



**CVRV**  
PIEŠŤANY

**MAK SIATY  
PRE SLOVENSKO**

Piešťany, 2012

**CENTRUM VÝSKUMU RASTLINNEJ  
VÝROBY PIEŠŤANY**

**LABRIS, s.r.o.**

**MAK SIATY PRE SLOVENSKO**

Zborník zo 4. odborného seminára  
Piešťany, 13. november 2012

Názov: Mak siaty pre Slovensko.

Zborník zo 4. odborného seminára, Piešťany, 13.11.2012

Zostavovateľ: RNDr. Michaela Havrlentová, Ph.D.

Ing. František Fišer, CSc.

Doc. Ing. Jiří Rotrekl, CSc.

RNDr. Darina Muchová

RNDr. Andrea Hlinková

doc. Ing. Milan Čertík, Ph.D.

Ing. Tibor Maliar, Ph.D.

Ing. Emil Kolek, Ph.D.

Rukopisy neprešli odbornou ani jazykovou úpravou.

Za odborný obsah zodpovedajú autori.

© Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany, 2012

**ISBN 978-80-89417-43-8**

## Obsah

FIŠER, F.; KOLEM, K.: Používání herbicidů proti dvouděložným plevelům v porostech mák.....	6
ROTREKL, J.: Ochrana máku ( <i>Papaver somniferum</i> ) před hmyzími škůdci.....	11
MUCHOVÁ, D.; LICHVÁROVÁ, M.; VELIČKOVÁ, S.: Odroda – důležitý intenzifikačný faktor pri pestovaní máku.....	16
HAVRENTOVÁ, M.: Projekt popylýs: rastliny máku siateho produkujúce semeno s lepšími vlastnosťami pre potravinársky priemysel.....	22
HLINKOVÁ, A.; ŽOFAJOVÁ, A.; HAVRENTOVÁ, M.; ŠUPOVÁ, J.: Kvalita oleja zo semena máku siateho: Aké je miesto slovenských odrôd v rebríčku.....	25
CIBULKOVÁ, Z.; ČERTÍK, M.: Termooxidačná stabilita makov - akademická kuriozita alebo pestovateľsko-spotrebiteľská realita.....	29
MALIAR, T.; MALIAROVÁ, M.; SLABÁ, G.; KROŠLÁK, E.; HLINKOVÁ, A.; ONDREJOVIČ, M.; CHMELOVÁ, D.: Potenciálne liečivé účinky máku siateho.....	34
KOLEK, E.; SÁDECKÁ, J.: Kvalitatívno-kvantitatívne štúdium semena máku siateho z odrôd vyšľachtených pre potravinárske účely.....	40
KOREŇOVSKÁ, M.; KOLEK, E.: Porovnanie obsahu toxických, rizikových a nutričných prvkov v odrodách máku dopestovaných v Malom Šariši a Vígľaš.....	45

## POUŽÍVÁNÍ HERBICIDŮ PROTI DVOUDĚLOŽNÝM PLEVELŮM V POROSTECH MÁKU

FRANTIŠEK FIŠER, KAREL KLEM

Pěstování máku v podmínkách českého zemědělství zaznamenalo značný nárůst protože mák je při dobrém zvládnutí technologie jednou z mála plodin přinášejících pravidelný zisk. Tato plodina se pěstuje od kukuřičné až po horší bramborářskou oblast. Zde všude je schopna dát výnos nad 1 tunu.ha<sup>-1</sup>. K rozšíření pěstitelských ploch máku přispěl i vývoj v oblasti technologie pěstování, který snížil rizikovitost pěstování máku na únosnou míru. Především se jedná o oblast zakládání porostů, ochrany proti plevelům, ochrany proti chorobám a poléhání a výživy máku. Pokrok je patrný rovněž ve šlechtění nových odrůd máku. V současné době znovu nastává poptávka po této komoditě a proto se dá předpokládat oživení světového obchodu.

Největším problémem při pěstování této plodiny je založení porostu tak aby bylo zabezpečeno dobré, vyrovnané a včasné vzejití s max. využitím zimní vláhy. Výsev máku je třeba provést co nejdříve na jaře s výsevkem 1-2 kg.ha<sup>-1</sup> (někdy stačí i 0,8 kg.ha<sup>-1</sup>). Je dobré provést výsev máku do půdy, která byla před zámrzem nahrubo srovnána, tak aby jarní přípravou nevznikala místa s přerušenou kapilaritou (brázdy). K vlastnímu setí je dobré použít secí kombinace, kde jsou spojovány operace přípravy půdy, zpětného utužení a setí, nebo provést mělké vláčení srovnaného povrchu a následně okamžitě zaset secím strojem bez zařízení na přípravu půdy. Opět je ale vhodné aby secí stroj disponoval přítlačnými koly před secí botkou, které zajišťují obnovení kapilárního toku a rovnoměrnou hloubku výsevu. Z hlediska organizace porostu, kde se nepočítá s využitím mechanizace během vegetace pro meziřádkovou kultivaci je vhodné pro výsev máku volit šířku řádku v rozmezí 7,5 - 12,5 cm. V případě obtížného nastavení nízkých výsevků se u některých secích strojů volí setí na dvojnásobnou meziřádkovou vzdálenost, s tím že se každá druhá botka zaslepuje.

Druhou nejvýznamnější oblastí, která představuje riziko pěstování máku je ochrana, a především pak ochrana proti plevelům. Sortiment přípravků používaných v ochraně máku se postupně rozšiřuje a doplňuje, přičemž v tuto chvíli již lze velkou část problémů v ochraně proti plevelům považovat za řešitelnou. O to více ovšem do popředí vystupují nároky na podmínky při aplikaci herbicidů. Vzhledem k tomu, že prakticky žádný z používaných herbicidů nemůže zajistit plnou selektivitu při spolehlivé účinnosti proti plevelům, představují optimální aplikace vždy určitý kompromis, při kterém je dosahováno nejmenšího poškození porostu a vysoké účinnosti. Tento kompromis je realizovatelný pouze za určité kombinace podmínek, ke kterým patří především růstová fáze máku, plevelů, podmínky počasí, půdní podmínky, způsob aplikace apod. Je zřejmé, že k úplnému sladění všech požadavků na aplikaci dochází jen ve výjimečných případech a proto se také tak často setkáváme s obrovskou rozmanitostí účinnosti i poškození porostů. S ohledem na značnou variabilitu půdních podmínek i počasí v jarním období nemohou současné znalosti postihnout všechny kombinace podmínek a je proto nutné k novým variantám ochrany a kombinacím přistupovat obezřetně a nejprve je vyzkoušet v daných podmínkách na menší výměře. Současně je nutné volit varianty ošetření, které by nejlépe odpovídaly podle dostupných znalostí příslušným podmínkám.

V případě preemergentních aplikací by hlavní pozornost měla být zaměřena na:

- Obsah humusu a jílovitých částic. Na půdách s vyšší sorpční schopností (vyšší obsah humusu a jílovitých částic) dochází k vyššímu poutání herbicidu na povrchu půdy a je možné používat vyšší dávky herbicidů. Na lehkých půdách je naopak nutné dávky herbicidů snižovat, nebo některé herbicidy vůbec nepoužívat.
- Vláhové podmínky po aplikaci. V případě intenzivnějších srážek po aplikaci dochází k pohybu herbicidu ke vzházejícímu semínku máku a ke zvyšování poškození máku. Se zvyšováním fytotoxicity musíme počítat již při srážkách od 10 mm.
- Hloubka výsevu. Při preemergentních aplikacích nemůže být použito výsevu na povrch půdy. Semeno máku by mělo být přikryto vrstvičkou půdy okolo 0,5 cm.

- pH pôdy. pH pôdy predstavuje významný faktor ovplyvňujúci sorpčnú schopnosť a rýchlosť hydrolytického rozkladu. Rôzne herbicidy reagujú na pH rozdielne podľa polarít. V prípade herbicidov používaných v máku by mala byť pozornosť venovaná pôdám s vyšším pH (pôdy alkalické). Napríklad herbicid Monitor 75 WDG významne zpomaluje hydrolýzu a znižuje sorpciu pri alkalických reakciách. To znamená zvýšenie pohybu herbicidu v pôde a teda i k semenu máku. Podobne reaguje na alkalickú reakciu tiež herbicid Merlin.

V prípade postemergentných aplikácií je nutné brať v potaz nasledujúce faktory:

- Vosková vrstvička máku. Predevším u kontaktných herbicidov, alebo herbicidov na bázi isoproturonu a chlorotoluronu je dôležité aby bola vytvorená vosková vrstvička, ktorá je predpokladom pre nízke poškodenie máku. K narušeniu voskovej vrstvičky dochádza po intenzívnejších srážkach. K vytvoreniu novej voskovej vrstvičky je pak nezbytné suché a teplé počasie minimálne 3 dny.
- Způsob aplikace. Tato podmínka je zcela zásadní pro naprostou většinu postemergentně používaných herbicidů. Cílem aplikace musí být zachycení postřikové kapaliny na listech máku bez rizika zatékání k vyvíjejícím se listům a vegetačnímu vrcholu. Tohoto je možné dosáhnout při splnění následujících podmínek:
  - o Nízká dávka postřikové jichy (170-230 l/ha)
  - o Použití menších trysek (ne antidriftové)
  - o Vypnutí nebo podstatné omezení výkonu podpory vzduchu (twin)
  - o Neprovádět aplikaci za žádných okolností na rosu
  - o Neprovádět aplikaci těsně před deštěm
- Růstová fáze máku. Velkou část postemergentních aplikací máku je možné provádět již od 4. pravého listu máku, ovšem za optimálních aplikačních podmínek a použití nižších dávek herbicidů. U některých herbicidů (Callisto 480) a při méně vhodných podmínkách je vhodnější aplikace provádět až od fáze 6. pravého listu.
- Teploty a sluneční záření. Obdobné podmínky jako pro aplikace herbicidů v cukrovce platí pouze pro kontaktní herbicidy a fotosyntetické inhibitory. U těchto přípravků by teploty neměly přesáhnout 18°C a aplikace by neměly být prováděny za intenzivního slunečního záření. Nejvhodnější je tyto přípravky aplikovat až vpozdvečer.
- Používat pouze vyzkoušené kombinace s jinými herbicidy, fungicidy nebo hnojivy. Přestože kombinace látek nemusí představovat přímé ovlivnění fytotoxicity, problém mohou způsobovat pomocné látky, smáčedla nebo živiny. Tyto pak rozpouští voskovou vrstvu máku nebo urychlují příjem herbicidu a zvyšují fytotoxicitu. Zvláště opatrní bychom měli být při aplikacích s graminicidy a hnojivy. I v případě jinde ověřených kombinací je vhodné vyzkoušení kombinace pro dané podmínky na malé ploše dříve než se rozhodneme pro plošné aplikace.

#### *Preemergentní aplikace*

Pro preemergentní aplikace jsou registrovány herbicid **Merlin**, přípravky na bázi **chlorotoluronu** (např. Lentipur), přípravek **Command 36 SC** a herbicid **Callisto 480**.

Herbicid **Merlin** se dá použít v poměrně širokém rozpětí dávkování 70-130 g/ha. Toto velké rozpětí používaných dávek je dáno rozdíly v selektivitě v závislosti na půdních podmínkách. Plnou dávkou 130 g/ha je možné použít pouze na půdách velmi úrodných s vysokým obsahem humusu. Naopak na velmi lehkých půdách s nízkým nebo naopak vysokým pH jsou bezpečně použitelné dávky pouze ze spodní hranice uvedeného rozpětí. Spektrum působení herbicidu Merlin je velmi široké a zahrnuje prakticky všechny významné plevele máku vyjma svízele přítuly, pohanky svačcovité a vytrvalých plevelů.

Přípravky na bázi chlorotoluronu jako je **Lentipur 500 FW** jsou používány preemergentně v dávkách 1-1,5 l/ha. Dávkování je opět závislé na úrodnosti půdy (především pak obsahu humusu). Lentipur při

preemergentní aplikaci zajišťuje dobrou úroveň účinnosti proti merlíku bílému, laskavci ohnutému, heřmánkovitým druhům, drobnosemenným brukvovitým (kokoška, penízek), ptačinci apod.

Přípravek **Command 36 SC** je v dávkách do 0,15 l/ha plně selektivní i na lehčích půdách. Tento herbicid je používán především jako partner do kombinací s výše zmíněnými preemergentními přípravky. Jeho uplatnění je především v lokalitách s vysokým výskytem svízele. Comand 36 SC ovšem rovněž přispívá v kombinacích ke zlepšení účinnosti proti pohance svlačcovité a rdesnům. Účinnost proti svízeli, pohance a rdesnům patří k slabým místům jak přípravku Merlin tak Lentipur 500 FW.

Herbicid **Callisto 480** je pro preemergentní aplikace registrován v dávce 0,25 l/ha. Tato dávka je vysoce selektivní i na lehkých půdách. K poškození vzcházejícího máku dochází jen ve výjimečných případech kombinace lehkých půd a vydatnějších srážek po aplikaci. Na středních půdách byla ověřena selektivní aplikace až do dávek 0,6 l/ha. Registrovaná dávka 0,25 l/ha zajišťuje široké spektrum účinnosti (obdobně jako u herbicidu Merlin) se slabší účinností proti svízeli a ježatce. V případě nepříznivých podmínek (především suché počasí po aplikaci, hrudovitý povrch) dochází ovšem v této dávce k rychlému poklesu účinnosti proti méně citlivým druhům. To se projevuje často v účinnosti vůči pohance svlačcovité, výdrolu řepky, heřmánkovitým druhům a někdy i merlíku bílému. V dávce 0,25 l/ha je proto vhodné herbicid Callisto 480 kombinovat například s přípravkem Command 36 SC v dávce 0,15 l/ha nebo s herbicidem Lentipur v dávce 1 l/ha.

#### *Postemergentní aplikace*

Systém regulace plevelů založený pouze na postemergentních aplikacích je obvykle více využíván na lokalitách s lehkými půdami, kde jsou preemergentní aplikace značně riskantní, nebo v případě deštivého počasí po zasetí, kdy nebylo možné provést preemergentní ošetření.

Nejdříve lze provádět ošetření přípravky na bázi **chlorotoluronu** (např. **Lentipur 500 FW**) a to již od fáze 4 pravých listů. Přípravky na bázi chlorotoluronu se vyznačují velmi dobrým účinkem proti merlíku bílému. Při aplikaci v růstové fázi máku 4. pravých listů by dávka přípravků na bázi chlorotoluronu (500g/l) neměla přesáhnout 1,5 l/ha. V případě pozdějšího termínu aplikace se pak dávka přípravků na bázi chlorotoluronu může zvýšit až na 2,4 l/ha. Klíčovými podmínkami pro bezpečné použití chlorotoluronu jsou vosková vrstvička, teploty pod 18°C, nižší intenzita slunečního záření a zamezení zatékání postřikové kapaliny k vegetačnímu vrcholu (nižší dávka vody, menší kapky apod.)

V procesu ověřování jsou rovněž kontaktní herbicidy na bázi **carfentrazone-ethyl** nebo **pyridate**. Ve druhém případě již tento přípravek byl dříve v máku registrován a velmi úspěšně používán (Lentagran 50 WP). Pro použití kontaktních herbicidů v máku je velmi důležitou podmínkou dostatečně vytvořená vosková vrstvička na povrchu listu máku. Pro vytvoření voskové vrstvičky je nezbytné minimálně 3-4denní suché počasí bez srážek. Ochranný efekt voskové vrstvičky může fungovat ovšem pouze za určitých aplikačních podmínek. Především pak herbicidy nemohou být používány se smáčedly, které mohou uvedenou bariéru snadno překonávat.

Pro aplikace od začátku 5. pravého listu je velmi úspěšně používán širokospektrální herbicid **Callisto 480** (dávkování 0,15-0,25 l/ha), který může být při vyšší růstové fázi plodiny, vysoké intenzitě zaplevelení a nepříznivých aplikačních podmínkách (pokročilá růstová fáze, suché počasí) aplikován výjimečně se smáčedlem Atplus. Dosavadní výsledky ukazují přednosti velmi širokého spektra účinnosti, ale také skutečnost, že se určité malé míře fytoxicity nevyhneme. Tato je ve většině případů pouze krátkodobá a po 14 dnech obvykle vymizí bez dopadu na růst máku. Callisto 480 je na základě experimentálních zkušeností bezpečně použitelný až od růstové fáze máku 5. pravého listu. V této růstové fázi lze použít bezpečně dávku 0,15 l/ha. Pouze v případě silného zaplevelení je možné aplikovat dávku 0,2 l/ha. V této růstové fázi je vhodnější se zcela vyhnout použití se smáčedlem. Dávky v rozmezí 0,2-0,25 l/ha nebo použití dávky 0,15-0,2 l/ha se smáčedlem Atplus jsou možné teprve od růstové fáze 6-8. pravých listů. Při použití kombinace se smáčedlem je nutné počítat se zvýšením poškození o 5-15%. Podobně jako i u jiných herbicidů je velmi důležitou podmínkou selektivního použití herbicidu Callisto 480 podmínka, aby postřiková kapalina zůstala na listech a nedocházelo ke stékání do úžlabí listů až k vegetačnímu vrcholu (vyšší dávky vody, větší trysky, podpora vzduchu, déšť po aplikaci).

Herbicid Callisto 480 se i při aplikaci bez smáčedla vyznačuje širokým spektrem účinnosti, které zahrnuje především brukvovité včetně výdrolu řepky, merlíky, violky, hluchavky, zeměděm, pcháč, rdesna, laskavec. Nižší účinnost je obvykle zaznamenávána proti svízeli, heřmánkovitým druhům a

ježatce, ačkoliv i v těchto případech je možné v závislosti na růstové fázi a dávce herbicidu dosáhnout účinnosti nad 80%. Vedle svízele a heřmánkovitých druhů jsou při vyšší růstové fázi plevelů (nad 4 pravé listy) první problémy zaznamenávány u laskavců a merlíků. Nižší účinnost proti svízele a současně posílení účinku proti rdesnům a pohankám je možné doplnit kombinací s herbicidem Starane 250 EC nebo Tomigan 250 EC v dávce do 0,4 l (Callisto 480 v dávce 0,15-0,2 l/ha). Tyto kombinace jsou jednou z mála variant, které téměř neovlivňují selektivitu herbicidu Callisto. K výraznému poškození máku dochází například v kombinacích s graminicidy, kde působí pravděpodobně obsah rozpouštědel a smáčedel. Heřmánkovité druhy je vhodné ještě před aplikací Callista vyřešit použitím přípravků na bázi isoproturonu nebo chlorotoluronu. Dobrých výsledků je dosahováno rovněž u kombinace Callisto 480 0,15 l/ha + Lentipur 500 FW 0,8 l/ha. Účinnost herbicidu Callisto 480 proti pcháči je velmi dobrá, přičemž dochází k úplnému prožloutnutí až vybělení vrcholových částí a zastavení růstu na dobu přibližně 3 týdnů až 1 měsíce. Nejedná se ale o systémový účinek a po této době můžeme očekávat další regeneraci pcháče. U dobře zapojeného porostu ovšem již regenerující pcháč nezpůsobuje až do sklizně závažnější problémy. Při výskytu merlíků případně dalších plevelů ve vyšší růstové fázi se velmi dobrou účinností osvědčila kombinace Callisto 480 0,15 l/ha + Lentipur 500 FW 0,8 l/ha. Uvedené dávky jsou maximální pro bezpečné použití v máku. I tak musíme počítat se skutečností, že tato kombinace může způsobovat mírně vyšší fytotoxicitu v porovnání například se samostatnou aplikací herbicidu Callisto 480.

**Laudis** (dávka 1,75 – 2,25l/ha) má v porostu máku podstatně širší aplikační okno než herbicid Calisto. V porostech máku jej lze aplikovat od 8 listů máku až do 14-18 listů s minimálními příznaky změny zabarvení listů máku (mírné prožloutnutí). Pro rozšíření spektra účinku na dvouděložné plevely je použití v TM účinnou látku fluroxypyr (Starane 250 EC Tomigan 250) Velice dobře tato kombinace působí na pohanku svlačcovitou (polygoum conv. a galium apod.) svízel přitula. Aplikační dávka na ha postřikové kapaliny by neměla překročit dávku 200 l/ha Tento herbicid spolehlivě hubí všechny jarní i letní plevely včetně všech rdesen (horčjaky). V praxi se tento typ herbicidu významně uplatňuje v ochraně porostů máku proti plevelům. V žádném případě není doporučována aplikace TM s fungicidem, případně insekticidem.

### **Řešení vybraných problémových situací**

#### *Výdrol řepky*

Jedním z nezávažnějších problémů současných technologií ochrany máku proti plevelům je výskyt výdrolu řepky ozimé. Dormance řepky způsobuje vzcházení výdrolu i s několikale-tým odstupem a často i po více jak 10 letech. Dormance souvisí do značné míry s hloubkou zapravení, přičemž hlubší zapravení indukuje dormanci. Po sklizni řepky je proto vhodné za suchého počasí podmítat velmi mělce a za vlhkého počasí podmítku zcela vynechat, tak aby mohlo dojít k vyklíčení a následnému zničení velkého podílu semen.

Ze zkoušených preemergentních aplikací variant herbicidů bylo vysoké účinnosti proti výdrolu řepky dosaženo u přípravku Merlin v dávce 130 g/ha. Účinnosti okolo 90% je dosahováno u variant Merlin 100 g/ha + Command 36 CS 0,125 l/ha, Calisto 480 0,3 l/ha, Calisto 480 0,3 l/ha + Command 36 CS 0,125 l/ha. U nižších dávek herbicidu Merlin i Callisto 480 dochází k poměrně rychlému poklesu účinnosti proti výdrolu řepky.

V rámci zkoušených postemergentních aplikací se ukazuje, že jedinou variantou s dobrým účinkem je herbicid Calisto 480. Logicky pak nejlepšího výsledku bylo dosaženo u nejvyšší dávky se smáčedlem Calisto 480 0,2 l/ha + Atplus 1,0 l/ha. Dobrý účinek vykazovala také kombinace Calisto 480 0,15 l/ha + Lentipur 500 FW 0,8 l/ha. Vyjma aplikace vyšší dávky Calista 480 se smáčedlem se účinnost většina aplikací herbicidu Calisto 480 pohybuje na úrovni okolo 80%. Účinnost ostatních přípravků a kombinací je nízká a nedostačující.

#### *Výdrol svazenky vratičolisté*

Účinnost herbicidů v oblasti preemergentních aplikací proti výdrolu svazenky vratičolisté má jen malý a nedostatečný účinek.

Většina postemergentních aplikací pak dosahuje proti výdrolu svazenky vratičolisté pouze dobré až průměrné účinnosti. Dobrého účinku bylo dosaženo také u kombinace herbicidů Calisto 480 + Lentipur 500 FW se smáčedlem Atplus.



#### *Zemědým lékařský*

Zemědým lékařský patří k plevelným druhům s nižší konkurenční schopností a škodlivostí. V posledních letech ovšem dochází k rychlému rozšiřování zemědýmu v důsledku jednostranného používání herbicidů v obilninách i ozimé řepce. Populace zemědýmu s počtem rostlin nad 10/m<sup>2</sup> dnes již nejsou výjimkou, a v takových případech je nutné alespoň potlačení konkurenční schopnosti zemědýmu. Mezi postemergentními aplikacemi bylo nejlepších výsledků dosaženo u variant s herbicidem Callisto 480. Účinnost těchto variant se pohybuje okolo 90%. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u kombinací Callisto 480 0,15 l/ha + Lentagran 0,8 kg/ha a Callisto 480 0,15 l/ha + Lentipur 500 FW 0,8 l/ha. Dobré úrovně účinnosti dosahují také kombinace Lentagran 1,5 kg/ha + Protugan 1,5 l/ha, Trophy 2 l/ha + Lentagran 1,5 kg/ha.

#### *Pcháč oset*

Pcháč patří k plevelným druhům, které nelze v máku hubit úplně a základem by proto měla být ochrana v obilovinách, kde je regulace nejsnadnější, neúčinnější a současně nejlevnější. Alternativou k ochraně v obilovinách by mělo být ošetření v meziporostním období přípravky na bázi glyfosátu. V současné době je možno pcháč řešit velmi úspěšně použitím herbicidu Callisto 480 SC v postemergentní aplikaci v dávkách 0,2-0,25 l/ha bez smáčedla. Účinek se projevuje zežloutnutím až vybělením vrcholových částí stonku a listů, přičemž se zcela zastavuje růst přibližně na dobu jednoho měsíce. Po této době začíná pcháč znovu regenerovat, ale v zapojeném porostu již nemá významnější šanci konkurovat. Jedná se tedy o opatření, které nepůsobí hloubkově na kořenový systém, ale zasahuje především nadzemní části. Dobrá konkurenční schopnost porostu je proto klíčovou podmínkou dobré účinnosti proti pcháči.

Sto procentní účinnosti však dosáhneme použitím herbicidu Laudis. V postemergentní oblasti dokáže hubit v dávce na 2,0 l/ha i rostliny pcháče při velikosti až 25 cm.

## OCHRANA MÁKU (*PAPAVER SOMNIFERUM*) PŘED HMYZÍMI ŠKŮDCI

Jiří ROTREKL

Mák setý v průběhu své vegetace je napadán řadou hmyzích škůdců, kteří mají přímý vliv na výnos i kvalitu sklizeného máku. Podle několikaletého výzkumu byli stanoveni jako významní škůdci máku krytonosec kořenový, žlabatka stonková, krytonosec makovicový a z potenciálních mšice maková a bejломorka maková. Je zpracována ochrana proti všem hmyzím škůdcům máku, i když ne u všech je stanovena signalizace ošetření či hodnota prahu škodlivosti. Proti krytonosci kořenovému je nejvhodnější ochranou moření osiva s případně následnou foliární aplikací, proti žlabatce stonkové aplikace registrovaných přípravků ve vhodné vývojové fázi máku a proti makovicovým škůdcům aplikace nových, ověřených insekticidních přípravků v období háčkování až do tvorby prvních makovic.

Klíčové slovy: mák setý; ochrana; insekticidy; mořidla; hmyzi škůdci; krytonosec kořenový; mšice maková; žlabatka stonková; krytonosec makovicový; bejломorka maková;

### ÚVOD

Pro zjištění významnosti jednotlivých škodlivých hmyzích druhů na máku byl v posledních několika letech sledován jejich výskyt v provozních porostech této plodiny. Jako základní škůdci byli stanoveni následující druhy: při vzcházení může významně škodit krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*), po celou dobu vegetaci mšice maková (*Aphis fabae*), v období prodlužovacího růstu žlabatka stonková (*Timaspis papaveris*) a v době tvorby makovic makovicoví škůdci – krytonosec makovicový (*Neoglocianus maculaalba*) a bejломorka maková (*Dasineura papaveris*). V minulosti se dělala ochrana prakticky pouze proti makovicovým škůdcům, pokud se v dané oblasti tyto škůdci vůbec vyskytovali. Abychom zajistili dokonalou ochranu máku před hmyzími škůdci je v současné době nutné sledovat jejich výskyt po celou vegetační dobu.

### MATERIÁL A METODY

Výskyt hmyzích škůdců na máku byl sledován po celé vegetační období od vzcházení až do sklizně několik let a na desítkách lokalit na Moravě. Při vzcházení byl vizuálně sledován počet brouků krytonosce kořenového a jeho pozerky na vzcházejícím máku, později se hodnotil vliv žiru jeho larev na kořenech máku. Pro ochranu vzcházejícího máku jsme ověřovali insekticidní nebo insektofungicidní mořidla i foliární aplikace. Insektofungicidní mořidlo Cruiser OSR (účinná látka thiamethoxam, mefenoxam a fludioxonil) v dávce 25 l/t osiva, insekticidní mořidla Chinook 200 FS (betacyfluthrin a imidacloprid) v dávce 60 l/t osiva a Elado FS 480 (účinné látky clothianidin a betacyfluthrin) v dávce 55 l/t osiva. Na foliární aplikaci se ověřoval přípravek Nurelle D v dávce 0,6 l/ha.

Pro zjištění napadení porostu máku žlabatkou stonkovou jsme odebírali jednotlivé rostliny a rozřezávali jsme stonky a počítali larvy tohoto škůdce. Odběry byly prováděny v období první až druhé dekády července. Kromě výskytu larev žlabatky byla sledována i jejich parazitace. Pro možnou signalizaci výskytu žlabatky stonkové jsme ověřovali bílé i žluté misky a zelené tyčky natřené nevysýchavým lepem.

U krytonosce makovicového i u bejломorky makové jsme odebírali makovice a po jejich rozřezání jsme zjišťovali napadení larvami těchto dvou škůdců. Byly hodnoceny provozní porosty ošetřené i neošetřené. V maloparcelkových pokusech byla hodnocena možnost ochrany máku před brouky krytonosce makovicového i bejломorkou makovou. Byly ověřovány starší i nové insekticidy s výběrem takových, které lze použít i v době květu a mají nízkou toxicitu vůči včelám. Do pokusů byly zařazeny následující přípravky: Decis EW 50 (úč.l. deltamethrin) v dávce 0,15 l/ha, Karate Zeon 5 CS (úč.l. lambda-cyhalothrin) v dávce 0,15 l/ha, Mospilan 20 SP (úč.l. acetamiprid) v dávce 150 g/ha, Vaztak 10 SC (úč.l. alfa-cypermethrin) v dávce 0,125 l/ha, Biscaya 240 OD (úč.l. thiacloprid) v dávce 0,25 l/ha a 0,3 l/ha a Proteus 110 OD (úč.l. deltamethrin + thiacloprid) v dávce 0,5 l/ha a 0,75 l/ha.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Obr. 1



Krytonosec kořenový (obr. 1) provádí významný žír na vzcházejících rostlinách máku a při jeho vyšší populační hustotě a poškození srdéčkových listů dochází v založeném porostu k mezerovitosti (obr. 2). Po žíru kladou samičky vajíčka do pletiv spodních listů, případně do blízkosti kořenového krčku. Larvy se po krátkém žíru v listovém parenchymu zavrtávají do půdy a svůj vývoj dokončují na kořenech máku. Kuklí se v půdě (obr. 3) a brouci nové generace po žíru na hostitelských rostlinách migrují v polovině října do zimních úkrytů.



Obr. 2



Obr. 3

Pro zajištění ochrany vzcházejícího máku je nutné porost sledovat v období vzcházení až do fáze 4. až 5. listu, kdy jsou rostliny na žír brouků citlivé. Pokud jsme nevyseli mořené osivo jsou za kritický počet brouků považováni 3 až 4 jedinci na běžný metr řádku a je potřebné provést foliární ošetření.



Obr. 4

V současné době je však nejvhodnější ochrana máku před žírem krytonosce kořenového moření osiva. Je registrováno insektofungicidní mořidlo Cruiser OSR v dávce 25 l/t osiva, insekticidní mořidlo Chinook 200 FS v dávce 60 l/t osiva a novější i dvousložkové insekticidní mořidlo Elado FS 480 v dávce 55 l/t osiva. Moření osiva zajistí ochranu jen po určitou dobu, ale pozdější nálet brouků a žír larev nepokrývá. Larvy tohoto krytonosce svým žírem na kořenech máku oslabují rostliny, případně dochází až k úhynu větších rostlin (obr. 4), u starších rostlin máku může docházet až k poléhání. Pokud chceme zajistit dokonalou ochranu před škodami, které může krytonosec kořenový způsobit, je nutné po odeznění účinků mořidla a při výskytu nově migrujících brouků do porostu máku použít foliární aplikaci. Registrovaným přípravkem proti broukům krytonosce kořenového je Nurelle D v dávce 0,6 l/ha a přípravek Cyperkill 25 v dávce 0,1 l/ha.

Mšice maková je známá černá mšice, která je široce polyfágní a mák může napadat v období migrace partenogenetických a živorodých samic z primárních hostitelů až do období tvorby makovic. V letech s teplým a mírně vlhkým počasím se vyskytují ve větší početnosti a mohou poškodit mák. Na listech, lodyhách i makovicích vytváří početné kolonie (obr. 5). Listy jsou deformované, žloutnou,



Obr. 5

vegetační vrcholy zasychají a semena nebo celé makovice se nedokonale vyvíjí. Kromě mšice makové může být mák napaden i kyjatkou *Macrosiphum euphorbiae*. Oba druhy mšic jsou efektivními přenašeči viróz a proto je vhodné při přemnožení regulovat jejich početnost.

Monitoring provádíme vizuálním hodnocením výskytu mšic na jednotlivých rostlinách. Ochranné opatření se doporučuje, když je mšicí napadeno 5 a více procent rostlin. Za napadenou rostlinu považujeme rostlinu s jednou živou mšicí. Pro pozdější období, kdy se mšice velmi rychle množí a dochází k sekundárním

přeletům, není práh škodlivosti stanoven. Z insekticidních přípravků lze použít Pirimor 50 WG v dávce 0,3 – 0,5 kg/ha a Cyperkill 25 v dávce 0,1 l/ha.

Žlabatka stonková je blanokřídlý hmyz ve zbytcích stonků máku. Dospělci žlabatky se začínají líhnout od května a od začátku června samičky kladou jednotlivě vajíčka do stonků máku. Larvy žlabatky (obr. 6) způsobují svým žírem ve stonku chodbičky, které probíhají především ve dřevném pletivu v těsné blízkosti cévních svazků. Při tomto žíru mohou být cévní svazky poškozeny, což způsobuje částečné nebo úplné přerušování přívodu živin a vody do rostliny. Napadení se projevuje předčasným žloutnutím a zasycháním makovic, při vyšším napadení může dojít k zasychání a předčasnému odumírání celé rostliny. Žlabatka stonková má jednu generaci za rok.



Obr. 6

Na základě několikaletého výzkumu monitoringu žlabatky stonkové na makových polích Moravy bylo potvrzeno, že tento škůdce se vyskytuje velmi často a lokalit bez výskytu tohoto škůdce bylo minimálně. Výskyt a jeho rozšíření je v tabulce 1. Kromě toho byla sledována i parazitace larev chalcidkou (*Trichomalus bracteatus*). Na lokalitách s průměrným či vyšším výskytem žlabatky byla parazitace jejich larev v rozmezí 55 % až 65 %. Kalamitní výskyt žlabatky stonkové může být regulován vysokým procentem parazitace, ale neochrání stonky od poškození, které larvy způsobí na cévních svazcích.

Tabulka 1: Výskyt a rozšíření žlabatky stonkové na porostech máku setého v letech 2003 až 2007 na Moravě

Rok	Průměrný počet larev žlabatky stonkové na jeden stonk	Maximální počet larev žlabatky stonkové na jeden stonk	Průměrné procento napadených stonků
2003	0,1 - 37,2	48	69,4
2004	0,05 - 3,7	17	46,7
2005	0 - 7,7	13	29,3
2006	0 - 26,4	36	70
2007	0,4 - 65,6	90	67,4

Pro signalizaci ošetření máku před žlabatkou stonkovou se bílé a žluté misky ukázaly jako nevhodné, obdobně jako zelené tyčky natřené nevysýchavým lepem. Na tyčce se během velmi krátké doby nalepilo velké množství nejrůznějšího hmyzu a proto bylo velmi problematické provádět odpočty drobných dospělců žlabatky stonkové. Z praktického hlediska je tato metoda pro agronoma, který se má rozhodnout k ošetření, nevhodná. Proto pro



Obr. 8

ochranu máku před napadením žlabatkou stonkovou je nutné se při rozhodování o termínu aplikace řídit kalendářním datem a vývojovým stádiem máku. Aplikace insekticidů by měla být provedena před kladením vajíček (obr. 8). Největší část vajíček kladou samičky do spodních internodií, takže období prodlužovacího růstu je vhodné vývojové stádium máku pro aplikaci, což obvykle odpovídá kalendářnímu termínu první dekády června. Je registrován přípravek Cyperkill 25 EC v dávce 0,1 l/ha.

Brouci krytonosce makovicového (obr. 9) se po přezimování objevují v první polovině května a po zralostním žiru samičky kladou vajíčka od nejmladších makovic, maximálně 2 až 3 dny starých. Larvy se vyvíjí uvnitř makovic (obr. 10) a po dokončení vývoje si prokoušou otvor v makovici a opouští ji. Výlezové otvory v makovici způsobené larvami krytonosce jsou bránou pro infekci houbovými patogeny a usnadňují kladení vajíček bejlmorky makové. Bejlmorka maková se obdobně jako krytonosce makovicový vyvíjí v uvnitř makovice, kde vysává pletiva vnitřních stěn mladých makovic. Dorostlé larvy se kuklí v řídkém zámotku uvnitř makovic. Vlivem sání jsou makovice zakrnělé a dávají méně hodnotná semena, při silném napadení, kdy je v makovici několik desítek larev dochází k likvidaci celé makovice. Výskyty těchto makovicových škůdců a účinnost některých insekticidních přípravků v závislosti na jejich početnosti v letech 2004 až 2010 ukazuje tabulka 2. Z tabulky je zřejmé, že krytonosce makovicový je významnějším škůdcem než bejlmorka maková.



Obr. 9



Obr. 10

Tabulka 2: Účinnosť testovaných prípravkov v závislosti na stupni napadení makovic

Rok	Procento napadených makovic		Biologická účinnosť testovaných prípravkov
	krytonoscom makovicovým	bejломorkou makovou	
2004	28,6	6,5	61,5 - 100
2005	31,3	6,3	75,7 - 96,1
2006	47,7	1,1	75,1 - 81,2
2007	36	2	64,4 - 100
2008	73	3	42,5 - 60,6
2009	35	0	70,6 - 97,0
2010	59	5	54,1 - 79,0

V oblastiach, kde sa pravidelne vyskytujú makovicoví škúdcí, sa ochrana proti nim provádí. V súčasnej dobe není známa signalizácia ošetrenia proti krytonosci makovicovému a preto je potreba jeho výskyt sledovať. Práh škodlivosti není znám a vlastní ošetrenie sa provádí pri výskytu brouk, pred kladením vajíčiek do mladých makovic tj. v období háčkování až do doby výskytu prvých, ojedinele se vyskytujících mladých makovic v poroste. Pro postřik je registrováno několik přípravků: Mospilan 20 SP v dávce 150 g/ha, Biscaya 240 OD v dávce 0,3 l/ha, Proteus 110 OD v dávce 0,5 až 0,75 l/ha a Cyperkill 25 EC v dávce 0,1 l/ha. Signalizácia ošetrenia máku proti bejломorce makové není zpracována a vlastní ochrana se provádí ve stejném termínu jako ošetření před krytonoscem makovicovým. Bylo prokázáno, že tam, kde se dělá řádná ochrana proti krytonosci je významně redukováno napadení makovic bejломorkou makovou.

## ZÁVĚR

Výsledky sledování výskytu a škodlivosti hmyzích škúdců na máku a ochrany před nimi potvrdily, že nejvýznamnějšími druhy jsou krytonosec kořenový, žlabatka stonková a krytonosec makovicový. Tyto druhy mohou významně poškodit mák v období vzcházení, prodlužovacího růstu a v období tvorby makovic. Proto je nutné pro dokonalou ochranu máku preventivní moření osiva insekticidními či insektofungicidními mořidly, v případě dalšího náletu krytonosce kořenového a po odeznění účinků mořidel, foliální aplikace přípravky Nurelle D v dávce 0,6 l/ha či Cyperkill 25 EC v dávce 0,1 l/ha. Při napadení porostu mšicí makovou lze využít starší aficid Pirimor 50 WG v dávce 0,3 až 0,5 kg/ha či přípravky Cyperkill 25 EC v dávce 0,1 l/ha. Proti žlabatce stonkové v období prodlužovacího růstu máku a před kladením vajíček samičkami žlabatky, lze aplikovat přípravek Cyperkill 25 EC dávce 0,1 l/ha. Proti makovicovým škúdcům je nutno ve správném termínu, tj. v období háčkování až objevení se prvých květů s výskytem krytonosce makovicového, aplikovat přípravky Mospilan 20 SP v dávce 150 g/ha, Biscaya v dávce 0,3 l/ha či Proteus 110 OD v dávce 0,5 až 0,75 l/ha. Tyto přípravky budou účinně redukovat i výskyt bejломorky makové.

## LITERATURA

- Kolařík,P., Rotrekl,J.(2011): Škodlivost krytonosce kořenového (*Stenocarus ruficornis*) a ochrana proti němu. Agromanuál roč.6, č. 2, s. 38 – 39. ISSN 1801-7673.
- Rotrekl,J., Kolařík,P.(2012): Krytonosec makovicový na máku a možnosti jeho regulace. Úroda, roč. 60, č.5, s.78– 80.
- Rotrekl,J.(2010): Ochrana máku jako součást technologie jeho pěstování. (CD- ROM). Sborník referátů z mezinárodní konference XIII. Rostlinolékařské dny. Pardubice, 3.11. – 4.11.2010, Česká společnost rostlinolékařská, ISBN 1804-1264.
- Rotrekl,J.(2010):Škodcovia maku siateho a ochrana proti nim.Naše pole, roč. XIII, č. 2, s.26-27 ISSN 1335-2466
- Šedivý,J., Cihlár,P.(2005): Infestation of poppy cultures with the poppy stem gall wasp (*Timaspis papaveris*) Cynipidae: Hymenoptera. Plant Protect.Sci., vol. 41, 2005, no.2, s. 73 - 79.
- Saringer,G. (1991): Biology and control of *Ceutorhynchus maculaalba* Herbst (*Coleoptera, Curculionidae*). Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 26, 1991, no. 3 – 4: 471 – 481.

## ODRODA – DÔLEŽITÝ INTENZIFIKAČNÝ FAKTOR PRI PESTOVANÍ MAKU

DARINA MUCHOVÁ, MÁRIA LICHVÁROVÁ, STANISLAVA VELIČKOVÁ

V súčasnosti je v Listine registrovaných odrôd SR zapísaných 9 odrôd maku siateho. V Spoločnom európskom katalógu odrôd poľnohospodárskych rastlinných druhov bolo v novembri 2012 uvedených 53 odrôd maku. Z hľadiska pestovania odrôd, ale aj následného využitia vyprodukovanej suroviny, je veľmi dôležité poznanie agronomických, hospodárskych a kvalitatívnych vlastností odrôd. Výsledky z testovania hospodárskych vlastností odrôd v Štátnych odrodových skúškach ČR rozdiferencovali odrody podľa vhodnosti ich pestovania v jednotlivých pestovateľských oblastiach. Úrody semena nad 100 % vo všetkých oblastiach dosiahla len odroda Maratón, najvyššiu ekostabilitu mala odroda Gerlach. Najskoršou z testovaného sortimentu bola odroda Bergam, ktorá má najlepšiu vyrovnanosť vo výške nasadenia toboliek (6,5). Odroda Gerlach vyniká dobrou odolnosťou proti poľahnutiu (6,3) a najvyššou odolnosťou proti nežiaducemu otváraniu toboliek. To, že produkčné parametre odrody sú dané nielen potenciálom odrody, ale sú významne ovplyvňované aj stanovišťom a vzájomným interaktívnym pôsobením týchto faktorov, dokazujú aj výsledky pokusu založeného v rámci riešenia projektu POPYLISIS. Pri testovaní 15 genotypov maku siateho boli v rámci dvoch pokusných lokalít zistené veľké rozdiely v úrode semena a suchých makovic. Na základe výsledkov z oboch lokalít najvyššiu úrodu semena 1,10 t.ha<sup>-1</sup> dosiahol genotyp MS 423. V rámci štúdia obsahu alkaloidov (morfin, tebaín, kodeín) v semene maku bolo zistené, že všetky slovenské odrody maku siateho majú nižší obsah morfinu ako 0,8 % a sú vhodné predovšetkým na potravinárske účely.

Kľúčové slová: mak siaty, odrody, úroda semena, hospodárske vlastnosti

### ÚVOD

Mak siaty má vo svete, vrátane Slovenska a Českej republiky, dlhú tradíciu pestovania. Je to poľnohospodárska plodina a zároveň liečivá rastlina využiteľná nielen v potravinárskom, ale aj farmaceutickom priemysle. Na základe toho sa výrazne diferencujú smery šľachtenia nových odrôd, ktoré môžeme kategorizovať do troch skupín:

- vysoko alkaloidné typy – s vysokým obsahom niektorého z nasledujúcich alkaloidov - morfinu, tebaínu, kodeínu, narkotínu v nezrelých alebo suchých makoviciach (Maďarsko, Francúzsko, Španielsko, Poľsko, India, Tanzánia)
- nízkomorfinové semenné typy – s veľmi nízkym až nulovým obsahom morfinu v makoviciach (Rakúsko, Poľsko)
- vysoko úrodné semenné typy s bielou, okrovou, šedou a modrou farbou semena (Slovensko, Česko) so stredným až nízkym obsahom morfinu v suchých makoviciach.

Šľachtením maku siateho na Slovensku sa zaoberá firma CVRV Piešťany, pracovisko VŠS Malý Šariš. Prvou registrovanou odrodou maku z tohto pracoviska bol v roku 1985 Dubník a po ňom bolo do Listiny registrovaných odrôd SR zapísaných ďalších 8 odrôd, z toho jedna bielosemenná.

V súčasnosti je v Listine registrovaných odrôd SR zapísaných 9 odrôd maku siateho. V Spoločnom európskom katalógu odrôd poľnohospodárskych rastlinných druhov bolo v novembri 2012 uvedených 53 odrôd, z toho 6 nových pribudlo v roku 2012 – 3 v Maďarsku, 2 v Poľsku a 1 v Českej republike.

V systéme súčasného hospodárenia je odroda so svojím genetickým základom, hospodárskymi a kvalitatívnymi vlastnosťami vnímaná ako základný intenzifikačný faktor, ktorý môže významne prispieť k efektívnosti pestovania danej plodiny. Základným predpokladom úspechu pri pestovaní maku je výber vhodnej odrody, a to nielen z hľadiska podmienok pestovania, ale aj z pohľadu produkovanej cieľovej suroviny. Pri výbere odrody by mal pestovateľ vychádzať jednak zo špecifických vlastností odrody a tiež by sa mali zohľadňovať pôdno-klimatické podmienky lokality. Výber správnej odrody je odborne náročné rozhodnutie, ktoré si vyžaduje jednak široké agronomické skúsenosti pestovateľa a jednak dostatok informácií o agrobiologických vlastnostiach odrôd.

Cieľom tohto príspevku je rozšírenie informácií o slovenských odrodách maku siateho na základe výsledkov získaných z maloparcelkových pokusov v rokoch 2011 a 2012.

### MATERIÁL A METÓDY

V príspevku sú uvedené výsledky skúšok hospodárskej hodnoty odrôd maku siateho vyšľachtených na Slovensku (CVRV Piešťany-VŠS Malý Šariš) a testovaných v rokoch 2011 a 2012 za účelom registrácie v štátnych odrodových skúškach Českej republiky. Výsledky pochádzajú zo 7 staníc ÚKZÚZ-u v roku 2011 a 6 staníc v roku 2012, lokalizovaných do 4 výrobných oblastí.

Hodnotenie odrôd maku siateho je doplnené o výsledky úrody semena, makovic a obsahu alkaloidov z maloparcelkového pokusu realizovaného v rámci projektu POPYLISIS v r. 2011 na 2

lokalitách - VŠS Malý Šariš a VŠS Vigľaš-Pstruša. Obsah alkaloidov bol stanovený HPLC metódou vo VSO Opava. V pokuse bol testovaný súbor 15 genotypov maku siateho, z ktorých majoritný podiel, 12 genotypov, tvorili odrody registrované v štátoch EÚ, 2 genotypy predstavovali novo vyvíjané biologické materiály (MS 387, MS 423) a 1 genotyp tvorila krajová odroda (MS ZB-3).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci pokusnej siete pracovísk ÚKZÚZ-u boli v oboch pestovateľských ročníkoch dosiahnuté vysoké úrody makového semena, pričom mimoriadne priaznivý bol obzvlášť rok 2011 (tabuľka 1). To dokumentuje aj úroda semena kontrolných odrôd, ktorá bola v roku 2011 o 0,55 t.ha<sup>-1</sup> vyššia ako v roku 2012. Relatívne porovnanie odrôd bolo uskutočnené na priemer odrôd Gerlach a Opal, ktoré sú štandardnými odrodami v Štátnych odrodových skúškach v ČR. Na základe dosiahnutých výsledkov najvyššie úrody semena (2,40 t.ha<sup>-1</sup>) v dvojročnom priemere dosiahla odroda Maratón. Ani ostatné odrody výrazne nezaostali za touto odrodou. Zistené rozdiely v úrode semena medzi jednotlivými odrodami ani v jednom ročníku neboli štatisticky preukazné, čo vyplýva z hodnôt MSD 0,05. Treba poznamenať, že pri odrodách Opal a Gerlach bola zistená vyššia medziročná variabilita, vyjadrená 4 %-ným rozdielom v úrode semena, v porovnaní s ostatnými odrodami.

Tabuľka 1: Úroda semena odrôd maku siateho podľa ročníkov, ÚKZÚZ ČR, 2011-2012

Ročník	2011		2012		Priemer	
	t.ha <sup>-1</sup>	%	t.ha <sup>-1</sup>	%	t.ha <sup>-1</sup>	%
Maratón	2,67	102	2,14	104	2,40	102
Gerlach*	2,59	99	2,12	103	2,35	100
Bergam	2,64	101	2,04	99	2,34	100
Opal*	2,64	101	2,01	97	2,32	99
Major	2,57	98	2,03	99	2,30	98
Priemer kontrol	2,61	100	2,06	100	2,34	100
MSD 0,05	0,14		0,18			

\* - kontrolné odrody

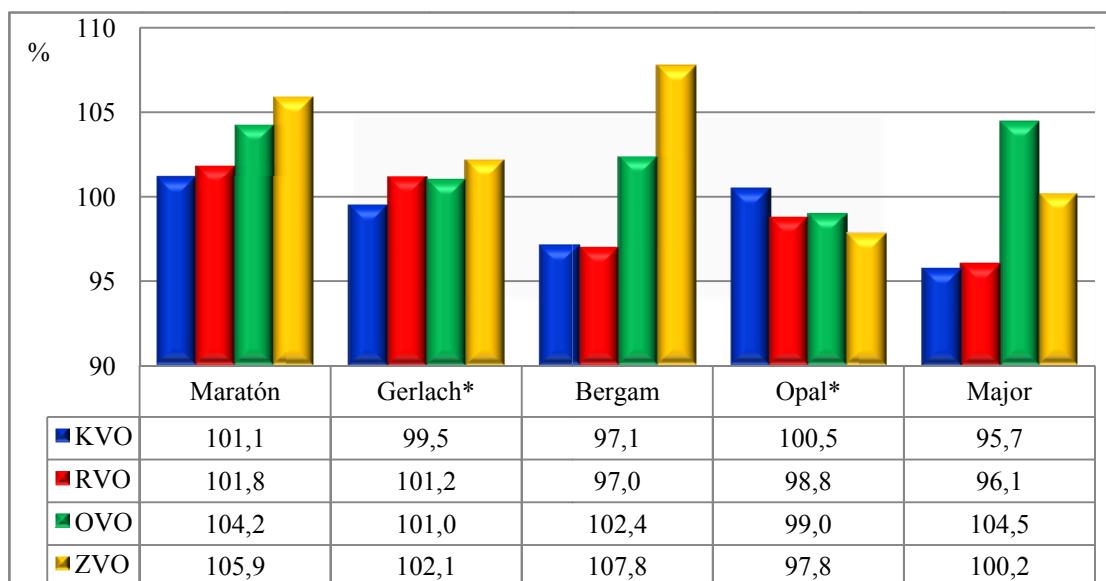
MSD 0,05 - minimálna preukazná diferenciacia na hladine významnosti P=0,05

Iný pohľad na odrody získame podľa úrod semena dosiahnutých v jednotlivých výrobných oblastiach (obrázok 1). Hodnotenie bolo uskutočnené na základe členenia do 4 výrobných oblastí, ktoré je platné v ČR, kde oproti SR existuje navyše obilninárska výrobná oblasť, ktorá je medzistupňom medzi repnou a zemiakarskou výrobnou oblasťou.

Jedine odroda Maratón dosiahla vo všetkých štyroch výrobných oblastiach úrodu semena nad 100 %, pričom dosiahnuté výsledky naznačujú inklináciu k produkcii vyššieho množstva semena v obilninárskej a zemiakarskej výrobnej oblasti. Výrazné diferencie v úrode semena podľa výrobných oblastí boli zistené hlavne pri odrodách Bergam a Major, ktoré jasne naznačujú oveľa väčšiu vhodnosť pestovania týchto odrôd v chladnejších a vlhkejších výrobných oblastiach (OVO a ZVO). Najvyššiu ekostabilitu na základe uvedeného porovnania dosiahla odroda Gerlach s mierne nižšími úrodami v KVO a vyššími v ZVO. Jedinou odrodou, ktorej vyhovovali viac teplejšie a suchšie oblasti pre produkciu vyššej úrody semena, bola odroda Opal.

Výsledky hodnotenia ďalších znakov ako je začiatok kvitnutia, zrelosť, vyrovnanosť vo výške nasadenia toboliek, poliehanie, výška rastlín, výskyt otvorených toboliek a hmotnosť 1000 semien sú uvedené v tabuľke 2. Pri znakoch hodnotených bodovou stupnicou 9-1 znamená hodnota 9 najpriaznivejší a hodnota 1 najmenej priaznivý prejav znaku.





Obrázok 1. Úroda semena odrôd maku siateho podľa výrobných oblastí, ÚKZÚZ ČR, 2011-2012

Čo sa týka začiatku kvitnutia, najskoršou odrodou bola odroda Bergam, ale z hľadiska celkovej dĺžky vegetačnej doby táto odroda bola len o 1 deň skoršia v porovnaní s ostatnými odrodami. Odrôda Bergam preukázala najlepšiu vyrovnanosť vo výške nasadenia toboliek (6,5 bodov), pričom hodnoty ostatných odrôd sa pohybovali v rozmedzí 6,2-6,3 bodu. Údaje o poliehaní rastlín sú len z roku 2011, pretože v roku 2012 bolo zaznamenané len slabé poľahnutie na jednej lokalite. Najvyššiu odolnosť proti poľahnutiu mala odroda Gerlach (6,3), nasledovaná odrodou Bergam (6,0). Slabšiu odolnosť vykazovali odrody Major, Opal (5,8) a Maratón (5,6). Nižšia odolnosť proti poliehaniu pri odrodách Major a Maratón súvisí s tým, že tieto odrody patria k najvyšším odrodám zo sortimentu odrôd maku siateho. Pri týchto odrodách je aplikácia Caramby, fungicídneho prípravku s morforegulačným účinkom, v období predlžovania vhodným a odporúčaným riešením. Odrôda Gerlach vyniká aj najvyššou odolnosťou proti nežiaducemu otváraníu toboliek. Najvyššiu hmotnosť 1000 semien zaznamenali odrody Major a Maratón (0,59 a 0,57 g), najnižšiu hmotnosť odroda Opal (0,53 g).

Tabuľka 2: Priemerné hodnoty agronomicky významných znakov, ÚKZÚZ ČR, 2011-2012

Znak	Začiatok kvitnutia	Zrelosť	Vyrovnanosť vo výške nasadenia toboliek	Poliehanie**	Výška rastlín	Výskyt otvorených toboliek	HTS
Jednotka	dni	dni	9-1	9-1	cm	%	g
Maratón	84	132	6,2	5,6	120	3,0	0,57
Gerlach*	84	132	6,2	6,3	117	2,5	0,55
Bergam	83	131	6,5	6,0	115	4,0	0,54
Opal*	85	132	6,2	5,8	114	3,5	0,53
Major	84	132	6,3	5,8	121	4,5	0,59

\*\* údaj len z roku 2011

Odolnosť proti chorobám je uvedená v tabuľke 3. Odolnosť proti napadnutiu plesňou makovou sa pohybovala v rozmedzí 6,1-6,7, pričom najlepšie hodnotenie dosiahla odroda Opal. Čo sa týka ďalšej veľmi významnej choroby maku, helmintosporiôzy, pri hodnotení napadnutia listov najnižšiu odolnosť mala odroda Maratón (5,5), ktorá ale zároveň vykazovala najvyššiu odolnosť proti napadnutiu toboliek a proti prerastaniu mycélia huby do vnútra makovic. Keďže ani jedna z odrôd nedosahuje úplnú odolnosť proti napadnutiu chorobami, pre dosiahnutie maximálnej výkonnosti odrôd je potrebné zabezpečiť primeranú fungicídnu ochranu porastov maku.

Tabuľka 3: Priemerné hodnoty odolnosti odrôd maku siateho proti chorobám, ÚKZÚZ ČR, 2011-2012

Znak	Pleseň maková	Helmintosporiôza listy	Helmintosporiôza tobolky	Helmintosporiôza tobolky s dovnútra prerasteným mycéliom
Jednotka	9-1	9-1	9-1	9-1
Maratón	6,5	5,5	6,8	6,0
Gerlach*	6,5	6,1	6,6	5,7
Bergam	6,1	5,9	6,7	5,5
Opal*	6,7	6,0	6,5	5,5
Major	6,5	6,1	6,7	5,5

Výsledky maloparcelkových pokusov realizovaných v rámci projektu POPYLYSIS sú uvedené v tabuľke 4. Dosažené úrody semena a suchých makovic naznačujú veľkú variabilitu oboch produkčných parametrov v závislosti od lokality pestovania, odrody ako aj ich interakčného pôsobenia. Na lokalite Vigľaš-Pstruša bola priemerná úroda semena o 31 % vyššia v porovnaní s Malým Šarišom, čo do značnej miery ovplyvnili väčšie a rovnomernejšie rozložené zrážky, vyskytujúce sa v prvej polovici vegetačného obdobia plodiny. Najvyššiu úrodu semena 1,34 t.ha<sup>-1</sup> na tejto lokalite dosiahla odroda Gerlach a najnižšiu odroda Albín - 0,95 t.ha<sup>-1</sup>, čo v relatívnom vyjadrení predstavuje 34 %-ný rozdiel medzi danými odrodami. V Malom Šariši bol z hľadiska produkcie semena najvýkonnejším genotyp MS 423 s úrodou 1,09 t.ha<sup>-1</sup> a najmenej úrodná bola odroda Aristo – 0,64 t.ha<sup>-1</sup>, čo predstavuje až 52,7 %-ný rozdiel medzi genotypmi s maximálnou a minimálnou úrodou semena.

Tabuľka 4: Úroda semena a suchých makovic, Malý Šariš, Vigľaš-Pstruša, 2011

č.	odroda	úroda semena (t.ha <sup>-1</sup> )				úroda suchých makovic (t.ha <sup>-1</sup> )				podiel semena z celkovej hmotnosti semena a suchých makovic (%)		
		MS	PS	x	% x	MS	PS	x	% x	MS	PS	x
1	Bergam	0,71	1,27	0,99	99,9	0,49	0,77	0,63	83,9	59,1	62,4	61,2
2	Gerlach	0,84	1,34	1,09	109,4	0,69	0,87	0,78	103,9	54,7	60,7	58,2
3	Major	0,88	1,22	1,05	105,2	0,72	0,98	0,85	112,9	54,8	55,5	55,2
4	Malsar	0,66	1,06	0,86	86,3	0,47	0,89	0,68	90,9	58,1	54,3	55,7
5	Maraton	0,85	1,16	1,00	101,1	0,57	0,88	0,73	97,0	59,6	56,8	58,0
6	Opal	0,90	1,10	1,00	101,1	0,66	0,72	0,69	91,3	58,0	60,7	59,4
7	Orfeus	0,99	1,09	1,04	104,9	0,76	0,76	0,76	101,6	56,6	58,8	57,7
8	Aristo	0,64	1,22	0,93	93,3	0,65	0,94	0,80	106,2	49,3	56,4	53,8
9	Buddha	0,94	0,96	0,95	95,8	0,73	0,80	0,77	102,2	56,2	54,5	55,4
10	Albín	1,05	0,95	1,00	101,0	0,75	0,84	0,79	105,5	58,5	53,2	55,9
11	Racek	0,77	1,14	0,95	96,0	0,52	0,86	0,69	91,8	59,8	56,9	58,0
12	Redy	0,65	1,00	0,83	83,3	0,45	0,88	0,67	88,7	59,1	53,3	55,4
13	MS ZB-3	1,08	1,09	1,08	109,1	0,78	0,93	0,86	114,0	57,9	54,0	55,9
14	MS 387	0,82	1,23	1,03	103,2	0,64	0,94	0,79	104,8	56,2	56,9	56,6
15	MS 423	1,09	1,12	1,10	111,1	0,70	0,89	0,79	105,5	61,0	55,7	58,2
	Priemer	0,858	1,131	0,994	100,0	0,64	0,86	0,75	100,0	57,3	56,7	57,0

Vysvetlivky: MS - Malý Šariš, PS - Vigľaš-Pstruša, x - priemer

Viacere testované odrody vykazovali veľké rozdiely pri porovnaní dosiahnutých úrod semena medzi skúšobnými lokalitami, pričom najvyšší rozdiel bol zistený pri odrode Albín, ktorá vo Vigľaši bola najmenej výkonnou odrodou s úrodou 84,2 % v porovnaní na priemer daného pokusu a v Malom

Šariši s úrodou 122,9 % patrila k najvýkonnejším odrodám. Najmenej výkonná odroda v Malom Šariši, odroda Aristo (74,3 %), patrila naopak vo Vígľaši k vysoko výkonným odrodám (107,6 %). Na základe výsledkov z oboch lokalít najvyššiu úrodu semena 1,10 t.ha<sup>-1</sup> dosiahol genotyp MS 423.

Úroda suchých makovic je dôležitým prvkom hlavne z hľadiska produkcie alkaloidov. Čo sa týka úrody semena posudzuje sa odrodová schopnosť prerozdeľovania asimilátov medzi semeno a makovice a do istej miery aj schopnosť využitia vnútorného priestoru tobolky pre produkciu semien. Z tabuľky 4 je vidieť rozdiely v podiele semena vyprodukovaného jednotlivými odrodami z celkového množstva zberanej hmoty, t. j. semena a suchých makovic. Najpriaznivejší pomer v tomto smere dosiahla odroda Bergam (61,2 %), nasledovaná odrodou Opal (59,4 %). Najnižšiu produkciu semien vzhľadom k celkovému množstvu zberaného produktu (53,8 %) tvorila odroda Aristo.

Pri pestovaní rastlín maku siateho produkujúcimi semeno s lepšími vlastnosťami pre potravinársky priemysel je potrebné brať na zreteľ aj možnosť kontaminácie makových semien alkaloidmi pochádzajúcimi z prachových častíc a drobných úlomkov makovic. Pravdepodobnosť kontaminácie je vyššia pri odrodách s vysokým obsahom alkaloidov v suchých makoviciach. Odrody určené na potravinárske využitie semena by preto mali disponovať nízkym až stredným obsahom morfinu v suchých makoviciach. Z výsledkov pokusu je vidieť rozdiely v obsahu morfinu (tabuľka 5) medzi vysoko morfinovou odrodou Buddha (1,11 %) a ostatnými 14 odrodami, u ktorých sa obsah morfinu pohyboval v rozmedzí 0,19 % (Aristo) až 0,57 % (Bergam). Treba poznamenať, že silné zrážky v období dozrievania maku siateho spôsobili čiastočné vyplavenie tohto alkaloidu z makovic, ale dosiahnuté hodnoty naznačujú, že ani v ročníkoch s podmienkami priaznivými pre syntézu morfinu by jeho koncentrácia pri všetkých odrodách s výnimkou odrody Buddha nemala prekročiť hranicu 0,8 %. Koncentrácia ďalších dvoch alkaloidov, tebaínu a kodeínu, v analyzovaných vzorkách bola zanedbateľná.

Tabuľka 5: Obsah alkaloidov v suchých makoviciach, Malý Šariš, 2011

č.	Odroda	Koncentrácia alkaloidov vo vzorke 2011 (%)		
		Morfin	Kodeín	Tebaín
1	Bergam	0,57	0,13	st.
2	Gerlach	0,33	0,05	-
3	Major	0,33	0,07	-
4	Malsar	0,51	0,08	st.
5	Maraton	0,44	0,08	0,02
6	Opal	0,47	0,09	0,02
7	Orfeus	0,50	0,08	0,02
8	Aristo	0,19	0,02	st.
9	Buddha	1,11	0,16	0,04
10	Albín	0,43	0,09	st.
11	Racek	0,35	0,06	st.
12	Redy	0,23	0,05	-
13	MS ZB-3	0,26	0,06	st.
14	MS 387	0,44	0,06	0,01
15	MS 423	0,53	0,09	st.

st. = stopy, t.j. koncentrácia alkaloidov je <0,01 %, - = alkaloid nebol detekovaný

## ZÁVER

Aj keď ponuka odrôd maku siateho pre potravinárske využitie nie je široká, je reprezentovaná odrodami domáceho pôvodu s vysokým úrodovým potenciálom kvalitného modrého semena (Maratón, Bergam, Major, Gerlach, Opal), dobrou odolnosťou proti chorobám, poliehaniu a s nízkym výskytom makovic typu „hľadák“. Tieto odrody spĺňajú súčasné požiadavky na dopestovanie vysokej produkcie kvalitného semena vyrovnanej modrej farby, s vynikajúcimi chuťovými vlastnosťami.

Bielosemenná odroda Albín dosahuje spravidla nižšie úrody semena v porovnaní s modrosemennými odrodami. Je však charakteristická výrazne odlišnými sensorickými vlastnosťami makového semena, pripomínajúcimi chuť orechov, pre ktoré sa stáva atraktívnou a vyhľadávanou odrodou pre úzky okruh pestovateľov a spotrebiteľov.

*Podakovanie: Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore zo zdrojov APVV (projekt číslo APVV-0248-10).*

*Týmto ďakujeme za možnosť použitia výsledkov zo staníc ÚKZÚZu v rokoch 2011 a 2012 Ing. Petru Zehnálkovi.*

## LITERATÚRA

1. ZEHNÁLEK, P. 2011. Výsledky zkoušek užité hodnoty ze sklizně 2011. Mák setý. In [www.ukzuz.cz](http://www.ukzuz.cz).
2. ZEHNÁLEK, P. 2012. Výsledky zkoušek užité hodnoty ze sklizně 2012. Mák setý. In [www.ukzuz.cz](http://www.ukzuz.cz).

Adresy autorov

**RNDr. Darina Muchová, Ing. Mária Lichvárová, Ing. Stanislava Veličková, PhD.** CVRV Piešťany - Výskumno-šľachtiteľská stanica Malý Šariš, [muchova@vurv.sk](mailto:muchova@vurv.sk), [lichvarova@vurv.sk](mailto:lichvarova@vurv.sk), [velickova@vurv.sk](mailto:velickova@vurv.sk)

## PROJEKT POPYLYSIS: RASTLINY MAKU SIATEHO PRODUKUJÚCE SEMENO S LEPŠÍMI VLASTNOSTAMI PRE POTRAVINÁRSKY PRIEMYSEL

MICHAELA HAVRELENTOVÁ

Slovenská republika má výnimočné postavenie a výsledky v tvorbe nových odrôd maku siateho. Kvalita týchto materiálov však doposiaľ nebola komplexne zhodnotená. Cieľom projektu, ktorý je v rokoch 2011-2014 riešený z prostriedkov APVV a v spolupráci 5 rezortne výskumných a univerzitných pracovísk, je objektívne komplexné hodnotenie makového semena a zvýšenie dopytu a hodnoty slovenských makov exaktnými cestami.

Kľúčové slová: projekt APVV, POPYLYSIS, semeno maku, potravina, komplexná kvalita

### ÚVOD

Pestovanie maku siateho (*Papaver somniferum* L.) má na Slovensku dlhú históriu. I napriek tomu, že Slovensko patrí ku krajinám, kde sa mak pestuje a šľachtí, jeho pestovateľské plochy sa v porovnaní s inými krajinami vyznačujú malou výmerou (cca 2000 ha). Celosvetovo je trend legálneho pestovania maku orientovaný dvoma zásadne odlišnými smermi: farmaceutický - zameraný na odrody s vysokým obsahom alkaloidov morfinanového typu (najmä morfin a tebaín) vhodných na priemyselnú výrobu silných analgetík (odrody do 3 % morfinu v sušine, v Austrálii a v krajinách EÚ pestované za prísnych podmienok zamedzujúcich zneužitiu rastlín pre nelegálne účely) a potravinársky - zameraný na odrody s čo najnižším obsahom alkaloidov.

*P. somniferum* je bohatým zdrojom látok. Rastlina produkuje viac ako 50 rôznych alkaloidov, z nich dominantné sú morfin, kodeín, tebaín, papaverín a noskapín. Okrem toho hlavnú zložku semena tvoria organické kyseliny, sacharidy, proteíny a podobne. Nutričná hodnota lipidov je podmienená zastúpením mono- a poly-nenasýtených mastných kyselín, pričom dominantné kyseliny sú kyselina olejová, linolová, palmitová, linolénová a stearová. Zo semena sa lisuje makový olej používaný v gastronómii, v kozmetike (zvlhčujúce krémy, vonné masti, kondicionéry, mydlá), v medicíne (jodidovaný makový olej sa používa ako kontrastná látka, ale aj v prípravkoch pri zníženom prísune jódu) a v maliarstve (vysychajúce oleje). Obsah proteínov a oleja v semene je výrazne ovplyvnený genotypom a lokalitou pestovania. Profil mastných kyselín je dôležitý v ochrane proti civilizačným, hlavne srdcovo-cievnym chorobám. Semeno maku je zdrojom tokoferolov, zastúpené sú najmä  $\alpha$ - a  $\gamma$ -tokoferol, fytosterolov ( $\beta$ -sitosterol, kampesterol a sigmasterol) a skvalénu, ktoré majú protizápalový, protirakovinový a antioxidantný účinok. Dominantnými prvkami v maku sú draslík a vápnik, tiež horčík, meď, železo, mangán, sodík, fosfor a zinok.

Odrody slovenského maku vykazujú dobrú úrodu, dobré agrotechnické vlastnosti (vysokú odolnosť voči poľievavosti, dobrú odolnosť voči chorobám) a celkovo dobrý zdravotný stav. Ich zvláštnou prednosťou je možnosť veľkoplošného pestovania s efektívnym použitím pesticídov (najmä herbicídov).

### CIEĽ PROJEKTU

Slovenská republika má výnimočné postavenie a výsledky v tvorbe nových odrôd maku siateho. Tieto odrody majú dominantné na pestovateľských plochách v Českej republike, ktorá je najväčším pestovateľom maku pre potravinárske účely. Sú to odrody veľmi dobre adaptované na stredo európske agroklimatické podmienky, poskytujú vysoké úrody makového semena pri vysokej kvalite.

Výrazná výskumná podpora významne potvrdí a podporí túto pozíciu slovenského maku na domácom, ale hlavne zahraničnom trhu. Štúdiom semena maku, porovnaním na Slovensku vyšľachtených makov s celosvetovým sortimentom a identifikovaním podstaty konzumnej kvality semena slovenského maku prispejeme v projekte k lepšiemu poznaniu tejto významnej poľnohospodárskej komodity a podporíme nepriamo aj pestovanie maku na Slovensku, keďže má významné agronomické postavenie v osevných postupoch (zvlášť vhodná predplodina pre dominantné plodiny - obilniny). Očakávame, že naše výsledky prispejú ku zvýšeniu konkurencieschopnosti makov na Slovensku už vyšľachtených a registrovaných v najbližšej budúcnosti a závermi našej práce prispejeme k vytvoreniu nových rastlinných materiálov so žiaducimi znakmi a vyššími kvalitatívnymi parametrami pre klasické účely využitia ako senzorický doplnok cereálnych výrobkov i pre špecifické účely maku ako zložky funkčných potravín s dokladovaným terapeutickým účinkom (významne výraznejší antioxidantný účinok, kardioprotektívny účinok, respektíve sedatívny účinok za súčasného zachovania

nízkoalkaloidových odrôd maku schválených pre potravinárske aplikácie). Výsledky monitoringu, zberu a hodnotenia krajových populácií maku premietnuté do novej odrody s vysokými parametrami kvality semena prispejú ku konkurencieschopnosti v oblasti pestovania tejto plodiny.

Cieľom predkladaného projektu je vybrať nový materiál maku siateho s lepšími kvalitatívnymi parametrami semena v porovnaní s odrodami maku, ktoré sú v súčasnosti v pestovateľskej praxi využívané, a predložiť ho do firemných alebo štátnych odrodových skúšok. Čiastkové ciele jednotlivých etáp riešenia: a) vypracovať metodiku pre objektívne komplexné hodnotenie makového semena, b) nájsť v miestnych, krajových, či endemických materiáloch maku nové odrody s cieľom ich uplatnenia pri tvorbe nových odrôd s lepšími vlastnosťami, ktoré požaduje potravinárstvo, c) posúdiť vplyv prostredia na kvalitu semena maku siateho, d) vypracovať spôsob transferu získaných poznatkov do praxe v smere výberu odrôd pri tvorbe nových rastlinných druhov, e) vytvoriť odporúčanie pre uplatnenie maku v priemysle potravinárskom, príp. i. farmaceutickom, kde zdrojom účinnej látky sú metabolity iné ako alkaloidy morfinanového typu a f) prispieť k zvýšeniu predaja makov vyšľachtených na Slovensku potvrdením vyššej potravinárskej kvality jeho semena v porovnaní s makmi vypestovanými v iných krajinách.

Originálnosť a inovatívnosť návrhu cieľov spočíva v tom, že štúdia týkajúca sa kvality maku vo vzťahu k domácim krajovým odrodám ako aj k odrodám dosiaľ na Slovensku vyšľachtených nebola na území Slovenskej republiky vykonaná. Tradičné pestovanie maku na malých plochách v záhradkách v rôznych častiach územia predmetného výskumu vytvorilo prirodzeným výberom (pôdno-klimatické podmienky) a umelou selekciou (výber najlepších a najúrodnejších toboliek s pekným semenom) veľkú variabilitu znakov a vlastností, ktoré dávajú predpoklad pre splnenie stanovených cieľov. Novosť práce vidíme práve v zbere a vyhodnotení miestnych, endemických, či krajových semenných materiálov s očakávaním nových vlastností využiteľných v praxi. Očakávame, že originálne výsledky, ktoré získame, zvýšia konkurencieschopnosť slovenskej komodity; zvýši sa záujem o pestovanie tejto rastliny, čo bude mať priaznivý dopad na ekonomiku pestovateľských subjektov. Originalitu vidíme aj v štúdiu metabolitov iných ako morfinanové alkaloidy, ich vzájomných vzťahov a perspektív v aplikovanom výskume s ohľadom na meniace sa podmienky prostredia a možnosti využitia v potravinárstve, prípadne aj v medicíne. Jedinečnosť predkladaného projektu spočíva aj v tom, že dôjde k spojeniu výskumu, vývoja a realizácie získaných výsledkov v praxi šľachtiteľskej a poľnohospodárskej, keďže navrhovatelia projektu ako jediní na Slovensku môžu vytvoriť takéto partnerstvo.

## MATERIÁL A METÓDY

Rastlinné materiály genetických zdrojov maku sú v opakujúcich sa rokoch vysiate na pokusných poličkách Centra výskumu rastlinnej výroby Piešťany - Výskumno-šľachtiteľská stanica Malý Šariš a Vígľaš-Pstruša, kde sú hodnotené z hľadiska agronomicko-morfologických znakov (hmotnosť tisíc semien, úroda, kvet, tyčinky, výška rastliny a pod.). Parametre hodnotenia rastlinného materiálu sú taktiež geografický pôvod a rok vyšľachtenia odrody (získané z databázy deskriptorov genetických zdrojov uložených v Génovej banke Slovenskej republiky) a podmienky pestovania s ohľadom na počasie a pôdu. Priebežne budú po celú dobu riešenia projektu realizované zberové expedície zamerané na zber a výber krajových, endemických, či miestnych semenných materiálov maku siateho. Tie budú zhodnotené z hľadiska agronomicko-morfologických znakov. Semeno maku bude hodnotené z hľadiska zdraviu prospešného stanovením obsahu celkových lipidov, vykonaná bude taktiež štruktúrna analýza lipidov, profil mastných kyselín so zameraním na obsah nenasýtených mastných kyselín, ako aj množstvo a zloženie fytosterolov. V semene sa bude sledovať i obsah celkovej potravinovej vlákniny a podiel rozpustnej a nerozpustnej zložky. V práci sa zameriame aj na sledovanie mikro a makroprvkov, prípadne i ťažkých kovov. Z hľadiska senzorickeho sa v predkladanom projekte zameriame na stanovenie senzorickeho parametrov semena maku. Sledovať budeme profil prchavých aromatických látok a aróma-aktívnych zlúčenín a taktiež sekundárne metabolity, pigmenty a ich biologickú aktivitu. V neposlednom rade sa zameriame na technologické parametre, kde budeme sledovať termooxidačnú stabilitu rôznych makov. Tieto analýzy sú zamerané na charakterizáciu semien maku z hľadiska ich termooxidačnej degradácie, čo je dôležitým parametrom pri predikcii ich stability pri napr. uskladnení semien alebo ich technologickom spracovaní.

Partnermi predkladaného projektu sú okrem hlavného partnera projektu Centra výskumu rastlinnej výroby Piešťany (stanovenie základných kvalitatívnych parametrov semena maku – lipidy+lipidické

štruktúry, bielkoviny, potravinová vláknina), taktiež Katedra ekológie Fakulty humanitných a prírodných vied Prešovskej univerzity v Prešove (zberové expedície), Katedra biotechnológií Fakulty prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave (analýzy biologických účinkov semena maku a jeho metabolitov), Oddelenie biochemickej technológie a Oddelenie fyzikálnej chémie Fakulty chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (technologické vlastnosti makového semena) a Výskumný ústav potravinársky (mikro- a makroprvky semena maku, prchavé a aromogénne látky).

### PRÍNOS PROJEKTU

V súčasnosti majú slovenské odrody maku siateho, vďaka unikátnym vlastnostiam, dominantné postavenie v slovenskom, ale najmä v českom poľnohospodárstve (Česká republika využíva na pestovateľských plochách najmä slovenské odrody maku, 80-95 % zo svojich plôch, ktoré predstavujú cca 50 tis. ha). Pre Slovensko plynú výnosy z pestovania maku v ČR najmä vo forme licenčných poplatkov (za autorské práva k odrôdam), teda prinášajú finančný efekt formou vysokej pridanej hodnoty. Projekt prispeje k posilneniu kvality slovenského maku a jeho pozície na domácom (podporí rozvojový program pestovania maku na Slovensku) a taktiež zahraničnom trhu. Projekt má okrem uvedeného za cieľ pokus o uvedenie nových potravinových výrobkov charakteru funkčných potravín, výrobkov s vyššou pridanou hodnotou, ktoré by boli originálne a mohli by byť predmetom exportu do krajín EÚ.

Výsledky budú využité v potvrdení unikátnych vlastností slovenského maku, čo by malo zabezpečiť doterajší ekonomický prínos z už existujúceho obchodného využívania slovenských odrôd v praxi (pestovanie na cca 45-60 tis. ha a s tým spojená produkcia osív a licenčné poplatky za autorské práva) a tiež budú použité vo vlastnom vývoji nových odrôd maku, ktoré budú mať lepšie parametre ako existujúce odrody a postupne nahradia dnes registrované odrody tejto komodity. Ďalšia kategória výsledkov predpokladá nové produkty a ekonomický prínos z licenčných poplatkov i priamo z predaja.

*Pod'akovanie: Projekt je realizovaný vďaka finančnej podpore Agentúry pre podporu vedy a výskumu (APVV-0248-10).*

Adresa autora: RNDr. Michaela Havrlentová, PhD., Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, e-mail: havrlentova@vurv.sk

## KVALITA OLEJA ZO SEMENA MAKU SIATEHO: AKÉ JE MIESTO SLOVENSKÝCH ODRÔD V REBRÍČKU?

ANDREA HLINKOVÁ, ALŽBETA ŽOFAJOVÁ, MICHAELA HAVRLETOVÁ, JANA ŠUPOVÁ

Makové semeno je bohatým zdrojom oleja obsahujúcim vysoké percento poly-nenasýtených mastných kyselín. Tie predstavujú nutrične dôležitý faktor v našej strave nakoľko ich zvýšeným príjmom možno predchádzať vzniku srdcovo-cievnych a iných ochorení. Cieľom našej štúdie bolo stanoviť obsah oleja, detegovať hladiny mono- i poly-nenasýtených mastných kyselín a taktiež posúdiť chemické vlastnosti oleja na základe stanovenia čísla kyslosti a čísla zmydelnenia. Použitým materiálom bolo sedem odrôd zapísaných v Listine registrovaných odrôd Slovenskej republiky pre rok 2012 pestovaných v jednom roku na dvoch lokalitách. Naše výsledky poukázali, že najvyšší obsah oleja obsahoval Albín (45,5%) v lokalite Vígľaš-Pstruša a Maratón (48,2%) v lokalite Malý Šariš. Z porovnania lokalít taktiež vyplýva, že lokalita Malý Šariš bola charakteristická vyššími hladinami oleja v semenách v porovnaní s lokalitou Vígľaš. Dominantnou mastnou kyselinou v semene maku bola esenciálna kyselina linolová s najvyššou hladinou v odrode Albín pre obe lokality (73,8%, Malý Šariš a 71,4%, Vígľaš). Vysoké hladiny v oleji reprezentovali tiež kyselina olejová a palmitová. Ako minoritné mastné kyseliny boli prítomné kyselina stearová a alfa-linolénová. Kyslosť oleja (percento voľných mastných kyselín) varírovala od 1,3% (Opál) do 2,3% (Bergam a Major) v lokalite Vígľaš a od 1,7% (Opál) do 2,4% (Albín) v lokalite Malý Šariš. Najvyššiu hodnotu čísla zmydelnenia mala odroda Malsar v lokalite Vígľaš (204,7) a Maratón v lokalite Malý Šariš (199,4). Analýza rozptylu poukázala štatisticky významný vplyv lokality a odrody na všetky hodnotené znaky. Významná bola i interakcia lokalita x odroda.

Kľúčové slová: mak, mastné kyseliny, olej, kvalita, slovenské odrody

### ÚVOD

Mak (*Papaver somniferum* L.) je pestovaný ako základná surovina pre výrobu farmaceuticky dôležitých narkotík v mnohých krajinách sveta. Na Slovensku je mak pestovaný predovšetkým na semeno a z neho extrahovaný olej. Makové semená majú vysoký obsah oleja, približne 50% suchej hmotnosti (Bozan a Temelli, 2008) pričom sú všeobecne používané ako posýpky a plnky v cukrárstve a pekárstve. Makový olej je prospešný pre ľudské zdravie z dôvodu bohatého obsahu poly-nenasýtených mastných kyselín. Dominantné mastné kyseliny sú kyselina linolová (18:2,  $\omega$ -6) a olejová (18:1,  $\omega$ -9); menšie hladiny predstavujú kyseliny palmitová, stearová a alfa-linolénová (Erinc a kol., 2009; Verma a kol., 1999). Mastné kyseliny pútajú v súčasnosti veľkú pozornosť z dôvodu ich prospešných účinkov na ľudské zdravie. Zatiaľ čo nasýtené tuky a cholesterol reprezentujú najviac rizikový faktor v našej strave, monoény a poly-nenasýtené mastné kyseliny (PUFAs) zaraďujeme medzi najdôležitejšie lipidy, ktoré môžu prospešne ovplyvniť naše zdravie, ak je ich príjem v našej strave zvýšený. Omega-6 mastnú kyselinu v makovom oleji reprezentuje linolová kyselina (LA; 18:2,  $\omega$ -6) a omega-3 alfa-linolénová kyselina (ALA; 18:3,  $\omega$ -3). Rovnováha medzi omega-6 a omega-3 je dôležitý faktor v znižovaní rizika vzniku srdcových ochorení, v primárnej i sekundárnej prevencii týchto chorôb. Avšak pomer  $\omega$ -6 ku  $\omega$ -3 je stále vyšší než je odporúčané (2:1). Dominantná kyselina linolová je v ľudskom tele zodpovedná za biosyntézu kyseliny arachidónovej a niektorých prostaglandínov. Alfa-linolénová kyselina patrí medzi  $\omega$ -3 mastné kyseliny majúce pozitívny vplyv na arteriosklerózu, ischemickú chorobu srdca a mnohé zápalové ochorenia (Connor, 1989). Z dôvodu vysokých hladín poly-nenasýtených mastných kyselín sú semená, olej, ale i produkty z nich získané veľmi náchylné k autooxidácii. Tento proces spôsobuje uvoľnenie oleja na povrch semena a tvorbu prchavých zlúčenín, v dôsledku ktorých dochádza k defektom ako zmena vône a horkosť chuti (Meshehdani a kol., 1990).

Číslo kyslosti je dôležitým ukazovateľom kvality oleja. Udáva množstvo kyslých látok vznikajúcich opotrebovaním oleja a tým priamo určuje stupeň degradácie oleja. Číslo zmydelnenia je stanovením priemernej molekulovej hmotnosti (alebo dĺžky reťazca) všetkých mastných kyselín prítomných v oleji. Dlhé mastné kyseliny majú nižšiu mieru zmydelnenia v porovnaní s krátkoreťazcovými mastnými kyselinami, nakoľko majú relatívne menej karboxylových funkčných skupín na jednotku hmotnosti tuku.

Cieľom nášho štúdia bolo stanoviť obsah oleja v semene, zloženie mastných kyselín a niektoré chemické vlastnosti makových semien (číslo kyslosti, resp. percento voľných mastných kyselín a číslo



zmydlenia) zapísaných v Listine registrovaných odrôd Slovenskej republiky vysiatych na dvoch lokalitách (Malý Šariš a Vígľaš-Pstruša) v roku 2011.

## MATERIÁL A METÓDY

Sedem makových odrôd bolo pestovaných na dvoch lokalitách (Výskumno-šľachtiteľská stanica Malý Šariš a Výskumno-šľachtiteľská stanica Vígľaš-Pstruša) v roku 2011. Poľný pokus založený na náhodnom usporiadaní parciel bol použitý v oboch lokalitách. Každá odroda bola vysiatá v troch opakovaniach. Šesť modro-semenných odrôd (Bergam, Gerlach, Major, Malsar, Maratón, Opál) a jedna bielosemenná odroda (Albín) zapísaných v Listine registrovaných odrôd Slovenskej republiky pre rok 2012 bolo zhodnotených v tejto štúdií.

Obsah oleja bol stanovený metódou extrakcie soxhletom n-hexánového typu (STN 461011-28). Metylestery mastných kyselín boli pripravené metódou Christopherson a Glass (1969). Metylestery mastných kyselín sa následne použili na analýzu plynovým chromatografom GC-6890 N (Agilent Technologies) podľa Čertíka a kol. (2005). Záznamy boli vyhodnotené pomocou ChemStation 10.1 (Agilent Technologies) a kvantifikované na základe retenčných časov známych štandardov mastných kyselín (Sigma, USA). Číslo kyslosti bolo stanovené alkalimetrickou titráciou 0,1 M KOH na fenolftaleín (AOCS Official method : Acid value, 1998). Číslo zmydlenia bolo stanovené úzko modifikovanou metódou podľa ASTM D464 (Saponification Number of Naval Stores Products Including Tall Oil and Other Related Products, 1996). Získané údaje boli spracované pomocou štatistického balíka Statgraphics 5.0 analýzou rozptylu (ANOVA) s využitím všeobecného lineárneho modelu (GLM). Na hodnotenie štatistickej významnosti rozdielov priemerov bola použitá metóda najmenších štvorcov (LSD).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Naše výsledky poukázali, že bielosemenná odroda Albín reprezentovala najvyšší obsah oleja (45,5%) v lokalite Vígľaš a Maratón s hodnotou 48,2% v lokalite Malý Šariš. Na druhej strane, najnižší obsah oleja mali odrody Major (42,2%, Vígľaš) a Gerlach (44,9%, Malý Šariš). Z výsledkov vyplýva, že lokalita Malý Šariš bola charakteristická vyššími hladinami oleja v semenách v porovnaní s lokalitou Vígľaš, čo poukazuje obrázok 1. Naše výsledky sú v súlade s výsledkami iných autorov (Azcan a kol., 2004; Özcana a Atalay, 2006). Obsah voľných mastných kyselín (respektíve číslo kyslosti oleja) bol v rozmedzí od 1,3% (Opál) do 2,3% (Bergam a Major) v lokalite Vígľaš. V lokalite Malý Šariš tieto hodnoty varírovali od 1,7% (Opál) do 2,4% (Albín).

V lokalite Vígľaš reprezentovali odrody Malsar a Opál materiály s najvyšším číslom zmydlenia (204,7 a 204,3). Najvyššiu hodnotu zmydlenia oleja v lokalite Malý Šariš predstavovala odroda Maratón (199,4). Nami dosiahnuté hodnoty voľných mastných kyselín sú v súlade s výsledkami Wagnera a kol. (2003). Podobne Özcana a Atalay (2006) stanovili hodnoty 1.6-3.2% pre obsah voľných mastných kyselín a hodnoty 199.5-206.5 pre číslo zmydlenia.

Metódou plynovej chromatografie sme zistili, že dominantné mastné kyseliny boli kyseliny palmitová (16:0), olejová (18:1) a linolová (18:2). Minoritné mastné kyseliny v oleji boli kyseliny stearová (18:0) a alfa-linolénová (18:3). Kyselina arachidová (C 20:0), palmitolejová (16:1) a gadolejová (C 20:1) boli prítomné v takmer stopových množstvách. V lokalite Malý Šariš varírovali hladiny kyseliny palmitovej v rozmedzí od 8,2% (Opál) do 9% (Malsar a Albín), podobne aj v lokalite Vígľaš (8,1% Opál a 9% Malsar). Hladiny kyseliny olejovej boli vyššie v prípade lokality Vígľaš-Pstruša. Najnižší obsah mala odroda Albín (16,5%), naopak najvyšší obsah reprezentovala odroda Bergam (20,7%). Bielosemenná odroda Albín mala najnižší obsah kyseliny olejovej aj v druhej lokalite. Jej hodnota bola 13,9%. Najvyšším obsahom kyseliny olejovej v lokalite Malý Šariš sa vyznačovala odroda Major s hodnotou 17,1%. Opačnú tendenciu oproti kyseliny olejovej sme zaznamenali v prípade kyseliny dominujúcej v makovom oleji všetkých odrôd, kyseliny linolovej. Vyššie hladiny boli zaznamenané v prípade lokality Malý Šariš. Avšak v oboch lokalitách sa jej najvyššou hladinou vyznačovala odroda Albín s hodnotami 73,8% (Malý Šariš) a 71,4% (Vígľaš). Najnižší obsah kyseliny linolovej mala odroda Major v lokalite Malý Šariš (70,6%) a odroda Bergam v lokalite Vígľaš (67,6%). Opačný trend

medzi kyselinou olejovou a linolovou je spôsobený biosyntézou týchto mastných kyselín. Minoritné mastné kyseliny v oleji maku boli stearová a alfa-linolénová. Najnižší obsah kyseliny stearovej mala odroda Albín v oboch lokalitách (2,0% a 2,1%). Na druhej strane najvyšší obsah mala odroda Gerlach. Jej hodnoty boli 2,3% v lokalite Malý Šariš a 2,4% v lokalite Vígľaš. Všetky odrody pestované na lokalite Vígľaš obsahovali 0,8% alfa-linolénovej kyseliny. V prípade lokality Malý Šariš hodnoty varirovali medzi 0,7% a 0,8%. Hodnoty kyseliny palmitolejovej varirovali v oboch lokalitách v hodnotách 0,1-0,3%.

Na základe analýzy rozptylu (tabuľka 1) sme zistili, že lokalita a taktiež odroda štatisticky významne ovplyvnili všetky hodnotené znaky (obsah oleja, číslo kyslosti, číslo zmydelnenia, hladiny kyselín palmitovej, palmitolejovej, olejovej, linolovej, alfa-linolénovej, gadolejovej i arachidovej). Taktiež možno konštatovať, že obsah oleja bol silnejšie ovplyvnený lokalitou ako odrodou. Interakcia odroda x lokalita bola štatisticky významná pre všetky znaky s výnimkou čísla zmydelnenia a hladinu kyselín palmitolejovej i gadolejovej. Posúdením meteorologických údajov oboch pokusných miest možno predpokladať, že obsah oleja a tým pádom i hladiny daných mastných kyselín by mohli byť ovplyvnené teplotou a zrážkami na konci vegetačného obdobia (jún-júl). Malý Šariš bol v roku 2011 charakteristický silnými zrážkami v závere vegetácie (98,7 mm v júni a až 165 mm v júli) na rozdiel od lokality Vígľaš kde bol zaznamenaný priemerný úhrn zrážok v mesiaci jún 85 mm a v mesiaci júl 123,2 mm. Z teplotného hľadiska môžeme vegetačný rok 2011 vo Vígľaši hodnotiť ako mimoriadne teplý, keď apríl až júl dosiahli v porovnaní s dlhodobým priemerom vyššie teploty o 1,68 °C a priemerná teplota za mesiac jún bola 17,5 °C a v mesiaci júl 20,5 °C. Priemerná teplota v lokalite Malý Šariš bola 18,4 °C. Nakoľko bol obsah oleja i hladina dominantnej esenciálnej kyseliny linolovej vyššia v lokalite Malý Šariš, mohli by sme predpokladať, že nižšie teploty a vyšší úhrn zrážok vyvolali vyššiu akumuláciu oleja v semene.

## ZÁVER

Naše výsledky poukázali, že odrody pestované na lokalite Malý Šariš obsahovali vyššie hladiny oleja v semenách i vyššie hladiny esenciálnej kyseliny linolovej v porovnaní s lokalitou Vígľaš. Rozdiely pravdepodobne vyplývajú z rozdielných klimatických podmienok jednotlivých lokalít. Najvyšší obsah oleja obsahoval Maratón (48,2%). Odroda Albín obsahovala najviac oleja vo Vígľaš-Pstruši (45,5%). Odroda Major obsahovala najvyššiu hladinu kyseliny palmitovej v oboch lokalitách (9%). Hladiny kyseliny olejovej boli vyššie v lokalite Vígľaš. Najvyššiu hladinu kyseliny olejovej v danej lokalite obsahoval Bergam (20,7%), v lokalite Malý Šariš dominoval Major, ale s hodnotou nižšou (17,1%). Minoritné mastné kyseliny boli stearová s hladinami od 2,0% do 2,4% v oboch lokalitách a kyselina alfa-linolénová s hladinami 0,7-0,8%. Na základe štatistického vyhodnotenia usudzujeme, že lokalita a odroda významne ovplyvnili všetky hodnotené parametre. Interakcia odroda x lokalita bola taktiež významným zdrojom premenlivosti pre väčšinu hodnotených znakov.

**Pod'akovanie:** Autori ďakujú Výskumno-šľachtiteľským staniciam – Malý Šariš a Vígľaš-Pstruša za dodaný materiál a taktiež za poskytnutie dát týkajúcich sa meteorológie oboch lokalít, pani Kataríne Zeleňákovej a pani Erike Vráblovej za technickú spoluprácu pri chemických analýzach a v poslednom rade projektu APVV-0248-10 za finančnú podporu.

## LITERATÚRA

- AOCS, Official Methods: Acid value. In Official Methods and Recommended Practices of the american oil chemists society, fifth edition, AOCS Press, Champaign, IL (USA) 1998, official method Cd 3d-63.
- ASTM D 464: Saponification Number of Naval Stores Products Including Tall Oil and Other Related Products. PCTM 16. Issued - 1996.
- Azcan, N., Öztürk, K.B., Kara, M. Investigation of Turkish Poppy seeds and seed oils. In *Chem. Natur. Comp. ISSN 0009-3130*, 2004, 40 ,s. 322-324.
- Bozan, B., Temelli, F. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. In *Biores. Technol. ISSN 0960-8524*, 2008, 99, s. 6354–6359.

Connor, W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. In *Am. J.Clin. Nutr.* ISSN 0002-9165, 1989, 49, s. 448-456.

Čertík, M., Ješko, D. Profil mastných kyselín ako marker kategorizácie rôznych druhov ovsa. In *Zborník z XV. medzinárodnej konferencie LABORALIM*. Banská Bystrica, 2005, s. 37-44.

Erinç, H., Tekin, A., Özcan, M.M. Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds. In *Grasas y Aceites*. ISSN 00173495, 2009, 60, 4, s. 375-381.

Meshehdani, T., Pokorny, J., Panek, J., Davidek, J. Oxidation of free lipids in stored poppy seed (*Papaver somniferum* L.). In *Nahrung*. ISSN 0027-769X, 1990, 34, s. 773-774.

Christoperson, S.W., Glass, R.L. Preparation of milk fat methyl esters by alcoholysis in an essentially nonalcoholic solution. In *J.Dairy Sci.* ISSN 0022-0302, 1969, 52, s. 1289-1290.

Özcan, M.M., Atalay, C. Determination of seed and oil properties of some poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties. In *Grasas y Aceites*. ISSN 0017-3495, 2006, 57, s.169-174.

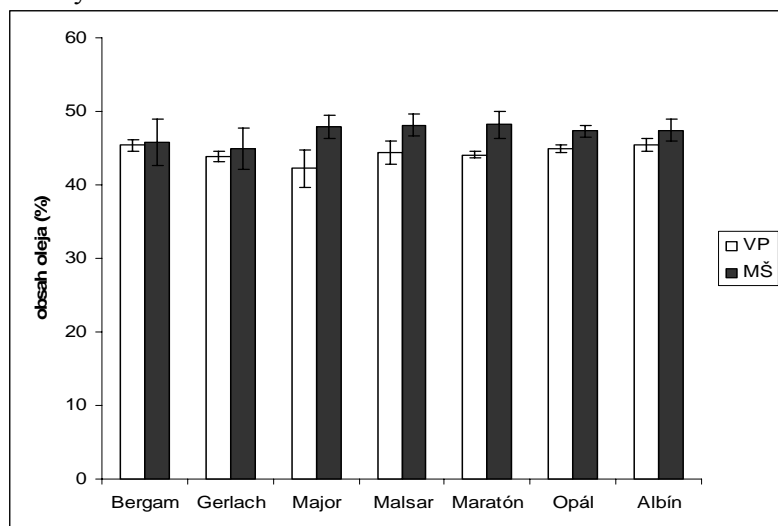
Slovak Technical Norm [STN 461011-28 \(461011\)](#) Publication date: 1.4.1988. Testing of cereals, legumes and oil-bearing crops. Oil-bearing crop testing. Fat content determination (n-hexane type).

Wagner, K.H., Isnardy, B., Elmadfa, I. Effects of seed damage on the oxidative stability of poppy seed oil. In *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* ISSN 1438-7697, 2003, 105, s. 219-22.

Verma, S., Agarwal, S.K., Singh, S.S., Siddigui, M.S., Kumar, S. Poppy seed composition and uses. In *J. Med.Arom. Plant Sci.* ISSN 0253-7125, 1999, 21, s. 442-446.

RNDr. Andrea Hlinková, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Fakulta prírodných vied, katedra biotechnológií, Námestie J. Herdu 2, Trnava, 91701, [a.hlinkova@centrum.sk](mailto:a.hlinkova@centrum.sk); RNDr. Michaela Havrntová, PhD., Mgr. Jana Šupová, Ing. Alžbeta Žofajová, PhD.: CVRV-VÚRV Piešťany, Bratislavská 122, Piešťany, 92168, Slovak Republic ([havrntova@vurv.sk](mailto:havrntova@vurv.sk), [supova@vurv.sk](mailto:supova@vurv.sk), [zofajova@vurv.sk](mailto:zofajova@vurv.sk)).

## Prílohy



Obr.1: Obsah oleja v semenách odrôd maku v jednotlivých lokalitách (MŠ - Malý Šariš, VP - Vígľaš-Pstruša)

Tab.1: Priemerné štvorce z analýzy rozptylu hodnotených znakov

Zdroj premenlivosti	df	Obsah oleja	Číslo zmydelnenia	Číslo kyslosti	C 16:0	C 16:1	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	C 20:0	C 20:1
Lokalita (A)	1	156,07 <sup>++</sup>	1845,2 <sup>++</sup>	0,398 <sup>++</sup>	0,865 <sup>++</sup>	182,10 <sup>-5++</sup>	0,150 <sup>++</sup>	213,48 <sup>++</sup>	206,38 <sup>++</sup>	3934,7.10 <sup>-5++</sup>	352,3.10 <sup>-5++</sup>	680,4.10 <sup>-5++</sup>
Odrôda (B)	6	6,74 <sup>+</sup>	558,4 <sup>++</sup>	1,267 <sup>++</sup>	0,985 <sup>++</sup>	266,8.10 <sup>-5++</sup>	0,133 <sup>++</sup>	14,65 <sup>++</sup>	13,93 <sup>++</sup>	657,9.10 <sup>-5++</sup>	92,1.10 <sup>-5++</sup>	34,2.10 <sup>-5++</sup>
Opakovanie(C)	2	1,24	497,7 <sup>+</sup>	0,269 <sup>++</sup>	0,002	64,1.10 <sup>-5++</sup>	0,011	0,02	0,05	82,1.10 <sup>-5++</sup>	2,9.10 <sup>-5</sup>	1,9.10 <sup>-5</sup>
AB	6	10,43 <sup>++</sup>	257,4	0,283 <sup>++</sup>	0,038 <sup>+</sup>	24,8.10 <sup>-5</sup>	0,011 <sup>+</sup>	1,05 <sup>+</sup>	0,97 <sup>++</sup>	111,1 .10 <sup>-5++</sup>	24,8.10 <sup>-5++</sup>	1,3.10 <sup>-5</sup>
Reziduál	68	2,87	148,2	0,03	0,014	13,9.10 <sup>-5</sup>	0,005	0,16	0,17	9,1.10 <sup>-5++</sup>	1,2.10 <sup>-5</sup>	0,7.10 <sup>-5</sup>
Spolu	83											

C 16:0-kyselina palmitová, C 16:1-kyselina palmitolejová, C 18:0-kyselina stearová, C 18:1-kyselina olejová, C 18:2-kyselina linolová, C 18:3-kyselina alfa-linolénová, C 20:0-kyselina arachidová, C 20:1-kyselina gadolejová

## TERMOOXIDAČNÁ STABILITA MAKOV - AKADEMICKÁ KURIOZITA ALEBO PESTOVATEĽSKO-SPOTREBITEĽSKÁ REALITA?

ZUZANA CIBULKOVÁ, MILAN ČERTÍK

Existuje množstvo odrôd makov, ktoré sa odlišujú nielen agronomicko-morfologickými parametrami, obsahom rôznych látok ale aj ich termooxidačnou stabilitou. Pri zbere, spracovaní a skladovaní maku podliehajú rôzne odrody oxidačným vplyvom prostredia najmä vďaka vysokému obsahu olejov v semenách maku, následkom čoho je zhoršenie ich spotrebiteľských vlastností a limitácia ich následného použitia. Vo svete nebola zatiaľ popísaná termooxidačná stabilita makov. Naše experimentálne merania, vyvinutá metóda a empirické kalkulácie termooxidačných stabilit jednotlivých odrôd maku nás tak nielen posúvajú v akademickom výskume ale tieto poznatky zároveň otvárajú nové perspektívy a možnosti objektívneho hodnotenia makov a ich aplikácii v komerčnej realite. Z testovaných makov najvyššiu stabilitu vykazovali odrody Gerlach a Bergam, ako najmenej stabilná sa ukázala biela odroda Albín.

*Kľúčové slová:* odrody maku, DSC, termooxidačná stabilita, indukčná perióda

### ÚVOD

Mak nachádza široké uplatnenie v rôznych odvetviach, od tradičného využitia v potravinárstve cez medicínu až po alternatívne palivá ako náhrada tradičných palív. Preskúmanie oxidačnej degradácie tejto plodiny je preto dôležité. Napriek tomu, počet dosiaľ uskutočnených štúdií je mizivý. Termooxidačná stabilita jednotlivých odrôd makov nebola dosiaľ popísaná. Porovnanie oxidačnej stability, ako aj chemického zloženia makového, ľanového a bodliakového (svetlicového) oleja sa venuje štúdiá Bozana a Temelliho [1]. Indukčné periódy oxidácie boli stanovené použitím metódy Rancimat. Výskum Wagnera a kol. bol zameraný na odhad poklesu stability makových semien spôsobeného poškodením pri zbere. Poškodenia vedú k uvoľneniu oleja, ktorý podlieha oxidácii a produkcii prchavých látok. Toto vedie k zhoršovaniu sensorických vlastností – vône a chuti [2]. Bolo zistené, že s narastajúcim podielom poškodených semien bol pozorovaný pokles ich stability. Termooxidačná degradácia materiálov vo všeobecnosti prebieha v dvoch stupňoch. Prvým, prípravným štádiom je tzv. indukčná perióda (IP), počas ktorej zdanlivo neprebíha žiadna chemická reakcia. Na konci IP dochádza k samotnej oxidácii materiálu sprevádzanej náhlymi zmenami vo fyzikálnych, chemických a sensorických vlastnostiach materiálu. Preto je dĺžka IP často považovaná za mieru stability materiálu [3]. Na určenie dĺžky indukčnej periódy sa v súčasnosti využíva množstvo techník, z ktorých sú najvýznamnejšie metódy termickej analýzy. S ich pomocou je možné získať kinetické parametre a na ich základe je možné vypočítať dĺžku indukčnej periódy. V našich predošliých prácach bolo ukázané, že dĺžku IP,  $t_i$ , je možné vypočítať použitím rovnice [4,5]:

$$t_i = A e^{-DT} \quad (1)$$

kde  $A$  a  $D$  sú kinetické parametre a  $T$  je teplota.

Bežné testy stability sa vykonávajú za izotermických podmienok [3]. Za týchto podmienok je niekedy nemožné určiť nábehový čas oxidácie, to znamená stanoviť dĺžku indukčnej periódy, pretože začiatok oxidačného píku býva dosť nevýrazný. Preto je pri hodnotení termooxidačnej stability výhodnejšie použiť neizotermické merania s lineárnym ohrevom, ktoré poskytujú jednoznačné nábehové teploty oxidačných píkov a ich nábeh je možné presne určiť [3]. Závislosť teplôt nábehov oxidácií,  $T_i$ , od rýchlosti ohrevu,  $\beta$ , je možné v prípade takýchto meraní vyjadriť nasledovne:

$$T_i = \frac{1}{D} \ln(AD\beta + 1) \quad (2)$$

Táto práca je zameraná na nájdenie vhodnej metodiky pre objektívne štúdium termooxidačnej stability semien maku a využitie tejto metodiky pri preskúvaní termooxidačnej stability jednotlivých odrôd maku.

## MATERIÁL A METÓDY

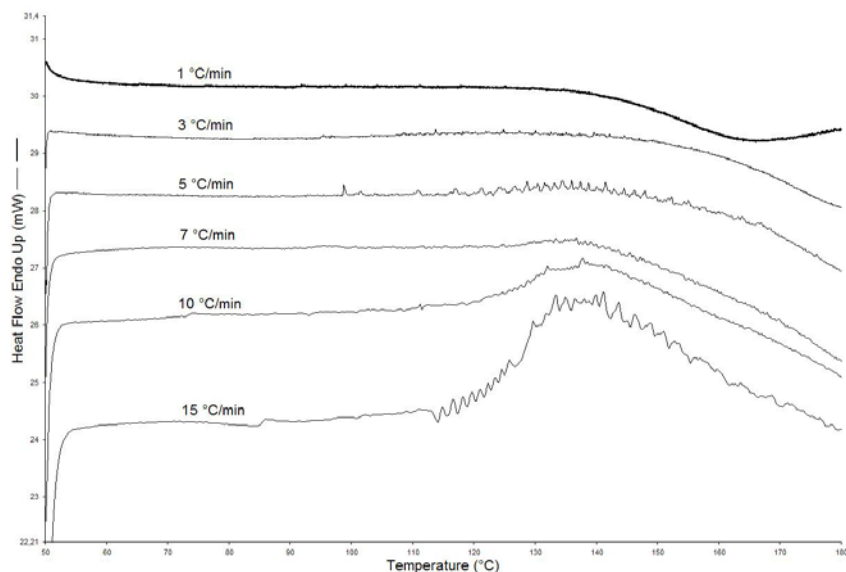
Predmetom štúdia bola komerčne dostupná zmes makových zŕn. Na tejto zmesi bola vypracovaná a otestovaná metodika stanovenia termooxidačnej stability semien maku. Vypracovaná metodika bola následne použitá na stanovenie a porovnanie termooxidačnej stability štyroch odrôd maku. Odrody maku boli získané z Centra výskumu rastlinnej výroby Piešťany – Výskumnej a pestovateľskej stanice pri Malom Šariši. Zoznam študovaných odrôd maku je uvedený v tabuľke 2.

Termooxidačná stabilita makových semien sa študovala využitím výkonovo kompenzačného kalorimetra Perkin-Elmer DSC-7. Pri hodnotení termooxidačnej stability použili neizotermické merania s lineárnym ohrevom. Študované vzorky maku boli pred samotným meraním uskladnené v chlade. Hmotnosť vzoriek sa pohybovala medzi 5–7 mg. Vzorky maku boli umiestnené v štandardných hliníkových miskách, pričom na veku každej misky bolo sedem otvorov. Merania sa uskutočnili s lineárnym ohrevom vzorky od 50 do 250 °C pri rôznych rýchlostiach ohrevu (1, 3, 5, 7, 10, 15 K/min). Ako očistný plyn bol použitý vzduch, ktorý zároveň tvoril reakčnú atmosféru [6].

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Vývoj metódy merania termooxidačných stabilit makov

Záznamy merania vzoriek maku rýchlosťami 1, 3, 5, 7, 10, 15 K/min sú uvedené na obr. 1. Nábeh píku (onset) prislúchajúceho termickej oxidácii vzorky maku je jednoznačne odčítateľný iba v prípade najnižšej rýchlosti ohrevu, 1 K/min. Pri rýchlostiach ohrevu 3, 5, 7, 10, 15 K/min sa na záznamoch objavuje endotermický pík v teplotnom rozsahu 120 až 160 °C. Pri rýchlosti 3 K/min je tento pík pomerne nevýrazný a je pozorovateľný až

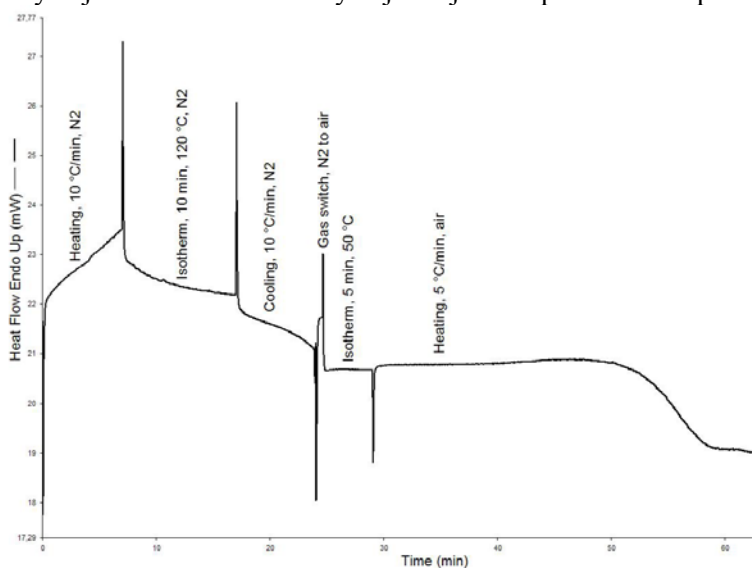


**Obrázok 1:** DSC záznam oxidácie vzorky maku vo vzduchu pri rôznych rýchlostiach ohrevu

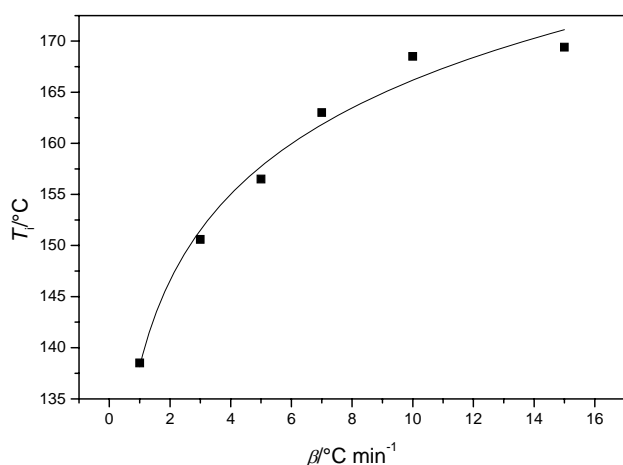
pri zväčšení záznamu. Plocha endotermického píku narastá so vzrastom rýchlosti ohrevu a prekrýva nábeh exotermického oxidačného píku. Začiatok oxidačných píkov pri vyšších rýchlostiach ohrevu nie je teda možné odčítať. Kvôli určaniu nábehových teplôt oxidačných píkov bolo nutné identifikovať pôvod endotermického píku a následne ho eliminovať. Za účelom identifikácie deja prislúchajúceho endotermickému píku prekrývajúceho nábeh oxidácie boli vykonané DSC merania v dusíkovej atmosfére, kde bol opäť pozorovaný endotermický pík. Vzorka bola po meraní odvážená a zaznamenal sa úbytok hmotnosti. Endotermický pík teda zodpovedá úniku prchavých látok (zrejme vody) zo semien maku. Prchavé látky bolo potrebné pred samotnou oxidáciou zo vzorky odstrániť. Bol vykonaný experiment, pri ktorom došlo najprv k ohriatiu vzorky v dusíkovej atmosfére rýchlosťou ohrevu 10 K/min na 120 °C. Pri tejto teplote bola ponechaná v izotermickom režime po dobu 10 minút

a následne ochladená až na počiatočnú teplotu merania (50 °C) opäť pri rýchlosti ohrevu 10 K/min. Takto upravená vzorka maku bola nakoniec podrobená oxidácii v atmosfére vzduchu pri rýchlosti ohrevu 10 K/min (obr. 2). Z následne získaného DSC záznamu je už možné pomerne jednoznačne odčítať oxidačný pík. Podobným spôsobom boli zmerané a vyhodnotené aj oxidácie maku pri zvyšných rýchlostiach ohrevu.

Z DSC záznamov oxidácie jednotlivých frakcií maku boli odčítané teploty začiatku oxidácie ako nábehové teploty oxidačných pík a ich hodnoty sú zhrnuté v tabuľke 1. Závislosti teplôt nábehov oxidácie (obr. 3) od rýchlosti ohrevu boli vyhodnotené využitím nernstovskej teplotnej funkcie pomocou rovnice (2) nelineárnou metódou najmenších štvorcov, pričom boli získané hodnoty kinetických parametrov (tabuľka 1). Z hodnôt kinetických parametrov boli následne vypočítané dĺžky indukčných období jednotlivých frakcií maku použitím rovnice (1). Indukčné periódy boli vypočítané pre dve rôzne teploty: 25 a 120 °C. Prvá zo zvolených teplôt predstavuje bežné podmienky, pri ktorých je materiál skladovaný najčastejšie a teplota 120 °C predstavuje zvýšenú tepelnú záťaž.



**Obrázok 2:** Termická oxidácia vzorky maku po predchádzajúcom ohreve v dusíkovej atmosfére



**Obrázok 3:** Vypočítané a namerané závislosti teplôt nábehu oxidácie ( $T_i$ ) v závislosti od rýchlosti ohrevu ( $\beta$ )

**Tabuľka 1** Experimentálne hodnoty teplôt nábehu oxidácie vzorky maku, kinetických parametrov a dĺžok indukčných období

Rýchlosť ohrevu /K min <sup>-1</sup>	1	3	5	7	10	15
$T_i$ /°C	138,5	150,6	156,5	163,0	168,5	169,4
$A$ /min	$5,66 \times 10^{15}$		$t_i(25\text{ °C})/\text{deň}$		92	
$D$ /K <sup>-1</sup>	0,0821		$t_i(120\text{ °C})/\text{min}$		54	

*Termooxidačná stabilita rôznych odrôd maku*

Závislosti teplôt nábehov oxidácie skúmaných odrôd maku od rýchlostí ohrevu boli vyhodnotené použitím rovnice (2) nelineárnou metódou najmenších štvorcov uskutočnenou v programe ORIGIN 5.1. Obdobne ako v prípade jednotlivých frakcií maku boli zo získaných kinetických parametrov vypočítané indukčné periódy pre teploty 25 °C a 140 °C použitím rovnice (1), pričom teplota 25 °C predstavuje podmienky, ktorým je materiál vystavený počas skladovania a teplota 140 °C predstavuje vysokú tepelnú záťaž. Na základe hodnôt dĺžok indukčných období je možné porovnať oxidačnú stabilitu jednotlivých odrôd maku (tabuľka 2).

**Tabuľka 2:** Hodnoty kinetických parametrov  $A$ ,  $D$  a dĺžok indukčných období pre 25 a 140 °C pre rôzne odrody maku.

Vzorka	$A$ /min	$D$ /K <sup>-1</sup>	$t_{i25^\circ\text{C}}(Ae^{-DT})/\text{deň}$	$t_{i140^\circ\text{C}}(Ae^{-DT})/\text{min}$
Bergam	$1.61 \times 10^{15}$	0.0763	149.2	33.2
Gerlach	$2.60 \times 10^{17}$	0.0899	418.6	19.5
Major	$8.65 \times 10^{11}$	0.0594	12.3	19.2
Malsar	$5.58 \times 10^{11}$	0.0584	10.7	18.7
Maraton	$8.83 \times 10^{10}$	0.0544	5.6	15.4
Opal	$3.45 \times 10^{10}$	0.052	4.5	16.3
Orfeus	$2.21 \times 10^9$	0.0455	2	15.3
Aristo	$6.33 \times 10^{13}$	0.069	51.7	26.6
Buddha	$1.32 \times 10^{12}$	0.06	15.7	22.8
Albín	$6.16 \times 10^9$	0.0485	2.3	12.3
Racek	$2.64 \times 10^{12}$	0.0617	17	20.3
Redy	$6.03 \times 10^{12}$	0.0639	22.5	20.8
MS ZB-3	$8.92 \times 10^{13}$	0.0701	52.4	23.8
MS 387	$3.01 \times 10^{14}$	0.073	74.6	24.3
MS 423	$2.54 \times 10^{11}$	0.056	10	22.9

Z tabuľky 2 je zrejmé, že pri teplote 25 °C je najstabilnejšou odrodou maku odroda Gerlach, ktorej indukčná perióda (418 dní) je viac ako dvojnásobná v porovnaní s druhou najstabilnejšou odrodou Bergam. Na druhej strane, odrody Orfeus a Albín mali veľmi nízke oxidačné stability (okolo 2 dní). Pri teplote 140 °C predstavuje najstabilnejšiu odrodu Bergam. Je zaujímavé, že pri tejto teplote odroda Gerlach (najstabilnejšia pri teplote 25 °C) vykazuje len priemernú termooxidačnú stabilitu. Pri tejto teplote sú však rozdiely v indukčných periódach medzi väčšinou ostatných odrôd maku malé a tak možno konštatovať, že ich oxidačná stabilita je pri 140 °C približne podobná. Ako najmenej stabilná sa aj v prípade tejto teploty ukázala biela odroda Albín.

## ZÁVER

Cieľom práce bolo nájsť vhodnú metodiku pre čo najobjektívnejšie hodnotenie termooxidatívnej stability semien maku a jej následné použitie pri štúdiu termooxidatívnej stability odrôd maku. Metodika pozostávala z identifikácie a z následnej eliminácie endotermického píku, ktorý sa vyskytol na DSC záznamoch a znemožňoval odčítanie nábehu oxidačného píku. Tento endotermický pík bol pripísaný uvoľňovaniu prchavých látok zo vzoriek. Hlavnou zložkou týchto látok bola zrejme fyzikálne viazaná voda. Na odstránenie endotermického píku sa modifikoval teplotný program tak, že sa pred samotným meraním zo vzoriek odstránili prchavé látky ohriatím a následným ochladením na pôvodnú teplotu v inertnej dusíkovej atmosfére. Po takejto úprave nasledovala samotná oxidácia v atmosfére vzduchu. Z nameraných teplôt nábehov oxidácií v závislosti od rýchlosti ohrevu boli získané kinetické parametre indukčných období oxidácií nelineárnou metódou najmenších štvorcov. Pomocou kinetických parametrov boli vypočítané indukčné periody oxidácie jednotlivých odrôd maku. Bolo zistené, že medzi odrodami maku sú značné rozdiely v ich oxidačnej stabilite. Najvyššiu termooxidatívnu stabilitu pri 25 °C vykazovali odrody Gerlach a Bergam. Ako najmenej stabilná sa ukázala biela odroda maku Albín.

Vyvinutá metodika môže v budúcnosti slúžiť ako základ pri štúdiách zaoberajúcich sa otázkou termooxidatívnej stability aj iných materiálov podobných maku.

*Podakovanie. Práca je finančne podporená grantom APVV-0248-10.*

## LITERATÚRA

- [1] Bozan B, Temelli F. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*. 2008;99:6354–9.
- [2] Wagner K-H, Isnardy B, Elmadfa I. Effects of seed damage on the oxidative stability of poppy seed oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2003;105:219–24.
- [3] Šimon P, Kolman Ľ, Niklová I, Schmidt Š. Analysis of the induction period of oxidation of edible oils by differential scanning calorimetry. *J Am Oil Chem Soc.* 2000;77:639–42.
- [4] Šimon P, Hynek D, Malíková M, Cibulková Z. Extrapolation of accelerated thermooxidative tests to lower temperatures applying non-Arrhenius temperature functions. *J Therm Anal Calorim.* 2008;93(3):817-21.
- [5] Cibulková Z, Černá A, Šimon P, Lehocký P, Kosár K, Uhlár J. Stabilization effect of potential antioxidants on the thermooxidative stability of styrene-butadiene rubber. *J Therm Anal Calorim.* 2011;105 (2):607–13.
- [6] Cibulková, Z., Čertík, M., Dubaj, T. Thermooxidative stability of poppy seeds studied by DSC. *Chem. Listy*, 2012;106(6):582

Adresa autorov: Zuzana Cibulková, Milan Čertík, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava



## POTENCIÁLNE LIEČIVÉ ÚČINKY MAKU SIATEHO

TIBOR MALIAR, MÁRIA MALIAROVÁ, GABRIELA SLABÁ, ERIK KROŠLÁK,  
ANDREA HLINKOVÁ, MIROSLAV ONDREJOVIČ, DANIELA CHMELOVÁ

Mak je známou plodinou, pestovanou od pradávna, ktorý by pri správnom výbere odrody mohol byť predmetom funkčných potravín. Za týmto účelom prebieha vývoj a adaptácia skriningových metód na úrovni *in vitro*, s cieľom dokázať prospešný účinok vybraných odrôd maku a navrhnuť ich pre využitie v pekárskom a cukrovinkárskom odvetví. Prospešný účinok maku pozostáva z príspevku nenasýtených mastných kyselín ako aj sekundárnych metabolitov zo skupiny polyfenolov, charakteru extraktívnych látok. Detailná HPLC analýza troch vybraných odrôd maku s rôznym farebným prejavom, BERGAM ALBÍN a REDA poukázala na absenciu flavonoidov v extraktach, ale na druhej strane na prítomnosť polyfenolových kyselín. Pred plošným skriningovým hodnotením boli parametrizované inhibičné aktivity týchto látok na vybrané proteínázy, ktoré sú promotormi závažných humánnych patológií – trypsín, trombín, urokináza, kolagenáza, elastáza a katepsín B. Záverom možno konštatovať, že skrining by mal byť orientovaný na inhibičné aktivity na elastázu a katepsín B a im príbuzné proteolytické enzýmy.

Kľúčové slová: mak, extrakty, HPLC aktivita *in vitro*, elastáza katepsín B.

### ÚVOD

Mak je známou plodinou, pestovanou od pradávna. Mak sa využíva už niekoľko tisíc rokov. Najstaršie stopy dokladajúce jeho využívanie pochádzajú zo 6. tisícročia pred Kr. z oblasti Stredomoria. O tisíc rokov neskôr sa v Mezopotámii využíval ako zdroj pre ópium.

Pestovanie maku siateho (*Papaver somniferum* L.) má na Slovensku dlhú históriu. I napriek tomu, že Slovensko patrí ku krajinám, kde sa mak pestuje a šľachtí, jeho pestovateľské plochy sa v porovnaní s inými krajinami vyznačujú malou výmerou. Takmer všetka produkcia je určená pre potravinárstvo, makovina (makovica) sa využíva vo farmácii. Mak sa široko používa predovšetkým pri príprave makového pečiva. Viac než 4/5 produkcie je exportovanej, predovšetkým do slovanských krajín, kde je mak tradičnou pochúťkou. V západných štátoch sa makové produkty často považujú za nevhodné, pretože sa čiastočne mylne predpokladá, že obsahujú návykové látky (morfín a kodeín).

Mak je prvkom, ktorá zhodnocuje potravinové produkty a robí ich lákavými po sensorickej stránke (farba chuť, vôňa cereálnych, pekárskych a cukrovinkárskych výrobkov) a súčasne je zdrojom fyziologicky hodnotných látok, predovšetkým nenasýtených mastných kyselín (Bozan a Temelli, 2008). Priaznivý účinok  $\omega$ -3, i  $\omega$ -6 mastných kyselín je vedeckej i laickej verejnosti známy (Turnbull a kol., 2008). Vďaka tejto vlastnosti možno na mak nazerať ako na funkčnú potravinu, potravinu ktorá po konzumácii predstavuje prospešný účinok na fyziológiu konzumenta. Je predmetom zamyslenia či obsah nenasýtených mastných kyselín je jediným funkčným prvkom maku, ale je možné očakávať i iné zdravie prospešné účinky maku a výrobkov z nich. Vo všeobecnosti sú nositeľmi cenných biologicky účinkov prevažne nízkomolekulové látky, získavané pre rôzne účely najmä extrakciou so zaužívaným pomenovaním extraktívne látky, jedná sa o zmes sekundárnych metabolitov a niektorých primárnych metabolitov, predovšetkým tukov.

Najznámejšími sekundárnymi metabolitmi semena maku sú alkaloidy, ktoré sú predmetom 95% odborných publikácií. Po chemickej stránke sú alkaloidy predovšetkým deriváty benzylozochinolínu (papaverín a narkotín) a fenantrénu (morfín, kodeín a tebaín). Ópiový mak obsahuje viac ako 50 alkaloidov. Medzi ďalšie sekundárne metabolity maku patria flavonoidy (Beliaeva a Evdokimova, 2004) zistili prítomnosť kaempferolu a kvercetínu, Jain a kolektív (1996) identifikovali dva flavonoly (rutín a kvercetín) a dva izoflavóny (2-metoxiformonetín a dihydroxyizoflavón) (Acheson a kol., 1962). Z kategórie sterolov sú zastúpené  $\beta$ -sitosterol, kampesterol, stigmasterol, a 5-avenasterol (Erinc a kol., 2009). Analýzou tokoferolov, Bozan a Temelli (2008) zistili najvyššiu hladinu  $\gamma$ -tokoferolu, minoritne aj  $\alpha$ -tokoferolu a stopy plastochromanolu.

Analytický pohľad ponúka prehľad konkrétnych komponentov maku, jeho nevýhodou je kvantifikácia len známych látok v maku. Naproti tomu existuje komplexný pohľad na účinok maku, testovaním extraktov maku vo vhodných modeloch, ideálne na úrovni *in vivo*, za predpokladu určitej relácie i na úrovni *in vitro*. Tabuľka č.1 ponúka prehľad *de novo* vyvíjaných i existujúcich metód pre hodnotenie biologickej hodnoty extraktov maku.

## MATERIÁL A METÓDY

Rastlinný materiál: semená vybraných odrôd maku siateho *Papaver somniferum* L. bol získaný z Centra výskumu rastlinnej výroby CVRV Piešťany, Výskumno-šľachtiteľskej stanice Malý Šariš. Jednalo sa o nasledovné odrody BERGAM, ALBÍN, REDA, zbierané v roku 2011 a modro semenný mak (výrobca Racionella).

Semená maku boli šetrne rozomleté na elektrickom mlynčeku. Na odtučnenie maku bola použitá dvojnásobná extrakcia hexánom v pomere 1: 4, 1 hodinu pri izbovej teplote. Nasledovala filtrácia a sušenie pri izbovej teplote. Vysušené vzorky boli homogenizované roztrením v trecej miske.

Pri extrakcii fenolových kyselín zo semien maku sa postupovalo podľa metódy publikovanej Kim a kol., 2006 s menšími úpravami. 10 g odtučnenej vzorky sa 2-krát extrahovalo 50 ml 80% metanolu, 1hodinu pri laboratórnej teplote. Zmes po každej extrakcii bola prefiltrovaná cez filtračný papier a filtráty boli spojené a odparené na vákuovej odparke pri 40°C, odvážené a ďalej použité na extrakciu a stanovenie voľných fenolových kyselín.

Pri stanovení inhibičnej aktivity štandardov boli použité nasledovné chemikálie: deionizovaná voda, dimetylsulfoxid (Mikrochem, SR), Z-L-Lysin-tiobenzylester hydrochlorid (Sigma-Aldrich, USA), dithiobis(2-nitrobenzoová kyselina) (Sigma-Aldrich, USA), urokináza z ľudského moču - CAS číslo 9039-53-6 (Sigma-Aldrich, USA), trombín z hovädzej plazmy - CAS číslo 9002-04-4 (Sigma-Aldrich, USA), kolagenáza z *Clostridium histolyticum* - CAS číslo 9001-12-1 (Sigma-Aldrich, USA), trypsin z hovädzieho pankreasu - CAS číslo 9002-07-7 (Sigma-Aldrich, USA), 0,1 M Tris HCl, pH 8,0, kyselina kávová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina rozmarínová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina benzoová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina kumárová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina škoricová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina protokatechuová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina galová (Sigma-Aldrich, USA), kyselina chlórogeová (Sigma-Aldrich, USA).

Pre stanovenie inhibičnej aktivity vybraných štandardov na proteolytické enzýmy bol pripravený 0,05 mol.dm<sup>-3</sup> fosfátový tlmivý roztok, pH 7,0. Následne bol pripravený roztok S<sub>0</sub> 60 mmol.dm<sup>-3</sup> roztok Z-L-Lysin-tiobenzylester hydrochlorid /Z-Lys\_SBzl/ a 5,5'-Dithiobis /DTNB/ v 1 ml DMSO. Roztok S<sub>1</sub> bol pripravený ako 1%-ný roztok S<sub>0</sub> v príslušnom tlmivom roztoku. Roztok enzýmov bol pripravený v dvoch krokoch ako roztok E<sub>0</sub> s koncentráciou 1 mg/ml, v príslušnom tlmivom roztoku a následne roztok E<sub>1</sub> - riedením roztoku E<sub>0</sub> v príslušnom tlmivom roztoku. Roztoky testovaných látok v roztoku S<sub>1</sub> boli pripravené externe v skúmavkách s označením S<sub>1</sub>I<sub>n</sub>. Mikroplatnička bola pripravená podľa vhodného templátu tak, aby v každej jamke bol objem reakčnej zmesi 100 μl a obsah DMSO 2% (v,v). Platnička bola štartovaná 100 μl roztoku príslušného enzýmu E<sub>1</sub>. Platnička bola inkubovaná v environmentálnom shakeri ES-20 pri 37°C a absorbancia bola meraná v 11. a 61. min pri vlnovej dĺžke 410 nm prostredníctvom mikroplatničkového čítača OPSYS Reader a aplikácie „Revelation quickline“. Výsledky boli spracované v programe MS Excel ako  $dA_{61\text{min}-1\text{min}}$ , vyjadrené ako %RA =  $\{[(dA_{VZ}-dA_B)/(dA_K-dA_B)]*100\}$ , a nakoniec ako %IA=100-%RA a upravené do grafickej podoby.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre účely skriningového hodnotenia extraktov rôznych odrôd maku siateho bol vyvinutý a upravený systém skriningu biologických účinkov na úrovni *in vitro*, detaily prezentuje Tabuľka 1. Tento systém bol vybraný na základe aktuálnych trendov vo výskumu a možnosti realizácie danej metodiky a jej validácie a štandardizácie.

Tabuľka 1. Prehľad skriningových modelov v súvislosti s hodnotením vzoriek extraktov maku

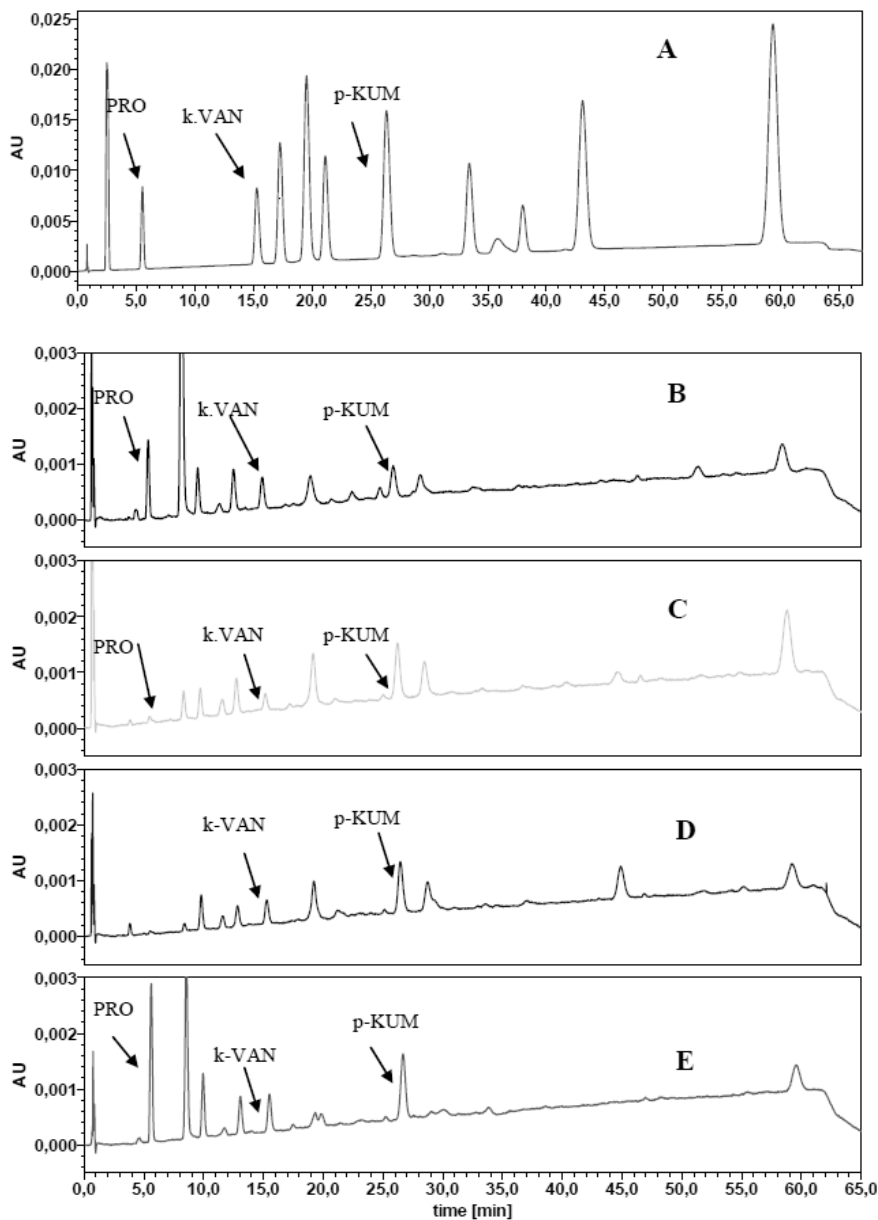
P. č.	Model <i>in vitro</i>	Metódy	Podstata metódy	Fyziologické súvislosti	
1	Antioxidačný účinok	DPPH	zhášanie modelového radikálu DPPH	prevencia a terapia ochorení mechanizmom oxidačného poškodenia a oxidačného stresu – ochorenia KVS, CVNS, artritické a reumatoidné ochorenia, nádorové ochorenia, kognitívne demencie a pod.	
2		FRAP	metóda redukčnej sily – schopnosť redukovať Fe <sup>3+</sup> na Fe <sup>2+</sup>		
3		BKLM	betakarotén linoleátový model – schopnosť terminovať lipoperoxidáciu		
4		TBARS	titrácia vzniknutého produktu lipoperoxidácie malodialdehydu tiobarbitúrovou kyselinou		
5		Xa-XaO	zhášanie reálneho, superoxidového radikálu O <sub>2</sub> <sup>-</sup> generovaného systémom xantín-xantínoxidáza		
6	Inhibičná aktivita na proteinázy	stanovenie aktivity trypsinu	špecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru paranitroanilínu	prevencia a terapia pankreatitídy,	
7			nešpecifický chromogénny substrát uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz		
8		stanovenie aktivity chymotrypsínu	špecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru paranitroanilínu	prevencia a terapia pankreatitídy, zápalových ochorení	
9			nešpecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz		
10		stanovenie aktivity trombínu	špecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru paranitroanilínu	prevencia a terapia ochorení s hyperkoaguláciou (infarkt myokardu, srdcovocievne príhody, embolické stavy),	
11			nešpecifický chromogénny substrát uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz		
12		stanovenie aktivity plazmínu	špecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru paranitroanilínu	prevencia a terapia ochorení s vnútorným krvácaním - haemorrhagiou	
13			nešpecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz		
14		stanovenie aktivity urokinázy	špecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru paranitroanilínu	prevencia a terapia onkologických ochorení s procesom metastázovania a diseminácie primárneho nádoru	
15			nešpecifický chromogénny substrát uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz		
16		stanovenie aktivity elastázy	špecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru paranitroanilínu	prevencia a terapia zápalových ochorení, reumatitíd artritíd a pod.	
17			nešpecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz		
18		stanovenie aktivity katepsínu B	nešpecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru DTNB-S-Bz	prevencia a terapia zápalových ochorení, (reumatitídy, artritídy, autoimúnne ochorenia)	
19		Inhibičná aktivita na oxidázy	stanovenie aktivity cykooxygenázy	nešpecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru oxidovaného TMPD	prevencia a terapia všetkých ochorení, tlmených nesteroidnými antiflogistikami /NSAF/
20			stanovenie aktivity lipooxygenázy	nešpecifický chromogénny substrát, uvoľnenie chromofóru oxidovaného TMPD	
21		Antibakteriálna aktivita	stanovenie antibakteriálnej aktivity na <i>Escherichia coli</i> CCM 7929,	vizualizácia pomocou tetrazóliovej soli účinkom mitochondriálnej dehydrogenázy živých buniek	prevencia a terapia všetkých ochorení a patológií spôsobených týmto bakteriálnym infektom
22			<i>Bacillus pumilus</i> CCM 2218		

Analytické stanovenia naznačujú, že mak obsahuje polyfenolické kyseliny, ale prakticky úplne absentujú flavonoidy, bez ohľadu na základné sfarbenie maku. Na analýzu a stanovenie fenolových kyselín boli použité tri vzorky odrodových makov, modro semenný mak BERGAM, bielo semenný mak ALBÍN a okrovo semenný mak REDY, okrem nich bol do analýzy pre porovnanie zaradený aj modro semenný mak z obchodnej siete, neznámej špecifikácie. Nasledujúci Obrázok 1 prezentuje chromatogram analýzy polyfenolických kyselín v predmetných odrodách maku.

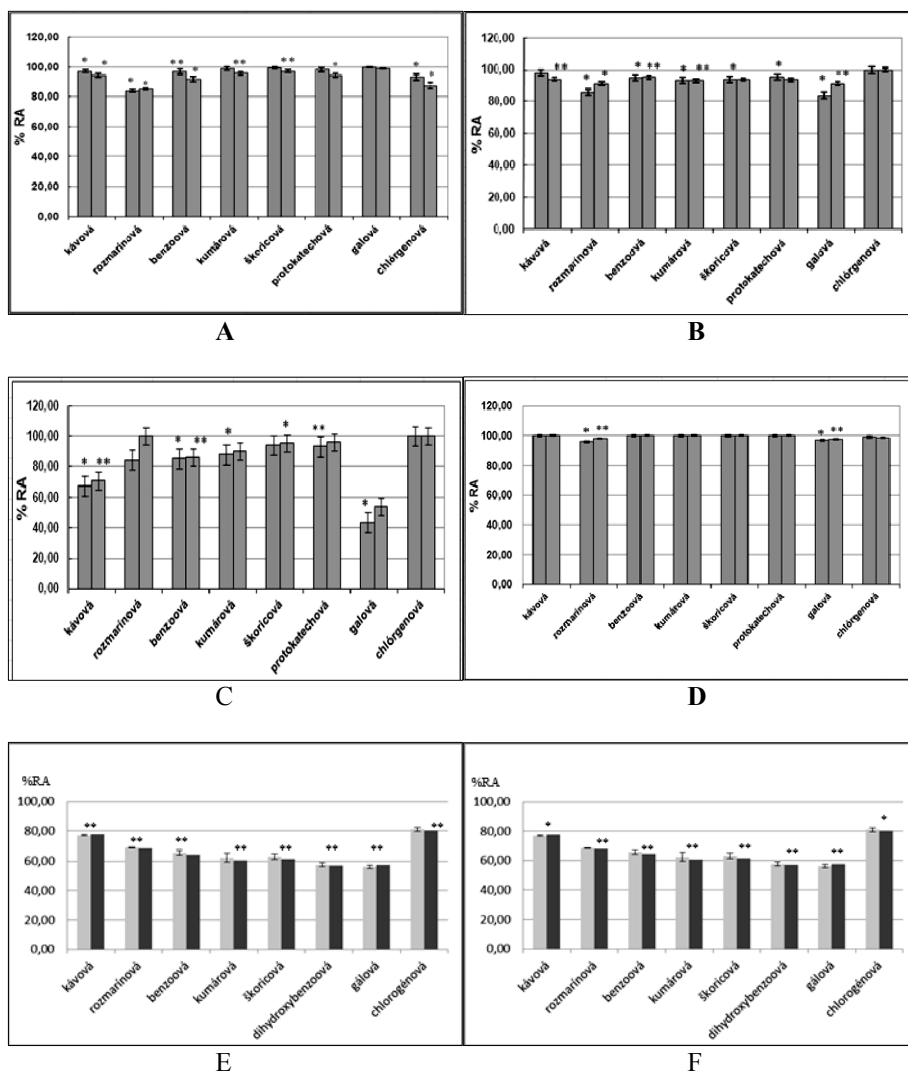
Tejto skutočnosti bol podriadený výber skriningových testov na úrovni *in vitro*. Pred samotným skriningovým testovaním, ktoré prebieha v súčasnosti, bola predradená fáza validácie jednotlivých modelov a štandardizácie vybranými polyfenolovými kyselinami. Nasledujúci Obrázok 2 prezentuje

inhibičné aktivity testovaných polyfenolových kyselín na trypsín, trombín, urokinázu, kolagenázu, elastázu a katepsín B.

Na základe dosiahnutých výsledkov je zrejmé, že polyfenolové kyseliny sa ukázali predovšetkým ako inhibítory elastázy a katepsínu B, kyseliny gálová a kávová ako inhibítory urokinázy, kyselina rozmarínová ako inhibítor prakticky všetkých testovaných proteináz.



Obrázok 1. Chromatografické záznamy elúcie A: 12 štandardov fenolových kyselín, ďalej voľné fenolové kyseliny v extrakte maku B: BERGAM, C: ALBÍN, D: REDY, E: obchodný. Zhoda retenčných časov je na chromatogramoch označená šipkou.



**Obrázok 1** Inhibičná aktivita polyfenolových kyselín na trypsin /A/, trombín /B/, urokinázu /C/, kolagenázu /D/, elastázu /E/ a katepsín B /F/- celkové zhodnotenie, vyjadrené parametrom %RA priemer 1min - 61min /ľavý stĺpec/ %RA v 30-tej minúte /modrý stĺpec/, úroveň štatistickej významnosti \* $p < 0,1$ , \*\* $p < 0,05$ .

## ZÁVER

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že polyfenolové kyseliny sú relatívne slabé inhibítory bázických serínových proteináz trypsinového typu, ale javia sa ako inhibítory neutrálnych serínových proteináz elastázového typu a kolagenáz zo skupiny metaloproteináz, obe skupiny enzýmov sú promotormi zápalových procesov, reumatoidných a artritických ochorení. V súčasnosti prebieha testovanie vzoriek extraktov vybraných odrôd maku ( $n = 10-100$ ) na inhibičnú aktivitu na vybrané proteinázy a ďalej na antioxidačnú aktivitu, konkrétne schopnosť terminovať modelový radikál DPPH. Výsledky budú prezentované verbálne.

**PodĎakovanie.** Táto práca vznikla s podporou projektov APVV-VV-0248-11 a APVV-VMSP-II-0021-09.

## LITERATÚRA

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

- Turnbull T., Cullen-drill M., Smaldone A. 2008. Efficacy of Omega-3 Fatty Acid Supplementation on Improvement of Bipolar Symptoms: A Systematic Review. *Archives of Psychiatric Nursing*, **22**(5): 305-311.
- Beliaeva R.G., Evdokimova L.I. 2004. Variability of flavonol contents during floral morphogenesis in *Papaver somniferum* L.. *Ontogenesis*, **35**: 16-22.
- Jain L., Tripathi M., Pandey V.B., Rucker G. 1996. Flavonoids from *Eschscholtzia californica*. *Phytochemistry*, **41**:661-662.
- Acheson, R. M., Jenkins, C. L., Harper, J. L., Mcnaughton, I. H. 1962. Floral Pigments in *Papaver* and Their Significance in the Systematics of the Genus. *New Phytologist*, **61**: 256-260.
- Erinc, H., Tekin, A., Ozcan, M.M. 2009. Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds. *Grasas y Aceites*, **60**: 375-381.
- Kim K.H., Tsao R., Yang R., Cui S.W. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food chemistry*, **95**(3): 466-473.

**Adresa autora:** Ing. Tibor Maliar, PhD, FPV UCM v Trnave, Hlavná 418, Špačince, 919 50, Email: tibor.maliar@ucm.sk

## KVALITATÍVNO-KVANTITATÍVNE ŠTÚDIUM SEMENA MAKU SIATEHO Z ODRÔD VYŠLACHTENÝCH PRE POTRAVINÁRSKE ÚČELY

Emil KOLEK, Jana SÁDECKÁ

Vzhľadom na komplexnosť kvalitatívno-kvantitatívneho hodnotenia semien maku siateho, pozornosť v tejto štúdií bola venovaná plynovo-chromatografickej analýze (GC/MS) profilov prchavých frakcií – nositeľov organoleptických vlastností tejto potravinárskej komodity. Analyzovalo sa 9 modro-semenných, 3 bielo-semenné a 1 okrová varieta. Ukázalo sa, že v rámci analyzovaných odrôd maku bielo-semenná odroda Albín má najbohatšie kvalitatívne i kvantitatívne zastúpenie jednotlivých zložiek arómy, výrazne pripomínajúcej vlašské orechy.

Kľúčové slová: mak siaty, GC/MS, prchavé aromatické látky, aróma

### ÚVOD

Prchavé aromatické látky poživatín sú nositeľom ich chuťových a vonných atribútov, teda významnou mierou ovplyvňujú ich organoleptické vlastnosti. Medzi ne patria najmä estery, organické kyseliny, alkoholy, aldehydy, terpény a iné. Tieto zlúčeniny vytvárajú arómu (t.j. chuť a vôňu) poživatiny, ktorá určuje jej charakter. Pre jednotlivé odrody maku, ako komodity vo významnej miere obsahujúcej tuk (cca 40-50%), existujú určité látky, ktorých výskyt, obsah, alebo vzájomný pomer sú charakteristické: niektoré alifatické uhľovodíky, aldehydy (hexanal), alkoholy (pentanol, hexanol), 2-pentylfurán, kyselina hexánová, často súvisiace s prítomnosťou a relatívnym zastúpením nenasýtených mastných kyselín. Niektoré z týchto prchavých látok by mohli slúžiť ako premenné veličiny, umožňujúce zatriedenie maku do určitých kategórií, resp. aj na určenie jeho odrodovej pravosti. Obsah väčšiny prchavých aromatických látok v rastlinných komoditách však môže byť ovplyvnený rozličnými faktormi od pôdnych charakteristík cez klimatické podmienky až po stupeň zrelosti v čase zberu. V literatúre je k dispozícii iba málo informácií o identite prchavých látok semena maku siateho, vytvárajúcich jeho komplexnú arómu. Autori Krist a kol. (2005) analyzovali prchavú frakciu semien maku metódou SPME/GC/MS, pričom ako hlavné aróma-aktívne zlúčeniny identifikovali 1-pentanol, 1-hexanal, 1-hexanol a 2-pentylfurán.

Z dôvodu rozšírenia poznatkov týkajúcich sa arómy maku siateho sme sa zamerali na analýzu prchavých zložiek viacerých druhov maku siateho, tak klasických modro-semenných odrôd, ako i menej bežných bielo-semenných, resp. jednej okrovej odrody.

### MATERIÁL A METÓDY

Okrem odrôd maku uvedených v Listine registrovaných odrôd v SR pre rok 2011 (Maratón, Opál, Gerlach, Malsar, Major, Albín a Bergam) sa hodnotenie týkalo analýz prchavých frakcií i ďalších vytipovaných odrôd (Orfeus, Aristo, Buddha, Racek, Redy) a jednej odrody od Ing. Fejéra z PU Prešov (Khas-Khas). Všetky uvedené variety okrem odrody Khas-Khas boli pestované na dvoch lokalitách Slovenska: Malý Šariš (MŠ) a Vigľaš–Pstruša (VP) (Tab.1).

Z hľadiska GC/MS štúdia profilu prchavých aromatických látok tvoriacich arómu maku, pozornosť bola zameraná predovšetkým na výber vhodnej izolačnej metódy pre získanie prchavého komplexu. Podmienkou bolo, aby získaný izolát olfaktorickým posúdením kopíroval vzorku maku, z ktorej bol získaný. Ako najvhodnejšia sa ukázala metóda SPME (mikroextrakcia na tuhej fáze), ktorej výhody sú nasledovné:

- pre izoláciu, resp. následne analýzu je postačujúce malé množstvo vzorky (do 5 g)
- pri izolácii prchavých aromatických látok sa nepoužívajú organické rozpúšťadlá
- získaný extrakt prchavých aromatických látok nasorbovaný na SPME vlákne je možné priamo analyzovať metódami GC, čo je významný benefit vzhľadom na možnú redukciu obsahu prchavých aromatických látok pri klasickom zahusťovaní extraktu, resp. elimináciu tvorby artefaktov vplyvom termickej záťaže
- izolácia komplexu prchavých zlúčenín je časovo nenáročná pri veľmi miernom zahreve vzorky (spravidla cca 30 min, pri komodite mak pri 50°C)

Metóda bola testovaná so 4 typmi stacionárnych fáz SPME vlákien (65µm PDMS/DVB, 75µm Carboxen/PDMS, 70µm Carbowax/DVB StableFlex, 50/30µm DVB/Carboxen/PDMS StableFlex) a taktiež s GC kolónami rôznych stacionárnych fáz typu nepolárna Ultra 1 (HP), semipolárna DB-5 (J&W) resp. polárna DB-WAX (J&W) v spojení s GC/MS. Cieľom bolo optimalizovať podmienky

pre získanie maximálnej výťažnosti prchavých aromatických látok maku s dôrazom na optimálnu separovateľnosť získaného prchavého komplexu. Ukázalo sa, metóda SPME vykazuje sľubné výsledky s použitím trojzložkového adsorpčného polymérneho filmu typu DVB/Carboxen/PDMS stacionárnej fázy SPME vlákna. Značnú pozornosť sme venovali v ďalšom kroku optimalizácii podmienok izolácie a separácie komplexu zlúčenín prchavej frakcie maku cez realizáciu súboru analýz využitím metódy SPME v spojení s GC/MS. Výsledky sú nasledovné:

*Podmienky SPME analýzy:*

Návažok vzorky: cca 4,3 g zomletý mak

Teplota termobloku: 50 °C

Doba zahrevu vzorky + SPME vlákna v termobloku: 30 min

SPME vlákno: DVB/Carboxen/PDMS, 2 cm, "FOR ODOURS" (SUPELCO 57328-U, Bellefonte, PA, USA)

Hrúbka filmu stacionárnej fázy SPME vlákna: 50/30 µm

*GC/MS podmienky:*

Plynový chromatograf: HP 5890 II, Hewlett-Packard (Palo Alto, CA, USA)

MS detektor: HP 5971A, Hewlett-Packard (Palo Alto, CA, USA)

Ionizačná energia: 70 eV

Nosný plyn: hélium

Lineárna prietoková rýchlosť He: 35 cm/s

GC kolóna: Ultra 1 HP (50 m x 0,32 mm x 0,52 µm)

Dávkovacia technika: splitless

Teplota injektora: 250 °C

Teplotný program: 40 °C (1 min), 5 °C/min, 240 °C (4 min)

Tabuľka 1: Odrody maku z úrody r. 2011 z pestovateľských lokalít Malý Šariš (MŠ) a Vigľaš-Pstruša (VP) analyzované metódou SPME/GC/MS

Kód	Odroda	Štát *	Farba semena maku
1	Bergam	SK	modrá
2	Gerlach	SK	modrá
3	Major	SK	modrá
4	Malsar	SK	modrá
5	Maratón	SK	modrá
6	Opál	SK	modrá
7	Orfeus	CZ	modrá
8	Aristo	AT	modrá
9	Buddha	HU	modrá
10	Albín	SK	biela
11	Racek	CZ	biela
12	Redy	CZ	okrová
13**	„Khas-Khas“ (Ing. Fejér)	India	biela

\* - krajina EÚ, prípadne iná, v ktorej je odroda zaregistrovaná

\*\* - pestovateľská lokalita bola neznáma

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

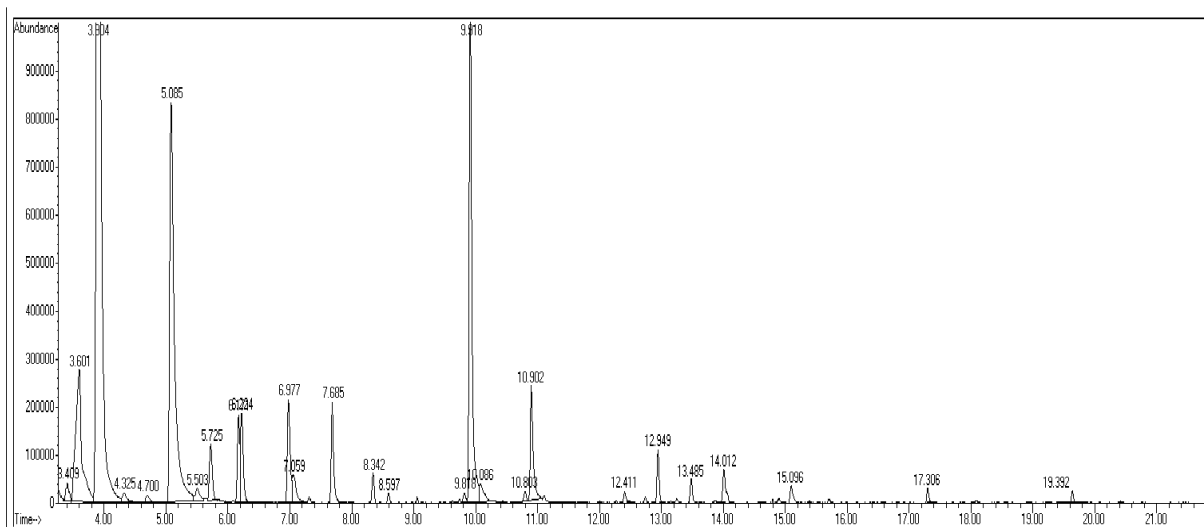
Vo všeobecnosti profil prchavej frakcie analyzovaných variet maku siateho je prioritne tvorený viac či menej početnou skupinou aldehydov, alkoholov, terpenických uhl'ovodíkov, menšou skupinou esterov, ketónov, organických kyselín a derivátov furánu – v závislosti od jednotlivkej variety. Pre všetky predmetné odrody sú spoločné predovšetkým: hexanal, pentanal, heptanal, nonanal, E-2-heptenal, E-2-hexenal, hexanol, 2-pentylfurán, 2-oktenal, kyselina hexánová.

Analýzou celkovo 25 vzoriek maku (z toho 24 z oboch slovenských pestovateľských lokalít) sa zistilo, že variabilita v zložení prchavej frakcie modro-semenných odrôd je pomerne malá, avšak v prípade



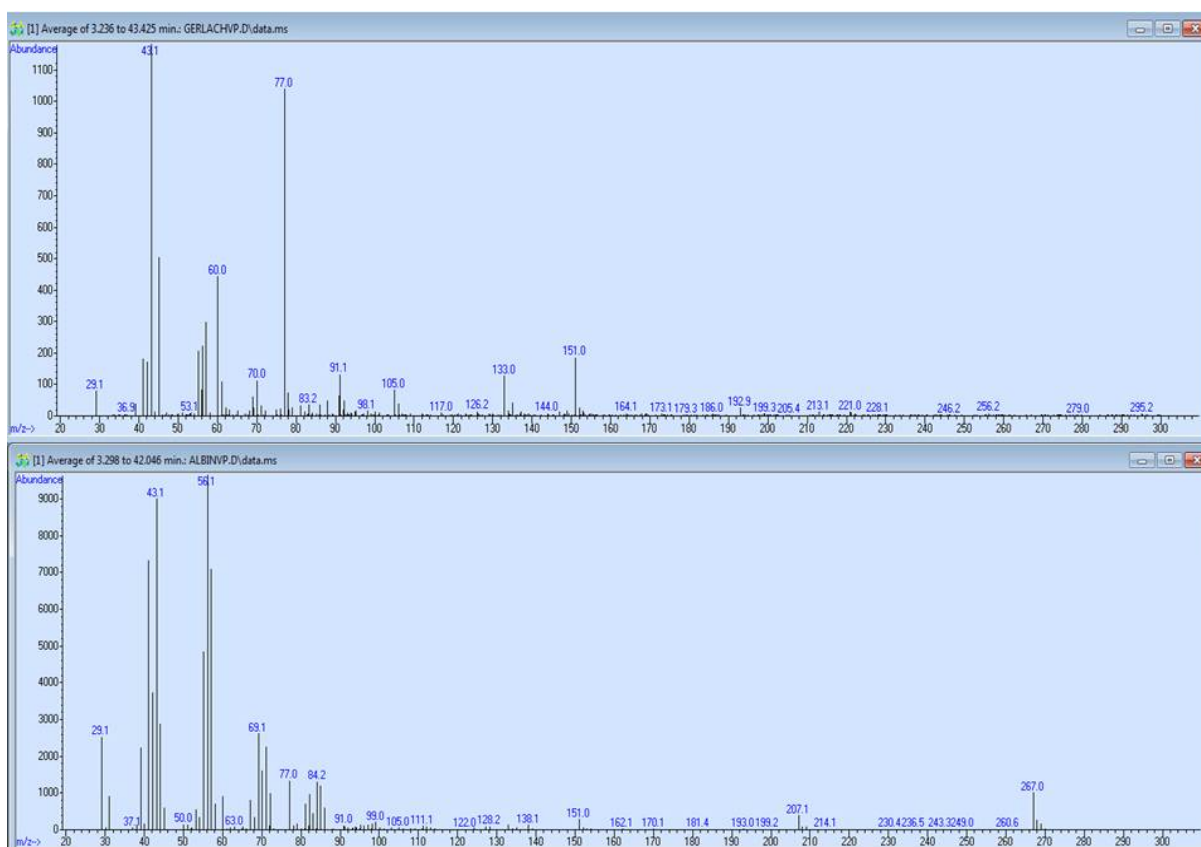
bielo-semennej odrody Albín je kvalitatívne i kvantitatívne zastúpenie prchavých látok výrazne vyššie. V tejto odrode je obsah 2-pentylfuránu – dominantnej zlúčeniny z hľadiska jej príspevku k celkovej aróme maku – približne dvojnásobne vyšší (cca 10%) ako u ostatných analyzovaných odrôd. Súčasne počet separovaných zlúčenín prchavej frakcie Albínu (viac ako 40) je vyšší približne o tretinu v porovnaní s modro-semennými odrodami. Identifikovaných z toho bolo cca 30 prchavých zlúčenín, pričom táto varieta bola špecifická aj sensoricky v celkovom charaktere arómy, výrazne pripomínajúcej vlašské orechy. Chromatografický záznam odrody Albín je na Obr. 1.

Čo sa týka kvantitatívneho zastúpenia, dominantný v odrode Albín je hexanal (cca 25%), po zmienenom 2-pentylfuráne (cca 10%) nasleduje 2-oktenal (cca 8,6%), cca 4% zastúpenie majú: 1-pentanal, 1-pentanol, 1-hexanol, E-2-heptenal, 1-oktén-3-ol, atď.



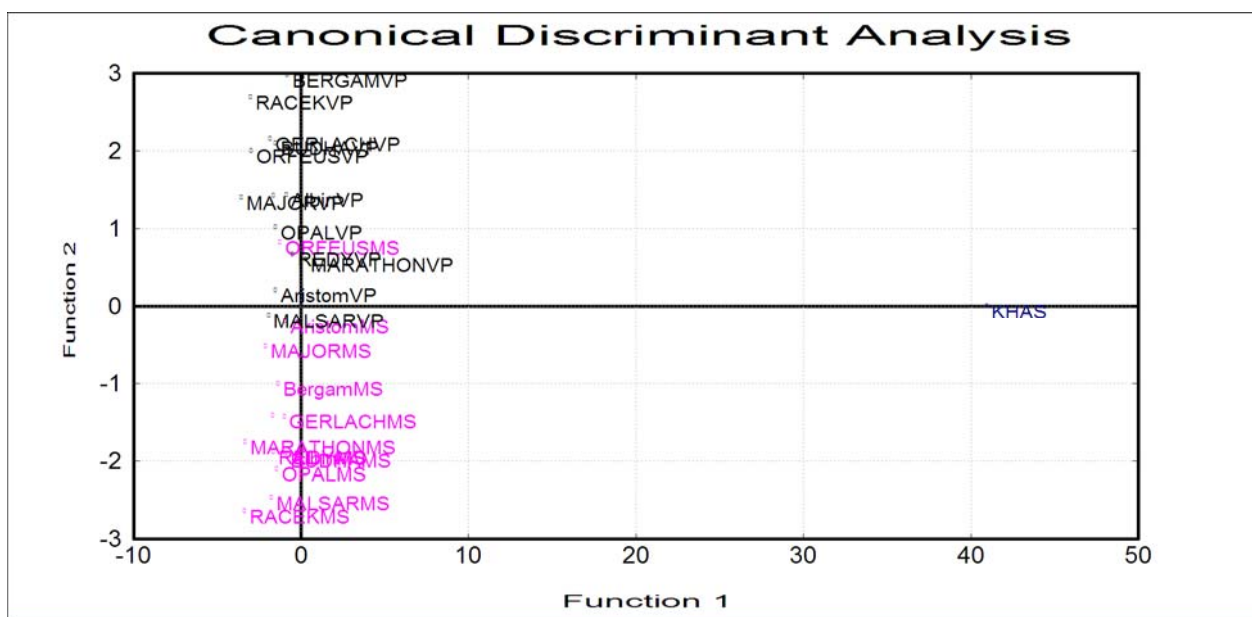
Obrázok 1: Analýza prchavých zlúčenín bielo-semenného maku odrody Albín MŠ metódou SPME/GC/MS

Na základe hmotnostno-spektrometrickej analýzy sme sa pokúsili o rozlíšenie geografického pôvodu jednotlivých odrôd maku. Bolo zistené priemerné hmotnostné spektrum všetkých prchavých zložiek chromatografického záznamu pre každú odrodu a jednotlivé hmotnostné spektrá boli spracované multivariačnou štatistickou analýzou. Na Obr. 2 sú uvedené hmotnostné spektrá prchavých zložiek odrôd modro-semenného maku Gerlach MŠ a bielo-semenného maku Albín MŠ.



Obrázok 2: Porovnanie hmotnostných spektier prchavých zložiek odrôd modro-semenného maku Gerlach MŠ a bielo-semenného maku Albín MŠ

Ako je vidno z Obr. 2 v prípade modrej odrody Gerlach MŠ sú dominantné fragmenty s m/z 43, 77, 133 a 151, kým v prípade bielej odrody Albín MŠ sú to fragmenty s m/z 43, 56, 69 a 84. Získané výsledky boli ďalej spracované multivariačnou analýzou dát – metódou kanonickej diskriminačnej analýzy, ktorej výsledky sú uvedené na Obr. 3.



Obrázok 3: Kanonická diskriminačná analýza rôznych odrôd maku podľa geografického pôvodu ich pestovania s využitím markerov GC/MS analýzy

Kanonická diskriminačná analýza hmotnostných spektier prchavých zlúčenín rôznych odrôd maku (modro-semenné, bielo-semenné, okrovo-semenné) dokázala rozlíšiť jednotlivé odrody s 92% úspešnosťou klasifikácie vzoriek podľa geografického pôvodu. Nesprávne boli zaradené modro-semenné odrody Malsar VP a Orfeus MŠ.

### ZÁVER

Metóda GC/MS v prepojení s metódami multivariačnej štatistickej analýzy môže byť efektívnym nástrojom jednak pri kvalitatívno-kvantitatívnom hodnotení a rozlíšení odrôd maku na základe analýzy ich prchavých frakcií, ako aj diferenciacie jednotlivých variet podľa geografického pôvodu ich pestovania.

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja kontraktom APVV-0248-10 pod názvom „Rastliny maku siateho produkujúce semeno s lepšimi vlastnosťami pre potravinársky priemysel“.*

### LITERATÚRA

Krist, S. – Stuebiger, G. – Unterweger, H. – Bandion, F – Buchbauer, G.: Analysis of volatile compounds and triglycerides of seed oils extracted from different poppy varieties (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(21): 8310-8316.

Adresa autorov: Ing. Emil Kolek, PhD., Ing. Jana Sádecká, PhD., Výskumný ústav potravinársky, Priemyselná 4, 824 75 Bratislava, SR  
E-mail: [kolek@vup.sk](mailto:kolek@vup.sk), [sadecka@vup.sk](mailto:sadecka@vup.sk)

## POROVNANIE OBSAHU TOXICKÝCH, RIZIKOVÝCH A NUTRIČNÝCH PRVKOV V ODRODÁCH MAKU DOPESTOVANÝCH V MALOM ŠARIŠI A VÍGĽAŠI

MÁRIA KOREŇOVSKÁ, EMIL KOLEK

Prezentovaný príspevok je zameraný na zistenie množstva toxických (Hg, Cd, Pb), rizikových (Ni, Cr, Mo) a minerálnych prvkov (Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn a Cu) v semenách 15 odrôd maku Bergam, Gerlach, Major, Malsar, Maraton., Opal, Orfeus, Aristo, Buddha, Albin, Racek, Redy, MSZB- 3, MS – 387 a MS – 423 v dvoch lokalitách Slovenska – Malý Šariš a Vígľaš – Pstrúša. Na stanovenie prvkov bola použitá metóda AAS na grafitovej kyvete a plameni. Ortuť bola nameraná na jednocelovom prístroji AMA 254 na nízkej koncentračnej hladine vo všetkých študovaných odrodách. Najmenej Cd bolo zistené v odrode Bergam a najviac v Albin. Olovo sa kumulovalo do semena odrody maku MS 387. Odroda Maraton obsahovala najväčšie množstvo Cr. Nikel ako rizikový prvok bol nameraný vo všetkých odrodách maku približne v rovnakom množstve. V odrode Orfeus a Opál bolo zistené najväčšie množstvo Mo. Vo Vígľaši bol obsah Zn a Fe (57,6 - 73,7 mg Zn/kg a 83,2 - 124 mg Fe/kg) v semenách makov vyšší než v Šariši (40,1 - 56,6 mg Zn/kg a 38,8 - 55,1 mg Fe/kg). Odroda Albin obsahovala najviac Cu (15,3 mg/kg) a Ca (16415 mg/kg) v semenách, ale najmenej draslíka (5663 mg/kg Šariš a 6878 mg/kg Vígľaš). V odrode Racek bolo namerané najmenej Na ale najviac Mg. Kadmium Zn, Fe, Cu, Mg a K boli identifikované ako markery geografickej autentifikácie semien maku.

Kľúčové slova: odrody maku, toxické prvky, rizikové prvky, minerálne prvky, AAS, PCA

### ÚVOD

Mak siaty (*Papaver somniferum*) je jednoročná rastlina, ktorá sa pestuje pre obsah ópia a olejnatých semien, ktoré sa používajú hlavne v cukrárskej výrobe, pekárstve a domácnostiach. Dominantnými prvkami v semenách maku sú draslík a vápnik (Nergiz, 2006). Mak však obsahuje aj vyššie obsahy minerálnych prvkov horčíka, medi, železa, mangánu, sodíka, fosforu, zinku ale aj toxických a rizikových prvkov ako sú olovo, kadmium, nikel, chróm, vanád, stroncium, lítium a hliník (Özcana, 2006, Özkutlu, 2007). Chizzola et al. (2003) potvrdili tendenciu maku kumulovať ťažké kovy, najmä Cd, Pb a tiež polo-kov arzén z pôdy do semena. Semená maku sú však pre výživu človeka nepostrádateľné, nakoľko obsahujú veľké množstvo minerálnych prvkov.

V našej práci sme sa zamerali na analýzu semena maku odrôd pestovaných pre potravinárske účely Bergam, Gerlach, Major, Malsar, Maraton., Opal, Orfeus, Aristo, Buddha, Albin, Racek, Redy, MSZB- 3, MS – 387 a MS – 423 v dvoch lokalitách Slovenska – Malý Šariš a Vígľaš -Pstrúša. Cieľom bolo zistiť, ktoré odrody maku najviac kumulujú v semenách toxické (kadmium, olovo, ortuť), rizikové (chróm, nikel, molybdén) a minerálne prvky (sodík, vápnik, horčík, draslík, železo, meď, zinok) a či sa dajú využiť na regionálnu distribúciu maku, teda vyhľadať markery geografickej autentifikácie maku.

### MATERIÁL A METÓDA

Analyzovali sme vzorky semien maku 15 odrôd (Bergam, Gerlach, Major, Malsar, Maraton., Opal, Orfeus, Aristo, Buddha, Albin, Racek, Redy, MSZB- 3, MS – 387 a MS – 423), ktoré boli vysiate na pokusných políčkach Centra výskumu rastlinnej výroby Piešťany - Výskumno-šľachtiteľskej stanici Malý Šariš a Vígľaš -Pstrúša v roku 2011. Na stanovenie prvkov sme použili metódu atómovej absorpčnej spektrometrie v grafitovej piecke a na plameni (Perkin Elmer 4100, HGA700, Norwalk, USA). Vzorky maku sme pred samotným meraním rozkladali v prostredí kyseliny dusičnej vo vysokotlakovom mikrovlnnom systéme Milestone 1200 MEGA 2000 (Sorisolet, Taliansko). Použili sme program na rozklad matrice: 250 W (1min), 0 W (1 min), 250 W (5 min), 400 W (5 min) a 650 W (5 min). Mineralizát sme kvantitatívne preliali do 10 ml odmernej banky a doplnili po značku deionizovanou vodou.

Správnosť metódy sme potvrdili metódou výťažnosti stanovovaného prvku prídavkom do matrice pred mineralizáciou vzorky na dvoch koncentračných hladinách, nakoľko sme nemali CRM danej matrice. Výťažnosť sledovaných prvkov sa pohybovala v rozmedzí 96 – 105 %.

Ortuť sme merali na jednocelovom ortuťovom analyzátore AMA 254 (Altech, Praha, ČR) priamo bez predchádzajúceho rozkladu. Správnosť metódy sme potvrdili meraním CRM: ZC73013 spinage a BCR 150 milk.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 1 sú namerané priemerné množstvá toxických a rizikových prvkov v semenách maku v odrodách dopestovaných vo Výskumno-šľachtiteľskej stanici Malý Šariš a Vigľaš - Pstrúša. Porovnaním hladiny ortuti v sledovaných odrodách sme zistili, že vo všetkých odrodách je veľmi malé množstvo Hg ( od 0,0044 mg/kg vo Vigľaši do 0,0079 mg/kg v Šariši) a teda nie je možné povedať, ktorá odroda najviac kumuluje ortuť. Pre toxický prvok Cd je však nameraná hladina vyššia v odrodách dopestovaných vo Vigľaši (od 0,38 do 0,46 mg/kg v odrode Albín) ako v Šariši (0,211 po 0,313 mg/kg). Najmenej Cd bolo namerané v odrode Bergam v obidvoch pestovateľských oblastiach, ale vo všetkých ďalších odrodách je úroveň kontaminácie kadmium približne rovnaká. Hladina toxického prvku Pb bola tiež v obidvoch pestovateľských oblastiach približne rovnaká vo všetkých odrodách maku s výnimkou odrody MS 387 dopestovanej v Šariš (0,690 mg/kg) a vo Vigľaši (0,940 mg/kg), teda môžeme konštatovať, že táto odroda kumuluje olovo do semena. Hladina chrómu v semenách sledovaných odrôd je v obidvoch pestovateľských oblastiach približne rovnaká, až na odrody Bergam, Gerlach, Malsar, v ktorých množstvo Cr je veľké ale len vo vzorkách dopestovaných vo Vigľaši. Odroda Maratón obsahovala väčšie množstvo Cr v obidvoch lokalitách. Nikel ako rizikový prvok bol nameraný približne v rovnakom rozsahu v obidvoch lokalitách (od 1,08 do 2,01 mg/kg v Šariši a od 1,01 do 1,94 mg/kg vo Vigľaši). Odrody Racek, Albín a Malsar obsahovali najviac Ni v semenách maku dopestovaných v obidvoch lokalitách. Hladinu molybdénu vo Vigľaši sme namerali nižšiu (0,33 – 0,86 mg/kg) ako v Šariši (0,65 – 1,28 mg/kg) a zistili sme, že najväčšie množstvo Mo obsahovala odroda Orfeus a Opál v obidvoch pestovateľských lokalitách. V tabuľke 2 sú namerané priemerné množstvá minerálnych prvkov v semenách maku v odrodách dopestovaných vo Výskumno-šľachtiteľskej stanici Malý Šariš a Vigľaš - Pstrúša. Z nameraných obsahov Zn a Fe vidieť, že hladina týchto prvkov je vyššia v semenách makov, ktoré boli dopestované vo Vigľaši (57,6 - 73,7 mg Zn/ kg a 83,2 - 124 mg Fe/kg) než v Šariši (40,1 - 56,6 mg Zn/ kg a 38,8 - 55,1 mg Fe/kg). Najviac Fe a Zn obsahovali odrody Racek a Albín. Obsah medi v semenách maku v odrodách vysiatych vo Vigľaši bol vyšší ako v Šariši, ale rozdiel nebol výrazný. Odroda Albín obsahovala najviac Cu ( 15,3 mg/kg) v semenách dopestovaných v obidvoch lokalitách. Semená maku obsahovali najväčšie množstvo vápnika v rozsahu 11810 - 15345 mg/kg v Šariši a 12010 – 16415 mg/kg vo Vigľaši. Zistili sme, že najbohatším zdrojom Ca je odroda Albín, ktorá však obsahovala najmenej draslíka (5663 mg/kg Šariš a 6878 mg/kg Vigľaš). Pestované odrody maku sa výrazne nelíšili v množstve draslíka v semenách (5663 – 7967 mg/kg Šariš a 6878 – 9825 mg/kg Vigľaš) ale najviac K obsahovali odrody Major a MSZB3. Odrody maku sa tiež len veľmi málo líšili v množstve sodíka (292 – 346 mg/kg Šariš a 294 – 337 mg/kg Vigľaš) a horčíka ( 3133 - 3579 mg/kg Šariš a 3098 - 3622 mg/kg Vigľaš). Najviac sodíka sme namerali v odrode MSZB3 a najmenej v odrode Racek, ale práve v odrode Racek bolo zistené najväčšie množstvo Mg v obidvoch pestovateľských lokalitách.

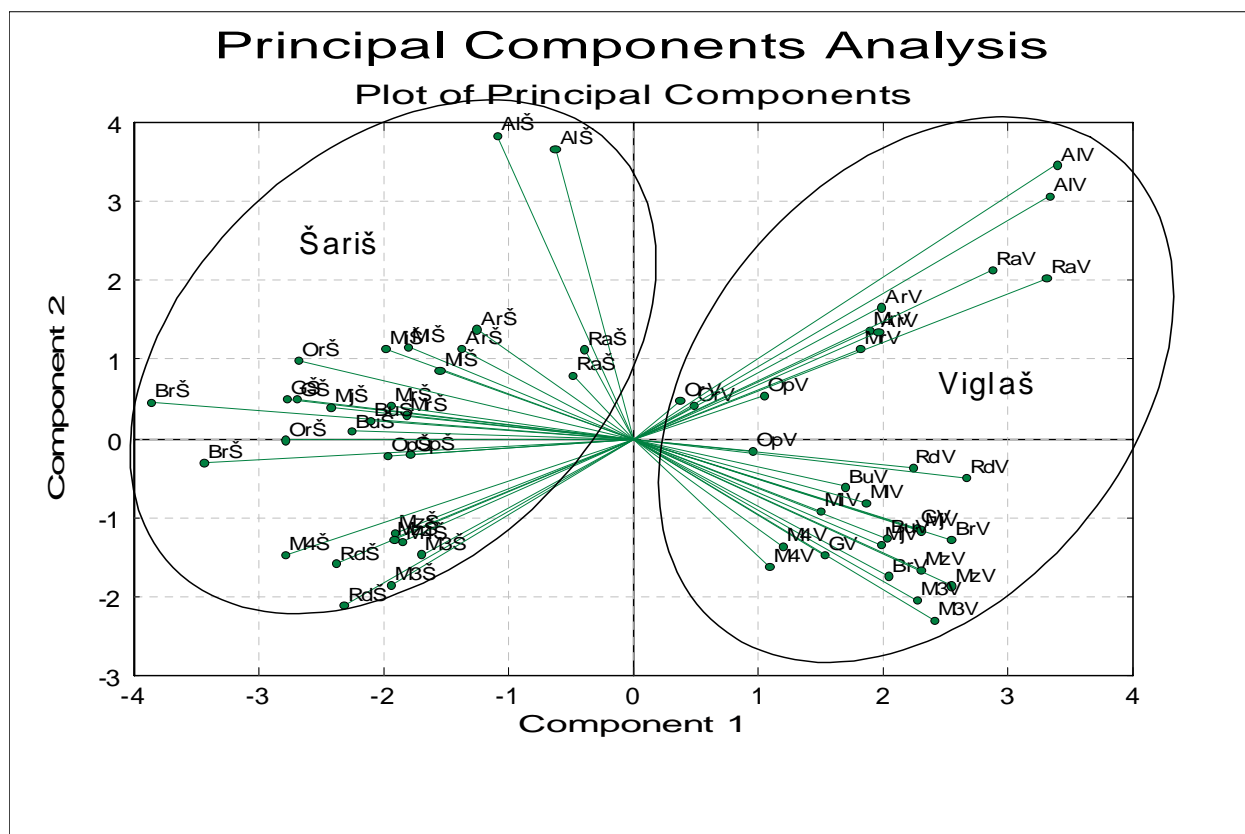
Namerané obsahy prvkov v semenách makov sme vyhodnotili na programe UNISTAT metódou PCA (Principal Component Analysis) podľa pestovateľskej oblasti. Zistili sme, že pri regionálnej distribúcii vzoriek maku má na prvú komponentu najväčší vplyv obsah prvkov: Cd, Zn, Fe, na druhú komponentu: Cu, Hg, K, a na tretiu komp. Mo, Ni a Na. PCA analýza zaradila vzorky maku do skupín so 100% správnosťou, podľa oblasti pestovania, vid' obr. 1.

Tabuľka 1: Porovnanie priemerného množstva toxických a rizikových prvkov ( mg/kg) v semenách maku dopestovaných v Malom Šariši (Š) a Vígľaši (V)

odroda	Cd Š	Cd V	Pb Š	Pb V	Hg Š	Hg V	Cr Š	Cr V	Ni Š	Ni V	Mo Š	Mo V
<b>Bergam</b>	0,211	0,38	0,116	0,30	0,0075	0,0055	0,088	0,234	1,24	1,09	1,23	0,39
<b>Gerlach</b>	0,269	0,39	0,339	0,30	0,007	0,006	0,084	0,230	1,54	1,12	1,08	0,43
<b>Major</b>	0,256	0,39	0,275	0,27	0,0078	0,0068	0,084	0,202	1,88	1,37	0,90	0,48
<b>Malsar</b>	0,292	0,38	0,132	0,29	0,0067	0,0051	0,074	0,219	2,01	1,76	0,84	0,58
<b>Maraton</b>	0,306	0,4	0,262	0,14	0,0074	0,0067	0,117	0,209	1,38	1,9	0,89	0,65
<b>Opal</b>	0,313	0,4	0,253	0,14	0,0059	0,0063	0,074	0,185	1,42	1,15	1,05	0,82
<b>Orfeus</b>	0,288	0,39	0,159	0,13	0,0061	0,0058	0,074	0,074	1,13	1,01	1,28	0,86
<b>Aristo</b>	0,276	0,42	0,27	0,21	0,0071	0,0057	0,074	0,082	1,59	1,94	0,83	0,61
<b>Buddha</b>	0,277	0,43	0,246	0,33	0,0075	0,0057	0,079	0,101	1,69	1,87	0,85	0,45
<b>Albín</b>	0,283	0,46	0,199	0,16	0,0069	0,0055	0,062	0,070	1,92	1,9	0,94	0,60
<b>Racek</b>	0,3	0,43	0,299	0,09	0,0063	0,005	0,073	0,056	1,87	1,77	0,70	0,46
<b>Redy</b>	0,225	0,42	0,262	0,33	0,0064	0,0044	0,073	0,079	1,44	1,65	0,70	0,33
<b>MSZB3</b>	0,275	0,42	0,476	0,47	0,0074	0,0061	0,063	0,071	1,51	1,9	0,73	0,42
<b>MS 387</b>	0,277	0,45	0,69	0,94	0,0064	0,0064	0,086	0,059	1,08	1,43	0,66	0,38
<b>MS 423</b>	0,284	0,42	0,36	0,43	0,0066	0,0066	0,072	0,063	1,33	1,54	0,65	0,39

Tabuľka 2 Porovnanie priemerného množstva minerálnych prvkov ( mg/kg) v semenách maku dopestovaných v Malom Šariši (Š) a Vígľaši (V)

odroda	Ca Š	Ca V	Mg Š	Mg V	K Š	K V	Zn Š	Zn V	Fe Š	Fe V	Na Š	Na V	Cu Š	Cu V
<b>Bergam</b>	13400	15130	3308	3518	7967	8455	40,1	61,5	39,2	92,1	306	337	9,00	10,8
<b>Gerlach</b>	14105	13940	3289	3360	7028	8977	42,3	59,9	38,8	93,7	308	308	9,38	11,5
<b>Major</b>	14335	13770	3315	3526	7342	9825	48,2	64,9	42,8	103	317	302	10,2	11,3
<b>Malsar</b>	13575	13590	3303	3586	7154	8072	45,5	58,6	45,3	92,9	309	317	9,37	9,11
<b>Maraton</b>	13615	15355	3133	3456	6788	7506	48,2	64,2	41,5	104	320	319	11,3	11,9
<b>Opal</b>	13315	15440	3318	3473	7704	8056	44,8	58,9	44,2	87,4	308	315	9,16	10,6
<b>Orfeus</b>	13165	14785	3410	3433	7296	8297	42,6	57,6	46,4	83,2	294	294	9,04	10,5
<b>Aristo</b>	14325	14835	3529	3409	7114	7790	53,5	61,6	53,7	103	298	301	11,4	12,4
<b>Buddha</b>	14310	13690	3573	3188	7434	8340	43,2	59,1	49,9	100	312	333	8,56	10,0
<b>Albín</b>	15345	16415	3412	3189	5663	6878	56,6	73,7	55,1	124	304	305	15,3	15,3
<b>Racek</b>	13010	12950	3558	3594	7541	7347	56,1	72,5	55,9	108	292	296	11,9	15,6
<b>Redy</b>	11535	12010	3140	3098	7550	7680	43,1	64,8	45,7	107	346	313	8,53	12,1
<b>MSZB3</b>	13150	12825	3319	3432	7627	9564	45,5	64,4	45,5	105	335	330	9,83	11,1
<b>MS 387</b>	12995	14675	3510	3622	7561	7892	46	67,1	42,5	111	294	333	8,53	9,69
<b>MS 423</b>	11810	12805	3464	3168	7786	7914	41,3	61,5	42	89,9	294	337	7,58	10,2



Obrázok 1: Geografická diferenciácia odrôd maku dopestovaných v Malom Šariši a Vigľaši –Pstrúši metódou PCA.

Podakovanie: Táto práca bola vytvorená realizáciou projektu APVV – 0248 – 10 pod názvom “ Rastliny maku siateho produkujúce semeno s lepšimi vlastnosťami pre potravinársky priemysel”.

## LITERATÚRA

- NERGIZ, C. - OTLES, S: *The proximate composition and some minor constituents of poppy seeds*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 66, 2006, 2, p. 117-120.
- ÖZCAN, M.M. - ATALAY, C.: *Determination of seed and oil properties of some poppy (Papaver somniferum L.) varieties*. Grasas y Aceites, 57, 2006, 2, p.169-174.
- ÖZKUTLU, F.- KARA, S.M.- SEKEROGLU, N.: *Determination of mineral and trace elements in some spices cultivated in Turkey*. Acta Horticulturae, 756, 2007, p. 321-327.
- CHIZZOLA R.- MICHITSCH H.- FRANZ C.: *Monitoring of metallic micronutrients and heavy metals in herbs, spices and medicinal plants from Austria*. European Food Research Technology, 216, 2003, p. 407–411.

Adresa : RNDr. Mária Koreňovská, Ing. Emil Kolek PhD., Výskumný ústav potravinársky, Priemyselný 4, 824 75 Bratislava, SR  
e-mail: [korenovska@vup.sk](mailto:korenovska@vup.sk), [kolek@vup.sk](mailto:kolek@vup.sk)

Názov: **Mak siaty pre Slovensko.**  
**Zborník zo 4. odborného seminára.**

Autor: Kolektív

Zostavovateľ: RNDr. Michaela Havrlentová, Ph.D., Ing. František Fišer, CSc., Doc.  
Ing. Jiří Rotrekl, CSc., RNDr. Darina Muchová, RNDr. Andrea  
Hlinková, doc. Ing. Milan Čertík, Ph.D., Ing. Tibor Maliar, Ph.D., Ing.  
Emil Kolek, Ph.D.

Typografia/technická úprava: Jarmila Poništová

Vydanie: prvé

Vydavateľ: Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany  
Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany

Rok vydania: 2012

Počet strán: 48 strán

Tlač: CVRV Piešťany

Formát: A4

Náklad: 20 ks

Nepredajné/Určené pre vlastnú potrebu.

**ISBN 978-80-89417-43-8**

