

VÝZKUM FUNKČNÍCH SLOŽEK KUKUŘIČNÉHO HEDVÁBÍ

PENG LI a LUBOMÍR LAPČÍK

Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 275, 760 01 Zlín
lapcik@ft.utb.cz

Došlo 13.6.17, přijato 31.7.17.

Klíčová slova: kukuřičné hedvábí, zdravotní účinky, bioaktivita, antioxidační aktivita, ionty kovů, trh, extrakce

Obsah

1. Úvod
2. Technologie extrakce bioaktivních složek kukuřičného hedvábí
 - 2.1. Extrakce polysacharidů kukuřičného hedvábí
 - 2.2. Extrakce flavonoidů kukuřičného hedvábí
 - 2.3. Extrakce fenolických látek kukuřičného hedvábí
3. Vztah mezi extrakcí bioaktivních složek a typem odrůdy a zralostí kukuřičného hedvábí
4. Antioxidační aktivita extraktů kukuřičného hedvábí
5. Extrakty kukuřičného hedvábí a jejich anti-diabetický účinek
6. Protinádorové vlastnosti kukuřičného hedvábí
7. Toxicita kukuřičného hedvábí
8. Další zdraví prospěšné vlastnosti kukuřičného hedvábí
9. Účinky adsorpce iontů kovů kukuřičným hedvábím
10. Postavení kukuřičného hedvábí na trhu a budoucí vývoj

1. Úvod

Kukuřičným hedvábím (CS) jsou označována obalová pletiva rostliny *Zea mays* L. (kukuřice setá), jež jsou obvykle považována za levný a hojně dostupný vedlejší produkt, který je ponechán bez užitku, spálen nebo použit jako krmivo. Kukuřičné hedvábí však obsahuje mnoho druhů nutričních a bioaktivních látek, jako jsou polysacharidy, fenoly, flavonoidy a antokyany. Kukuřičné hedvábí má proto významný léčivý a zdravotní benefit¹. Funkce extraktů CS zahrnuje antioxidační, protinádorové, antiobezitní, anti-diabetické a protizánětlivé účinky². Extrakty kukuřičného hedvábí mají též pozitivní účinky na srdeční a ledvinová onemocnění^{3,4}. Současně jsou důležitými vlastnostmi CS také netoxicity a biologická sorpce iontů

kovů^{5,6}. Aktuální studie a publikované články o kukuřičném hedvábí nejsou početné, na fytochemické a farmakologické aspekty CS se zaměřuje pouze jediná studie z r. 2012 (cit.⁷). Předkládané review představuje, spojuje, analyzuje a diskutuje nejen výše uvedené aspekty, ale také extrakci bioaktivních složek kukuřičného hedvábí, tržní status a budoucí uplatnění CS. Tato studie kromě toho uvádí dřívější i nejnovejší výsledky publikované v rámci výzkumu kukuřičného hedvábí.

2. Technologie extrakce bioaktivních složek kukuřičného hedvábí

2.1. Extrakce polysacharidů kukuřičného hedvábí

Tradiční technologie extrakce polysacharidů kukuřičného hedvábí (CPS) zahrnuje extrakci horkou vodou, enzymatickou extrakci, extrakci za pomoci ultrazvuku a mikrovlnnou extrakci^{8–10}. Chen a spol.² aplikovali enzymolýzu spolu s technologií extrakce ultrazvukem, čímž dosáhli mírnějších extrakčních podmínek, nižších nákladů a menší spotřeby energie a zjednodušili samotný extrakční proces. Optimální podmínky enzymolyticko-ultrazvukové extrakce byly stanoveny jako následující: obsah celulosy 7,5 % pro 150 min extrakce při 55 °C a poměr kapalina-pevná látka 31,8 pro 34,2 min při 66,3 °C. Za těchto podmínek se výtěžek polysacharidů kukuřičného hedvábí zvýší ze 4,56 % na 7,10 % (ve srovnání s extrakcí teplou vodou) a extrahované CPS poskytují na základě své konformace lepší antioxidační a protinádorovou aktivitu. Chen a spol.² i Maran a spol.¹¹ využili Boxův-Benkenův design (BBD) metodologie povrchové odezvy pro statistickou analýzu extrakčního procesu a optimalizaci extrakčních podmínek. BBD je nezávislý, rotační kvadratický design bez vložených faktoriálních nebo zlomkových faktoriálních bodů, kde proměnné kombinace leží ve středních bodech mezi okraji variabilní řady a uprostřed této řady¹¹. BBD tak umožňuje efektivněji a jednodušeji uspořádat a interpretovat experimenty než optimalizovat extrakční podmínky¹². Kvadratická rovnice BBD je následující:

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} X_j^2 + \sum_{i < j=2}^k \sum_{i=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + e_i$$

kde Y je odezva; X_i a X_j jsou proměnné (i a j leží v rozmezí 1 až k); β_0 je modelový intercepční koeficient; β_j , β_{jj} a β_{ij} jsou interakční koeficienty lineárního, kvadratického a druhého řádu; k je počet nezávislých parametrů a e_i je chyba měření¹³.

2.2. Extrakce flavonoidů kukuřičného hedvábí

Celková technologie extrakce flavonoidů zahrnuje extrakci horkou vodou, alkalickou vodou nebo alkalickým zředěným alkoholem a extrakci organickými rozpouštědly. Dále je možné využít mikrovlnnou extrakci, ultrazvukovou extrakci, superkritickou kapalinovou extrakci, enzymatickou extrakci, vodnou dvoufázovou extrakci, semi-bionickou extrakci, membránovou separaci, extrakci horkou tekutinou a vysokotlakou kapalinovou extrakci¹⁴⁻²¹. Peng a spol.¹ provedli extrakci 80 °C horkou vodou, výtěžek flavonoidů kukuřičného hedvábí (CSF) činil 10,45 %. Liu a spol.²² využili k extrakci flavonoidů 95% ethanol o teplotě 50 °C, nejvyšší celkový obsah CSF byl 69,4±5,1 µg RE g⁻¹ DCS (RE = ekvivalent rutinu, DCS = sušina kukuřičného hedvábí). Liu a spol.²³ aplikovali superkritickou kapalinovou extrakci flavonoidů a použili BBD metodologii povrchové odezvy pro analýzu a optimalizaci extrakčních podmínek. Maximální výtěžek CSF činil přibližně 4,24 mg g⁻¹, optimální podmínky extrakce byly 50,88 °C, 41,80 MPa, obsah vody v ethanolovém rozpouštědle 2,488 ml g⁻¹, doba trvání extrakce 120 min, velikost částic 0,4 mm a použití 20% vodného roztoku ethanolu jako rozpouštědla.

2.3. Extrakce fenolických látek kukuřičného hedvábí

Technologie extrakce rostlinných polyfenolů zahrnuje extrakci rozpouštědlem, extrakci ultrazvukem a mikrovlnnou technikou, superkritickou kapalinovou extrakci, extrakci iontovým vysrážením a separační adsorpcí²⁴⁻²⁷. Liu a spol.²² extrahovali fenolické látky kukuřičného hedvábí (CSP) za pomoci 50% ethanolu; nejvyšší celkový obsah CSP činil 164,1±9,7 µg GAE g⁻¹ DCS (GAE = ekvivalent kyseliny gallové, DCS = sušina kukuřičného hedvábí).

3. Vztah mezi extrakcí bioaktivních složek a typem odrůdy a zralostí kukuřičného hedvábí

Obsah bioaktivních složek kukuřičného hedvábí závisí též na typu odrůdy a zralosti kukuřičného hedvábí. Sarepoua a spol.²⁸ zjišťovali celkový obsah fenolických látek (TPC), celkový obsah flavonoidů (TFC) a celkový obsah anthokyaninů (TAC) v 5 vzorcích purpurové voskové kukuřice, 3 vzorcích bílé voskové kukuřice a 2 vzorcích supersladké kukuřice v posklizňové fázi, ve fázi mléčné zralosti a ve fázi plné zralosti. Zkoumané vzorky vykazovaly nejvyšší obsah TAC a v případě purpurové kukuřice i TPC ve fázi mléčné zralosti, obsah flavonoidů (TFC) byl nejvyšší v posklizňové fázi; u supersladké a bílé voskové kukuřice byl nejvyšší obsah TPC stanoven v posklizňové fázi. Rahman a Wan Rosli²⁹ stanovili v nezralém kukuřičném hedvábí vyšší obsah polyfenolů a flavonoidů.

4. Antioxidační aktivita extraktů kukuřičného hedvábí

Mnohé bioaktivní složky kukuřičného hedvábí, zejména fenolické látky, polysacharidy, flavonoidy, taniny a anthokyaniny mají antioxidační vlastnosti, jsou tedy schopny zachytávat volné kyslíkové radikály a inhibovat peroxidaci³⁰. Liu a spol.²² zjistili, že uvedené vlastnosti vykazují dva druhy flavonoidních glykosidů kukuřičného hedvábí: glykosid isoorientin-2''-O-α-L-rhamnosid a 3'-methoxymayin, přičemž zvláště isoorientin-2''-O-α-L-rhamnosid vykazoval ve srovnání s dalšími flavonoidními glykosidy kukuřičného hedvábí významnou antioxidační aktivitu, schopnost zachytávat volné radikály prokázanou pomocí 1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazinu (DPPH), redukční schopnost a schopnost chelatace kovů.

Žilić a spol.³¹ porovnávali antioxidační aktivitu extraktů ze 4 vzorků kukuřičného hedvábí (žlutě, zeleně, růžově a fialově zbarvených) a extraktů z listů 6 různých léčivých bylin: máty peprné (*Mentha piperita*), meduňky lékařské (*Melissa officinalis*), jinanu dvoulaločného (*Ginkgo biloba*), mateřídoušky úzkolisté (*Thymus serpyllum*), šalvěje lékařské (*Salvia officinalis*) a zeleného čaje (čajovníku čínského, *Camellia sinensis*). Výsledky prokázaly vyšší obsah fenolických a flavonoidních látek a větší antioxidační aktivitu u kukuřičného hedvábí.

Maksimović a spol.³² hodnotili 15 vzorků kukuřičného hedvábí extrahovaného ve vodném roztoku acetonu; výsledky prokázaly, že obsah polyfenolů je hlavním standardem pro určení antioxidační kapacity. Rahman a Wan Rosli²⁹ zjistili, že vodné, ethanolové a ethylacetátové extrakty z nezralého kukuřičného hedvábí mají větší antioxidační kapacitu než zralé CS. V rámci studie provedené Chen a spol.² bylo stanoveno, že extrakty polysacharidů kukuřičného hedvábí získané enzymolyticky-ultrazvukovou extrakcí vykazovaly vyšší antioxidační a protinádorovou aktivitu než polysacharidy extrahované horkou vodou. Vranješ a spol.³ studovali účinky extraktů medvědice, petržele a kukuřičného hedvábí na antioxidační kapacitu v ledvinách myši; obdržené výsledky prokázaly, že extrakty z petržele a kukuřičného hedvábí by mohly najít využití při léčbě onemocnění ledvin vyvolaných oxidanty.

Chen a spol.³³ zkoumali 3 různé chemicky modifikované polysacharidy kukuřičného hedvábí (sulfátované, acetylované a karboxymethylované deriváty) a zjistili, že karboxymethylované polysacharidy měly lepší rozpustnost, užší distribuci molekulové hmotnosti, nižší vnitřní viskozitu, velmi rozvětvenou konformaci a značně vyšší antioxidační schopnosti než přírodní polysacharidy a ostatní deriváty. Karboxymethylované deriváty kukuřičného hedvábí tak mohou představovat nový nutraceutický doplněk pro lidskou výživu.

5. Extrakty kukuřičného hedvábí a jejich antidiabetický účinek

Kukuřičné hedvábí bylo po dlouhou dobu používáno jako tradiční antidiabetikum v Číně a Americe⁷. Vodné extrakty CS zahrnují polysacharidy, flavonoidy a fenolické látky, které dokáží snížit hladinu glukosy v krvi³⁴. Chen a spol.³³ navíc zjistili, že některé chemicky modifikované CSP (karboxymethylované polysacharidy) vykazují lepší inhibiční α -amylasy. Zhao a spol.³⁵ srovnávali antidiabetické účinky kukuřičných polysacharidů u zdravých kryš a kryš trpících hyperglykemií; jejich výsledky prokázaly, že CSP nevyvolaly žádnou nežádoucí hypoglykémii u zdravých kryš, měly však pozoruhodný hypoglykemický účinek u kryš s hyperglykemií.

6. Protinádorové vlastnosti kukuřičného hedvábí

Kukuřičné hedvábí je velmi vhodné k léčbě a prevenci nádorových onemocnění vyvolaných oxidanty a záněty, neboť extrakty CS mají mimořádnou antioxidační, antiradikálovou a protizánětlivou schopnost^{7,36}. Yang a spol.³⁷ zkoumali hepatoprotektivní aktivitu kukuřičných polysacharidů u myši majících nádor jater H22. Autoři studie prokázali, že CPS mohou inhibovat růst karcinomu jater, prodloužit délku života myši s nádorem H22, zvýšit tělesnou hmotnost a počet periferních bílých krvinek (WBC), a také bez toxikologických účinků zvýšit produkci cytokinů v krevním séru, jako jsou IL-2, IL-6 a TNF- α . Kukuřičné hedvábí by tak mohlo být využito jako podpůrné protinádorové léčivo omezující bolestivé účinky chemoterapie.

Choi a spol.³⁸ se zabývali výzkumem neuroprotektivních účinků flavonoidních glykosidů CS na apoptózu buněk SK-N-MC lidského neuroblastomu, jež byla vyvolána oxidačním stresem (působením H₂O₂). Výsledky ukázaly, že předběžná léčba nádoru extrakty CS redukovala cytotoxický účinek H₂O₂ na buňky SK-N-MC, snížila uvolňování laktátdehydrogenasy i hladinu vnitrobuněčných kyslíkových radikálů a inhibovala štěpení poly-ADP-ribosopolymerasy. Jinými slovy, poškození DNA a apoptóza buněk vyvolaná působením H₂O₂ byly významně redukovány. Kromě toho, předběžná léčba extrakty CS 5 až 50 $\mu\text{g ml}^{-1}$ po dobu 2 hodin význačně a v závislosti na dávce zvýšila hladinu mRNA antioxidačních enzymů (CAT, GPx-1, SOD-1, SOD-2 a HO-1) v buňkách vystavených působení 200 μM H₂O₂.

Lee a spol.³⁹ zkoumali protinádorové vlastnosti flavonoidů kukuřičného hedvábí na androgen-nezávislý karcinom prostaty (PC-3). Výsledky prokázaly, že extrakty CS v závislosti na dávce redukovaly životnost buněk PC-3, které při koncentraci dávky 200 $\mu\text{g ml}^{-1}$ byly redukovány o 87 %. Léčba kukuřičným hedvábím tedy významně indukovala apoptózu nádorových buněk, fragmentaci DNA, depolarizaci elektrického potenciálu mitochondriální membrány a snížení úrovně exprese genů *Bcl-2* a hladiny enzymu pro-kaspasa-3. Mimoto tato léčba rovněž výrazně

redukovala fosforylaci fluoroproteinů ART (proteinů vázajících se na arrestin) a estrogen-příbuzných receptorů (ERR). Účinek extraktů CS vedoucí ke smrti nádorových buněk PC-3 by také mohl být synergizován společnou aplikací těchto extraktů s 5-fluorouracil etoposidem, cisplatinou nebo kamptothecinem. Liu a spol.²³ popsali schopnost flavonoidů kukuřičného hedvábí zachytávat dusitaný, čehož by mohlo být využito k prevenci nádorových a chronických onemocnění vyvolaných působením dusitanů.

7. Toxicita kukuřičného hedvábí

Saheed a spol.⁴ se zabývali toxickým účinkem vodných extraktů kukuřičného hedvábí v dávce 100, 200 a 400 mg kg^{-1} tělesné hmotnosti laboratorní wistarské krysy; hematologické ukazatele byly průběžně hodnoceny po 24 hodinách a výsledky za 1, 7, 14, 21 a 28 dní prokázaly, že vodný extrakt CS není hematotoxický. Výzkum Yanga a spol.³⁷ dokázal, že polysacharidy kukuřičného hedvábí nemají žádné toxické účinky při léčbě myši s nádorem H22. Peng a spol.¹ ve své studii prokázali, že flavonoidový extrakt kukuřičného hedvábí nevykazoval u myši žádnou subchronickou toxicitu ani genotoxicitu při aplikaci maximální experimentální dávky 10 $\text{g kg}^{-1} \text{den}^{-1}$. Také ve studii Wanga a spol.⁶ nebyla zjištěna žádná subchronická toxicita nebo nepříznivé účinky u samečů a samic wistarské krysy při příjmu extraktů CS o dávce cca 10 $\text{g kg}^{-1} \text{den}^{-1}$ po dobu 90 dnů. Netoxicitu kukuřičného hedvábí a jeho výtažků rovněž potvrzují další studie⁷.

8. Další zdraví prospěšné vlastnosti kukuřičného hedvábí

Chaittianan a spol.⁴⁰ zjistili, že flavonoidy a fenolické látky extrahované 50% ethanolem z hedvábí sladké a voskové kukuřice mají antiobezitní potenciál působící proti tvorbě tukových buněk (adipogenezi) a spouštějící lipolýzu. Rafsanjany a spol.³⁶ prokázali, že deriváty flavan-4-olu a derhamnosylamaysinu získané z kukuřičného hedvábí by mohly léčit nekomplikovanou infekci močových cest vzhledem ke své antiadhezivní aktivitě proti uropatogenní *E. coli*, namísto použití benzethoniumchloridu. Saheed a spol.⁴ při svém výzkumu zjistili, že vodné extrakty CS by mohly léčit koronární choroby srdce. Vranješ a spol.³ konstatovali, že 96% ethanolové extrakty z CS by mohly zmírňovat onemocnění ledvin a být využity k prevenci různých poruch ledvin.

9. Účinky adsorpce iontů kovů kukuřičným hedvábím

Vzhledem k rostoucímu znečištění vodních zdrojů získává kukuřičné hedvábí význam jako nový adsorbent iontů těžkých kovů. Yu a spol.⁵ zkoumali u kukuřičného hedvábí modifikovaného kyselinou dusičnou (HNO₃-

MCS) biosorpci iontů Cu^{2+} , Co^{2+} a Ni^{2+} s ohledem na iontovou rovnováhu, kinetická a termodynamická hlediska. Výsledky potvrdily maximální adsorpci iontů Cu^{2+} , Co^{2+} a Ni^{2+} při pH 6,0 a teplotě 25 °C, přičemž maximální adsorpční kapacita iontů modifikovaným hedvábím činila 96,15 mg g^{-1} (Cu^{2+}), 90,09 mg g^{-1} (Co^{2+}) a 76,92 mg g^{-1} (Ni^{2+}). HNO_3 -MCS by mohlo efektivně odstraňovat dané ionty z vodného roztoku a být znovu použito po více než 11 cyklů.

Petrović a spol.⁴¹ studovali na HNO_3 -MCS mechanismus adsorpce iontů kovů Cu^{2+} a Zn^{2+} , kdy maximální sorpční kapacita pro tyto ionty byla při teplotě cca 40 °C a pH 5,0 15,35 mg g^{-1} (Cu^{2+}) a 13,98 mg g^{-1} (Zn^{2+}). Mechanismus adsorpce iontů probíhal na základě povrchové morfologie modifikovaného hedvábí vhodné pro adsorpci kovů, přičemž toto hedvábí obsahovalo různé aktivní skupiny ($-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$, $\text{C}=\text{C}$ a tzv. amid II), které mohly reagovat s kovovými ionty. Petrović a spol.⁴² také zkoumali adsorpční účinek syrového (nemodifikovaného) kukuřičného hedvábí na ionty Pb^{2+} . Adsorpční kapacita hedvábí se pohybovala v rozmezí 82,5 do 90 mg g^{-1} při teplotě od 20 do 40 °C, přičemž toto syrové hedvábí mohlo být opakovaně použito v pěti cyklech adsorpce a desorpce. Ukázalo se, že syrové CS je též ideálním adsorbentem iontů Pb^{2+} v podmínkách normálního vodného prostředí o pH 7,0.

10. Postavení kukuřičného hedvábí na trhu a budoucí vývoj

Kukuřičné hedvábí se dlouhodobě používá v Číně a Americe jako tradiční léčivý přípravek díky svým význačným diuretickým, antioxidačním a protinádorovým vlastnostem, díky schopnosti zachytávat volné radikály i pro své protizánětlivé, hypoglykemické a antiobezitní účinky, jelikož je současně netoxické a bez nepříjemného zápachu⁷. Přesto je použití CS v jiných zemích jako léku či potravinářského aditiva omezené. Využití kukuřičného hedvábí ve farmacii a na trhu aditivních látek potravin má tedy značný potenciál a je velmi perspektivní. Navíc může toto hedvábí přispět ke zlepšení barvy a textury potravin. Aukkanit a spol.⁴³ zkoumali využití CS v nízkotučných masových kuličkách (karbanátcích) a prokázali, že jejich barva i textura se po přidání CS zlepšily. Kukuřičné hedvábí tak může být prodáváno na trzích i jako koření.

Kromě toho mohou být extrakty CS dále využity jako přísada do pleťových krémů a kosmetiky. Mohsin a spol.⁴⁴ prováděli výzkum ethanolového extraktu kukuřičného hedvábí. Emulze voda v oleji, kterou připravili, byla stabilní a vhodná k nanesení na pokožku jako pleťový krém proti stárnutí s antioxidační funkcí.

Kukuřičné hedvábí a jeho extrakty mají díky svým jedinečným vlastnostem značný potenciál též v oblasti tabákového průmyslu, pivovarnictví, průmyslu nápojů i ochrany životního prostředí. Další výzkum této komodity je z uvedených důvodů žádoucí.

LITERATURA

- Peng K., Zhang S., Zhou H.: *J. Ethnopharmacol.* 192, 161 (2016).
- Chen S., Chen H., Tian J., Wang J., Wang Y., Xing L.: *Carbohydr. Polym.* 101, 332 (2014).
- Vranješ M., Popović B. M., Štajner D., Ivetić V., Mandić A., Vranješ D.: *J. Funct. Foods* 21, 272 (2016).
- Saheed S., Oladipipo A. E., Abdulazeez A. A., Olarewaju S. A., Ismaila N. O., Emmanuel I. A., Fatimah Q. D., Aisha A. Y.: *Toxicol. Rep.* 2, 638 (2015).
- Yu H., Pang J., Ai T., Liu L.: *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 62, 21 (2016).
- Wang C., Zhang T., Liu J., Lu S., Zhang C., Wang E., Wang Z., Zhang, Y., Liu J.: *J. Ethnopharmacol.* 137, 36 (2011).
- Hasanudin K., Hashim P., Mustafa S.: *Molecules* 17, 9697 (2012).
- Yin X., You Q., Jiang Z.: *Carbohydr. Polym.* 86, 1358 (2011).
- Zhang L., Wang M.: *Int. J. Biol. Macromol.* 95, 675 (2017).
- Senthil Kumar C., Sivakumar M., Ruckmani K.: *Int. J. Biol. Macromol.* 92, 682 (2016).
- Prakash Maran J., Sivakumar V., Sridhar R., Prince Immanuel V.: *Ind. Crops Prod.* 42, 159 (2013).
- Zhao W., Yu Z., Liu J., Yu Y., Yin Y., Lin S., Chen F.: *J. Sci. Food Agric.* 91, 2201 (2011).
- Prakash Maran J., Manikandan S., Thirugnanasambandham K., Vigna Nivetha C., Dinesh R.: *Carbohydr. Polym.* 92, 604 (2013).
- Ko M., Kwon H., Chung M.: *Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 38, 175 (2016).
- Yang R., Geng L., Lu H., Fan X.: *Ultrason. Sonochem.* 34, 571 (2017).
- Shan B., Xie J., Zhu J., Peng Y.: *Food Bioprod. Process.* 90, 579 (2012).
- Weiz G., Braun L., Lopez R., de María P. D., Breccia J. D.: *J. Mol. Catal. B: Enzym.* 130, 70 (2016).
- Xie X., Zhu D., Zhang W., Huai W., Wang, K., Huang X., Zhou L., Fan H.: *Ind. Crops Prod.* 95, 632 (2017).
- Wang R., Wu G., Du L., Shao J., Liu F., Yang Z., Liu D., Wei Y.: *J. Ethnopharmacol.* 190, 288 (2016).
- Zhang Y., Shan X., Gao X.: *Sep. Purif. Technol.* 76, 337 (2011).
- Jing S., Wang S., Li Q., Zheng L., Yue L., Fan S., Tao G.: *Food Chem.* 192, 319 (2016).
- Liu J., Wang C., Wang Z., Zhang C., Lu S., Liu J.: *Food Chem.* 126, 261 (2011).
- Liu J., Lin S., Wang Z., Wang C., Wang E., Zhang Y., Liu J.: *Food Bioprod. Process.* 89, 333 (2011).
- Bakirtzi C., Triantafyllidou K., Makris D. P.: *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 3, 120 (2016).
- Périno S., Pierson J. T., Ruiz K., Cravotto G., Chemat F.: *Food Chem.* 204, 108 (2016).
- Bhattacharya M., Srivastav P. P., Mishra H. N.: *J. Supercrit. Fluids* 95, 51 (2014).

27. Firdaus L., Fertin B., Khelissa O., Dhainaut, M., Nedjar N., Chataigné G., Ouhoud L., Lutin F., Dhulster P.: *Sep. Purif. Technol.* 178, 29 (2017).
28. Sarepoua E., Tangwongchai R., Suriharn B., Lertrat K.: *Food Chem.* 169, 424 (2015).
29. Rahman N. A., Wan Rosli W. I.: *J. King Saud Univ., Sci.* 26, 119 (2014).
30. Mohsen S. M., Ammar A. S. M.: *Food Chem.* 112, 595 (2009).
31. Žilić S., Janković M., Basić Z., Vančetović J., Maksimović V.: *J. Cereal. Sci.* 69, 363 (2016).
32. Maksimović Z., Malenčić Đ., Kovačević N.: *Biore-sour. Technol.* 8, 873 (2005).
33. Chen S., Chen H., Tian J., Wang Y., Xing L., Wang J.: *Carbohydr. Polym.* 98, 428 (2013).
34. Sabiu S., O'Neill F. H., Ashafa A. O. T.: *J. Eth-nopharmacol.* 183, 1 (2016).
35. Zhao W., Yin Y., Yu Z., Liu J., Chen F.: *Int. J. Biol. Macromol.* 50, 1133 (2012).
36. Rafsanjany N., Sendker J., Lechtenberg M., Petereit F., Scharf B., Hensel A.: *Fitoterapia* 105, 246 (2015).
37. Yang J., Li X., Xue Y., Wang N., Liu W.: *Int. J. Biol. Macromol.* 64, 276 (2014).
38. Choi D. J., Kim S., Choi J. W., Park Y. I.: *Life Sci.* 109, 57 (2014).
39. Lee J., Lee S., Kim S., Choi J. W., Seo J. Y., Choi D. J., Park Y. I.: *Life Sci.* 119, 47 (2014).
40. Chaiittianan R., Chayopas P., Rattanathongkom A., Tippayawat P., Sutthanut K.: *J. Funct. Foods* 23, 497 (2016).
41. Petrović M., Šoštarić T., Stojanović M., Petrović J., Mihajlović M., Čosović A., Stanković S.: *Ecol. Eng.* 99, 83 (2017).
42. Petrović M., Šoštarić T., Stojanović M., Milojković J., Mihajlović M., Stanojević M., Stanković S.: *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 58, 407 (2016).
43. Aukkanit N., Kemngoen T., Pongharn N.: *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 197, 1403 (2015).
44. Mohsin S., Akhtar N., Mahmood T., Khan H., Mustafa R.: *Trop. J. Pharm. Res.* 15, 1115 (2016).

Tato práce byla finančně podpořena národním rozpočtem České republiky v rámci výzkumného projektu Interní grantové agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (číslo grantu: IGA/FT/2017/004).

P. Li and L. Lapčík (*Department of Food Technology, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlín*): **The Research of Functional Ingredients from Corn Silk**

Corn silk (*Stigma maydis*) contains many bioactive and functional ingredients and has many health benefit effects. This commodity is of a great value and has a good prospect in research and market. In addition, corn silk can also contribute to the development of environmental protection. This review deals with the research findings on the extraction technology of corn silk bioactive ingredients. It also covers anti-oxidative activity, anti-diabetic effects, antitumor capacity, and other health benefit effects of corn silk, as well as the issue of toxicity and metal ions adsorption effects. Last but not least, this review discusses market status and future prospect of corn silk.