

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Vliv původu osiva na olejnatost, obsah a skladbu mastných kyselin u semen máku setého

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Anna Pičmanová

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru (AMVV)

Vedoucí práce: Ing. Perla Kuchtová, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv původu osiva na olejnatost, obsah a skladbu mastných kyselin u semen máku setého" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Perle Kuchtové Ph.D. a Ing. Adéle Fraňkové Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a přátelský přístup, díky kterým byla tato diplomová práce sepsána. Dále bych také chtěla poděkovat své rodině za velkou podporu a trpělivost v celé délce mého studia.

Vliv původu osiva na olejnatost, obsah a skladbu mastných kyselin u semen máku setého

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá možnými rozdíly v kvalitě semen určených k potravinářským účelům, spojené s původem odrůd máku setého. V tomto pokusu bylo testováno 18 krajových odrůd máku a 3 odrůdy ze seznamu doporučených odrůd (SDO).

Cílem práce bylo zjistit obsah oleje a obsah mastných kyselin. Zjistit možné rozdíly mezi jednotlivými roky, barvami a odrůdami. Rozbory byly provedeny v laboratoři na Katedře rostlinné výroby. Olejnatost máku byla stanovena Soxhletovou metodou, rozbor mastných kyselin metodou plynové chromatografie ve formě metylesteru.

Pomocí analýzy bylo stanoveno procentuální zastoupení mastných kyselin a jejich rozdíly pro rok 2015, 2016 a 2017. Ve sledovaných letech činil průměrný obsah kyseliny palmitové (C16:0) 9,48 % (2015), 9,35 % (2016) a 9,3 % (2017). Průměrné procentuální zastoupení kyseliny palmito-olejové (C16:1) bylo 0,18 % (2015), 0,13 % (2016) a 0,15 % (2017), což odpovídá obvyklému obsahu kyseliny palmito-olejové (C16:1). Průměrné procentuální zastoupení kyseliny stearové (C18:0) byl 2,03 % (2015), 2,17 % (2016) a 2,03 % (2017). Průměrné procentuální zastoupení kyseliny olejové (C18:1) v letech 2015 – 15,26 % (2015), 13,94 % (2016) a 12,3 % (2017). Námi naměřené hodnoty neodpovídají průměrnému obsahu (16,1 – 19,4 %) kyseliny olejové (C18:1). Průměrný obsah kyseliny linolové (C18:2) byl 72,2 % (2015), 73,65 % (2016) a 75,3 % (2017). Obsah kyseliny linolové (C18:2) naměřený v letech 2015, 2016 a 2017 je prokazatelně vyšší, než je uváděný průměr.

Z hlediska olejnatosti máku, nebyly mezi ročníky 2015, 2016 a 2017 zjištěny statisticky významné rozdíly, průměrná olejnatost máku v roce 2015 činila 38,7 %, v roce 2016 - 42,2 % a v posledním roce testování 41 % (2017). Olejnatost máku v roce 2015 tak lze vyhodnotit jako podprůměrnou. V letech 2016 a 2017 byla olejnatost máku lehce pod uváděným průměrem 45–50 %. Bělosemenné odrůdy dosahovaly ve srovnání s odrůdami s jinou barvou semen mezi lety 2015-2017 statisticky významně se lišící olejnatosti. Průměrná olejnatost bělosemenného máku v roce 2015 činila 41,2 %, v roce 2016 44,4 % a v posledním roce testování 41,6 % (2017). Výsledky dokázaly statisticky významné rozdíly v obsahu mastných kyselin mezi lety 2015 – 2017. Statistické rozdíly v olejnatosti se potvrdily u barev semene máku. Mezi jednotlivými odrůdami statisticky významný rozdíl nebyl.

Klíčová slova: mák setý, krajové odrůdy, obsah oleje, mastné kyseliny

Influence of origin on seed oil content, content and composition of fatty acids in poppy seed

Summary:

This Master's thesis explores the potential differences in the quality of seeds intended for use in the food industry, connected to the species of *Papaver Somniferum*. In this experiment, 18 species of countryside poppy and 3 species from the List of Recommended Species (SDO) were tested.

The aim of the thesis is to determine the oil and fatty acid content, to determine possible differences between specific years, colours and species. Experiments were undertaken at the Department of Crop Production. The oil content of the poppy was determined using the Soxhlet method. The fatty acid content was determined using Gas Chromatography of methylesters.

Using this analysis, percentage content of fatty acids, and the differences between years 2015, 2016 and 2016 were recorded. In the selected years, average content of palmitic acid (C16:0) was: 9.48 % (2015), 9.35 % (2016) and 9.3 % (2017). The average content of palmitoleic acid (C16:1) was: 0.18 % (2015), 0.13 % (2016) and 0.15 % (2017), which are consistent with typical contents of palmitoleic acid. The average content of stearic acid (C18:0) was: 2.03 % (2015), 2.17 % (2016) and 2.03 % (2017). The average content of oleic acid (C18:1) was: 15.26 % (2015), 13.94 % (2016) and 12.3 % (2017), which is not consistent with the typical contents (16.1 – 19.4 %) of oleic acid (C18:1). The average content of linoleic acid (C18:2) was: 72.2 % (2015), 73.65 % (2016) and 75.3 % (2017). The content of linoleic acid (C18:2) measured for years 2015, 2016 and 2017 is significantly larger than the given average.

In terms of the oil contents, no statistically significant differences were found between years 2015, 2016 and 2017. The average oil content was 38.7 % (2015), 42.2 % (2016) and 41 % (2017). The oil content of poppy seed from the year 2015 can be classified as below the given average of 45 – 50 %. Species with white seeds exhibited statistically significant differences in oil content compared to species with other colours of seeds in the years 2015 – 2017. The average oil content of white seed poppy was: 41.2 % (2015), 44.4 % (2016) and 41.6 % (2017).

Experimental results have shown statistically significant differences in fatty acid contents in the years 2015 – 2017. Statistically significant differences in oil contents were found with poppy with differently coloured seeds. There were no statistically significant differences between different species of the poppy.

Keywords: opium poppy, regional species, oil content, fatty acids

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce	2
3. Přehled literatury - literární rešerše	3
3.1. Charakteristika rodu Papaver L.	3
3.1.1. Historie	3
3.2. Biologie máku Papaver somniferum L.	5
3.3. Morfologie máku a jeho ideotyp	6
3.4. Tvorba výnosu máku setého	9
3.4.1. Rozhodující prvky hospodářského výnosu:	10
3.5. Komplexní pěstitelský systém máku setého	10
3.5.1. Výběr lokality	12
3.5.2. Výběr osiva	12
3.5.3. Předsetěvá příprava a setí	12
3.5.4. Hnojení	13
3.5.5. Ochrana máku proti plevelům	14
3.5.6. Ochrana máku proti poruchám, škůdcům a chorobám	14
3.5.7. Sklizeň máku	16
3.6. Pěstování máku v ČR	16
3.7. Dietetické vlastnosti olejného máku	18
3.8. Rostlinné oleje	19
3.8.1. Historický přehled	19
3.8.2. Olejiny	19
3.8.3. Dělení rostlinných tuků dle příbuzného složení MK:	20
3.9. Mastné kyseliny jako základní složka rostlinných olejů	21
3.9.1. Nasycené mastné kyseliny	21
3.9.2. Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové)	23
3.9.3. Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové)	24
4. Materiál a metody	25
4.1. Homogenizace vzorku	26

4.2.	Sušina.....	26
4.3.	Transesterifikace mastných kyselin.....	27
4.4.	Chromatografické stanovení mastných kyselin - Plynová chromatografie GC/FID a GC/MS.....	27
4.5.	Identifikace a vyhodnocení mastných kyselin.....	27
4.6.	Soxhletová metoda – Olejnatost máku	28
4.7.	Statistická analýza	28
5.	Výsledky	29
5.1.	Olejnatost máku	29
5.2.	Obsah mastných kyselin.....	32
5.3.	Obsah mastných kyselin – 2015	33
5.4.	Obsah mastných kyselin - 2016.....	35
5.5.	Obsah mastných kyselin - 2017.....	37
5.6.	Porovnání mastných kyselin	39
6.	Diskuze	43
7.	Závěr	45
8.	Seznam literatury	48
9.	Přílohy	52

1. Úvod

Mák setý, správněji snodárný či spánkodárný (*Papaver somniferum L.*) pochází z východoasijského (Čína, Nepál) a předoasijského (Mala Asie, Zakavkazí, Írán, vysočiny Turkménie) genového centra. Pro lidstvo je mák setý (*Papaver somniferum L.*) významnou rostlinou již od neolitu.

Na území ČR se vyskytují 4 druhy, botanická nomenklatura však zahrnuje na 120 druhů máku rodu *Papaver*. Mák setý je pěstován v polních kulturách pro olejnatá semena, která obsahují až 50 % polovysychavého oleje a jsou využívána hlavně k potravinářským účelům (buchty, koláče, závin, posyp na pečivo aj.). U nás pěstovaný mák je plodinou bez ostře vyhraněných nároků na přírodní podmínky. Dá se úspěšně pěstovat ve všech oblastech ČR až do nadmořské výšky 700 m. Celkově je mák ale plodinou teplomilnou.

V zemědělské praxi se využívá výlučně jednoletý jarní, řidčeji i ozimý mák setý, jehož hlavním produktem je semeno a vedlejším produktem makovina (směs suchých rozdrcených tobolek). Tkáň, hlavně makovic, produkuje alkaloidy, které se po tisíciletí užívají pro tlášení bolesti. Makovina je velice žádanou surovinou ve farmaceutickém průmyslu, kde se z makoviny izolují alkaloidy – morfin, kodein, thebain, papaverin a další. Mák setý olejný má svůj význam v potravinovém průmyslu.

Mák je významnou potravinou především ve středoevropských a východoevropských zemích. Má dieteticky velmi cenný olej, který má vynikající sensorické vlastnosti. Tento olej je bohatý na vyšší mastné kyseliny v různém poměru a složení. Jednou z nejdůležitějších mastných kyselin je kyselina linolová (C18:2), která hraje pro lidský organismus důležitou úlohu při tvorbě buněčných membrán. Kyselina linolová (C18:2) má dále významný vliv na snižování cholesterolu. Olej máku obsahuje mimo jiné směs alfa, beta a gama tokoferolů, kyselinu pantothenovou, niacin a thyamin.

2. Cíl práce

Cílem práce bylo zjistit možné rozdíly v kvalitě semen určených k potravinářským účelům spojené s původem odrůd máku setého. Analyzována a porovnána byla semena celkem 18 krajových odrůd a 3 odrůdy z SDO z pokusů realizovaných v letech 2015-2017.

Vědecká hypotéza:

Lze důvodně předpokládat rozdíly v obsahu oleje a ve skladbě mastných kyselin, dané rozdíly v původu osiva ve smyslu odrůd.

3. Přehled literatury - literární rešerše

3.1. Charakteristika rodu *Papaver L.*

3.1.1. Historie

Kulturní mák je prastarou, historií opředenou, lidem velmi prospěšnou plodinou. Pro svou nezaměnitelnou chuť semen je využíván v potravinářství. Tkáně, hlavně makovic, produkují alkaloidy, které se po tisíciletí užívají pro tišení nejkřutějších bolestí. (Vašák et al., 2010).

První nález a zmínka o máku pochází z neolitu, mladší doby kamenné. Mák byl pěstován v 6. tisíciletí př. n. l. a v Mezopotámii se již v 5. tisíciletí př. n. l. vyrábělo opium (Kubánek, 2008). Staří Egypťané v XVII. dynastii (asi 1550-1300 př. n. l.) měli nádoby ve tvaru makovic. V Turecku je mák tradiční rostlinou již od 3000 let př. Kr. (Vašák, 2010). Nejstarší nález na území České republiky pochází z Ostrova u Stříbra a jeho stáří se odhaduje na 2800 let, což odpovídá pozdní době bronzové (ZIP, 2007).

V pozdějších písemných památkách, řeckých i římských, najdeme mnoho zmínek o máku a jeho využívání (Voškeruša, 1965). Římané užívali opium jako lék i jako jed – například císař Nero byl horlivým uživatelem rostlinných drog a opium používal k eliminaci svých nepřátel (Paul; Schiff, 2002). Dalším odkazem může být současné řecké město Sikion, kdysi nazývané Makon, v překladu tedy „město máku“. Řekové tehdy požívali látku tišící bolest, tzv. „mekonium“, což bylo synonymum pro opium. S touto informací přišel v roce 460 př. n. l. Hippokrates. Z Řecka se opium šířilo dále do Malé Asie, kde si získalo velký ekonomický význam.

Znalost máku, ale i jeho rozšíření, mimo větší část Afriky, střední a jižní Ameriky je téměř celosvětová. Ve větší části Asie – mimo jižní a jihovýchodní část – je ale mák zakázán či jinak silně omezen. Pěstování máku je proto soustředěno na několik zemí, a to jak u máku olejného, tak i opiového.

Centrum pěstování, ale i konzumu máku je ve slovanských zemích a Turecku. Většina Slovanů, Maďarů a Rumunů jej nazývá mak – mák. Němci, Rumuni a další národnosti mák

výrazně vyhledávají, což podporuje vývoz máku z České republiky. Nejvíce ho mají v oblibě Poláci, Ukrajinci a Rusové (Vašák et al., 2010).

Celosvětový význam máku (*Papaver somniferum L.*) spočívá především v produkci farmaceuticky významných surovin, jako je morfin, kodein, thebain a dalších alkaloidů. Podle informací z International Narcotic Control Board (INCB), se mák pěstuje na celosvětové výměře 123 tis. ha. Skutečná výměra, která zahrnuje i nelegální produkci však dosahuje plochy až 300 tis. ha (INCB, 2012).

V Evropě panuje společné povědomí o narkotických účincích máku. Ten má téměř všude spojený svůj název s narkotickými účinky. Tato narkotická asociace má bez ohledu na fakta takové dopady, že většina států Evropy uplatňuje omezení pěstování máku. Jde o povolení jen tzv. nízkomorfinových odrůd v Německu, Polsku a na Ukrajině s řadou dalších omezení, včetně licencí na produkci. Prakticky úplné zákazy pěstování máku, podle ne zcela přesných informací, jsou v USA, Číně a zemích bývalého SSSR s výjimkou Ukrajiny. Česká republika, Maďarská republika a Rakouská republika pěstují potravinářský mák bez nutnosti povolení, plní tak pouze ohlašovací povinnost (Vašák et al., 2010).

Mák setý je významná plodina pro výrobu oleje, ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu. Z naší produkce se mák zpracovává v olejářském průmyslu jen z menší části (12 % – 18 %), většina se spotřebovává v domácnostech nebo cukrářské výrobě, zbytek se exportuje. Olej se pro potravinářské účely lisuje za studena, pro technické účely se lisuje za tepla a v tomto případě se užívá např. při výrobě fermeží, jádrového mýdla nebo olejových barev pro výtvarníky. Potravinářský olej má příjemnou chuť, lehkou stravitelnost. Hojně se využívá v některých oblastech Francie a Holandska (Kubánek, 2008)

Vznik moderních odrůd máku setého na našem území můžeme datovat od 30. let 20. století, kdy byly použity cílevědomé šlechtitelské metody.

Výchozím materiálem byly četné krajové odrůdy modrosemenné, stříbrošedé a bílé. Šlechtěné odrůdy byly pěstiteli žádány především pro vysoký výnos semene, stabilitu barvy a omezení výskytu nežádoucího otevírání tobolek. V období druhé světové války byly požadovány materiály s vyšším obsahem morfinu pro farmaceutický průmysl. V té době

tomuto požadavku vyhovovaly odrůdy dovezené z Maďarska, Rumunska a později i Bulharska a Polska.

Nároky na stabilitu výnosů se měnily, zejména při zavádění velkovýroby pěstování máku na počátku 60. let. Šlo především o vlastnosti, které dříve nebyly vyžadovány, jako mechanizace setí, kultivace, výživa, ošetření herbicidy a insekticidy. Zároveň byl kladen důraz na zvýšení obsahu morfinu a později, vlivem drogového zneužívání máku, byly především v zahraničí vyšlechtěny odrůdy s nízkým obsahem morfinu (Běchyně et al., 2001)

3.2. Biologie máku *Papaver somniferum* L.

Oddělení: *Magnoliophyta*

Třída: *Magnoliopsida*

Podtřída: *Ranunculidae*

Řád: *Papaverales*

Čeleď: *Papaveraceae* (mákovité)

Druh: *Papaver somniferum* L. (Mák setý)

Pojmenování „mák“ bylo postupně užíváno pro řadu druhů čeledi *Papaveraceae*, avšak představuje pouze jeden skutečný název opiového nebo olejnatého máku (*P. somniferum* L.), jednoho z nejdůležitějších rostlinných druhů z hlediska pěstování zemědělských plodin (Tétényi, 1997).

Botanická nomenklatura dnes zahrnuje na 120 druhů rodu *Papaver* řazených do čeledi makovitých (*Papaveraceae*). Ve střední Evropě má původ 7 druhů, na území České republiky jsou domácí 4 druhy (Bechyně et al., 2001).

Tétényi (1997) ve svém článku uvádí, že druhy rodu *Papaver* jsou klasifikovány podle životního cyklu a zjištěných vlastností do 9 sekcí. Sekce s vytrvalými druhy jsou považovány za fylogeneticky starší, zatímco dvouleté a jednoleté sekce jsou mladší. *Papaver somniferum* a 3 další druhy (*P. glaucum*, *P. gracile*, *P. decaisnei*) představují nejpokročilejší jednoletou sekci rodu *Papaver*.

V minulosti byl mák pěstován jako okrasná rostlina. Mnoho systematiků rozlišovalo různé typy forem s plnými květy, třásnitými korunními plátky, jejichž barva květů a semene

se různila. Carl Linné některé tyto druhy převzal jako variety, které později Friedrich Georg Christoph Alefeld (1890) rozdělil podle barvy květu a formy tobolky (slepák, hledák) a Gustav Hegi (1915) podle barvy semene.

V současné době je známo mnoho kulturních variet máku, které jsou krajové nebo šlechtěné. Přitom samotný původ máku setého (*Papaver somniferum* L.) není jistý (Voškeruša et al., 1965). Soudí se však, že je velice podobný planému druhu *Papaver setigerum* DC., který se vyskytuje ve středomoří (Bechyně et al., 2001, Tétényi, 1997).

3.3. Morfologie máku a jeho ideotyp

Mák setý je jednoletá rostlina, 0,5 – 2,0 m vysoká. Lodyha je vzpřímená, válcovitá, modrozeleně zbarvená a vyplněná dřevem. Dle odrůdy tvoří 3 – 4 větve. Bývá řídce chlupatá a modře ožíněná (Voškeruša et al., 1965). Kořenová soustava je tvořena hlubokým kulovitým kořenem o délce 750 mm s dalšími postranními kořeny (Vašák et al., 2010).

Celá rostlina je ve floémové (lýkové) části prostoupena dlouhými trubicovitými mléčnicemi, které vznikly postupným rozpuštěním buněčných přehrádek a splynutím těchto buněk. Jsou vyplněny viskózní koloidní suspenzí mléčné barvy – latexem. Největší koncentrace mléčnic se nachází v tobolce (Baranyk et al., 2010).

Listy máku jsou dělené, ostře peřenolaločnaté s poněkud nepravidelným zubatým okrajem. Horní a prostřední lodyžní listy jsou podlouhlé, vejčité se srdčitou bází a objímavé. Přízemní listy jsou často zúžené v krátký řapík (Bechyně et al., 1987). Barva listů je nejčastěji světle zelená.

Rostliny máku setého mají dlouhé, lehce obrvené květní stonky, na jejichž koncích se nacházejí poupata. Ta jsou před rozkvetem ohnutá směrem dolů, avšak večer před rozkvetem se vzpřímí. Květy se skládají ze dvou kališních lístků a čtyř korunních plátků. Světle zelené kališní lístky pevně objímají stočené korunní plátky. Po rozkvetu kališní lístky odpadnou (Voškeruša et al., 1965).

Korunní plátky jsou celokrajné nebo zubaté, bývají různě zbarvené, nejčastěji však bílé, růžové a červené. Na bázi korunních plátků se nachází velká skvrna, tzv. nehet, povětšinou tmavě fialová (Vašák et al., 2010).

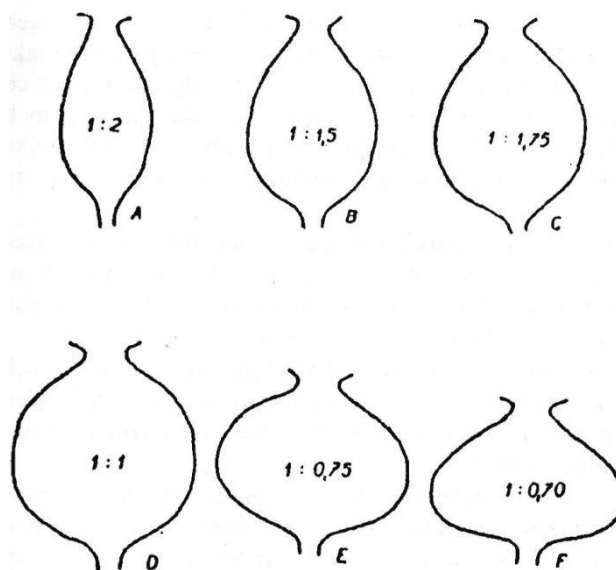
Mák setý odkvétá velmi rychle, a sice po 1 – 2 dnech, pak koruna zcela opadá. Po odkvětu je patrný úzký prstenec, na který přisedají korunní lístky. Nejdříve se otevírá květ na hlavním stonku, až poté se otevírají ostatní květy (Bechyně et al., 1987).

V květu se nachází přibližně 150 – 250 tyčinek a talířovitá blizna s 10 – 18 paprsky. Některé typy máku mají větší množství tyčinek, které se změní v korunní plátky dělající tak květy plnějšími. Květy máku jsou samosprašné a jejich pyl je zralý dříve než se květy otevrou (Voškeruša et al., 1965).

Plodem je mnohosemenná tobolka (makovice), která je hospodářsky nejdůležitější, a proto nejvíce studovaný orgán máku (Bechyně et al., 1987). Tvar a typ tobolky se považuje za jeden z dědičných znaků kultivaru, které však mohou být podstatně ovlivněny podmínkami prostředí a agrotechnikou. Za charakteristickou tobolku kultivaru se považuje tobolka na hlavním stonku. Ta bývá zpravidla nejlépe vyvinuta (Bechyně et al., 1987, Vašák et al., 2010).

Povrch tobolky je hladký, ojněný nebo lehce žebrovaný. V plné zralosti je tobolka hnědá, či žlutohnědá. Síla stěny tobolky je rovněž vlastností kultivaru, obvykle se pohybuje v intervalu 0,6 – 1,0 mm (Bechyně et al., 1987). Tobolka máku se podle odrůd liší tvarem a velikostí s objemem 15 – 35 ml, o délce 35 – 55 mm a šířce 20 – 45 mm (Obrázek 1).

Obrázek 1 Tvary makovic podle poměru jejich délky k šířce.



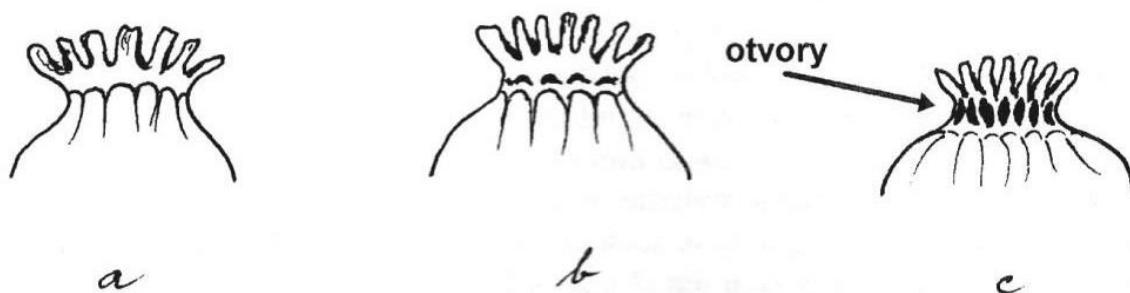
(A – podlouhlý; B – oválný; C – široce oválný; D – kulatý; E – zploštělý; F – silně zploštělý;

Zdroj: Bechyně et al., (2001)

Tobolka máku – makovice je buďto téměř zcela uzavřená, nebo má pod paprsky blizny otvory, z kterých je možné semeno vysypat (Vašák et al., 2010). Bliznový terč je tvořen laloky, z jejichž středu vybíhají paprsky. Paprsek je vlastní blizna, která zadržuje pyl. Tvar bliznového terče je rozmanitý.

Slepák je tobolka, která v době zralosti má zcela uzavřené chlopně pod terčem, tudíž se z tobolky semeno nedá vysypat. Naopak hledák (Obrázek 2) je mák, který má pod paprsky otvory, kterými semeno vysypat lze (Bechyně et al., 1987).

Obrázek 2 Druhy makovic podle velikosti otvůrků:



a – slepák; b – přechodný typ; c – hledák Zdroj: Bechyně et al., (2001)

Počet paprsků se většinou shoduje s počtem lamel v makovicích, jejichž křídélka tvoří nepravé přihrádky, kde se tvoří semena. Z hlediska výnosu semen je žádoucí, aby velikost lamel byla co největší s minimálními neproduktivními sektory (Bechyně et al., 2001).

Semena máku jsou ledvinovitého tvaru, dlouhá 1,0 – 1,5 mm (Vašák et al., 2010, Bechyně et al., 1987). Povrch semen je rozbrázděný a drsný, čímž zvyšuje svou přilnavost vody a práškovitých ochranných prostředků. Průměrná hmotnost tisíce (HTS) semen u dnes pěstovaných odrůd máku se pohybuje kolem 0,55 g (Bechyně et al., 1987).

Barva osemení je povětšinou modrá, bílá či šedomodrá. Fábry (1992) se domnívá, že bílá semena máku setého jsou nejolejnatější. Může být také stříbrošedá, šedo modrá (vyšší obsah alkaloidů v tobolce) fialová, růžová, hnědá až černá. Osemení tmavě modré barvy je určitou garancí typické makové chuti (Vašák et al., 2010). Barva je výrazným odrůdovým znakem a je v korelaci s barvou korunních plátek a obsahem v semeni.

Osemení se skládá z pěti vrstev: epidermis, krystalická vrstva, vláknitá vrstva, příčná neboli diametrální a pigmentová vrstva. Zralá semena obsahuje přibližně 45 – 50 % polovysychavého oleje (Bechyně et al., 1987).

Zralá semena obsahují 45 - 50 % tuku - polovysychavého oleje. Obsah tuku v semeni je pevně geneticky fixovaným znakem. Tento tuk obsahuje triglyceridy mastných kyselin např. kyseliny palmitové (C16:0) (4,8 %), kyseliny stearové (C18:0) (2,9 %), kyseliny olejové (C18:1) (30,1 %) a kyseliny linolové (C18:2) (62,2 %) (Fábry, 1992).

3.4. Tvorba výnosu máku setého

Naše středoevropské odrůdy máku patří mezi dlouhodobé rostliny, které jsou náročné na světlo. Nedostatek světla v porostu se projevuje celkovým oslabením rostlin. Při tom se prodlužuje jejich výška, snižuje konkurenční schopnost vůči plevelům i výnos semene a alkaloidů v makovicích (Vašák et al., 2010).

Pokrok u máku šel v ČR cestou výrazného zjednodušení agrotechniky a rozšíření pěstování máku do všech oblastí ČR. Pěstitelská technologie máku se jako systém přizpůsobila obilovinám a řepce olejné. Výnos semen trvale stagnuje, případně se snižuje. Tento negativní vývoj má za následek paradoxně vysoké ceny máku v porovnání například s pšenicí. Pšenice jako jiné obiloviny, z hlediska cen výrazně doplácí na úspěšnou intenzifikaci – na vysoké výnosy zrna. Udržet tento paradox, však není v silách zemědělství. Proto vedle důrazu na vysokou jakost, nízké náklady, ovládnutí světového trhu s mákem se musí trvale hledat možnosti růstu výnosů semen. Tedy hledat a využívat všechny dostupné intenzifikační prvky a vstupy.

Mák setý velmi citlivě reaguje na změny v hustotě porostu a s ní spojenými změnami podmínkami, zejména v množnostech využití slunečního záření, vody a živin.

Optimální hustota porostu je základním předpokladem pro maximální využití těchto vegetačních faktorů a pro dosažení vysokého výnosu semen i tobolek.

3.4.1. Rozhodující prvky hospodářského výnosu:

1. počet rostlin na jednotce plochy
2. počet větví a tobolek na jedné rostlině
3. počet semen v tobolce
4. hmotnost 1 000 semen (Fábry, 1992)

Ve velkovýrobních podmínkách se dává přednost hustším porostům s počtem rostlin až 100/m². Počet rostlin před sklizní by měl činit 65 – 70 rostlin na 1m², což odpovídá přibližně počtu 100 makovic/m². Vlivem hustého porostu dochází k tomu, že se rostliny málo rozvětvuji. Na jednu rostlinu pak připadá 1-2 makovice.

Dlouholetými pokusy bylo prokázáno, že větší výnos poskytují porosty s větším počtem co nejméně rozvětvených rostlin na plošné jednotce, než menší počet rostlin bohatě rozvětvených. Vyšší hodnoty způsobují nižší výnos tobolek připadající na rostlinu. V extrémně hustých porostech se často objevují malé a výrazně protáhle makovice (Kubánek, 2008). Porosty s nerozvětvenými rostlinami se vyznačují kratší dobou kvetení, rychleji a jednotněji dozrávají. Omezují se tím sklizňové ztráty a mechanické poškození semen.

Nejvíce plnohodnotných a velikostně vyrovnaných semen obsahují makovice široce oválného nebo kulovitého tvaru. Jako nežádoucí je nadměrný počet lamel. Ideální počet paprsků a tedy i lamel by měl být 12 – 14. Hmotnost plné makovice se pohybuje v rozmezí 4,5-5,5 g s 5-6 tisíci semen v makovici. Hmotnost tisíce semen (HTS) se pohybuje nad 0,55g. Z hlediska ideotypu je optimální produkce máku přibližně 2,0-2,2 t/ha semene, 1,4-1,6 t/ha makoviny, 1,2-1,4 t/ha oleje a 10-12 kg/ha morfinu (Vašák et al., 2010).

3.5. Komplexní pěstitelský systém máku setého

V posledních 45 letech prošla technologie pěstování máku významnými změnami od zahradnického způsobu pěstování až k velkovýrobní mechanizované agrotechnice s herbicidy. Zatímco se způsoby pěstování změnilly velmi podstatně, v biologii máku setého i našich odrůd podstatné změny nenastaly.

Čím důsledněji byly v agrotechnice uplatňovány biologické požadavky a zvláštnosti rostlin, tím kvalitnější byly porosty, výnos i kvalita semene a makoviny. Naopak, tam kde se

biologie máku podcenila, často při nových mechanizovaných kultivačních pracích nebo při sklizni, docházelo k poškození rostlin nebo semene a to se přirozeně muselo odrazit ve výnosech a kvalitě sklizených produktů.

Mák se nejčastěji zařazuje po obilnině (pšenice ozimá, ječmen jarní), která následovala po organicky hnojené okopanině nebo olejnině, jetelovině případně luskovině. Vzhledem k tomu, že mák je v prvních fázích vývoje a růstu velmi citlivý na zaplevelení, využívají se obilní předplodiny k chemickému odplevelení půdy zejména od pýru, pcháče šťovíku a dalších plevelů, které se v máku obtížně hubí (Bechyně et al., 2001).

Bechyně (1993) ve své knize uvádí, že mezi základní a rozhodující předpoklady, které mohou výnos zvýšit a učinit pěstování máku vysoce rentabilním jak v malovýrobních, tak velkovýrobních podmínkách nebo naopak výnos silně zredukovat, tyto úkony:

1. Udržet pozemek nezaplevelený a zbavit se úporných plevelů, zejména těch, jejichž semena se nese snadno ze sklizeného semene máku odstraňují.
2. Dosáhnout optimálního počtu vysoce produktivních rostlin na plošné jednotce.
3. Vyvarovat se zbytečných ztrát při sklizni, včetně poškození semen.
4. Vyvarovat se během pěstování i sklizně a posklizňové úpravy možností, které by mohly způsobit hygienické závady na sklizeném produktu (např. obsah nežádoucích látek, předčasné žluknutí aj.).

V uplynulých letech se čím dál zřetelněji projevují změny klimatu v ČR. Tyto změny s sebou přináší výrazné výkyvy počasí v jednotlivých měsících, velmi nepravidelné a často přívalové srážky následované dlouhými obdobími sucha nebo naopak dlouhá deštivá období, kdy plodiny trpí nedostatkem vzduchu v půdě. Mák se v důsledku extrémního průběhu počasí musí vyrovnávat s řadou stresů, které negativně ovlivňují jeho konečnou produkci (Bubeník; Peza, 2010).

3.5.1. Výběr lokality

Mák setý je rostlina, která se dá úspěšně pěstovat ve všech produkčních oblastech ČR. Omezení pěstování je pouze v případě, že jde o velmi těžkou slévavou půdu s náchylností na tvorbu škraloupu. Vyhnete se tak riziku napadení houbovými chorobami – tzv. spála, padání klíčnicích rostlin. Vzhledem k tomu, že je mák poměrně náročný v počátečních vývojových fázích na vodu, je vhodné se vyvarovat lokalitám s jarními přísušky. Nejvhodnější půdy jsou strukturní, humózní a drobtovité s dobrým vodním režimem. Při výběru ploch pro pěstování máku je vhodné volit polohy chráněné proti silnému větru. V polohách vystavených silným větrům se rostliny vyvrací. Aby se rostliny větrem nevyvracely, musí mít dobře vyvinutou kořenovou soustavu a co nejhlubší kůlový kořen.

3.5.2. Výběr osiva

Základem vyrovnaného a produktivního porostu je kvalitní osivo s vysokými a biologickými a semenářskými hodnotami. Nejvýznamnější faktory, které ovlivňují kvalitu osiva, jsou vedle odrůdy správná agrotechnika množitelského porostu, sklizeň, uskladnění a úprava osiva. Rozhodující vlastností je vysoká klíčivost a polní vzcházivost. Hodnotné osivo je nezbytným předpokladem pro založení zdravých porostů s optimální hustotou, schopných překonat nepříznivé podmínky.

Na výběr je celá škála odrůd od renomovaných množitelů, jako jsou např. Český Mák, s.r.o., Oseva pro s.r.o., Labris, s.r.o. aj. Mezi nejběžnější odrůdy pěstované v podmínkách ČR patří odrůda Major, Maraton a Opal. Jedná se především o odrůdy, které vykazují vyšší odolnost vůči herbicidnímu poškození, poléhání a mají nejlepší modrosemennou barvu i chuť. Vždy je vhodné volit především mořené osivo například fungicidním a insekticidním mořidlem.

3.5.3. Předseťová příprava a setí

Pro mák jsou vhodné jak orebné tak bezorebné způsoby zpracování půdy. Mák má velké nároky na výběr stanoviště a předseťovou přípravu půdy, kterou začíná celý pěstitelský cyklus. U drobnosemenných plodin jako je mák, jde o jednu z nejdůležitějších pracovních operací. Na přípravě záleží, zda půda dokáže udržet vodu a vytvořit dobré seťové lůžko po semena máku (Vašák et al., 2010).

Podzimní i jarní příprava půdy pro mák měla přísně sledovat omezení výskytu plevelů, zejména těch, které se v porostu těžko likvidují. Podzimní základní příprava půdy po obilninách, luskovinách, směškách a podobných plodinách vyžaduje kvalitní hlubokou orbu s předchozí podmínkou a ošetřením půdy proti plevelům a výdrolu. Jedním z nejdůležitějších cílů při jarní přípravě půdy je upravit ji tak, aby nedovolila semenu při setí zapadnout do příliš velké hloubky. Při předsetové přípravě půdy bychom měli dosáhnout ideálního stavu, kdy je půda urovnaná, nakypřená do hloubky kolem 4 až 5 cm, s pevnějším seťovým lůžkem (Bechyně, 1993).

Vyséváme do prohřáté strukturní půdy. Pro výsev máku se používá široká škála secích strojů s mechanickým i pneumatickým výsevním ústrojím. Secí stroje mají zabezpečit výsevek 1,5-1,75 kg/ha a uložení osiva do hloubky max. 2 cm. Při seřízení hloubky se snažíme, aby osivo leželo na vlhkém dně seťového lůžka. Takto uložené osivo dokáže využít půdní vlhkost a bez problémů klíčí a vzhází (Vašák et al., 2010).

3.5.4. Hnojení

Základem velkovýrobní produkce máku je včas zasetý porost se 70 – 100 rostlinami na 1 m², dobře ošetřený proti plevelům, škůdcům, chorobám a vadám, jako je polehnutí. Pomocí intenzivní výživy dosahujeme plnosti makovic, zvyšujeme velikost semen, dusíkem i obsah morfinu. Specifikou je náročnost máku na bór a zinek – na listová hnojiva (Vašák et al., 2010).

Na výnos 1 t semene z hektaru a odpovídající množství makoviny odčerpá podle Edelbauera a Stangela (1993) 70 kg dusíku, 26 kg fosforu (60 kg P₂O₅), 90 kg draslíku (108 kg K₂O), 79 kg vápníku (111 kg CaO), 15 kg hořčíku (25 kg MgO), 0,11 kg bóru, 0,2 kg zinku a 0,34 kg manganu. Podle Richtera a Lošáka (2004) odčerpá také 18 kg síry. Čerpaní živin v průběhu vegetace závisí na růstu a vývoji rostliny a ekologických podmínkách. Mezi ty nejdůležitější patří srážky a teploty a jejich rozdělení (Vašák a kol., 2010)

3.5.5. Ochrana máku proti plevelům

Úspěšná regulace plevelů v máku je vedle založení porostů základem intenzivního pěstování máku. Nedostatky nebo chyby v jednom z těchto článků mají zásadní dopad na výši sklizně a především také na kvalitu produkce. Je to dáno dvěma skutečnostmi:

1. mák má velmi pomalý počáteční růst a z toho vyplývající nízkou konkurenční schopnost, výsledkem jsou závažné výnosové ztráty již při relativně nízké úrovni zaplevelení
2. druhý zásadní dopad zaplevelení porostů máku souvisí s velmi podobnými vlastnostmi semen máku a některých plevelných druhů. Semena ze sklizené produkce se obtížně čistí a snižuje se jakost i cena

Specifický vývoj herbicidů do máku neprobíhá a probíhat asi nebude vzhledem k celosvětově nízké rozloze pěstování máku. Proto jsou využívány herbicidy vyvinuté do jiných plodin, které mohou ovlivňovat vznik projevů poškození porostu – fytotoxicitu.

Jedním z klíčových agrotechnických opatření je oseední postup. Problémy v ochraně způsobuje zejména výdrol řepky. Pokud je to možné, má odstup od pěstování řepky činit alespoň 4 roky (Vašák et al., 2010). V porostech máku se podle místních podmínek vyskytují jednoleté dvouděložné plevele, víceleté a vytrvalé dvouděložné plevele, jednoleté jednoděložné plevele i pýr plazivý. Převládá výskyt plevelů jako laskavec, merlík bílý, lebeda rozkladitá, heřmánky, svízel přítula, zemědým lékařský, pohanka opletka, rdesna, mák vlčí, pcháč rolní, hořčice rolní, výdrol řepky, pýr plazivý aj. (Bechyně et al., 2001).

3.5.6. Ochrana máku proti poruchám, škůdcům a chorobám

Výnos semen i makoviny po celou dobu od zasetí až do sklizně nepříznivě ovlivňují výskyty poruch způsobené nevhodným zpracováním půdy, povětrnostními podmínkami a nedostatkem stopových prvků. Původci chorob způsobují ztráty zpravidla v závislosti na příznivých podmínkách pro jejich vývoj, někdy také z důvodu snížení kvality pěstebních opatření a nedostatečné ochrany proti plevelům.

Mezi neparazitické poruchy rostlin máku patří: klíčení semen v makovicích, makovice pokryté okvětními plátky, zakřivení kořenů, zduření kořenového krčku, zduření plodolistů, bezsemenné makovice, zaschlý a zmrzlý mák, nevzešlý mák, poškození krupobitím, netypické zbarvení aj. (Vašák et al., 2010)

Hospodářsky nejvýznamnější jsou houbové choroby. Škodlivost houbových chorob v máku je ovlivněna průběhem povětrnostních podmínek, možným zdrojem infekce a způsobem pěstování. Vzhledem k rostoucí výměře ploch a vyššímu podílu pozemků obhospodařovaných redukováním zpracováním půdy se aplikace fungicidů do porostů máku v posledních letech staly standardní součástí agrotechniky (Kulhánek, 2011).

Původci aktuálně nejvýznamnějších chorob máku jsou přenosní osivem, proto je nutné vysévat mořené osivo máku. Od vzcházení až do sklizně jsou všechny části makové rostliny silně poškozovány houbovými chorobami. Mezi hospodářsky nejvýznamnější choroby řadíme plíseň máku, helmintosporiózu, plíseň šedá, padlí, spála a sklerociová hniloba. Fungicidní ošetření v první polovině vegetace je nezbytnou součástí pěstitelské technologie.

Rovněž živočišní škůdci mohou způsobit mimořádně závažná poškození rostlin od vzcházení až do sklizně. Během vzcházení poškozují rostliny krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*) (Kazda et al., 2010). Krytonosec makovicový se zas vyskytuje lokálně od tvorby pupat po dorůstání makovic. Škodí převážně žírem, samička klade vajíčka do nezralých makovic. Na stoncích škodí žlabatka stonková (*Aylax papaveris*), její larvy škodí žírem, což zapříčiňuje žloutnutí makovic a postupné usychání rostliny. Bejlmorka maková (*Dasineura papaveris*) je škůdce, jehož larvy vysávají vyvíjející se semena a vnitřní pletiva makovic, v důsledku čehož se makovice nepravidelně vyvíjejí, jsou deformované, zakrslé a velmi často sekundárně napadené chorobami. Mšice maková (*Aphis fabae*) se v uplynulých letech hojně vyskytovala na porostech máku. Vyskytuje se hojně od fenofáze přízemní růžice listu do fáze zelených makovic (Vašák et al., 2010). Insekticidní moření osiva a opakované insekticidní ošetření se stalo nezbytnou součástí technologie pěstování máku (Kazda et al., 2010).

3.5.7. Sklizeň máku

Předpokladem plynulé a bezztrátové sklizně je nepolehlý, suchý, vyrovnaný a bezplevelný porost. Sklizeň máku zahájíme v době, kdy došlo k oddělení semen máku od lamel uvnitř makovice, při zatřesení mák uvnitř šustí. Všechny tobolky jsou suché a hnědé. Semeno máku v tobolkách má světle modrou barvu, kterou dále na vzduchu nemění (Bechyně et al., 2001; Vašák et al., 2010)

Obvyklý termín sklizně jarního máku je od poloviny července do začátku září s hlavním termínem od poloviny do konce srpna, týden po sklizni jarního ječmene. Ozimý mák se sklízí o měsíc dříve v průběhu července.

Mák nejčastěji sklízíme napřímo sklízecími mlátičkami ve směsi semen s makovinou (Vašák et al., 2010). Výnos máku je při sklizni do značné míry ovlivněn zvolenou technologií sklizně. Provozní měření při sklizni máku ukázala, že z hlediska ztrát máku je jednoznačně lepší sklízet mák společně s makovinou. Výnos máku se zvýšil z 1,17 t/ha na 1,47 t/ha (Kumhála; Vlk, 2001).

Sklizeň bez makoviny výrazně zvyšuje sklizňové ztráty, zhoršuje tak kvalitu semen a způsobuje obtíže při posklizňovém skladování a čištění. Pro sklizeň máku jsou vhodné všechny sklízecí mlátičky bez ohledu na rozdíly v konstrukci. Výrobci jednotlivých typů sklízecích mlátiček však zpravidla se sklizní máku nepočítají. Proto je nutné seřízení strojů (Vašák et al., 2010).

3.6. Pěstování máku v ČR

Největší rozmach máku zažila Česká republika v roce 2004, kdy vstoupila do Evropské unie. Ta ustanovila, že Česká republika bude hlavním producentem potravinářského máku (Klimková, 2011).

Mottl (2009) uvádí, že mák byl pro české zemědělců a exportéry v roce 2009 jednou ze ziskových komodit. Významným odbytištěm českého máku jsou všechny evropské státy ovlivněné slovanskou kuchyní, ale i zámořské země kde žijí slovanští přistěhovalci. Mák je v České republice plodinou vykazující dlouhodobě vysoký podíl exportu na produkci a v uplynulých letech byla Česká republika hlavním světovým producentem makového semene.

Vzhledem k velkovýrobním technologiím, pěstitelským zkušenostem, informatice, poradenství a vysoké kultuře zahraničního obchodu je ČR určujícím nositelem evropských i světových cen (Mottl, 2009).

Největším pěstitelům této plodiny v Evropě byla ČR až do roku 2010. V té době dozrávaly makovice zhruba na 51 000 hektarech. V roce 2011 to bylo jen 31,5 tisíc hektarů (Klimková, 2011).

Pro české pěstitelky, ale i obchodní organizace byl mák velmi ziskovou komoditou, protože produkce makového semene je v dlouhodobém průměru z 87,4 % exportována. Vedle tržeb za semeno přináší ekonomické zhodnocení i makovina, používaná k výrobě morfinu. Přestože je Česká republika v produkci máku na předních místech ve světě, z naší makoviny pochází pouze 3 – 4 % legálně vyráběné této významné farmaceutické suroviny.

Vysoké ceny máku na zahraničních trzích vyrovnaly rentabilitu pěstování a umožnily ostatním světovým i evropským pěstitelům návrat se svou produkcí na zahraniční trhy. Se zvýšenou nabídkou začala cena makového semene prudce klesat. V roce 2008/09 bylo z České republiky vyvezeno sice rekordních 31,4 tis. t makového semene kromě osiva, ale deklarovaná vývozní hodnota klesla z 67 291 Kč/t v roce 2007/08 na 37 252 Kč/t. V roce 2009/10 reagovali pěstitelé na sníženou poptávku a oseli mákem o 16,2 tis ha méně, tedy 53,6 tis. ha. V roce 2012/13, dosáhla v České republice celková produkce máku 12,8 tis. t. Dovezeno bylo kromě osiva 5,3 tis. t a vyvezeno 19,9 tis. t semene máku. Deklarovaná hodnota při vývozu stoupla na průměrných 40,2 Kč/kg, tj. meziroční nárůst o 13,3 Kč/kg. Pro marketingový rok 2013/14 bylo v ČR oseto mákem 20,3 tis. ha, což je o 1,9 tis. ha více než v roce 2012/13 (Mze, 2013).

V období 2013 a 2016 pěstitelská plocha každoročně narůstala po poklesu, který vyvrcholil v roce 2012 plochou pouze cca 18 tisíc hektarů. V roce 2016 tak plocha dosáhla 35,5 tisíc ha s výnosem 0,8 t/ha. V roce 2017 plocha mírně poklesla na 32,6 tisíc ha, výrazně poklesl výnos na 0,65 t/ha. Pokles ploch i výnosu byly způsobeny nepříznivými podmínkami pro zakládání porostů, vliv sucha a nikde i silných srážek a také během další vegetace, kdy opět mělo místy silný vliv sucho (Zehnálek, 2018).

Česká republika i nadále pěstuje mák především pro vývoz, domácí spotřeba činí v posledních letech přibližně 400g na osobu ročně. I tato poměrně nízká cifra dělá z našich občanů největší spotřebitele máku na světě. Celkem se tedy v České republice spotřebuje kolem 4 tisíc tun máku, v naprosté většině máku modrého. Kolem 85 % české produkce máku jde na vývoz (Lohr, 2016).

3.7. Dietetické vlastnosti olejného máku

Kvalita a nutriční hodnota máku je závislá na obsahu oleje a zejména na obsahu polynenasycených mastných kyselin (Valizadeh et al., 2014). Mák je významnou potravinou v národních kuchyních především středoevropských a východoevropských zemí s významným obsahem dietetických složek. Mák setý olejný má velmi dieteticky cenný olej s vynikajícími sensorickými vlastnostmi. Složení a poměr obsahu vyšších mastných kyselin se odvíjí od odrůdy ale i od zeměpisné šířky stanoviště pěstování.

Mák setý olejný má vyšší dietetickou hodnotu, viz tabulka 1. Čím vyšší zeměpisná šířka, tím vyšší má podíl nenasycených mastných kyselin s nižší viskozitou a tendencí k jejich oxidaci neboli žluknutí. Tato závislost na době a intenzitě slunečního svitu činí z odrůd máku pěstovaných v České republice potravinu výrazně výhodnější než je tomu u srovnatelných odrůd pěstovaných v nižších zeměpisných šířkách blíže k rovníku.

Mák setý obsahuje mimo jiné směs alfa, beta a gama tokoferolů, kyselinu pantothenovou, niacin a thyamin. Jen pro zajímavost obsah vápníku v máku setém je 600x větší než u pšeničné mouky, či 9x větší oproti jádrům vlašských ořechů (Vašák et al., 2010).

Tabulka 1 Nutriční hodnoty na 100g modrého máku Zdroj: Vašák et al., (2010)

proteiny (bílkoviny)	19,50 g	vápník	1402 mg
sacharidy	14,80 g	měď	2,20 mg
tuky	45,80 g	zinek	10 mg
balastní látky	10 g	niacin (B3)	0,99 mg
chlebové jednotky	1,04 CHJ	magnesium	333 mg
kalorická hodnota	477 kcal	železo	9,50 mg
fluor	40 µg	kyselina listová	100 µg
biotin	10 µg	vitamin E	4 mg
sodík	21 mg	thiamin (B1)	0,86 mg
mangan	2 mg	vitamin A	5 µg
fosfor	854 mg	vitamin B6	0,55 mg
draslík	705 mg	riboflavin (B2)	0,17 mg

Při analýze semen lnu, máku a světlice barvířské byl zjištěn podobný obsah mastných kyselin, Mák a světlice byly bohaté hlavně na kyselinu linolovou ze 74,5 % a 70,5 % (Bozan et al., 2008).

3.8. Rostlinné oleje

3.8.1. Historický přehled

Olejnata semena objevili již lovci a sběrači mladší doby kamenné, kteří je považovali za vhodný zdroj potravy. Upřednostňovali především slunečnicová, sezamová, maková či lněná semena, která se nemusela ihned po nasbírání spotřebovat. Přestože lidé neměli znalosti o trvanlivosti potravin, dokázali si se skladováním olejnatých semen poradit. Sušili je venku na vzduchu a poté ukládali do zásob (Iburg, 2004). Mezi nejstarší oleje patří olivový a sezamový. Důkazem jsou archeologické nálezy pecek, primitivního mlýna na lisování oleje a zejména kresby zobrazující sklizeň a zpracování (Žáček, 1981).

3.8.2. Olejniny

Olejninu reprezentují z botanického hlediska široký počet druhů náležejících do různých rodů a čeledí, jejichž semena obsahují velké množství tuků a olejů, ovšem reálný význam má přibližně jen 100 druhů.

Mezi nejznámější olejniny světa patří: sója, řepka, bavlník, podzemnice, slunečnice, oliva, kokos (kopra), palma olejná, len, sezam, skočec atd (Prugar et al., 2008). Mezi olejniny patří rostliny, které obsahují ve svých semenech, plodech či v jiných částech významné množství oleje. Rostliny mohou shromažďovat tuky v různých částech, které se sklízí za účelem získání výsledného produktu:

- semeno rostliny – řepka, sója, mák, sezam, len
- nažka – slunečnice, bavlník, konopí
- lusk se semenem – podzemnice olejná
- ořech – palma kokosová
- dužnatá peckovice – olivovník evropský, palma olejná
- hlíza – šáchor jedlý
- klíčky – pšenice, kukuřice (Hosnedl et al., 1998)

Olej obsažený v jižních tropických olejninách je charakteristický vysokým podílem nasycených mastných kyselin, zatímco oleje olejnin ze severních oblastí obsahují spíše nenasycené mastné kyseliny.

Celosvětově, vlivem osvěty a tím i změn stravovacích návyků, vzrůstá spotřeba rostlinných tuků a olejů nad tuky živočišného původu pro jejich vysokou dietetickou hodnotu, pro tvorbu části energie a zlepšení resorpce vitaminů A, D, E, K.

Rostlinné oleje jsou obnovitelné a snadno biologicky odbouratelné zdroje. Jejich základní složkou jsou triglyceridy mastných kyselin. Vzhledem k rozmanitosti mastných kyselin, lišících se především molekulovou hmotností a zastoupením funkčních reaktivních skupin, lze jednotlivé druhy rostlinných olejů využít velmi výhodně mimo oblast potravinářství, kosmetiky a farmacie také jako vstupní surovinu pro řadu technických směrů. Především textilní, automobilový a chemický průmysl, při výrobě pracích a čisticích prostředků.

Odpadem průmyslového zpracování olejnatých semen jsou výlisky, nebo extrahované šroty, které jsou jednou ze složek krmných směsí, které jsou bohaté především na vysoký obsah bílkovin (Prugar et al., 2008). Z hlediska složení dělíme rostlinné tuky a oleje na skupiny o příbuzném složení mastných kyselin.

3.8.3. Dělení rostlinných tuků dle příbuzného složení MK:

- palmová semena, která obsahují obecně malé množství kyseliny olejové (C18:1); typickým příkladem je kokosový nebo palmojádrový tuk
- rostlinná másla, kde je obsah nenasycených mastných kyselin podobný jako v živočišných tucích a tvoří je hlavně kyselina olejová (C18:1) typickým příkladem je kakaové máslo
- oleje s převažující kyselinou olejovou a malým množstvím polynenasycených mastných kyselin; nejběžnějším zástupcem je olivový olej; řada rostlin poskytujících normálně oleje s vysokým obsahem kyseliny linolové (C18:2) byla vyšlechtěna tak, že se složením MK blíží k olivovému oleji, příkladem je slunečnicový, světlicový, podzemnicový ale i palmový olej (ten současně obsahuje i vysoký obsah kyseliny palmitové (C16:0))

- oleje se středním obsahem linolové kyseliny, ale neobsahující linolenovou (C18:3) kyselinu; příkladem je podzemnicový olej
- oleje s vysokým obsahem kyseliny linolové, ale neobsahující linolenovou (C18:3) kyselinu; například slunečnicový, bavlníkový, světlicový, makový, kukuřičný klíčkový nebo sezamový olej
- oleje se středním obsahem kyseliny linolenové (C18:3), např. sójový, bezerukový řepkový olej; patří sem také oleje brutnákovitých rostlin obsahujících původně kyselinu erukovou; u nás výhradně řepka olejná; mezi oleje s vysokým obsahem kyseliny linolenové (C18:3) patří lněný olej
- oleje obsahující některé specifické MK, např. γ - linolenovou (C18:3) kyselinu obsahuje olej ze semen pupalky dvouleté (*Oenothera biennis*), brutnáku lékařského (*Borago officinalis*) (Velíšek, 2009).

3.9. Mastné kyseliny jako základní složka rostlinných olejů

Mastné kyseliny (dále jen MK) jsou nejdůležitější a z hlediska výživy nejvýznamnější složkou lipidů (Velíšek, 2009). MK jsou alifatické (necyklické) organické sloučeniny obsahující ve své molekule funkční karboxylovou skupinu (-COOH) a v přírodních lipidech se od sebe liší délkou a charakterem uhlovodíkového řetězce. MK ovlivňují vlastnosti tuků a olejů, zejména stabilitu a skupenství (Endlová et al., 2015). Systematické názvosloví MK se odvíjí od uhlovodíků se stejným počtem atomů uhlíku, k jehož názvu se připojí koncovka – ová a podstatné jméno kyselina (Hoza; Kramářová, 2007).

V přírodě, a tedy také v potravinách, se vyskytují v lipidech tyto skupiny MK:

- Nasycené mastné kyseliny
- Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenoové)
- Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenoové)

3.9.1. Nasycené mastné kyseliny

Nasycené mastné kyseliny jsou běžnou složkou přírodních lipidů. Jsou to karboxylové kyseliny s dlouhými alifatickými uhlovodíkovými řetězci. Obsahují 4 až 60 atomů uhlíků a zpravidla rovný nerozvětvený řetězec (Velíšek, 2009). Tyto MK jsou chemicky poměrně stálé a lépe snášejí tepelné zatížení. Ke změnám ve struktuře dochází až po dlouhodobějším

zahřívání nebo vystavení vysokým teplotám, kdy vznikají nebezpečné trans mastné kyseliny. Nižší nasycené MK jsou obsaženy například v mléčných tucích a jsou snadno stravitelné. Naopak vyšší nasycené mastné kyseliny jsou při pokojové teplotě tuhé, hůře stravitelné a jsou obsaženy hlavně v živočišných a částečně rostlinných tucích (Endlová et al., 2015).

Z nasycených mastných kyselin jsou nejběžnější kyseliny palmitová (C16:0) a stearová (C18:0) viz tabulka 2. V mléčném tuku jsou značně zastoupeny kyseliny se 4 – 12 atomy uhlíku. Kyseliny s vysokými počty atomů uhlíku (22-36) se vyskytují ve voscích (Kalač, 1999).

MK s malým počtem atomů uhlíku v molekule (4-10) se výborně vstřebávají střevní stěnou, ale netvoří se z nich tuky jako z vyšších nasycených kyselin. Místo toho přecházejí do jater a tam se přeměňují na oxid uhličitý a vodu za tvorby značné energie (dvojnásobné, než ze stejného množství cukru).

Tabulka 2 Nasycené mastné kyseliny vyskytující se v lipidech Zdroj: Hoza; Kramářová, (2007)

Triviální název	Počet	Mastná kyselina
kyselina máselná	4	butanová
kyselina kapronová	6	hexanová
kyselina kaprylová	8	oktanová
kyselina kaprinová	10	dekanová
kyselina laurová	12	dodekanová
kyselina myristová	14	tertadekanová
kyselina palmitová	16	hexadekanová
kyselina stearová	18	oktadekanová
kyselina arachová	20	eikosanová
kyselina behenová	22	dokosanová
kyselina lignocerová	24	tetrakosanová
kyselina cerotová	26	hexakosanová
kyselina montanová	28	oktakosanová
kyselina melissová	30	triakontanová
kyselina lakcerová	32	dotriakontová

Další skupina mastných kyselin (s 12-16 atomy uhlíku v molekule) je zastoupena v mléčném a kokosovém tuku, podobně jako výše zmíněné mastné kyseliny, ale je jich tam přítomno větší množství. Kyselina palmitová (C16:0) se v malém množství vyskytuje v každém tuku a oleji, ve větším množství v živočišných tucích, v palmovém oleji a v kakaovém

tuku. Všechny tyto kyseliny působí po vstřebání v různé míře nepříznivě, protože zvyšují hladinu cholesterolu v krevní plasmě, což představuje určité riziko z hlediska chorob krevního oběhu. Od výše uvedených nasycených mastných kyselin se liší kyselina stearová (C18:0), která má 18 atomů uhlíku v molekule. Vliv kyseliny stearové (C18:0) na krevní cholesterol je podstatně příznivější než vliv trans-nenasycených mastných kyselin. U lidí bylo dokonce zjištěno, že kyselina stearová (C18:0) snižuje hladinu krevního cholesterolu stejně účinně jako kyselina olejová (C18:1) (Pokorný, 2015).

3.9.2. Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové)

Monoenové kyseliny se liší navzájem počtem atomů uhlíku, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací. Mnohé z nich známe podle triviálních názvů. Prakticky všechny v přírodě se vyskytující nenasycené mastné kyseliny jsou v konfiguraci *cis* a jejich molekuly jsou v místě dvojně vazby ohnuté o 120°. Typickým případem je kyselina olejová (C18:1) a palmito-olejová (C16:1). Nejvýznamnějšími zástupci je kyselina olejová (C18:1) a eruková viz tabulka 3.

Tabulka 3 Monoenové mastné kyseliny v lipidech Zdroj: Hoza; Kramářová, (2007).

Triviální název	Počet	Poloha	Isomer	Mastná kyselina
kyselina obtusilová	10	4	<i>cis</i>	<i>decenová</i>
kyselina kaprolejová	10	9	<i>cis</i>	<i>decenová</i>
kyselina linderová	12	3	<i>cis</i>	<i>dodecenová</i>
kyselina lauroolejová	12	9	<i>cis</i>	<i>dodecenová</i>
kyselina tsuzuová	14	4	<i>cis</i>	<i>tetradecenová</i>
kyselina myristoolejová	14	9	<i>cis</i>	<i>tetradecenová</i>
kyselina palmitoolejová	16	9	<i>cis</i>	<i>hexadecenová</i>
kyselina pamitelaidová	16	9	<i>trans</i>	<i>hexadecenová</i>
kyselina petroselová	18	6	<i>cis</i>	<i>oktadecenová</i>
kyselina petroselaidová	18	6	<i>trans</i>	<i>oktadecenová</i>
kyselina olejová	18	9	<i>cis</i>	<i>oktadecenová</i>
kyselina elaidová	18	9	<i>trans</i>	<i>oktadecenová</i>
kyselina vakcenová	18	11	<i>trans</i>	<i>oktadecenová</i>
kyselina gadolejová	20	9	<i>cis</i>	<i>eikosenová</i>
kyselina gondová	20	11	<i>cis</i>	<i>eikosenová</i>
kyselina cetolejová	22	11	<i>cis</i>	<i>dokosenová</i>
kyselina eruková	22	13	<i>cis</i>	<i>dokosenová</i>
kyselina brassidová	22	13	<i>trans</i>	<i>dokosenová</i>
kyselina selacholejová	24	15	<i>cis</i>	<i>tetrakosenová</i>
kyselina ximenová	26	17	<i>cis</i>	<i>hexakosenová</i>
kyselina limekvová	30	21	<i>cis</i>	<i>triakonteová</i>

Příkladem monoenových kyselin vyskytujících se jako izomery cis a trans je kyselina olejová (C18:1) a kyselina elaidová. Vzhledem k 9. uhlíku jsou si navzájem izomery. Velmi bohatým zdrojem kyseliny olejové (C18:1) jsou rostlinné oleje. Kyselina olejová (C18:1) je nezbytnou složkou lipidů vytvářejících biologické membrány, a proto vzniká u všech organismů (Hoza; Kramářová, 2007).

3.9.3. Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové)

V přírodních lipidech se jich vyskytuje jen několik. Existují opět ve formě svých prostorových izomerů. V biologických systémech se navíc setkáváme s dalším vnitřním rozdělením jednotlivých polyenových mastných kyselin a to zpravidla podle polohy první dvojně vazby a od koncové methylové skupiny viz tabulka 4. Nejvýznamnější je kyselina linolová (C18:2), linolenová (C18:3) a arachidonová mající pro živočišný organismus esenciální charakter a byly po určitou dobu označovány jako vitamin F. V dnešní době je již prokázán esenciální charakter pouze pro kyselinou linolovou, protože živočišný organismus si nedovede vytvořit uhlíkový řetězec mastné kyseliny, v němž by za dvojnou vazbu bylo méně než sedm atomů uhlíku.

V přírodě se nejvíce vyskytují MK s cis dvojnými vazbami. Mastné kyseliny s trans dvojnými vazbami se vyskytují v některých potravinách. Nejčastěji vznikají jako produkt hydrogenace nenasycených mastných kyselin v průběhu ztužování rostlinných olejů při výrobě margarínu.

Tabulka 4 Polyenové mastné kyseliny Zdroj: Hoza; Kramářová, (2007).

Triviální název	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojně vazby	Mastná kyselina
kyselina linolová	18	9, 12 (cis-)	oktadienová
α -linolenová	18	9, 12, 15	oktadekatrienová
γ -linolenová	18	6, 9, 12 (cis-)	oktadekatrienová
kyselina arachidonová	20	5, 8, 11, 15 (cis)	tetrakosonová

Mezi nejznámější diennové kyseliny patří kyselina linolová (C18:2) s 18 atomy uhlíku, která patří do řady n-6 mastných kyselin, tzn., že má první dvojnou vazbu na 6 uhlíku (Hoza; Kramářová, 2007). Omega-6 nenasycené mastné kyseliny (dále jen ω -6 MK) hrají v organismu důležitou úlohu při tvorbě buněčných membrán a mají významný vliv na snižování hladiny cholesterolu. Příliš vysoký příjem kyseliny linolové ve stravě však může vést až k rozvoji srdečně-cévních chorob. Metabolity působí vasokonstrikčně, protizánětlivě a způsobují shlukování trombocytů. Naopak při nedostatku příjmu ω -6 MK mohou vznikat například ekzémy, anémie, poruchy hojení ran a poruchy růstu (Endlová et al., 2015).

Mezi triennové mastné kyseliny vyskytující se nejčastěji v potravinách rostlinného charakteru patří kyseliny α -linolenová (C18:3) patřící do řady n-3 a γ -linolenová (C18:3) patřící do řady n-6 mastných kyselin (Hoza; Kramářová, 2007). Kyselina α -linolenová (C18:3) je esenciální MK označována jako omega-3 mastná kyselina, která je životně důležitá pro všechny savce. Zdrojem α -linolenové (C18:3) kyseliny jsou lněná semínka, vlašské ořechy, řepkový olej ale také v menším množství lískové oříšky a mandle. Metabolity ω -6 MK působí vasodilatačně, protizánětlivě, proti agregaci trombocytů a snižují rozvoj srdečně-cévních chorob. Její nedostatek může zapříčinit poruchy vývoje a neurologické onemocnění. Příliš vysoký příjem zvyšuje sklon ke krvácivosti a paradoxně může i negativně ovlivňovat imunitní systém (Endlová et al., 2015).

4. Materiál a metody

Vzorky osiva, 18 vzorků krajových odrůd máku, setého byly poskytnuty neziskovou nevládní organizací Gengel o.p.s. Tyto krajové odrůdy pocházejí z určité oblasti nebo místa, kde se tradičně po dlouhou dobu pěstovaly, není znám jejich tvůrce, mnohdy sloužily jako základ pro další šlechtění odrůd, ale zejména pro tradiční semenaření, nemají oficiální název, často však nesou své původní pojmenování v místním nářečí. Analyzována a porovnána byla semena celkem 18 krajových odrůd a 3 odrůdy ze seznamu doporučených odrůd (SDO) z pokusů realizovaných v letech 2015-2017 viz tabulka 5. Pro jednodušší orientaci bylo všech 21 odrůd označeno číslem 1-21. Cílem práce bylo zjistit obsah oleje a obsah mastných kyselin. Zjistit možné rozdíly mezi jednotlivými roky, barvami a odrůdami.

Rozbory byly provedeny v laboratoři Katedry rostlinné výroby ČZU v Praze. Olejnatost máku byla stanovena Soxhletovou metodou, rozbor mastných kyselin metodou plynové chromatografie ve formě metylesteru.

Tabulka 5 Kolekce vzorků 2015, 2016, 2017. Pořadí vzorků pro potřeby analýzy.

Číslo vzorku	Odrůda	Kód	Barva*
1	Bílý z Javorníku u Jeseníku	021	B
2	Ruský obří	004	M
3	Z Hajdových pasek u Zděchova	011	M
4	Rakouský šedý	045	M
5	Elka White Oilseed	014	B
6	Bílý mák z Biskoupky	022	B
7	Bílý mák II (OD LANŠKROUNA)	039	B
8	Bílý vanilkový	007	B
9	Bílý mák I (PARDUBICKO)	001	B
10	Lenschow	042	B
11	Strakonicky červený	002	O
12	Červený (Hejduk)	009	O
13	Bílý mák III (Hejduk)	010	B
14	REDY (SDO)	K01	O
15	Černý mák	026	M
16	Mák modrý Valašsko	018	M
17	Bílý mák od Půchova	023	B
18	Skorý sivý	006	M
19	Růžový z dobré	032	O
20	Orel (SDO)	K02	B
21	Major (SDO)	K03	M

* B – bílý, M – modrý, O – okrový

4.1. Homogenizace vzorku

Semena máku, uskladněná v chladničce, bylo nutné homogenizovat pomocí mlýnku. Důležité Mezi jednotlivými vzorky byl mlýnek řádně vyčištěn 90 % etanolem, aby nedocházelo k mísení vzorků. Po namletí byla semena máku uchovávána v papírových sáčcích, označených unikátním kódem a rokem sklizně v chladničce.

4.2. Sušina

Sušina makových semen byla stanovena při teplotě 105 °C, homogenizovaná semena byla sušena do konstantní hmotnosti.

4.3. Transesterifikace mastných kyselin

Do odměrných baněk o objemu 10 ml bylo naváženo \pm 300 mg homogenizovaného semene máku. Dále bylo přidáno 0,5 ml petroletheru (PENTA), 0,5 ml benzenu 1 ml 0,4M metanolického roztoku NaH (PENTA) - alkalická transesterifikace MK. Odměrné baňky se zazátkovaly a nechaly 20 minut odstát při pokojové teplotě. Po 20 minutách byla přidána až po rysku destilovaná voda (H₂O). Obsah baňky byl protřepán a následně se nechal 10 min odstát. Frakce organického rozpouštědla byla odebrána do mikro zkumavek a analyzována pomocí GC/FID a GC/MS. Vzorky byly vyhotoveny ve dvojím opakování.

4.4. Chromatografické stanovení mastných kyselin - Plynová chromatografie GC/FID a GC/MS

Analýza byla provedena pomocí plynového chromatografu GC/FID a GC/MS – Agilent 7890A (Agilent, USA). Kolona (Restek R*)měla délku 100 m a průměr 25 μ m, teplotní limit 300 °C. Nosným plynem byl dusík, jehož průtok byl 1,2 mL/minutu. Nástřik 1,0 μ l, split – dělicí poměr 250:1, teplota nástřiku byla 250 °C. Teplota detektoru 260 °C.

Teplotní podmínky analýzy byly následující: 70 °C 2 min, nárůst 5 °C/min do 225 °C, zadrž 9 min, nárůst 5 °C/min do 240 °C, zadrž 25 min, celková doba analýzy 64 min

4.5. Identifikace a vyhodnocení mastných kyselin

Identifikace jednotlivých mastných kyselin byla provedena pomocí GC/MS na základě porovnání retenčních časů a hmotnostních spekter neznámých vzorků se standardy mastných kyselin. Vzorky byly vyhodnoceny metodou paní ing. Zukalové z katedry KRV na ČZU v Praze. Relativní zastoupení identifikovaných mastných kyselin bylo zjištěno na základě analýz pomocí GC/FID. Vzhledem k tomu, že analyzovány byly vzorky máku setého, bylo použito srovnání procentuálního zastoupení jednotlivých mastných kyselin - palmitovou (C16:0), palmito-olejovou (C16:1), stearovou (C18:0), olejovou (C18:1), linolovou (C18:2) a linolenovou (18:3).

Získaná data byla analyzována pomocí statistiky na možné rozdíly v procentuálním zastoupení jednotlivých mastných kyselin mezi jednotlivými odrůdami a roky viz příloha 1.

4.6. Soxhletová metoda – Olejnatost máku

Olejnatost semen byla stanovena pomocí zrychlené Soxhletovy metody na extrakčním přístroji Velp SER 148/6 Soxhlet Extractor (Velp Scientifika, IT). Pro analýzu olejnatosti máku bylo nutné navážit do extrakčních patron ± 6 g homogenizovaného vzorku máku setého. Do extrakčního kelímku se dalo přibližně 50 ml petroletheru (PENTA)). Zvolen byl extrakční program P08, 110 °C kdy 1. fáze ponoření trvá 120 min, 2. fáze vymývání 90 min, a poslední 3. fáze odpaření rozpouštědla 20 min. Po ukončení extrakce byl získaný olej zvážen pomocí analytických vah (Sartorius) s přesností na $\pm 0,0001$ g. Vzorky byly vyhotoveny ve dvojnásobném opakování. Z rozdílu hmotnosti byl spočítán obsah oleje ve vzorku.

4.7. Statistická analýza

Získaná data byla analyzována, zda je mezi nimi statisticky významný rozdíl, pro tuto analýzu byla zvolena vícefaktorová ANOVA, metoda Sheffe na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (95 % pravděpodobnost). Výsledky byly analyzovány pomocí programu Statgraphics centurion 18 (Statgraphics Technologies, Inc.)

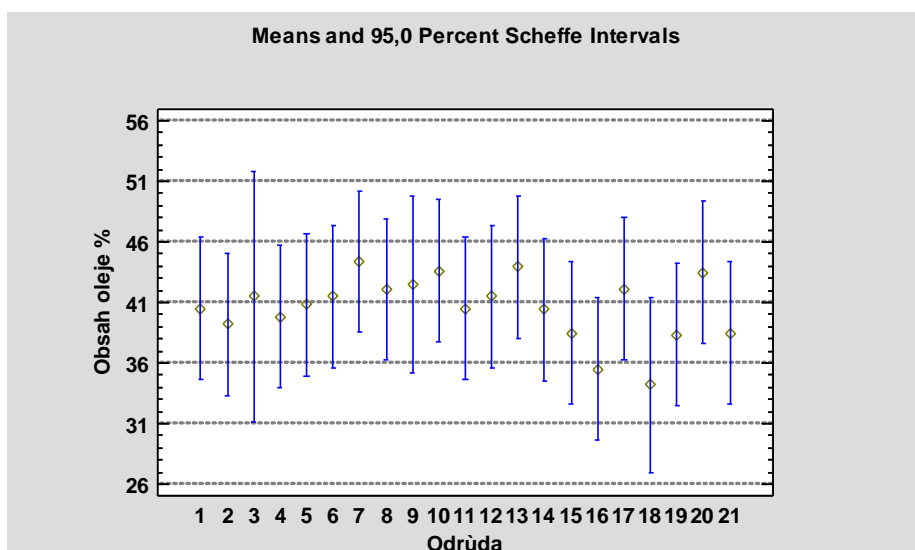
5. Výsledky

V této diplomové práci byly zkoumány možné rozdíly v olejnatosti a zastoupení mastných kyselin 21 odrůd semene máku. Zjišťovány byly rozdíly olejnatosti mezi odrůdami, roky a barvami máku setého. U mastných kyselin byl zkoumán rozdíl mezi odrůdami a roky.

5.1. Olejnatost máku

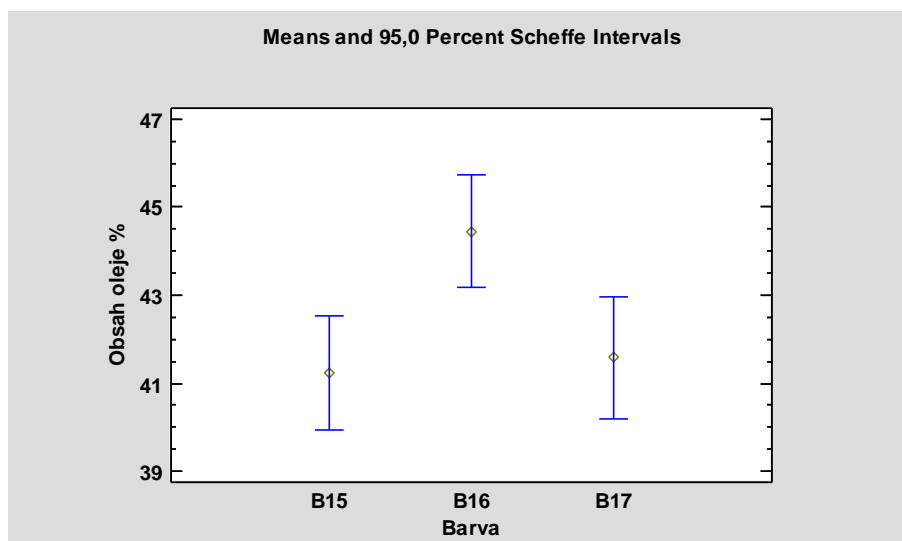
Olejnatost máku byla stanovena pro jednotlivé odrůdy, roky a barvu. Graf 1 zobrazuje rozdíly v olejnatosti máku pro jednotlivé odrůdy. Vzorky byly vyhotoveny ve dvojnásobném opakování, avšak některé vzorky za jednotlivé roky chybí. Důvodem je omezené množství vzorku či napadení škůdci během vegetace a následné vyloučení z kolekce vzorků.

Graf 1 - Průměrný obsah oleje 21 odrůd máku za tři roky (2015, 2016, 2017)



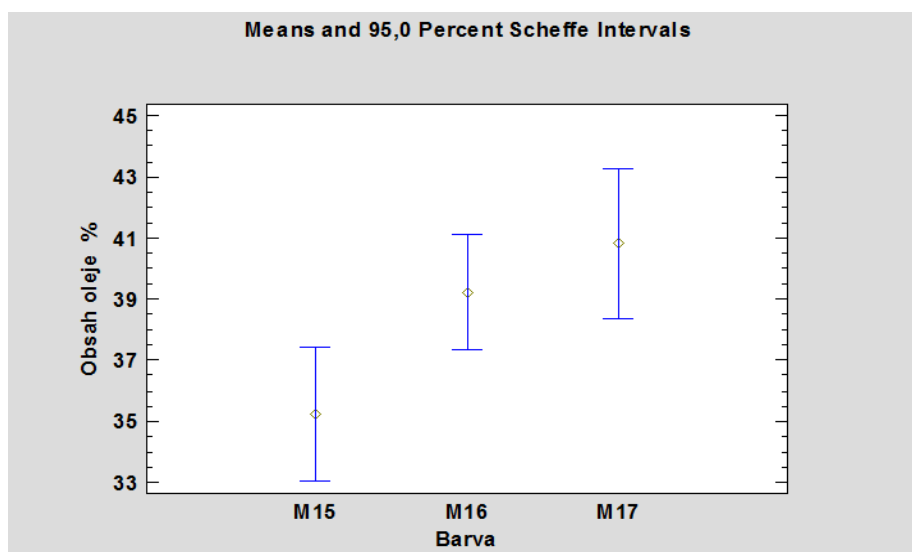
Mezi jednotlivými odrůdami nebyl z hlediska olejnatosti statisticky významný rozdíl, viz graf 1. Průměrná olejnatost máku byla za roky 2015 – 38,7%, 2016 – 42,2% a 2017 – 41%. Nejvyšší koncentrace oleje dosahovala odrůda č. 7 (Bílý mák II (od Lanškrouna)) – 44,4% , vzorek č. 18 (Skorý sivý) měl nejnižší obsah oleje – 34,2%.

Graf 2 – Průměrný obsah oleje za jednotlivé roky - bílý mák



Obsah oleje bělosemenných odrůd máku vykazoval mezi jednotlivými roky statisticky významný rozdíl, viz graf 2. Průměrná olejnatost bělosemenných odrůd máku byla za roky 2015 (B15) – 41,2%, 2016 (B16) – 44,4% a 2017 (B17) – 41,6%. Nejvyššího obsahu oleje dosáhla odrůda č. 7 (Bílý mák II (od Lanškrouna)) – 44,4%, naopak nejnižšího obsahu oleje dosahovala odrůda č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) – 40,5%.

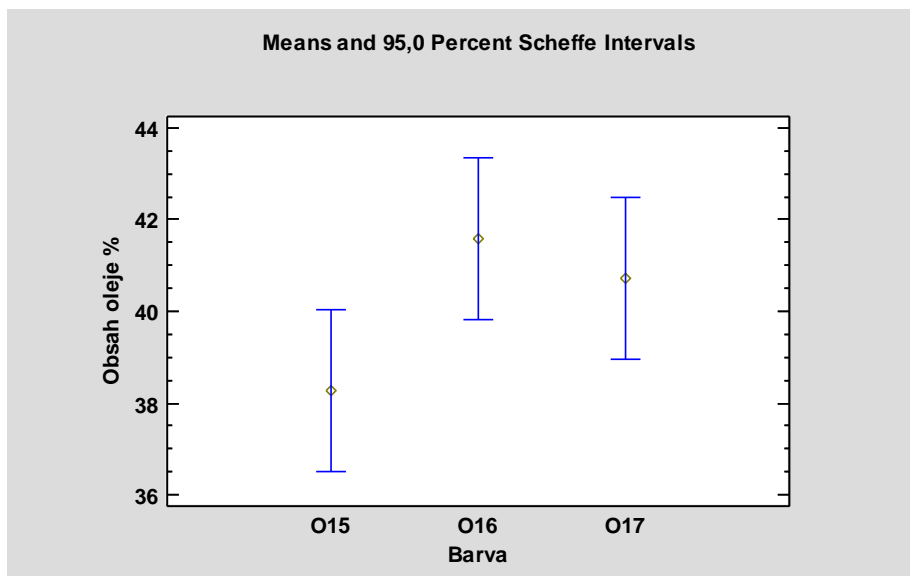
Graf 3 – Průměrný obsah oleje za jednotlivé roky - modrý mák



Obsah oleje modrosemenných odrůd máku vykazoval statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými roky, viz graf 3. Průměrná olejnatost modrosemenných odrůd máku byla

pro roky 2015 (M15) – 35,2 %, 2016 (M16) – 39,2 % a 2017 (M17) – 40,8 %. Nejvyššího obsahu oleje dosáhla odrůda č. 3 (Z Hajdových pasek u Zděchova) – 42,2 %, nejnižší obsah oleje měla odrůda č. 18 (Skorý sivý) – 34,2 %.

Graf 4 - Průměrný obsah oleje za jednotlivé roky - okrový mák



Obsah oleje okrovozemenných odrůd máku vykazoval statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými roky, viz graf 4. Průměrná olejnatost okrovozemenných odrůd máku byla pro roky 2015 (O15) – 38,3 %, 2016 (O16) – 41,6 % a 2017 (O17) – 40,7 %. Nejvyššího obsahu oleje dosáhla odrůda č. 12 (Červený (Hejduk)) – 41,5 %, nejnižší obsah oleje měla odrůda č. 19 (Růžový z dobré) – 38,4 %.

5.2. Obsah mastných kyselin

Analýza mastných kyselin provedená pomocí plynové chromatografie poukázala na značné zastoupení nasycených a nenasycených (monoenuových, polyenuových) mastných kyselin. V tabulce 7 je znázorněno 6 druhů mastných kyselin, na které byla tato analýza zaměřena.

Tabulka 7 Vybrané mastné kyseliny v semenech máku

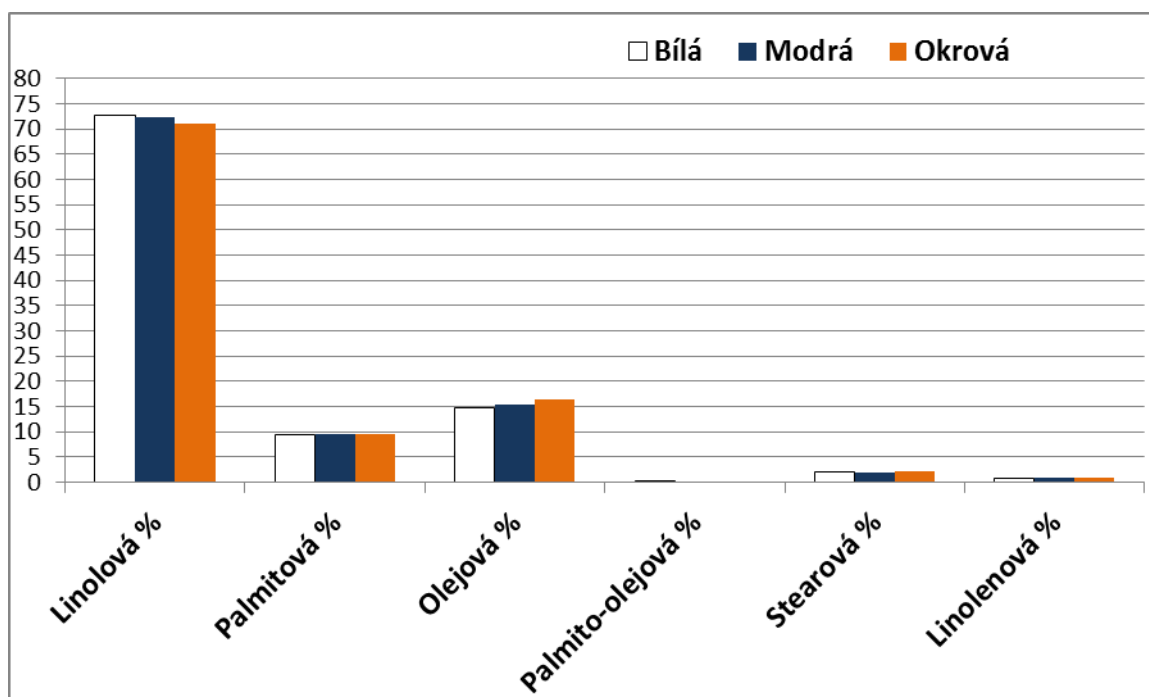
TRIVIÁLNÍ NÁZEV MK
Kyselina palmitová (C16:0)
Kyselina palmito-olejová (C16:1)
Kyselina stearová (C18:0)
Kyselina olejová (C18:1)
Kyselina linolová (C18:2)
Kyselina linolenová (C18:3)

Zjištěno bylo procentuální zastoupení mastných kyselin a jejich rozdíly pro rok 2015, 2016 a 2017.

5.3. Obsah mastných kyselin – 2015

Analýzou vzorků pomocí plynové chromatografie bylo zjištěno průměrné procentuální zastoupení jednotlivých mastných kyselin za rok 2015: kyselina palmitová (C16:0) dosahovala průměrných hodnot – 9,48 %, kyselina palmito-olejová (C16:1) – 0,18 %, kyselina stearová (C18:0) – 2,03 %, kyselina olejová (C18:1) – 15,26%, kyselina linolová (C18:2) – 72,2 % a kyselina linolenová (C18:3) – 0,81 % viz graf 5.

Graf 5- Průměrný obsah mastných kyselin za rok 2015



Hodnoty kyseliny palmitové (C16:0) se pohybovaly v rozsahu 8,7 % – 11,4 %. Nejvyššího obsahu kyseliny palmitové (C16:0) dosahovala odrůda č. 2 (Ruský obří) – 11,4 %, nejméně odrůda č. 17 (Bílý mák od Půchova) – 8,7 %.

Kyselina palmito-olejová (C16:1) byla zastoupena v rozsahu 0,10 % – 0,25 %. Hodnoty 0,10% dosahovala odrůda č. 2 (Ruský obří) a 0,25 % odrůda č. 14 (REDY (SDO)).

Kyselina stearová (C18:0) dosahovala hodnot 1,77 % – 2,62 %. Nejméně kyseliny stearové (C18:0) měla odrůda č. 15 (Černý mák) – 1,77 %, naopak nejvíce odrůda č. 18 (Skorý sivý) – 2,62 %. U procentuálního zastoupení kyseliny stearové (C18:0) byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Jedná se o odrůdy č. 10 (Lenschow) – 2,45 % a č. 18 (Skorý sivý) – 2,62 %.

Obsah kyseliny olejové (C18:1) se pohyboval v hodnotách 14,1 % – 17,9 %. U procentuálního zastoupení kyseliny olejové (C18:1), byl zjištěn statisticky významný rozdíl odrůd č. 4 (Rakouský šedý) – 16,7 %, č. 9 (Bílý mák I (Pardubicko)) – 15,99 %, č. 11 (Strakonicky červený) – 16,2 %, č. 12 (Červený (Hejduk)), č. 14 (REDY (SDO)) – 17,9 %, č. 16 (Mák modrý Valašsko) – 15,8 %, č. 17 (Bílý mák od Půchova) – 15,7 % a odrůdy č. 21 (Major (SDO)) – 15,9 %. Nejméně kyseliny olejové (C18:1) měla odrůda č. 8 (Bílý vanilkový) – 14,1 % naopak nejvíce odrůda č. 14 (REDY (SDO)) – 17,9 %.

Hodnoty kyseliny linolové (C18:2) se pohybovaly v rozsahu 69,1 % – 74,1 %. Nejmenší obsah kyseliny linolové (C18:2) měla odrůda č. 14 (REDY (SDO)) – 69,1 %, naopak nejvíce odrůda č. 15 (Černý mák) – 74,1 %.

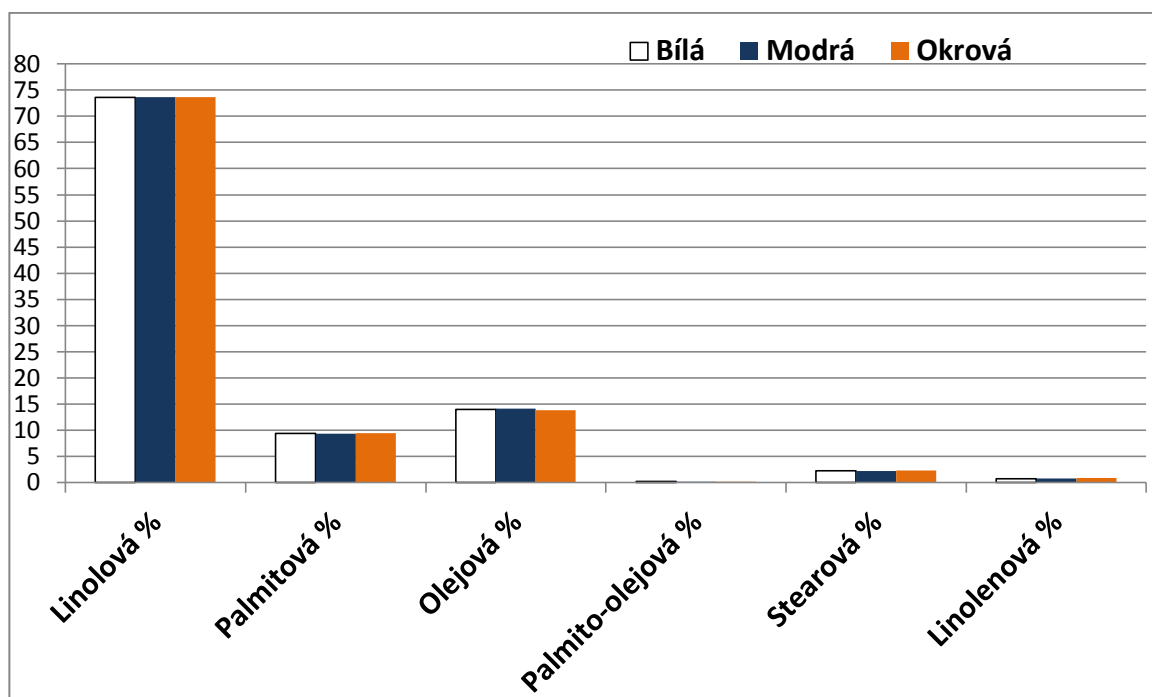
Obsah kyseliny linolenové (C18:3) se pohyboval kolem 0,71 % – 1,10 %. Nejvyšší obsah kyseliny linolenové (C18:3) měla odrůda č. 14 (REDY (SDO)) – 1,10 %, naopak nejmenší obsah měla odrůda č. 17 (Bílý mák od Půchova) – 0,71%.

U kyseliny linolenové (C18:3) byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi odrůdami – č. 2 (Ruský obří) - 0,95 %, č. 14 (REDY (SDO)) – 1,10 %.

5.4. Obsah mastných kyselin - 2016

Analýzou vzorků pomocí plynové chromatografie bylo zjištěno průměrné procentuální zastoupení jednotlivých mastných kyselin: kyselina palmitová (C16:0) dosahovala průměrné hodnoty – 9,35 %, kyselina palmito-olejová (C16:1) – 0,13 %, kyselina stearová (C18:0) – 2,17 %, kyselina olejová (C18:1) – 13,94 %, kyselina linolová (C18:2) – 73,65 % a kyselina linolenová (C18:3) – 0,73 %, viz graf 6.

Graf 6 Průměrný obsah mastných kyselin za rok 2016



Hodnoty kyseliny palmitové (C16:0) se pohybovaly v rozsahu 9,0 % – 9,9 %. Nejvyššího obsahu kyseliny palmitové (C16:0) dosahovala odrůda č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) – 9,9 %, nejméně odrůda č. 8 (Bílý vanilkový) – 9,0 %.

Kyselina palmito-olejová (C16:1) byla zastoupena v rozsahu 0,12 % – 0,17 %. Hodnoty 0,12% dosahovala odrůda č. 7 (Bílý mák II (od Lanškrouna)) a 0,17 % odrůda č. 14 (REDY (SDO)).

Kyselina stearová (C18:0) dosahovala hodnot 1,93 % – 2,66 %. Nejméně kyseliny stearové (C18:0) měla odrůda č. 21 (Major (SDO)) – 1,93 %, naopak nejvíce odrůda č. 19 (Růžový z dobré) – 2,66 %. U procentuálního zastoupení kyseliny stearové (C18:0) byl zjištěn statisticky

významný rozdíl. Jednalo se o odrůdy č. 2 (Ruský obří) – 1,96%, č. 10 (Lenschow) – 2,37 %, č. 18 (Skorý sivý) – 2,59 % a odrůda č. 19 (Růžový z dobré) – 2,66 %.

Obsah kyseliny olejové (C18:1) se pohyboval v hodnotách 10,47 % – 16,09 %. Nejméně kyseliny olejové (C18:1) měla odrůda č. 16 (Mák modrý Valašsko) – 10,47 %, naopak nejvíce odrůda č. 4 (Rakouský šedý) – 16,09 %.

Hodnoty kyseliny linolové (C18:2) se pohybovaly v rozsahu 71,83 % – 76,73 %. Nejmenší obsah kyseliny linolové (C18:2) měla odrůda č. 18 (Skorý sivý) – 71,83 %, naopak nejvíce odrůda č. 16 (Mák modrý Valašsko) – 76,73 %.

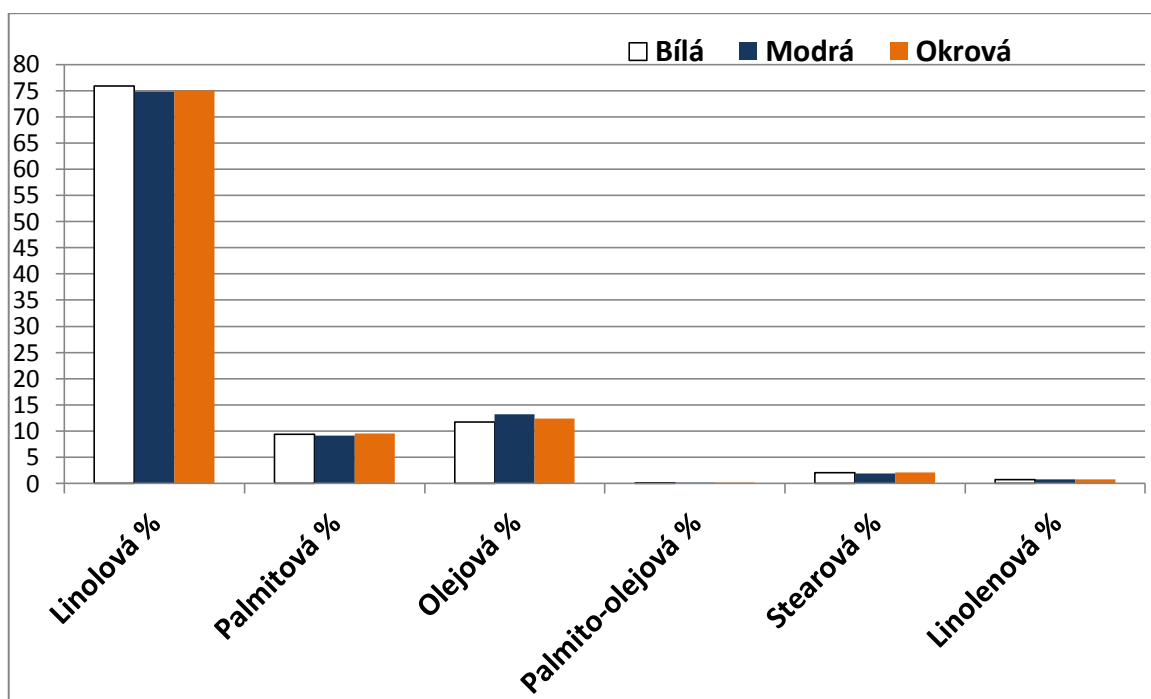
Obsah kyseliny linolenové (C18:3) se pohyboval v rozmezí 0,65 % – 0,97 %. Nejvyšší obsah kyseliny linolenové (C18:3) měla odrůda č. 14 (REDY (SDO)) – 0,97 %, naopak nejnižší obsah měly shodně odrůdy č. 17 (Bílý mák od Půchova) a č. 21 (Major (SDO)) – 0,65 %.

U kyseliny linolenové (C18:3) byl zjištěn statisticky významný rozdíl u odrůd – č. 14 (REDY (SDO)) – 0,97 %, č. 17 (Bílý mák od Půchova) a č. 21 (Major (SDO)) – 0,65 % a č. 18 (Skorý sivý) – 0,84 %.

5.5. Obsah mastných kyselin - 2017

Průměrné procentuální zastoupení jednotlivých mastných kyselin: kyselina palmitová (C16:0) dosahovala průměrné hodnoty – 9,3 %, kyselina palmito-olejová (C16:1) – 0,15 %, kyselina stearová (C18:0) – 2,03 %, kyselina olejová (C18:1) – 12,3 %, kyselina linolová (C18:2) – 75,3 % a kyselina linolenová (C18:3) – 0,77 % viz graf 7.

Graf 7 Průměrný obsah mastných kyselin za rok 2017



Hodnoty kyseliny palmitové (C16:0) se pohybovaly v rozsahu 8,8 % – 10,4 %. Nejvyššího obsahu kyseliny palmitové (C16:0) dosahovala odrůda č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) – 10,4 %, nejmenší obsah kyseliny palmitové (C16:0) měly shodně odrůdy č. 4 (Rakouský šedý) a č. 14 (REDY (SDO)) – 8,8 %.

Kyselina palmito-olejová (C16:1) byla zastoupena v rozsahu 0,12 % – 0,25 %. Nejnižší obsah kyseliny byl zaznamenán u odrůdy č. 4 (Rakouský šedý) a č. 7 (Bílý mák II (od Lanškrouna)) – 0,12 %. Naopak nejvyšší obsah kyseliny měla odrůda č. 19 (Růžový z dobré) – 0,25 %.

U této kyseliny byl zjištěn statisticky významný rozdíl u odrůd č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) - 0,17 %, č. 14 (REDY (SDO)) – 0,19 % a č. 19 (Růžový z dobré) – 0,25 %.

Obsah kyseliny olejové (C18:1) se pohyboval v hodnotách 6,1 % – 14,1 %. Nejméně kyseliny olejové (C18:1) měla odrůda č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) – 6,1 %, naopak nejvíce odrůda č. 21 (Major (SDO)) – 14,1 %

Kyselina stearová (C18:0) dosahovala hodnot 1,81 % – 2,46 %. Nejméně kyseliny stearové (C18:0) měla odrůda č. 15 (Černý mák) – 1,93 %, naopak nejvíce odrůda č. 19 (Růžový z dobré) – 2,46 %.

Obsah kyseliny linolové (C18:2) se pohyboval v rozsahu 72,8 % – 80,1 %. Nejnižší obsah kyseliny linolové (C18:2) měla odrůda č. 19 (Růžový z dobré) – 72,8 %, naopak nejvyšší odrůda č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) – 80,1 %.

Kyselina linolenová (18:3) dosahovala hodnot 0,71 % - 0,92 %. Největší podíl kyseliny měla odrůda č. 14 (REDY (SDO)) naopak nejmenší podíl měla odrůda č. 21 (Major (SDO)) – 0,71 %

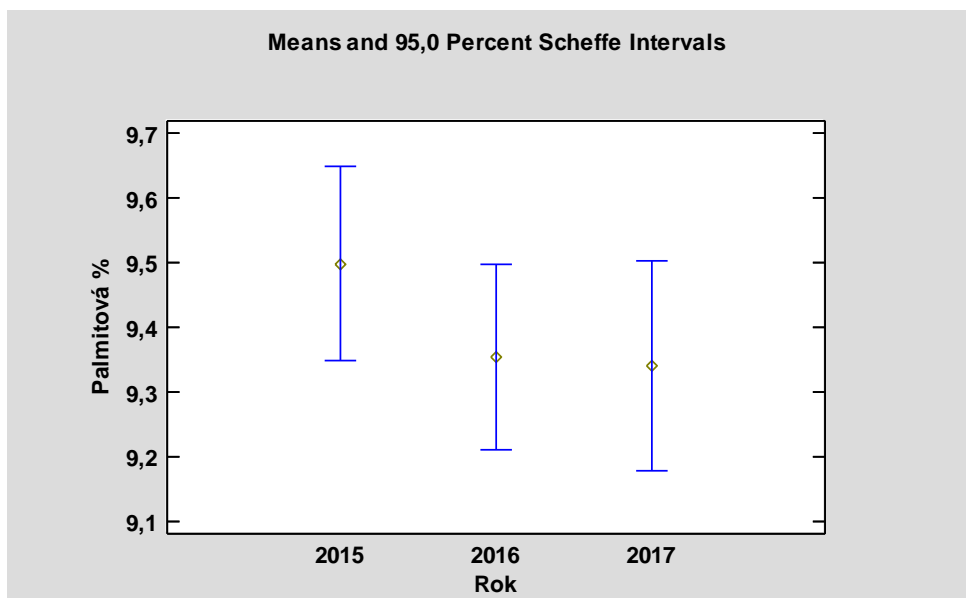
U této kyseliny byl patrný statisticky významný rozdíl u odrůd č. 1 (Bílý z Javorníku u Jeseníku) – 0,85 %, č. 15 (Černý mák) a č. 4 (Rakouský šedý), které měly shodně 0,72 %.

5.6. Porovnání mastných kyselin

Porovnáním jednotlivých mastných kyselin byly zjištěny možné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými roky.

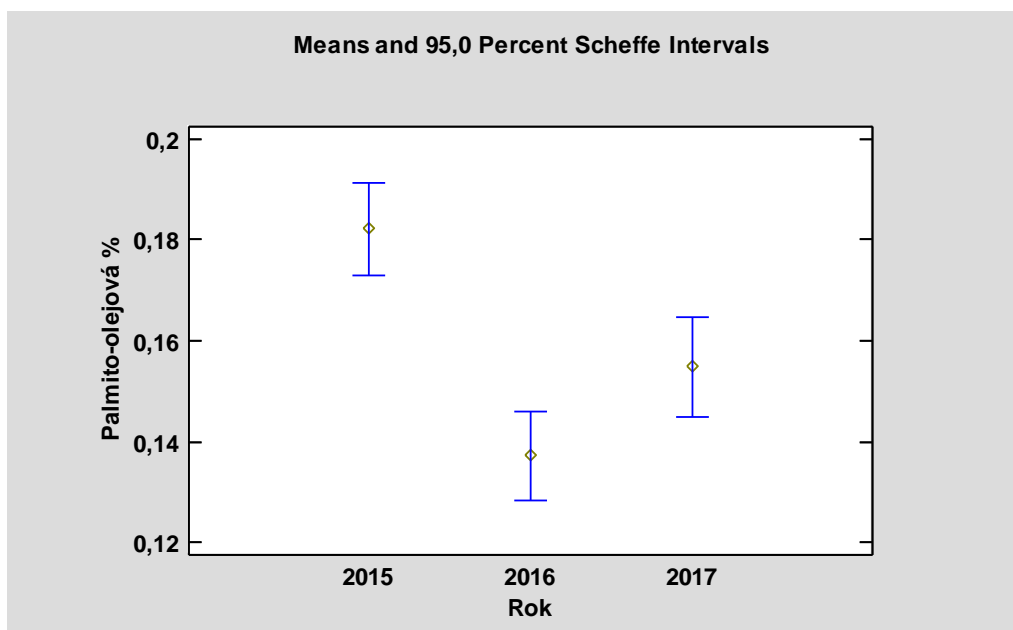
V letech 2015, 2016 a 2017 se neprokázal statisticky významný rozdíl kyseliny palmitové (C16:0) viz graf 8. Průměrný obsah kyseliny palmitové (C16:0) byl za roky 2015 - 9,49 %, 2016 – 9,35 %, 2016 – 9,33 %.

Graf 8 - Porovnání obsahu kyseliny palmitové (C16:0) ve vzorcích 2015, 2016 a 2017



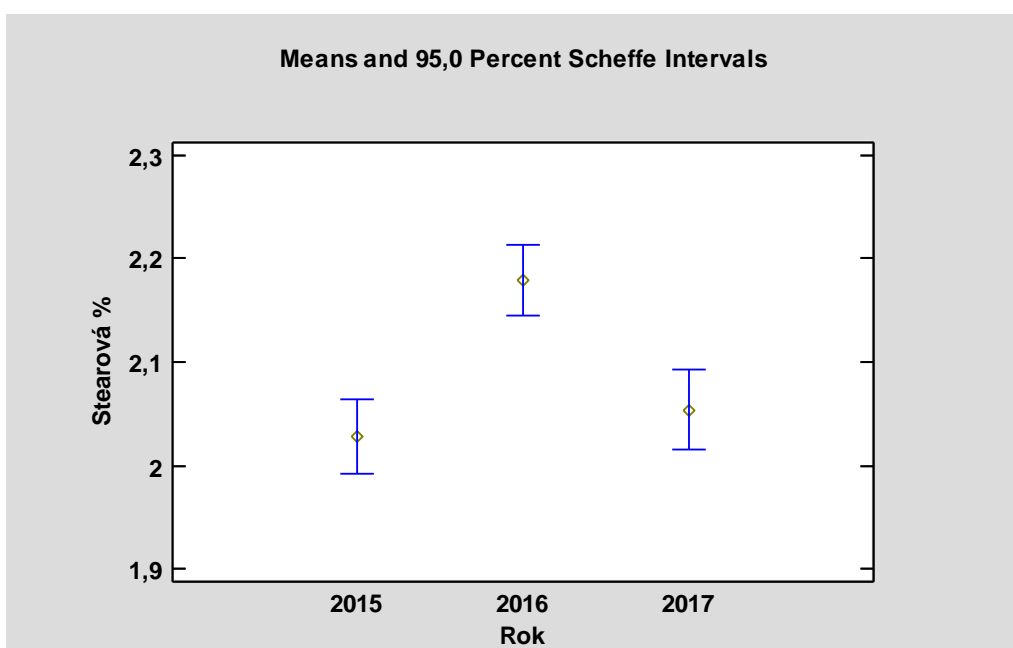
Analýza rozptylu poukázala na rozdíly obsahu kyseliny palmito-olejové (C16:1) v letech 2015, 2016 a 2017. Průměrný obsah kyseliny (C16:1) za rok 2015 byl 0,18 %. V roce 2016 byl obsah kyseliny palmito-olejové (C16:1) nižší – 0,13 %. V roce 2017 byl obsah kyseliny palmito-olejové (C16:1) – 0,15 % viz graf 9.

Graf 9 - Porovnání obsahu kyseliny palmito-olejové (C16:1) ve vzorcích 2015, 2016 a 2017



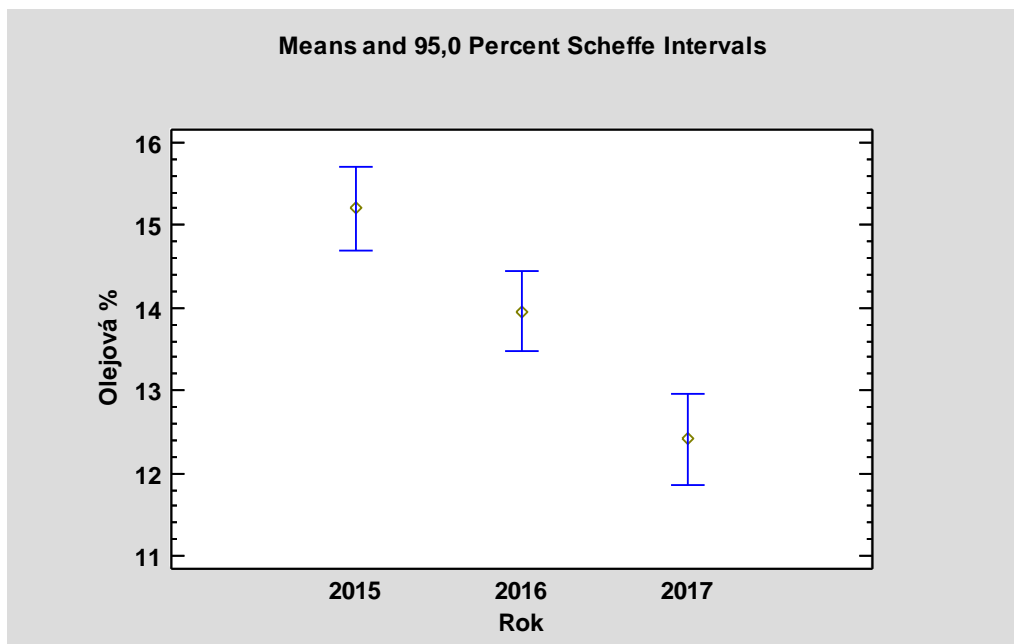
Obsah kyseliny stearové (C18:0) byl v letech 2015, 2016 a 2017 patrně rozdílný. Největší rozdíl v obsahu kyseliny stearové (C18:0) oproti ostatním letům byl v roce 2016, kdy průměr dosahoval hodnoty 2,17 %. Průměrný obsah v roce 2015 činil 2,02 %. V roce 2017 byl obsah kyseliny stearové (C18:0) – 2,05 % poměrně stejný jako v roce 2015 viz graf 10.

Graf 10 - Porovnání obsahu kyseliny stearové (C18:0) ve vzorcích 2015, 2016 a 2017



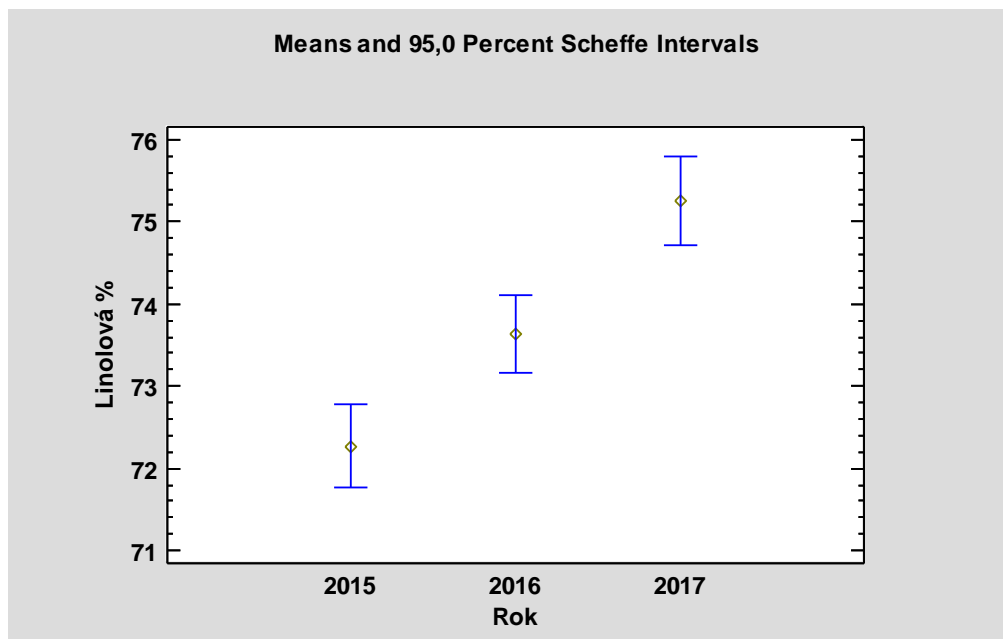
Statisticky významný rozdíl byl u kyseliny olejové (C18:1). V roce 2015 byl zaznamenán nejvyšší obsah kyseliny olejové (C18:1) – 15,20 %. V následujících letech je patrný pokles kyseliny olejové (C18:1). V roce 2016 byl průměrný obsah kyseliny olejové (C18:1) – 13,95 %. V roce 2017 byl obsah nejnižší – 12,41 % viz graf 11.

Graf 11 - Porovnání obsahu kyseliny olejové (C18:1) ve vzorcích 2015, 2016 a 2017



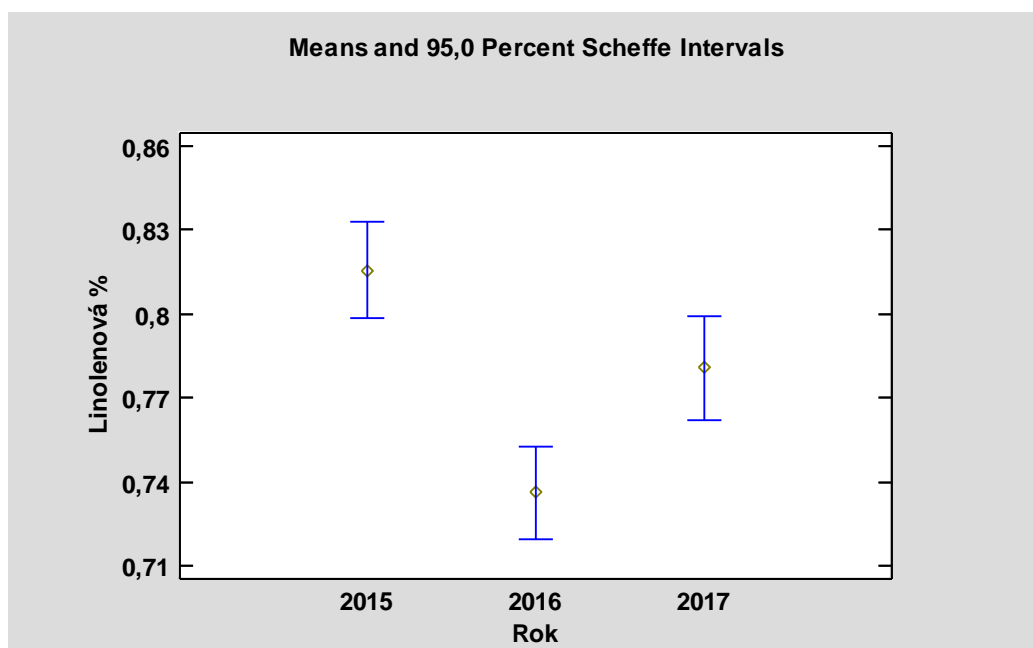
Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán u kyseliny linolové (C18:2). Průměrný obsah v roce 2015 činil 72,27 %. V roce 2016 byl patrný nárůst obsahu kyseliny linolové (C18:2) – 73,63 %. Nejvyšší průměrný obsah kyseliny linolové (C18:2) byl v roce 2017 – 75,25 % viz graf 12.

Graf 12 - Porovnání obsahu kyseliny linolové (C18:2) ve vzorcích 2015, 2016 a 2017



Obsah kyseliny linolenové (C18:3) byl v letech 2015, 2016 a 2017 patrně rozdílný. Největší rozdíl v průměrném obsahu kyseliny linolenové (C18:3) oproti ostatním letům byl v roce 2017 – 0,81 %. Nejnižší průměrný obsah kyseliny linolenové (C18:3) byl v roce 2016 – 0,73 %. V roce 2015 byl obsah kyseliny linolenové (C18:3) – 0,78 % viz graf 13.

Graf 13 - Porovnání obsahu kyseliny linolenové (C18:3) ve vzorcích 2015, 2016 a 2017



6. Diskuze

Z naměřených hodnot olejnatosti máku vychází, že průměrná olejnatost máku byla za roky 2015 – 38,7 %, 2016 – 42,2 % a za rok 2017 – 41 %. Ve vzorcích ze sklizně 2015 bylo obsaženo méně oleje než v r. 2016 a 2017. To bylo zapříčiněno nevhodnými klimaticky podmínkami v průběhu vegetace. Na obsah oleje v máku mají vliv teploty a množství srážek, což dokazuje i klimagraf umístěný v příloze (Příloha 2).

Průměrná teplota v době utváření a dozrávání makovic v roce 2015 byla – 21,9 °C a průměrné množství srážek 33,7 mm. Průměrná teplota v době utváření a dozrávání makovic byla v roce 2016 - 19,47 °C a průměrný obsah srážek činil 133,4 mm. V roce 2017 byla průměrná teplota o něco vyšší – 20,25 °C a průměrné srážky se pohybovaly kolem 128,6 mm. Na základě našich sledování můžeme konstatovat, že nedostatek vláhy ve spojení s vyššími teplotami negativně ovlivňuje olejnatost formujících se semen. Zjištěné hodnoty i konstatování korespondují s tvrzením Vašáka a kol. (2010).

Zajímavé je srovnání námi stanovených hodnot olejnatosti s údaji Endlové a kol.(2015), podle nichž se průměrný obsah oleje máku pohybuje kolem 47 %, zcela ve shodě s Fábrym (1992), který uvádí, že průměrný obsah oleje v máku se pohybuje v rozmezí 45- 50 %.

Nižší obsah oleje může dále souviset s nedostatečnou výživou dusíku. Při konvenčním pěstování je mák hnojen dusíkem v dávce 70-90 kg/ha. Tyto pokusy však nebyly hnojeny dusíkem.

Porovnány byly, z hlediska olejnatosti máku, bělosemenné, modrosemenné a okrovosemenné odrůdy máku. Cílem bylo zjistit možné rozdíly v olejnatosti dané barvou semen. Obsah oleje bělosemenných odrůd vykazoval mezi jednotlivými roky statisticky významný rozdíl. Průměrná olejnatost bělosemenných odrůd máku se pohybovala v rozmezí 41,2 – 44,4 %. Největší obsah oleje byl zjištěn ve vzorcích z roku 2016 – 44,4 %.

Průměrný obsah oleje modrosemenných odrůd máku se pohyboval v rozmezí 35,2 – 40,8 %. Největší obsah oleje byl zaznamenán u modrosemenných odrůd v roce 2017 – 40,8 %.

Obsah oleje okrovosemenných odrůd máku se pohyboval v rozmezí 38,3 – 41,6 %. Nejvyšší obsah oleje byl zjištěn v roce 2016 – 41,6 %. Azcan a kol.(2004) ve své práci uvádí obsah oleje bělosemenných – 36,8 %, okrovosemenných – 49,2 % a modrosemenných odrůd – 33,6 %. Fábry (1992) ve své knize uvádí, že bělosemenné odrůdy jsou nejolejnatější, což koreluje s výsledky analýzy. Největší koncentrace oleje dosahovala bělosemenná odrůda č. 7 (Bílý mák II (od Lanškrouna)) – 44,4 %.

Analýza mastných kyselin provedená pomocí plynové chromatografie poukázala na značné zastoupení nasycených a nenasycených (monoenoových, polyenoových) mastných kyselin.

Vzhledem k tomu, že analyzovaným vzorkem byl mák setý, zaměřili jsme se na srovnání procentuálního zastoupení vybraných mastných kyselin - palmitovou (C16:0), palmito-olejovou (C16:1), stearovou (C18:0), olejovou (C18:1), linolovou (C18:2) a linolenovou (18:3). Kyselina linolová, palmitová a olejová jsou uváděny jako hlavní mastné kyseliny v makovém oleji (Bajpai et al., 1999)

Průměrný obsah kyseliny palmitové (C16:0) se pohyboval v rozmezí 9,33 – 9,49 %. Průměrný obsah kyseliny palmito-olejové (C16:1) se pohyboval v rozmezí 0,13 – 0,18 %. Rahimi (2011) ve svém výzkumu uvádí, že ve všech vzorcích máku setého byla přítomna kyselina palmito-olejová (C16:1) v koncentraci 0,11 – 0,25 %. V tomto případě naše vzorky korelují s konstatováním Rahimi (2011). Obsah kyseliny stearové (C18:0) se letech 2015, 2016 a 2017 pohyboval v rozmezí 2,02 – 2,17 %.

Průměrný obsah kyseliny olejové (C18:1) se pohyboval v rozmezí 12,41 – 15,20 %. Průměrný obsah kyseliny linolové (C18:2) se pohyboval v rozmezí 72,27 – 75,25 %. Azcan a kol (2004) uvádí koncentrace kyseliny linolové (C18:2) 56,4 – 69,2 % a olejové (C18:1) 16,1 – 19,4 %. Obsah kyseliny linolové (C18:2) byl prokazatelně vyšší, než uvádí Azcan (2004), avšak obsah kyseliny olejové (C18:1) byl nižší. Endlová a kol. (2015) uvádí průměrný obsah kyseliny olejové (C18:1) – 18,5 %, který je také vyšší než námi naměřený obsah kyseliny. Průměrný obsah kyseliny linolenové (C18:3) byl v letech 2015, 2016 a 2017 - 0,73 – 0,81 %. Endlová a kol. (2015) uvádí průměrný obsah kyseliny linolenové (C18:3) – 0,7 %.

7. Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na možné rozdíly v kvalitě semen máku setého (*Papaver somniferum* L.) určených k potravinářským účelům spojené s původem odrůd máku. Analyzováno bylo celkem 18 krajových odrůd máku a 3 odrůdy ze seznamu doporučených odrůd (SDO) z pokusů realizovaných v letech 2015-2017.

Cílem práce bylo zjistit rozdíly v olejnatosti máku a obsahu mastných kyselin 18 krajových odrůd máku a 3 odrůdy ze seznamu společného katalogu (SDO).

Olejnatost máku

Pokud jde o celkové hodnocení olejnatosti máku, nebyly mezi ročníky 2015, 2016 a 2017 zjištěny statisticky významné rozdíly, průměrná olejnatost máku v roce 2015 činila 38,7 %, v roce 2016 - 42,2 % a v posledním roce testování 41 % (2017).

Olejnatost máku byla v roce 2015 ovlivněna nepříznivými klimatickými podmínkami – vysoké teploty a méně srážek. Tím došlo ke snížení obsahu oleje ve srovnání se vzorky z následujících let 2016 a 2017. Olejnatost máku 2015 tak lze vyhodnotit jako podprůměrnou. V letech 2016 a 2017 byla olejnatost máku lehce podprůměrná.

Bělosemenné odrůdy dosahovaly ve srovnání s odrůdami s jinou barvou semen mezi lety 2015-2017 statisticky významně se lišící olejnatosti. Průměrná olejnatost bělosemenného máku v roce 2015 činila 41,2 %, v roce 2016 44,4 % a v posledním roce testování 41,6 % (2017). Z těchto odrůd se nejvyšším obsahem oleje (v průměru 44,4 %) vyznačovala odrůda PAP 039 (Bílý mák II (od Lanškrouna), vzorek 7).

Obsah oleje modrosemenných odrůd máku mezi jednotlivými roky vykazoval statisticky významné rozdíly, v roce 2015 byla průměrná olejnatost modrosemenných máků 35,2 %, 2016 – 39,2 % a 2017 – 40,8 %. Nejvyšší obsah oleje byl zaznamenán krajové odrůdy PAP 011 (Z Hajdových pasek u Zděchova, vzorek 3) – 42,2 %.

U okrosemenných odrůd máku byl zjištěn mezi jednotlivými ročníky statisticky významný rozdíl. Průměrná olejnatost u máku se semeny okrové barvy činila v roce 2015 –

38,3 %, v roce 2016 pak 41,6 % a v roce 2017 – 40,7 %. Nejvyšší obsah oleje (41,5 %) pak byl zaznamenán u okrovosemenné odrůdy PAP 009 (Červený (Hejduk, vzorek 12).

Obsah mastných kyselin

Analýza mastných kyselin provedená pomocí plynové chromatografie poukázala na značné zastoupení nasycených a nenasycených (monoenoových, polyenoových) mastných kyselin. Pomocí analýzy bylo stanoveno procentuální zastoupení mastných kyselin a jejich rozdíly pro rok 2015, 2016 a 2017.

Ve sledovaných letech činil průměrný obsah kyseliny palmitové (C16:0) 9,48 % (2015), 9,35 % (2016) a 9,3 % (2017). Průměrné procentuální zastoupení kyseliny palmito-olejové (C16:1) bylo 0,18 % (2015), 0,13 % (2016) a 0,15 % (2017), což odpovídá obvyklému obsahu kyseliny palmito-olejové (C16:1).

Průměrné procentuální zastoupení kyseliny stearové (C18:0) byl 2,03 % (2015), 2,17 % (2016) a 2,03 % (2017). Obsah kyseliny olejové (C18:1) dosahoval průměrného procentuálního zastoupení v letech 2015 -15,26 % (2015), 13,94 % (2016) a 12,3 % (2017). Námi naměřené hodnoty neodpovídají průměrnému obsahu kyseliny olejové (C18:1).

Průměrný obsah kyseliny linolové (C18:2) byl 72,2 % (2015), 73,65 % (2016) a 75,3 % (2017). Obsah kyseliny linolové (C18:2) naměřený v letech 2015, 2016 a 2017 je prokazatelně vyšší, než je uváděný průměr. Průměrné procentuální zastoupení kyseliny linolenové (C18:3) činilo 0,81 % (2015), 0,73 % (2016) a 0,77 % (2017), což koreluje s průměrným obsahem kyseliny linolenové (C18:3) – 0,7 %.

Odrůda PAP K01 (REDY (SDO) vzorek 14) opakovaně dosahovala nejvyššího procentuálního zastoupení kyseliny palmito-olejové (C16:1) – 0,25 % (2015), 0,17 % (2016), kyseliny linolenové – 1,10 % (2015), 0,97% (2016) a 0,92 % (2017).

Nejvyššího procentuálního zastoupení mastných kyselin opakovaně dosahovala i odrůda PAP 021 (Bílý z Javorníku u Jeseníku, vzorek 1). Obsah kyseliny palmitové (C16:0) byl 9,9 % (2016) a 10,4 % (2017). Odrůda PAP 032 (Růžový z dobré, vzorek 19) dosahovala opakovaně nejvyšších hodnot kyseliny stearové (C18:0) 2,66 % (2016) a 2,46 % (2017).

Výsledky dokázaly statisticky významné rozdíly v obsahu mastných kyselin mezi lety 2015 – 2017. Statistické rozdíly v olejnatosti se potvrdily u barev semene máku. Mezi jednotlivými odrůdami statisticky významný rozdíl nebyl.

8. Seznam literatury

AZCAN, N.; KALENDER, B. Ozturk; KARA, M. 2004. Investigation of Turkish poppy seeds and seed oils. *Chemistry of natural compounds*, 40(4), 370-372.

BAJPAI, S., et al. 1999. Variation in the seed and oil yields and oil quality in the Indian germplasm of opium poppy *Papaver somniferum*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46.5: 435-439.

BARANYK, P. 2010. Olejniny. ProfiPress. 1. vyd. Praha. ISBN 978-80-86726-38-0.

BECHYNĚ, M., KADLEC, T., VAŠÁK, J. 2001. Mák. 1. Agrospoj. Praha. ISBN 80-239-4237-9.

BECHYNĚ, M. 1993. Základy pěstování máku. Institut výchovy a vzdělávání MZE ČR v Praze. 36 s. ISBN 80-7105-037-7.

BECHYNĚ, M., NOVÁK, J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. Katedra rostlinné výroby VŠZ, Praha.

BOZAN, B., FERAL, T. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource technology* 99.14 (2008): 6354-6359.

BUBENÍK, R., PEZA, Z. 2010. Možnosti eliminace stresových vlivů při pěstování máku. *Prosperující olejniny*. 2010. s. 131. ISBN: 9788021321281.

EDELBAUER, J., STANGL, J. 1993. Nährstoffentzug durch den Waldviertler Graumohn (*papaver somniferum* L.) im Verlauf der Vegetationszeit. In: *Journal für landwirtschaftliche Forschung*, 44. str. 15-27.

ENDLOVÁ, L., VRBOVSKÝ, V., RYCHLÁ, A. 2015. Kvalita rostlinných olejů jarních olejnin. Profi Press. *Úroda*. Roč. 63, č. 12. str. 30–34

FÁBRY, A. a kolektiv. 1992. Olejniny. Praha: Park Centrum České Budějovice. 419 s. ISBN 80-7084-043-9.

HOSNEHL, V., VAŠÁK, J., MEČIAR, L. 1998. Rostlinná výroba – II : (Luskoviny, olejniny). ČZU. 1.vyd. Praha. 135 s. ISBN 80–213–0153–8. str. 58–165

HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. 2007. Potravinářská biochemie I. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín. 167 s. ISBN 978-80-7318-295-3

IBURG, A. 2004. Lexikon octů a olejů: původ, chuť, použití, recepty. Rebo Productions. 1. vyd. Dobřejovice. 299 s. ISBN 80-723-4382-3. str. 138-291

INTERNATIONAL NARCOTIC CONTROL BOARD [online]. 2012 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z <
http://www.incb.org/documents/Newsletter/INCB_Newsletter_Issue_6.pdf

KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. 2009. Co byste měli vědět o výrobě potravin? : technologie potravin. Key Publishing. Vyd. 1. Ostrava. 536 s. str. 295-309

KALAČ, P. 1999. Chemie potravin pro obchodně podnikatelský obor. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. 1. vyd. České Budějovice. 106 s. ISBN 80-704-0343-8. str. 37-42

KAZDA, J., MIKULKA, J., PROKINOVÁ, E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Vydavatelství Profi Press. Praha. s. 399. ISBN: 9788086726342.

KLIMKOVÁ, P. 2011. Z polí mizí tisíce hektarů máku, zemědělcům už přestal vydělávat [online]. idnes.cz, 2011, 24. července [cit. 2015-03-21]. Dostupné z <
http://zpravy.idnes.cz/z-poli-mizi-tisice-hektaru-maku-zemedelcum-uz-prestal-vydelavat-p8r-/domaci.aspx?c=A110720_1621598_olomouc-zpravy_sot

KUBÁNEK, V. 2008. Konopí a mák: pěstování, výrobky, legislativa. Tribun EU s.r.o. 1. vydání. Brno, 152 s. ISBN 978-80-7399-438-9.

KULHÁNEK, I. 2011. Ochrana proti houbovým chorobám máku s fungicidy BASF již 10 let, Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2011“. Praha. str. 68-69.

KUMHÁLA, F., VLK, R. 2001 Možnosti snižování sklizňových ztrát při sklizni máku, Agricultura-Scientia-Prosperitas, Intenzivní olejniny, Sborník konference s mezinárodní účastí. ČZU Praha. str. 130-133

LOBB, R. 2003 Encyclopedia of Food and Culture. Encyklopedia [online]. 2003 [cit. 2018-02-10]. Dostupný www: <http://www.encyclopedia.com/topic/oils.aspx#2>

LOHR, V. 2016. Mák v roce 2015. Sdružení český mák informuje. 15. makový občasník. Praha. s. 7-13. ISBN 978-80-213-2623-1

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. 2013. Mák setý: Olejiny [Situační a výhledová analýza]. Repro tisk s.r.o. Šumperk. ISBN 978-80-7434-137-3.

MOTTL, V. 2009. Ekonomika pěstování olejnin ČR. Zemědělský týdeník. (25), 12,13.

PAUL, L., SCHIFF J. 2002. Opium and Its Alkaloids. American Journal of Pharmaceutical Education Pittsburgh. str. 186–194.

POKORNÝ, J. 2015. Nasycené mastné kyseliny v tucích: nepůsobí všechny stejně. Vyzivaspol [online]. Zář 2015. [cit. 2018-03-30. Dostupne z < <http://www.vyzivaspol.cz/nasycene-mastne-kyseliny-v-tucich-nepusobi-vsechny-stejne/>

PRUGAR, J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČZV. Praha. 327 s. ISBN 978–80–86576–28–2 str. 175 –176, 189.

RAHIMI, Amir, et al. 2011 Variation in fatty acid composition of registered poppy (*Papaver somniferum* L.) seed in Turkey. Academic Food, 9: 22-25.

RICHTER, R., LOŠÁK, T. 2004. Aktuální otázky výživy máku. In: Sdružení Český Mák informuje, 3. Makový občasník. Sborník odborných seminářů Mák v roce 2004, ČZU v Praze. str. 27–31

TÉTÉNYI, P. 1997 Opium poppy (*Papaver somniferum*) botany and horticulture. Horticultural Reviews Budapest. 19, p. 373– 408.

VAŠÁK, J. a kol. Mák. 2010. Český mák – sdružení právnických a fyzických osob. Powerprint, Praha, 336 s. ISBN 978-80-904011-8-1.

VALAZADEH, N., RAHIMI, A., ARSLAN, N. 2014. Variation in fatty composition of there turkish slit flower opium poppy (*Papaver somniferum* L.) lines. International Journal of Biosciences, Vol. 4. No. 2. p. 268–274.

VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. 2009. Chemie potravin 1. OSSIS. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor. 580 s. ISBN 978–808–6659–176. str. 87–124.

VOŠKERUŠA, J. 1965. Pěstování olejnin v ČSSR. Státní zemědělské nakladatelství Praha. ISBN

ZÁPADOČESKÝ INSTITUT PRO OCHRANU A DOKUMENTACI PAMÁTEK (ZIP). Areál u dálnice ukrýval nejstarší dosud objevené zrnko máku. Ostrov, 2007, 7. dubna. Dostupné také z <
http://tachovsky.denik.cz/zpravy_region/makove_zrnko20070412.html

ZEHNÁLEK, P. 2018. Seznam doporučených odrůd řepky olejky ozimé 2018. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno. Brno. ISBN 978-80-7401-155-9

ŽÁČEK, Z. 1981. Plody dalekých krajů. Merkur, Praha. 197s. str. 121–122.

9. Přílohy

Příloha č. 1 Obsah mastných kyselin pro jednotlivé odrůdy za rok 2015, 2016, 2017

Rok	Odrůda	Palmitová %		Rok	Odrůda	Palmito-olejová %
2015	1	9,50		2015	1	0,21
2015	2	11,47		2015	2	0,10
2015	4	8,90		2015	4	0,16
2015	5	9,35		2015	5	0,19
2015	6	9,58		2015	6	0,23
2015	7	9,59		2015	7	0,17
2015	8	9,21		2015	8	0,21
2015	9	10,20		2015	9	0,21
2015	10	9,28		2015	10	0,16
2015	11	9,25		2015	11	0,18
2015	12	9,54		2015	12	0,18
2015	13	9,68		2015	13	0,19
2015	14	9,72		2015	14	0,25
2015	15	8,79		2015	15	0,16
2015	16	9,10		2015	16	0,19
2015	17	9,26		2015	17	0,15
2015	18	8,73		2015	18	0,12
2015	19	9,62		2015	19	0,20
2015	20	9,47		2015	20	0,19
2015	21	9,52		2015	21	0,19
2016	1	10,00		2016	1	0,14
2016	2	9,48		2016	2	0,14
2016	3	9,55		2016	3	0,14
2016	4	8,81		2016	4	0,12
2016	5	9,08		2016	5	0,13
2016	6	9,18		2016	6	0,15
2016	7	9,12		2016	7	0,12
2016	8	9,04		2016	8	0,13
2016	9	9,52		2016	9	0,15
2016	10	9,47		2016	10	0,13
2016	11	9,32		2016	11	0,13
2016	12	9,30		2016	12	0,13
2016	13	9,90		2016	13	0,15
2016	14	9,07		2016	14	0,17
2016	15	8,93		2016	15	0,14
2016	16	9,69		2016	16	0,14
2016	17	9,31		2016	17	0,12
2016	18	9,24		2016	18	0,15
2016	19	9,76		2016	19	0,13
2016	20	9,42		2016	20	0,14
2016	21	9,23		2016	21	0,13
2017	1	10,48		2017	1	0,17
2017	2	9,28		2017	2	0,15
2017	4	8,81		2017	4	0,12
2017	5	9,08		2017	5	0,15
2017	6	8,95		2017	6	0,16
2017	7	9,13		2017	7	0,12
2017	8	9,11		2017	8	0,15
2017	10	9,44		2017	10	0,15
2017	11	8,99		2017	11	0,15
2017	12	9,50		2017	12	0,14
2017	13	9,86		2017	13	0,16
2017	14	8,82		2017	14	0,19
2017	15	9,01		2017	15	0,14
2017	16	9,33		2017	16	0,14
2017	17	9,33		2017	17	0,14
2017	19	9,72		2017	19	0,25
2017	20	9,69		2017	20	0,17
2017	21	9,39		2017	21	0,14

Rok	Odrůda	Stearová %		Rok	Odrůda	Olejevá %
2015	1	2,00		2015	1	14,70
2015	2	1,82		2015	2	14,46
2015	4	2,01		2015	4	16,79
2015	5	2,07		2015	5	14,30
2015	6	1,94		2015	6	15,10
2015	7	1,92		2015	7	14,72
2015	8	2,02		2015	8	14,11
2015	9	1,86		2015	9	16,00
2015	10	2,47		2015	10	15,12
2015	11	2,03		2015	11	16,28
2015	12	2,07		2015	12	15,91
2015	13	1,98		2015	13	14,02
2015	14	1,97		2015	14	17,90
2015	15	1,77		2015	15	14,34
2015	16	1,98		2015	16	15,83
2015	17	1,92		2015	17	15,71
2015	18	2,63		2015	18	14,31
2015	19	2,11		2015	19	15,06
2015	20	2,10		2015	20	14,45
2015	21	1,94		2015	21	15,97
2016	1	2,23		2016	1	14,17
2016	2	1,96		2016	2	14,21
2016	3	2,14		2016	3	12,97
2016	4	2,26		2016	4	16,09
2016	5	2,25		2016	5	13,43
2016	6	2,18		2016	6	14,39
2016	7	2,05		2016	7	13,55
2016	8	2,16		2016	8	12,68
2016	9	2,05		2016	9	15,51
2016	10	2,37		2016	10	14,22
2016	11	2,13		2016	11	12,96
2016	12	2,08		2016	12	13,66
2016	13	2,12		2016	13	13,60
2016	14	2,03		2016	14	14,16
2016	15	1,94		2016	15	13,90
2016	16	2,24		2016	16	10,48
2016	17	2,08		2016	17	14,67
2016	18	2,60		2016	18	15,33
2016	19	2,67		2016	19	14,24
2016	20	2,28		2016	20	13,46
2016	21	1,94		2016	21	15,42
2017	1	2,13		2017	1	6,19
2017	2	1,88		2017	2	12,74
2017	4	2,08		2017	4	14,06
2017	5	2,12		2017	5	12,38
2017	6	2,11		2017	6	13,26
2017	7	1,97		2017	7	13,18
2017	8	2,15		2017	8	11,69
2017	10	2,12		2017	10	11,84
2017	11	2,06		2017	11	11,92
2017	12	2,04		2017	12	11,72
2017	13	1,88		2017	13	11,95
2017	14	1,89		2017	14	12,39
2017	15	1,81		2017	15	12,87
2017	16	1,96		2017	16	13,41
2017	17	1,93		2017	17	13,25
2017	19	2,47		2017	19	13,94
2017	20	2,08		2017	20	12,07
2017	21	1,97		2017	21	14,16

Rok	Odrůda	Linolová %		Rok	Odrůda	Linolenová %
2015	1	72,77		2015	1	0,82
2015	2	71,20		2015	2	0,95
2015	4	71,42		2015	4	0,72
2015	5	73,30		2015	5	0,79
2015	6	72,33		2015	6	0,81
2015	7	72,85		2015	7	0,75
2015	8	73,58		2015	8	0,88
2015	9	71,02		2015	9	0,72
2015	10	72,24		2015	10	0,73
2015	11	71,41		2015	11	0,85
2015	12	71,45		2015	12	0,86
2015	13	73,28		2015	13	0,85
2015	14	69,06		2015	14	1,10
2015	15	74,15		2015	15	0,78
2015	16	72,10		2015	16	0,79
2015	17	72,25		2015	17	0,71
2015	18	73,36		2015	18	0,85
2015	19	72,20		2015	19	0,81
2015	20	73,01		2015	20	0,78
2015	21	71,64		2015	21	0,75
2016	1	72,72		2016	1	0,73
2016	2	73,52		2016	2	0,69
2016	3	74,45		2016	3	0,75
2016	4	72,05		2016	4	0,67
2016	5	74,36		2016	5	0,75
2016	6	73,36		2016	6	0,74
2016	7	74,48		2016	7	0,68
2016	8	75,30		2016	8	0,70
2016	9	72,05		2016	9	0,72
2016	10	73,11		2016	10	0,70
2016	11	74,68		2016	11	0,78
2016	12	74,11		2016	12	0,73
2016	13	73,46		2016	13	0,78
2016	14	73,59		2016	14	0,97
2016	15	74,37		2016	15	0,72
2016	16	76,73		2016	16	0,73
2016	17	73,17		2016	17	0,65
2016	18	71,83		2016	18	0,85
2016	19	72,46		2016	19	0,74
2016	20	73,97		2016	20	0,73
2016	21	72,63		2016	21	0,65
2017	1	80,18		2017	1	0,85
2017	2	75,20		2017	2	0,75
2017	4	74,21		2017	4	0,72
2017	5	75,49		2017	5	0,77
2017	6	74,72		2017	6	0,80
2017	7	74,87		2017	7	0,74
2017	8	76,15		2017	8	0,76
2017	10	75,69		2017	10	0,76
2017	11	76,11		2017	11	0,76
2017	12	75,80		2017	12	0,79
2017	13	75,33		2017	13	0,81
2017	14	75,79		2017	14	0,92
2017	15	75,45		2017	15	0,72
2017	16	74,38		2017	16	0,79
2017	17	74,58		2017	17	0,77
2017	19	72,82		2017	19	0,81
2017	20	75,19		2017	20	0,79
2017	21	73,64		2017	21	0,71

Příloha 2 Klimagraf – přehled teplot a srážek v období vegetace máku v letech 2015, 2016 a 2017

