolek více než 0,8 % morfinu, nevztahuje se však pro pěstování odrůd *Papaver somniferum L.* pro pokusné a výzkumné účely a pro šlechtění nových odrůd. Osoby pěstující mák setý nebo osoby, které je zpracovávají a skladují, mají ohlašovací povinnost oznámit tuto skutečnost na příslušné oddělení Policie České republiky. Makovina, která se vypěstuje na území České republiky, musí být zneškodněna nebo zpracována, tak aby obsažené návykové látky nebylo možné použít nebo získat jakýmkoliv technologickými prostředky. Ohlašovací povinnost se dále popisuje v hlavě VI OHLAŠOVACÍ POVINNOST A EVIDENCE, §29. Osoby, které pěstují mák setý na ploše větší než 100 m<sup>2</sup>, jsou povinny předat hlášení příslušnému celnímu úřadu. Ten se určuje podle místa pěstování (Parlament ČR 1998).

### 3.7 Česká cechovní norma

Norma stanovuje kvalitativní parametry potraviny, porovnáváme-li normu s jinými značkami kvality, jako Klasa. Cechovní normy určují, že firmy dodržují daný technologický postup. Norma stanovuje nadstandartní parametry, jako definice povinných složek, stanovení přípustných i nepřístupných složek a nadstandartních parametrů (České cechovní normy 2023). V české cechovní normě také sledujeme český modrý mák a český modrý mák mletý. V této normě se definuje povinná složka semena jednoleté formy modrosemenného máku setého olejnatého, který se získává pro potravinářský průmysl. Mák celý se nesmí termostabilizovat (Gabrovská 2020). K novinkám z roku 2020 týkajících se máku v potravinách v české cechovní normě přibylo jemné pečivo s makovou náplní například buchtý, záviny, vázané koláče, trojhránky a tlačené koláče (Gabrovská 2021). Další novinkou z roku 2021 je vznik české cechovní normy pro bělosemenný mák setý. Tento bělosemenný mák je jednoletou formou olejnatého typu, který se používá k potravinářským účelům (Český modrý mák 2022 b).



Obrázek 9 Znak české cechovní normy (Dostupné z: <https://www.cehovninormy.cz/> ke dni 21. 4. 2023)

### 3.8 Složení semene máku setého

Maková semena byla dříve hodnocena normou ČSN 46 2312 jako pochutina. Byl v ní kladen důraz na sensoriku, poškození semen a homogenitu barvy. Dodavatel nebo pěstitel musí respektovat při prodeji požadavky na obsah morfinu v semenech, ačkoli si velmi často určuje odběratel (Prugar et al. 2008).

Kvalitu makoviny definuje podniková norma pro nákup, kontrolu a přebírání makoviny. Makovinu dělíme na tři části – maková sláma, makovina a nečistoty. Maková sláma je celá nadzemní část i se semeny. Makovina jsou vyprázdněné celistvé tobolky se stonkem dlouhým až 10 cm. Nečistoty jsou listy a jejich úlomky, zbylá semena máku, plevy a cizí nečistoty (Prugar et al. 2008).

Mák setý (*Papaver somniferum L.*) obsahuje 40–55 % polovysychavého oleje, dále 18 - 26 % bílkovin, 16 - 24 % sacharidů, 5 - 8 % vlákniny, 0,20 - 0,25 % lecitinu a asi 6 % minerálních látek. Dieteticky významnou složkou jsou nenasycené mastné kyseliny, hlavně kyselina olejová a linolová. Mák obsahuje směs alfa, beta a gama fenolů, která mají silné antioxidační účinky (Novák & Nováková 2018). Nejvýznamnějšími minerálními látkami v máku jsou vápník, fosfor a draslík (Vašák et al. 2010). Další sloučeniny s potenciálem pro využití ve farmacii a potravinářství jsou například nenasycené heterocykly, aromatické sloučeniny, nitrosloučeniny, alifatické sloučeniny (Mandal et al. 2022).

#### 3.8.1 Lipidy

Z hlediska výživy je lépe sledovat složení tuku než jeho celkové množství v semeni. Olejnatost makového semene se pohybuje mezi 43 až 47 % (Mikšík 2022). Mák můžeme řadit mezi jeden z nejvíce olejnatých semen, které se používají na výrobu oleje (viz. tab. č. 2). Makový olej je většinou lisovaný za studena. U oleje získávaného tímto způsobem, častěji probíhá oxidace nenasycených mastných kyselin, což zapříčiňuje degradaci a nutnost ho spotřebovat do 6 až 12 měsíců po lisování (Gaca et al. 2021). Hlavní mastnou kyselinou v máku je linolová kyselina (72-75 %) a olejová kyselina (12-15 %). Nasyčené mastné kyseliny mají negativní vliv na lidské tělo a zvyšují hladinu celkového cholesterolu. Mák obsahuje až 75 % esenciálních mastných kyselin (Mikšík 2022). Makový olej má vyšší obsah kyseliny linolové než běžně pěstované rostliny pro výrobu olejů (Mikšík & Lohr 2020).

Tabulka 2 Obsah tuku v semenech olejnin (% v sušině)

Druh olejnin	Olejnatost (% v sušině)
Řepka olejná	45-48
Slunečnice	41-45
<b>Mák</b>	<b>40-46</b>
Sója	12-25
Len	28-44
Kukuřice	40-50
Oliva	25-50

Omega-6 mastné kyseliny mají schopnost snižovat bolesti, ranní bolesti a ztuhlost kloubů neboli revmatismus, otoky a přecitlivělost na alergen. V kombinaci s omega-3 mastnými kyselinami škodí vlasů, zhoršují hojení ran, zvyšují riziko vzniku osteoporózy a příznaky. Omega-3 přitom samy o sobě předcházejí srdečním onemocněním, snižují hladinu cholesterolu a krevní tlak. Mají protizánětlivé účinky a chrání pokožku. Jejich nedostatek může způsobit slabost, bolesti nohou, zhoršení zraku a zvýšení hladiny cholesterolu (Mikšík & Lohr 2020).

### 3.8.2 Sacharidy

Okolo 3 % sacharidů je obsaženo v máku setém, z toho je jen 1,8 % cukrů. Významným sacharidem v máku je vláknina, její obsah je přibližně 23 % (Sobolová 2019). Vláknina je sacharidový polymer složený s 10 a více % monomerních jednotek, které nejsou schopny být hydrolyzovány pomocí endogenních enzymů v tenkém střevě (Nollet & Toldrá 2015).

### 3.8.3 Bílkoviny a aminokyseliny

V semenu máku setého je okolo 25 % bílkovin a také má dobré zastoupení aminokyselin. Podle Amerického ministerstva zemědělství Food Composition Database je v máku obsaženo 1,8 mg/kg tryptofanu, což je esenciální aminokyselina. V lisovaném makovém oleji je minimálně bílkovin, protože většina bílkovin přechází do výlisku. Výliskům máku se pod obchodním názvem říká Makový protein (Mikšík 2022). Semena máku mají vysoké množství různých aminokyselin. Bílé a modré odrůdy *Papaver somniferum L.* mají vysoký obsah leucinu, treoninu, lysinu a valinu. Odrůdy dhawla chotta a dhawla bada jsou bohaté na kyselinu glutamovou, asparagovou a arginin. Indické odrůdy mají také vyšší obsah methioninu (Muhammad et al. 2021).

### 3.8.4 Makroprvky

Makroprvky jsou potřebné pro fungování biologického systému, protože interagují s biomolekulami. Nedostatek může způsobovat vážné poruchy metabolismu a metabolické abnormality. Většinou zapříčiňují vznik onemocnění jater, ledvin nebo plic (Ozkaya et al. 2013).

### 3.8.4.1 Vápník

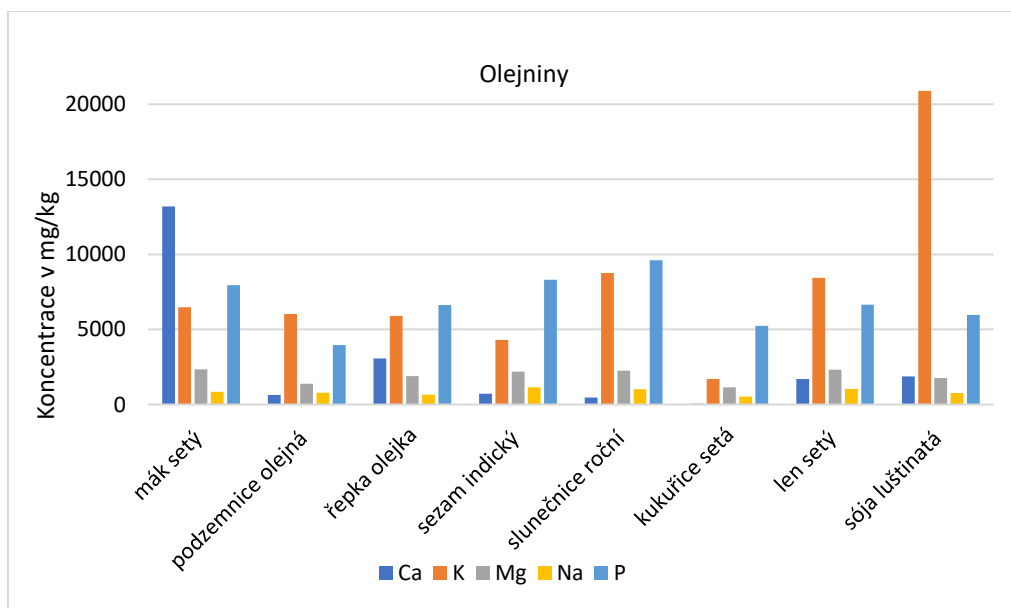
Na rozdíl od potravin živočišného původu jako třeba mléko nebo mléčné výrobky, není mák jakožto potravina rostlinného původu tak kvalitním zdrojem vápníku. To způsobuje horší vstřebatelnost vápníku kvůli fytátům a oxalátům. Rostliny obsahují vysoký obsah vlákniny, což rovněž zhoršuje vstřebatelnost vápníku. Vápník se z mléka vstřebává z 30 % a to díky jeho obsahu laktózy, vitamínu D a kaseinu (Mikšík 2022). Vápník má nejčastěji úlohu mineralizace kostí. Do 99 % je ve formě vápenato-fosfátových komplexů vázáno v kostech. Zbylé 1 % tvoří nevázaný vápník, který působí, jako enzym. Tento vápník se podílí na svalových kontrakcích, přenosu nervových signálů a krevním oběhu či srážení krve (Olechno et al. 2021).

### 3.8.4.2 Fosfor

Fosfor má podíl na spoustě fyziologických procesů. Okolo 85 % fosforu se v lidském těle nachází v kostech a zubech, 14 % v měkkých tkáních a 1 % v mezibuněčné tekutině. Podílí se na mineralizaci kostí a zubů, a souvisí s homeostázou vápníku. Další úlohou je regulovat acidobazickou rovnováhu (Olechno et al. 2021).

### 3.8.4.3 Draslík

Draslík se účastní mezibuněčných metabolismů a funkcí enzymů. Jeho nedostatek zapříčiňuje poruchy činnosti svalů, centrální nervové soustavy, trávicí soustavy a vznik arytmií (Prugar et al. 2008). Má schopnost ovlivňovat hladinu sodíku, což má tu vlastnost, že snižuje objem krve v cévách. Snížení hladiny sodíku napomáhá snížení krevního tlaku a snižuje pravděpodobnost kardiovaskulárních onemocnění. Zvýšené množství přijatého draslíku předchází tvorbě křečových žil a ledvinových kamenů (Özcan 2006).



Obrázek 10 Graf obsahu makroživin v olejninách [mg/kg](Özcan 2006)



### 3.8.5 Alkaloidy

Alkaloidy jsou hlavní skupinou dusíkatých sekundárních metabolitů rostlin. Vznikly jako obranný mechanismus rostliny, ale je to také odpadní látka rostliny. Od minulého století se používaly v chemickém průmyslu, lékařství a farmacii, což vedlo ke komerčnímu použití. Mák je protkán cévními svazky a mléčnicemi, kterými rostlina vede latex. V latexu jsou obsaženy bílkoviny, cukry, slizy, vosky, pryskyřice a opium. Opium je směs alkaloidů a kyseliny mekové. Opium je obsaženo v tobolkách, kde je hustší síť vodivých pletiv a mléčnic. Alkaloidy vznikají v rostlinách za 2 až 3 dny po vyklíčení. Nejdříve se syntetizují v kořenech, následně v lodyhách, pravých listech, až nakonec v tobolce. Semena neobsahují morfin, protože nemají mléčnice (Vašák et al. 2010). Rod *Papaver* má okolo 150 druhů alkaloidů, jen v máku setém můžeme najít přibližně 80 z nich. Až 50 derivátů je vyvozeno z tetrahydrobenzylisochinolinových alkaloidů. V máku je 13 typů alkaloidů (Mikšík & Lohr 2020). Nejčastěji jsou zkoumány dvě skupiny alkaloidů, z nichž každá má jiný účinek. Fenanthrenová skupina působí na centrální nervovou soustavu a jejími nejznámějšími alkaloidy jsou morfin, kodein a thebain. Další skupinou je skupina benzylisochinolinová, která působí na hladké svalstvo. Do této skupiny patří papaverin, narcein a noskapin – známější jako narkotin (Bezpečnost potravin 2014).

Tabulka 3 Přibližné procentuální zastoupení nejvýznamnějších alkaloidů v opiu (zaschlé šťávě z nezralých makovic) (Bezpečnost potravin 2014)

Skupina	Alkaloid	Přibližný obsah (%)
Fenanthrenová	Morfin	10,0
	Kodein	0,5
	Thebain	0,2
Benzylisochinolinová	Papaverin	1,0
	Noskapin	6,0
	Narcein	0,3

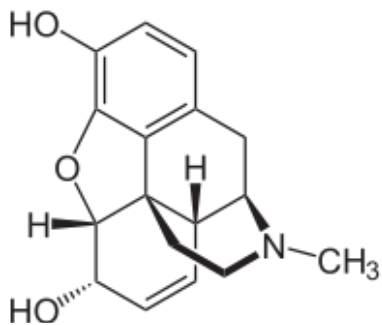
Morfin a jeho semisyntetické a syntetické deriváty mají analgetický účinek, na rozdíl od alkaloidu papaverin, který nepůsobí analgeticky. Analgetické působení alkaloidu je zapříčiněno afinitou k receptorům pro opioidy tělu vlastní. Tyto receptory jsou obsaženy v nervovém systému, nejčastěji v mozku a míše. Patří do skupiny spojené s G-proteinem (Lüllmann et. al. 2007). Existují tři druhy receptorů ( $\mu$ ,  $\kappa$ ,  $\delta$ ) s rozdílnými účinky. Morfin a  $\beta$ -endorfin působí na  $\mu$ -receptor a  $\delta$ -receptor, na rozdíl od dynorfinu působí na  $\kappa$ -receptor (Vlček et. al. 2010).

Tabulka 4 Opioidní receptory a jejich účinky (Martinková et. al.2007)

Typ receptoru	Účinek	Nežádoucí účinky
$\mu$	Analgezie	Útlum dýchání Sedace Euforie Fyzická závislost
$\delta$	Analgezie	-
$\kappa$	Analgezie	Sedace Dystrofie

### 3.8.5.1 Morfin

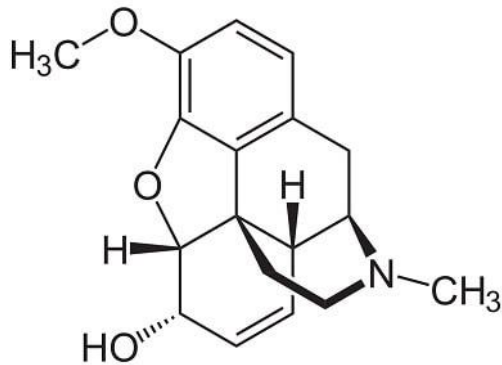
Patří mezi analgetika, která je schopná tlumit silné bolesti, snižovat dechovou frekvenci a způsobovat zúžení zornic. Na morfinu mohou vznikat fyzické i psychické závislosti (Fejér 2015). Při léčbě se používá morfin ve formě pentahydrátu morfin sulfátu nebo ve formě trihydrátu morfin hydrochloridu. Při dávkách 7,5 až 15 mg morfinu denně pro utišení bolesti se objevují nežádoucí účinky, jako jsou sedace, malátnost nebo závratě. Pro použití morfinu jednorázově nebyla zpozorována žádná rizika pro vznik závislosti. Při intoxikaci morfinem jsou akutními příznaky kóma, útlum dýchání a mióza. Pokud se člověk předávkuje od 200 do 1100 mg morfinu může, dojít až k náhlé smrti (Knutsen et al. 2018).



Obrázek 11 Morfin (Dostupné z : <https://opioidy.weebly.com/morfin.html> ke dni 21. 4 . 2023)

### 3.8.5.2 Kodein

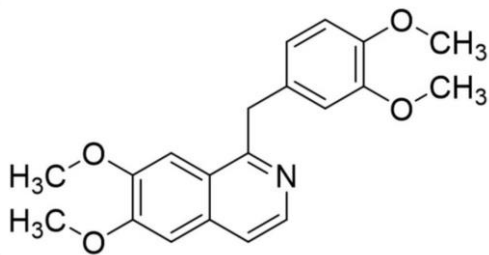
Kodein patří mezi látky, které tlumí kašel, tedy mezi antitusika. Ovlivňuje centrum kašle v prodloužené míše. Díky svým nenávykovým účinkům je používán běžně k léčbě kašle. Má euforizující účinky (Fejér 2015). Při léčbě se kodein využívá ve formě monohydrátu nebo jako kodein-hydrochlorid či kodein fosfát. Kodein je nejčastějším používaným opiovým alkaloidem ve farmacii. Je o dvanáctinu méně účinný než morfin. Kombinací s jinými tlumivými látkami může dojít k zesílení sedativních a depresivních účinků. Příznaky intoxikace jsou podobné jako u morfinu (Knutsen et al. 2018).



Obrázek 12 Kodein (Dostupné z: <https://opioidy.weebly.com/kodein.html> ke dni 21. 4. 2023)

### 3.8.5.3 Papaverin

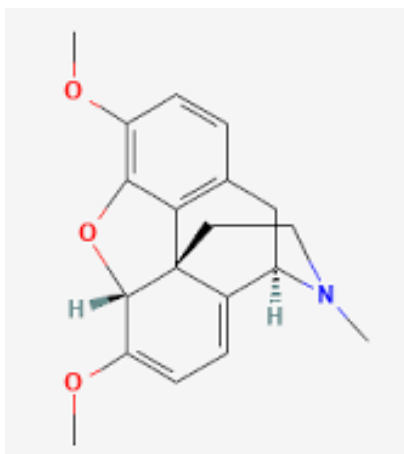
Způsobuje uvolnění křečí hladkého svalstva, což znamená, že jde o spasmatikum (Fejér 2015).



Obrázek 13 Papaverin (Dostupné z: <https://flexikon.doccheck.com/de/Papaverin> ke dni 21. 4. 2023)

### 3.8.5.4 Tebain

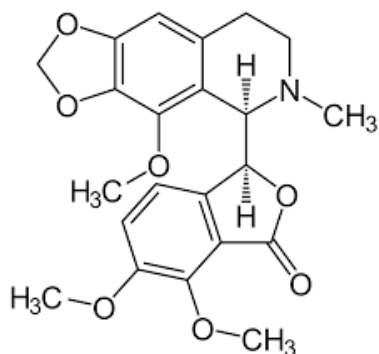
Tebain se také nazývá paramorfin. Je obsažen v mladých rostlinách máku setého a je mezistupněm při tvorbě morfinu. Jde o slabší anestetikum, ale o silnější stimulant, podobně jako morfin. Vysoké dávky tebainu způsobují křeče. Je vysoce toxický, inhibuje cholinesterázy, stimuluje centrální nervovou soustavu a uvolňuje histamin z tkání (Fejér 2015). Důležité je, že se nepoužívá sám o sobě jako farmaceutický lék, ale pouze jako výchozí látka pro farmaceutickou syntézu dalších látek (Knutsen et al. 2018).



Obrázek 14 Tebain (Dostupný z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thebaine> ke dni 21. 4.2023)

### 3.8.5.5 Noskapiin

Noskapiin má antitusické účinky, ale váže se na opioidní receptory ani na analgetické. Jeho vedlejšími účinky jsou mírná ospalost, malátnost, případně bolest hlavy. Velmi vzácně se mohou vyskytnout anafylaktické reakce a Steven-Johnsonův syndrom (Knutsen et al. 2018). V souvislosti s noskapiinem jsem pátrala, zda-li se v České republice využívá jako léčivo. S největší pravděpodobností se v současnosti ve farmacii nevyužívá.



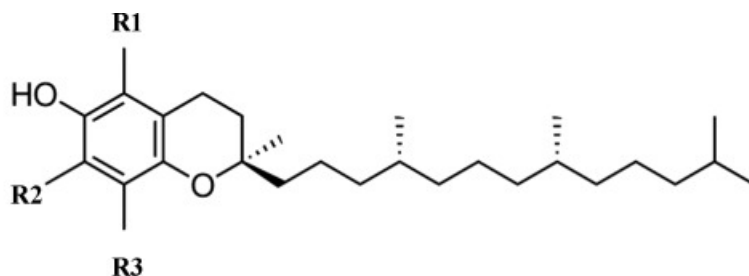
Obrázek 15 Noskapiin (Dstupný z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Noscapine> ke dni 21. 4.2023)

### 3.8.6 Tokotrienoly a tokoferoly

Tokotrienolům a tokoferolům souhrnně říkáme tokoly. Tokoferoly patří k nejdůležitějším antioxidantům rozpustný v tučných potravin. Tokoly existují ve formách  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  a  $\gamma$  a liší se umístěním a počtem metylových skupin v jejich chemické struktuře (Shahidi et de Camargo 2016). Jsou cenné jako prevence autoimunitních, metabolických a kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny, řídnutí kostí a neurologických poruch. Vysoké množství tokotrienolů a  $\alpha$ -tokotrienolů v makovém oleji má schopnost zpomalovat oxidaci tuků, díky jejich antioxidační aktivitě (Mandal et al. 2022). Důležitým ukazatelem kvality oleje je obsah vitamínu E. Kvalitu oleje můžeme stanovit číslem kyselosti, peroxidovým číslem nebo jodovým číslem. Stupeň rafinace může ovlivnit třídu oleje a také snížit obsah vitamínu E (Mělo et al. 2022). Obsah vitamínu E v máku setém (hlavně  $\gamma$ -tokoferolu) podle americké databáze je 88 mg/kg, ale podle české databáze je jeho obsah okolo 23 mg/kg. Obecně by se dalo říct, že obsah vitamínu E se pohybuje v rozmezí 6,6 až 22,8 mg/kg (Mikšík 2022).

Tabulka 5 Koncentrace tokoferolu ( $\alpha$ -T,  $\beta$  +  $\gamma$ -T a  $\delta$ -T) (mg/kg) v semenných olejích (Aksoz et al. 2020)

Druh olejniny	$\alpha$ -tokoferol	$\beta$ + $\delta$ -tokoferol	$\gamma$ -tokoferol	Celkové tokoferoly
Slunečnice	511,7	21,5	4,9	538,1
<b>Mák</b>	<b>6,5</b>	<b>116,2</b>	<b>0,7</b>	<b>123,5</b>
Len	Nezměřitelné	333,4	1,6	335,0
Kukuřice	156,3	561,9	23,7	742,0
Oliva	141,9	67,2	2,1	211,2



Název	R1	R2	R3
$\alpha$ - tokoferol	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>
$\beta$ - tokoferol	-CH <sub>3</sub>	-H	-CH <sub>3</sub>
$\gamma$ - tokoferol	-H	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>
$\delta$ - tokoferol	-H	-H	-CH <sub>3</sub>

Obrázek 16 Molekulární struktura tokoferolů (Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tocopherol> ke dni 21. 4. 2023)

### 3.8.7 Kadmium

Kadmium v lidském organismu působí negativně, zejména zvyšuje riziko vzniku karcinomu. Nejčastěji se kumuluje v ledvinách a játrech. Poločas vylučování z organismu je okolo 30 let. Kadmium umí blokovat inzulínový cyklus a působí negativně na metabolismus vápníku. Do organismu se dostává dýcháním či potravou. Obsah těžkých kovů v máku je faktorem, který může omezit jeho využití jako potraviny (Mikšík 2020). Kadmium, které je obsaženo v semenech, je nejčastějším těžkým kovem v máku setém. (Škarpa et al. 2009). Kadmium je mákem setým nejčastěji přijímáno z půdy a někdy také je z ovzduší (Lošák et. al. 2022). Podle nařízení evropské komise Evropské unie 2021/1323 je maximální limit pro obsah kadmia v semeni 1,2 mg/kg čerstvé hmotnosti (Evropská komise 2021). Ke zvyšování obsahu kadmia v semeni dochází za tří podmínek: nadlimitní obsah kadmia v půdě, úroveň znečištění ovzduší a kyselá půdní reakce. Půdní reakce je jedna nejdůležitějších pro pohyblivost a rozpustnost kadmia, nejvyšší pohyblivost je při pH 4,4-5,5 (Lošák et. al. 2022).

### 3.8.8 Residua pesticidů

Residua pesticidů patří mezi nebezpečné kontaminanty potravin. Další chemické kontaminanty, které se mohou objevit v potravinách, jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, polychlorované bifenyly a polybromované bifenylethery. Pesticidy jsou tvořeny rozmanitou skupinou chemických látek, do této skupiny patří více než 100 chemických tříd. Residuím pesticidů se nedá prakticky vyhnout v důsledku používání v zemědělství (Roszko et al. 2012).

Plevele, které rostou u máku, jsou velmi variabilní počínaje ozimými druhy až po pozdně jarní druhy plevelu. Ozimé plevely jsou značně ovlivněny přípravou půdy, přičemž intenzivní kultivace ovlivňuje rovněž růst pozdně jarních druhů plevelu. Regulace plevelu herbicidy musí být prováděna dvěma až třemi ošetřeními. Regulovat růst plevelu můžeme dvěma základními variantami: systém regulace založený na preemergentním ošetření nebo systém s výhradně postemergentními aplikacemi (Vašák et. al. 2010).

#### 3.8.8.1 Systém regulace s preemergentními aplikacemi herbicidů

Tyto herbicidní přípravky mají vysokou účinnost na široké spektrum plevelů. Má vliv na poškození plodiny a tato závislost je zapříčiněná vláhovými a půdními podmínkami. Nejčastějšími účinnými látkami jsou sulfosulfuron, dimethachlor a imazamox (Vašák et. al. 2010).

#### 3.8.8.2 Systém regulace plevelů založený na postemergentních aplikacích

Využívá se v lokalitách s lehkými půdami, proto je potřeba tento typ herbicidu aplikovat při počasí bez deště, a to alespoň dvakrát. První přípravek se používá herbicid s účinnými látkami jsou isoproturon a chlorotoluron, tyto látky inhibují fotosyntézu. Dále se používají kontaktní herbicidy s účinnou látkou carfentrazone-ethyl nebo pyridate (Vašák et. al. 2010).

### 3.9 Chemické hodnocení semen máku setého

V máku setém se stanovují běžné parametry, totéž jako u olejnin. Stanovuje se vlhkost, popeloviny a olejnatost. Vlhkost se stanovuje vážkovou metodou. Popeloviny stanovujeme nejčastěji dvěma metodami, a to buď pomocí metody suchého zpopelnění, nebo pomocí metody mokrého spalování. Olejnatost se stanovuje pomocí extrakce podle Soxhleta, pro olejninu je výhodnější využití metody s ultrazvukem. Dále se provádějí stanovení, která jsou specifická pro mák setý. Pro stanovení kvality olej v makovém semeni se používají tuková čísla. Abychom zjistili obsah kadmia v máku k tomu se používá atomová absorpční spektrofotometrie. Alkaloidy v máku setém nejefektivněji se stanovují pomocí vysokoúčinné kapalinové a plynové chromatografie.

#### 3.9.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost se může měřit třemi způsoby: vážkovou metodou, vlhkoměrem a přístrojem na principu blízké infračervené spektroskopie. U máku nejčastěji vlhkost stanovujeme vážkovou metodou. Při které sleduje se úbytek hmotnost nerozemletého vzorku, který byl vysušen v sušárně při teplotě 103-105 °C po dobu 4 hodin do konstantní hmotnosti. Toto stanovení se provádí dvakrát, aby se omezila chybovost. Pokud rozdíl hodnot překročí 0,5 %, je potřeba provést další paralelní měření (ÚKZÚZ 2019).

*Rovnice 1 Vzorec pro výpočet vlhkosti (ÚKZÚZ 2019)*

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100$$

Kde: W – vlhkost [%]

$m_0$  – hmotnost váženky [g]

$m_1$  – hmotnost váženky se zkušebním vzorkem [g]

$m_2$  – hmotnost váženky s vysušeným zkušebním vzorkem [g]

#### 3.9.2 Popeloviny

Obsah popela se stanovuje nejběžněji dvěma metodami: pomocí metody suchého zpopelnění, pomocí metody mokrého spalování. Dále se používají metody mikrovlnných technik anebo plazmového spalování. Kromě přímých metod se používají rovněž techniky nepřímé, při kterých se stanovuje obsah minerálních látek. Vzhledem k tomu se používají metody jako konduktometrická nebo spektroskopie v blízké infračervené oblasti (Nollet & Toldrá 2015).

### 3.9.2.1 Metoda suchého zpopelnění

Metoda suchého zpopelnění se většinou vybírá pro stanovení obsahu popelovin. Vzorek je spalován v muflové peci při teplotě 500 až 900 °C, kdy v kelímku vzniká světle šedý až bílý popel. Proces spalování zajistí odpařování vody a těkavých látek. Kyslík se mění na oxid uhličitý a oxidy dusíku. Minerální látky se přeměňují na formy oxidů, fosforečnanů, síranů, křemičitanů a chloridů. Kvůli prvků ztrátám při odpařování například Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, P a Zn, se tato metoda používá méně často. Její výhodou je se nemusí používat žádné chemikálie, můžeme stanovit více vzorku najednou, a i přestože je metoda časově náročná, personál laboratoře není potřeba po celou dobu stanovení (Nollet & Toldrá 2015).

### 3.9.2.2 Metoda mokrého zpopelnění

Tuto metodu také nazýváme jako mokrá digesce nebo mokrá oxidace. Probíhá u ní oxidace organických látek pomocí oxidačních činidel a anorganických kyselin. Často se používají rozpouštědla jako koncentrovaná kyselina dusičná, chlorovodíková nebo sírová. Mokré zpopelnění je vhodnější než suché zpopelnění. Jeho výhodou je, že se používá nižší ztráty těkavých minerálních látek než u suchého. Protože používají kyselin jako rozpouštědla, které mají nižší bod varu. Tyto teploty snižují potenciál ztráty odpařování prvků. Další její výhodou je kratší doba analýzy. Nevýhodou metody je, že je vhodná jen pro malé velikosti vzorků (Nollet et Toldrá 2015).

## 3.9.3 Stanovení tukových čísel

### 3.9.3.1 Číslo kyselosti

Číslo kyselosti určuje počet mg hydroxidu draselného potřebných k neutralizaci volných mastných kyselin v 1 gramu vzorku. Čím je vyšší hodnota kyselosti, tím vyšší je obsah volných mastných kyselin (Nollet & Toldrá 2015). Číslo kyselosti je přímo úměrné k pokročilosti hydrolýzy neutrálních tuků a je používána jako zkouška pro žluknutí tuku (Samková et. al. 2020). U máku by mělo číslo kyselosti být do 2 mg KOH/ 1 g oleje nebo 1 % volných mastných kyselin (Vašák et. al. 2010).

### 3.9.3.2 Číslo zmýdelnění

Číslo zmýdelnění určuje počet mg hydroxidu draselného, který je potřebný ke zmýdelnění 1 g vzorku. Tato hodnota nám udává informaci o délce lipidového řetězce. Pokud se hodnota zvyšuje, tak se zvyšuje i délka řetězce (Nollet & Toldrá 2015). Nepřímo závisí na molekulové hmotnosti mastných kyselin, proto nejvyšších hodnot dosahují tuky, které mají ve složení mastné kyseliny s nízkou molekulovou hmotností (Samková et. al. 2020).



### 3.9.3.3 Jodové číslo

Jodové číslo udává obsah nenasycených mastných kyselin v tucích a olejích. Toto číslo se stanovuje chemickou analýzou, spektrofotometrickou metodou nebo přepočtem ze složení mastných kyselin (Nollet & Toldrá 2015). Hodnota udává, jaká hmotnost I<sub>2</sub> v g je schopna se navázat na 100 g tuku za podmínek dle ČSN EN ISO 3961. Dělíme je dle jodového čísla na vysychavé, polovysychavé, nevysychavé a slabě vysychavé (Samková et. al.2020).

Tabulka 6 oleje podle jodového čísla dělení (Samková et. al. 2020)

	mI <sub>2</sub> [g/100 g tuku]	Druh oleje
Vysychavé	Nad 150	Vlašský Konopný Lněný
Polovysychavé	Od 100 do 150	Slunečnicový (118-141) <b>Makový</b> Sójový (124-139)
Nevysychavé	Pod 100	Kokosový (6,3-10,6) Palmový (50-55) Olivový (80-88) Podzemnicový (83-103)
Slabě vysychavé	Okolo 100	Mandlový Řepkový (105-126)

### 3.9.3.4 Peroxidové číslo

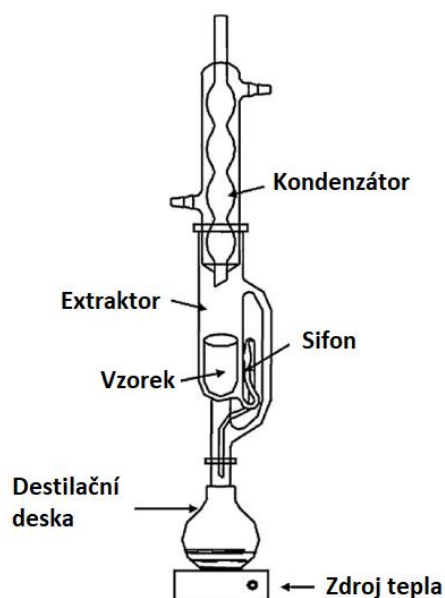
V kvůli vysokému obsahu kyseliny linolové a linolenové je mák náchylný k oxidaci, která vede ke zhoršení sensorických vlastností máku (Sabolová 2019). Oxidace neboli žluknutí tuků a olejů je způsobeno kyslíkem, světlem, mikroorganismy, teplem nebo enzymy. Při oxidaci tuků dochází k oxidaci násobných vazeb nenasycených mastných kyselin kyslíkem. Vznikají aldehydy a ketony, které znehodnocují potraviny. Vzniká nežádoucí hořká chuť nebo žluklá vůně. Nejčastěji se na stanovení žluknutí tuků používají například tyto metody: změna hmotnosti tuku, chromatografické metody, metody infračervené spektrofotometrie a stanovení peroxidového nebo anisidinového čísla. Peroxidové číslo je nejběžnější a nejstarší metodou ke stanovení oxidace. Toto číslo určuje obsah primárních metabolitů oxidace a měří se množství vázaného kyslíku na tuk či olej jako hydroperoxydy. Jak stoupá hodnota peroxidového čísla, tím stoupá obsah kyslíku peroxidicky vázaného v oleji (Endlová et. al. 2019). Peroxidové číslo se vyjadřuje v miliekvivalenty (meq) aktivního kyslíku na kg tuku, jeho hodnoty jsou od 0 meq do 30 meq. Obecně platí, že hodnota peroxidového čísla by neměla přesahovat 10 meq, protože přibližně od této hodnoty může spotřebitel vnímat začátek žluknutí (Samková et. al. 2020).

### 3.9.4 Stanovení olejnatosti

Metoda pro stanovení obsahu tuku je stanovena normou ČSN EN ISO 659 – Olejnatá semena: Stanovení obsahu oleje. Norma představuje referenční metodu pro stanovení tuku v olejnatých semenech používaných pro průmyslové zpracování.

#### 3.9.4.1 Stanovení tuku pomocí konvenční extrakce dle Soxhleta

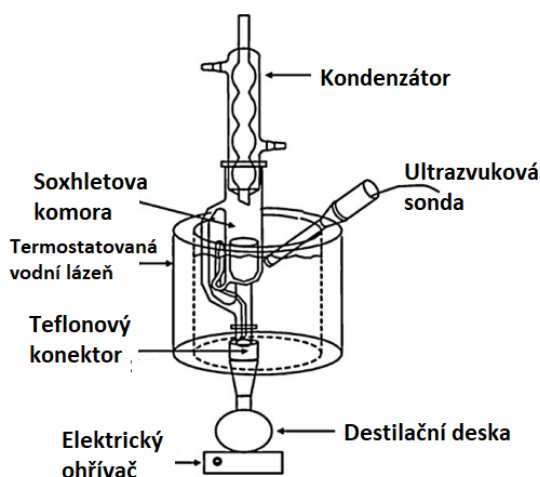
Stanovení tuku pomocí konvenční extrakce dle Soxhleta je nejběžnější metodou, která má své výhody i nevýhody. Nejčastěji se používá ke stanovení tuku, ale používat ji lze i pro stanovení tuku v olejninách. Vzorek se umísťuje do patrony, která se postupně plní rozpouštědlem z destilační baňky. Když kapalina dosáhne určité úrovně průtoku, sifon nasaje rozpouštěnou látku z patrony a vypustí ji zpět do destilační baňky. Extrakce se opakuje do doby, než je ukončena. Výhody této extrakce jsou, že není nutná filtrace vzorku a je velmi jednoduchou metodou. Její nevýhodou je dlouhá příprava vzorků a potřebné velká množství extrakční činidla (Luque de Castro & Priego-Capote 2010).



Obrázek 17 Konvenční extraktor (Luque de Castro & Priego-Capote 2010)

### 3.9.4.2 Stanovení tuku pomocí Soxhletovy extrakce s ultrazvukem

Tato extrakce je založená na fyzikálně-chemických principech, a to použití účinku ultrazvuku. Je používána ke stanovení celkového tuku v olejninách. Extrakce je založena na stejném postupu jako konvenční extrakce, ale navíc je komora umístěna v termostatické lázni, přes kterou proudí ultrazvuk pomocí sondy. Díky ultrazvuku vycházejí výsledky lépe než u konvenční metody. Navíc se při stanovení tuku ultrazvukem můžeme vyhnout mletí vzorku a nedochází ani k degradaci extrahovaného oleje (Luque de Castro & Priego-Capote 2010).



Obrázek 18 Extraktor s ultrazvukem (Luque de Castro & Priego-Capote 2010)

### 3.9.5 Atomová absorpční spektrofotometrie

Metoda je založená na absorpci elektromagnetického záření volnými atomy, které jsou v plynném stavu. Sleduje se absorbance, která je přímo úměrná koncentraci stanovovaného prvku, tento vztah určuje Lambert-Beerův zákon. Výhodou je použití metody kalibrační křivky, která je lineární. Je to velice citlivá metoda, můžeme u ní detekovat prvky ng na 1 ml vzorku. Proto se tato metoda používá k detekci těžkých kovů, což je u máku nejčastěji kadmium, ale také se používá k detekci reziduí pesticidů (Klouda 2003). V rostlinném materiálu se používá plamenová atomová absorpční spektrofotometrie pro stanovení kadmia, vápníku, draslíku, hořčíku a olova. Před stanovením se musí provést mineralizace na mokré cestě. (ÚKZÚZ 2022).

### 3.9.6 Chromatografie

Chromatografie je založena na principu, molekul ve směsi, které jsou navázané na povrchu pevné látky, a kapalně látky se oddělují pomocí pohybu mobilní fáze. Jsou tři složky, které jsou potřeba k chromatografii, stacionární fáze, mobilní fáze a separovaný prvek. Stacionární fáze je složena z pevné vrstvy nebo vrstvy kapaliny adsorbované na povrchu pevného nosiče. Fáze mobilní je nejčastěji buď kapalnou, nebo plynnou složkou. Tato metoda je založena na separaci nebo identifikaci sloučenin jako například aminokyselin, mastných kyselin nebo sacharidů. Chromatografie je rozdělená do několika druhů podle fáze, nejčastějšími jsou iontové výměnná, papírová, plynová či kapalinová chromatografie (Coskun 2016).

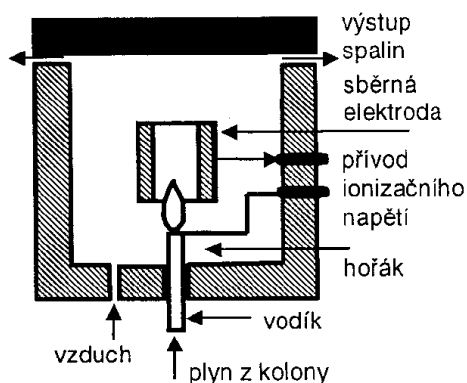
### 3.9.6.1 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie má kapalnou stacionární fázi, která je adsorbována na povrchu pevné látky. Nazývá se také chromatografie „plyn-kapalina“, protože její mobilní fáze je inertní plyn, je většinou helium nebo dusík. Zkoušený vzorek je analyzován tak, že se odpaří a vstupuje do mobilní fáze. Tato metoda je jednoduchá, vysoce citlivá a má spoustu využití (Coskun 2016).

#### 3.9.6.1.1 Detektory v plynové chromatografii

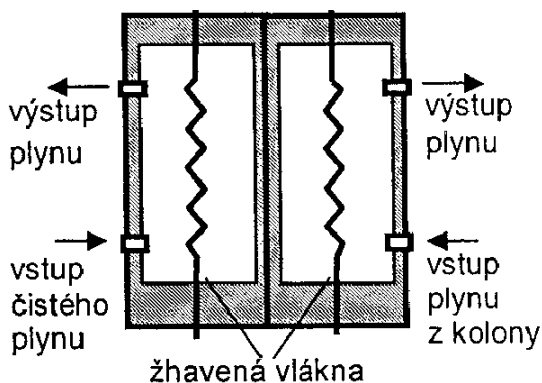
Principem detektorů v plynové chromatografii je to, že detektorem protéká nosný plyn z kolony, který ovlivňuje přítomnost vzorku a posílá signál. Ten je zanesen v závislosti na čase. Nejčastěji používanými detektory jsou plamenoionizační detektor, tepelně vodivostní detektor a detektor elektronového záchytu (Klouda 2003).

Plamenoionizační detektor patří mezi ionizační. Princip těchto detektorů je založen na vedení elektriny v plynech. V detektoru je izolovaná nádoba, ve které proudí plyn přes dvě kovové elektrody a mezi nimi je elektrické pole. Izolace molekul probíhá v kyslíkovodíkovém plameni a je vedena izolačním proudem mezi elektrodami. Před vstupem do hořáku se nosný plyn mísí s vodíkem a z vnějšku je přiváděn vzduch. Když se objeví, složka zvýší se elektrický proud. Nosným plynem se nejčastěji používá dusík. Má schopnost detekovat skoro vše, kromě anorganických plynů a par. Plamenoionizační detektor má velmi široký dynamický rozsahem s vysokou citlivostí (Klouda 2003).



Obrázek 19 Plamenoionizační detektor (Klouda 2003)

Tepelně vodivostní detektor je univerzálním detektorem. Žhavé vlákno vede nosný plyn se stálým elektrickým proudem a teplota se snižuje. S objevením složky se změní tepelná vodivost kolem dvou žhavých vláken, což způsobí i změnu teploty a elektrického proudu. Každé vlákno vede jiný plyn, jeden vede čistý nosný plyn a druhý vede plyn z kolony. Elektrické odpory vláken se porovnávají ve Wheatstonově můstku. Složka se projeví rozladěním můstku (Klouda 2003).



Obrázek 20 Tepelně vodivostní detektor (Klouda 2003)

Detektor elektronového záchytu má niklový radioaktivní zářič s  $\beta$  zářením, ionizuje dusík v nosném plynu a vyvolá ionizační proud, při němž probíhá reakce  $N_2 + \beta^- \rightarrow N_2^+ + 2e^-$ . Uvolněné elektrony se zachycují elektronegativními atomy složek a tím se snižuje ionizační proud. Je velmi citlivý na halogenové sloučeniny (Klouda 2003).

Další důležitým detektorem, který se používá v plynové chromatografii je s hmotnostním spektrometrem. Ionty jsou stanovovány pomocí kvadrupólového analyzátoru. V analyzátoru je prostor analýzy iontů společný s iontovým zdrojem. Pro stanovenou složku získáme její hmotnostní spektrum a identifikujeme s porovnáním spektra se známými spektry (Klouda 2003).

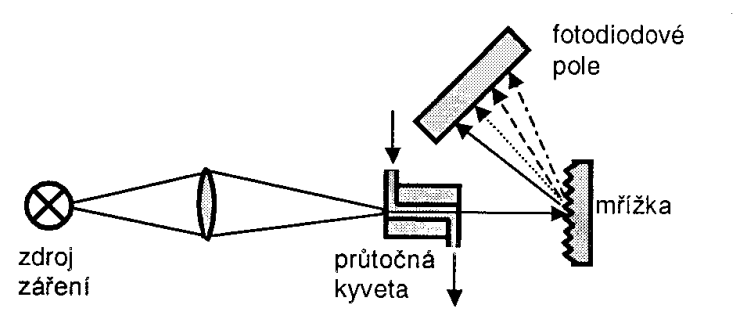
### 3.9.6.2 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC)

Pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie je možné provádět analýzu více molekul v jednom vzorku v krátkém čase (Coskun 2016). Je velmi účinným nástrojem pro separaci lipidů a alkaloidů. (Nollet & Toldrá 2015). Tato metoda je nedestruktivní, a proto je dobrá pro další analýzy. Metoda je založena na přečerpání roztoku přes kolonu. Rozdílná rozpustnost složek vzorku v obou fázích způsobuje, že se složky pohybují kolonou různými průměrnými rychlostmi, čímž dochází k separaci těchto složek. Mobilní fáze je přiváděna pomocí vysokotlakého čerpadla ze zásobníku přes injektor (JoVE 2023).

### 3.9.6.2.1 Detektory v kapalinové chromatografii

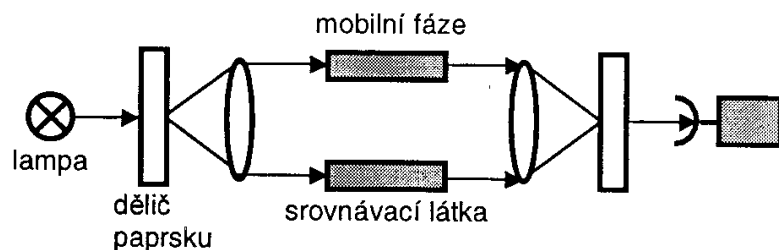
Tyto detektory jsou selektivní pro analyty a málo citlivé na mobilní fázi. Detektor by měl být odolný vůči tlaku mobilní fáze a těsnit. Nejčastějšími detektory jsou refraktometrický, fotometrický a fluorescenční (Klouda 2003).

Fotometrický detektor je nejpoužívanější. Měří absorbanci výluhu, který vyjde z kolony. Citlivost detektoru je zajištěna dostatečnou absorpční dráhou průtočné kvyety. Nejčastěji se měří o vlnové délce v ultrafialové oblasti. Nejvíce dokonalými fotometrickými detektory jsou detektory s diodovým polem. Jsou schopny měřit v určité vlnové délce a uložit data do paměti. Jejich detekční limit je  $10^{-10} \cdot \text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$  (Klouda 2003).



Obrázek 21 Fotometrický detektor (Klouda 2003)

Refraktometrický detektor je založen na principu, kdy se měří rozdíl mezi indexem lomu výluhu a indexem čisté mobilní fáze. Obsahuje-li výluh složku, objeví se odchylka. Detektor není moc citlivý, přesto je univerzální. Je nutné udržovat stálou teplotu (Klouda 2003).



Obrázek 22 Refraktometrický detektor (Klouda 2003)

Fluorescenční detektor je založen na principu fluorescence. Je to schopnost látek pohlcovat ultrafialové záření a pak produkovat záření o vyšší vlnové délce. Toto záření je měřeno fotonosičem kolmo na směr vstupujícího záření. Jeho detekční limit je až  $10^{-12} \cdot \text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$  analytu. Je vysoce selektivní (Klouda 2003).

## 4 Závěr

V této práci jsou uvedeny mé poznatky určující kvalitativní parametry potravinářského a technického máku. Práce byla zaměřena na složení semen máku a stanovení určitých složek a stanovení těchto složek pomocí chemických metod. Práce je rozdělená na obecné informace o máku setém, složení semen a chemické hodnocení semene máku.

- Dle prostudovaných zdrojů můžeme usoudit, že potravinářský mák je dobrým zdrojem esenciálních mastných kyselin, jako je kyselina linolová a olejová. Nevýhodou oleje máku je jeho vyšší náchylnost k oxidaci nenasycených mastných kyselin.
- Mák setý má sice vysoký obsah, ale bohužel nízkou vstřebatelnost vápníku kvůli obsahu vlákniny, fytátů a oxalátů v rostlině máku.
- U technického máku určeného pro využití ve farmaceutickém průmyslu můžeme soudit, že variabilita obsahu alkaloidů je závislá na odrůdě, agrotechnice, meteorologických podmínkách, a hlavně na sklizni. V makovině se nachází okolo 13 typů alkaloidů. Nejčastěji jsou zkoumány dvě skupiny alkaloidů, z nichž každá má jiný účinek. Fenanthrenová skupina působí na centrální nervovou soustavu a jejími nejznámějšími alkaloidy jsou morfin, kodein a thebain. Další skupinou je skupina benzylisochinolinová, která působí na hladké svalstvo. Do této skupiny patří papaverin, narcein a noskapin.
- Také sledujeme obsah kadmia a toxických látek v máku, protože mák je náchylný k jejich kumulaci. Proto by pěstitelé měli klást důraz na výběr půdy, na který chtějí mák vysít. Důležité je také hlídat jaké pesticidy používají, protože mák je náchylný i na kumulaci residuí pesticidů.
- V práci je také část, kde je popsáno chemické hodnocení semen máku. Vlhkost se stanovuje vázkovou metodou a popeloviny nejčastěji dvěma metodami (pomocí metody suchého zpopelnění nebo pomocí metody mokrého spalování). Olejnatost se stanovuje pomocí extrakce podle Soxhleta, avšak pro olejninu je výhodnější využití metody extrakce podle Soxhleta s ultrazvukem. Dále se provádějí stanovení, která jsou specifická pro mák setý. Stanovení kvality oleje v makovém semeni, kdy se používají stanovení zvaná tuková čísla. Pro zjištění obsahu kadmia v máku se využívá atomová absorpční spektrofotometrie. Alkaloidy v máku setém se nejefektivněji stanovují pomocí vysokoúčinné kapalinové a plynové chromatografie.

## 5 Literatura

Aksoz, E., Korkut, O., Aksit, D., Gokbulut, C. 2020. Vitamin E ( $\alpha$ -,  $\beta$  +  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol) levels in plant oils. *Flavour and Fragrance Journal*. **35** (5). 504–510. doi: 10.1002/ffj.3585.

Baranyk P, et. al. 2010. *Olejniny*. Profi Press, Praha.

Coskun, O. 2016. Separation Techniques: CHROMATOGRAPHY. Northern Clinics of Istanbul. doi: 10.14744/nci.2016.32757.

České cechovní normy. 2023. Co jsou cechovní normy. České cechovní normy. Available from <https://www.cechovninormy.cz/index.php/co-jsou-cechovni-norma> (accessed April 2023).

Český modrý mák z.s.. 2022 b. Česká cechovní norma. Český modrý mák, Červený Újezd Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/guild> (accessed April 2023).

Český modrý mák z.s.. 2022 a. Typy máku. Český modrý mák, Červený Újezd Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/druhy-maku> (accessed April 2023).

Český statistický úřad. 2022. Mák. Český statistický úřad. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/mak> (accessed April 2023).

Endlová L., Havel J., Vrbovský V. 2019. Vývoj metody na stanovení hořknutí máku setého (*Papaver somniferum L.*). *Makový občasník* **18**: 24-25.

Evropská komise. 2021. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2021/1323 ze dne 10. srpna 2021, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, pokud jde o maximální limity kadmia v některých potravinách. Brusel.

Fejér, J. 2015. Morfológicko-biológická diverzita druhu mak siaty (*Papaver somniferum L.*) a jej hodnotenie. Prešov. ISBN: 978-80-555-1334-8.

Gabrovská D. 2020. Význam systému českých cechovních norem. *Makový občasník* **19**: 16-20.

Gabrovská D. 2021. České cechovní normy. *Makový občasník* **20**: 16-20.

Gaca, A., Kludská, E., Hradecký, J., Hajšlová, J., Jeleň, H. H. 2021. Changes in volatile compound profiles in cold-pressed oils obtained from various seeds during accelerated storage. *Molecules*. **26** (2). doi: 10.3390/molecules26020285.

Ghafoor, K., Özcan, M. M., AL-Juhaimi, F., Babiker, E. E., Fadimu, G. J. 2019. Changes in quality, bioactive compounds, fatty acids, tocopherols, and phenolic composition in oven- and microwave-roasted poppy seeds and oil. *LWT*. **99**. 490–496. doi: 10.1016/j.lwt.2018.10.017.

JoVE Science Education Database. 2023. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). JoVE. Cambridge. Available from <https://www.jove.com/v/10156/high-performance-liquid-chromatography-hplc> (March 2023).

Klouda, P. 2003. *Moderní analytické metody*. Pavel Klouda. Ostrava.



Knutsen, H. K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., Ceccatelli, S., Cottrill, B., Dinovi, M., Edler, L., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L. (Ron), Nebbia, C. S., Oswald, I. P., Petersen, A., Rose, M., Roudot, A. C., Schwerdtle, T., Vollmer, G., Wallace, H., Benford, D., Calò, G., Dahan, A., Dusemund, B., Mulder, P., Németh-Zámboriné, É., Arcella, D., Baert, K., Cascio, C., Levorato, S., Schutte, M., Vleminckx, C. 2018. Update of the Scientific Opinion on opium alkaloids in poppy seeds. *EFSA Journal*. **16** (5). doi: 10.2903/j.efsa.2018.5243.

Lošák T., et. al. 2022. Rizikové látky v půdě a rostlinách na příkladu kadmia při pěstování máku setého. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/rizikove-latky-v-pude-a-rostlinach-na-prikladu-kadmia-pri-pestovani-maku-seteho> (accessed January 2023).

Lüllmann H., Mohr K, Hein L. 2020. Barevný atlas farmakologie. Grada, Praha.

Luque de Castro, M. D., Priego-Capote, F. 2010. , April Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*.

Mandal, D., Sarkar, T., Chakraborty, R. 2022. , February 1 Critical Review on Nutritional, Bioactive, and Medicinal Potential of Spices and Herbs and Their Application in Food Fortification and Nanotechnology. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. Springer.

Marangoni, F., Agostoni, C., Borghi, C., Catapano, A. L., Cena, H., Ghiselli, A., La Vecchia, C., Lercker, G., Manzato, E., Pirillo, A., Riccardi, G., Risé, P., Visioli, F., Poli, A. 2020. Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. *Atherosclerosis*.

Martínková J., et. al. 2007. *Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů*. Grada, Praha.

Melo, D., Álvarez-Ortí, M., Nunes, M. A., Espírito Santo, L., Machado, S., Pardo, J. E., Oliveira, M. B. P. P. 2022. Nutritional and Chemical Characterization of Poppy Seeds, Cold-Pressed Oil, and Cake: Poppy Cake as a High-Fibre and High-Protein Ingredient for Novel Food Production. *Foods*. **11** (19). 3027. doi: 10.3390/foods11193027.

Mikšík V. 2020. Budoucí rizika pěstování máku v ČR. *Makový občasník* **19**: 10-15.

Mikšík V. 2022. Český mák – nutriční rekordman. *Makový občasník* **21**: 7-10.

Mikšík, V., Lohr, V. 2020. THE CZECH REPUBLIC THE LARGEST PRODUCER OF BREADSEED POPPY. Prague.

Ministerstvo zemědělství. 1997. Vyhláška č. 329/1997 Sb. Ministerstva zemědělství ze dne 11. prosince 1997, kterou se provádí § 18 odst. 1 písm. a), b), e), f), g) a h) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena. Pages 6703-6712 in *Sbírka zákonů České republiky, 1997, č. 329, Česká republika*.

Muhammad, A., Akhtar, A., Aslam, S., Khan, R. S., Ahmed, Z., Khalid, N. 2021., October 1 Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. *Functional Foods in Health and Disease*. Functional Food Institute.

Nollet, L. M. L., Toldrá, F. 2015. *Handbook of Food Analysis - Two Volume Set* (L. M. L. Nollet & F. Toldra, Eds.). CRC Press.

Novák J, Nováková H. 2018. *Mák jako potravina a droga: makový receptář*. Aventinum, Fotografické atlasy. Praha.

Olechno, E., Puścion-Jakubik, A., Socha, K., Zujko, M. E. 2021, June 1 Coffee brews: Are they a source of macroelements in human nutrition? *Foods*. MDPI AG.

Özcan, M. M. 2006. Determination of the mineral compositions of some selected oil-bearing seeds and kernels using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). *Grasas y Aceites*. **57** (2). 211–218. doi: 10.3989/gya.2006.v57.i2.39.

Ozkaya, A., Ciftci, H., Yilmaz, O., Zafer Tel, A., Cil, E., Cevrimli, B. S. 2013. Vitamin, trace element, and fatty acid levels of vitex agnus-castus L., Juniperus oxycedrus L., and Papaver somniferum L. Plant seeds. *Journal of Chemistry*. doi: 10.1155/2013/845743.

Parlament České republiky. 1998. Zákon ze dne 11. června 1998 č. 167/1998 Sb. Zákon o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. Česká republika.

Profi Press. 2002. Využití olejnin pro potravinářské účely. Profi Press. Available from <https://uroda.cz/vyuziti-olejnin-pro-potravinarske-ucely/> (accessed April 2023).

Prugar J, et. al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů, Praha.

Rostlinářský portál. 2023 a. Charakteristika vybraných odrůd. ÚKZÚZ. Available from [https://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c%22#rjp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c|odrudy](https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c%22#rjp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c|odrudy) (accessed April 2023).

Rostlinářský portál. 2023 b. Růstové fáze. ÚKZÚZ. Available from [https://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c%22#rjp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c|rf](https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c%22#rjp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29d42c|rf) (accessed April 2023).

Roszko, M., Szterk, A., Szymczyk, K., Waszkiewicz-Robak, B. 2012. PAHs, PCBs, PBDEs and pesticides in cold-pressed vegetable oils. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*. **89** (3). 389–400. doi: 10.1007/s11746-011-1926-5.

Samková E., et. al. 2020. Kvalita vybraných zemědělských produktů. České Budějovice.

Shahidi, F., De Camargo, A. C. 2016. , October 1 Tocopherols and tocotrienols in common and emerging dietary sources: Occurrence, applications, and health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*. MDPI AG.

Sobolová M. 2019. Role máku ve výživě člověka. Makový občasník **18**: 25-30.

Škarpa, P., Lošák, T., Richter, R. 2009. EFFECT OF MAGNESIUM AND CADMIUM SUPPLEMENTATION ON YIELDS AND QUALITY OF POPPY (*Papaver somniferum L.*)  
ODDZIAŁYWANIE DODATKU MAGNEZU I KADMU NA PLON I JAKOOEAE MAKU (*Papaver somniferum L.*).

ÚKZÚZ. 2019. Metodika zkoušek užité hodnoty. Brno

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2022. Seznam stanovení. ÚKZÚZ. Available from <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/laboratore/pracoviste-narodni-referencni-laboratore/osark/stanoveni-osark-lipa.html#X-201306230722551> (accessed January 2023).

Vašák J, et. al. 2010. Mák. Powerprint, Praha.

Vlček J, et. al. 2010. Klinická farmacie I. Grada, Praha.

## 6 Seznam tabulek

Tabulka 1 Semeno máku setého ( <i>Papaver somniferum</i> L.) semenného, olejného typu (Ministerstvo zemědělství 1997) .....	20
Tabulka 2 Obsah tuku v semenech olejnin (% v sušině).....	23
Tabulka 3 Přibližné procentuální zastoupení nejvýznamnějších alkaloidů v opiu (zaschlé šťávě z nezralých makovic) (Bezpečnost potravin 2014).....	25
Tabulka 4 Opioidní receptory a jejich účinky (Martínková et. al.2007) .....	26
Tabulka 5 Koncentrace tokoferolu ( $\alpha$ -T, $\beta$ + $\gamma$ -T a $\delta$ -T) (mg/kg) v semenných olejích (Aksoz et al. 2020).....	29
Tabulka 6 oleje podle jodového čísla dělení (Samková et. al. 2020).....	33

## 7 Seznam obrázků

Obrázek 1 Barvy semen máku setého (Fejér, 2015) .....	12
Obrázek 2 Semena máku setého (Dostupné z: <a href="https://www.feedipedia.org/content/poppy-papaver-somniferum-seeds">https://www.feedipedia.org/content/poppy-papaver-somniferum-seeds</a> ke dni 21. 4.2023) .....	15
Obrázek 3 Kořenová soustava máku setého.....	15
Obrázek 4 Lodyha máku setého .....	16
Obrázek 5 Listy máku setého (Dostupné z: <a href="https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/sira-na-list-vhodny-doplnek-vyzivy-maku">https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/sira-na-list-vhodny-doplnek-vyzivy-maku</a> ke dni 21. 4. 2023).....	16
Obrázek 6 Květ máku setého (Dostupné z: <a href="https://www.bylinkyprovsechny.cz/byliny-kere-stromy/byliny/2117-mak-sety-ucinky-na-zdravi-co-leci-pouziti-uzivani-vyuziti">https://www.bylinkyprovsechny.cz/byliny-kere-stromy/byliny/2117-mak-sety-ucinky-na-zdravi-co-leci-pouziti-uzivani-vyuziti</a> ke dni 21-4.2023).....	17
Obrázek 7 Tobolka máku setého (dostupné z: <a href="https://opioidy.weebly.com/opium.html">https://opioidy.weebly.com/opium.html</a> ke dni 21. 4. 2023) .....	17
Obrázek 8 Vývojové fáze máku (Novák & Nováková 2018).....	19
Obrázek 9 Znak české cechovní normy (Dostupné z: <a href="https://www.cechovninormy.cz/">https://www.cechovninormy.cz/</a> ke dni 21. 4. 2023) .....	21
Obrázek 10 Graf obsahu makroživin v olejninách [mg/ kg](Özcan 2006).....	24
Obrázek 11 Morfin (Dostupné z : <a href="https://opioidy.weebly.com/morfin.html">https://opioidy.weebly.com/morfin.html</a> ke dni 21. 4 . 2023).....	26
Obrázek 12 Kodein (Dostupné z: <a href="https://opioidy.weebly.com/kodein.html">https://opioidy.weebly.com/kodein.html</a> ke dni 21. 4. 2023).....	27
Obrázek 13 Papaverin (Dostupné z: <a href="https://flexikon.doccheck.com/de/Papaverin">https://flexikon.doccheck.com/de/Papaverin</a> ke dni 21. 4. 2023).....	27
Obrázek 14 Tebain (Dostupný z: <a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thebaine">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thebaine</a> ke dni 21. 4.2023).....	28
Obrázek 15 Noskapin (Dstupný z: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Noscapine">https://en.wikipedia.org/wiki/Noscapine</a> ke dni 21. 4.2023).....	28
Obrázek 16 Molekulární struktura tokoferolů (Dostupné z: <a href="https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tocopherol">https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tocopherol</a> ke dni 21. 4. 2023).....	29
Obrázek 17 Konvenční extraktor (Luque de Castro & Priego-Capote 2010).....	34
Obrázek 18 Extraktor s ultrazvukem (Luque de Castro & Priego-Capote 2010) .....	35
Obrázek 19 Plamenoionizační detektor (Klouda 2003).....	36
Obrázek 20 Tepelně vodivostní detektor (Klouda 2003).....	37
Obrázek 21 Fotometrický detektor (Klouda 2003).....	38