

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Mák – zdroj minerálních látek a důležitých živin

Bakalářská práce

Natálie Moravcová

Výživa a potraviny

Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Mák – zdroj minerálních látek a důležitých živin" 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 svému vedoucímu panu Ing. Matyášovi Orsákovi Ph.D. za cenné rady při psaní bakalářské práce a své rodině, která mě celou dobu podporovala.

Mák – zdroj minerálních látek a důležitých živin

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá nutričním obsahem máku setého (*Papaver Somniferum* L.). Pěstování máku setého má dalekosáhlou historii sahající až do období neolitu. Využívá se nejen pro farmaceutické, ale i potravinářské účely. V České republice má jeho konzumace zakořeněnou tradici, kdy je přidáván především do sladkého pečiva ve formě náplní. Česká republika také patří v současnosti mezi největší světové producenty máku, a přestože je znám především mák modrosemenný (v ČR odrůdy Gerlach, Laazur, Opal a Opex) na popularitě nabývá i mák bělosemenný (v ČR odrůdy Albín, Sokol a Orel). I když je mák brán především jako pochutina, má i velice příznivé nutriční složení. Má vysoký obsah bílkovin a vlákniny. Také má dobré zastoupení mastných kyselin, mezi které se řadí např. linolenová kyselina. Dále má bohaté zastoupení minerálních látek zejména vápníku, čímž se vyznačuje oproti ostatním olejninám, a další látky příznivě působící na lidské zdraví jako např. fytosteroly. V máku se nachází i vitamin E a některé vitaminy skupiny B. Negativní je obsah těžkých kovů, především kadmia, které je toxické již v malých koncentracích, a které mák obsahuje díky jeho akumulaci v semenech. Přesto se jedná o potravinu, jejíž pozitivní nutriční vlastnosti převládají a neměla by být v jídelníčku opomenuta.

Klíčová slova: bílkoviny; fosfor; lipidy; Papaver; vápník; vitaminy

Poppy seeds - a source of minerals and important nutrients

Summary

This bachelor's thesis is focused on the nutritional content of poppy seeds (*Papaver Somniferum* L.). Poppy cultivation has a far-reaching history dating back to the Neolithic period. It is used not only for pharmaceutical, but also for food purposes. In the Czech Republic, its consumption has a deep-rooted tradition, when it is added mainly to sweet pastries in the form of fillings. The Czech Republic is also currently one of the world's largest producers of poppy, and although blue-seeded poppies (in the Czech Republic varieties Gerlach, Laazur, Opal and Opex) are known primarily, white-seeded poppies (in the Czech Republic varieties Albín, Sokol and Orel) are also gaining in popularity. Even though the poppy is considered primarily as a delicacy, it also has a very favorable nutritional composition. It has a high protein and fiber content and a good representation of fatty acids, including linolenic acid. It also has a rich representation of minerals, especially calcium, which distinguishes it from other oilseeds, and other substances that have a beneficial effect on human health, such as phytosterols. The poppy also contains vitamin E and some B vitamins. The negative is the content of heavy metals, especially cadmium, which is toxic even in small concentrations, and which the poppy contains due to its accumulation in the seeds. Nevertheless, it is a food whose positive nutritional properties prevail and should not be omitted from the diet.

Keywords: proteins; phosphorus; lipids; Papaver; calcium; vitamins

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Mák setý	9
2.1. Charakteristika máku a makových semen.....	9
2.2. Odrůdy máku setého	10
2.3. Historie máku	11
2.4. Český mák.....	13
2.5. Pěstování v České republice	15
2.5.1. Modrosemenné odrůdy.....	16
2.5.1.1. Gerlach.....	16
2.5.1.2. Opal.....	17
2.5.1.3. Lazur	17
2.5.1.4. Opex	17
2.5.2. Bělosemenné odrůdy.....	17
2.5.2.1. Albín.....	18
2.5.2.2. Sokol.....	18
2.5.2.3. Orel.....	18
3. Makroživiny	19
3.1. Bílkoviny.....	19
3.1.1. Obsah a složení bílkovin v máku	19
3.2. Sacharidy	19
3.2.1. Obsah sacharidů v máku	20
3.3. Tuky	20
3.3.1. Obsah a složení tuků v máku.....	21
3.3.2. Ostatní látky lipidické povahy.....	22
3.3.2.1. Fytosteroly.....	22
3.3.2.1.1. β -sitosterol	22
3.3.2.1.2. Kampesterol	23
3.3.2.1.3. Stigmasterol.....	23
3.3.2.1.4. Avenasterol.....	23
3.4. Rozdílné vstřebávání živin u kojenců a starších osob.....	23
4. Mák jako zdroj vitaminů a minerálních látek.....	25
4.1. Vitaminy	25
4.1.1. Vitaminy skupiny B	26
4.1.1.1. Vitamin B ₁	26

4.1.1.2.	Vitamin B ₃	27
4.1.1.3.	Vitamin B ₅	27
4.1.2.	Vitamin E	27
4.1.2.1.	α-tokoferol	28
4.1.2.2.	γ-tokoferol	28
4.1.3.	Vitamin C	29
4.2.	Minerální látky	29
4.2.1.	Vápník	29
4.2.2.	Hořčík	30
4.2.3.	Zinek	31
4.2.4.	Železo	31
4.2.5.	Draslík	32
4.2.6.	Fosfor	32
4.2.7.	Antinutriční látky	33
4.2.7.1.	Oxaláty	33
4.2.7.2.	Fytáty	34
4.2.7.3.	Těžké kovy	35
4.2.7.3.1.	Kadmium	35
4.2.7.3.2.	Olovo	36
4.2.7.3.3.	Chrom	36
4.3.	Porovnání živin v modrosemenném a bělosemenném máku	37
5.	Závěr	39
6.	Literatura	40
7.	Seznam použitých zkratk a tabulek	44
7.1.	Seznam použitých zkratk	44
7.2.	Seznam tabulek	45

1. Úvod

Česká republika je jedním z největších producentů, ale i konzumentů máku setého (*Papaver Somniferum* L.). Přestože již staří Slované používali mák ke konzumaci, ve světě se od pradávna pěstoval pro opium, šťávu z nezralých makovic, která navozovala omamné účinky. Díky jeho bohaté historii si ho většina populace spojuje s výrobou drog, kvůli alkaloidům, které obsahuje. V současnosti se díky tomu využívá i ve farmacii. Mák je ovšem vhodnou potravínou pro zařazení do jídelníčku. Obsahuje velké množství nenasycených mastných kyselin, bílkovin a minerálních látek (zejména vápníku).

Mák má v České republice odvěkou tradici, stejně jako u většiny dalších slovanských národů. Je obvykle přidáván do koláčů, buchet, či jen jako posypka pečiva. Má charakteristickou vůni a chuť, a jeho bělosemenná odrůda má údajně chutnat po oříšcích. V České republice dokonce existuje sdružení Český modrý mák, které dbá o jeho dobrou pověst a zasazuje se o dodržování zákonů při jeho pěstování.

U makového oleje je často též pozorována jeho oxidační stabilita pro posouzení kvality, kvůli jeho vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin. Kvůli tomu je náchylný k oxidaci, což zhoršuje jeho senzorické vlastnosti.

Ačkoliv na první pohled obsahuje významné množství živin, minerálních látek a vitaminů, díky obtížnému vstřebávání se tyto látky nedostanou do organismu v celém svém množství. Toto obtížné vstřebávání způsobují obecně u potravin rostlinného původu tzv. antinutriční látky, přičemž v máku jsou to zejména fytáty, ale snížené vstřebávání způsobuje např. i taková vláknina. Ta však snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění, či rakoviny tlustého střeva.

V máku se též nachází těžké kovy, především kadmium, ale i olovo a chrom. Ty jsou pro organismus toxické již v malých koncentracích, a jsou tedy nežádoucí. Ke kontaminaci kadmíem dochází velice snadno, neboť i když se v půdě nevykytuje ve větším množství, rostlina máku má schopnost akumulovat kadmium v semenech.

Mák obsahuje též fytosteroly, což jsou rostlinné steroly, díky jejichž funkci dochází ke snížení hladiny cholesterolu. Dále má díky obsahu tokoferolů antioxidační vlastnosti. Jedná se tedy o potravínou, která by se dala považovat nejen za pochutinu, využívající se v pekařství, cukrářství a tradiční české kuchyni, ale i za zdraví prospěšnou plodinu.

2. Mák setý

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) patří v České republice spolu s řepkou olejkou mezi tradičně pěstované olejninu. Jedná se o jednoletou bylinu, která může dosahovat výšky od 0,9–1,8 m. Květy různých barev (bílá, růžová, červená) dozrají v plod zvaný tobolka neboli makovice, který obsahuje až několik stovek semen. Při poškození vytéká z rostliny „mléko“ s vysokým obsahem alkaloidů. Semena ledvinového tvaru mají délku jeden až dva milimetry a jejich zabarvení je specifické pro jednotlivé odrůdy (Vašák 2010).

2.1. Charakteristika máku a makových semen

Informace o máku a makových semenech byly nejvíce zmiňované v publikaci od Kapoor (1995).

Vzhledem k tomu, že mák setý (*Papaver somniferum* L.) je kulturní rostlina, vykazuje značné rozdíly v barvě semen květů a tvaru tobolky. Celkový vzhled rostliny se však tolik neliší. Jednoleté byliny mají silné, zužující se kořeny a stonky dosahující výšky 91–122 cm, vzpřímené, válcovité, pevné a docela hladké. Jsou velké, četné, střídavé, přisedlé a svírající stonky srdčitou bází. Poupata jsou vejčitá a převíslá, ale květy jsou vzpřímené, jednotlivé a velké. Dva kališní lístky, které jsou zelené, široké a docela hladké, jsou rozčleněné a při otevírání květu se odsunují. Čtyři velké okvětní lístky jsou překřížené, vnější dva jsou širší a hodně překrývají ty mírně úzké vnitřní. Jsou konkávní, zvlněné s četnými těsně umístěnými žilkami vyzařujícími z tuhé tlusté hranaté základny. Jsou čistě sněhově bílé a lesklé.

Výplety jsou četné, hypogynní, vloženy ve dvou až třech řadách na spodní plochu rozšířeného thalamu. Vlákna jsou dlouhá, plochá a ve tvaru stuhy, nahoře mírně rozšířená. Prašníky jsou čárkovité a přichycené úzkou základnou k vláknům. Jsou krémové barvy, zvlněné a po dehiscenci jsou zkroucené. Vaječník je velký a kulovitý, ale zespodu se stahuje do krčku (gynoforu), který se opět rozšiřuje a vytváří schránku, a ta se také zužuje dole do pedicelu. Ten je docela hladký a má zelenou barvu. Vaječník je unilokulární a obsahuje velkou houbovitou parakarpní placentu, která se vyboulí téměř ke středu. Placenta se téměř vždy rovná počtu stigmatických paprsků a nese na všech částech svého povrchu četná vajíčka. Stigma je přisedlé, chlupaté a šíří se po horní části vaječníku s osmi až 13 krátkými tupými podlouhlými paprsky.

Plod (tobolka) je obvykle více či méně kulovitý, nesený na hrdle (jako u vaječníku) a korunovaný přetrvávající bliznou. Oplodí je tvrdé, hladké, suché a křehké, ve zralosti hnědožluté. Má jednu centrální dutinu se suchými papírovými placentárními destičkami, které dosahují asi do poloviny středu. Tobolky některých odrůd jsou dehiscentní a u jiných indehiscentní.

Semena jsou malá, ale četná, ledvinitá a žlutavě bílé barvy. Varlata mají síťovanou síť a embryo je mírně zakřivené uvnitř mastného endospermu. Když se poupě rozvine a celý květ je otevřený během dne, okvětní lístky mají tendenci opadávat jako první a opadávají po 24 až 48 hodinách. Tyto projevy mohou přetrvávat krátkou dobu po opadnutí okvětních lístků, ale brzy zaschnou. Vaječník se po oplodnění a po opadnutí okvětních lístků rozvine do velikosti a během dvou týdnů nabude značných rozměrů.

Následují tři hlavní odrůdy *Papaver somniferum*:

1. *Papaver somniferum* var. *Nigrum* DC - Forma vlčího máku s purpurově červenými květy, kulatě podlouhlá tobolka, otevřené póry pod bliznou se semeny matně šedočerné barvy.
2. *Papaver somniferum* var. *album* DC - Také forma máku s bílými květy, kulaté vejčité tobolky, neotevírané póry pod bliznou, semena bílá.
3. *Papaver somniferum* var. *abnormal* - Odrůda na zanedbaných makových polích nezřídka. Květy jsou malé, žíhané matně zelenou a červenou, okvětní lístky hodně zmačkané a nikdy se plně nerozšíří; tobolky kulatě podlouhlé, otevřené póry pod bliznou. Tyto odrůdy ve svém přirozeném stavu jsou považovány za odrůdy se špatným výnosem léčiv, pokud nejsou zlepšeny kultivací.

Papaver somniferum neroste divoce a je většinou domestikovaný. Úspěšně se pěstuje v tak rozmanitých oblastech, jako je Evropa, severovýchodní Afrika, Austrálie, Japonsko, Jižní Amerika a Severní Amerika. Ale vzhledem k ekonomickým a jiným důvodům je legitimně pěstován v Indii, Číně, Egyptě, Francii, Holandsku, Maďarsku, Řecku, Španělsku, Portugalsku, Itálii, Turecku, Rakousku, Rusku a bývalé Jugoslávii. V omezené míře opiový mák pěstují také Japonsko a Bulharsko. Pěstuje se také v mnoha dalších částech světa, jako je Thajsko.

Chemické složení máku je ovlivňováno mnoha faktory, např. genotypem, prostředím – lokalita a rok pěstování. Mnohé studie navíc prokázaly, že barva semene významně ovlivnila některé látky máku, především bílkoviny, olej a mastné kyseliny (Lančaričová, et al. 2016).

2.2. Odrůdy máku setého

Informace od odrůdách máku setého byly nejvíce zmiňované v publikaci od Vašák (2010).

Máky dělíme zprvu na máky průmyslové a máky potravinářské. Máky potravinářské v rámci skupiny máků olejných mají barvu semen bílou, žlutou, okrovou, růžovou, červenou, hnědou, stříbrošedou či šedou, nejčastěji však modrou, která nejvíc garantuje „makovou vůni a chuť“. Obsah morfinu v suché makovině (makovice s maximálně 15 cm stonku) se rámcově pohybuje od skoro nuly do asi 1 %, v ČR nejčastěji 0,3–0,7 %. Pro velkovýrobu s uplatněním herbicidů se nejvíce hodí modrosemenné slovenské odrůdy máku s obsahem morfinu kolem 0,4–0,6 % (např. Opal, Major, Maraton). V dodané makovině farmaceutický průmysl od roku 2007 požaduje alespoň 0,25 %, ovšem výhodné platby v ČR začínají až od 0,5 % a více morfinu.

Máky průmyslové zatím hlavně šedo-, černo- a modrosemenné, mají spolehlivě více než 1 % morfinu v suché makovině, často 1,5–2,5 %, jako u maďarské modrosemenné odrůdy Buddha. Na Tasmánii jsou v pěstování odrůdy máku setého s obsahy nad 3 % morfinu, případně totéž, ale u nerizikového thebainu (odrůda Norman). Vedle morfinu a thebainu makovina obsahuje mnoho dalších alkaloidů, které se velmi liší podle odrůd. U těchto máků se získává hlavně morfin a thebain. Jejich souhrnná výměra – ovšem mimo thebainového typu z Tasmánie se užívají i pro produkci semene = sekundární produkt – se odhaduje pro rok 2009 asi na 140 tis. ha. Hlavně jde o Turecko: rok 2009 (70 tis. ha), Maďarsko (15,5 tis. ha), Tasmánii (22 tis. ha), Francii (10 tis. ha), Španělsko (11 tis. ha), Indii (11,3 tis. ha). Údaje se překrývají s pěstováním olejného typu. Thebainové typy se z dříve uvedené

celkové výměry pěstují hlavně na Tasmánii (12 tis. ha), ve Francii (2,5 tis. ha), Španělsku (2,1 tis. ha).

Dále na máky jarní a máky ozimé. Máky jarní: podle let z plochy máku celkem zaujímají cca 90 – 100 % výměry. Od roku 2007 je jich skoro veškerá výměra založená na trojici slovenských odrůd Major, Maraton a Opal. Pro výrobu osiva se někdy tyto odrůdy pěstují i z výsevu koncem září.

Máky ozimé: podle let činí jejich podíl na výměře máku 0–10 %, (např. v roce 2009 cca 3 %). Ozimost je geneticky podmíněná. Jsou typické bohatým ochlupením mladých listů a mléčnými skvrnami na nich. Při jarním výsevu dávají jen asi čtvrtinové výnosy semen. Od sezóny 2007/8 ozimům vládne odrůda Zeno 2002.

Podle otevírání makovic se mák člení na hledák, který vytváří pod korunkou otvory. Z nich vypadávají semena (např. u máku vlčího). Pro velkovýrobní pěstování se hledák nehodí. Jeho pěstovaným opakem je mák slepák bez otvůrků pod korunkou.

2.3. Historie máku

Mák je jedna z nejstarších používaných rostlin, která se až do 19. století pěstoval výhradně jako droga, až poté i jako olejnína (Schiff, 2002; Frejér & Salamon, 2014). První zmínka o máku pochází již z let přibližně 3000 př.n.l, zapsaná klínovým písmem v sumerských hliněných tabulkách. Tyto tabulky byly nalezeny v Nippuru, duchovním centru Sumerů, ležícím jižně od Bagdádu a popisovaly pěstování opiového máku, včetně sběru makové šťávy v časných ranních hodinách s následnou výrobou opia. Sumerové pojmenovali opium „Gil“ („šťěstí“), což je termín, který se v určitých světových kulturách dodnes používá pro opium, a vytvořili ideogram opiového máku známý jako „Gil Hul“ („rostlina radosti“) (Schiff 2002).

Asyřané následně pojmenovali makovou šťávu „aratpa-pal“ a spekulovalo se, že latinské slovo „*Papaver*“ (botanický rod opiového máku) je odvozeno od tohoto etymologického původu. Asyřané, stejně jako Sumerové, také sbírali makovou šťávu brzy ráno (škrábáním makové kapsle železnou naběračkou) a ukládali tyto sbírky do hliněných nádob (Schiff 2002).

Starí Egypťané pěstovali opiový mák, nicméně použití opia bylo obecně omezeno na kněze, kouzelníky a válečníky a bylo spojováno s náboženským kultem. Thoth, egyptský bůh písmen, vynálezů a moudrosti, údajně poučoval smrtelné bytosti o přípravě opia, zatímco bohyně Isis měla používat opium jako lék na bolest hlavy boha Ra (Schiff, 2002). V Egyptě a Mezopotámii lékaři předepisovali makovou šťávu spolu s modlitbami, zařikáváním, amulety a náboženskými obřady (Launer, 2013). Ve skutečnosti jsou výrazy „opium thebaicum“ a „thebaine“ (opiový alkaloid) odvozeny z egyptských „théb“ (starověké egyptské město na řece Nilu blízko dnešního Luxoru). Opium se stalo dobře známou drogou Egypta, přičemž jeho různé přípravky byly soustředěny v určitých zeměpisných oblastech (Schiff 2002).

Starí Řekové považovali opium za symbol útěchy a zapomnění a všechny své noční bohy korunovali věncem z květů máku. To bylo v souladu s jejich přesvědčením, že spánek je největší ze všech lékařů a nejmocnější utěšitel lidstva. Maková šťáva v opiovém víně

byla zmíněna ve spisech Hippokrata (460-377 př. n. l.), řeckého lékaře a otce medicíny. Život-ukončující vlastnosti opia byly dobře známy a opium a jedlovec byly běžně používanou kombinací pro popravu odsouzených jedinců (Schiff 2002).

Předpokládá se, že slovo „opium“ má řecký původ a pochází z „opos“ (džus) a „opion“ (mákový džus). Opium pravděpodobně přišlo do Řecka z Malé Asie a staří Řekové spojovali různá božstva s opiem, včetně Hypnos (spánek), Morpheus (sny), Nyx (noc) a Thanatos (dvojče Hypnos) (smrt). Opium je často zmiňováno v řecké mytologii a Homér (850 př. n. l.) uvádí tuto drogu jako opojnou, bolest tišící a spánek navozující látku v „Iliadě“ i „Odyssei“, zatímco Virgil se o ní zmiňuje také v „Eneida“. Homér též popsal, jak ho Helena Trojská přidala do vína, aby rozveselila své hosty (Launer 2013).

Římané pokračovali v používání opia jako léčiva a jako jedu a podle Plinia (50 n. l.) byl císař Nero horlivým uživatelem různých rostlinných jedů, včetně opia, k likvidaci nepřátel. Vlastní sběr surového opia popsal v prvním století našeho letopočtu Dioscorides, který doprovázel římské armády po celém známém světě té doby (Schiff 2002).

Arabové dříve nazývaly mák „Abou-elnoum“ („otec spánku“) a během sedmého století našeho letopočtu, kdy Egyptu vládli Arabové, se přípravek široce rozšířil po celé arabské říši. Znamý arabský lékař a filozof Avicenna (Abu-Ali-Ibn-Sina) (10. století našeho letopočtu) napsal slavnou tezi o opiu, ale později zemřel na opiové opojení. Jak pěstování opiového máku vzkvétalo, byl produkt vyvážen do Evropy a Indie (Schiff, 2002). V roce 1130 n.l. lékař Abulrayan al-Biruni poznamenal, že někteří poutníci do Mekky přivezli fatální množství opia. Vyjmenoval deset základních symptomů předávkování: letargie, blokáda, nekontrolovatelné svědění, slzení očí, paralýza jazyka, odbarvené končetiny a nehty, vydatné studené pocení, bolestivé, ale neúčinné zvracení, křeče a smrt (Launer 2013).

Arabští obchodníci přinesli Číňanům znalosti o léčebném využití opiového máku někdy mezi 11. a 13. stoletím našeho letopočtu. V té době byla látka používána především elitou pro kontrolu úplavice. V 15. století se kouření tabáku stalo populární na západní polokouli a evropští námořníci tento zvyk zavedli do Orientu, kde si rychle získal oblibu. Poslední císař dynastie Ming (1628-1644), Čchung-čen, zakázal používání tabáku v roce 1644, protože tuto rostlinu Nového světa považoval za zlou látku. Číňané však reagovali smícháním opia s tabákem v postupně se zvyšujícím množství pro kouření ve speciálních dýmkách. Nakonec mnozí kouřili čisté opium a na konci století opium užívalo asi 25 % populace (Schiff 2002).

Opium se do Evropy dostalo především jako součást různých směsí, které obsahovaly četné přísady. Paracelsus (1493-1541), který se zasloužil o znovuoživení opia v Evropě poté, co jeho užívání výrazně pokleslo kvůli toxicitě, zpopularizoval látku jako analgetikum, když zavedl různé přípravky využívající název „laudanum“. Thomas Sydenham (1624-1689), zvaný anglický Hippokrates, zavedl opium do Británie a popularizoval tinkturu z laudanum jako užitečnou při léčbě moru. Nicméně, protože se uvádí, že uprchl z Londýna (spolu s většinou ostatních lékařů ve městě) během velkého moru v roce 1665, jeho znalosti byly pravděpodobně získány od lékárníků, kteří zůstali v Londýně během epidemie. Thomas Dover, který byl Sydenhamovým žákem, vynalezl Dover's Powder (opium, ipecac, lékořice a ledek). Dover byl také bývalý pirát a zachránce Alexandra Selkirka, který byl modelem Daniela DeFoea pro Robinsona Crusoe (Schiff 2002).

Ačkoli byla droga historicky spojena s Čínou, byla pěstována v Indii (zejména v Bengálsku) a používána po staletí. Když v roce 1757 ztratil indický stát monopol na výrobu opia, Východoindická společnost učinila z opia hlavní komerční plodinu a do roku 1831 měla tato mocná organizace světový monopol. V roce 1857 britská vláda převzala správu Východoindické společnosti, což mělo za následek, že opiový monopol se rozšířil po celé Indii. Ačkoli Východoindická společnost nesměla prodávat nebo přepravovat opium přímo do Číny, v Indii se konaly obrovské aukce. Tuny opia byly prodány britským a americkým obchodníkům, kteří látku pašovali pomocí „flotil opiových nůžek“ do Číny přes Kanton. Kantonské opium bylo následně distribuováno po celé Číně, a jak se objem nezákonného opia („cizí černé bahno“) zvyšoval, dosadil čínský císař v roce 1838 nového místokrále v Kantonu Lin Tse-Hsu (Schiff 2002).

V roce 1839 nový místokrál zabavil a zničil asi 2,6 milionu liber opia nalezeného na amerických a britských lodích a také ve skladech hongských obchodníků (skupina, která měla monopol na zahraniční obchod v Kantonu). První opiová válka začala koncem téhož roku, ale v roce 1842 zvítězila britská armáda. To vedlo k trvalému ústupku ostrova Hong Kong (obnovený v roce 1997), úhradě (21 milionů liber) za zničené kantonské opium a udělení hlavních obchodních práv v Číně. Druhá opiová válka nastala v příštím desetiletí, s tím výsledkem, že další cizí mocnosti následně převzaly svůj podíl na obchodu (Schiff 2002).

V roce 1900 následovalo povstání boxerů, ve kterém se potulné skupiny Číňanů pokoušely vystěhovat cizince a vyústilo v další ekonomické a územní ústupky ze strany Číny. V roce 1913 bylo závislých 25 % čínské populace a tlaky britského lidu a parlamentu si vynutily ukončení obchodu s opiem. Naneštěstí produkce opiového máku v Číně vzrostla a to se změnil až po druhé světové válce, se vznikem Čínské lidové republiky. Po indické nezávislosti v roce 1947 zdědila ústřední vláda Indie opiový monopol a od té doby se pěstuje a sbírá opium, stejně jako výroba jsou opiové alkaloidy kontrolovány touto vládou (Schiff 2002).

Mák se na území České republiky pěstuje od nepaměti, archeologické výzkumy potvrzují jeho přítomnost ve střední Evropě již před téměř třemi tisíci lety. Slované, kteří přišli v 6. století, si mák velmi oblíbili a postupně se stal běžně konzumovaným jídlem a také nedílnou součástí jejich kultury (Mikšík & Lohr 2020).

2.4. Český mák

Mák je prastarou a trvale významnou českou plodinou. To dokládá název nejméně deseti českých obcí. Máme (v SR pouze Makov, o.Čadca a Makovce, o.Svidník) nejméně pět Makovů, dále Makalovy, Makolousy, Makarov, Maksičky, Makotřasy. Ale i příjmení: Mák, Makoš, Makovec, Makovička, Makovsky, Maksička a jiné. „Něčeho je jako máku“. Plod máku, botanicky tobolka, nazýváme speciálně: makovice. Po jejím vyprázdnění vznikne makovina (Vašák 2010).

Hrdina pohádek, Český Honza odchází do světa s uzlíčkem makových buchet. Mák je součástí popěveků, písní, básní, říkanek. Původní česká kuchyně se bez něj neobejde. To platí pro celou slovanskou kuchyni, ale i kulturu. Největší a tradiční svátky, jako Vánoce a Velikonoce si většina Slovanů – Poláci, Ukrajinci, Bělorusové, částečně i Slováci a další – nedokáží bez máku, bez makovice, představit. Je paradoxem, že v Českých zemích, to je u

největšího producenta potravinářského máku na světě, tento vztah k makovým pokrmům – slavné švestkové knedlíky s mákem, nudle s mákem, šklubanky čili šusterky – včetně domácích sladkostí, koláčů, buchet, frgálů mizí. Jsou totiž náročné na přípravu jídel i mytí mlýnků. Obliba makových pokrmů ale zůstává, jen nejsou běžně dostupné. Mák se ale stal běžným kořením bílého pečiva a náplní průmyslově připravovaných sladkých moučníků (Vašák 2010).

Mák byl u nás až do 19. století zahradní plodinou. Pěstoval se hlavně tzv. mák šerý (šedosemenný) – typu hledáku. Dosud se pěstuje v Rakousku (odrůda Marianne). Přestože vypadal – sklízel se ale šetrně ručně probírkou – měl tu výhodu, že snášel i horší půdy a byl výnosnější než mák slepák. Později se mák dostal na pole, ale bylo jej nadále potřeba pěstovat v širokých řádcích, jednotit, okopávat a ručně probírkou sklízet (Vašák 2010).

Po roce 1970 se stal plně mechanizovanou plodinou. To znamená, že se pěstuje v úzkých řádcích 12,5 – 25 cm, přestal se jednotit, odplevelujeme jej herbicidy a sklízíme žacími mlátičkami. Původně bylo na 1 m² asi 20 rostlin a na každé 3–5 makovic. Nyní to bývá 50–80 rostlin s 1–2 makovicemi na každé z nich. Tento princip pěstování máku zůstává do současnosti. Hlavně šlo o zlepšení výběru herbicidů, zahájila se ochrana proti chorobám a škůdcům, moří se a kalibruje osivo, používají se stimulanty a listová hnojiva, máme možnost regulovat zrání a pozdní zplevelení. Rozšířil se výběr odrůd včetně ozimých a sort s různým obsahem morfinu. Převládající se stala sklizeň máku s makovinou, neboť to snižuje sklizňové ztráty a snižuje poškození semen. Vedle obsahu kadmia v semeni se začíná hodnotit obsah morfinu, který ulpívá na semeni, ale i množství volných mastných kyselin (Vašák 2010).

Pokrok u máku v ČR šel cestou výrazného zjednodušení agrotechniky a rozšíření pěstování máku do šech oblastí ČR. Pěstitelská technologie máku se jako systém přizpůsobila obilovinám a řepce. Výnosy semen ale trvale stagnují, případně se snižují. Tento negativní vývoj se paradoxně pozitivně odráží ve vysoké ceně máku v porovnání nap. S pšenicí. Ta stejně jako jiné obiloviny z hlediska cen výrazně doplácí na úspěšnou intenzifikaci – na vysoké výnosy zrna. Proto se dnes obilí stalo levnou surovinou a mák má povahu koření. Udržet tento paradox ale není v silách zemědělství ČR (Vašák 2010).

V České republice dále funguje spolek Český modrý mák, jež dbá o dobrou pověst typického českého máku doma i ve světě, prosazuje hospodářské, obchodní, právní a odborné zájmy svých členů. Ve spolupráci s vědeckými a odbornými pracovišti poskytuje odbornou a poradenskou službu pěstitelům v oblastech pěstování, sklizně a posklizňové úpravy máku a makoviny. Dbá a ve své činnosti klade důraz na striktní dodržování zákonů a nařízení souvisejících s podmínkami pro legální pěstování máku (*Papaver somniferum* L.) a nakládání s produkty vzešlými z pěstování této plodiny (Český modrý mák 2022).

Český modrý mák byl založen v květnu 2001 jako nástupce sdružení, které sdružovalo výhradně právnické osoby. Poslední změna jména sdružení, resp. spolku, proběhla na členské schůzi 22. 10. 2015, která se konala ve Větrném Jeníkově. Hlavní cíle Českého modrého máku zůstávají a trvale se soustřeďují na zlepšování ekonomiky pěstování, konkurenceschopnosti, tržního uplatnění českého máku setého a na kvalitu produkovaného máku (Český modrý mák 2022).

Vedle zájmu o spravedlivé podmínky prodeje semene máku pro potravinářské využití a makoviny určené pro farmaceutický průmysl se Český modrý mák soustřeďuje na zdokonalování pěstební technologie, tj. předset'ovou přípravu, ochranu rostlin před škůdci a chorobami, agrotechniku, sklizňové a posklizňové technologie (Český modrý mák 2022).

Český modrý mák se orientuje na výrazné zvýšení ekonomicky efektivních výnosů semene, jeho kvality i kvality sklizené makoviny cestou rozsáhlé odborné vývojové a výzkumné práce cestou spolupráce se specializovanými privátními i státními vědeckými a výzkumnými pracovišti v ČR i v zahraničí, včetně univerzitních pracovišť (Český modrý mák 2022).

2.5. Pěstování v České republice

Mák se pěstuje téměř na celém území České republiky, s výjimkou nejsušších oblastí a horských oblastí, v nadmořských výškách do 700 metrů. Největšími pěstiteli jsou tradičně Středočeský kraj (Středočeský kraj), Vysočina, Východní Čechy (Pardubický kraj, Královéhradecký kraj) a střední a severní Morava (Olomoucký kraj, Zlínský kraj a Moravskoslezský kraj). Ročně mák vypěstuje 800–1000 pěstitelů na plochách více než jeden ar (tj. $100 \text{ m}^2 = 0,0247$ akru). Průměrná osevní plocha máku tak činí zhruba 40 hektarů na pěstitele, což je mnohem více než v jiných zemích – např. v Turecku je průměrná plocha kolem poloviny hektaru a v sousedním Polsku asi 1,5 hektaru na pěstitele (Mikšík & Lohr 2020).

Objem produkce máku se v ČR zvýšil především díky rozšiřování pěstebních ploch této plodiny. Hektarové výnosy, které ve 20. a 30. letech dosahovaly po 2. světové válce v průměru 0,86 tuny z hektaru, a to i přes technologický pokrok (nebo spíše právě proto, že efektivita strojové sklizně zdaleka nedosahovala efektivitu ruční práce.) klesla (na cca 0,65 t/ha) a teprve po roce 2010 začala opět mírně stoupat. Nutno však říci, že v současné době jsou plochy osevního máku 5x větší než osevní plochy máku ve 20. až 30. letech 20. století. (Mikšík & Lohr 2020).

Bohužel klimatické změny ovlivnily produkci máku ve střední Evropě. Pěstování máku bylo v posledních dvou letech silně ovlivněno suchem a vysokými teplotami, proto např. v roce 2018 klesly průměrné hektarové výnosy na pouhých 500 kg. Sklizeň roku 2019 se také neřadila mezi nejlepší, i když se situace poněkud zlepšila (Mikšík & Lohr 2020).

Technologie pěstování máku v České republice je na velmi vysoké úrovni a v produkci a exportu semene pro potravinářské účely jsme jednoznačně světovou špičkou. Ale i přes tuto vysokou úroveň se průměrný republikový výnos stále drží na nepřilíživě vysoké hladině okolo 0,75 t/ha bez znatelného dlouhodobého růstu. V letech 2017 a 2018 na tom byla sklizeň díky nepříznivému průběhu počasí ještě hůř, v roce 2017 byl průměrný výnos 0,65 t/ha a v roce 2018 poklesl dokonce na 0,52 t/ha. Rizikovost pěstování máku je stále hodně vysoká a dobrý průběh počasí je zde více než u většiny jiných plodin klíčovým faktorem k dosažení kvalitního výnosu. Nicméně štěstí přeje připraveným, proto se nesmí jak v agrotechnice, tak ve výběru odrůdy nic zanedbat (Vrbovský & Jurčík 2019).

Za staletí pěstování máku v českých zemích byly vyšlechtěny odrůdy určené téměř výhradně pro potravinářské účely. To znamená, že mák pěstovaný dnes v České republice má minimální obsah alkaloidů, které by jinak způsobovaly nepříjemnou hořkou chuť máku.

Český mák se tak vyznačuje lahodnou chutí a příjemnou vůní. Díky dlouholeté a nepřetržité tradici pěstování kvalitního potravinářského máku se Česká republika propracovala na špici mezi zeměmi, kde se mák pro potravinářské účely pěstuje. Navíc je Česká republika jediným významným pěstitelům máku určeného výhradně pro potravinářské účely. Ostatní producentské země s legálním pěstováním máku se obvykle používá nejen jako potravina, ale také jako surovina pro farmaceutický průmysl a často se pěstuje především pro výrobu léčivých přípravků, přičemž semena jsou vedlejším produktem prodávaným mimo zemi původu (Mikšík & Lohr 2020).

Čeští pěstitelé vysévají převážně české a slovenské odrůdy máku, které jsou výsledkem mnohaletého šlechtění. S ohledem na jedinečnost českého modrého máku Česká republika požádala o registraci názvu Český modrý mák jako chráněného zeměpisného označení v EU. Specifikace požadované aplikací V současnosti jsou to modrosemenné odrůdy Major, Aplaus, Marathon, MS Harlekyn, Opál, Onyx, Bergam, Opex, a bělosemenné odrůdy (zejména Orel). V Národním katalogu odrůd je registrováno 11 jarních odrůd a 3 zimní odrůdy máku modrého, bílého a okrového. Ostatní odrůdy, které nejsou zařazeny do Národního katalogu, ale jsou uvedeny ve Společném katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin EU, lze použít, pokud splňují požadavky stanovené vyhláškou č. 399/2013. Nejdůležitějším požadavkem je nízký obsah alkaloidů na povrchu semen a důraz je kladen i na senzorické vlastnosti produktu, tj. chuť, aroma a barvu semen (Mikšík & Lohr 2020).

Sortiment odrůd máku setého registrovaných v České republice je tvořen 5 odrůdami, z toho jsou 3 odrůdy modro semenné a 2 bělosemenné. Na pěstitelských plochách jsou v současnosti zastoupeny především modrosemenné odrůdy Gerlach a Opal. V omezeném rozsahu jsou pěstovány modrosemenný Lazur s vyšším obsahem morfinu v makovině a bělosemenné odrůdy Albín a Sokol. V současnosti se pěstitelé mohou na trhu setkat také s nabídkou odrůd, které jsou zapsány ve společném katalogu EU, ale nejsou u nás registrovány (Zehnálek 2006).

Hlavními směry současného šlechtění máku jsou kromě lepší semenné výkonnosti šlechtění na vyšší obsah morfinu v makovině. V zemích, kde platí restrikce při pěstování náplní máku například Polsko, jsou zase naopak šlechtěné odrůdy s nízkým obsahem morfinu, které lze zároveň snadno identifikovat v porostu pomocí například zvláštní barvy květů nebo jeho třepitostí. Doplňkovým směrem je šlechtění na další barevné typy semene (Zehnálek 2006).

2.5.1. Modrosemenné odrůdy

2.5.1.1. Gerlach

Tato odrůda byla registrována v roce 1990. Jejím udržovatelem je výzkumný ústav rostlinnej výroby, Slovensko. Na českém trhu ji zastupuje společnost Morseva, spol. s r.o., Olomouc. Gerlach je středně raná modrosemenná odrůda. Rostliny jsou středně vysoké, středně odolné až odolné proti poléhání odrůda je středně odolná proti helmintosporiíze na listech, a středně odolná proti plísni makové. Výskyt tobolek z dovnitř porostlým myceliem helmintosporiízy je nízký. Odrůda je typu slepák. Výskyt hledáku je nízký. Obsah oleje v semeni je hodnocen jako středně vysoký. Obsah morfinu v makovině středně vysoký (Zehnálek 2006).

2.5.1.2. Opal

Tato odrůda byla registrována v roce 1995, jejím udržovatelem je výzkumný ústav rostlinnej výroby, Slovensko. Na českém trhu ji zastupuje společnost Morseva, spol. s.r.o., Olomouc. Opal je středně raná modrosemenná odrůda, Rostliny jsou středně vysoké a středně odolné proti poléhání. Odrůda patří mezi středně odolné proti helmintosporióze na listech. Výskyt tobolek s dovnitř prorostlými myceliem helmintosporiózy je nízký až středně vysoký. Opal je středně odolný proti plísni makové. Odrůda je typu slepák. Výskyt hledáků je nízký. Obsah oleje v semeni středně vysoký, obsah morfinu v makovině středně vysoký až vysoký (Zehnálek 2006).

2.5.1.3. Lazur

Tato odrůda byla registrována v roce 2000. Jejím udržovatelem je I.H.A.R. Radzikków z Polska. Na českém trhu ji zastupuje společnost Český mák s.r.o., Praha. Lazur je středně raná modrosemenná odrůda. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odolné proti poléhání. Odrůda je středně odolná proti helmintosporióze na listech. Výskyt tobolek s dovnitř prorostlým myceliem helmintosporiózy je nízký až středně vysoký. Lazur je méně až středně odolný proti plísni makové. Odrůda je typu slepák, má sklon k vyššímu výskytu hledáků. Obsah oleje v semeni je středně vysoký. Obsah morfinu v makovině vysoký (Zehnálek 2006).

2.5.1.4. Opex

Z celého sortimentu je tato odrůda u nás registrovaných modrosemenných odrůd nejranější. V průměru oproti ostatním odrůdám dozrává dřív o cca 2 dny, ale i tyto dva dny mohou hrát klíčovou roli - čím kratší dobu je mák na poli, tím lépe. Odrůda se dále vyznačuje vysokým průměrným počtem tobolek na jednu rostlinu, tvoří proto kompaktní, dobře zapojené porosty. Z hlediska snižování předsklizňových a sklizňových ztrát vykazuje velmi dobrou odolnost k polehání, nízký výskyt hledáků a dobrou odolnost k prorůstání mycelia helmintosporiózy dovnitř tobolek. A ještě pro doplnění, i když výkup makoviny je teď takový jaký je, Opex se vyznačuje vysokým obsahem morfinu v makovině, proto je vhodný i pro případnou produkci této suroviny pro farmaceutické účely (Vrbovský & Jurčík 2019).

2.5.2. Bělosemenné odrůdy

Prakticky veškerá produkce bělosemenných máků je určena na export a tak je v naprosté většině vázána na předem uzavřené smlouvy. Co se týče odrůdové skladby, je situace více než dobrá. Staré bílé odrůdy, které se vyznačovaly nižším výnosovým potenciálem a vyšší citlivostí k herbicidům (fytoxicita) oproti mákům modrým, nahradily odrůdy moderní, jejichž agrotechnika ani výnosový potenciál se od modrých prakticky neliší (Vrbovský & Jurčík 2019).

2.5.2.1. Albín

Tato odrůda byla registrována v roce 1991. Jejím udržovatelem je výzkumný ústav rostlinnej výroby, Slovensko. Na českém trhu ji zastupuje společnost Morseva, spol. s r.o., Olomouc. Albín je raná bělosemenná odrůda. Rostliny jsou středně vysoké a středně odolné proti poléhání. Odrůda je středně odolná proti helmintosporióze na listech. Výskyt tobolek s dovnitř prorostlým myceliem helmintosporiózy je nízký. Albín je středně odolná až odolná proti plísni makové. Odrůda je typu slepák, má vyšší sklon k výskytu hledáků. Obsah oleje v semeni je nízký až středně vysoký. Obsah morfinu v makovině, nízký až středně vysoký. Bílé semeno má netradiční oříškovou příchut' (Zehnálek 2006).

2.5.2.2. Sokol

Tato odrůda byla registrována v roce 2004. Jejím udržovatelem je Oseva PRO, s.r.o. Praha a také ji na českém trhu zastupuje. Sokol je středně raná bělosemenná odrůda. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odolné proti poléhání. Odrůda je středně odolná proti helmintosporióze na listech. Výskyt tobolek s dovnitř prorostlým myceliem helmintosporiózy je nízký až středně vysoký. Sokol je odolný proti plísni makové. Odrůda je typu slepák s nízkým výskytem hledáků. Obsah oleje v semeni je vysoký. Obsah morfinu v makovině středně vysoký, stejně jako předcházející odrůda. Také u této odrůdy mají semena oříškovou příchut' (Zehnálek 2006).

2.5.2.3. Orel

Tato odrůda je aktuálně nejvýnosnější bělosemennou odrůdou. Rostliny jsou spíše vyšší, středně odolné až odolné proti polehání. Ranost dozrávání je střední, podobná většině odrůd. Barva semene je jasně bílá, vyrovnaná. Odrůda nevyžaduje žádnou specifickou agrotechniku, jen je potřeba mít na zřeteli, že semena bílého máku obsahují vyšší podíl oleje oproti máku modrému. Je proto nutné provádět sklizeň opravdu plně vyzrálého porostu a jen správně seřízenou mlátičkou, aby nedošlo k narušení semen, uvolnění oleje a jeho následného žluknutí. Stejně tak je potřeba jisté šetrnosti při následné manipulaci, čištění apod. O důsledném oddělení technologických linek modrého a bílého máku snad nemusíme hovořit (Vrbovský & Jurčík 2019).

3. Makroživiny

Makroživiny jsou potřebné pro organismus relativně ve velkém množství, obvykle se vyjadřují v g/den. Veškeré makroživiny mají v těle stavební funkci, skládají se z tuků, bílkovin a sacharidů. (Pippová, et al., 2021) Všechny makroživiny mají v těle stavební roli, přičemž nejvýznamnější jsou v tomto ohledu bílkoviny. Všechny obsahují uhlík, vodík a kyslík (Sharma 2018).

3.1. Bílkoviny

Bílkoviny se skládají z řetězců aminokyselin, bílkoviny ve stravě typicky obsahují 20 různých aminokyselin. Vzhledem k tomu, že aminokyseliny se dají poskládat mnoha způsoby, existuje velká rozmanitost mezi bílkovinami ve stravě ohledně sekvencí aminokyselin. Při trávení se jednotlivé aminokyseliny využívají pro syntézu jiných aminokyselin a bílkovin, které tělo potřebuje. Existuje osm esenciálních aminokyselin u dětí více, které musí být obsaženy ve stravě. Některé další aminokyseliny mohou být podmíněně esenciální při stresu, pouze když už tělo aminokyseliny nepotřebuje, rozpadají se a fungují jako zdroj energie. Během tohoto procesu se dusík z aminokyselin vylučuje jako močovina v moči (Sharma 2018).

Bílkoviny jsou důležité k udržení stavby a funkce těla. Jejich zvýšená potřeba může nastat v období růstu, při hojení ran nebo v těhotenství. U dětí tedy může nedostatek bílkovin způsobovat zastavení růstu, ochabnutí svalů, zhoršené hojení ran při poranění nebo zvýšené riziko infekce. Bílkoviny jsou přijímány ve formě živočišné a rostlinné (Pippová, et al. 2021).

3.1.1. Obsah a složení bílkovin v máku

Semena máku obsahují 22 % bílkovin, přičemž se jedná o bílkoviny s poměrně dobrým zastoupením aminokyselin. Z esenciálních aminokyselin je v máku v menším množství zastoupen pouze tryptofan. Mák však bývá obvykle konzumován s obilovinami, a tak lze výsledný profil aminokyselin a tím i celkovou výživovou hodnotu pokrmu zlepšit (Sabolová 2019).

Při lisování oleje či výrobě makového nápoje zůstávají téměř všechny bílkoviny v pevné složce, ve výlisku. Při použití vysokého tlaku se při výrobě makového nápoje do tekuté složky vylouží jen cca 12 % celkového obsahu hrubých bílkovin. Výlisek či pokrutiny, které se získají lisováním makového semene, se na našem trhu prodávají často pod názvem Makový protein (Mikšík 2022).

3.2. Sacharidy

Sacharidy také patří mezi nejvýznamnější zdroje energie. Jsou obsaženy ve stravě v různých podobách – od jednoduchých cukrů po komplexnější jednotky. Můžeme rozlišovat monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Po konzumaci využitelných sacharidů se hodnota glykemie (hladina krevního cukru) zvyšuje, některé sacharidy zvyšují hladinu krevního cukru více, některé méně. Rychlost vzestupu glykemie v krvi se po požití různých

potravin liší a tato vlastnost potravin se označuje glykemickým indexem. Čím více se po jídle glykemie zvýší, tím více se musí vyplavit inzulínu. Potraviny s vysokým glykemickým indexem způsobují častější hlad. Mezi takovéto potraviny patří bílé pečivo, hamburgery, pizzy, koblihy apod. (Pippová, et al. 2021).

Naopak potraviny s nízkým glykemickým indexem slouží jako prevence civilizačních nemocí, patří mezi ně např. kořenová zelenina, brokolice, saláty, zelí, houby, rajčata, sušené meruňky, luštěniny, těstoviny, celozrnné pečivo aj. Ze zdravotního pohledu je vhodnější, aby glykemie stoupala pomaleji, proto by měly být preferovány ty potraviny, které mají nízký glykemický index. Sacharidy by tedy měly být přijímány ve formě polysacharidů (odbourávají se pomaleji a vstřebávání cukrů je pozvolnější), které méně zatěžují organismus a nezpříčiňují náhlé zvýšení glykemie (Pippová, et al. 2021). Spadá sem i potravinová vláknina, tyto sacharidy mají důležitý vliv na funkci střev (Sharma 2018).

3.2.1. Obsah sacharidů v máku

V semenech máku je obsaženo pouze 3 % sacharidů, z nichž 1,8 % tvoří cukry. Z výživového hlediska je však u máku významný zejména značný obsah dietární vlákniny, který se pohybuje kolem 23 % (Sabolová 2019). Mikšík (2022) uvádí obsah vlákniny v makovém semeni v rozmezí u stanovovaných semen 8,7–14,3 %, a obsah sacharózy 3,3–3,6 %.

Dietární vláknina snižuje riziko onemocnění diabetes mellitus 2. typu, kardiovaskulárních onemocnění a rakoviny tlustého střeva tím, že snižuje trávení a vstřebávání makroživin a snižuje dobu kontaktu karcinogenů ve střevním lumenu. Některé dietární vlákniny mohou vázat žlučové kyseliny a micelární složky, jako např. monoglyceridy, volné mastné kyseliny a cholesterol, které snižují absorpci a zvyšují vylučování těchto složek stolicí (Kaczmarczyk, et al. 2012).

Zde je snížena vstřebatelnost žádaná, nicméně problémy se vstřebatelností u dalších látek jsou blíže popsány v kapitolách Oxaláty a Fytáty (str. 33,34).

3.3. Tuky

Tuky jsou skupinou látek rozpustných v lipidech, jedná se o nejvýznamnější zdroje energie. Obsahují až dvakrát více kalorií než bílkoviny a sacharidy. Jsou stěžejní zásobárnou energie v těle a jsou ukládány v tukové tkáni (Pippová, et al. 2021). Většina z nich jsou triglyceridy (TAG) (Sharma 2018). Ten tvoří tři mastné kyseliny navázané na glycerol (Mikšík 2022).

Tato skupina obsahuje i další látky rozpustné v lipidech, např. fosfolipidy a steroly (např. cholesterol). TAG se rozpadají a vytvářejí energii, což z nich dělá nejvýznamnější zdroj energie. Určité mastné kyseliny nacházející se v TAG (tzv. esenciální mastné kyseliny) mají význam pro tvorbu a funkci buněčné membrány. Vzhledem k tomu, že organismus nedokáže vyrábět esenciální mastné kyseliny, musí být dodávány stravou (Sharma 2018).

Mastné kyseliny rozlišujeme na nasycené a nenasycené. Nenasycené dále ještě rozlišujeme na polynenasycené, mononenasycené a trans-nenasycené. Škodlivé prvky obsahují na syčené tuky a trans-nenasycené mastné kyseliny. Ochranné faktory jsou obsaženy v polynenasycených a mononenasycených. Mezi polyenovými mastnými kyselinami zaujímají mimořádné postavení dvě kyseliny: alfa-linolenová kyselina (omega-3) a linolová kyselina (omega-6) (Pippová, et al. 2021).

3.3.1. Obsah a složení tuků v máku

Co se týče obsahu tuků v máku, zdroje se značně liší. Dle (Chmelová, et al. 2018) je obsah tuků v máku 42-57 %. Avšak např. dle Erol, et al. (2011) mák obsahuje okolo 38 % tuků.

Tuk obsažený v máku má z výživového hlediska velmi příznivé zastoupení mastných kyselin (Mikšík, 2022). Obsahuje především kyselinu linolovou (72–75 %), olejovou (12–15 %), a α -linolenovou (pod 1 %) (Senila, et al. 2020; Mikšík 2022). Nasycených mastných kyselin se v makovém oleji vyskytuje kolem 12 %. Nasycené mastné kyseliny, tj. kyseliny, které neobsahují v řetězci žádnou dvojnou vazbu mezi uhlíky, působí v našem těle negativně, zvyšují hladinu celkového cholesterolu (Mikšík 2022).

Polynenasycené vyšší mastné kyseliny - tj. kyseliny s minimálně dvěma dvojnými vazbami mezi uhlíky, linolová kyselina a α -linolenová kyselina, patří do skupiny omega-6, resp. omega-3 mastných kyselin. Lidský organismus si je nedokáže vytvořit, proto pro lidské tělo je jejich jediným zdrojem strava. Nazýváme je nepostradatelnými (esenciálními) mastnými kyselinami. Těch se v máku nachází až 75%. Linolová kyselina, která patří do skupiny esenciálních omega-6 mastných kyselin, v lidském těle působí na snížení bolesti, otoků a ranního tuhnutí kloubů-revma. Taktéž snižuje přecitlivělost k alergenům a vysoký tlak. Nedostatek způsobuje vysoušení a vypadávání vlasů a špatné hojení ran, úbytek kostní dřevě – osteoporózu, více se projevují symptomy ADHD (Mikšík 2022).

Vyšší podíl nenasycených kyselin u máku, zejména linolové kyseliny, vede k rychlejší oxidaci, rozpadu molekuly tuku, zejména, když je semeno máku poškozeno či nesprávně skladováno. Tím dochází pozvolna ke zhoršení sensorických vlastností, semeno máku hrdkne, žlukne, má pak hořkou chuť. Proto se semeny máku nutno manipulovat velmi šetrně a z hlediska spotřebitele je nutné je zpracovat do roka od sklizně. Jinak tomu bývá u máku z ruční sklizně, kde vůbec nedochází k nešetrné manipulaci (Mikšík 2022).

Mák, podobně jako jiná olejnatá semena anebo ořechy, může chránit organismus před rozvojem kardiovaskulárních onemocnění, neboť je bohatým zdrojem nenasycených mastných kyselin (olejová, linolová), u kterých byl pozorován pozitivní vliv na hladinu cholesterolu v krvi. Naopak mák obsahuje jen malé množství nasycených mastných kyselin, které jsou spojovány s rozvojem aterosklerózy, diabetu 2. typu a různými typy nádorových onemocnění (Mikšík 2022).

V zemích, kde je velká spotřeba masa, se mák přidává do masných výrobků, aby se zvýšila hladina polyenových mastných kyselin (především linolenová kyselina), a aby došlo ke snížení hladiny nasycených mastných kyselin a cholesterolu. Když byl mák přidán např. do masových hamburgerů, obsah polyenových mastných kyselin se zvýšil z 2,51 % na

46,43 %. Praktikuje se to hlavně, neboť živočišné výrobky jsou považovány za jednu z příčin hypertenze, obezity a kardiovaskulárních onemocnění (Muhammad, et al. 2021).

3.3.2. Ostatní látky lipidické povahy

3.3.2.1. Fytosteroly

Fytosteroly jsou látky, které se nachází v potravinách rostlinného původu, např. v rostlinných olejích, či obilovinách (Sabolová, 2020). Jsou strukturně podobné cholesterolu, přičemž dosud bylo identifikováno kolem 300 rostlinných sterolů (EFSA 2008).

Fytosteroly soutěží s cholesterolem o začlenění do micel, a tím snižují jeho hladinu v krvi, a mají tak pozitivní vliv na snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění. Ke snížení LDL-cholesterolu o 10 % je však potřebný denní příjem fytosterolů v dávce 2–3 g, přičemž jejich reálný dietární příjem se odhaduje na 178–463 mg/den (Sabolová 2020). Jejich příjem v západní dietě je přibližně 250 mg/den (Sharma 2018). Ta je bohatá na sacharidy i nasycené tuky a postrádá vlákninu (Steven R., 2021). Vegetariánská strava fytosterolů obsahuje mnohem více, zhruba 800 mg (Heinrich 2015; Sharma 2018).

Obsah fytosterolů v máku se pohybuje v rozmezí od 1100–3270 mg/kg, v závislosti na odrůdě, což je srovnatelné s jejich obsahem v sezamu (2028–4000 mg/kg), lnu (984–2100 mg/kg), vlašských ořechách (1130–4130 mg/kg), sójovém (1800–4100 mg/kg), slunečnicovém (2400–4500 mg/kg), či olivovém oleji (1000–1200 mg/kg). Nejvíce zastoupenými fytosteroly v máku jsou β -sitosterol, kampesterol, avenasterol a stigmasterol (Sabolová 2020).

3.3.2.1.1. β -sitosterol

β -sitosterol je bioaktivní fytosterol, který se přirozeně vyskytuje v membránách rostlinných buněk s chemickou strukturou podobnou cholesterolu pocházejícím ze savčích buněk. Jsou vysoce zastoupeny v rostlinných potravinách bohatých na lipidy, jako jsou ořechy, semena, luštěniny a olivový olej. β -sitosterol je obecně uznáván jako bezpečný a potenciální výživový doplněk s dlouhou historií používání jako farmaceutických produktů, který nemá žádné škodlivé vedlejší účinky (Shyamaladevi & Selvaraj 2020).

Výjimkou je onemocnění zvané „fytoosterolémie“ (genetické onemocnění), které je výsledkem mutace v proteinech, které hrají zásadní roli v proteinové pumpě, která pomáhá sterolům vstoupit do enterocytů a hepatocytů. Mnoho vědeckých zpráv uznává, že má antinociceptivní, anxiolytické a sedativní účinky, analgetické, imunomodulační, antimikrobiální, protirakovinné, protizánětlivé, hypolipidemický účinek, hepatoprotektivní, ochranný účinek na respirační onemocnění, či účinek na hojení ran (Shyamaladevi & Selvaraj 2020).

Obsah β -sitosterolu v máku se pohybuje v rozmezí 1838–2131 mg/kg, což představuje cca 63 % z celkového obsahu fytosterolů v máku (Dąbrowski, et al. 2020).

3.3.2.1.2. Kampesterol

Kampesterol, rostlinný sterol v přírodě, je známý pro snížení cholesterolu a antikarcinogenní účinky. Protože angiogeneze je nezbytná pro rakovinu, předpokládalo se, že antiangiogenní účinek může být zapojen do protirakovinného účinku této sloučeniny. Kampesterol je jedním z nejběžnějších rostlinných sterolů. Kampesterol, který je hojný v semenech, ořechách, obilovinách, fazolích, luštěninách a rostlinných olejích, má podobnou strukturu jako cholesterol a podobně je metabolizován střevními bakteriemi. Kvůli strukturální podobnosti s cholesterolem mají rostlinné steroly včetně kampesterolu účinky na snížení cholesterolu. Hromadí se důkazy, že kampesterol vykazuje chemopreventivní účinky proti mnoha rakovinám, včetně rakoviny prostaty (Choi, et al. 2007).

Obsah kampesterolu v máku se pohybuje v rozmezí 228,59–736,50 mg/kg (Hakan, et al. 2009).

3.3.2.1.3. Stigmasterol

Stigmasterol je důležitou složkou rostlin. Podílí se na syntéze mnoha hormonů, jako je progesteron, androgeny, estrogeny a kortikoidy. Používá se v řadě chemických procesů, které jsou navrženy tak, aby poskytly četné syntetické a polosyntetické sloučeniny pro farmaceutický průmysl. Stigmasterol bývá využíván pro své farmakologické vyhlídky, jako jsou antiosteoartritické, antihypercholesterolemické, cytotoxické, protinádorové, hypoglykemické, antimutagenní, antioxidační, protizánětlivé účinky a účinky na centrální nervovou soustavu (Chaudhary, et al. 2011).

3.3.2.1.4. Avenasterol

Zabraňuje vstřebávání cholesterolu ve střevě, čímž pomáhá snižovat jeho hladinu v krvi (Pamplona Roger, 2005). Dále se předpokládá, že právě díky němu může docházet k odolnosti makového oleje vůči rychlému znehodnocení při zvýšených teplotách (Gunstone 2011).

Obsah avenasterolu v máku se pohybuje v rozmezí 103,90–425,02 mg/kg (Hakan, et al. 2009).

3.4. Rozdílné vstřebávání živin u kojenců a starších osob

Trávicí systém novorozence je nezralý a v prvních třech měsících funguje minimálně. Slinění je též minimální. Amyláza (enzym pankreatu) a lipáza se až do 4. měsíce nevytvářejí v dostatečném množství, a tudíž nelze účinně trávit složité cukry a tuky. V prvním roce života je omezena funkce jater. Do 6. až 8. měsíce věku nemá novorozenec zuby, a nemůže tedy žvýkat (Leifer 2004). Ovšem, již se mák využívá i do kojenecké výživy (Bozan & Temelli 2008). Přesto však takto malé děti však mák nekonzumují, takže zde to není příliš relevantní.

Naproti tomu, ve vyšším věku již ke konzumaci máku může docházet. Přičemž ve stáří se může objevovat opotřebování a ztráta chrupu. Snižuje se tvorba slin, trávících enzymů. Je zpomalená motilita (pohyblivost realizovaná hladkým svalstvem) orgánů trávicí trubice. Následkem je prodloužený průchod tráveniny žaludkem a střevy. Je zpomalené vstřebávání vitaminů, živin a dalších látek (Mlýnková 2011).

4. Mák jako zdroj vitaminů a minerálních látek

Mikroživiny tvoří vitaminy a minerální látky, v těle jsou pro normální fungování potřebné v malém množství. Minerální látky (draslík, fosfor, chloridy, jód, hořčík, mangan, měď, selen, sodík, vápník, železo) mají strukturální roli. V acidobazické rovnováze jsou minerální látky kofaktory pro enzymy (Pippová, et al. 2021). Mák je bohatým zdrojem mikroživin a to i v porovnání s ostatními olejninami a ořechy (viz Tabulka 1).

Tabulka 1 Srovnání obsahu vybraných makroživin (mg/100 g) v olejnatých semenech a vybraných druzích ořechů (Sabolová 2020)

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	43	1174	535	807	7,5	15,0
Slunečnice	50,3	135	709	367	603	2,2	12,3
Chia	8,2	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 (loupané)	25,2	181	153	153	648	2,2	5,8
Arašíd (loupané)	11,9	70	384	182	572	3,2	3,0

4.1. Vitaminy

Vitaminy jsou organické látky, které tělo potřebuje malé množství pro normální funkci. Dělí se na vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E a K) a vitaminy rozpustné ve vodě (vitaminy B a vitamin C) (Sharma 2018). Ty rozpustné v tucích plní strukturální roli, podílí se na integritě homeostázi a nervových impulzech. Vitaminy rozpustné ve vodě se podílí na metabolismu, dělení buněk, syntéze neurotransmiterů a jsou kofaktory pro enzymy (Pippová, et al. 2021).

Organismus dokáže vytvořit některé vitaminy syntézou. Např. vitamin D se syntetizuje v kůži působením UV záření na prekurzor 7-dehydrocholesterol. Vitamin B₃ (niacin) se v těle vytváří z aminokyseliny tryptofan, což znamená, že zvláštní příjem niacinu není nutný. Pokud je příjem bílkovin dostatečný u obou těchto vitaminů ale nastávají situace, kdy je syntéza nedostatečná, a musí být tedy dodávané stravou (Sharma 2018).

Z vitaminů jsou v makovém oleji zastoupeny zejména tokoferoly (vitamin E), hlavně γ -tokoferol. V máku se v malé míře nachází i vitamin C a některé vitaminy skupiny B (Sabolová 2020).

4.1.1. Vitaminy skupiny B

Vitaminy skupiny B zahrnují skupinu osmi ve vodě rozpustných vitamínů, které plní zásadní, úzce propojené role v buněčném fungování, působí jako koenzymy v široké škále katabolických a anabolických enzymatických reakcí. Jejich společné účinky jsou zvláště převládající v mnoha aspektech mozkových funkcí, včetně produkce energie, syntézy/opravy DNA/RNA, genomické a negenomické methylace a syntézy četných neurochemikálií a signálních molekul. Spadá sem thiamin (B₁), riboflavin (B₂), niacin (B₃), kyselina pantotenová (B₅), vitamin B₆, folát (B₉) a vitamin (B₁₂) (Kennedy 2016).

Pokud jde o jejich původ, vitaminy B jsou typicky syntetizovány rostlinami, přičemž jejich syntéza v rostlinných chloroplastech, mitochondriích a cytosolu je pečlivě regulována podle kolísavých požadavků rostliny. V rostlině plní stejné buněčné funkce jako role, které budou hrát u zvířat, která je konzumují. Výjimkou je vitamin B₁₂, který je syntetizován bakteriemi a je typicky izolován z potravin živočišného původu. k syntéze došlo například v předžaludcích přežvýkavců (Kennedy 2016).

V máku se kromě vitamínů B₁, B₃ a B₅ v malé míře nachází mj. i vitamin B₂ a B₆, obvykle v množství nepřesahujícím 10 mg/kg (Mikšík 2022).

4.1.1.1. Vitamin B₁

Thiamin byl prvním vitamínem B, který byl identifikován, a proto jeho označení B₁. Slouží jako kofaktor pro několik enzymů zapojených do energetického metabolismu. Enzymy závislé na thiaminu jsou důležité pro biosyntézu neurotransmiterů a pro produkci redukčních látek používaných při obraně proti oxidačnímu stresu, stejně jako pro syntézu pentóz používaných jako prekurzory nukleových kyselin (Fattal-Valevski 2011).

Deficit vitamínu B₁ (thiamin) může vyústit ve 3 různé syndromy. Suchá forma beri-beri – jedná se o deficit thiaminu charakterizovaný polyneuropatií s paresteziemi převážně dolních končetin, areflexií, slabostí a atrofií svalstva, s postižením vyšších nervových center a někdy zmateností. Současně je vyšší sklon k infekcím (Fajfrová 2011).

Srdeční forma beri-beri – jedná se o deficit thiaminu charakterizovaný edémem ascendentního typu, hromaděním výpotku v některých dutinách, otoky (hlavně na dolních končetinách, ale také na trupu a v obličeji), postupující hypertrofií a dilatací srdeční s příznaky venózního městnání. Postižený je trvale ohrožen náhlým oběhovým selháním (Fajfrová 2011).

Syndrom Wernicke-Korsakov – tento syndrom se vyskytuje pouze při alkoholismu anebo při abúzu omamných látek. Projevuje se zmateností, dezorientací, oftalmoplegií, nystagmem, diplopií a ataxií (Wernickeho encefalopatie). Dále se projevuje vážnými ztrátami paměti a konfabulacemi (Korsakova psychóza) (Fajfrová 2011).

Denní doporučené množství thiaminu je pro dospělé 1,2 mg (muži), 1,1 mg (ženy) a pro těhotné a kojící 1,4 mg (Fajfrová 2011). Přičemž Mikšík (2022) uvádí z výsledků svých analýz obsah thiaminu (B₁) v máku v rozmezí 4,3–11,6 mg/kg.

4.1.1.2. Vitamin B₃

B₃ (niacin) je ve vodě rozpustný vitamin, který se vyskytuje ve dvou formách: nikotinamid a jeho kyselá forma, kyselina nikotinová. Četné zprávy naznačují, že niacin může pomoci předcházet ateroskleróze, cukrovce a hypercholesterolémii. Niacin je účinný při hojení popálenin a při prevenci šedého zákalu a rakoviny kůže. Molekulární základ většiny těchto zdravotních přínosů bohužel zůstává nejasný (Denu 2005).

Deficit niacinu se projevuje jako pellagra (nemoc tří D). K typickým příznakům pellagry patří dermatitida, diarrhea a demence. Deficit niacinu vede k poruchám sekrece kyseliny solné v žaludku a tím k poruše vstřebávání vitamínu B₁₂ (Fajfrová 2011).

Denní doporučené množství pro dospělé je 16–22 mg (Fajfrová 2011). Přičemž Mikšík (2022) uvádí z výsledků svých analýz obsah vitamínu B₃ v máku v rozmezí 5,8–11,7 mg/kg.

4.1.1.3. Vitamin B₅

Kyselina pantothenová, též známá jako vitamín B₅, je esenciální vitamin a prekurzor pro koenzym A, který je již dlouho uznáván jako nezbytný kofaktor biochemických reakcí v různých organismech. Ačkoli přímá role vitamínu B₅ v etiologii aterosklerózy nebyla plně objasněna, může přispívat k zánětlivému procesu zvýšením hladiny CoA a podporou syntézy glutathionu, čímž se snižuje oxidační stres (Jung, et al. 2017).

Deficit kyseliny pantotenové je pro její široké zastoupení ve smíšené stravě ojedinělý. K projevům deficitu patří dermatitida, depigmentace, vypadávání vlasů, anémie, celková slabost, únava (Fajfrová 2011).

Denní doporučené množství pro dospělé je 8 mg, pro těhotné a kojící ženy 10 mg (Fajfrová 2011). Přičemž Mikšík (2022) uvádí z výsledků svých analýz obsah vitamínu B₅ v máku v rozmezí 6,4–15,7 mg/kg.

4.1.2. Vitamin E

Termín vitamin E se používá pro skupinu osmi molekul související struktury (Schneider, 2005). Jedná se též o antioxidant. Specificky chrání tuk v buněčných membránách před poškozením (lipidovou peroxidací), tudíž udržuje zdraví mnoha buněk v těle. Deaktivuje škodlivé volné radikály, podobně jako vitamin C (Skolnik & Chernus 2011).

Čtyři tokoferoly se skládají z chromanolového kruhu s různým substitučním vzorem methylu skupiny na pozicích 5, 7 a 8 hlavní skupiny (α -, β -, δ -, γ -) a 16-uhlíkový nasycený fytylový zbytek jako postranní řetězec. Tokoferoly mají tři chirální centra na uhlíku 2,4' a 8', a přirozeně se vyskytující izomery mají R-konfiguraci na všech třech pozicích. Tokotrienoly mají stejný substituční vzor na chromanolovém kruhu, ale nenasycený C₁₆ isoprenoidní postranní řetězec s dvojnými vazbami v pozicích 3', 7' a 11'. Všechny tyto molekuly mají antioxidační aktivitu, ačkoli α -tokoferol je chemicky a biologicky nejaktivnější (Schneider 2005).

Bylo zjištěno, že celkový obsah tokoferolu v makovém oleji je extrémně vysoký a hlavní složkou je β -tokoferol. Protože tokoferoly jsou přírodní antioxidanty s biologickou aktivitou, je jasné, že makový olej je také dobrým zdrojem antioxidantů. Za základní biologickou aktivitu tokoferolů se považuje ochrana nenasycených mastných kyselin před peroxidací (Aksoylu, et al. 2015).

Zdroje se o množství obsahu tokoferolů v máku však značně liší. Podle české databáze složení potravin je obsah vitamínu E v máku 22,6 mg/kg. Sabolová (2019) uvádí další obsahy v rozmezí 240–280 mg/kg či naopak 49 mg tokoferolů/kg. Mikšík (2022) uvádí výsledky analýz, kde je také patrné kolísání obsahu od 6,6–22,8 mg tokoferolu/kg semene máku. Nejnižší hodnotu měla semena původem z Polska (odrůda Mieszko), nejvyšší pak Aplaus z ČR. Tyto rozdílné hodnoty obsahu tokoferolů jsou pravděpodobně dány odlišnými odrůdami a lokalitami pěstování máku (Mikšík 2022).

V máku se konkrétně nachází α -tokoferol a γ -tokoferol (Hakan, et al. 2009).

4.1.2.1. α -tokoferol

α -tokoferol je sloučenina, která je jako jediná z tokoferolů zadržována ve vysokých hladinách v plazmě i tkáních. Plazma a tělesné tkáně jsou z 90 % nasyceny α -tokoferolem, zatímco ostatní formy vitamínu E jsou degradovány a vylučovány. Je přítomen v buněčných membránách a hraje významnou preventivní roli při oxidativním poškození molekul, jako je DNA nebo lipidy. Dále neutralizuje volné radikály a přerušuje řetězovou reakci při oxidaci polynenasycených mastných kyselin. Zatímco však jiné formy vitamínu E mají jedinečné antioxidační vlastnosti, u α -tokoferolu není tato aktivita pozorována (Szewczyk, et al. 2021).

Jeho extrémně nízké hodnoty v krvi mohou vést k onemocnění zvanému ataxie s nedostatkem vitamínu E, kdy dochází např. k nemotornosti rukou, či degeneraci páteře. Lze mu však zabránit suplementací α -tokoferolu (Szewczyk, et al. 2021).

Obsah α -tokoferolu je 5,5 mg/100 g makového oleje (Bozan & Temelli 2008).

4.1.2.2. γ -tokoferol

γ -tokoferol je antioxidant, který má potencionální roli v prevenci proti rakovině prostaty a tlustého střeva. Dále byla prokázána souvislost mezi nízkým příjmem γ -tokoferolu a výskytem kardiovaskulárních onemocnění. Navíc je prokázáno, že jeho role při ochraně potravin, objemových lipidů a emulzí je lepší než u α -tokoferolu, je tedy odpovědný za zvýšenou stabilitu potravin, a tím snižuje příjem volných radikálů v lidské stravě (Wagner, et al., 2004). Bylo pozorováno, že právě γ -tokoferol má schopnost vychytávat reaktivní formy dusíku (Szewczyk, et al. 2021).

Obsah γ -tokoferolu je 21,74 mg/100 g makového oleje (Bozan & Temelli 2008).

4.1.3. Vitamin C

Vitamin C je pro člověka esenciální mikronutrient a silný antioxidant (Carr & Maggini 2017). Hlavní funkcí vitaminu C je kofaktor enzymatických systémů zapojených v metabolismu základních substrátů, kolagenu, karnitinu, katecholaminů, peptidových i steroidních hormonů, podílí se též na transformaci cholesterolu na žlučové kyseliny, biotransformaci cizích látek a resorpci železa. Dále se podílí na ochraně organismu před poškozením volnými radikály a podporuje celkovou obranyschopnost organismu stimulací imunitního systému (Fajfrová 2011).

Avitaminóza je v dnešní době vzácná. Může se vyskytnout u jedinců, kteří nepřijímají ani minimální dávku vitaminu C, která činí 8–10 mg/den. S hypovitaminózou se můžeme setkat v jarním období v důsledku nedostatku vitaminu C v potravě. K hypovitaminóze dochází i při zvýšených potřebách organismu (období růstu, extrémní tělesná zátěž, stres, infekční onemocnění, abúzus drog a alkoholu, kouření). Mezi klinické příznaky hypovitaminózy patří únava, anémie, neprospívání, náchylnost k infekcím, hematomy, petechie, záněty a krvácení dásní, bolest kostí, zhoršené hojení ran (Fajfrová 2011).

Předávkování vitaminem C je extrémně vzácné. Při denních dávkách vyšších než 200 mg se rapidně zrychluje renální exkrece. Při denním příjmu vyšším než 1 g se významně zvyšuje riziko tvorby oxalátových kamenů. Denní příjem vitaminu C v dávce 2–3 g způsobuje u většiny lidí významné průjmy díky osmotickému efektu nevstřebaného vitaminu. Nejeftivnější dávka pro udržení maximální zásoby vitaminu C v organismu je 100 mg denně. Při podávání vyšších dávek je účelnější zvolit lékové formy s postupným uvolňováním (Fajfrová 2011).

Doporučená denní dávka pro dospělého je 60–100 mg (Fajfrová 2011). Zatímco obsah Vitaminu C v máku je 1 mg/100 g (Sabolová 2020).

4.2. Minerální látky

Minerální látky jsou anorganické látky potřebné v těle v malém množství, zejména aby vytvářely strukturu jiných molekul (např. vápník v kosti nebo železo v hemoglobinu) nebo aby působili jako esenciální kofaktory pro činnost enzymů (např. selen pro glutathionperoxidázu). U některých minerálů (např. železo) musí být příjem ve stravě pečlivě regulovaný, protože je u nich velmi omezená schopnost vylučování a hromadění velkého množství v zásobních orgánech může vést k otravě. Některé minerální látky také mezi sebou soupeří o vstřebávání, tudíž nadměrný příjem jednoho může zabránit absorpci (např. zinek a železo; železo a vápník) (Sharma, 2018). V acidobazické rovnováze jsou minerální látky kofaktory pro enzymy (Pippová, et al. 2021).

4.2.1. Vápník

Vápník je nezbytný prvek ve všech fázích života (Keller, et al. 2002). Vápník se vyskytuje ve všech buňkách těla. Mezi základní účinky patří fyziologie nervové a svalové tkáně, tvorba kostí a zubů, srážení krve a funkce signální molekuly (úloha II. posla), podílí se na udržování pH krve. Dále se účastní přenosu vzruchů a informací (nervový systém

centrální a periferní, svaly kosterní, hladké, myokard, uterus atp.), je nutný pro mechanickou pevnost zubů a kostí. Pro jeho vstřebávání ze střeva do krve je naprosto nezbytná přítomnost vitamínu D₃ (Třískala, et al. 2019).

Devadesát devět procent tělesných zásob vápníku je uloženo v kostech a zubech. Zbytek se nachází v extracelulárních tekutinách (včetně krve), svalech i dalších tkáních. Hladina vápníku v krvi je přísně regulována, aby zůstávala na určité úrovni. Jestliže tato hodnota klesne, následuje série hormonálních signálů vedoucí k uvolnění vápníku z kostí do krevního řečiště. Časem to ovšem může zapříčinit demineralizaci kostí, čímž se zvýší riziko zlomenin (Skolnik & Chernus 2011).

Denní potřeba vápníku se pohybuje kolem 800–1200 mg (Jakešová & Pourová 2019). Mák obsahuje cca 1357 mg/100 g (Sabolová 2020). Tedy více než je nutná denní spotřeba, problémem je však jeho vstřebatelnost. U rostlinných zdrojů bývá vápník vázán na látky, které jeho vstřebávání v těle blokují, proto je celková využitelnost z těchto potravin jen kolem 10 %. Mák patří mezi potraviny s o trochu lepší vstřebatelností (Jakešová & Pourová 2019).

Potraviny rostlinného původu obecně nejsou považovány za dobrý zdroj vápníku kvůli jeho nízké vstřebatelnosti v důsledku přítomnosti oxalátů a fytátů, které vytváří s vápníkem nerozpustné komplexy. Navíc potraviny rostlinného původu obsahují vlákninu, která také snižuje vstřebatelnost živin. Existují práce, které poukazují na to, že ze špenátu nebo rebarbory, které obsahují velké množství oxalátu, se vstřebá pouze 5 – 9 % vápníku, avšak ze sezamu a z mandlí se může vstřebat až 21 %, z kapusty a brokolice dokonce 50 – 61 % přítomného vápníku. Z mléka, které je považované za ideální zdroj vápníku, díky jeho vysokému obsahu, přítomnosti vitamínu D, laktózy a kaseinu, které zlepšují vstřebatelnost vápníku, se v konečném důsledku vstřebá asi 30 % vápníku. V současnosti však nejsou dostupné studie, které by sledovaly konkrétní vstřebatelnost vápníku z máku (Sabolová 2020).

Resorpci vápníku ze střeva, tak i zpětnou resorpci vápníku v ledvinách, zvyšuje aminokyselina L-lyzin. (Heinrich 2015) Rovněž vápník brzdí absorpci železa a zinku. Na jeho vylučování má vliv kofein, na každých 150 mg přijatého kofeinu se močí vyloučí 5 mg vápníku (Skolnik & Chernus 2011).

4.2.2. Hořčík

Jedná se o velmi důležitý prvek v celé biosféře. U člověka se hořčík jako makroprvek účastní dějů souvisejících se strukturou nukleových kyselin, tedy důležitý pro genetiku. Jako kofaktor se účastní stovek interakcí, a to zvláště enzymatických reakcí zajišťujících pro organismus dostatek energie. Hořčík je nezbytný pro syntézu glutationu – z hlediska antioxidantních látek a reakcí v těle je glutation velmi důležitý (Třískala, et al. 2019).

Hořčík je nutný pro přenos vzruchů periferním nervovým systémem, na periferních nervech urychluje reinervaci, na synapsi motorických jednotek urychluje přenos vzruchů, a je nutný pro kontraktilitu kosterních svalů. Má protitrombotický efekt, jeho dostatečný příjem, event. Substituce, je prevencí kardiovaskulárních onemocnění, vzniku infarktu nebo iktu, srdečních arytmií a hypertonické nemoci. Přítomnost hořčíku umožňuje v souhře s vápníkem modelaci/ remodelaci kostí (Třískala, et al. 2019).

Obsah hořčičku v máku je 395 mg/100 g (Sabolová 2020).

4.2.3. Zinek

Zinek má významný vliv na správný vývoj živých organismů rostlinných i živočišných. Je důležitou součástí enzymů – látek, které v lidském těle ovlivňují mnohé procesy, od růstu buněk přes pohlavní zrání až po normalizaci imunity (Třískala, et al. 2019). Je zapojen do syntézy i štěpení proteinů; je zabudován do proteinů, jež jsou součástí receptorů vitamínu A a D; a je nezbytný pro syntézu DNA i RNA, rozlišování chutí, imunitní funkce, acidobazickou rovnováhu, tvorbu kolagenu, hojení ran, působení inzulínu a produkci testosteronu. Zinek je rovněž součástí důležitého antioxidantu – superoxidu dismutázy (Skolnik & Chernus 2011).

Je tedy jasné, že zinek je klíčový i pro řadu tréninkových funkcí. Nadměrný příjem zinku způsobuje pokles hladiny dobrého (HDL) cholesterolu a může narušovat vstřebávání mědi (Skolnik & Chernus 2011). Lidský organismus je odkázán na příjem zinku potravou, protože postrádá mechanismy jak pro jeho genezi (netvoří jej), tak pro tvorbu depa (Třískala, et al. 2019).

Zinek dále patří k prvkům důležitým zhruba ve 200 enzymech, je např. nutný v metabolismu deoxyribonukleové kyseliny (DNA), enzymu alkoholdehydrogenázy, alkalické fosfatázy (Třískala, et al. 2019).

Obsah zinku v máku je 6,8 mg/100 g (Sabolová 2020). Přičemž Doporučená denní dávka zinku v lidské potravě se pohybuje mezi 15 a 25 mg (Třískala, et al. 2019).

4.2.4. Železo

Železo je mikroprvek, jehož potřeba a příjem jsou regulovány zpětnovazebně – podle příjmu (Třískala, et al. 2019). Je dále důležitou složkou krve umožňující roznášení kyslíku a rovněž je součástí řady enzymů odpovídajících za určité tělesné pochody. Zhruba dvě třetiny tělesných zásob železa jsou přítomny v hemoglobinu červených krvinek. Je taktéž součástí molekul v mitochondriích a oxidativních enzymů (Skolnik & Chernus 2011).

Pro vstřebávání železa člověk potřebuje dostatečnou aciditu žaludeční šťávy. Absorpce železa; ovšem závisí na více faktorech. Kromě žaludeční acidity je nutná přítomnost kyselin askorbové, citronové, jablečné, vinné, mléčné – lze tedy mj. říci, že kyseliny obsažené v kvašených výrobcích vstřebávání železa zlepšují. Přítomnost vitamínu C a aminokyselin asparagové a glutamové podporují absorpci železa. Všechny tyto faktory dohromady pomáhají udržet železo ve dvojmocné formě a tím umožňují jeho vstřebávání z gastrointestinálního traktu a zapojení do metabolických dějů v organismu, neboť trojmocná forma železa se téměř nevstřebává a v těle je téměř neaktivní (Třískala, et al. 2019).

Absorpce dvojmocného (hemového) železa je mnohem vyšší a není ovlivněna potravinami, které konzumujeme současně s ním. Nachází se pouze v živočišných

produktech. To trojmocné (nehemové) se nachází v rostlinných, živočišných a fortifikovaných výrobcích (Skolnik & Chernus 2011).

Obsah železa v máku je 8,8 mg/100 g (Sabolová 2019). Přes vysoký obsah tohoto prvku, není však mák touto svou kvalitou zcela znám. Špenát býval symbolem zdroje železa pro lidský organismus. Tento mýtus přetrvává i po „opravě desetinné čárky“ obsahu železa v listech špenátu, a to přesto, že ve špenátu je 3x méně železa jak v semenech máku. K tomu je třeba doplnit, že vstřebatelnost železa lidským organismem ze špenátu, resp. z listových zelenin, činí zhruba 5 %. V případě máku či jiných olejnatých semen se ale odhaduje na 20 % (Mikšík 2022).

4.2.5. Draslík

Spolu se sodíkem má vliv na objemu tekutin a je tedy nezbytný pro rovnováhu tekutin v organismu. Jedná se o minerální látku, nezbytnou pro funkci svalů a nervů a hraje zásadní roli v činnosti srdce (Petrová & Stávková 2015).

Draslík má velice významné postavení v buněčném metabolismu, zejména při tvorbě makroergních fosfátů a pro biochemické děje probíhající při excitaci svalových a nervových buněk. 80–90 % draslíku přijatého potravou se vyloučí ledvinami (Heinrich 2015).

Draslík je elektrolyt, který vede elektrické impulzy buněčnými membránami, obzvláště v nervové a svalové tkáni (včetně srdce). Má pozitivní náboj a je lokalizován především uvnitř buněk. Pomáhá regulovat rovnováhu tekutin společně se sodíkem a chloridovými ionty, jež se nacházejí vně buňky. Draslík se taktéž podílí na transportu glukózy do svalových buněk a na ukládání glykogenu. Tělo reguluje hladiny draslíku v séru dosti přísně (Skolnik & Chernus 2011).

Objeví-li se vzestup hodnot, hormony vyšlou ledvinám signál, aby draslík vyloučily; je-li jeho hladina nízká, ledviny jej zadrží. Při půstu, průjmu, zvracení, či užívání diuretik se může objevit velice nízká úroveň draslíku označovaná jako hypokalémie. Ta může vést ke svalové slabosti, nebo dokonce i k infarktu, protože draslík hraje významnou roli v přenosech elektrických impulzů v srdci. Třebaže se malá množství draslíku ztrácejí potem, lze je snadno nahradit stravou (Skolnik & Chernus 2011).

Obsah draslíku v máku je 832 mg/100 g (Sabolová 2020).

4.2.6. Fosfor

Fosfor patří mezi makroprvky. Tvoří až 1,5 % hmotnosti člověka. Podílí se na tvorbě kostí a zubů, energetickém metabolismu – tvorba energie (ATP, ADP, AMP, cAMP), má úlohu I. Posla. Je součástí nukleových kyselin, důležitou součástí fosfolipidů buněčných membrán a součástí mnoha enzymů. Dále se uplatňuje jako regulátor aktivity hormonů. Hojně se vstřebává v anorganické podobě, v krvi se vyskytuje buď jako volný, nebo ionizovaný fosfát (až 54 % celkového množství v krvi), 34 % ho je v organických molekulových vazbách a 12 % je vázáno na bílkoviny (Třískala, et al. 2019).

Parathormon reguluje hladiny fosforu a vápníku. Vstřebávání vápníku zvyšuje parathormon a vyšším vylučováním fosforu ledvinami a střevní sliznicí. Doporučená denní

potřeba fosforu je u mužů 1600–2400 mg, u žen 1200–1600 mg, minimální příjem by měl být 800 mg/den. Fosfor je v potravě velmi dobře dostupný. Pokud vzácně dojde ke snížení hladiny fosforu, u pacientů se mohou objevit poruchy kontraktility myokardu, hypoxie tkání, pokles svalové síly, poruchy funkcí periferního nervstva. Na nedostatek fosforu se rovněž musí myslet u tzv. nevysvětlitelných nebo spontánních fraktur, u osteoporózy nereagující přiměřeně na podávání vápníku a vitamínu D, při značné celkové únavnosti s bolestí svalů a kloubů (Třískala, et al. 2019).

Obsah fosforu v máku je 936 mg/100 g (Sabolová 2020).

4.2.7. Antinutriční látky

4.2.7.1. Oxaláty

Informace o oxalátech byly nejvíce zmiňované v publikaci od Thakur, et al. (2019).

Oxaláty ovlivňují metabolismus vápníku a hořčíku a reagují s bílkovinami za vzniku komplexů, které mají inhibiční účinek na peptické trávení. Kyselina šťavelová váže vápník a vytváří šťavelan vápenatý, který je nerozpustný. Šťavelan vápenatý nepříznivě ovlivňuje vstřebávání vápníku. Smrtelná otrava člověka po požití velkého množství listů některých rostlin, např. rebarbory, o které je známo, že obsahuje relativně velké množství oxalátů. Vaření může snížit obsah rozpustného šťavelanu v mnoha běžných zeleninách, ale nikoli nerozpustnou frakci, pokud se vařící voda obsahující část vyluhovaného rozpustného šťavelanu vyhodí.

Sůl vytvořená z kyseliny šťavelové je známá jako oxalát: například šťavelan vápenatý, o kterém bylo zjištěno, že je široce distribuován v rostlinách. Mezi kyselinou šťavelovou a různými dalšími minerálními látkami, jako je vápník, hořčík, sodík a draslík, se vytvářejí silné vazby. Tato chemická kombinace má za následek tvorbu oxalátových solí.

Některé oxalátové soli, jako je sodík a draslík, jsou rozpustné, zatímco oxalátové soli vápenaté jsou v zásadě nerozpustné. Nerozpustný šťavelan vápenatý má tendenci se srážet (nebo tuhnout) v ledvinách nebo v močovém traktu, a tak tvoří ostrohranné krystaly šťavelanu vápenatého, když jsou hladiny dostatečně vysoké. Tyto krystaly hrají roli při tvorbě ledvinových kamenů v močovém traktu, když je kyselina vylučována močí.

Vyšší obsah šťavelanu se může vázat na vápník přítomný v potravě, čímž se vápník stává nedostupným pro normální fyziologickou a biochemickou roli, jako je udržování silných kostí, zubů, kofaktor v enzymatické reakci, přenos nervových vzruchů a jako faktor srážení krve. I když ztráta vápníku vede k degeneraci kostí, zubů a narušení procesu srážení krve. Když je šťavelová kyselina konzumována, dráždí výstelku střeva a ve velkých dávkách může být smrtelná.

Pokud se pravidelně konzumuje jídlo s nadměrným množstvím kyseliny šťavelové, pravděpodobně se objeví nutriční nedostatky a také silné podráždění střevní sliznice. Hodnoty oxalátu se mění v důsledku zpracování. Namáčení a vaření potravin s vysokým obsahem oxalátu sníží obsah šťavelanů vyluhováním. Var může způsobit značné natržení slupky a usnadnit únik rozpustného oxalátu do vody na vaření; toto může být možný důvod pozorovaného vysokého snížení hladiny oxalátu při varu. Uvádí se, že vaření ovlivňuje nejvyšší snížení šťavelanu.

Šťavelan vápenatý je nerozpustný při neutrálním nebo alkalickém pH, ale volně se rozpouští v kyselině. Oxalát lze nalézt v rostlinách jako rozpustné a nerozpustné formy. Rozpustné soli se tvoří, když se šťavelan váže s draslíkem, sodíkem a hořčíkem (šťavelan hořečnatý je méně rozpustný než draselné a sodné soli), zatímco nerozpustné soli vznikají, když se šťavelan váže s vápníkem a železem.

4.2.7.2.Fytáty

Informace o fytátech byly nejvíce zmiňované v publikaci od Thakur, et al. (2019).

Fytát je forma soli kyseliny fytové, která se nachází v rostlinách. Kyselina fytová způsobuje snížení biologické dostupnosti esenciálních minerálů a jejich přeměnu na nerozpustné sloučeniny, jejichž vstřebávání a trávení je v tenkém střevě menší. Když se fytoidní fosfor nepoužívá, je vylučován vylučováním. Způsobem, jak tomu zabránit, je hydrolýza fytoidního fosforu; pro tento účel lze kromě metod, jako je namáčení, klíčení, používání potravin bohatých na rostlinný endogenní fytózový enzym a skladování, použít také metody jako vaření a provádění autoklávu, kde se fytoidní fosfor ničí za přítomnosti tepla.

Provedené studie prokázaly, že fytoidy snižují hladinu cholesterolu a chrání před rakovinou střev železného původu. Kromě toho fytoidy vykazují vlastnosti přírodních antioxidantů a také jejich výhody, jako je snížení peroxidace lipidů. 62–73 % a 46–73 % celkového fosforu v obilných zrnech a semenech luštěnin je ve formě organicky vázaného fytinového fosforu.

Kyselina fytová je přítomna ve značném množství v kromě mnoha hlavních luštěninách, také v olejnatých semenech. Jak se kyselina fytová hromadí v semenech, další minerální látky s ní zjevně chelatují za vzniku komplexního fytátu soli. Kyselina fytová působí jako silný chelátor, tvoří proteinové a minerální komplexy kyseliny fytové; čistým výsledkem je snížená biologická dostupnost proteinů a minerálů. Uvádí se, že kyselina fytová chelatuje kovové ionty, jako je vápník, hořčík, zinek, měď, železo a molybden, za vzniku nerozpustných komplexů, které nejsou snadno absorbovány z gastrointestinálního traktu.

Kyselina fytová také inhibuje účinek gastrointestinální tyrosinázy, trypsinu, pepsinu, lipázy a amylázy. Největším účinkem kyseliny fytové na lidskou výživu je její snížení biologické dostupnosti zinku. Dietní fytát může mít také zdravotní přínosy pro pacienty s diabetem, protože snižuje reakci glukózy v krvi snížením rychlosti trávení škrobu a zpomalením vyprazdňování žaludku.

Podobně se také ukázalo, že fytát reguluje sekreci inzulinu. Předpokládá se, že fytát snižuje krevní sraženiny, cholesterol a triglyceridy, a tím zabraňuje srdečním onemocněním. Rovněž se předpokládá, že zabraňuje tvorbě ledvinových kamenů. Používá se jako komplex prostředek pro odstranění stop iontů těžkých kovů. Mezi způsoby vaření se ukázalo, že vaření je účinné pro snížení hladiny fytátu, což může snížit až 20 % fytátu.

4.2.7.3. Těžké kovy

Rostliny máku mají schopnost akumulovat těžké kovy (Salamon & Frejer 2011). Těžké kovy přítomné v máku zahrnují kadmium, olovo a chrom (Muhammad, et al. 2021). Sledování jejich akumulace v rostlinách a hledání možností, jak eliminovat obsah nebezpečných prvků na minimum, je klíčovým faktorem pro získání kvalitních a bezpečných produktů z máku pro spotřebitele, neboť těžké kovy jsou toxické v relativně nízkých koncentracích (Salamon & Frejer 2011). A jsou tedy škodlivé pro lidské zdraví (Zhong, et al. 2016).

4.2.7.3.1. Kadmium

Kadmium se běžně vyskytuje v přírodě, v minerálech spolu s dalšími složkami. Je široce používáno v průmyslu (Salamon & Frejer 2011). Kadmium se snadno hromadí v oběhovém systému, ledvinách (zejména ledvinová kůra), plíce a srdce a je toxický pro kosti a gonády (Zhong, et al. 2016).

Hlavními zdroji kadmia, které přispívají k podmínkám životního prostředí, jsou těžba, spalování fosilních paliv a nakládání s odpady. Bylo zjištěno, že 50-80 % znečištění ovzduší těžkými kovy je v nepřístupné formě, ale to neplatí pro kadmium. Rostlinám je k dispozici 85 % kadmia prostřednictvím znečištění ovzduší. V posledních dvaceti letech hlavním zdrojem tohoto nebezpečného prvku v půdě byl přírodní superfosfát používaný jako hnojivo (Salamon & Frejer 2011).

V půdě se nejvíce kadmia hromadí ve vrstvě s hloubkou 0–50 mm a s rostoucí hloubkou jeho koncentrace klesá. Zvětráváním hornin prvek snadno přechází do půdního roztoku, kde se vyskytuje ve dvojmocné formě. Jeho akumulaci ovlivňuje několik faktorů, především životní prostředí a hospodaření s půdou a půdou. Rostliny obecně akumulují většinu tohoto prvku v kořenech, následují listy, stonky, plody a semena. Rostliny nemají žádný mechanismus pro vylučování tohoto prvku (Salamon & Frejer 2011).

Mák je plodina se schopností akumulovat velké množství kadmia v různých orgánech a zejména v semenech. Spotřeba této tradiční pochoutky se v zemích střední Evropy pohybuje kolem 300 g na hlavu a rok. S ohledem na tuto skutečnost je sledování kontaminace kadmia a snižování rizik předpokladem prevence negativních vlivů na zdraví obyvatelstva. Akumulace kadmia překračující přípustný limit může způsobit některá onemocnění jako je rakovina prostaty, či vysoký krevní tlak (Salamon & Frejer 2011).

Nejvíce kontaminovanými částmi rostlin bývají kořeny a semena. Semena vykazují obsahy v rozmezí 0,256–2,300 mg/kg tohoto prvku. I když půda nevykazuje vysokou kontaminaci kadmii, rostliny jsou schopny akumulovat vysoké hladiny v semenech. Jejich akumulace významně závisí na odrůdě pěstovaného máku. Pokusy ukázala, že např. odrůda Albín akumulovala výrazně více kadmia než odrůda Gerlach. Zdá se tedy, že různé genotypy tohoto druhu mají různé schopnosti akumulace tohoto prvku (Salamon & Frejer 2011).

Vyšší koncentrace kadmia v semenech a tobolce máku vyvolává abiotický stres v rostlině a v reakci na vysoký obsah kadmia v máku se zvyšuje produkce alkaloidů (Muhammad, et al. 2021). Zároveň tok kadmia v konzumních potravinách může způsobit

poruchu metabolismu vápníku. Tělo zadržuje 50-60% přijatého kadmia v játrech a ledvinách, což může způsobit poškození (Salamon & Frejer 2011).

4.2.7.3.2. Olovo

Olovo je velmi toxický těžký kov. U lidí způsobuje vysoká koncentrace olova v krvi duševní poruchy (Rahimi & Maryam 2020). Olovo má karcinogenní vlastnosti a poškozuje jak dýchací cesty, tak i trávicí systém a rovněž potlačuje imunitní systém (Zhong, et al. 2016). Děti jsou více ovlivněny olovem (Rahimi & Maryam 2020).

Tento kov je zvláště škodlivý právě především u dětí, neboť poškozuje jejich inteligenci a nervový systém (Zhong, et al., 2016). Otrava olovem hraje roli ve špatném vývoji mozku a nízkém studijním výkonu dětí školního věku. Olovo je též neurotoxin, který ovlivňuje růst a metabolismus těla. Nachází se v ropných sloučeninách a městské a zemědělské odpadní vody jsou považovány za jeden z hlavních znečišťujících faktorů (Rahimi & Maryam 2020).

V máku se obsah olova pohybuje v rozmezí 0,050–1,5 mg/kg (Muhammad, et al. 2021).

4.2.7.3.3. Chrom

Chrom může existovat v několika oxidačních stavech. Šestimocný chrom je vysoce rozpustný a mobilní a je škodlivý pro kůži, játra, ledviny a dýchací orgány. Způsobuje různá onemocnění, jako je dermatitida, renální tubulární nekróza, perforace nosní přepážky a rakovina plic (Zhong, et al. 2016).

V máku se obsah chromu pohybuje v rozmezí 2,300–5,200 mg/kg (Salamon & Frejer 2011).

4.3. Porovnání živin v modrosemenném a bělosemenném máku

Obsah minerálních látek, ale i těžkého kovu kadmia, v bělosemenném a modrosemenném máku se vzájemně příliš neliší (viz Tabulka 2).

Tabulka 2 Obsah minerálních látek v potravinářském máku (Mikšík & Lohr 2020)

Minerální látky	Bělosemenný mák [mg/100 g]	Modrosemenný mák [mg/100 g]
Fosfor	1060	1010
Draslík	780	830
Vápník	148	150
Hořčík	370	380
Sodík	< 1	< 10
Železo	10,6	9,7
Měď	2,6	2,0
Zinek	11,9	8,7
Mangan	8,4	7,3
Kadmium	0,02	0,05

U vitamínu též nejsou v obsahu máku větší rozdíly, kromě vyššího obsahu vitamínu B₁ a B₃ v bělosemenném máku (viz Tabulka 3).

Tabulka 3 Obsah vitamínů v potravinářském máku (Mikšík & Lohr 2020)

Vitamin	Bělosemenný mák [mg/100g]	Modrosemenný mák [mg/100g]
Vitamin E	18,30	22,80
Vitamin B ₁	11,60	5,80
Vitamin B ₂	0,58	0,35
Vitamin B ₃	7,88	1,70
Vitamin B ₅	15,70	15,30
Vitamin B ₆	3,30	1,60
Vitamin B ₇	0,24	0,21
Vitamin B ₉	28,2	30,60

Co se týče mastných kyselin v máku, významně vyšší obsah kyseliny linolové má bělosemenný mák, ostatní obsahy mastných kyselin již nejsou tak rozdílné (viz Tabulka 4).

Tabulka 4 Obsah mastných kyselin v potravinářském máku (Azcan, et al. 2004; Rokosik, et al. 2020)

Mastné kyseliny	Bělosemenný mák [%]	Modrosemenný mák [%]
Palmitová kyselina	8,90	13,00
Stearová kyselina	1,94	3,20
Olejová kyselina	13,57	19,40
Linolová kyselina	74,70	56,40
α -linolenová kyselina	0,51	0,50
Nasyčené mastné kyseliny	10,84	16,20
Nenasycené mastné kyseliny	88,78	76,30

Bělosemenný mák dále obsahuje 21,9 % bílkovin a 36,8 % tuků. Modrosemenný mák naopak obsahuje 22,7 % bílkovin a 33,6 % tuků. Bělosemenný mák tedy obsahuje o trochu méně bílkovin a více tuků než mák modrosemenný (Azcan, et al. 2004).

5. Závěr

Bylo zjištěno, že mák setý (*Papaver Somniferum L.*) je z makroživin především zdrojem tuků, z nichž jejich obsah tvoří primárně nenasycené mastné kyseliny. Z látek lipidické povahy se v máku nacházejí fytosteroly, které též působí příznivě na lidské zdraví, především snižováním hladiny cholesterolu. Na takový účinek je však doporučená denní dávka 2-3 g, přičemž ke konzumaci takového množství příliš nedochází.

Dále je mák bohatým zdrojem minerálních látek jako je hořčík, zinek, železo, draslík a fosfor, mezi kterými však dominuje, i ve srovnání s ostatními olejnými, vápník. Přestože bylo zjištěno, že vzhledem k intenzitě vstřebávání u jiných rostlin, ani u máku se nejspíš většina vápníku nevstřebává, jedná se spíše o odhad odborníků. Konkrétní výzkum na vstřebávání vápníku z máku ještě nebyl zrealizován. Starší zdroje uvádějí širší záběr esenciálních aminokyselin v máku, avšak novější literatura se o tomto tématu nezmiňuje. Bylo by tedy dobré skutečný obsah esenciálních aminokyselin též blíže prozkoumat.

Při porovnání obsahu živin v bělosemenném a modrosemenném máku se jejich hodnoty vzájemně příliš nelišily. Jediným markantnějším ukazatelem byl vyšší obsah kyseliny linolové u bělosemenného máku. Bylo však zjištěno, že obsah živin v máku se značně liší na základě odrůdy či lokality pěstování.

6. Literatura

- Aksoylu, Z., Çağindi, Ö. & Köse, E. 2015. Effects of blueberry, grape seed powder and poppy seed incorporation on physicochemical and sensory properties of biscuit. *Journal of Food Quality* **38**:164-174.
- Azcan, N., Ozturk, K. B. & Kara, M. 2004. Investigation of Turkish poppy seeds and seed oils. *Chemistry of Natural Compounds* **40**:370-372.
- Bozan, B. & Temelli, F. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource technology* **99**:6354-6359.
- Bresson, J. L, et al. 2008. Plant Sterols and Blood Cholesterol Scientific substantiation of a health claim related to plant sterols and lower/reduced blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006 Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. *The EFSA Journal* **781**:1-12.
- Carr, A. C. & Maggini, S., 2017. Vitamin C and immune function. *Nutrients* **9** (1211) DOI: 10.3390/nu9111211.
- Český modrý mák z.s., 2022. Historie spolku. *ceskymodrymak*. Available from: <http://ceskymodrymak.cz> [accessed February 2023].
- Dąbrowski, G., Czaplicki, S. & Konopka, I. 2020. Composition and quality of poppy (*Papaver somniferum* L.) seed oil depending on the extraction method. *LWT - Food Science and technology* **134** (110167) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110167>.
- Denu, J. M. 2005. Vitamin B3 and sirtuin function. *Trends in biochemical sciences* **30**:479-483.
- Erol, A. S., Özcan, M. M. & Er, F. 2011. Composition and characteristics of some seed oils. *Asian Journal of Chemistry* **16**:1851-1853.
- Fajfrová, J. 2011. Vitaminy a jejich funkce v organizmu. *Interní medicína pro praxi* **13**:466-468.
- Fattal-Valevski, A., 2011. Thiamine (vitamin B1). *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* **1**:12-20.
- Frejér, J. & Salamon, I. 2014. Poppy (*Papaver somniferum* L.) as a Special Crop in the Slovakian History and Culture. *Acta Horticulturae* **1036**:107-109.
- Gunstone, F. 2011. *Vegetable Oils in Food Technology*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Hakan, E., Tekin, A. & Özcan, M. M. 2009. Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds. *Grasas y Aceites* **60**:375-381.
- Heinrich, K. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika*. Grada Publishing a.s., Praha.

- Chaudhary, J., Jain, A., Kaur, N. K. & Kishore, L. 2011. Stigmasterol: a comprehensive review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* **2**:2259-2265.
- Chmelová, D., Ondrejovič, M., Havrlentová, M. & Kraic, J. 2018. Evaluation of polar polyphenols with antioxidant activities in *Papaver somniferum* L.. *Journal of Food & Nutrition Research* **57**:98-107.
- Choi, J.M, et al. 2007. Identification of campesterol from *Chrysanthemum coronarium* L. and its antiangiogenic activities. *Phytotherapy Research* **21**:954-959.
- Jakešová, A. & Pourová, V. 2019. *O výživě*. Pointa, Praha.
- Jung, S., Kim, M. K. & Choi, B. Y. 2017. The long-term relationship between dietary pantothenic acid (vitamin B5) intake and C-reactive protein concentration in adults aged 40 years and older. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **27**:806-816.
- Kaczmarczyk, M. M., Miller, M. J. & Freund, G. G. 2012. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism* **61**:1058-1066.
- Kapoor, L. D. 1995. *Opium Poppy. Botany, Chemistry, and Pharmacology*. CRC Press, New York.
- Keller, J. L., Lanou, A. J. & Barnard, N. D. 2002. The consumer cost of calcium from food and supplements. *Journal of the American Dietetic Association* **102**:1669-1671.
- Kennedy, D. O. 2016. B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy—a review. *Nutrients* **8**:68-96.
- Lančaričová, A., Havrlentová, M., Muchová, D. & Bednářová, A. 2016. Oil content and fatty acids composition of poppy seeds cultivated in two localities of Slovakia. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)* **62**:19-27.
- Launer, J. 2013. Opium. *Postgraduate Medical Journal* **89**:491-492.
- Leifer, G. 2004. *Úvod do porodnického a pediatrického ošetrovatelství*. Grada Publishing a.s., Praha.
- Mikšík, V. 2022. *Český mák – nutriční rekordman*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Mikšík, V. & Lohr, V. 2020. The Czech republic the Largest Producer of Breadseed Poppy. *Ministerstvo zemědělství, Praha*.
- Mlýnková, J. 2011. *Péče o staré občany*. Grada Publishing a.s., Praha
- Muhammad A, et al. 2021. Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. *Functional Foods in Health and Disease* **11**:522-547.
- Pamplona Roger, J. D. 2005. *Encyklopedie léčivých potravin*. Advent-Orion, Praha.
- Petrová, J. & Stávková, J., 2015. Balené přírodní minerální vody. *Výživa a potraviny* **5**:123-125.

- Pippová H, et al. 2021. *Stravování a vztah k jídlu u českých adolescentů ve 21. století*. Togga, Praha.
- Rahimi, M. & Maryam, G. 2020. Determination of Some Antinutritional Factors and Heavy Metals in Sesame Oil, Raw and Peeled Sesame (*sesamum indicum* L.) Seed of two Varieties Cultivated in Iran. *ournal of food science and technology (Iran)* **17**:169-181.
- Rokosik, E., Dwiecki, K. & Siger, A. 2020. Nutritional quality and phytochemical contents of cold pressed oil obtained from chia, milk thistle, nigella, and white and black poppy seeds. *Grasas y Aceites* **71**:368-376.
- Sabolová, M. 2019. *Role máku ve výživě člověka*. Pages 18-23 in Mikšik, editor. *Makový občasník*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Sabolová, M. 2020. Role máku ve výživě člověka. *Výživa a potraviny* **1**:8-12.
- Salamon, I. & Frejer, J. 2011. Content of heavy metals in poppy seeds (*Papaver Somniferum* L.). *Advances in Enviromental Biology* **5**:315-319.
- Senila L, et al. 2020. Chemical, Nutritional and Antioxidant. *applied sciences* 10 (1589) DOI: 10.3390/app10051589.
- Sharma S, et al. 2018. *Klinická výživa a základy dietologie: v kostce*. Grada Publishing a.s., Praha.
- Shyamaladevi, B. & Selvaraj, J. 2020. An update on β -sitosterol: A potential herbal nutraceutical for diabetic management. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 131 (110702) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110702>.
- Schiff, P. L. 2002. Opium and its alkaloid. *American Journal of Pharmaceutical Eduaction* **66**:188-196.
- Schneider, C. 2005. Chemistry and biology of vitamin E. *Molecular nutrition & food research* **49**:7-30.
- Skolnik, H. & Chernus, A. 2011. *Výživa pro maximální sportovní výkon*. Grada Publishing a.s., Praha.
- Steven R., G. 2021. *Skryté příčiny únavy a nedostatku energie - Jak přestat být unavení a nemocní z toho, že jste unavení a nemocní*. Grada Publishing a.s., Praha.
- Szewczyk, K., Chojnacka, A. & Górnicka, M. 2021. Tocopherols and tocotrienols—bioactive dietary compounds; what is certain, what is doubt?. *International Journal of Molecular Sciences* 22 (6222) DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22126222>.
- Thakur, A., Sharma, V. & Thakur, A. 2019. An overview of anti-nutritional factors in food. *Int. J. Chem* **7**:2472-2479.
- Třískala Z, et al. 2019. *Medicína přírodních léčivých zdrojů: minerální vody*. Grada Publishing, a.s., Praha.
- Vašák, J. 2010. *Mák*. Powerpoint, Praha.

Vrbovský, V. & Jurčík, M. 2019. *Modrobílá nabídka českých odrůd máku*. Pages 54-55 in Mikšík, editor. *Makový občasník*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Wagner, K.-H., Kamal-Eldin, A. & Elmadfa, I. 2004. Gamma-tocopherol—an underestimated vitamin?. *Annals of nutrition and metabolism* **3**:169-188.

Zehnálek, P. 2006. Registrované odrůdy máku a jejich vlastnosti **1**:18.

Zhong, W. S., Ren, T. & Zhao, L. J. 2016. Determination of Pb (Lead), Cd (Cadmium), Cr (Chromium), Cu (Copper), and Ni (Nickel) in Chinese tea with high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Journal of food and drug analysis* **24**: 46-55.

7. Seznam použitých zkratk a tabulek

7.1. Seznam použitých zkratk

EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
ČR	Česká republika
SR	Slovenská republika
EU	Evropská unie
TAG	triacylglycerol
ADHD	attention deficit hyperactivity disorder
LDL	low density lipoprotein
DNA	deoxyribonucleic acid
RNA	ribonucleic acid
HDL	high density lipoprotein
ATP	adenosine triphosphate
ADP	adenosine diphosphate
AMP	adenosine monophosphate
cAMP	cyclic adenosine monophosphate

7.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 Srovnání obsahu vybraných makroživin (mg/100 g) v olejnatých semenech a vybraných druzích ořechů.....	25
Tabulka 2 Obsah minerálních látek v potravinářském máku	37
Tabulka 3 Obsah vitaminů v potravinářském máku	37
Tabulka 4 Obsah mastných kyselin v potravinářském máku	38