

亚临界水萃取技术在天然产物提取中的研究进展

郭娟, 丘泰球, 杨日福, 范晓丹

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640)

摘要:较详细地介绍了亚临界水萃取技术的原理、设备、工艺流程、影响萃取效果的因素、在天然产物领域的应用及研究成果。指出了该技术存在的问题, 并对其应用与发展前景进行了探讨。

关键词:亚临界水; 萃取; 应用; 研究进展

中图分类号: TQ028.8

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2007)12-0019-06

Progress in subcritical water extraction technique for extraction of natural products

GUO Juan, QIU Tai-qiu, YANG Ri-fu, FAN Xiao-dan

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In this paper, the extraction principle for subcritical water extraction (SWE), experimental apparatus, experimental parameters affecting the extraction efficiency, the recent application and research fruits in the natural products field, are introduced. The existing problems are pointed out, and its application and development prospect in this field are also explored.

Key words: subcritical water; extraction; application; progress

近年来,随着人们对天然产物中活性成分药效研究的深入,活性成分的提取已经成为研究热点之一。微波辅助提取(MAE)、加速溶剂萃取(ASE)、超临界流体萃取(SFE)及亚临界水萃取(SWE)等新技术在活性成分的萃取方面得到了迅速的发展和运用。由于具有提取时间短、环境友好、萃取效率高优点,SFE和SWE被认为是其中更有前途的提取技术。据Herrero等^[1]报道,从1999年到2000年,SFE技术在主要应用领域——食品和农业方面的应用比例高达32%,且无论在技术上,还是在基础理论的研究上都取得了很大进展。然而,亚临界水萃取技术是近10年刚刚发展起来的新型萃取技术,在国外,该方法已在环境样品中有机污染物的萃取、中药有效成分提取和分析前处理过程中得到了应用^[2],但国内对该技术的研究才刚刚起步,相应的研究极为有限。因此,本文就SWE技术的萃取原理、设备、工艺流程、影响因素及其在天然产物活性成分提取中国内外近年来的研究进展、应用成果等方面进行了综述。

1 亚临界水萃取技术的基本原理

亚临界水又称超加热水、高压热水或热液态水,

是指在一定的压力下,将水加热到100℃以上临界温度374℃以下的高温,水体仍然保持在液体状态^[3-6]。亚临界状态下流体微观结构的氢键、离子水合、离子缔合、簇状结构等发生了变化^[7],因此亚临界水的物理、化学特性与常温常压下的水在性质上有较大差别。常温常压下水的极性较强,亚临界状态下,随着温度的升高,亚临界水的氢键被打开或减弱,从而使水的极性大大降低,由强极性渐变为非极性,其性质更类似于有机溶剂,可将溶质按极性由高到低萃取出来。这样就可以通过控制亚临界水的温度和压力,使水的极性在较大范围内变化,从而实现天然产物中有效成分从水溶性成分到脂溶性成分的连续提取,并可实现选择性提取。此外,由于亚临界水萃取是以价廉、无污染的水作为萃取剂,因此,亚临界水萃取技术被视为绿色环保、前景广阔的一项变革性技术。

2 设备与工艺

2.1 亚临界水萃取设备

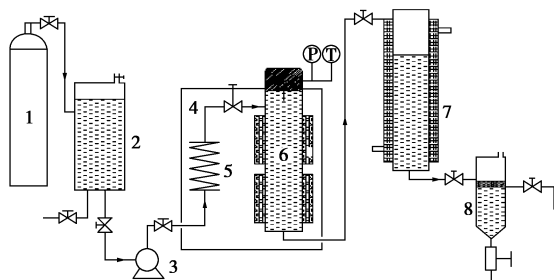
到目前为止,市场上还没有商业化的亚临界水萃取设备出售,所有相关文献报道的实验结果都是用自制的设备^[6,8],或是在超临界流体萃取和加速

收稿日期:2007-09-06

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAD27B03)

作者简介:郭娟(1978-),女,博士生,guojuan110@126.com;丘泰球(1941-),男,教授,博士生导师,主要从事天然产物分离纯化新技术、新方法方面的研究,tqiu@scut.edu.cn。

溶剂萃取设备的基础上改装的设备^[9-10]。总的来讲,亚临界水萃取设备相对比较简单,如图 1 所示,主要由压力泵、恒温炉、不锈钢预加热器、不锈钢萃取罐、冷却器及收集器等组成。萃取剂水为去离子水,为了防止水中的氧气对萃取罐及萃取效果的影响,可用氮气除去水中的氧气;压力泵用来将脱氧的去离子水以一定的压力输送到预加热器中,通过预加热器将水预热至所需的温度,而后再被输送到萃取罐中;恒温炉用来保证萃取系统处于恒温状态;为了避免因高温丧失挥发性成分,冷却器用来迅速冷却流出的萃取液;冷却器和收集器之间安装有压力调节器,用于维持萃取罐中的水处于液体状态。此外,为了方便漂洗冷凝器中的残留物,还可以再增加一个压力泵和一个盛放有机溶剂的容器。综合来讲,亚临界水萃取设备不像超临界流体萃取设备那样需要太高的压力,因此,设备相对要简单和便宜很多。



1—氮气罐;2—蓄水池;3—压力泵;4—恒温炉;5—预加热器;
6—萃取罐;7—冷却器;8—萃取物收集器

图 1 亚临界水萃取设备示意图

2.2 工艺流程及萃取方式

亚临界水萃取工艺流程如下:在蓄水池中装满

(上接第 18 页)

- [26] Fatehi A. Separation of methane-nitrogen mixtures by pressure swing adsorption using a carbon molecular sieve[J]. Gas Separation & Purification, 1995, 31(9): 199 - 204.
- [27] Hassan M M, Ruthven D M. Air separation by pressure swing adsorption on a carbon molecular sieve[J]. Chemical Engineering Science, 1986, 41(5): 1333 - 1343.
- [28] Hassan M M, Raghavan N S, Ruthven D M. Pressure swing air separation on a carbon molecular sieve: II. investigation of a modified cycle with pressure equalization and no purge[J]. Chemical Engineering Science, 1987, 42(8): 2037 - 2043.
- [29] Raghavan N S. Numerical simulation of a psa system using a pore diffusion model[J]. Chemical Engineering Science, 1986, 41(11): 2787 - 2793.
- [30] Farooq S, Ruthven D M. Numerical simulation of a kinetically controlled pressure swing adsorption bulk separation process based on a diffusion

水,打开氮气罐的阀门,将氮气通入到蓄水池中,用氮气除去水中溶解的氧气;将粉碎到一定粒度的物料放进萃取罐中,通过压力泵将水输送到预加热器中进行预加热,当温度达到所需的温度后,将热水输送到萃取罐中;物料在一定的压力和温度下用水萃取,萃取一定时间后萃取液由萃取罐的底部流出,经管道流入冷却器中进行冷却,冷却至常温即可被放出进行收集。

亚临界水萃取方式有 2 种:静态萃取和动态提取。静态萃取是指水与被萃取原料在一定的温度和压力下,静态作用一定时间后再进行分离的萃取方式^[11],萃取过程类似于 ASE 萃取;动态提取多为连续式萃取^[12-13],是指原料加入萃取器后,水用泵连续通入萃取器中,在固定的温度或连续变化的温度条件下进行萃取。此种方式不但加速了传质效率,缩短了提取时间,还可实现选择性连续萃取。

3 影响因素

对于亚临界水萃取来讲,影响萃取效果的因素主要有萃取温度、萃取压力、萃取时间及水的流速。

3.1 萃取温度

萃取温度是影响萃取效率的最重要的因素,在亚临界水萃取过程中,萃取率一般会随着温度的升高而提高,为了尽可能多地提取活性成分并提高萃取效率,理论上萃取应该在较高的温度下进行,但实际并非如此,温度太高会导致某些成分的降解,反而降低了萃取率。因此,最佳萃取温度应该根据不同的原料及提取的目标物进行选择。例如 Yang 等^[8]利用亚临界水萃取技术从牛至叶中萃取 5 种萜烯类物质,并对其稳定性进行了考察。结果表明,高温

model[J]. Chemical Engineering Science, 1991, 46(9): 2213 - 2224.

- [31] Schröter H J. Carbon molecular sieves for gas separation processes[J]. Gas Separation & Purification, 1993, 7(4): 247 - 251.
- [32] Henning K D, Seifried M, Knoblauch K. Pressure swing adsorption for natural gas or methane recovery from landfill gas[J]. Recycling Int, 1986(1): 531 - 538.
- [33] Pilarczyk E. Pressure swing adsorption for natural gas or methane recovery from landfill gas[J]. Resources and Conservation, 1987, 128: 340 - 345.
- [34] Dong Fei, Lou Hongmei, Kodama A. New concept in the design of pressure-swing adsorption processes for multicomponent gas mixtures[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 1999, 38(1): 233 - 239.
- [35] Dong Fei, Lou Hongmei, Kodama A, et al. The Petlyuk PSA process for the separation of ternary gas mixtures: Exemplification by separating a mixture of CO₂-CH₄-N₂[J]. Separation and Purification Technology, 1999, 16: 159 - 166. ■

会使萜烯类物质降解并使回收率下降,5种萜烯类物质的稳定性随着温度的升高也会降低。此外,一些文献^[6]也有温度太高反而不利于提取、提取挥发油的最佳温度范围是125~175℃的报道。同时为了防止一些化合物在高温条件下被氧化,萃取温度也不能太高。

3.2 萃取时间

萃取时间也是重要的因素之一,由于一些成分因萃取时间太长会引起降解而导致最终的提取量降低,因此实际操作中萃取时间也不能太长。亚临界水萃取过程中萃取时间一般都较短,大多在1h以内,对于有些原料萃取时间仅需要15min,例如从牛至叶中提取挥发油^[12]。

3.3 萃取压力和水的流速

萃取压力在亚临界水萃取过程中相对是比较次要的因素,对萃取效果的影响很小,它的大小只要能使水处于液体状态下即可,压力大小一般在1~6MPa。水的流速对萃取效果的影响非常有限,一般来说,提高水的流速能使传质加速^[14],大部分化合

物的提取量都会随着流速的增加而有所增加^[6,13,15],但较高的流速却增加了最终提取物的体积,致使浓度过低。因此,Eikani等^[6]建议在选择最佳流速时要考虑2个重要因素:萃取时间和提取物的浓度。总的来讲,在亚临界水萃取过程中,应该根据实验的最终目的选择适当的萃取参数。

4 应用

亚临界水萃取技术是近10年来刚刚发展起来的新型技术,该技术最早应用于土壤、沉积物、淤泥等环境样品中有机污染物的萃取^[16]。1998年,英国的Basile等^[17]第一次用超加热水提取迷迭香叶子中的挥发油,随后,该技术逐步被应用于其他天然产物及食品的萃取中。由于技术优势明显,该技术很快作为从天然产物中萃取有效成分的新方法而得以迅速发展。目前,亚临界水萃取技术在天然产物领域的应用主要集中在挥发油及活性成分的提取上。表1列举了近年亚临界水萃取的相关研究。

表1 SWE提取技术的应用

原料	萃取物	最佳工艺条件				分析方法	参考文献
		温度/℃	时间/min	压力/ 10^5 Pa	流速/ $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$		
山香绿薄荷	挥发油	150	30	60	2	GC-TOF/MS	5
牛至叶	挥发油	125	24	20	1	GC-FID-MS	12
茴香	挥发油	150	30	20	2	GC-FID-MS	13
丁香	挥发油	150	100	20	2	GC-FID	18
迷迭香	挥发油	125~175	30	20	2	GC-FID	17
桉树	挥发油	150	20	50	2	GC-FID, GC-MS	19
莞荳	挥发油	125	120	20	2	GC-FID, GC-MS	6
月桂树	挥发油	150	35	50	2	GC-FID, GC-MS	20
石菖蒲	挥发油	150	5	50	1	GC-MS	21
博路都	挥发油	100	180	没提到	没提到	GC-FID, GC-MS	22
砂仁	挥发油	150	5	50	1	GC-MS	23
卡瓦胡椒	卡瓦内酯	175	20	60~70	1	GC 离线	24
婆婆纳	环烯萜萜苷	100	30	147	没提到	MECC	25
葡萄渣	儿茶素等	150	30	103	1	HPLC-DAD, -MS	26
海巴戟天	葱醌	200	120	40	5	分光光度计	15
海巴戟天	抗癌成分	170	没提到	40	2.4~4	RP-HPLC	27
珠子草	水解单宁	100	60	100	1.5	HPLC	28
亚麻籽	木质素	140	142	52	0.5	HPLC	14
葡萄皮	花青素等	120	30	80	1.2	HPLC-UV 或 MS	29
黄芩	黄芩苷	130	10	50	没提到	HPLC	30
丹参	丹参酮II A	180	10	50	没提到	HPLC	31

4.1 在挥发油方面的应用

水蒸气蒸馏法和有机溶剂萃取法是目前应用最广泛的传统植物挥发油或有效成分的萃取方法,但操作时间长、能耗高、选择性差、有机溶剂易残留等缺陷使得这 2 种传统方法的工业化、规模化应用受到了很大限制。近年来,SFE 技术以其无毒、残留量低、有效成分不易被破坏等优点备受称赞。但由于常用溶剂 CO_2 具有非极性和相对分子质量小的特点,使得对某些物质的溶解度较低、选择性不高而使提取效果并不理想,实际操作中往往要通过添加夹带剂来提高萃取率,萃取结束后,必须设法除去挥发油中的夹带剂,这势必导致工艺的复杂及易挥发成分的损失及氧化;另外由于水不溶于 CO_2 ,因而超临界 CO_2 萃取过程常需将原料预先干燥,额外增加了成本,也使芳香性化合物油有所损失。此外,从植物中提取挥发油时,由于超临界 CO_2 不仅对挥发油而且对低极性的化合物如角质层中的蜡质、脂肪酸、有色物质及树脂也有相似的溶解性,提取过程中这些物质也会被提取出来,虽然采用复杂的体系也可以得到较纯的挥发油^[17],但操作繁琐且对设备的要求也更为苛刻。

为了克服超临界 CO_2 萃取方法的缺点,1998 年 Basile 等^[17]进行了亚临界水萃取迷迭香中挥发油的研究,并与传统的萃取技术进行了比较。结果表明,含氧化合物的产量高于水蒸气蒸馏法的产量,能耗也较低,证实了亚临界水萃取技术的确是一种可行的方法。Gámiz-Gracia 等^[13]通过对比亚临界水提取、水蒸气蒸馏和二氯甲烷溶剂提取茴香油,结果表明,亚临界水提取更为迅速、清洁、氧化萜烯的浓度和得率更高。随后,如表 1 所示相继有大量的亚临界水萃取技术在挥发油提取方面应用的报道。诸多研究充分显示了亚临界水萃取技术在萃取挥发油方面的优势:时间短、提取效率高、能耗低、所得挥发油质量好。

4.2 在活性成分萃取方面的应用

亚临界水萃取技术的另一个重要应用就是用来萃取天然产物中的活性成分。Kubatova 等^[24]用亚临界水从卡瓦根中提取卡瓦内酯,并和有机溶剂提取法相比较,在 175°C 、20 min 的条件下提取量与使用丙酮、二氯甲烷或是甲醇超声提取 18 h 相当,是索氏提取法或溶剂萃取法 6 h 所得量的 2 倍。Markom 等^[28]用溶剂提取法、SFE 及亚临界水萃取法从珠子草中提取水解单宁(没食子酸、鞣花酸、柯里拉京),结果表明,当温度固定时,溶剂提取法是萃取没食子

酸和鞣花酸的最好方法,但亚临界水萃取法所得的提取量最高,柯里拉京也能在最短的时间内被提取出来。Güclü-üstündag 等^[32]进行了 SWE、ASE、超声提取法(USE)从王不留行中萃取皂角苷的研究,实验考察了萃取溶剂类型、预处理方式、萃取方法、亚临界水萃取过程中萃取温度及时间对萃取效果的影响。结果表明,用纯的甲醇或乙醇和含水的甲醇或乙醇作萃取剂,ASE 所得的皂角苷的量要比用 USE 多,当用质量分数为 80% 的乙醇作萃取剂时,皂角苷的提取量达到最高;亚临界水萃取过程中萃取量是随着萃取温度和萃取时间的增加而增加,但当温度 $\geq 150^\circ\text{C}$ 时降解很明显;样品经过预处理并没有提高萃取效率,在 $125 \sim 160^\circ\text{C}$ 、萃取时间 1 h 的情况下,提取没有被预处理的样品所得皂角苷的量大于经过粉碎处理的样品。Luque-Rodríguez 等^[29]用 0.8% (体积分数) 的 HCl 酸化处理过的改良萃取溶剂——超加热水和乙醇从葡萄皮中萃取花青素和其他酚类,结果表明,在水和乙醇体积比 1:1、 120°C 、30 min、1.2 mL/min 和 8 MPa 的条件下,花青素、总酚、黄酮类物质的提取量均高于动态的传统固液提取法。

4.3 在其他相关领域的应用

目前,国内外已有将亚临界水萃取技术应用于粮食、水果、蔬菜、肉制品中农药残留提取的报道^[33],结果表明,亚临界水萃取具有提取率高、精密度好且操作简便的特点。如国内王耀等^[34]成功研制了可用于现场快速测定的便携式亚临界水萃取装置,并进行了亚临界水萃取肉制品中亚硝酸盐的研究,建立了肉制品中亚硝酸盐的亚临界水萃取预处理技术,萃取率及精密度均好于现有的国标方法。

5 和其他技术的联用

目前,亚临界水萃取技术与其他方法的联用主要体现在亚临界水萃取技术与色谱分析技术以及与固相微萃取技术和液相微萃取技术的联用。徐志宏等^[30-31]进行了黄芩中黄芩苷及丹参中脂溶性成分的亚临界水提取及高效液相色谱研究,建立了相应的亚临界水提取及高效液相色谱测定方法,通过提取-高效液相色谱联机分析实现了对提取物的实时监测。Ozel 等^[5]利用亚临界水萃取- C_{18} 固相萃取-气质联用(SWE- C_{18} SPE-GC-TOF/MS)技术对山香绿薄荷中的挥发油进行了提取和分析。邓春辉等^[23]利用高压热水-固相微萃取技术-气质联用(PHWE-SPME-GC-MS)对砂仁中的挥发油进行了

提取和分析:提取时间仅需 20 min (PHWE 5 min, SPME 15 min),大大低于蒸汽蒸馏时间(6 h),样品需求量也少,并且没有有机溶剂的残留;此外,Deng^[35]还用高压热水-液相微萃取-气质联用(PHWE-LPME-GC-MS)技术提取和分析了防风中的人参醇,结果表明,PHWE-LPME-GC-MS是一种简单、快速、有效和价廉的测定人参醇的方法及我国传统中药质量评价的潜在工具。

6 存在的问题

目前,亚临界水萃取技术的相关研究基本上都是实验室规模的应用研究,萃取罐的容积一般都在 10 mL 左右,每次可处理的物料仅有几克,没有上升到工业化应用的水平,因此很有必要加强工业化应用的相关研究。笔者所在课题组已经开始从工业化应用的角度出发,正在进行亚临界水萃取技术的工程应用研究,希望在不久的将来能得到一些具有参考价值的研究成果。经亚临界水萃取所得的萃取液为两相混合的乳状液,为了得到目标物,目前常用的方法是向萃取液中添加一定量的食盐去打破平衡体系,再用己烷等有机溶剂将其中的有效成分如挥发油等萃取出来,最后再用氮气等去除己烷得到较纯的目标物^[6]。整个操作步骤繁琐,虽然己烷等有机溶剂用量不大,但有机溶剂的引入势必存在残留及去除的问题,虽然有与固相微萃取和液相微萃取技术联用的报道,但这 2 种技术主要用于样品分析的前处理,且每次处理的量极少,因此还需要对这方面进行深入研究,寻找一种更好的分离方法。另外,由于亚临界水萃取是在温度较高的情况下进行的,所以要对被提取物进行耐热性预实验。

7 展望

虽然亚临界水萃取技术像其他提取技术一样存在一些缺陷,但相比之下它的技术优势更为明显,是一种前景更为广阔的分离提取技术。但国内对该技术的研究才刚刚起步,相应的研究极为有限。近年来,随着“营养、健康、回归大自然”消费观念的深入人心,天然香精香料需求量的迅猛增长,以及欧共体、加拿大、澳大利亚、美国等国对中草药药效及地位合法化的认可,都为我国天然资源的充分利用提供了前所未有的机遇,因此,充分利用先进的亚临界水萃取技术进行资源深加工,对加快我国优势资源的开发利用、增加产品的附加值及提高产品的国际竞争力具有重要和深远的意义。

参考文献

- [1] Herrero M, Cifuentes A, Ibañez E. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae [J]. Food Chemistry, 2006, 98: 136 - 148.
- [2] 陈 ■, 田景奎, 程翼宇. 中草药挥发油提取新技术: 亚临界水萃取 [J]. 化学工程, 2006, 34(8): 59 - 62.
- [3] Ozel M Z, Kaymaz H. Superheated water extraction, steam distillation and soxhlet extraction of essential oils of origanum onites [J]. Anal Bioanal Chem, 2004, 379: 1127 - 1133.
- [4] Li Bin, Yang Yu, Gan Youxin, et al. On-line coupling of subcritical water extraction with high-performance liquid chromatography via solid-phase trapping [J]. Journal of Chromatography A, 2000, 873(2): 175 - 184.
- [5] Ozel M Z, Gogus F, Lewis A C. Subcritical water extraction of essential oils from *Thymbra spicata* [J]. Food Chemistry, 2003(82): 381 - 386.
- [6] Eikani M H, Golmohammad F, Rowshanzamir S. Subcritical water extraction of essential oils from coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.) [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 735 - 740.
- [7] Toshio Y. Structure of subcritical and supercritical hydrogen-bonded liquids and solutions [J]. Journal of Molecular Liquids, 1998, 78(1/2): 43 - 50.
- [8] Yang Yu, Kayan B, Bozer N, et al. Terpene degradation and extraction from basil and oregano leaves using subcritical water [J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1152(1/2): 263 - 264.
- [9] Hartonen K, Inkala K, Kangas M, et al. Extraction of polychlorinated biphenyls with water under subcritical conditions [J]. Journal of Chromatography A, 1997, 785(1/2): 219 - 226.
- [10] Rodríguez-Meizoso I, Marin F R, Herrero M, et al. Subcritical water extraction of nutraceuticals with antioxidant activity from oregano: Chemical and functional characterization [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2006, 41: 1560 - 1565.
- [11] McGowin A E, Adom K K, Obubuafo A K. Screening of compost for PAHS and pesticides using static subcritical water extraction [J]. Chemosphere, 2001, 45: 854 - 867.
- [12] Jiménez-Carmona M M, Uebera J L, Luque de Castro M D. Comparison of continuous subcritical water extraction and hydrodistillation of marjoram essential oil [J]. Journal of Chromatography A, 1999, 855: 625 - 632.
- [13] Gámiz-Gracia L, Luque de Castro M D. Continuous subcritical water extraction of medicinal plant essential oil: Comparison with conventional techniques [J]. Talanta, 2000(51): 1179 - 1185.
- [14] Cacace J E, Mazza G. Pressurized low polarity water extraction of lignans from whole flaxseed [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(4): 1087 - 1095.
- [15] Pongnaravane B, Goto M, Sasaki M, et al. Extraction of anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia* by pressurized hot water: Antioxidant activity of extracts [J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2006, 37: 390 - 396.
- [16] Hawthorne S B, Yang Y, Miller D J. Extraction of organic pollutants from environmental solids with sub- and supercritical water [J]. Anal Chem, 1994, 66: 2912 - 2920.

- [17] Basile A, Jimenez-Carmona M M, Clifford A A. Extraction of rosemary by superheated water[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46: 5205 - 5209.
- [18] Clifford A A, Basile A, Al-Saidi S H R. A comparison of the extraction of clove buds with supercritical carbon dioxide and superheated water[J]. Fresenius J Anal Chem, 1999, 364: 635 - 637.
- [19] Jiménez-Carmona M M, Luque de Castro M D. Isolation of eucalyptus essential oil for GC-MS analysis by extraction with subcritical water[J]. Chromatographia, 1999, 50(9/10): 578 - 582.
- [20] Fernández-Pérez V, Jiménez-Carmona M M, Leque de Castro M D. An approach to the static-dynamic subcritical water extraction of laurel essential oil: Comparison with conventional techniques[J]. Analyst, 2000, 125: 481 - 485.
- [21] Deng Chunhui, Li ning, Zhang Xiangmin. Rapid determination of essential oil in *Acorus tatarinowii* Schott by pressurized hot water extraction followed by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1059: 149 - 155.
- [22] Del Valle J M, Rogalinski T, Zetzl C. Extraction of boldo (*Peumus boldus* M) leaves with supercritical CO₂ and hot pressurized water[J]. Food Research International, 2005, 38: 203 - 213.
- [23] Deng Chunhui, Wang Aiqin, Shen Shun, et al. Rapid analysis of essential oil from *Fructus Amomi* by pressurized hot water extraction followed by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2005, 38: 326 - 331.
- [24] Kubatova A, Miller D J, Hawthorne S B. Subcritical water and organic solvents for extracting kava lactones from kava root[J]. J Chromatogr A, 2001, 923(1): 187 - 194.
- [25] Suomi J, Sirén H, Hartonen K, et al. Extraction of iridoid glycosides and their determination by micellar electrokinetic capillary chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 2000, 868: 73 - 83.
- [26] García-Marino M, Rivas-Gonzalo J C, Ibáñez E, et al. Recovery of catechins and proanthocyanidins from winery by-products using subcritical water extraction[J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 563: 44 - 50.
- [27] Anekpankul T, Goto M, Sasaki M, et al. Extraction of anti-cancer damnacanthol from roots of *Morinda citrifolia* by subcritical water[J]. Separation and Purification Technology, 2007, 55: 343 - 349.
- [28] Markom M, Hasan M, Daud W R W, et al. Extraction of hydrolysable tannins from *Phyllanthus niruri* Linn: Effects of solvents and extraction methods[J]. Separation and Purification Technology, 2007, 52: 487 - 496.
- [29] Luque-Rodríguez J M, Luque de Castro M D, Pérez-Juan P. Dynamic superheated liquid extraction of anthocyanins and other phenolics from red grape skins of winemaking residues[J]. Bioresource Technology, 2007, 98: 2705 - 2713.
- [30] 徐志宏, 钱广生, 刘三康, 等. 黄芩中黄芩苷的亚临界水提取及高效液相色谱分析[J]. 色谱, 2004, 22(1): 44 - 47.
- [31] 徐志宏, 钱广生, 李章万. 丹参中脂溶性成分的亚临界水提取方法研究[J]. 分析化学, 2003, 31(11): 1307 - 1311.
- [32] Güclü-üstündag Ö, Balsevich J, Mazza G. Pressurized low polarity water extraction of saponins from cow cockle seed[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 619 - 630.
- [33] Wennrich L, Popp P, Breuste J. Determination of organochlorine pesticides and chlorobenzenes in fruit and vegetables using subcritical water extraction combined with sorptive enrichment and CGC-MS[J]. Chromatographia Supplement, 2001, 53: 380 - 386.
- [34] 王耀, 陆晓华. 亚临界水萃取肉制品中的亚硝酸盐的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(16): 178 - 183.
- [35] Deng Chunhui, Yang Xiuhuan, Zhang Xiangmin. Rapid determination of panaxynol in a traditional Chinese medicine of *Saposhnikovia divaricata* by pressurized hot water extraction followed by liquid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Talanta, 2005, 68: 6 - 11. ■

艾默生被指定为中国规模最大的冶炼和石化项目的主仪表供应商

艾默生过程管理公司日前宣布, 该公司已经被指定为中国历史上规模最大的一体化冶炼和石化项目的主仪表供应商。该项目是位于新疆独山子的独山子石化公司炼油和乙烯项目。

独山子项目包括 20 个冶炼加工装置和 12 个石化加工装置。冶炼厂每年将会生产 1 000 万 t 石油, 也就是 20 万桶石油。而石化加工厂每年将生产 1 200 万 t 乙烯。为独山子项目提供的原油将通过哈萨克斯坦—中国输油管道进行输送。

独山子石化是中国石油天然气股份有限公司的全资子公司。独山子石化在该项目上投资了约 40 亿美元(折合人民币 300 亿元)。艾默生过程管理赢得的独山子合同项目价值高于 1 750 万美元。

艾默生将提供 25 000 多台罗斯蒙特(Rosemount®)仪

表, 2 500 台 FIELDVUE® DVC 6000 HART 智能定位器和 2 000 台费希尔(Fisher®)控制阀以及 400 多台高准科氏流量计。独山子项目计划在 2008 年底完工。

罗斯蒙特仪表不仅是世界上最可靠的测量仪器, 而且能够帮助实现最佳测量操作, 优化应用性能。罗斯蒙特仪表能够在极端苛刻环境下表现精确而可靠, 从而提供一个更加安全而有效的工厂环境。

作为一个复杂的石化工程, 工厂的数字化控制水平是独山子项目面临的一个主要问题。FIELDVUE DVC 6000 能够提供完整的诊断功能包, 帮助更好地实现对控制阀性能的管理。控制阀是工厂里最关键的站点设备之一。高质量的费希尔(Fisher)阀门产品保证了高可靠性和低故障率, 从而避免了意外停工并降低了运营成本。(罗淑慧)