

VYUŽITÍ SPE PŘI STANOVENÍ CHLORFENOLŮ VE VARNÍ VODĚ A PIVU

DETERMINATION OF CHLORINATED PHENOLS IN BREWING LIQUOR AND BEER USING SPE

TOMÁŠ HORÁK, JIŘÍ ČULÍK, VLADIMÍR KELLNER, MARIE JURKOVÁ, PAVEL ČEJKA

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Pivovarský ústav Praha, Lípová 15, 120 44 Praha 2 /

Research Institute of Brewing and Malting Plc, Brewing Institute Prague, Lípová 15, CZ 120 44 Praha 2, Czech Republic; horak@beerresearch.cz

Horák, T. – Čulík, J. – Kellner, V. – Jurková, M. – Čejka, P.: Využití SPE při stanovení chlorfenolů ve varní vodě a pivu. Kvasny Prum. 54, 2008, č. 1, s. 2–5.

Práce popisuje metodu stanovení chlorfenolů ve varní vodě a pivu. Pro extrakci a zakoncentrování analytů byla využita technika extrakce na pevné fázi (SPE). Poté byly chlorfenoly derivatizovány anhydridem kyseliny octové a stanoveny na plynovém chromatografu s detektorem elektronového zachytu. V práci byly porovnány SPE kolonky LiChrolut EN (ethylvinylbenzen-divinylbenzen kopolymer s extrémně velkým specifickým povrchem) a LiChrolut RP-18. Kromě toho byl zkoumán vliv různého objemu elučního činidla na výtěžnost chlorfenolů. V práci jsou dále popsány pracovní charakteristiky optimalizované metody.

Horák, T. – Čulík, J. – Kellner, V. – Jurková, M. – Čejka, P.: Determination of chlorinated phenols in brewing liquor and beer using SPE. Kvasny Prum. 54, 2008, No. 1, p. 2–5.

A method for the determination of chlorinated phenols in brewing liquor and beer is described. Solid phase extraction technique for the sample preconcentration was used. Then the analytes were derivatized and determined by gas chromatographic analysis coupled with electron capture detector. SPE columns LiChrolut EN (ethyl vinyl benzene – divinyl benzene copolymer with an extremely large specific surface) and LiChrolut RP-18 were tested. The dependences of recovery on the eluent volume were investigated. Validated parameters of the optimized method for the determination of chlorinated phenols in brewing liquor and beer are shown in this work.

Horák, T. – Čulík, J. – Kellner, V. – Jurková, M. – Čejka, P.: Die SPE Verwendung bei der Chlorphenolsbestimmung im Brauwasser und im Bier. Kvasny Prum. 54, 2008, Nr. 1, S. 2–5.

Im diesen Artikel wird die Methode der Chlorphenolsbestimmung im Brauwasser und im Bier beschrieben. Die Technik der Bezugsphasenextraktion (SPE) wurde für die Analytextraktion und Analytenreicherung angewandt. Weiter wurden Chlorphenols durch einen Anhydrid der Essigsäure derivatisiert und am Gaschromatograph mit einem Elektronfangdetektor bestimmt. Im Artikel werden SPE Kolonne von LiChrolut EN (Ethylvinylbenzen-Divinylbenzen Kopolymer, mit einer extrem grossen spezifischen Oberfläche) und von LiChrolut RP-18 verglichen. Ausserdem wurde der Einfluss vom verschiedenen Volumen des Elutionsreagenzmittels auf die Chlorphenolsausbeute verfolgt. Im Artikel werden auch die Arbeitscharakteristiken der optimalisierten Methode beschrieben.

Горак, Т. – Чулик, Й. – Келлнер, В. – Юркова, М. – Чейка, П.: Использование SPE при определении хлорфенолов в варочной воде и пиве. Kvasny Prum. 54, 2008, No. 1, стр. 2–5.

Статья занимается методом определения хлорфенолов в варочной воде и в пиве. Для экстракции и концентрирования аналитов использован метод экстракции на твёрдой фазе (SPE). После того хлорфенолы были дериватизированы ангидридом уксусной кислоты и определены с помощью газового хроматографа с детектором электронного захвата. Сравнивались SPE колонки LiChrolut EN (этилстирол-дистирол сополимер с экстремальным значением специфической поверхности) и LiChrolut RP-18. При этом исследовалось влияние различных объёмов элюента на извлечение хлорфенолов. В статье далее описаны рабочие характеристики оптимизированного метода.

Klíčová slova: chlorfenoly, extrakce na pevné fázi, varní voda, pivo, látky znečišťující životní prostředí

Keywords: chlorophenols, solid phase extraction, brewing liquor, beer, environmental pollutants

1 ÚVOD

Chlorované fenoly se svou povahou řadí mezi látky, které se značnou měrou podílejí na znečištění životního prostředí. Jejich hlavními zdroji jsou jednak ochranné prostředky užívané zejména v zemědělství (pesticidy, herbicidy, fungicidy), jednak odpadní produkty chemického, dřevařského a papírenského průmyslu. Chlorované fenoly se do životního prostředí mohou dostávat buď přímou aplikací insekticidů a fungicidů na bázi pentachloru, nebo jako degradační produkty vznikající metabolickým rozkladem chlorovaných pesticidů obsahujících ve své molekule substituované fenoly (chlorfenoxyalkanové kyseliny a nitrofenoly), odbouráváním herbicidů (diuron, chloroxuron na bázi močoviny) a přeměnou organofosfátů, chlorovaných benzenů a nitrobenzenů [1, 2, 3].

Tvorba chlorfenolů nastává i ve vodárnách a čistících stanicích při úpravě vod chlorací. Aktivní chlor reaguje s přítomnými aromáty za vzniku sloučenin charakteristických intenzivní vůní a chutí již ve velmi nízkých koncentracích. Již v roce 1939 zaznamenal Faber [4] při dezinfekci vody chloraminem vznik těchto intenzivních vůní a chutí, Griffin [5] popsal reakce zodpovědné za tvorbu těchto sloučenin. Práce německých autorů [6] vysvětluje vznik 2,4,6-trichlorfenolu přes 2-chlorfenol a 2,4-dichlorfenol při chloraci fenolů chloraminem i ve vodném prostředí. Pentachlorfenol a oxidační produkty uvedených sloučenin zde prokázány nebyly.

Z hlediska pivovarského průmyslu je významné zjištění o sekundární tvorbě chlorfenolů během stáčení piva v důsledku předchozího použití sanitárních prostředků na bázi chloru. Přítomnost nízkých koncentrací 2,6-dichlorfenolu a 2-chlorfenolu se podařilo prokázat při pou-

1 INTRODUCTION

Chlorinated phenols are an important class of environmental pollutants. They are intermediates in many industrial processes, e.g. in the petroleum industry and pulp and paper industry and in the production of plastics, dyes, pharmaceuticals and in agriculture as pesticides, herbicides, fungicides. In the environment these compounds can also occur as a result of application of insecticides and fungicides based on pentachlorine or as a result of hydrolysis, oxidation and microbial degradation of chlorinated pesticides containing in their molecule substitute phenols (chlorinated phenoxy alcanoic acid and nitrophenols) or by the degradation of herbicides (diuron, chloroxuron) or else by the conversion of organophosphates, chlorinated benzenes and nitrobenzenes [1, 2, 3].

A formation of chlorophenols occurs also in water-stations and in purification plants during a treatment of water using chlorination. An active chlorine reacts with presented aromatic compounds and new adducts are characterized by intensive off-flavour already from very low concentrations. In 1939 Faber noted a formation of these intensive off-flavours after water disinfection by using chloramine [4]. Griffin described chemical reactions which are responsible for an occurrence of these compounds [5]. The work of German authors [6] explained a creation of 2,4,6-trichlorophenol through 2-chlorophenol and 2,4-dichlorophenol during the chlorination of phenols by chloramine. Pentachlorophenol and oxidation adducts haven't been extended.

Chlorinated phenols have been determined also in beer as a result of using chlorinated sanitisation agents. 2,6-dichlorophenol and 2-chlorophenol were determined at very low concentrations by ca-

žití kapilární plynové chromatografie ve spojení s hmotnostním detektorem [7]. Rovněž práce [8], která se zabývá senzorickým hodnocením piva a sleduje více než 160 těkavých složek, připisuje chuť po zatučlině nebo dezinfekci vyvíjejícím se chlorfenolům po stočení piva jako důsledek působení chloru v souvislosti s předchozí sterilizací.

S nárůstem výskytu a užívání fenolických sloučenin byl kladen důraz na jejich rychlou a spolehlivou identifikaci. K tomu se s výhodou používá chromatografických metod. Při stanovení chlorfenolů ve varní vodě a pivu je nutné analyty z matrice vyextrahovat a vzniklý extrakt přečistit od možných rušivých látek. K tomu se nejčastěji používaly postupy založené na extrakci v systému kapalina-kapalina. Ale dosažované výtěžnosti při použití extrakčních rozpouštědel jako hexan, diethylether nebo dichlormethan byly horší než 60 % [9].

Použití extrakce na pevné fázi (SPE) je rychlejší, bezpečnější a poskytuje lepší výtěžnosti než klasické techniky založené na extrakci kapalina-kapalina. Největší výhodou tohoto postupu je však eliminace velmi stabilní emulze [10]. Díky tomu je možné výrazně zlepšit opakovatelnost výsledků. Pro extrakci chlorfenolů bylo popsáno použití mnoha různých druhů sorbentů naplněných v SPE kolonkách [11]. Některé tyto způsoby přípravy vzorků byly popsány v souvislosti se stanovením chlorfenolů pomocí vysoce účinné kapalinové chromatografie (HPLC) [12]. Jiné práce navrhují použití SPE postupu a následné derivatizace stanovovaných analytů ve spojení s plynovou chromatografií [13, 14]. Derivatizace chlorovaných fenolů různými činidly se většinou používá při stanovení plynovou chromatografií. Ve srovnání s HPLC metodami jsou postupy využívající plynovou chromatografii citlivější, ale na druhé straně pracnější a časově náročnější [15, 16].

Práce popisuje metodu pro zakoncentrování a stanovení skupiny nejrozšířenějších chlorovaných fenolů ve varní vodě a v pivu. Byla provedena optimalizace podmínek při porovnání off-line zakoncentrování těchto sloučenin pomocí SPE kolonek s dvěma různými typy sorbentů a následné derivatizaci těchto látek. Po derivatizaci byly chlorfenoly stanoveny na plynovém chromatografu s detektorem elektronového zachytu.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Použité chemikálie, standardy

Methanol v kvalitě pro kapalinovou chromatografii, hexan v kvalitě SupraSolv, anhydrid kyseliny octové, SPE kolonky LiChrolut byly použity od fy Merck (Německo). Ultračistá voda (Milli-RO 5plus, Millipore, USA), helium v kvalitě 5.0, dusík v kvalitě ECD (Messer, ČR).

2,4-dichlorfenol (2,4-DCP), 2,6-dichlorfenol (2,6-DCP), 2,4,5-trichlorfenol (2,4,5-TCP), 2,4,6-trichlorfenol (2,4,6-TCP) a pentachlorfenol (PCP) byly zakoupeny od fy Supelco (USA).

2.2 Podmínky plynové chromatografie

Vlastní stanovení probíhalo na plynovém chromatografu Chrompack CP 9001 s detektorem elektronového zachytu. Plynový chromatograf byl opatřen automatickým dávkovačem vzorků Labio ASG 40. K separaci analytů byla použita 30 m dlouhá křemenná kapilární kolona DB-5 firmy J&W Scientific s vnitřním průměrem 0,32 mm a tloušťkou filmu 0,25 μm . Kolona byla temperována na teplotu 75 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 0,5 min, poté následoval teplotní gradient 30 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ do teploty 120 $^{\circ}\text{C}$ a následně byla kolona vyhřívána rychlostí 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ do teploty 255 $^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě byla ponechána po dobu 2 min. K nástřiku byl použit split/splitless injektor v režimu splitless. Split ventil byl otevřen po uplynutí 0,5 min. Injektor byl vyhříván na teplotu 260 $^{\circ}\text{C}$, detektor elektronového zachytu na teplotu 310 $^{\circ}\text{C}$. Jako nosný plyn bylo využito helium v kvalitě 5.0, tlak na kolonu byl 55 kPa při teplotě 80 $^{\circ}\text{C}$.

2.3 Příprava vzorků

Do 500 ml vzorku bylo přidáno 1,5 ml borátového pufru (pH 10,4). Poté bylo přidáno ke vzorku 0,5 ml anhydridu kyseliny octové a vzorek byl intenzivně protřepán.

SPE kolonky LiChrolut EN 200 mg/3ml a LiChrolut RP-18 200 mg/3ml byly těsně před použitím kondicionovány promytím 2 ml methanolu a 3 ml borátového pufru. Poté byl vzorek za pomoci vakuu protlačen skrze lože sorbentu. Z SPE kolonky byly analyty eluovány pomocí hexanu. Hexanový extrakt byl promyt 0,1 M hydrogenfosforečnanem sodným.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

K optimalizaci postupu vyextrahování a zakoncentrování chlorovaných fenolů ze vzorku byla zkoumána závislost výtěžnosti stanovovaných analytů na použitém objemu elučního rozpouštědla a také vliv pH vzorku.

pillary gas chromatograph equipped with mass spectroscopy detector [7]. Also the work [8] which was focussed on taste and odour classification of beer and controlled more than 160 volatile components, associated the taste after fust or disinfection to a developing of chlorophenols after racking off as a result of chlorine treatment during sterilization.

Due to increase to appearance and utilization of phenolic compounds an emphasis is focussed to their fast and accurate determination. Chromatographic methods are used with advantage. Preconcentration and clean-up steps are necessary for the determination of chlorophenols in brewing liquor or beer. Liquid-liquid extraction methods were the most frequently used sample preparation techniques. But recoveries of extractions into solvents like hexane, diethylether or dichloromethane are worse than 60 % [9].

Solid phase extraction (SPE) is faster, safer and more efficient than liquid-liquid extraction techniques. The great advantage of this procedure is the elimination of emulsion formation and so it can improve the reproducibility of results [10]. Many different types of sorbents have been reported for the solid phase extraction of these compounds [11]. Some of these sample preparation methods were published prior to high performance liquid chromatography (HPLC) [12]. Another works show using of SPE procedures followed by derivatization and gas chromatographic (GC) assay [13, 14]. Derivatization of chlorinated phenols with various agents is usually employed prior to GC analysis. In comparison with HPLC methods, GC methods are more sensitive but time consuming [15, 16].

This work presents a method for the preconcentration and determination of a group of the most common chlorinated phenols in brewing liquor and beer. Systematic investigations were performed on the off-line preconcentration using SPE columns filled with two different types of sorbents followed derivatization of the compounds of interest. After the derivatization and trace enrichment the chlorophenols were determined by gas chromatography with electron capture detector.

2 EXPERIMENTAL

2.1 Reagents, standards

Methanol for liquid chromatography, hexane SupraSolv grade, acetic anhydride and LiChrolut SPE columns were obtained from Merck (Germany). Purified water (Milli-RO 5plus, Millipore, USA), helium 5.0 quality, nitrogen ECD quality (Messer, Czech Republic) were used.

2,4-dichlorophenol (2,4-DCP), 2,6-dichlorophenol (2,6-DCP), 2,4,5-trichlorophenol (2,4,5-TCP), 2,4,6-trichlorophenol (2,4,6-TCP) and pentachlorophenol (PCP) were purchased from Supelco (USA).

2.2 GC analysis

The GC analysis was carried out using a Chrompack CP 9001 gas chromatograph equipped with electron capture detector and auto-sampler Labio ASG 40. Analytes were separated on 30 m x 0.32 mm i. d. fused capillary column of J&W Scientific DB-5 with 0.25 μm film thickness. The column was maintained at 75 $^{\circ}\text{C}$ for 0.50 min, ramped at a rate 30 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ to 120 $^{\circ}\text{C}$, then ramped at a rate 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ to 255 $^{\circ}\text{C}$ and hold for 2 min. Splitless mode was used for 0.50 min. Temperature of the injector and the electron capture detector were 260 $^{\circ}\text{C}$ and 310 $^{\circ}\text{C}$, respectively. The carrier gas was helium, grade 5.0, with a column head pressure of 55 kPa.

2.3 Sample preparation

1.5 mL of borate buffer (pH 10.4) was added to 500 mL of sample. Later 0.5 mL of acetic anhydride was added to the sample and vigorously shaken.

Prior to use, SPE cartridges LiChrolut EN 200 mg/3mL and LiChrolut RP-18 200 mg/3mL were conditioned by 2 mL of methanol followed 3 mL of borate buffer. Then the sample was forced through the bed of sorbent using vacuum. The sorbent was washed with 2 mL of distilled water and dried under stream of nitrogen. Analytes were eluted from the cartridge by hexane. The hexane extract was washed with 0.1 M of sodium hydrogen phosphate.

3 RESULTS AND DISCUSSION

In order to optimize the extraction and preconcentration of chlorophenols from the sample the dependences of the recovery of the eluent volume and sample pH were examined.

Tab. 1 shows the dependence of recovery on eluent volume for 2,4-dichlorophenol, 2,4,5-trichlorophenol and pentachlorophenol. As it

Z tab. 1 je patrné, že podle očekávání se vzrůstajícím množstvím elučního rozpouštědla stoupá výtěžnost 2,4-dichlorfenolu, 2,4,5-trichlorfenolu a pentachlorfenolu. Již při použití 2 ml hexanu bylo pro všechny látky dosaženo výtěžnosti alespoň 97 %.

K tomu, aby se dosáhlo maximální účinnosti zadržení analytů sorbentem, je nutné upravit pH vzorku. Přídavek 1,5 ml borátového pufru o pH 10,4 k 500 ml vzorku způsobil, že výsledná hodnota pH vzorku se pohybovala v rozmezí hodnot 8,7-9,0. Přidáním 0,5 ml anhydridu kyseliny octové došlo k poklesu pH na hodnoty v rozsahu 4,6-4,9. Toto rozmezí hodnot pH se prokázalo jako optimální (data nejsou ukázána).

Porovnání dvou typů SPE sorbentů – LiChrolut EN 200 mg/3ml a LiChrolut RP-18 200 mg/3ml – bylo provedeno na základě srovnání výtěžnosti obou druhů SPE kolonek. Výsledky jsou shrnuty v tab. 2. Kolonky naplněné sorbentem LiChrolut EN poskytují pro všechny stanovené chlorfenoly lepší výsledky, a proto byl tento typ kolonek použit pro zjištění pracovních charakteristik metody.

can be seen the recoveries exceeded 97 % for all compounds when 2 mL of eluent was used.

To achieve efficient retention by the sorbent it was necessary to adjust the pH of the sample. The addition of 1.5 mL of borate buffer (pH 10.4) to 500 mL of the sample adjusted the value of pH to 8.7-9.0. But pH decreased after addition of 0.5 mL of acetic anhydride to the values in range 4.6-4.9. This range of pH appeared to be optimum (data not shown).

To compare two different types of SPE sorbents – LiChrolut EN 200mg/3mL and LiChrolut RP-18 200mg/3mL – the recovery test was performed. Results are given in the Tab. 2. The LiChrolut EN SPE columns gave better results and these SPE columns have been used for the determination of validation parameters of this method.

The limit of detection and limit of quantitation were obtained as 3 x S/N respectively 10 x S/N. Results are presented in Tab. 3.

Tab. 1 Závislost výtěžnosti extrakce vybraných chlorovaných fenolů na objemu eluentu / Recovery dependence of some chlorophenols on eluent volume

Objem eluentu / Eluent volume (ml)	Výtěžnost (%) 2,4-dichlorfenol / Recovery (%) 2,4 dichlorophenol	Výtěžnost (%) 2,4,5-trichlorfenol / Recovery (%) 2,4,5-trichlorophenol	Výtěžnost (%) pentachlorfenol / Recovery (%) pentachlorophenol
1.0	61	50	13
1.5	94	93	28
2.0	100	97	97
4.0	99	100	98

Tab. 2 Porovnání výtěžností chlorovaných fenolů při jejich extrakci na kolonkách LiChrolut EN a LiChrolut RP-18 / Recovery test of chlorophenols using LiChrolut EN and LiChrolut RP-18 cartridges

Sloučenina / Compound	Očekávaná koncentrace / Expected concentration (ng/l)	LiChrolut EN		LiChrolut RP-18	
		Stanovená koncentrace / Determined concentration (ng/l)	Výtěžnost / Recovery (%)	Stanovená koncentrace / Determined concentration (ng/l)	Výtěžnost / Recovery (%)
2,6-DCP	500	592	118	421	84
2,4-DCP	550	638	116	359	65
2,4,6-TCP	525	562	107	318	61
2,4,5-TCP	725	631	87	227	31
PCP	525	368	70	304	58

Mez detekce byla získána jako trojnásobek poměru signál/šum (3xS/N), mez stanovení byla určena jako desetinnásobek tohoto poměru (10xS/N). Výsledky jsou shrnuty v tab. 3.

4 ZÁVĚR

Bylo dokázáno, že chlorované fenoly je možné stanovit v jednotkách ng/l (trichlorfenoly a pentachlorfenol) nebo desítkách ng/l (dichlorfenoly) po jejich derivatizaci anhydridem kyseliny octové a následné extrakci a zkoncentrování pomocí SPE techniky na kolonkách naplněných sorbentem LiChrolut EN s použitím plynové chromatografie s detektorem elektronového zachytu.

Tento postup je rychlý, jednoduchý, levný a nedochází při něm k tvorbě nepříjemných emulzí, proto je vhodný pro rutinní analýzy chlorovaných fenolů.

Poděkování

Auťoři děkují subjektům sdruženým v Českém svazu pivovarů a sladoven za finanční podporu této práce. Práce je součástí Výzkumného záměru VÚPS č. MSM 6019369701.

Tab. 3 Mez detekce a mez stanovení / Limit of detection and limit of quantitation

Sloučenina / Compound	Mez detekce / Detection limit (ng/l)	Mez stanovení / Limit of determination (ng/l)
2,6-DCP	17.6	58.7
2,4-DCP	13.2	44.0
2,4,6-TCP	2.9	9.8
2,4,5-TCP	3.5	11.8
PCP	2.3	7.5

4 CONCLUSIONS

We have demonstrated that chlorinated phenols after their derivatization by acetic anhydride can be determined in units of ng/L (trichlorophenols and pentachlorophenol) or tens of ng/L (dichlorophenols) using SPE sample preparation technique with SPE columns filled with LiChrolut EN sorbent followed gas chromatography with electron capture detector.

This procedure is rapid, simple, low-cost and eliminate emulsion and so it is suitable for routine analyses of chlorinated phenols.

Acknowledgements

The authors thank to members of the Czech Beer and Malt Association for financial support.

This work is a part of the Research Plan of the RIBM No. MSM 6019369701.

Zpracováno podle posteru prezentovaného na 15. Středoevropské konferenci ECOpole '06, Jamrozowa Polana, Polsko, 19.–21. 10. 2006.

Based on poster presentation on the 15th Central European Conference ECOpole '06, Jamrozowa Polana, Poland, 19.–21. 10. 2006

Literatura/ References

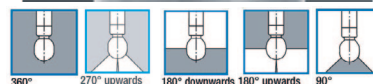
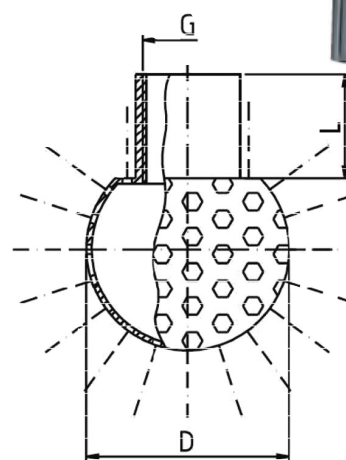
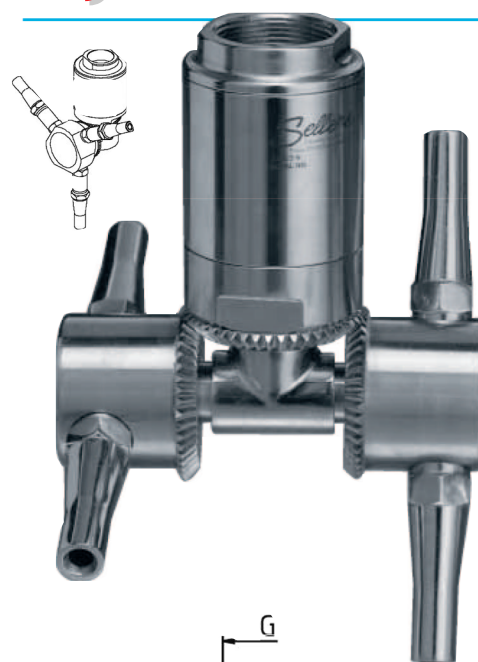
- Frébortová, J., Tatarkovičová, V.: Trace enrichment of chlorinated phenols from drinking water on chemically bonded sorbents for high-performance liquid chromatography. *Analyst* **119**, 1994, 1519.
- Paulson, G. D.: Metabolic fates of herbicides in animals. *Residue Rev.* **58**, 1975, 1.
- Engst, R., Macholz, R. M., Kujawa, M., Lewerenz, H. J., Plass, R.: The metabolism of lindane and its metabolites gamma-2, 3, 4, 5, 6-pentachlorocyclohexene. *J. Environ. Sci. Health.* **B 11**(2), 1976, 95.
- Faber, H. A.: Super-Chlorination Practice in North America. *J. Amer. Water Works Ass.* **31**, 1939, 1539.
- Griffin, A. E.: Reaction of heavy doses of chlorine in various waters. *J. Amer. Water Works Ass.* **31**, 1939, 2121.
- Lange, R., Schliemann, J., Friebe, R., Linow, F.: Zur Anwendung der Methodenkombination Kjeldahl-Naßaufschluß/Berthelot-Reaktion bei der Stickstoffbestimmung in biologischen Materialien 3. Mitt. Untersuchungen über Folge- und Nebenreaktionen der Indophenolbildung, Teil I. Die Bildung von Chlorphenolen. *Food-Nahrung* **24**, 1980, 447.
- Wenn, R. V., MacDonell, G. E., Wheeler, R. E.: A detailed mechanism for the formation of a chlorophenolic taint in draught beer dispense systems: the rationale for taint persistence and ultimate removal. *Proceedings EBC*, 1987, 671.
- Devreux, A.: Altération du goût de la bière après soutirage. *Fermentatio* **69**(1), 1973, 7.
- Realini, P. A.: Determination of priority pollutant phenols in water by HPLC. *J. Chromatogr. Sci.* **19**, 1981, 124.
- Čulík, J., Figalla, K., Horák, T., Kellner, V.: Stanovení vyšších senzory aktivních alkoholů v pivě pomocí extrakce na pevné fázi a kapilární plynové chromatografie. *Kvasny Prum.* **45**, 1999, 4.
- Puig, D., Barcelo, D.: Off-line and on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography for the determination of priority phenols in natural waters. *Chromatographia* **40**, 1995, 435.
- Baldwin, D. A., Debowski, J. K.: Determination of phenols by HPLC down to PPT levels. *Chromatographia* **26**, 1988, 186.
- Maris, F. A., Stab, J. A., de Jong, G. J., Brinkman, U. A. Th.: On-line trace enrichment on a reversed-phase pre-column for normal-phase liquid chromatography with electron-capture detection. *J. Chromatogr.* **445**, 1988, 129.
- Renberg, L., Lindstrom, K.: C18 reversed-phase trace enrichment of chlorinated phenols, guaiacols and catechols in water. *J. Chromatogr.* **214**, 1981, 327.
- Lamparski, L. L., Nestrick, T. J.: Determination of trace phenols in water by gas chromatographic analysis of heptafluorobutyl derivatives. *J. Chromatogr.* **156**, 1978, 143.
- Butler, E. C. V., Dal Pont, G.: Liquid chromatography-electrochemistry procedure for the determination of chlorophenolic compounds in pulp mill effluents and receiving waters. *J. Chromatogr.* **609**, 1992, 113.

Oprava

V Kvasném průmyslu č. 11–12/07 na str. 348 v článku **Nově jmenovaná Vědecká rada VÚPS Praha** byly nesprávně uvedeny údaje u prof. Ing. Jaroslavy Ehrenbergerové, CSc. Paní profesorce se omlouváme a příslušný odstavec uvádíme ve správném znění znovu:

Prof. Ing. Jaroslava Ehrenbergerová, CSc. – Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Agronomická fakulta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně.

Významná vědecká a pedagogická pracovnice ČR v oboru šlechtění rostlin a semenářství. Je spoluautorkou několika registrovaných odrůd. V současnosti se věnuje výzkumu v oblasti zlepšení nutriční kvality odrůd genetickou cestou a vlivu environmentálních podmínek na kvalitu produktů rostlinného původu i jejich vhodnosti pro výrobu funkčních potravin. Je úspěšnou řešitelkou několika projektů COST, GA ČR a v současnosti je řešitelkou Výzkumného centra „Studium obsahových látek ječmene a chmele“, na jehož řešení se podílí řada významných výzkumných subjektů ČR (VÚPS, a. s., ZVÚ v Kroměříži, s. r. o., AV ČR a VŠCHT v Praze). Je členkou několika vědeckých rad výzkumných institucí v ČR, přednáší o výsledcích výzkumu na mezinárodních konferencích v ČR i v zahraničí (Španělsko, Rakousko).

Mycí hlavice

regom
instruments

Brabcova 2 / 1159, 147 00 PRAHA 4

☎ 241 402 206
☎ 241 400 290

✉ regom@regom.cz
🌐 www.regom.com