

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Opiové alkaloidy v máku – fakta a mýty

Adéla Mikšíková

Středočeský kraj

Mělník 2022

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Opiové alkaloidy v máku – fakta a mýty

Opium Alkaloids in Poppy Seed - Facts and Myths

Autor: Adéla Mikšíková

Škola: Gymnázium Jana Palacha Mělník, Pod Vrchem 3421,
276 01 Mělník

Kraj: Středočeský kraj

Konzultant: doc. Ing. Petr Kačer, Ph.D.

Vedoucí práce: Ing. Romana Niemcová

Mělník 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Mělník dne 3. ledna 2022

.....
Jméno a příjmení autora

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu doc. Ing. Petrovi Kačerovi, Ph.D. za konzultace ohledně mé odborné práce a za pomoc s analýzami makových semen. Dále bych chtěla poděkovat Vítkovi Novotnému za konzultace a podporu v mé práci.

Anotace

Ve své práci SOČ jsem se zabývala rozdílem v obsahu opiových alkaloidů mezi technickým a potravinářským mákem, vlivem kombajnové a ruční sklizně na obsah alkaloidů na povrchu makového semene. Mezi kombajnovou a ruční sklizní byl zjištěn velký rozdíl, jak při analýze potravinářského, tak technického máku. Dále jsem se zabývala metodou eliminace morfinanových alkaloidů z povrchu makového semene. Obě dvě metody (proplach a zahřívání) byly velmi účinné a přínosné. Nakonec byly analyzovány koláčky z potravinářského a technického (vysoko-morfinanového máku), kde bylo dokázáno, že se po tepelné úpravě výrazně snižuje obsah morfinanových alkaloidů ve výrobku.

Klíčová slova

Mák, Morfin, Opiáty, Alkaloidy, Morfinanové alkaloidy

Annotation

In my student professional project I researched the difference in the contents of opiates of the industrial and food-grade opium poppy, the influence of manual and combine harvest on the contents of opiates on the surface of the seed. There was a major difference found between both kinds of harvest during analysis of both food-grade and industrial opium poppy. The project also deals with the elimination method of morphinan alkaloids from the surface of poppy seeds. Both methods (flushing and heating) were very effective and useful. Finally, pies from both food-grade and industrial opium poppy were analysed. This analysis proved that the amount of morphinan alkaloids radically decreases after temperature adjustment.

Keywords

Poppy, Morfium, Opiates, Alkaloids, Morphinan alkaloids

OBSAH

Obsah	5
Úvod.....	7
1 Teoretická část	8
1.1 Obecně o máku	8
1.2 Alkaloidy	8
1.3 Opiové alkaloidy	9
1.3.1 Morfin	10
1.3.2 Kodein.....	11
1.3.3 Thebain	12
1.3.4 Papaverin	13
1.3.5 Narkotin (noskapin)	13
1.3.6 Syntetické opioidy	14
1.4 Typy máku setého	15
1.4.1 Mák opiový	15
1.4.2 Mák olejný	15
1.4.1 Dělení máku podle otvírání makovic.....	16
1.5 Právní regulace pěstování máku	16
1.5.1 Mák pro využití v potravinářství	17
1.5.2 Technický mák.....	17
1.6 Sklizeň máku.....	18
1.7 Mýty o máku	19
2 Praktická část	20
2.1 Metodika práce	20
2.1.1 Obsah alkaloidů na semeni máku v závislosti na způsobu sklizně	20
2.1.2 Metody eliminace opiových alkaloidů z povrchu semene máku v domácích podmínkách.....	21

2.1.3	Obsah alkaloidů v pekařském výrobku.....	23
2.1.4	Laboratorní postup – analýza alkaloidů.....	24
3	Výsledky a diskuze	26
3.1	Obsah alkaloidů na semeni máku v závislosti na způsobu sklizně	26
3.2	Metody eliminace opiových alkaloidů z povrchu semene máku v domácích podmínkách	27
3.2.1	Ošetření semen máku teplotami a UV	27
3.2.2	Ošetření semen máku proplachem.....	29
3.2.3	Obsah alkaloidů v pekařském výrobku.....	30
	Závěr	32
	Literatura.....	33
	Tištěné zdroje.....	33
	Elektronické zdroje	34
	Seznam použitých zkratk a pojmů	35
	Seznam obrázků a tabulek	35
	Seznam obrázků.....	35
	Seznam pomocných tabulek	36
	Seznam tabulek s výsledky	36
	Přílohy.....	36

ÚVOD

Mák se na území České republiky pěstuje už od nepaměti. Pro nezaměnitelnou chuť je užíván v potravinářství. Patří mezi potraviny s nejvyváženějším obsahem nutričně významných látek. Existuje rozdíl mezi mákem pěstovaným pro potravinářské a technické účely, a to zejména v sensorické kvalitě¹ a obsahu opiových alkaloidů. Technický mák se v ČR nepěstuje, semeno technického máku se do ČR dováží ze západní Evropy, kde je odpadem při produkci makoviny s vyšším obsahem opiových alkaloidů pro farmaceutický průmysl.

V mnoha cizích státech je pěstování máku zakázáno kvůli obsahu opiových alkaloidů a jejich možného zneužití. Možná i proto existuje mnoho nepodložených či smyšlených informací, které se po staletí neustále tradují. Ve společnosti kolují rozličné pověry o máku, které se vesměs vztahují k obsahu opiových alkaloidů a z toho plynoucích účinků této rostliny. Tyto pověry jsou rozšířeny i za hranicemi České republiky, příkladem mohou být cizinci, jenž se po příjezdu do slovanských států diví, když jim je servírována maková buchta. V rámci své Středoškolské odborné činnosti jsem se rozhodla věnovat se tomuto tématu a pokusit se zhodnotit pravdivost těchto tradičních pověr. Cílem mé práce tedy bude vyvrátit některé mýty o máku a dokázat, že se v potravinářském máku vyskytuje takový obsah alkaloidů, který není nebezpečný pro zdraví člověka.

Odborná práce je rozdělena na dvě hlavní části, na teoretickou a praktickou. Teoretická část rozebírá nejvýznamnější alkaloidy převažující v této rostlině s důrazem na vliv těchto látek na lidské zdraví a jejich případné použití jako drog, dále popisuje rozdíl mezi technickým a potravinářským mákem. Rozebírá právní regulaci pěstování máku, zejména českou cechovní normu. Na svém konci se teoretická část věnuje způsobu sklizně, neboť způsob provedení sklizně výrazně ovlivňuje obsah opiových alkaloidů na makových semenech, což bylo potvrzeno v části praktické.

Praktická část se zabývá kvantitativní analýzou opiových alkaloidů ve vzorcích máku. Nejdříve je zhodnocován obsah alkaloidů v závislosti na druhu máku, ale i na způsobu sklizně daných vzorků. Následně je prověřováno, zda metody běžně používané v domácí kuchyni (např. pečení, oplach) dokáží eliminovat nadlimitní množství opiových alkaloidů v neznámém vzorku.

¹ Sensorická kvalita označuje vůni a chuť.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Obecně o máku

Mák setý (*Papaver somniferum*) je řazen do čeledi makovitých rostlin (*Papaveraceae*). Do této čeledi jsou řazené jednoleté až vytrvalé byliny s mléčnicemi, které mají cenokarpní soubor plodolistů², jednopouzdrý semeník a jednotlivé květy. Jako plod mají tobolku s velkým množstvím malých semen, která jsou bohatá na olej. (Jahodář, 2006)

Původ máku setého není zcela objasněn, nejpravděpodobněji tato kulturní forma vznikla z planého druhu máku štětinkatého (*Papaver setigerum* DC.) vyskytujícího se ve Středomoří z předoasijského genového centra.

V současnosti je mák setý, též spánkodárný, pěstován v mírných a subtropických pásmech téměř celého světa. Zejména v České republice má dlouhou pěstitelskou i spotřebitelskou tradici. Ve volné přírodě se téměř nevyskytuje, zastoupeny jsou zde jiné druhy (Vašák a kol., 2010, Kubánek, 2008).

V zemědělství se využívá mák jednoletý jarní, řidčeji i ozimý mák setý. Mák setý se dělí do mnoha podskupin – mák opiový, mák olejný – potravinářské máky nebo máky průmyslové (dopodrobna rozebrané v kapitole 1.4).

1.2 Alkaloidy

Za alkaloidy jsou považované bazické organické sloučeniny s jedním nebo několika dusíkovými atomy v molekule, v přírodě se vyskytující ve formě solí s organickými sloučeninami (Vodrážka, 2002).

Alkaloidy patří spolu s fenylpropany, acetogeniny, terpeny a steroidy mezi tzv. sekundární metabolity, tedy produkty sekundárního metabolismu. Jedná se o látky převážně pocházející z metabolismu cukrů a aminokyselin (Bechyně a Novák, 1987).

Alkaloidy jsou rozšířené převážně v rostlinné říši. Rostliny je používají na svou obranu před býložravci a mikroorganismy, proto mají tyto látky velmi silné fyziologické účinky a patří mezi

² Soubor navzájem srostlých plodolistů.

nejsilnější rostlinné jedy. Ty mohou být zároveň i návykovými látky, jako je tomu např. u známého morfinu. Mnoho farmaceutických studií prokázalo, že alkaloidy mohou být také účinnou ochranou proti mnoha škůdcům, bakteriím a houbám (Chen et al., 2007 in: Tluka, 2007).

Alkaloidy se v rostlině máku setého nejvíce vyskytují v latexu, který je produkován mléčnicemi. Kromě zmíněných alkaloidů se v latexu vyskytují bílkoviny, pryskyřice, kyseliny, cukry, barviva a jiné látky (Novák, 1987).

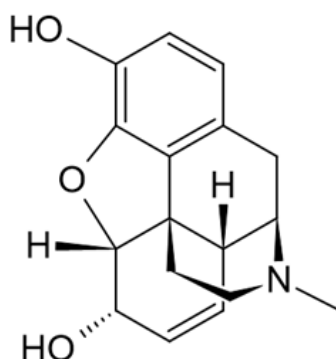
1.3 Opiové alkaloidy

Na množství alkaloidů v rostlině se význačně podílí více faktorů – odrůda máku, typ půdy, klimatické podmínky a zejména dostupnost vody. Výskyt alkaloidů se mění jak v různém stupni vývoje rostliny, tak i v průběhu dne. Dnes je známo již přes 80 alkaloidů vyskytujících se v opiu. K nejhojnějším, a tudíž komerčně nejvyužívanějším alkaloidům, patří pět zástupců – morfin, kodein, thebain, papaverin a narkotin (diskutované níže). Navzdory své chemické příbuznosti se tyto alkaloidy výrazně liší svým účinkem.

Opioidy představují účinný prostředek k utlumení akutní bolesti. Nezpůsobují pouze analgezii, ale ovlivňují kompletně celý organismus. Patří mezi nejbezpečnější analgetika, protože jsou analgetiky vhodnými pro polymorbidní³ pacienty. Pacienti si však při dlouhodobém užívání alkaloidů vybudují fyzickou závislost, jejíž síla závisí na síle dávek podávaných opiátů. Po jejich vysazení tudíž vzniká abstinční syndrom (Kozák a kol., 2021). Mezi nejnávykovější alkaloidy patří morfin, z něhož vzniká reakcí s acetanhydridem heroin, jedna z nejnávykovějších drog.

³ Výskyt celé řady chorob u jednoho pacienta.

1.3.1 Morfin



Obr. 1: Strukturální vzorec morfinu

Izolace morfinu se jako první zdařila pravděpodobně v roce 1803 Friedrichu Sertürnerovi, který také poprvé použil výraz morfium. Jedná se o historicky⁴ první izolovaný alkaloid. Friedrich Sertürner publikoval v následujících letech množství vědeckých prací, v nichž se snažil dokázat narkotické účinky této látky, které vyzkoušel sám na sobě a svých kolezích. Zjistil též, že je v této sloučenině přítomný uhlík, vodík, kyslík a dusík. V roce 1818 Karl Friedrich Wilhelm Meissner poprvé označil tyto solitvorné báze za alkaloidy.

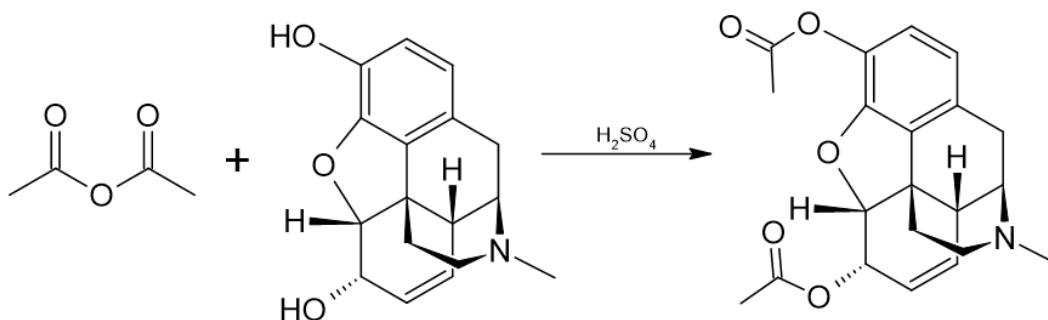
Samotný výraz „morfin“ poprvé použil až Joseph Luis Gay-Lussac (Kozák a kol, 2021).

Pomocí elementární analýzy⁵ odhalil strukturální vzorec morfinu (C₁₇H₁₉NO₃) v roce 1847 Laurent. Kompletní syntézu přírodního morfinu a kodeinu objasnili v roce 1952 Gates a Tschudi. Morfin začal být ve větším měřítku extrahován od roku 1827 firmou Merck (Kozák a kol., 2021).

V molekule morfinu (na obr. 1) jsou obsaženy tři kyslíkové atomy, z nichž jsou dva ve formě hydroxylových skupin, důsledkem čehož morfin poskytuje diacetylhydrát (působením směsi acetanhydridu a kyseliny sírové se do molekuly morfinu vpraví dva a do molekuly kodeinu pouze jeden acetylový zbytek). Jedna z hydroxylových skupin má fenolický charakter, lze ji alkalizovat za podmínek alkylace fenolů. Druhá skupina má sekundární alkoholický charakter (Staněk, 1957)

⁴ Historie objevování alkaloidů obsahuje mnoho neshod, neboť se těmito látkami na přelomu 18. a 19. stol. zabývalo mnoho badatelů zároveň.

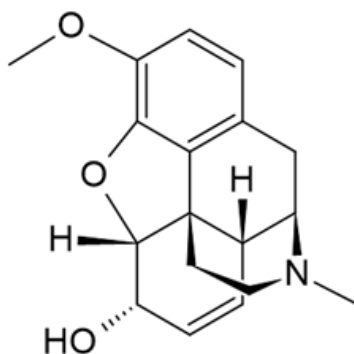
⁵ Důkaz jednotlivých prvků ve sloučenině.



Obr. 2: Schéma přípravy heroínu acetylací morfinu v kyselém prostředí

Morfin se využívá jako silné analgetikum. Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje morfin jako silný opioid první volby pro intenzivní neztížitelnou bolest. Výhodou je také jeho nízká cena. Injekční forma je vhodná pro léčbu silné akutní bolesti, nástup účinku je však poměrně pomalý a proto není vhodný pro léčbu pravé průlomové bolesti (Kozák a kol, 2021).

1.3.2 Kodein

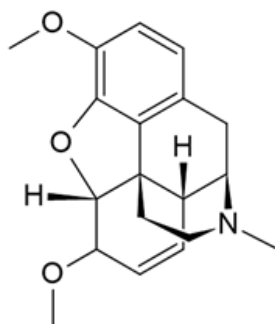


Obr. 3: Struktura kodeinu

Kodein byl izolován v roce 1832 Pierrem Robiquetem. Chemicky se jedná o methylovaný morfin (viz obr. 3). Kodein vykazuje nižší analgetickou účinnost než morfin, přibližně desetinou. Své uplatnění našel jako tlumivý lék proti kašli a zvracení.(Kozák a kol., 2021).

V rostlině máku setého se kodein objevuje již po 30 dnech vyklíčení semen. Největší výskyt je ve stonku a tobolce (Bentley, 1954).

1.3.3 Thebain



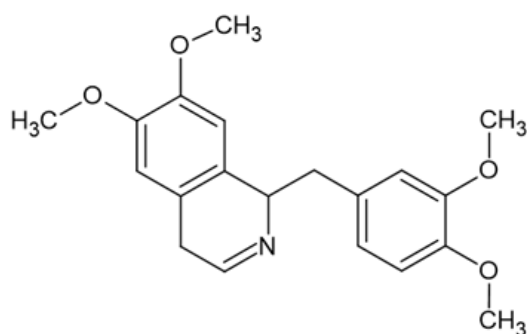
Obr. 4: Struktura thebainu

Thebain je prekurzorem morfinu a kodeinu, chemicky se jedná o methylovaný kodein (obr. 4). V lékařství se používá k uvolňování křečí, případně jako surovina pro výrobu řady léků. Thebain nepatří mezi návykové alkaloidy (Kozák a kol., 2021).

Od thebainu je také odvozeno syntetické analgetikum Buprenorfin, které je bezpečné a s omezeným návykovým potencionálem. Při vyšších dávkách Buprenorfin obsazuje většinu opiátových receptorů a je téměř nemožné jeho účinek přebít např. heroinem či morfinem. Buprenorfin je důležitým přípravkem pro odvykající uživatele heroínu a jiných opiových alkaloidů (Rokyta a kol, 2018)

U odrůd v pěstovaných v ČR je výskyt thebainu minimální. Jeho obsah závisí na úrodě a době sklizně máku (Zehnálek, 2002). V roce 1997 byla v Tasmánii vyšlechtěna odrůda máku setého Norman, která obsahuje místo morfinu thebain a oripavin. Pomocí mutageneze této odrůdy byla zablokována syntéza alkaloidů na úrovni thebainu, proto neobsahuje alkaloidy morfin a kodein. Tato odrůda způsobila obrat v produkci alkaloidů. Thebain a oripavin, vyskytující se v této odrůdě, se totiž nedají snadno přeměnit na morfin nebo heroin, nemají totiž žádné hydroxylové skupiny (obě jsou methylované), jež by mohly být acetylovány, viz obr. 2 (Vašák a kol., 2010).

1.3.4 Papaverin

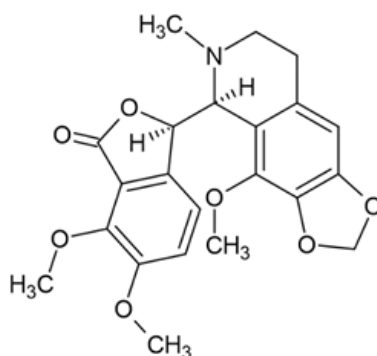


Obr. 5: Struktura papaverinu

Papaverin je dalším z alkaloidů máku setého, je obsažen v rostlině těsně před dobou zrání. Chemicky je však od předešlých opiatů odlišný (viz obr. 5). Získává se izolováním z opia (Staněk, 1957).

Papaverin je spasmolytickou⁶ drogou, která relaxuje hladké svalstvo cév. Účel jeho lékařského nasazení spočívá v odstranění křečí, při podání v malých dávkách je bez vlivu na peristaltickou aktivitu gastrointestinálního systému⁷ (Bhat et al. 2005).

1.3.5 Narkotin (noskapin)



Obr. 6: Struktura narkotinu

V opiu se vyskytuje jako volná báze, jeho obsah v opiu při sušení klesá. Jelikož nemá narkotické vlastnosti, bývá někdy nazývá jako anarkotin. Označení noskapin se vyskytuje převážně

⁶ Uvolňující křeč hladkého svalstva.

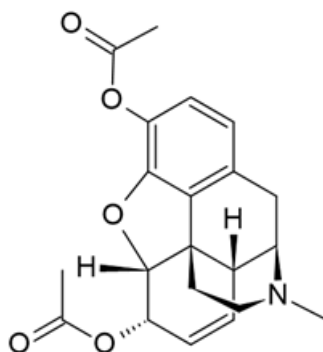
⁷ Pravidelný rytmus střev.

ve farmaceutické literatuře, označení narkotin je využíváno spíše v chemické praxi (Tyler, 1988).

Narkotin působí na změnu peristaltiky žaludku a střev, má spasmolytické⁸ účinky na hladké svalstvo. Stejně jako kodein tlumí kašel, ovšem ve vyšších dávkách může ochromit nervové centrum dýchání. Má pouze nepatrný analgetický efekt (Dopke, 1968 in: Tluka, 2010).

1.3.6 Syntetické opioidy

Jelikož bylo patrné, že morfin vyvolává ještě silnější závislost, než na opiu nebo alkoholu, vznikla snaha nalézt méně návykovou látku s podobnými analgetickými účinky. A tak v roce 1874 britský chemik Alder Wright syntetizoval při výzkumu reakcí morfinu s různými kyselinami⁹ heroin, tedy diacetylmorfin (obr. 2 a 7). Přítomnost dvou acetylových skupin oproti molekule morfinu zlepšuje rozpustnost v tucích a urychluje nástup účinku – tzv. nájezd. Nejdříve byly s touto novou látkou prováděny pokusy na psech a králících, poté byl heroin registrován ochrannou známkou německou farmaceutickou společností Bayer (Kozák a kol., 2021).



Obr. 7: Struktura heroínu (diacetylmorfinu)

S domněnkou, že se jedná o nenávykovou náhražku morfinu, byl heroin prodáván jako lék proti kašli (Kalina a kol., 2015), později byl používán místo morfinu k léčbě bolesti. Nicméně v roce 1911 se prokázalo, že při užívání heroínu vzniká závislost pravděpodobně vyšší než při užívání morfinu. V mnoha zemích byl již heroin zneužíván. V roce 1914 začala být distribuce heroínu

⁸ Uvolňující křeč.

⁹ Po několik hodin vařil bezvodý morfin s acetanhydridem a získal tím silněji působící acetylovanou formu morfinu, která se dnes nazývá diacetylmorfin.

velmi přísně kontrolována, směl se využívat pouze pro lékařské účely. WHO ale zakázala prodej heroinu až v roce 1949 (Kozák a kol., 2021).

Po zákazu prodeje heroinu se jeho distribuce přesunula do ilegality. Čistota pouličního heroinu je obtížně odhadnutelná, což bývá častou příčinou předávkování. Bílý heroin¹⁰ byl v roce 1998 zachycen v čistotě nad 70 %, v roce 2011 byla průměrná kvalita zachyceného heroinu v ČR menší než 30 % (Kalina a kol., 2015).

Dalšími syntetickými opioidy jsou např. fentanyl a jeho deriváty, které jsou mnohonásobně nebezpečnější než morfin, často jsou zneužívány jako drogy. Fentanyl je silně toxický, kvůli jeho levné výrobě je přimícháván do heroinu.

1.4 Typy máku setého

Mák setý se dá dělit do mnoha skupin. Zemědělsky nejvýznamnější je členění na mák opiový a olejný (Gajdaš a kol., 2002, in: Vašák a kol., 2010).

1.4.1 Mák opiový

Mák opiový má velmi dobře vyvinutý systém cévních svazků, jeho mléčnice produkují latex s vysokým obsahem alkaloidů. Pěstování je typické pro Asii, především pro Afghánistán. Obvykle jde o neřízenou nelegální produkci opia, ze kterého je získáván morfin a následně heroin (Český modrý mák, 2019).

1.4.2 Mák olejný

Mák olejný má hrbolaté makovice, lýko je méně vytvořené, tvrdé, s malými mléčnicemi. Jeli-kož téměř nemléčí, nehodí se na produkci opia. Mák olejný se pěstuje v mírném podnebném pásmu, nejhojněji v Evropě (Baranyk, 2010).

Největším producentem olejného máku je Evropská unie, v níž je největším producentem Česká republika, která je považována i za hlavního producenta ve světě spolu s Tureckem, jak sumarizuje tab. 1.

¹⁰ Heroin bez příměsí, přečištěný rekrystalizací z etheru.

Tab. 1: Produkce máku v Turecku a ČR (Food and Agriculture Organization, 2021)

Stát	Rok	Produkce (t)	Stát	Rok	Produkce (t)
Česká republika	2008	49248	Turecko	2008	10834
	2009	32692		2009	34194
	2010	23690		2010	36910
	2011	26918		2011	45077
	2012	12814		2012	3844
	2013	13911		2013	19244
	2014	24665		2014	16223
	2015	26743		2015	30730
	2016	28574		2016	18205
	2017	20048		2017	15244
	Průměr	25930		Průměr	23051

Mák olejný je pěstován pro semena, která se využívají jako potravina, a to nejčastěji jako pochutina nebo jako olej lisovaný za studena. Makový olej se používá k výrobě laků, mýdla, kosmetických doplňků a i pro výrobu makového nápoje¹¹ vhodného zejména pro lidi, kteří se potýkají s intolerancí laktózy.

1.4.1 Dělení máku podle otvírání makovic

Podle způsobu, jakým se otevírají dozrávající makovice, můžeme rozlišit dva druhy máku:

- Hleďák – vytváří pod korunkou makovice otvory a z nich vypadávají semena (např. u máku vlčího). V průmyslovém velkovýrobním pěstování se tento způsob otvírání makovic ukázal jako nedokonalý a nevyhovující, protože u něho dochází k možným ztrátám semen.
- Slepák – nemá otvory pod korunkou a je proto využíván v potravinářském průmyslu.

1.5 Právní regulace pěstování máku

Legislativa ČR rozlišuje mák opiový a mák olejný. Z toho vychází i pozdější rozlišení odrůd na nízko-, středně- a vysoko-morfinanové. Vyhláška č. 399/2013 Sb, která reguluje pěstování máku, nařizuje, že pro použití v potravinářství lze použít pouze semeno máku pocházející z odrůd, které obsahují max. 0,8 % morfinových alkaloidů v sušině tobolky (makovici) a na povrchu makového semene není obsah morfinových alkaloidů vyšší než 25 mg/kg. Těto specifikaci od roku 2014 vyhovují všechny odrůdy, které se pěstují v ČR (Ministerstvo zemědělství, 2013).

¹¹ Makový nápoj je bohatým zdrojem vápníku, zinku a železa.

Český modrý mák¹² označený logem české cechovní normy má garantovaný obsah morfinových alkaloidů pod 20 mg/kg, není povolena jeho termostabilizace, a semena tak nemohou být zaměňována se semeny tzv. technického máku (viz dále) produkovanými jako surovina pro farmaceutické využití (Český modrý mák, Typy máků, 2019).

1.5.1 Mák pro využití v potravinářství

Máky potravinářské jsou máky olejného typu. Semena tohoto typu máku mohou mít různé barvy - bílou, šedou, okrovou, žlutou, růžovou, nejčastěji mají barvu modrou.

Jak již bylo výše zmíněno, odrůdy jsou děleny na nízko-, středně- a vysokomorfinanové.

Nízkomorfinanové máky mají v makovině maximálně do 0,3% morfinanových alkaloidů. U těchto odrůd není možné zneužití pro nelegální výrobu opia. Semeno je určeno pro potravinářské účely.

Středněmorfinanové máky mají obsah morfinu v makovině od 0,3 % do 0,8 %. Odrůdy se středním obsahem morfinu v makovině reprezentují většinu současně pěstovaných odrůd v ČR.

Vysokomorfinanové odrůdy máků mají obsah morfinu v makovině od 0,8 % do 1,5 %. Semeno vysokomorfinanového máku je nevhodné k potravinářskému využití, semena jsou určeny pro farmaceutický průmysl (Český modrý mák, Typy máků, 2019).

1.5.2 Technický mák

Máky technické, též zvané průmyslové, jsou zejména šedo – černo a modrosemenné. Obsahují v suché makovině mezi 1,5 – 2,5 % morfinu. Hlavními producenty jsou Španělsko, Tasmánie, Turecko a Maďarsko. Průmyslové máky se využívají pouze pro extrakci alkaloidů ve farmaceutickém průmyslu – morfinu, kodeinu, thebainu, oripavinu (Vašák a kol., 2010).

¹² Označení odrůdy máku pocházející z Česka.

Semeno máku nelze podle Vyhlášky č. 399/2013 Sb. využívat pro potravinářské účely z důvodu vyššího obsahu alkaloidů a nepříjemné chuti a vůně. Porost průmyslového máku je určený pro produkci makoviny na průmyslové využití a je zakázáno jej pěstovat pro vlastní účely.

Dále jsou sem zařazeny máky s odlišným složením alkaloidů, např. thebainové máky (odrůda Norman, Tasmánie) nebo botanicky jiné druhy máku (*P. bracteatum*, *P. orientale*) (Český modrý mák, legislavita, 2019).

1.6 Sklizeň máku

Termín sklizně je různý pro jarní a ozimý mák. Obvyklé období sklizně jarního máku je od poloviny července do začátku září s hlavním termínem od poloviny do konce srpna, tzn. týden po sklizni jarního ječmene. Ozimý mák je sklizen o měsíc dříve, tedy v průběhu července.

Sklizeň máku je zahájena v době, kdy dojde k oddělení semen v makovici od tobolky. Všechny tobolky by měly být suché a hnědé. Mák se sklízí ihned po dosažení sklizňové zralosti¹³. Ve večerních hodinách je nutno pozastavit sklizeň, jelikož tobolky ztratí křehkost. Negativní vliv na sklizeň máku mohou mít časté srážky, neboť dochází k vymývání alkaloidů z makoviny, mák se také může začít drolit.

Mák je nejčastěji sklizen napřímo sklízecími mlátičkami. Nejobvykleji je sklízena směs semen s makovinou. Sklizeň bez makoviny výrazně zvyšuje sklizňové ztráty, zhoršuje kvalitu semen a způsobuje obtíže při posklizňovém skladování a čištění. Pro sklizeň máku jsou vhodné všechny mlátičky bez ohledu na rozdíly v konstrukci.

Ruční sklizeň makovic se používá pouze v domácích podmínkách, fyzicky je zvládnutelná maximálně pro 10 arů máku. Někdy se využívá v ekologickém zemědělství, nevýhodou je velká potřeba ruční práce pro obdělání větších ploch, a to jak v době sklizně, tak především v průběhu vegetace při likvidaci plevelů (Vašák a kol., 2010).

¹³ Makovice jdou lehce odlomit s kusem stonku a tobolka lze rozdrtit v ruce, semena máku jsou oddělená od tobolky, dají se vytřepat. Semeno má tmavě modrou barvu.

1.7 Mýty o máku

Mák je opředen řadou mýtů založených na přítomnosti opiových alkaloidů. Typickým případem je výrok, že se po konzumaci pečených makových buchet cítíme (z důvodu přítomnosti opioidů) ospalí.

Velmi známý výrok, který má již dlouhou historii a můžeme ho slyšet od našich babiček, je údajný uklidňující a uspávací účinek po požití odvaru z máku, kdy stačí jen krátce spařit a povařit maková semena.

Další, opravdu velmi diskutabilním výrokem je, že mák způsobuje slabomyslnost a poruchu vědomí. Lidově řečeno, že se po máku blbne.

Všechny tyto příklady jsou v podmínkách ČR nereálné, neboť v České republice je pěstován pouze mák pro potravinářské využití, který obsahuje mizivé množství morfinu a kodeinu.

Všechny tyto výroky lze označit za mýty, či pověry. Mýtům týkajících se obsahu alkaloidů v máku setém je věnována praktická část této práce.

2 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této práce si vytyčuje tyto cíle:

- 1) Zjistit množství alkaloidů na semeni máku v závislosti na způsobu sklizně (ruční sklizeň a kombajnová sklizeň) u 2 typů máků
- 2) Vyzkoušet metody eliminace opiových alkaloidů z povrchu semene máku v domácích podmínkách (oplach + teplota)
- 3) Zjistit rozdíl v obsahu opiových alkaloidů čerstvě namletého máku a v makovém pekařském výrobku.

2.1 Metodika práce

2.1.1 Obsah alkaloidů na semeni máku v závislosti na způsobu sklizně

V semeni máku se morfinové alkaloidy nevyskytují. Při rozborech zjištěný morfin pochází ze znečištění povrchu semene, které může být dvojího druhu.

- Na semeni ulpívá prach z rozdrčených tobolek (makovic). Vyšší obsah alkaloidů při tomto typu znečištění může být způsoben nevhodným skladováním nevyčištěného máku nebo nevhodným čištěním apod. V případě našich domácích pěstitelů, resp. ruční sklizně, k tomu obvykle nedochází.
- Druhou příčinou znečištění máku je sklizeň nedostatečně zralého porostu, nebo nerovnoměrně zrajícího porostu. Šťáva či latex z nezralých tobolek potřísní sklizené semeno (Zehnálek, 2021)

Obsah alkaloidů je tedy závislý na způsobu sklizně, od nějž je odvislá míra znečištění semene. Tato kapitola se soustředí na to, jak se mění obsah alkaloidů na povrchu semene podle typu sklizně. Porovnány byly 2 obsahově rozdílné typy máku, odrůda Onyx a technický mák neznámého původu.

Odrůda Onyx

Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Raná až středně raná odrůda, rostliny jsou nízké až středně vysoké, odolné proti poléhání.

Odrůda typu slepák, výskyt hledáků velmi nízký. Obsah oleje v semeni středně vysoký. Obsah morfinu v makovině středně vysoký až vysoký (Zehnálek, 2021).

Odrůda Onyx získala ocenění Zlatý klas na Země živitelka v roce 2016 (Vrbovský, Robotka, 2017).

Technický mák

Tento mák neznámého původu byl zakoupen v roce 2019. V následujícím roce byl přepěstován na poli, aby byla získána makovina pro tento pokus. Analýza semen z původního vzorku z roku 2019 je uvedena v příloze X1.

Kombajnová sklizeň byla simulována tak, že semeno u každé odrůdy získané z ruční sklizně bylo smícháno s drtí makovic (makovinou) konkrétní odrůdy. Poté byla oddělena od makoviny a analyzována v laboratoři.

2.1.2 Metody eliminace opiových alkaloidů z povrchu semene máku v domácích podmínkách

Jednoduchými metodami, které má každý v domácnosti k dispozici, byl ošetřen neznámý vzorek máku a bylo pozorováno, jestli mají vliv na snížení obsahu opiových alkaloidů. Pro pokus byl použit technický mák ze Španělska, získaný ze sklizně 2021, kde se předpokládá nadlimitní obsah opiových alkaloidů.

Vzorek španělského máku (*Amapola*) byl analyzován na celkový obsah opiových alkaloidů a poté ošetřen různými teplotami, UV zářením, a nakonec i mokrou cestou, proplachem vodou či dalšími, pro domácí podmínky dostupnými látkami.

Ošetření semen máku teplotou

Ošetřit mák můžeme v domácích podmínkách zvýšenými teplotami. K tomu je potřeba běžná trouba a trouba s mikrovlnným zářením. Byla použita mikrovlnná trouba Clatronic MWG 729 s vteřinovým časovačem a trouba značky Ariston s různým teplotním nastavením.

K zahřívání makových semen bylo použito 250 g máku setého kvůli simulaci pečení makové buchty v domácích podmínkách. 1. termín ošetření (25.7.2021) uvádí tab. 2.

Tab. 2: Záznam o prvním ošetření vzorků (25.7.2021).

kód vzorku	teplota	čas
Mik-1a	Mikrovlnná trouba	20 sekund
Mik-1b	Mikrovlnná trouba	30 sekund
Mik-1c	Mikrovlnná trouba	60 sekund
Tr-1a	Trouba - 180 st. C	5 minut
Tr-1b	Trouba - 120 st.C	3 minuty
Tr-1c	Trouba - 180 st.C	3 minuty

Pozn.: Trouba se na 120 st.C zahřívala 6 minut a na 180 st.C až 9 minut

Protože se nakonec prokázalo, že snížení alkaloidů po tomto ošetření nedošlo, byly použity razantnější teploty a UV záření (A, B a C). Druhý termín ošetření (2.10.2021) uvádí tab. 3.

Tab. 3: Záznam o druhém ošetření vzorků

kód vzorku	Teplota	čas
Mik-1d	Mikrovlnná trouba (+ vodní lázeň 200 ml)	600W 5 min.
Mik-1e	Mikrovlnná trouba (+ vodní lázeň 200 ml)	750W 5 min.
Mik-1f	Mikrovlnná trouba (+ vodní lázeň 200 ml)	900W 5 min.
Mik-1g	Mikrovlnná trouba (+ vodní lázeň 200 ml)	900W 10 min.
Mik-1h	Mikrovlnná trouba (+ vodní lázeň 200 ml)	900W 15 min.
Tr-1d	Trouba – 150 °C	15 minut
Tr-1e	Trouba – 175 °C	15 minut
Tr-1f	Trouba – 200 °C	15 minut
Tr-1g	Trouba – 225 °C	15 minut
Tr-1h	Trouba – 250 °C	15 minut
UVC	UVC (254 nm)	24 h
UVB	UVB (315 nm)	24 h
UVA	UVA (370 nm)	24 h

Ošetření semen máku proplachem

V domácích podmínkách je pro proplach semen máku možné použít vodu a běžně dostupné kyseliny – kyselinu octovou, k. citrónovou a k. askorbovou. Pro zajímavost byly na proplach semen máku využity další dostupné kyseliny. U kyseliny askorbové byl prodloužen proplach kvůli nerozložení opiových alkaloidů ani po 5 minutách.

V domácích podmínkách se nabízí voda a různě dlouhé odstátí s občasným mícháním. Při pokusu výplachu opiových alkaloidů ze semen byl proveden proplach na 5 minut a následný proplach po 3 hodinách. Byla použita simulace pro výrobu makového nápoje – při výrobě nápoje má mák bobtnat ve vodě minimálně 3 hodiny. Seznam použitých látek – viz tab. 4.

Tab. 4: Ošetření vzorků proplachem

Popis	Proplachy – látky	Délka proplachu látkou
01P-5	Voda. Zalít vodou, slítí, zase zalít vodou a po 5 min. slítí vody	5 minut proplach
02P-180	Voda. Zalít vodou, slítí, zase zalít vodou a nechat stát 3 h., slítí	180 minut proplach
03P	Kyselina sírová (5%)	5 minut míchání a proplach
04P	Kyselina fosforečná (5%)	5 minut míchání a proplach
05P	Kyselina chlorovodíková (5%)	5 minut míchání a proplach
06P	Kyselina octová	5 minut míchání a proplach
07P	Kyselina mravenčí	5 minut míchání a proplach
08P	Kyselina citronová	5 minut míchání a proplach
09P	Kyselina jablečná	5 minut míchání a proplach
10P	Kyselina mléčná	5 minut míchání a proplach
11P	Kyselina vinná	5 minut míchání a proplach
12P	Kyselina askorbová (vit. C)	5 minut míchání a proplach
12P-480	Kyselina askorbová (vit. C)	480 min. míchání a proplach

2.1.3 Obsah alkaloidů v pekařském výrobku

Z předem známé analýzy vysokoobsažného španělského technického máku (*Amapola*) a prokazatelně z máku českého původu (*Český modrý mák*) byly připraveny 2 makové směsi, ze kterých byly upečeny koláčky. Obě makové směsi připravila podle shodné receptury Zeelandia spol. s r.o. Malšice. (Zeelandia, 2021)

Z makových směsí oba druhy koláčků upekla pekárna ve Vodňanech – Pekařství a cukrářství Kodádek.

Koláčky se podávaly veřejnosti na Země živitelce na stánku Agrární komory ČR a spolku Český modrý mák (viz. Obr. 8).

V laboratoři byly analyzovány na obsah opiových alkaloidů semeno máku *Amapola* a *Český modrý mák*, obě makové směsi i mák z obou koláčků.



Obr. 8: Fotografie z výstavy Země živitelka

2.1.4 Laboratorní postup – analýza alkaloidů

Příprava vzorků

Navážili jsme 1 g semen máku setého do plastové zkumavky (zvané falkonky) s uzávěrem o objemu 50 ml. Poté bylo přidáno do zkumavky 25 ml methanolu z důvodu separace molekul morfinanových alkaloidů. Reakce musela být urychlena, z důvodu vysokého počtu vzorků. Plastové zkumavky byly vloženy do ultrazvukové lázně na 20 minut. Methanolvý podíl byl destilován pomocí odsávací baňky s fritou, způsobující na konci procesu usazeniny na vnitřním povrchu baňky. Opakovaně bylo přidáno do vzorku 25 ml methanolu z důvodu lepších výsledků. Na vnitřním povrchu baňky se vyskytoval morfinanový podíl alkaloidů. Baňka byla následně vypláchnutá kyselinou sírovou, která zapříčinila vznik kyselého roztoku. Kyselý roztok byl přelit do dělicí nádoby, kam bylo přilito 15 ml diethyletheru. Obsah byl protřepán a musel být jednou za čas upuštěn, jelikož by mohl explodovat. Složka kyselého roztoku a diethyletheru se nám viditelně oddělila (viz obr. č. 9), vodný roztok byl opatrně upuštěn a znovu přelit do dělicí nádoby. Tento krok byl učiněn kvůli redukci tuků, které se vyskytovali v podílu vzorku.

Obr. 9: oddělení diethyletheru



Vzniklou vodnou vrstvou jsme alkalizovali postupným přidáváním hydroxidu sodného. Alkalitu roztoku jsme zjišťovali pomocí pH papírků. Výsledný roztok musí být zásaditý, zalkaliozováním došlo převedením alkaloidů z jejich solí na volné báze, které jsou rozpustné v chlorovaných organických rozpouštědlech.

Dichlormetanem se následně zbavíme přebytečných vodorozpustných nečistot, které by mohly být nežádoucí ve výsledné analýze v chromatografu. V dělicí nálevce jsme v dichlormetanu extrakt 2x protřepali. Dichlormetanové podíly jsme oddělili a výsledný extrakt jsme spojili do hromady.

Ke spojenému extraktu jsme přidali síran hořečnatý k vysušení. Extrakt byl přefiltrován, přelit do 250 ml baňky a vložen do vakuové rotační odparky, kde byl odpařen do sucha. Destilační zbytek jsme nechali rozpustit v 1 ml metanolu.

Tab. 5: Seznam použitých chemikálií

Methanol p.a.	CH_3OH
Kyselina sírová	H_2SO_4
Diethylether	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$
Dichlor metan 3%	CH_2Cl_2
Hydroxid sodný	NaOH
Síran hořečnatý	MgSO_4

Použité analytické přístroje

- Ultrazvuková lázeň
- Filmová vakuová odparka
- Dělicí aparát: dělicí nálevka, stojan, kádinka
- Filtrační aparát: odsávací baňka, pojistná lahev, vodní vývěra, gumové propojení
- Baňky, zkumavky
- Kapalinová chromatografie

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Obsah alkaloidů na semeni máku v závislosti na způsobu sklizně

Tab. V 1: Prvotní údaje naměřené v laboratoři – analýza obsahu alkaloidů na semeni máku (mg/kg)

odrůda/původ	morfin	kodein	narkotin	papaverin	thebain	celkem
Onyx – ruční sklizeň	0,47	0,0	0,02	0	0,72	0,12
Onyx – simulace kombajnové sklizně	11,11	0,23	0,03	0,01	27,62	39,0
Technický – ruční sklizeň	10,1	0,55	0,10	0,01	183,2	194,0
Technický – simulace kombajnové sklizně	12,18	2,42	0,22	0,03	210,10	225,0
Mák ze sklizně 2021 (ZD Trhový Štěpánov)	0,68	0,17	1,13	0,08	6,67	8,7
Mák ze sklizně 2021 (ZS Chrástřany)	2,57	1,62	0,63	0,08	2,30	7,2
Technický – původní vzorek (2019) *)	46	30	0,26	0,06	190	266,3

*) Analýza v akreditované laboratoři – viz příloha č. X1 (Český modrý mák, 2019).

V semeni máku se morfinanové alkaloidy nevyskytují. Zjištěný obsah alkaloidů pochází ze znečištění na povrchu semene (Zehnálek, 2021).

Analýzy (tab V1) ukazují, že ručně sklizené semeno máku obsahuje mnohem méně alkaloidů, než mák sklizený kombajnem, se kterým se sklízí i makovina. Právě při kombajnové sklizni ulpívá více nečistot z makoviny na povrchu semene. Dále je třeba mák z pole dovézt a vyčistit na čistících stanicích. Touto manipulací taktéž dochází k míšení máku s posklizňovými zbytky – makovinou.

Z tabulky je patrné, že u české odrůdy Onyx byl obsah alkaloidů mnohonásobně vyšší u simulace kombajnové sklizně než u sklizně ruční, kdy nedochází k míšení semen s makovinou. Z polních vzorků máku ze sklizně 2021, dodaných ZD Trhový Štěpánov a ZS Chrástřany, byly obsahy morf. alkaloidů již kolem 8 mg/kg. U ruční sklizně se obsahy pohybovaly pod 1 mg/kg máku.

Vyšší obsah morfinanových alkaloidů u simulované sklizně odrůdy Onyx (39 mg/kg) je pravděpodobně způsoben nedokonalým vyčištěním semen od prachových částic. Tím byly simulovány i domácí podmínky, kde případný prach není odstraněn tak, jak dokáží profesionální čistící stanice. Nicméně suma morfinu a kodeinu, tj. návykových alkaloidů, je u Onyxu v tomto případě stále pod 12 mg/kg.

U technického máku nebyl rozdíl mezi ruční sklizní a simulovanou kombajnovou tak velký. Nejvíce tento mák obsahoval alkaloidu thebain. Jak by to dopadlo u technického či opiového

máku s vyšším obsahem morfinu či kodeinu je diskutabilní, možná podobně, nebo s menšími rozdíly.

V každém případě je velmi důležité znát původ máku. U neznámé suroviny mohou být obsahy alkaloidů vysoké a pro lidi zdravotně závadné kvůli nevyváženosti alkaloidů v obsahu. Jak již bylo zmíněno výše, nevyváženost opiových alkaloidů v máku může dokonce pozměnit symptomy užívané látky. Proto je třeba dbát na úpravu máku neznámého původu v kuchyňských podmínkách.

3.2 Metody eliminace opiových alkaloidů z povrchu semene máku v domácích podmínkách

Pro pokus byl použit technický mák ze Španělska, získaný ze sklizně 2021, kde se předpokládal nadlimitní obsah opiových alkaloidů.

Tab. V 2: Obsah morfinanových alkaloidů na semeni máku (mg/kg) u máku Amapola

Opakování	Opiové alkaloidy (mg/kg) *)
a	336,4
b	316,1
c	324,6
Průměr	325,7

*) Opiové alkaloidy = suma všech zjištěných alkaloidů, tj. morfin, kodein, narkotin, papaverin a thebain.

Průměrnou hodnotu z analýzy (průměr ze 3 opakování) na obsah všech opiových alkaloidů na povrchu semene máku byly použity jako 100 % pro další pokusy v této práci (tabulka V3, V4).

3.2.1 Ošetření semen máku teplotami a UV

V tomto pokusu jsem sledovala, kdy a jestli se účinkem vysokých teplot či působení UV záření alkaloidy na povrchu máku rozloží.

Tab. V 3: Obsah alkaloidů na semeni máku (%) po ošetření vzorků teplotami a UV zářením

kód vzorku	teplota či druh záření	čas	Obsah opiových alkaloidů (100 % = 325,7 mg/kg)
Mik-1a	Mikrovlnné záření	20 sekund	91 %
Mik-1b	Mikrovlnné záření	30 sekund	93 %
Mik-1c	Mikrovlnné záření	60 sekund	81 %
Mik-1d	Mikrovlnné záření (+ vodní lázeň 200 ml)	600W 5 min.	98 %
Mik-1e	Mikrovlnné záření (+ vodní lázeň 200 ml)	750W 5 min.	103 %
Mik-1f	Mikrovlnné záření (+ vodní lázeň 200 ml)	900W 5 min.	107 %
Mik-1g	Mikrovlnné záření (+ vodní lázeň 200 ml)	900W 10 min.	101 %
Mik-1h	Mikrovlnné záření (+ vodní lázeň 200 ml)	900W 15 min.	107 %
Tr-1a	Trouba - 180 st. C	5 minut	79 %
Tr-1b	Trouba - 120 st.C	3 minuty	89 %
Tr-1c	Trouba - 180 st.C	3 minuty	83 %
Tr-1d	Trouba - 150°C	15 minut	92 %
Tr-1e	Trouba - 175°C	15 minut	101 %
Tr-1f	Trouba - 200°C	15 minut	93 %
Tr-1g	Trouba - 225°C	15 minut	0 %
Tr-1h	Trouba - 250°C	15 minut	0 %
UVC	UVC (254 nm)	24 h	37 %
UVB	UVB (315 nm)	24 h	94 %
UVA	UVA (370 nm)	24 h	102 %

Z výsledků je patrné, že ošetřením mikrovlnným zářením nemá na rozpad opiových alkaloidů na povrchu semene máku žádný vliv. A to ani, když použijeme 10. resp. 15 minut ošetření v mikrovlnné troubě, které už chuťové vlastnosti máku mění. Mírný nárůst (nad 100 % původní hodnoty čerstvého máku) je připisován laboratorní chybě ve stanovení.

Z výsledků pramení, že při působení teplot 15 minut nad 200 stupňů Celsia se opiové alkaloidy na povrchu semene máku zcela rozpadají. Z tohoto faktu se dá usuzovat, že každý pekárenský výrobek z máku je prostý opiových alkaloidů a tedy zdravotně nezávadný.

Úřední věstník Evropské unie z r. 2014 ve svém Doporučení komise o správné praxi pro snižování opiových alkaloidů v máku a makových produktech (příloha č. X2) uvádí, že tepelné ošetření semen máku na vyšší než 200 °C snižuje obsah alkaloidů o 80-90 % (Úřední věstník, 2014).

U UV záření se v laboratorních podmínkách prokázalo, že pouze UVC lampa má vliv na částečný rozpad alkaloidů, a to na úroveň 37 %: V domácích podmínkách však nelze toto záření využít a navíc eliminace alkaloidů o 2/3 nemusí u neznámého vzorku máku zcela dostačovat. V našem konkrétním případě byl obsah alkaloidů ošetřením UVC snížen na 49 mg/kg (norma pro celý mák je do 25 mg/kg).

Úřední věstník Evropské unie ve shodě s mými výsledky uvádí, že působení světla má malý vliv na rychlost rozkladu alkaloidů na povrchu semene máku (Úřední věstník, 2014).

Výsledky jsou v souladu s vědeckou literaturou, která byla publikována autory (Carlin, Dean, Ames, 2020). Autoři předpokládali snížení opiových alkaloidů o 10-50%. Jejich pokusem na makových muffinech bylo zjištěno, že se morfinanový alkaloidy po pečení sníží až o 84%, nebo zcela vymizí. Muffiny byly pečený na 25 minut při 195°C.

3.2.2 Ošetření semen máku proplachem

Pokud chceme mák využít pro výrobu nápoje, pak může být snížen obsah alkaloidů oplachem. Hypotéza – oplachem vodou lze alkaloidy z povrchu semen máku smýt.

V domácích podmínkách je pro proplach semen máku možné použít vodu a běžně dostupné kyseliny - kyselinu octovou, k. citrónovou a k. askorbovou. Pro zajímavost byly na proplach semen máku využity dostupné i další kyseliny. I v tomto případě jsem pro snazší vyjádření obsahu opiových alkaloidů vzala jako 100 % hodnotu čerstvého technického máku z tab. V2. Výsledky – viz tab. V4.

Tab. V 4: Obsah alkaloidů na semeni máku (%) po ošetření vzorků proplachem

kód vzorku	Proplachy - látky	Délka proplachu látkou	Obsah opiových alkaloidů (100 % = 325,7 mg/kg)
01P-5	Voda. Zalít vodou, slítí, zase zalít vodou a po 5 min. slítí vody	5 minut proplach	94,4 %
02P-180	Voda. Zalít vodou, slítí, zase zalít vodou a nechat stát 3 h., slítí	180 minut proplach	92,1 %
03P	Kyselina sírová (5%)	5 minut míchání a proplach	0
04P	Kyselina fosforečná (5%)	5 minut míchání a proplach	0
05P	Kyselina chlorovodíková (5%)	5 minut míchání a proplach	0
06P	Kyselina octová	5 minut míchání a proplach	0
07P	Kyselina mravenčí	5 minut míchání a proplach	0
08P	Kyselin citronová	5 minut míchání a proplach	0
09P	Kyselina jablečná	5 minut míchání a proplach	0
10P	Kyselina mléčná	5 minut míchání a proplach	0
11P	Kyselina vinná	5 minut míchání a proplach	0
12P	Kyselina askorbová (vit. C)	5 minut míchání a proplach	48,5 %
12P-480	Kyselina askorbová (vit. C)	480 min. míchání a proplach	26,9 %

Z Doporučení komise (příloha č. X2) je patrné, že promývání v mírně kyselých podmínkách se obsah alkaloidů snižuje až o 40 % a namáčení po dobu 5 minut snižuje alkaloidy až o 46 %. Tyto výsledky se mi nepotvrdily, v případě namáčení ve vodě hladina alkaloidů poklesla max. o 8 %.

V experimentu všechny kyseliny působily na alkaloidy rozkladným způsobem, ve vzorcích po ošetření již alkaloidy nebyly laboratorně zjištěny. S výjimkou kyseliny askorbové, kde po 3 minutách se obsah alkaloidů snížil cca na polovinu. Po dalším mícháním (480 minut = 8 hodin) se obsah snížil na cca čtvrtinu. Teprve až po několika desítkách hodin se u vzorku s kyselinou askorbovou alkaloidy zcela rozpadly. V kyselině askorbové se nevyskytuje COOH skupina.

Z výsledků je jasně patrné, že i kyselina chlorovodíková má razantní vliv na rozpad opiových alkaloidů. Vzhledem k tomu, že se tato kyselina vyskytuje v lidském žaludku, dá se předpokládat, že konzumace potravin s vyšším obsahem alkaloidů se člověk neintoxikuje.

V žaludku zjevně velmi rychle dojde k jejich rozložení, kyselina chlorovodíková je v žaludku obsažena v koncentraci 1%. Jistě je tato okolnost známa i široké veřejnosti a jistě i proto cílená toxikace lidského organismu opiáty narkomani, či lidé závislí na opiátech, provádí přes plíce (vdechování kouře, opiové dýmky) nebo přímo do žil.

3.2.3 Obsah alkaloidů v pekařském výrobku

Pro pokus byl opět použit technický mák ze Španělska, získaný ze sklizně 2021. Následující analýza ukazuje obsahy morfinanových alkaloidů ve dvou druzích máku, v makové náplni a v makových koláčcích.

Tab. V 5: Obsah alkaloidů (mg/kg) v makové směsi a upečeného máku v koláčku

kód	mák	vzorek	Obsah opiových alkaloidů (mg/kg)	Vyjádřeno v %
4Č	Český modrý mák	celý mák	8,7	100 %
3Č		mletý mák	nestanoveno	
2Č		maková náplň	0	0 %
1Č		makový koláček	0	0 %
4T	Technický mák <i>Amapola</i>	celý mák	165,1	100 %
3T		mletý mák	nestanoveno	
2T		maková náplň	35,7	21,6 %
1T		makový koláček	12,1	7,3 %

Z tabulky č. V5. lze vyčíst, že po tepelné úpravě se ve všech vzorcích Českého modrého máku i technického máku počet opiových alkaloidů snížil. V technickém máku je snížení postupné, jelikož obsahuje více morfinanových alkaloidů.

ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo objasnit široké veřejnosti rozdíl mezi technickým a potravinářským mákem. Technický mák se v České republice nemůže pěstovat, kvůli vysokému obsahu morfinanových alkaloidů. Obsahy morfinanových alkaloidů jsou různé u ruční a kombajnové sklizně. Při ruční sklizni se makové semeno neobalí makovinou a právě proto se na jejím povrchu vyskytuje méně morfinanových alkaloidů. Při ruční „ekologické“ sklizni u technického máku a simulované kombajnové sklizně se lišil výsledek až o 31 mg/kg. Vyhláška povoluje maximální výskyt morfinanových alkaloidů 25 mg/kg na semeni máku. Proto je velmi důležité znát původ máku. U neznámé suroviny mohou být obsahy alkaloidů vysoké a pro lidi zdravotně závadné.

Úspěšnou metodou eliminace alkaloidů byla metoda oplachu v domácích podmínkách pomocí kyseliny sírové, octové, citronové, jablečné v nízké koncentraci. Alkaloidy se ze vzorku vymyly již po 5 minutách míchání a proplachu. Tato metoda je časově úspornější než metoda ošetření semen máku teplotami, ale je pracnější díky následnému oplachu vodou. Jen oplach, resp. namáčení semen vodou nepotvrdil smytí alkaloidů.

Druhou zkoušenou metodou bylo ošetření makových semen teplotami. Ve výsledcích vyšlo, že zahřívání vzorku máku po 15 minutách v troubě na 225 °C je účinné, všechny alkaloidy se rozpadnou. Metoda ošetření makových semen v troubě je časově náročnější, než je metoda proplachu, ale tato metoda je výhodnější v kvantitativním množství ošetření máku.

Z výsledku v odborné práci mohu vyvrátit mýtus, že se po pečené makové buchtě cítíme málátní nebo ospalí. V tepelně opracovaných produktech s potravinářským českým mákem nejsou obsaženy žádné opiové alkaloidy. Analýza potvrdila, že i v případě použití technického máku se alkaloidy výrazně zredukují nebo zcela vymizí.

Účinky makového odvaru se po generace tradují mezi lidmi. V současné době je v České republice pěstován mák pouze pro potravinářské využití se zanedbatelným množstvím morfinu a kodeinu. Na základě tohoto faktu je možné vyvrátit mýtus spojený s ním.

Mezi další možnosti využití odborné práce je nedostatek zdrojů v tomto odvětví, které teprve o této problematice vznikají. Existuje zdroj v anglickém jazyce, který rozebírá tepelné ošetření makových semen (viz kapitola 3.2.1.).

LITERATURA

Tištěné zdroje

BARANYK P. 2010. *Olejniny*. 1. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-38-0.

Český modrý mák. 2019. Analýzy technického máku v akreditované laboratoři z roku 2019 – osobní sdělení.

Chen Z., Cui T.A., Zhou M., Twomey A., Naidu B.P., Shabala S. 2007. Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 58, 4245-4255

JAHODÁŘ, L. 2006. *Farmakobotanika: semenné rostliny*. Praha: Karolinum, s. 51-52. ISBN 80-246-1225-9.

KALINA K. a kol. 2015. *Klinická adiktologie*. 1. Praha 7: GRADA Publishing, s. 55-64. ISBN 978-80-247-4331-8.

KOZÁK J., LEJČKO J. a VRBA I. 2021. *Opioidy*. 2. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-664-1.

KUBÁNEK V. 2008. *Konopí a mák: (pěstování, výroby, legislativa)*. 1. Brno: Tribun EU. ISBN 978-80-7399-438-9.

MAHDALÍČKOVÁ J. 2014. *Víme o drogách všechno?*. Praha: Wolters Kluwer. ISBN 978-80-7478-589-4.

NOVÁK J., NOVÁKOVÁ H. 2018. *Mák jako potravina a droga: makový receptář*. Praha: Aventinum. ISBN 978-80-7442-101-3.

ROKYTA R. a kol. 2018. *Léčba bolesti v primární péči*. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-271-0312-6.

Tyler, V. E., Brady L. R., Robbers J. E. 1988. *Pharmacognosy*, Ninth Edition, Vyd. Philadelphia : Lea & Febiger. , s. 214-219, ISBN 0-8121-1071-4

VAŠÁK J. a kol. 2010. *Mák*. Powerprint.cz, Praha. 352 s. ISBN: 978-80-904011-8-1.

Vodrážka Z.: *Biochemie*. 2002. 1. vyd. Praha: Academia, 508 s. ISBN 80-200-0600-1.

Vrbovský V., Robotka P. 2017. Český modrý mák. In: sborník konference Prosperující olejniny 5.-7.12.2017, s.184-5. ČZU v Praze. ISBN 978-80-213-2798-6. Dostupné: http://konference.agrobiologie.cz/2017-12-05/48-Vrbovsky-Robotka_CESKY_MODRY_MAK.pdf

Zehnálek P. 2021. Přehledy odrůd řepky olejky – jarní, hořčice bílé, máku setého a kmínu kořeného 2021. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-196-2. Dostupné: https://eagri.cz/public/web/file/674152/Olejninny_2021.pdf

Elektronické zdroje

CARLIN, M.G., DEAN J.R., AMES J.M. 2020. Opium Alkaloids in Harvested and Thermally Processed Poppy Seeds. In: *Frontiers*[online]. Switzerland: Frontiers Media S.A, [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00737>

Český modrý mák. *Legislativa v ČR* [online]. Praha: Český modrý mák, Copyright © 2019 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak-jako-komodita/legislativa-mak>

Český modrý mák. *Typy máků* [online]. Červený Újezd: Český modrý mák, Copyright © 2019 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/druhy-maku>

Český modrý mák: *Obsah morfinu* [online]. Červený Újezd: Copyright © 2021 Český modrý mák, 2021 [cit. 2021-01-06]. Dostupné z:

Food and Agriculture Organization of The United Nations [online]. Italy: © FAO 2021, 2021 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.fao.org/>

Ministerstvo zemědělství, 2013. Vyhláška č. 399/2013, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 329/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena, ve znění vyhlášky č. 418/2000 Sb.. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2013, částka 156.

Potravinářská komora ČR - České cechovní normy. *Cechovní normy* [online]. Praha: České cechovní normy, Copyright © 2021 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.cehovni-normy.cz/>

Úřední věstník Evropské Komise: *Doporučení komise o správné praxi pro předcházení a snižování výskytu opiových alkaloidů v máku a makových produktech* [online]. Brusel. 2014. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014H0662&from=MT>

Zboží.cz. *Zeelandia vařená náplň maková 1 kg* [online]. Praha: Seznam.cz, © 1996 – 2021 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/zeelandia-varena-napl-n-makova-1-kg/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A POJMŮ

Amapola – španělsky mák, v práci je termín používán pro vzorek technického máku původem ze Španělska.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organizace pro výživu a zemědělství)

ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1: Strukturní vzorec morfinu	10
Obr. 2: Schéma přípravy heroinu acetylací morfinu v kyselém prostředí	11
Obr. 3: Struktura kodeinu	11
Obr. 4: Struktura thebainu	12
Obr. 5: Struktura papaverinu	13
Obr. 6: Struktura narkotinu	13
Obr. 7: Struktura heroinu (diacetylmorfinu).....	14
Obr. 8: Fotografie z výstavy Země žitelka	24

Seznam pomocných tabulek

Tab. 2: Záznam o prvním ošetření vzorků.....	22
Tab. 3: Záznam o druhém ošetření vzorků	22
Tab. 4: Ošetření vzorků proplachem.....	23
Tab. 5: Seznam použitých chemikálií.....	25

Seznam tabulek s výsledky

Tab. V 1: Prvotní údaje naměřené v laboratoři – analýza obsahu alkaloidů na semeni máku (mg/kg).....	26
Tab. V 2: Obsah morfinanových alkaloidů na semeni máku (mg/kg) u máku Amapola	27
Tab. V 3: Obsah alkaloidů na semeni máku (%) po ošetření vzorků teplotami a UV zářením	28
Tab. V 4: Obsah alkaloidů na semeni máku (%) po ošetření vzorků proplachem	29
Tab. V 5: Obsah alkaloidů (mg/kg) v makové směsi a upečeného máku v koláčku	30

PŘÍLOHY

Příloha 1: Analýza morfinanových alkaloidů v semenech technického máku z roku 2019 z akreditované laboratoře.



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Metrologická a zkušební laboratoř

zkušební laboratoř 1316.2 akreditovaná ČIA, dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005



Adresa: VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6 (tel.: +420 602833424; +420 220443184; http://uapv.vscht.cz/mzl)

Protokol o zkouškách ML: 686/19

Číslo tisku: 424/19

Zákazník: LABORATOŘ POSTOLOPRTY s.r.o.

Masarykova 300
43942 Postoloprty
Česká republika

Datum příjmu vzorků laboratoří: 26.2.2019
Objednávka: 22. únor 2019
Označení vzorků zákazníkem: mák č.1
ZO 125 ČZU Praha

Předmět zkoušení - popis vzorku: mák
obal: sáček polyetylenový (PE)
stav: doručeno bez zjevného poškození
množství: 70 g

Datum provedení zkoušek: 26.02.2019 - 15.03.2019
Místo provedení zkoušek: prostory MZL VŠCHT, Technická 1903/3, 166 28 Praha 6 - Dejvice
Zkušební metody: KM 23: LC-MS

VÝSLEDKY ZKOUŠEK:

ALKALOIDY

Analyt	Výsledek*	Rozšířená nejistota	Jednotky	Zkušební metoda	Specifikace Poznámka
morphin	46	9,2	mg/kg	KM 23	F)
codein	30	6,0	mg/kg	KM 23	F)
laudanodin	0,65	0,26	mg/kg	KM 23	F)
noscapin	0,26	0,10	mg/kg	KM 23	F)
oripavin	30	6,0	mg/kg	KM 23	F)
papaverin	0,06	0,027	mg/kg	KM 23	F)
thebain	190	34	mg/kg	KM 23	F)
Suma opiových alkaloidů	280	50	mg/kg	KM 23	F)

* pokud je před hodnotou znaménko "<" pak koncentrace je nižší nežli tato hodnota, tj. pod mezí stanovitelnosti (LOQ)
F) existující zkušební postup byl modifikován/rozšířen v rámci flexibilního rozsahu akreditace

Uvedená rozšířená nejistota byla vypočtena s použitím koeficientem rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.
Při výpočtu a uvádění nejistot se postupuje podle dokumentu EA-4/16 a příručky Kvalimetrie 11 (EURACHEM CZ). Uváděné nejistoty nezahrnují nejistotu vzorkování. Pro posouzení shody s limitními hodnotami byly vzaty do úvahy nejistoty výsledků zkoušek podle Směrnice ILAC-G8.

Bez písemného souhlasu Metrologické a zkušební laboratoře nelze Protokol o zkouškách kopírovat jinak než celý.

Výsledky zkoušek se týkají pouze uvedeného zkušební vzorku, jak byl laboratoří přijat. Protokol o zkouškách nenahrazuje žádné jiné právní dokumenty. Laboratoř nenes odpovědnost za informace dodané zákazníkem, pokud mohou mít vliv na platnost výsledků.