

## ANALÝZA AKRYLAMIDU METODOU GC-MS

ROMAN PAPOUŠEK\*, PETRA NOVÁKOVÁ,  
EVA MARKOVÁ a PETR BARTÁK

Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů,  
Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta, Uni-  
verzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 771 46  
Olomouc  
roman.papousek@hotmail.com

Došlo 28.6.12, přijato 29.1.13.

Klíčová slova: akrylamid, derivatizace, bromace, 2-  
brompropenamid, plynová chromatografie, hmotnostní  
spektrometrie, GC-MS

### Úvod

Akrylamid (prop-2-enamid,  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$ ) je difunkční monomer, který se přes více než padesát let využívá v různých průmyslových aplikacích<sup>1</sup>. Jedná se o nízkomolekulární krystalickou látku bez barvy a zápachu, která ve své molekule obsahuje reaktivní dvojnou vazbu a amidickou skupinu. Je vysoce rozpustný ve vodě, na vzduchu reaktivní a schopný rychle polymerizovat za vzniku polyakrylamidu<sup>2–4</sup>.

Polyakrylamid se v moderním chemicko-technologickém průmyslu využívá jako flokulant při čištění odpadních a pitných vod, jako těsnící materiál při stavbě přehrad, tunelů, vodních nádrží, dále také pro zpevnění půdy při stavbě silnic, jako pojivo v papírenském průmyslu, v obalových materiálech a také jako aditivum při výrobě průmyslových a kosmetických produktů. V neposlední řadě je také velmi často využíván v analytické biochemii při elektroforetické separaci a purifikaci proteinů<sup>4–7</sup>. Samotný polyakrylamid je netoxický, ale ve většině případů obsahuje rezidua nepolymerizovaného akrylamidu, který toxické účinky vykazuje<sup>8</sup>.

Řada studií naznačuje, že akrylamid je karcinogenní, genotoxický, toxický pro reprodukci a neurotoxický pro centrální nervový systém člověka<sup>9–12</sup>. Testy na laboratorních zvířatech, která byla vystavena příjmu akrylamidu v pitné vodě, prokázaly zvýšené riziko nádorů centrálního nervového systému, štítné žlázy, dělohy, prsní žlázy a dal-

ších orgánů<sup>1</sup>. Z těchto důvodů v roce 1994 zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny akrylamid do skupiny látek s označením 2A, tedy jako „potenciální lidský karcinogen“<sup>13</sup>.

Je tedy pochopitelné, že v roce 2002 vyvolal rozruch objev švédských vědců, kteří poukázali na přítomnost a vysoký obsah akrylamidu v některých potravinách<sup>14</sup>. Významné koncentrace akrylamidu nalezi v potravinách rostlinného původu, které jsou bohaté na škrob a tepelně upravované při více než 120 °C (smažení, pražení, pečení, grilování apod.). Jedná se především o smažené bramborové lupínky a hranolky, kávu, pečivo, sušenky, snídanové cereálie a mnoho dalších. Přítomnost akrylamidu v potravinách lze z větší části vysvětlit jako důsledek Maillardovy reakce, kdy dochází k reakci mezi aminokyseliny (asparaginem) a redukujícími cukry (především glukosou a fruktosou)<sup>7,15–17</sup>. Za další nezanedbatelný zdroj akrylamidu pro lidský organismus lze považovat tabákový kouř, kosmetiku, obalové materiály a pitnou vodu<sup>18,19</sup>. Ke kontaminaci pitných vod dochází snadno, a to díky vysoké mobilitě akrylamidu v půdě a podzemních vodách<sup>7</sup>.

Poznanky o výskytu a nebezpečnosti akrylamidu poukazují na potřebu spolehlivých a citlivých analytických metod, které by ho umožnily stanovit již při velmi nízkých koncentracích i ve složitých maticích. Komplikace při stanovení akrylamidu jsou způsobeny především jeho nízkou molekulovou hmotností, vysokou polaritou, velmi dobrou rozpustností ve vodě, vysokou reaktivitou a malou tékavostí<sup>20</sup>.

Metody používané pro stanovení akrylamidu využívají různých způsobů přečištění a zakoncentrování analytu v závislosti na typu matrice analyzovaného vzorku. Nejčastěji používanými metodami jsou plynová a kapalinová chromatografie. Tyto metody jsou vhodné pro stanovení akrylamidu ve vodách, biologických tekutinách a tepelně neopracovaných potravinách (kukuřice, brambory, cukrová řepa,…) <sup>21</sup>. Pro analýzu potravin upravovaných za vysokých teplot je vzhledem k větším interferencím daleko výhodnější spojení těchto technik se selektivními detektory, především pak s hmotnostním spektrometrem<sup>13,22</sup>.

Jelikož obsah akrylamidu bývá v analyzovaných vzorcích velmi nízký a navíc složité matrice mohou obsahovat látky rušící při jeho stanovení, je výhodnější pro dosažení vyšší selektivity a nižších detekčních limitů provést derivatizaci analytu<sup>22</sup>. Pro derivatizaci akrylamidu byla popsána silylační metoda v kombinaci s headspace mikroextrakcí na tuhé fázi. Použitím silylačního činidla *N,O*-bis(trimethylsilyl)trifluoracetamidu (BSTFA) lze připravit tékavou formu akrylamidu – *N,O*-bis(trimethylsilyl)akrylamid (BTMSA)<sup>23</sup>. Další známou derivatizací je reakce akrylamidu s xanthidolem za vzniku

\* Roman Papoušek tuto práci úspěšně prezentoval na soutěži o cenu firmy Merck 2012 za nejlepší studentskou vědeckou práci v oboru analytické chemie.

*N*-xanthyl akrylamidu<sup>24</sup>. Nejčastější způsob derivatizace akrylamidu při GC-MS analýze je bromace<sup>21</sup>. Bromaci akrylamidu lze na rozdíl od silylace provést ve vodném prostředí, což je výhodné vzhledem k velice dobré rozpustnosti akrylamidu ve vodě. Získaný bromderivát je méně polární než nativní akrylamid, při chromatografické separaci poskytuje symetričtější pik, díky přítomnému atomu bromu a vyšší molekulové hmotnosti je lépe identifikovatelný a poskytuje specifitější fragmentové ionty<sup>13,21</sup>. Přesto, že je derivatizace časově náročnější metodou, je díky ní možné dosáhnout nižších limitů detekce a zlepšení přesnosti stanovení<sup>20</sup>.

Cílem této práce je zavedení citlivé metody pro stanovení akrylamidu plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí s využitím bromace analytu. Postup byl navržen a modifikován tak, aby bylo možno analyzovat vzorky všech tří skupenství. Metoda je využitelná při analýze vod, matricně složitějších vzorků potravin i při stanovení akrylamidu v plynných produktech uvolňovaných např. při spalování a pyrolýze některých typů vzorků. Široké využitelnosti metody napomáhá rovněž využití *in-situ* generovaného činidla a omezení manipulace s elementárním bromem.

## Experimentální část

### Přístroje a chemikálie

Hexan, akrylamid (98%), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (96%), KBrO<sub>3</sub>, KBr, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5 H<sub>2</sub>O, ethylacetát, triethylamin (99%) (vše Sigma-Aldrich, St. Louis, USA). Z uvedených chemikálií byl připraven zásobní roztok akrylamidu ve vodě o koncentraci 1 mg ml<sup>-1</sup>, dále 10% roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, roztok KBrO<sub>3</sub> o koncentraci 0,1 mol l<sup>-1</sup> a roztok Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5 H<sub>2</sub>O o koncentraci 0,1 mol l<sup>-1</sup>.

Všechna měření byla provedena na plynovém chromatografu Agilent 7890A s hmotnostním detektorem Agilent 5975C (Agilent Technologies, Santa Clara, USA). Byla použita nepolární kapilární kolona HP-5ms (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm) a teplotní program 50 °C – 2 min 10 °C/min – 300 °C – 15 min. Hmotnostní spektra byla snímána v rozsahu 29–520 *m/z* nebo v režimu monitorování selektivních iontů 106, 149 a 151 *m/z*.

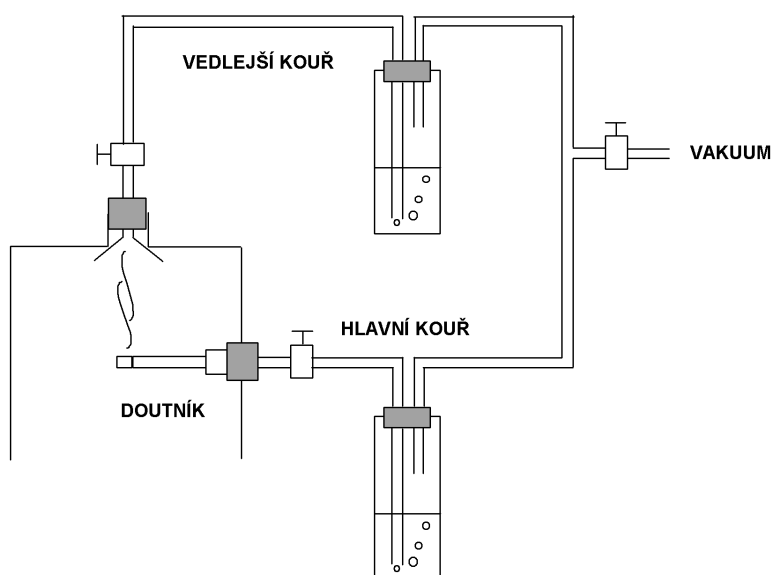
### Pracovní postup

#### Analýza vody

Do kuželové Erlenmeyerovy baňky s úzkým hrdlem a zábrusem bylo odměřeno 500 ml vody určené k analýze. Voda byla okyselená přidávkou 20 ml 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Poté bylo ke vzorku přidáno 5 ml roztoku KBrO<sub>3</sub> o koncentraci 0,1 mol l<sup>-1</sup> a 7,5 g pevného KBr. Po zamíchání směsi a rozpuštění veškerého bromidu draselného byla baňka uzavřena zátkou, zabalena do alobalu a uložena do tmy při teplotě 4 °C po dobu 60 min. Po této době byl nadbytečný brom rozložen přikapáváním roztoku Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5 H<sub>2</sub>O o koncentraci 0,1 mol l<sup>-1</sup> do úplného odbarvení reakční směsi. Bromovaný derivát byl extrahován 55 ml ethylacetátu. Po oddělení vrstev byla organická fáze odebrána a extrakce zopakována s 10 ml ethylacetátu. Spojené extrakty byly ve vialce zakonzentrovány proudem dusíku na výsledný objem 1 ml. Před GC-MS analýzou bylo ke vzorku přidáno 10 μl triethylaminu.

#### Analýza plynných produktů pyrolýzy

Pro záchyt plynných produktů vznikajících při hoření doutníku byla použita aparatura popsaná v publikaci H. Kataoky a spol.<sup>25</sup> (obr. 1). Plynné produkty byly rozděleny na hlavní a vedlejší kouř.



Obr. 1. Aparatura pro záchyt plynných produktů vznikajících při pyrolýze doutníku<sup>25</sup>

Záchyt plynných produktů byl proveden prostřednictvím promývaček s absorpčním roztokem napojených na vakuovou vývěvu. Absorpční roztok byl připraven ze 40 ml destilované vody a 8 ml 10% kyseliny sírové. Po zapálení doutníku umístěného v držáku byl vznikající kouř veden do promývaček. Po skončení spalování byly z obou promývaček odebrány alikvotní podíly absorpčního roztoku (6 ml). U odebraných vzorků a vzorků se standardními přísady akrylamidu byla následně provedena bromace přísadkou 1 ml roztoku  $\text{KBrO}_3$  o koncentraci  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$  a 1,5 g pevného  $\text{KBr}$ . Reakce probíhala v kyselém prostředí ve tmě při teplotě  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 60 min. Po této době byl nadbytečný brom rozložen přikapáváním roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$  o koncentraci  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$  do úplného odbarvení reakční směsi. Bromovaný derivát byl extrahován  $2 \times 2 \text{ ml}$  ethylacetátu. Spojené extrakty byly ve vialce pomocí proudu dusíku zakonzentrovány na výsledný objem 1 ml. Před GC-MS analýzou bylo ke všem vzorkům přidáno  $10 \text{ } \mu\text{l}$  triethylaminu.

Pro analýzu vonné tyčinky a vonného františka byla použita stejná aparatura, s tím rozdílem, že zachycovány byly pouze vedlejší plynné produkty. Proto byla část aparatury určená pro záchyt hlavního kouře uzavřena příslušným kohoutem. Další postup byl totožný s analýzou doutníku.

#### Analýza potravin

Pro ukázkou konkrétního postupu při analýze potravin byly vybrány smažené bramborové lupínky. K navážce 10 g nadrcených bramborových lupínků bylo přidáno 40 ml destilované vody a 40 ml hexanu. Směs byla sonifikována 20 min při teplotě  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Následně byla směs rozdělena do centrifugačních zkumavek a centrifugována 10 min při  $4400 \text{ ot min}^{-1}$ . Vodná fáze byla ze zkumavek odebrána, hexanová fáze a pevný podíl byly smíchány s 20 ml destilované vody a celý sonifikační i centrifugační postup byl zopakován. Spojené vodné podíly byly v odměrné baňce doplněny do 50 ml. Z tohoto objemu bylo odebráno  $4 \times 5 \text{ ml}$  a byly přidány standardní přísady akrylamidu v rozmezí  $0\text{--}50 \text{ } \mu\text{g}$ . Odebrané vzorky a vzorky se standardními přísadami byly bromovány přísadkou 1 ml roztoku  $\text{KBrO}_3$  o koncentraci  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$ , 1,5 g pevného  $\text{KBr}$  a 1 ml 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Při analýze potravin s nízkým obsahem tuku (káva a její náhražky, kakao, koření) byly naváženy 2 g vzorku extrahovány 20 ml destilované vody. Směs byla po dobu

20 min sonifikována při teplotě  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  a poté rozdělena do centrifugačních zkumavek a centrifugována 15 min při  $4400 \text{ ot min}^{-1}$ . Vodná fáze byla ze zkumavek odebrána a doplněna v odměrné baňce na objem 25 ml. Z tohoto objemu byly odebrány alikvotní podíly o objemech 5 ml. Odebrané vzorky a vzorky se standardními přísadami byly bromovány přísadkou 2 ml roztoku  $\text{KBrO}_3$  o koncentraci  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$ , 3 g pevného  $\text{KBr}$  a 1 ml 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

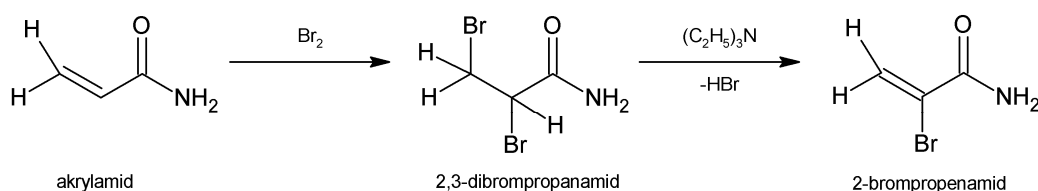
Derivatizační reakce probíhala v kyselém prostředí za tmy a při teplotě  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 60 min. Po této době byl nadbytečný brom rozložen přikapáváním roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$  o koncentraci  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$  do úplného odbarvení reakční směsi. Bromovaný derivát byl extrahován  $2 \times 2 \text{ ml}$  ethylacetátu. Spojené extrakty byly ve vialce pomocí proudu dusíku zakonzentrovány na výsledný objem 1 ml. Před GC-MS analýzou bylo ke všem vzorkům přidáno  $10 \text{ } \mu\text{l}$  triethylaminu.

#### Výsledky a diskuse

Vzhledem k vysoké polaritě a velmi dobré rozpustnosti akrylamidu ve vodě bylo pro extrakci akrylamidu ze vzorků potravin resp. pro záchyt akrylamidu z plynné fáze zvoleno vodné prostředí. V případě analýzy vzorků obsahujících tuk bylo využito dvofázového extrakčního systému s přísadkou hexanu pro odstranění tuků, jejichž nadbytek nepříznivě ovlivňuje průběh zpracování vzorku, derivatizaci i následnou chromatografickou analýzu.

Izolace a analýza akrylamidu v nativní podobě není z důvodu jeho vysoké polarity snadná. Navržené analytické postupy využívají možnosti akrylamid derivatizovat. Pro derivatizaci analytu (obr. 2) byla použita bromoční směs skládající se z bromičnanu draselného a bromidu draselného. Reakce probíhala v kyselém prostředí bez přístupu světla a za teploty okolo  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Za těchto podmínek se pro dosažení reprodukovatelných výsledků doporučuje reakční doba okolo 60 min (cit.<sup>21</sup>). Bromací akrylamidu vzniká 2,3-dibrompropanamid. Nadbytečný brom byl z reakční směsi odstraněn thiosíranem sodným, který byl přidáván až do odbarvení roztoku. Vzniklý dibromderivát je méně polární než původní akrylamid a je možné ho extrahovat do ethylacetátu. Získaný extrakt byl zakonzentrován odpařením v proudu dusíku na objem 1 ml.

Z důvodu nedostatečné stability 2,3-dibrompropanamidu byl v závěrečném kroku před GC-MS analýzou



Obr. 2. Derivatizace akrylamidu

přidán do extraktu triethylamin. Reakcí s triethylaminem dochází k dehydrobromaci 2,3-dibrompropanamidu za vzniku stabilnějšího 2-brompropenamidu. Konverze probíhá téměř okamžitě již při pokojové teplotě. Bylo prokázáno, že dehydrobromace je za těchto podmínek kvantitativní a reprodukovatelná<sup>13,26</sup>.

Ze získaného hmotnostního spektra 2-brompropenamidu (obr. 3) byly pro kvantifikaci akrylamidu vybrány molekulární ionty  $[\text{C}_3\text{H}_4^{81}\text{BrNO}]^+ = 151 \text{ m/z}$ ,  $[\text{C}_3\text{H}_4^{79}\text{BrNO}]^+ = 149 \text{ m/z}$  a ion  $[\text{C}_2\text{H}_3^{79}\text{Br}]^+ = 106 \text{ m/z}$ . Dalším intenzivním iontem v hmotnostním spektru 2-brompropenamidu je ion  $70 \text{ m/z}$ . Ten však nebyl vybrán jako vhodný ion pro kvantifikaci akrylamidu kvůli jeho nízké selektivitě. Pro stanovení koncentrace akrylamidu v analyzovaných vzorcích byla použita metoda standardního přídatku. Souhrn naměřených hodnot obsahu akrylamidu ve všech analyzovaných vzorcích je uveden v tabulce I.

Pro ověření účinnosti derivatizačního a extrakčního kroku byly do studie zařazeny modelové vzorky kontaminovaných vod. Analýzou 500 ml destilované vody obsahující 100  $\mu\text{g}$  akrylamidu byl v získaném chromatogramu identifikován intenzivní pík 2-brompropenamidu a bylo potvrzeno, že bromaci i následnou extrakci připraveného derivátu ethylacetátem lze s úspěchem aplikovat i na větší objemy vodných roztoků s nízkým obsahem akrylamidu.

Metoda byla dále modifikována pro analýzu plyných a pevných vzorků. V případě analýzy plyných produktů spalování byly nalezeny významné hodnoty akrylamidu ve vonném františku ( $1710 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) a v hlavním kouři doutníku ( $1800 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) (obr. 4).

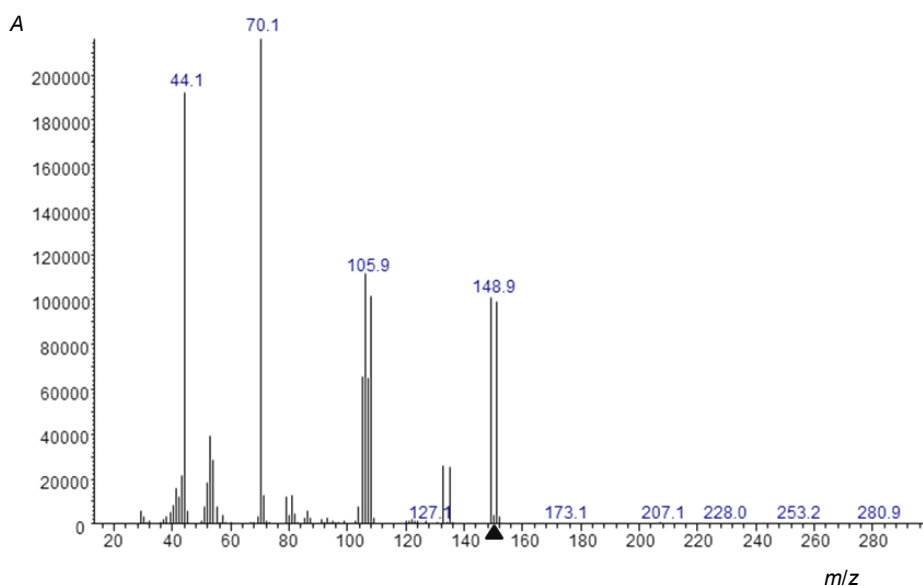
U analyzovaných potravin byl akrylamid detegován ve všech vzorcích vyjma jednoho typu sušenek. Nalezené hodnoty akrylamidu se pohybovaly v rozmezí  $46\text{--}1980 \mu\text{g kg}^{-1}$ .

Nejvyšší koncentrace akrylamidu ( $1980 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) byla naměřena ve vzorku mleté kávy. Nápoj připravený ze 7 g této mleté kávy by obsahoval téměř 14  $\mu\text{g}$  akrylamidu. Limit detekce použité metody byl u tohoto typu vzorků odhadnut na hodnotu blízkou  $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ .

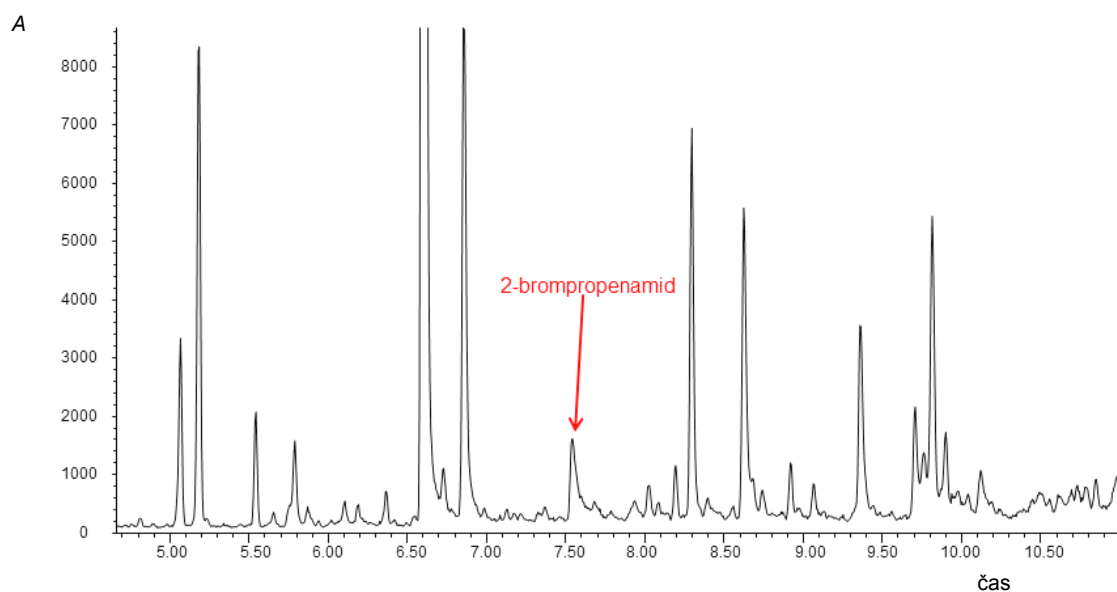
Výhodou bromačního stanovení akrylamidu je převedení na méně polární dibromderivát, který je na rozdíl od nativního, ve vodě velmi dobře rozpustného akrylamidu, extrahovatelný organickými rozpouštědly. Rovněž výsledný produkt, 2-brompropenamid, je ve srovnání s akryl-

Tabulka I  
Obsah akrylamidu v různých typech vzorků

Vzorek	Obsah akrylamidu [ $\mu\text{g kg}^{-1}$ ]
Vonný františek	$1710 \pm 96$
Vonná tyčinka	nedetegováno
Doutník (hlavní kouř)	$1800 \pm 106$
Doutník (vedlejší kouř)	$490 \pm 41$
Smažené bramborové lupínky	$82 \pm 9$
Karamelové sušenky	$80 \pm 10$
Rodinné sušenky	nedetegováno
Perník	$46 \pm 6$
Mletá káva (100% arabika)	$1980 \pm 102$
Kávová náhražka	$1250 \pm 86$
Kakaový prášek	$85 \pm 10$
Mletá červená paprika	$260 \pm 30$



Obr. 3. Hmotnostní spektrum 2-brompropenamidu



Obr. 4. Ionový chromatogram pro ion 106  $m/z$ ; analýza doutníku (hlavní kouř)

amidem méně polární, při chromatografii poskytuje symetričtější pik lépe oddělený od ostatních složek matrice s lepším odstupem signálu od šumu. Zvýšení molekulové hmotnosti vytváří příznivé předpoklady pro vznik speci-  
fičtějších fragmentových iontů při hmotnostně spektrometrické detekci, spolehlivější identifikaci, citlivější a speci-  
fičtější detekci akrylamidu. Popsaný způsob bromace navíc do značné míry eliminuje nepříjemnou manipulaci s elementárním bromem a významně snižuje environmentální a bezpečnostní rizika. Nevýhodou derivatizačního postupu je vyšší časová náročnost, která je ovšem bohatě vyvážena vyšší selektivitou, vyšší účinností extrakce a nižším detekčním limitem.

*Tato práce byla finančně podpořena operačním programem Výzkum a vývoj pro inovace Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (projekt Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů, CZ.1.05/2.1.00/03.0058) a Univerzitou Palackého v rámci projektu Selektivita a analýza složitých matric (PrF\_2012\_020).*

#### LITERATURA

1. Mojska H., Gielecińska I., Szponar L., Oltarzewski M.: *Food Chem. Toxicol.* **48**, 2090 (2010).
2. Eriksson S.: *Doctoral Thesis*. Stockholm University, Stockholm 2005.
3. www.nicnas.gov.au. National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme: *Acrylamide*. (staženo 21.1.2013).
4. Vattem D. A., Shetty K.: *Innovat. Food Sci. Emerg. Tech.* **4**, 331 (2003).
5. Matthäus B., Haase N. U., Vosmann K.: *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* **106**, 793 (2004).
6. Besaratinia A., Pfeifer G. P.: *Carcinogenesis* **28**, 519 (2007).
7. Friedman M.: *J. Agric. Food Chem.* **51**, 4504 (2003).
8. Muhlen Dahl K. E., Otto M.: *Eur. J. Pediatr.* **162**, 447 (2003).
9. Rice J. M.: *Mutat. Res.* **580**, 3 (2005).
10. Besaratinia A., Pfeifer G. P.: *J. Natl. Canc. Inst.* **96**, 1023 (2004).
11. Wang R. S., McDaniel L. P., Manjanatha M. G., Shelton S. D., Doerge D. R., Mei N.: *Toxicol. Sci.* **117**, 72 (2010).
12. Koyama N., Sakamoto H., Sakuraba M., Koizumi T., Takashima Y., Hayashi M., Matsufuji H., Yamagata K., Masuda S., Kinae N., Honma M.: *Mutat. Res.* **603**, 151 (2006).
13. Zhang Y., Zhang G., Zhang Yi.: *J. Chromatogr., A* **1075**, 1 (2005).
14. www.slv.se Swedish National Food Administration: *Information about Acrylamide in Food* (staženo 12.1.2013).
15. Svensson K., Abramsson L., Becker W., Glynn A., Hellenas K. E., Lind Y., Rosén J.: *Food Chem. Toxicol.* **41**, 1581 (2003).
16. Velíšek J., Hajšlová J.: *Chemie potravin, 3. vydání*. Osis, Tábor 2009.
17. Hedegaard R. V., Frandsen H., Skibsted L. H.: *Food Chem.* **108**, 917 (2008).
18. Konings E. J. M., Baars A. J., Klaveren J. D., Spanjer M. C., Rensen P. M., Hiemstra M., Kooij J. A., Peters

- P. W. J.: *Food Chem. Toxicol.* 41, 1569 (2003).
19. Vesper H. W., Bernert J. T., Ospina M., Meyers T., Ingham L., Smith A., Myers G. L.: *Cancer Epidemiol., Biomarkers Prev.* 16, 2471 (2007).
  20. Oracz J., Nebesny E., Zyzelewicz D.: *Talanta* 86, 23 (2011).
  21. Pittet A., Périsset A., Oberson J. M.: *J. Chromatogr., A* 1035, 123 (2004).
  22. Dybing E., Farmer P. B., Andersen M., Fennell T. R., Lalljie S. P. D., Muller D. J. G., Olin S., Petersen B. J., Schlatter J., Scholz G., Scimeca J. A., Slimani N., Tornqvist M., Tuijtelaars S., Verger P.: *Food Chem. Toxicol.* 43, 365 (2005).
  23. Lagalante A. F., Felter M. A.: *J. Agric. Food Chem.* 52, 3744 (2004).
  24. Yamazaki K., Isagawa S., Kibune N., Urushiyama T.: *Food Addit. Contam., Part A* 29, 705 (2012).
  25. Kataoka H., Kondo T., Sumida A.: *Anal. Chim. Acta* 358, 269 (1998).
  26. Keramat J., LeBail A., Prost C., Soltanizadeh N.: *Food Bioprocess Technol.* 4, 340 (2011).

**R. Papoušek, P. Nováková, E. Marková, and P. Barták** (*Department of Analytical Chemistry, Faculty of Science, Palacký University, Olomouc*): **Analysis of Acrylamide by GC-MS**

The study deals with the GC-MS determination of acrylamide in various matrices. The proposed method involves bromination of acrylamide to 2,3-dibromopropanamide, its conversion to 2-bromopropenamide and the GC-MS determination. The method was used for the determination of acrylamide in water, gaseous products of combustion and in food such as potato chips and cookies. The measured concentrations of acrylamide ranged from 46 to 1980  $\mu\text{g kg}^{-1}$  the highest levels being found in ground coffee and tobacco smoke.