

超临界CO₂萃取毛竹笋油的工艺及产品成分

陆柏益, 鲍建峰, 山琳, 张英^{*}

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310029)

摘要: 为优化超临界CO₂萃取毛竹笋油的工艺参数, 该研究通过单因素试验和正交试验考察了萃取压力、萃取温度、萃取时间和CO₂流量等因素对毛竹笋油得率的影响, 并利用气质联用(GC-MS)对毛竹笋油进行成分分析。研究确定超临界CO₂萃取毛竹笋油的较佳工艺为: 萃取压力25 MPa、萃取温度55℃、萃取时间2.5 h和CO₂流量15 L/h, 较佳工艺条件下笋油得率为5.74%; GC-MS分析毛竹笋油, 共鉴定出17种组分, 其中β-谷甾醇、9,12-十八碳二烯酸和9,12,15-十八碳三烯酸的相对含量分别为26.00%、10.50%和9.83%。

关键词: 超临界流体, 萃取, 工艺, 竹笋

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.055

中图分类号: S789.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0312-05

陆柏益, 鲍建峰, 山琳, 等. 超临界CO₂萃取毛竹笋油的工艺及产品成分[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 312-316.
Lu Baiyi, Bao Jianfeng, Shan Lin, et al. Technology for supercritical CO₂ extraction of bamboo shoot oil and components of product[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 312-316. (in Chinese with English abstract)

0 引言

竹(*Bamboo*)属禾本科多年生常绿植物, 广泛分布于热带、亚热带和暖温带地区。中国笋竹资源丰富, 有40多属500多种, 中国现有竹林面积551万hm², 其中毛竹(*P. Pubescens*)是最重要的品种。竹笋是竹膨大的芽和幼嫩的茎, 素有“寒土山珍”之称, 其特点是高纤低脂、营养齐全。中国年产竹笋500~600万t(2006年), 除40%鲜销外, 其余加工成水煮笋、笋干和调味笋等笋制品, 但由于传统笋制品市场萎缩, 竞争激烈, 导致加工企业经济效益低下, 农民增产不增收, 亟需加强深加工利用研究和高附加值产品的开发^[1]。

国内外对竹笋综合开发和深加工研究主要集中在中、印度及日本, 美国也有研究, 研究开发的内容主要集中在膳食纤维^[2-4]、蛋白^[5-7]、多糖^[8-10]和多酚^[11-12]等不溶性或水溶性成分上, 而关于竹笋脂溶性成分(油)研究较少, 其中陆柏益等^[13]、Kananbala-Sarangthem等^[14]研究发现竹笋含有丰富的植物甾醇(豆甾醇、β-谷甾醇、芸苔甾醇、胆甾醇、麦角甾醇和谷甾醇), 毛竹春笋的笋壳具有最高的甾醇含量(2.796 mg/g)。尚未见有关于竹笋脂溶性成分萃取及工艺研究的报道。

超临界流体技术是一种新型分离技术, 具有萃取时

间短, 对萃取物选择性高, 无溶剂残留等优点, 广泛应用于天然产物的提取中, 特别是高沸点热敏性的低极性物质的提取和分离^[15-17], 其用于植物甾醇提取具有过程环保、产品无溶剂残留、提取和分离同步实现、提取效率高特点。目前, 尚未有关于超临界CO₂萃取竹笋油及其工艺研究的报道。

为进一步开发利用竹笋的脂溶性成分, 该试验以毛竹笋为试验材料, 结合单因素试验和正交试验考察超临界CO₂萃取压力、萃取温度、萃取时间和CO₂流量对毛竹笋油得率的影响, 优化得到最佳工艺, 并应用GC-MS技术对毛竹笋油的成分进行了成分分析, 为深度研究和开发高附加值笋制品提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验设备与仪器

HA221-50-06型超临界萃取装置(江苏省南通市华安超临界萃取有限公司); 6890-5973型气-质联用系统(美国Agilent公司); R201旋转蒸发器、天平等实验室常用的仪器设备。

1.2 试验材料及试剂

液态二氧化碳, 99.5%, 食品级, 浙江大学气体站提供; 毛竹笋粉, 10~20目, 含水率≤10%, 由福建颖食物产有限公司无偿提供; 蒸馏水等实验室常用的试剂。

1.3 试验设计

超临界CO₂萃取毛竹笋油时, 既要考虑油的得率, 又要考虑萃取速率和成本等因素, 因此需要考察的工艺参数有萃取压力、萃取温度、CO₂流量、萃取时间和原料粒径等, 试验选择萃取压力、萃取温度、萃取时间和CO₂流量作为影响因素, 进行单因素试验, 确定萃取较佳条件范围和因素水平。由于设备限制, 设备能稳定达到的

收稿日期: 2008-08-07 修订日期: 2008-12-18

基金项目: 国家十一五科技支撑计划(2008BADA9B04); 中国博士后科学基金特别资助项目(20081460)

作者简介: 陆柏益(1980-), 男, 浙江杭州人, 博士, 研究方向: 天然产物与功能性食品。杭州 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 310029。Email: bylu@zju.edu.cn

*通信作者: 张英(1961-), 女, 浙江杭州人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 天然产物与功能性食品。杭州 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 310029。Email: yzhangzju@zju.edu.cn

工艺参数范围为萃取压力 8~40 MPa, CO₂ 流量为 0~28 L/h, 萃取温度为 25~90℃, 单因素试验时固定因素条件为萃取压力 25 MPa、CO₂ 流量 15 L/h 和萃取温度 45℃, 之后改变其中一个因素进行试验。然后, 进行正交试验, 选定 4 个因素(萃取压力、萃取温度、萃取时间和 CO₂ 流量) 3 个水平, 见 L₉(3⁴) 正交表 1, 每次试验重复 3 次。

表 1 正交试验因素水平表 L₉(3⁴)

Table 1 Factors and levels of L₉(3⁴) orthogonal experiment

水平	因素			
	A 压力/MPa	B 温度/℃	C 时间/h	D CO ₂ 流量/(L·h ⁻¹)
1	20	45	1.5	15
2	25	50	2	20
3	30	55	2.5	25

1.4 工艺流程

将 1.5 kg 毛竹笋粉放于 5 L 萃取釜中, 先对萃取釜和分离釜进行预热, 贮罐进行冷却, 达到预定温度时, 打开 CO₂ 气瓶送气, 并打开高压泵升压, 达到预定压力时, 开始循环萃取, 调节 CO₂ 流量, 恒温恒压萃取预定时间后多次从分离釜 1 和分离釜 2 收集萃取物, 至无萃取物为止, 分离釜 1 的压力 8 MPa, 温度 35℃, 分离釜 2 的压力 5 MPa, 温度 28℃, 然后离心去除水分, 计算萃取物得率, 萃取得率=萃取的毛竹笋油质量(g)×100%/毛竹笋粉质量(g)。以萃取得率为考察指标, 筛选最佳工艺。

1.5 GC/MS分析条件

色谱条件: HP5-MS 色谱柱(5% phenyl methyl siloxane, 30 m×250 μm×0.25 μm); 进样量 1 μL; 进样口温度 270℃; 程序升温: 柱温在 80℃保持 3 min 后, 从 80℃以 10℃/min 升温到 270℃; 氦气流速 1.0 mL/min。质谱条件: 电子轰击电离(EI)源; 质谱接口温度 280℃; 源温 230℃; 电子能量 70 eV; 倍增管电压 1376 eV; 扫描范围: 核质比 50.0~600.0。

把较佳工艺条件下获得的毛竹笋油进行 GC/MS 分析, 并与 NIST98 标准质谱数据库进行对照检索, 根据相似度及特征峰比对进行确认, 并计算相对含量。

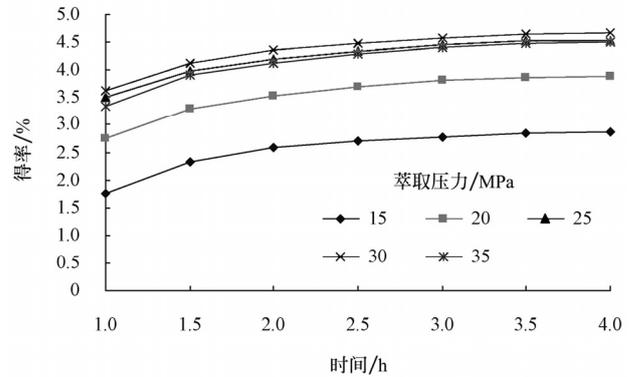
2 结果与分析

2.1 单因素试验分析

2.1.1 萃取压力对毛竹笋油得率的影响

图 1 显示了萃取压力对超临界 CO₂ 流体萃取毛竹笋油得率的影响, 可以看出在萃取时间 1~4 h 内, 随着萃取压力的增加毛竹笋油得率显著增加 ($p < 0.01$), 增加幅度逐渐趋缓, 在萃取压力 25~30 MPa 时达到最佳, 随后萃取压力的增加则引起得率显著下降 ($p < 0.01$)。这是因为在萃取温度恒定时, 增加超临界萃取压力, 超临界 CO₂ 流体的密度随之增大, 其溶解能力也增大, 促使毛竹笋油得率迅速升高, 但继续提高压力, 流体密度虽大, 但

因其扩散系数小, 反而影响传质速率, 不利于萃取的深入, 故得率提高不明显, 甚至下降。此外压力过高, 对仪器设备的要求也就越高, 所以压力选择要综合考虑各因素, 因而选择较佳萃取压力范围在 25~30 MPa。



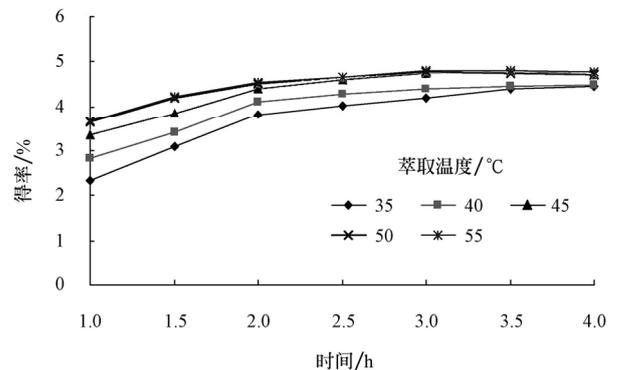
注: 萃取温度 45℃、CO₂ 流量 15 L/h

图 1 萃取压力对毛竹笋油得率的影响

Fig.1 Effect of extraction pressure on the yield of bamboo shoot oil

2.1.2 萃取温度对毛竹笋油得率的影响

图 2 为萃取温度对毛竹笋油得率的影响曲线, 可以看出在萃取时间 1~3.5 h 内, 随着萃取温度的增加, 毛竹笋油得率显著增加 ($p < 0.05$), 而当萃取温度超过 45℃后, 得率则基本保持稳定而稍有降低的趋势。这是因为萃取温度对超临界 CO₂ 流体萃取过程的影响有两方面, 一方面, 随着萃取温度的升高, CO₂ 密度降低, 萃取物在 CO₂ 流体中的溶解度下降, 萃取得率降低; 另一方面, 随着萃取温度的升高, 萃取物的蒸气压增大, 其在 CO₂ 流体中的溶解度也相应增大, 有利于萃取。此外温度的升高不利于热敏性物质的萃取, 也增加能源消耗。因此, 本研究中选择较佳的工艺萃取温度范围为 45~50℃。



注: 萃取压力 25 MPa、CO₂ 流量 15 L/h

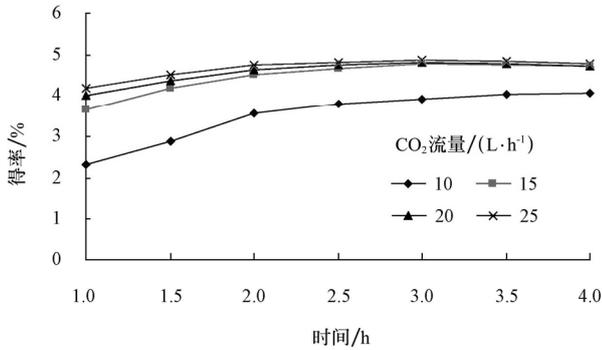
图 2 萃取温度对毛竹笋油得率的影响

Fig.2 Effect of extraction temperature on the yield of bamboo shoot oil

2.1.3 CO₂ 流量对毛竹笋油得率的影响

图 3 显示了 CO₂ 流量对毛竹笋油得率的影响, 可以看出在萃取时间 1~4 h 内, 随着 CO₂ 流量的增加, 毛竹笋油得率显著增加 ($p < 0.05$), 但当 CO₂ 流量高于 15 L/h

时, 得率基本保持稳定。造成上述现象主要原因是: 当其他条件一致时, 在一定的流量范围内, 随着 CO₂ 流量的增加, 溶质与溶剂之间的传质推动力加大, 传质效率提高, 萃取量也随之增加。但当流量增大到一定值后, 溶剂与溶质之间的传质时间会变短, 所以流量的增加并不会引起萃取量的进一步增加。因此, 选择的较佳 CO₂ 流量范围为 15~20 L/h 左右。



注: 萃取压力 25 MPa、萃取温度 45℃

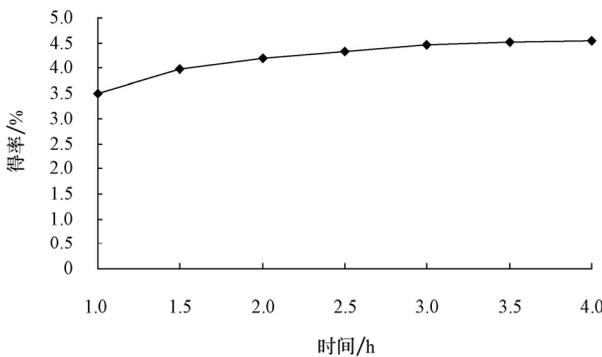
图 3 CO₂ 流量对毛竹笋油得率的影响

Fig.3 Effect of CO₂ discharge on the yield of bamboo shoot oil

2.1.4 萃取时间对毛竹笋油得率的影响

图 4 是萃取时间对超临界 CO₂ 流体萃取毛竹笋油得率的影响曲线, 可见在 1~4 h 内, 随着萃取时间的增加, 得率增加, 且增加的趋势变缓。一般而言, 随着萃取时间的增加, 得率也相应增加, 但当大部分的油被萃取时, 随着萃取时间的增加, 得率增加甚少。所以, 综合考虑提高效率, 节省能源, 因此, 较佳萃取时间范围为 2~2.5 h 左右。

综上, 单因素试验得出的超临界 CO₂ 流体萃取毛竹笋油的较佳工艺范围为: 萃取压力 25~30 MPa、温度 45~50℃、CO₂ 流量 15~20 L/h 和时间 2~2.5 h。



注: 萃取压力 25 MPa、CO₂ 流量 15 L/h 和萃取温度 45℃

图 4 萃取时间对毛竹笋油得率的影响

Fig.4 Effect of extraction time on the yield of bamboo shoot oil

2.2 正交试验分析

毛竹笋油超临界萃取正交试验结果与分析见表 2、3。对正交试验数据极差和方差分析, 结果表明, 在试验条件范围内, 各因素对毛竹笋油得率的影响程度依次为 A > B > C > D, 因素 A、B 对毛竹笋油的萃取具有显著的影

响 ($p < 0.05$), 但因素 C、D 对毛竹笋的萃取影响不显著。较佳方案是 A₂B₃C₃D₁, 即萃取压力 25 MPa, 萃取温度 55℃, 萃取时间 2.5 h, CO₂ 流量 15 L/h。

表 2 L₉(3⁴) 正交试验设计及结果

Table 2 L₉(3⁴) orthogonal design and results of supercritical CO₂ extraction

处理组	A	B	C	D	得率/%
1	1	1	1	1	2.62
2	1	2	2	2	3.24
3	1	3	3	3	4.05
4	2	1	2	3	3.87
5	2	2	3	1	5.51
6	2	3	1	2	5.68
7	3	1	3	2	3.68
8	3	2	1	3	4.23
9	3	3	2	1	4.58
K ₁	9.91	10.17	12.53	12.71	
K ₂	15.06	12.98	11.69	12.60	
K ₃	12.49	14.31	13.24	12.15	
k ₁	3.30	3.39	4.18	4.24	
k ₂	5.02	4.33	3.90	4.20	
k ₃	4.16	4.77	4.41	4.05	
R _j	1.72	1.38	0.51	0.19	
最佳组合	A ₂	B ₃	C ₃	D ₁	

表 3 L₉(3⁴) 正交试验方差分析

Table 3 Variance analysis of orthogonal experiment of supercritical CO₂ extraction

因素	偏差平方和	自由度	方差	F 值	显著性
A	4.420	2	2.210	75.320	0.0131*
B	2.978	2	1.489	50.747	0.0190*
C	0.401	2	0.201	6.879	0.1276
D	0.059	2	0.029		
误差	0.059	2	0.029		
总和	7.917	10			

注: * $p < 0.05$ 。

2.3 毛竹笋油较佳萃取条件的萃取效果和感官性状

为进一步考察上述较佳条件的萃取效果, 再次将 1.5 kg 毛竹笋粉用上述得到的较佳条件萃取, 得毛竹笋油 86.1 g, 萃取得率为 5.74%, 高于正交试验中最高得率 5.68%, 但差异不显著 ($p > 0.05$)。毛竹笋油常温下为淡黄色膏状物, 温度高于 60℃ 时呈油状, 带有竹笋特有的香味。

2.4 萃取物成分分析

毛竹笋粉按超临界萃取较佳工艺获得的毛竹笋油, 通过 GC-MS 分析, 结果如表 4, 其中含有 34 种挥发性成分, 与标准谱库进行对照检索, 相似度在 60% 以上的有 17 种, 其中相对含量较高的有 β -谷甾醇 (26.00%)、9,12-十八碳二烯酸 (10.50%)、9,12,15-十八碳三烯酸 (9.83%) 和 9,12,15-十八碳三烯-1-醇 (6.07%)。

表 4 毛竹笋油的 GC/MS 分析结果

Table 4 Results of bamboo shoot oil analyzed by gas chromatography/mass spectrometry(GC/MS)

No.	保留时间 /min	化合物	相似度 /%	相对含量 /%
1	4.97	辛酸	64	0.19
2	5.32	生物环庚酮	87	0.12
3	6.85	癸酸	72	0.34
4	8.20	琥珀酸	90	1.04
5	8.59	正十二烷酸	92	1.88
6	9.85	己二酸	91	1.11
7	10.56	5-十八烯	78	0.50
8	10.67	十一烷酸	64	0.28
9	11.27	十四烯	98	2.43
10	11.56	十六烷酸甲酯	96	3.72
11	11.88	苯二羧酸	86	0.69
12	12.44	9,12,15-十八碳三烯二醇	91	3.74
13	12.48	9,12,15-十八碳三烯-1-醇	98	6.07
14	12.67	9,12-十八碳二烯酸	99	10.50
15	12.72	9,12,15-十八碳三烯酸	94	9.83
16	13.83	9,12-十八碳二烯酸	99	2.38
17	14.56	β -谷甾醇	93	26.00

3 结论与讨论

该研究以毛竹笋油得率为指标, 考察超临界 CO₂ 萃取技术在毛竹笋油萃取上的可行性。研究显示, 超临界 CO₂ 萃取技术非常适合毛竹笋油的萃取, 其萃取较佳工艺条件为萃取压力 25 MPa、萃取温度 55℃、萃取时间 2.5 h 和 CO₂ 流量 15 L/h, 毛竹笋油得率可达 5.74%。毛竹笋油中含有丰富的植物甾醇和不饱和脂肪酸, 其中含量较高的有 β -谷甾醇(26.00%)、9,12-十八碳二烯酸(10.50%)、9,12,15-十八碳三烯酸(9.83%) 和 9,12,15-十八碳三烯-1-醇(6.07%)。植物甾醇和不饱和脂肪酸, 具有重要的药理活性, 植物甾醇可通过竞争性地抑制脂质吸收和促进脂质排泄降低血液胆固醇含量, 而不饱和脂肪酸可通过促进内源性胆固醇及甘油三酯的代谢, 从而降低血液胆固醇和甘油三酯含量。后续的研究证实, 由于甾醇和不饱和脂肪酸的协同作用, 毛竹笋油表现出相当出色且全面的降脂和调脂活性, 性价比极高, 优于高精度的 β -谷甾醇和亚麻籽油, 在食品工业和保健食品中具有较高的应用价值和市场前景。

此外, 在传统的笋加工过程伴随着大量废弃物的产生, 以毛竹笋为例, 可食部分仅为 30%左右, 而笋壳约占 30%、笋头 40%, 二者合计比例高达 70%, 目前大多未加利用, 任意排放, 带来了严重的环境压力。以宁波顺兴食品罐头厂为例, 一年收购春笋 450 万 kg, 产生的笋壳、笋头就超过 200 万 kg, 为防止污染, 这些废弃物被要求填埋处理, 单填埋费用就需要近 50 万, 这对利润较薄的笋加工企业是一笔不小的负担。为提升传统的竹笋加工产业, 并使其朝着“效益最大化、资源零剩余、环境友善型”方向发展, 国家“十一五”科技支撑计划

项目一“竹笋加工剩余物综合利用技术研究及示范”立项, 以竹笋加工业的大宗废弃物为原料, 整合超临界萃取、分子蒸馏、膜分离、超微粉碎等现代生物技术手段提取天然活性成分, 研究其结构、组成、生物学功能和药理活性, 进行药物原料、保健食品、食品、营养强化剂和饲料添加剂等的梯度开发, 并进行综合利用。超临界 CO₂ 萃取毛竹笋油的工艺及产品成分研究是该项目的重要组成部分, 目前部分成果已在福建南平、浙江诸暨、浙江安吉产业化, 经济效益显著。

[参 考 文 献]

- [1] 黄伟素, 陆柏益. 竹笋深加工利用技术现状及趋势[J]. 林业科学, 2008, 44(8): 118-123.
Huang Weisu, Lu Baiyi. Advances in deep-processing technology of bamboo shoots[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2008, 44(8): 118-123. (in Chinese with English abstract)
- [2] 李安平, 谢碧霞, 钟秋平, 等. 不同粒度竹笋膳食纤维功能特性研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(3): 83-85.
Li Anping, Xie Bixia, Zhong Qiuping, et al. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fiber prepared from bamboo shoots[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(3): 83-85. (in Chinese with English abstract)
- [3] 李安平, 谢碧霞, 陶俊奎, 等. 竹笋膳食纤维微波干燥特性及其功能特性[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(2): 69-73.
Li Anping, Xie Bixia, Tao Junkui, et al. Microwave drying characteristics of bamboo shoots as dietary fiber and their effects on the functional property[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2008, 28(2): 69-73. (in Chinese with English abstract)
- [4] 张英, 陆柏益, 吴晓琴, 等. 高品质不溶性植物膳食纤维微粉及其制法和用途 [P]. 中国专利: CN 101142979A. 2008-03-19.
- [5] 江丽, 蒋立科. 竹笋脚料过氧化物酶的提纯及酶学性质的研究[J]. 中国野生植物资源, 2008, 27(1): 39-42, 50.
Jiang Li, Jiang Like. Purification and some properties of peroxidase from remnant of bamboo shoots[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2008, 27(1): 39-42, 50. (in Chinese with English abstract)
- [6] Wang H X, Ng T B. Dendrocin, a distinctive antifungal protein from bamboo shoots[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2003, 307(3): 750-755.
- [7] Masatoshi Fujimura, Mineo Ideguchi, Yuji Minami, et al. Amino acid sequence and antimicrobial activity of chitin-binding peptides, Pp-AMP1 and Pp-AMP2, from Japanese bamboo shoots (*Phyllostachys pubescens*)[J]. Bioscience Biotechnology Biochemistry, 2005, 69(3): 642-645.
- [8] 李义. 竹笋水溶性多糖提取工艺研究[J]. 林产化学与工业, 2008, 28(1): 99-102.
Li Yi. Study on extraction technology of water-soluble polysaccharides from bamboo (*Phyllostachys edulis* (Carr.) Lehaie) shoots[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2008, 28(1): 99-102. (in Chinese with English abstract)

- [9] Edashige Y, Ishii T. Hemicellulosic polysaccharides from bamboo shoot cell-walls[J]. *Phytochemistry*, 1998, 49 (6): 1675–1682.
- [10] Kaneko S, Ishii T, Matsunaga T. A boron-rhamnogalacturonan-II complex from bamboo shoot cell walls[J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(2): 243–248.
- [11] Sakai K, Komiya T, Katsuzaki H, et al. Isolation of antioxidative compounds from bamboo shoots sheath[J]. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 1999, 46(7): 491–493.
- [12] 李安平, 谢碧霞, 陶俊奎, 等. 竹笋抗氧化活性比较研究[J]. *营养学报*, 2008, 30 (3): 321–323.
Li Anping, Xie Bixia, Tao Junkui, et al. Evaluation of the antioxidant activity of extracts from bamboo shoots[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2008, 30 (3): 321-323. (in Chinese with English abstract)
- [13] Lu B, Ren Y, Zhang Y, et al. Effects of genetic variability, parts and seasons on the sterol content and composition in bamboo shoots[J]. *Food Chemistry*, 2009, 112: 1016–102.
- [14] Sarangthem K, Singh T N, Thongam W. Transformation of fermented bamboo (*Dendrocalamus hamiltonii*) shoots into phytosterols by microorganisms[J]. *Journal of Food Science and Technology Mysore*, 2003, 40 (6): 622–625.
- [15] Kawahito Yukari, Kondo Mikako, Machmudah Siti, et al. Supercritical CO₂ extraction of biological active compounds from loquat seed[J]. *Separation and Purification Technology*, 2008, 61(2): 130–135.
- [16] Grosso C, Ferraro V, Figueiredo A C, et al. Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds[J]. *Food Chemistry*, 2008, 111(1): 197–203.
- [17] 罗登林, 要萍, 刘建学, 等. 超临界 CO₂ 静态膨胀-动态循环萃取灵芝孢子油[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(11): 256–259.
Luo Denlin, Yao Ping, Liu Jianxuan, et al. Supercritical CO₂ extraction of ganoderma lucidum spore oil using static-swelling and dynamic-cycle process[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(11): 256–259. (in Chinese with English abstract)

Technology for supercritical CO₂ extraction of bamboo shoot oil and components of product

Lu Baiyi, Bao Jianfeng, Shan Lin, Zhang Ying*

(College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: In order to optimize the technological parameters of oil extraction from bamboo shoots (*P. Pubescens*) using supercritical CO₂ extraction technique, the effects of extraction pressure, extraction temperature, extraction time and CO₂ discharge on yield of the oil were investigated, and the components in the oil were also analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). The optimum extraction parameters were confirmed as follows: extraction pressure, extraction temperature, extraction time and CO₂ discharge were 25 MPa, 55°C, 2.5 hours and 15 L/h. Under those optimum conditions, the yield was 5.74%. According to GC/MS analysis, 17 kinds of compounds were identified in the oil, and the main components were β -sitosterol (26.00%), 9,12-Octadecadienoic acid (10.50%) and 9,12,15-Octadecatrienoic acid (9.83%). The research lays a foundation for further study on effective and comprehensive utilization of bamboo shoots.

Key words: supercritical fluids, extraction, technology, bamboo shoots