

# 亚临界流体提取高麻味素含量的花椒精油的研究

钟炼军<sup>1</sup>, 张登辉<sup>2</sup>, 孟祥东<sup>1</sup>, 杨继国<sup>3</sup>

(1. 广州百花香料股份有限公司, 广东广州 510640) (2. 华南协同创新研究院, 广东东莞 523808)

(3. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 本文采用亚临界流体提取技术从花椒果皮中提取花椒精油, 探讨了不同工艺条件、流体介质对花椒精油得率和麻味素提取率的影响。以亚临界丁烷为溶剂的提取条件优选为: 提取温度为 40 °C、提取时间为 40 min、提取次数为 4 次, 此条件下花椒精油得率达到 11.11%, 其中麻味素的提取率为 59.81%; 在亚临界丁烷中添加体积分数为 4~6% 的无水乙醇, 花椒精油的得率提高到 11.96%~12.68%, 其中麻味素的提取率达到 91.96%~96.56%, 继续增加混合流体介质中的乙醇含量, 花椒精油中的杂质含量显著上升, 产品品质下降。亚临界丁烷对花椒中的挥发油具有良好的提取效果, 对花椒麻味素的提取效率较低, 采用亚临界混合流体介质提取技术可以同时实现花椒中挥发油和麻味素的低温高效提取, 一步获得高麻味素含量的花椒精油, 具有重要的应用价值。

**关键词:** 亚临界流体; 花椒; 精油; 麻味素

文章编号: 1673-9078(2017)10-186-191

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.10.027

## Extraction of *Pericarpium Zanthoxyli* Essential Oil with High Content of Numb-Taste Components by Subcritical Fluid

ZHONG Lian-jun<sup>1</sup>, ZHANG Deng-hui<sup>2</sup>, MENG Xiang-dong<sup>1</sup>, YANG Ji-guo<sup>3</sup>

(1. Guangzhou Baihua Flavours and Fragrances Company Ltd., Guangzhou 510640, China) (2. South China Institute of Collaborative Innovation, Dongguan 523808, China) (3. College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Subcritical fluid was used in this study to extract *Pericarpium Zanthoxyli* essential oil from zanthoxylum L. peels and the effects of different process conditions and fluid medium on the yield of essential oil and extraction rate of numb-taste components were investigated. The optimal extraction conditions using subcritical butane as the solvent were as follows: extraction temperature, 40 °C; extraction time, 40 min; extraction times, 4. Under these conditions, the essential oil extraction yield was 11.11% and the extraction rate of numb-tasted components was 59.81%. The yield of essential oil increased to 11.96%~12.68% when anhydrous ethanol was added at a volume fraction of 4~6% in subcritical butane and the extraction rate of numb-taste components was 91.96%~96.56%. Impurities content in *Pericarpium Zanthoxyli* essential oil increased significantly with the increasing concentrations of ethanol in the mixed fluid medium which resulted in a poor quality of the products. Subcritical butane had a good effect on extracting volatile oil in *Pericarpium Zanthoxyli* while an opposite effect on extraction rate of numb-taste components. The mixed subcritical medium had a high-efficient extraction of volatile oil and numb-tasted components from *Pericarpium Zanthoxyli* simultaneously with a low temperature, which allowed obtaining the *Pericarpium Zanthoxyli* essential oil with a high content of numb-taste components. The proposed method had an important value for practical application.

**Key words:** subcritical fluid; *Pericarpium Zanthoxyli*; essential oil; numb-taste components

花椒为芸香科、花椒属落叶灌木或小乔木<sup>[1]</sup>, 其果皮可作为调味料, 并可提取芳香油, 又可入药, 种子可食用。花椒可除各种肉类的腥气, 且能提供花椒特有的香气和麻味, 是食品加工和香料行业理想的调香原料。花椒还具有抗菌消炎、镇痛、抑制血小板凝

收稿日期: 2017-04-06

作者简介: 钟炼军 (1964-), 男, 高级工程师, 研究方向: 香料香精

通讯作者: 张登辉 (1988-), 男, 硕士, 研发工程师, 研究方向: 食品生物化学

集、降血脂和驱蛔虫等多种药理作用<sup>[2-5]</sup>, 在医药领域具有很大的开发利用潜力及前景。

长期以来, 花椒的主要产品形式为花椒粒或花椒粉, 使用范围受到限制, 运输和保藏成本较高。作为一种花椒深加工产品, 花椒精油在食品工业中的应用越来越多。花椒精油中的挥发油和麻味素是产生花椒特有风味的主要成分, 挥发油由烯烴类、醇类、酮类和醛类等多种化合物组成<sup>[6-8]</sup>, 具有较好的脂溶性, 而花椒中麻味素是酰胺类化合物, 脂溶性较差。花椒中

的挥发油和麻味素主要存在于花椒果皮中,也有少部分存在于花椒的花和叶中<sup>[9]</sup>。

目前花椒中挥发油和麻味素等特征风味成分的提取方式主要有油浸法、有机溶剂萃取法和超临界萃取法<sup>[9-11]</sup>。其中油浸法不能将麻味素充分溶出,物料中残油较多,造成浪费;常规有机溶剂提取法存在溶剂残留问题,影响产品的风味和质量;超临界萃取法萃取压力较高,设备的设计制造成本和运行成本较高。

此外,水蒸汽蒸馏法和亚临界水萃取法用于花椒成分的提取也有报道<sup>[10,12]</sup>,这两种方法的操作温度较高、能耗大、会导致花椒中特征香味和麻味素不同程度的损失或破坏,而且原料中脂溶性成分的提取效率不高,资源利用率较低。

亚临界提取技术是指以亚临界流体作为溶剂,在低温低压和密闭无氧的环境中经提取和分离等一系列的工序得到目的产物的技术手段<sup>[13]</sup>。亚临界提取技术的条件温和,对设备的技术参数要求低,设备的制造和运行成本较低,易于实现规模化生产。目前,该技术已逐渐应用于油脂、植物精油和天然色素等天然产物的提取与分离纯化过程<sup>[14]</sup>。本文研究了采用亚临界提取技术提取花椒中挥发油和麻味素的最佳工艺条件,为高麻味素含量花椒精油的生产实践提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

精选去籽花椒:广州影珠生物科技有限公司;80-2型离心机:上海手术器械厂;752紫外光栅分光光度计:上海精密科学仪器公司;CBE-5L型亚临界流体提取实验室成套设备:河南省亚临界生物技术有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 花椒精油的制备

本文采用单因素变量实验设计方法,以提取温度、提取时间、提取次数、溶剂组成为实验因素,研究各实验因素对花椒精油得率、麻味素提取率的影响情况,得出最佳工艺条件。

将干燥后去籽的花椒果皮粉碎至20目以下,称取1.0 kg置于亚临界提取设备的提取罐中,采用亚临界丁烷作为提取溶剂,浸没花椒粉末并在设置的因素变量条件下进行提取,提取物在蒸发罐通过减压回收溶剂得到花椒精油,精确称取其质量,计算花椒精油的提取得率:

$$w_1 = \frac{m_1}{m} \times 100\%$$

式中:  $w_1$  为花椒精油的得率,%;  $m_1$  为所得花椒精油的质量, g;  $m$  为被提取花椒粉的质量, g。

#### 1.2.2 花椒中麻味素含量的测定

将干燥后去籽的花椒果皮粉碎至20目以下,称取100 g,加入适量甲醇,于40℃条件下提取4 h,重复操作4次,合并提取液,定容至一定体积,然后在2500 r/min的条件下离心10 min,取上清液于波长为254 nm的紫外光下测定其吸光度<sup>[15]</sup>,则花椒中麻味素的质量分数为:

$$w_2 = \frac{kA_1 \times V_1}{m_2} \times 100\%$$

式中:  $w_2$  为花椒中麻味素的质量分数,%;  $k$  为254 nm波长下被测液的吸光度与其中花椒麻味素的相关系数, g/mL;  $A_1$  为254 nm波长下被测液的吸光度;  $V_1$  为提取液的定容体积, mL;  $m_2$  为被提取花椒粉末的质量, g。

#### 1.2.3 花椒精油中麻味素含量的测定

精确称取花椒精油0.1 g,用甲醇定容至50 mL,摇匀,在40℃条件下超声浸提30 min,然后在2500 r/min的条件下离心10 min,取上清液于波长为254 nm的紫外光下测定其吸光度<sup>[15]</sup>。则花椒精油中麻味素的含量为:

$$w_3 = \frac{kA_2 \times V_2}{m_3} \times 100\%$$

式中:  $w_3$  为花椒精油中麻味素的质量分数,%;  $k$  为254 nm波长下被测液的吸光度与其中花椒麻味素的相关系数, g/mL;  $A_2$  为254 nm波长下被测液的吸光度;  $V_2$  为提取液的定容体积, mL;  $m_3$  为称取花椒精油的质量, g。

#### 1.2.4 花椒中麻味素提取率的测定

花椒中麻味素的提取率为:

$$w = \frac{w_3 \times w_1}{w_2}$$

式中:  $w$  为麻味素的提取率,%;  $w_1$  为花椒精油的得率,%;  $w_2$  为花椒中麻味素的质量分数,%;  $w_3$  为花椒精油中麻味素的质量分数,%; 其中  $w_2$  和  $w_3$  中含有相同的  $k$  值,相互约去。

#### 1.2.5 数据统计分析

采用Origin 8.5和SPSS 10.0对本文数据进行处理和分析,每组实验均重复3次,数据表示为平均值±标准偏差。

## 2 结果与讨论

### 2.1 提取温度对花椒精油得率的影响

分别在30、35、40、45和50℃条件下对花椒粉

未提取 40 min, 提取 4 次, 花椒精油的得率如图 1 所示。

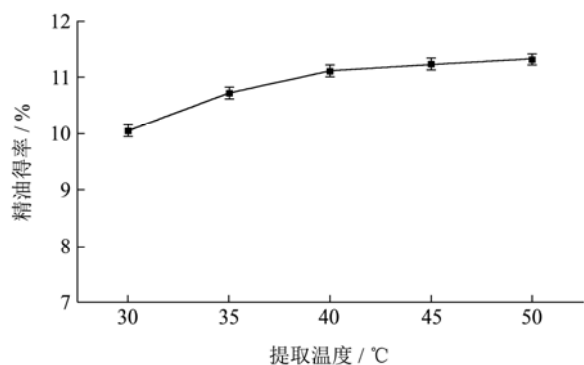


图 1 提取温度对花椒精油得率的影响

Fig.1 Effect of extraction temperature on the yield of essential oil

由图 1 可知, 随着提取温度上升, 花椒精油的得率逐渐提高。当温度有由 30 °C 升高至 40 °C, 花椒精油的得率由 10.03% 升至 11.11%, 由 40 °C 升至 50 °C 花椒精油的得率仅提高了 0.21 个百分点, 提取温度高于 40 °C 后对花椒精油得率的影响较小, 继续升高温度会增加提取成本。综合考虑, 亚临界丁烷提取花椒精油的最佳温度为 40 °C。

## 2.2 提取时间对花椒精油得率的影响

在 40 °C 条件下, 对花椒粉末分别提取 20、30、40、50 和 60 min, 提取 4 次, 花椒精油的得率如图 2 所示。

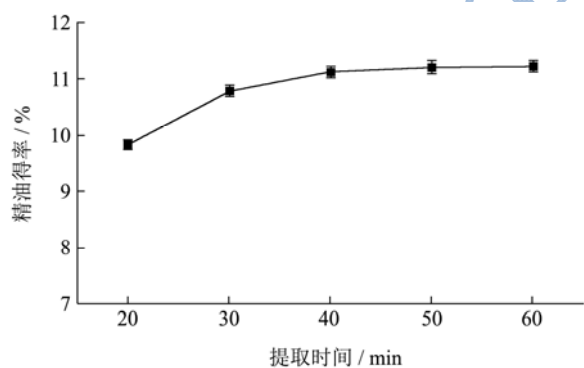


图 2 提取时间对花椒精油得率的影响

Fig.2 Effect of extraction time on the yield of essential oil

由图 2 可知, 随着提取时间的延长, 花椒精油得率呈现出升高趋势。提取时间小于 40 min 时, 花椒精油得率的升高趋势明显, 提取时间由 20 min 延长至 40 min 时, 花椒精油的得率由 9.82% 升高至 11.11%, 增加幅度较大; 提取时间由 40 min 延长至 60 min 后,

花椒精油的得率由 11.11% 升高至 11.21%, 增加幅度明显变小, 延长提取时间会降低生产效率。因此, 亚临界丁烷提取花椒精油的最佳时间为 40 min。

## 2.3 提取次数对花椒精油得率的影响

在提取温度为 40 °C、提取时间为 40 min 的条件下, 对花椒粉末分别提取 1、2、3、4、5 和 6 次, 花椒精油的得率如图 3 所示。

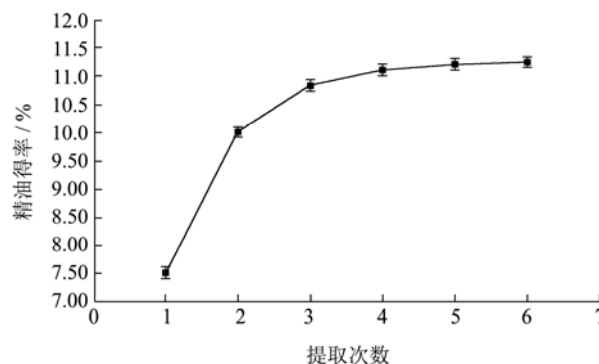


图 3 提取次数对花椒精油得率的影响

Fig.3 Effect of extraction time on the yield of essential oil

由图 3 可知, 提取次数对花椒精油的得率的影响较为显著。提取次数由 1 次增加至 4 次时, 花椒精油的得率由 7.50% 升高到 11.11%, 精油得率提高了 3.61 个百分点, 提取次数达由 4 次增加至 6 次时, 花椒精油的得率由 11.11% 升高至 11.25%, 仅提高了 0.14 个百分点, 花椒精油得率的增幅明显变小, 增加提取次数也会相应增加时间和操作成本, 因此亚临界丁烷提取花椒精油的提取次数设为 4 次较合适。

## 2.4 正交实验

在单因素实验的基础上, 采用正交实验来确定亚临界流体提取花椒精油的最佳工艺条件, 正交实验设计为: 提取温度、提取时间、提取次数三个因素, 采用  $L_9(3^4)$  进行设计。正交实验因素水平见表 1, 重复 3 次, 取花椒精油得率的平均值作为评价指标, 实验结果极差与方差分析见表 2 和 3。

表 1 正交实验因素水平表

Table 1 Level of orthogonal experimental factors

水平	因素		
	A 温度/°C	B 时间/min	C 提取次数
1	35	30	3
2	40	40	4
3	45	50	5



表 2 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交实验表及结果分析

Table 2 Analysis of L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) Orthogonal test

编号	因素				精油得率/%
	A	B	C		
1	1	1	1	1	10.11
2	1	2	2	2	10.71
3	1	3	3	3	10.87
4	2	1	2	3	10.76
5	2	2	3	1	11.21
6	2	3	1	2	10.9
7	3	1	3	2	10.97
8	3	2	1	3	10.95
9	3	3	2	1	11.3
k1	10.56	10.61	10.65	10.87	
k2	10.96	10.96	10.92	10.86	
k3	11.07	11.02	11.02	10.86	
R	0.51	0.41	0.37	0.01	

表 3 正交实验方差分析表

Table 3 Variance analysis of orthogonal experiment

变异来源	SS	df	F	F <sub>0.05</sub>
温度	0.43	2	1.84	
时间	0.29	2	1.24	4.46
提取次数	0.21	2	0.92	
误差	0.93	8		

根据极差 R 直观分析结果, 实验因素对花椒精油得率影响的主次关系为 A>B>C, 即温度影响最大, 时间次之, 提取次数最小, 最优提取条件为: A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>, 即提取温度为 45 °C、提取时间为 50 min、提取次数为 5 次。按照最优工艺进行验证实验, 花椒精油的得率为 11.35%。

由方差分析的结果可知, 各实验因素在实验水平范围内对实验结果的影响均不显著, 最优工艺的验证实验中花椒精油的得率(11.35%)较单因素试验优选工艺结果(11.11%)提高了 0.24 个百分点, 但是仅增加提取次数一次提取成本就增加 25%, 升高提取温度、延长提取时间均会增加成本。因此, 综合提取效率和经济效益等因素, 亚临界丁烷提取花椒精油的工艺优选为: 提取温度 40 °C、提取时间 40 min、提取 4 次。

### 2.5 提取温度对花椒麻味素率的影响

分别在 30、35、40、45、50 °C 条件下对花椒粉末提取 40 min, 提取 4 次, 测定所得花椒精油中花椒麻

味素的提取率, 结果如图 4 所示。

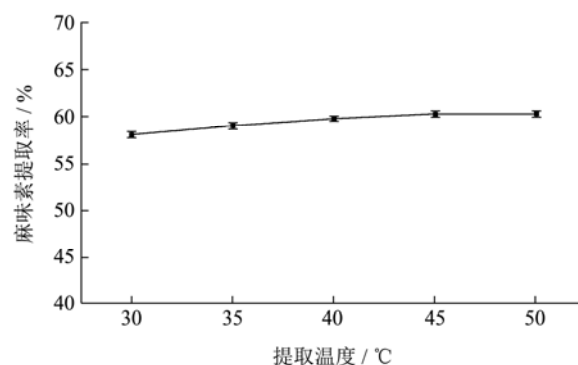


图 4 提取温度对麻味素提取率的影响

Fig.4 Effect of extraction temperature on the extraction rate of numb-taste components

由图 4 可知, 随着提取温度的增加, 花椒中麻味素提取率的无明显变化, 且提取率均不足 60%, 说明亚临界丁烷对花椒中麻味素的提取能力有限, 其对花椒麻味素的溶解能力受温度的影响较小。

### 2.6 提取时间对花椒麻味素提取率的影响

在 40 °C 条件下, 对花椒粉末分别提取 20、30、40、50、60 min, 提取 4 次, 测定所得花椒精油中花椒麻味素的提取率, 结果如图 5 所示。

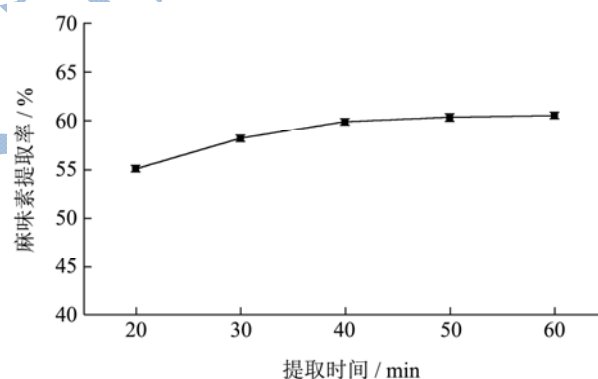


图 5 提取时间对花椒麻味素提取率的影响

Fig.5 Effect of extraction time on the extraction rate of numb-taste components

由图 5 可知, 随着提取时间的延长, 花椒麻味素的提取率有一定的增加, 提取时间达到 40 min 后, 继续延长提取时间, 花椒麻味素提取率的增加幅度很小。即使延长提取时间至 60 min, 花椒麻味素的提取率仅为 60.5%, 说明亚临界丁烷体系对麻味素的溶解能力较弱并在提取时间为 40 min 时基本饱和, 延长提取时间麻味素的提取率无明显增加, 提取时间和能耗成本却明显增加。

## 2.7 提取次数对花椒麻味素提取率的影响

在提取温度为 40 ℃、提取时间为 40 min 的条件下,对花椒粉末分别提取 2、3、4、5 和 6 次,测定所得花椒精油中花椒麻味素的提取率,结果如图 6 所示。

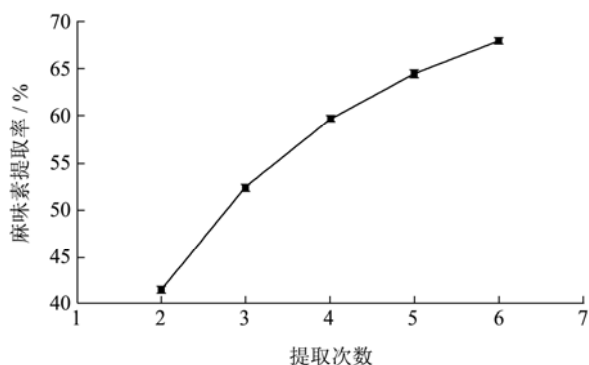


图 6 提取次数对花椒麻味素提取率的影响

Fig.6 Effect of extraction times on the extraction rate of numb-taste components

由图 6 可知,随着提取次数的增加,花椒麻味素的提取率明显的增加,说明提取次数对花椒麻味素的提取率影响较为显著,但是提取次数达到 6 次时,花椒麻味素的提取率仍然不到 70%,说明亚临界丁烷对花椒麻味素的溶解能力确实有限。

## 2.8 乙醇含量对花椒精油提取效果的影响

粉碎后的花椒粉末经过亚临界丁烷在 40 ℃、40 min 的条件下提取 4 次后,所得花椒粕已没有花椒的香气,说明此条件下花椒中的挥发油等香气成分已被充分提取,但所得花椒粕中的麻味依然较重,有近 40% 的花椒麻味素没有被提取出来。这说明单纯依靠亚临界丁烷作溶剂对花椒麻味素不能达到理想的提取效果。

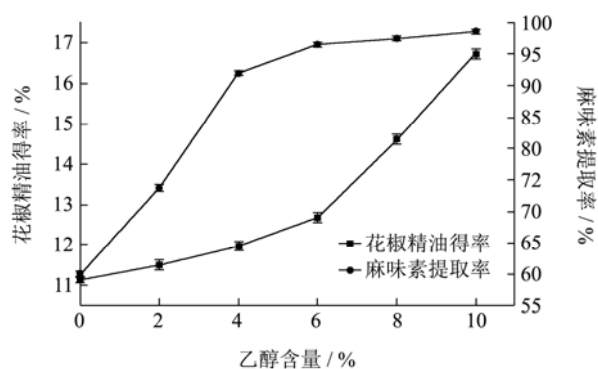


图 7 溶剂中乙醇含量对花椒精油各参数的影响

Fig.7 Effect of volume fraction of ethanol on parameters of subcritical butane

为了充分提取出花椒中的麻味素,本次实验在亚临界丁烷中添加了适量的乙醇,且实现了显著的效果。

本实验研究了乙醇的体积分数为 2%、4%、6%、8% 和 10% 的乙醇-亚临界丁烷溶剂体系对花椒精油及花椒麻味素的提取效果,结果如图 7 所示。

由图 7 可知,随着乙醇浓度的升高,花椒精油的得率和花椒麻味素的提取率迅速上升。其中当乙醇的体积分数上升至 4% 后,花椒麻味素提取率的增速开始下降,乙醇的体积分数为 6% 时,花椒麻味素的提取率达到 96.56%,继续增加乙醇的体积分数,花椒麻味素提取率的增速很小,趋于稳定。而花椒精油的得率在乙醇的体积分数上升至 4% 后开始迅速增加,当乙醇的体积分数达到 10% 时,花椒精油的得率由 11.96% 升至 16.72%,增幅相当于无乙醇溶剂体系时花椒精油得率 (11.11%) 的 42.8%。

前期实验结果显示,无乙醇溶剂体系对花椒中的挥发油等香气成分具有很好的提取效果,在提取温度 40 ℃、提取时间为 40 min 的条件下提取 4 次后,脱溶后所得花椒粕已没有花椒的香气。提取溶剂中添加乙醇后,花椒精油的得率显著提升,其颜色由深褐色变浅,流动性变差,这是因为乙醇的极性较强,导致花椒极性较大的多糖、黏性树脂大量溶出严重影响产品的感官性状,使其在应用过程中受到限制。

综上所述,提取溶剂中添加乙醇后,花椒精油的得率显著提高,但是增加的部分并不全是花椒中的风味物质,为了充分获得花椒中的挥发油和麻味素等风味成分,且不影响花椒精油的感官性状,提取溶剂中乙醇的体积百分数应控制在 4%~6%。

## 3 结论

采用亚临界丁烷提取花椒精油,结果表明亚临界丁烷对花椒中的挥发油等香气成分具有良好的提取效果,对花椒中麻味素的提取效果不理想,所得花椒精油中的麻味素含量较低,严重影响花椒精油的产品品质。本文通过单因素实验和正交实验对亚临界提取技术提取花椒精油的工艺条件进行了优化:以添加 4~6% (体积比) 乙醇的亚临界丁烷为溶剂,在提取温度为 40 ℃、提取时间为 40 min、提取次数为 4 次的条件下,花椒精油的得率为 11.96%~12.68%,花椒中麻味素的提取率达到 91.96%~95.56%。增加提取溶剂中乙醇的体积分数,麻味素的提取率会相应提高,但是所得花椒精油中杂质的含量也会增加,实际生产过程中应根据产品的具体要求适当调整亚临界混合流体介质中的乙醇含量。

## 参考文献

[1] 肖培根.新编中药志-第二卷[M].北京:化学工业出版社

- 社,2002  
XIAO Pei-gen. Modern Chinese materia medica-volume II [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002
- [2] Kashiwada Y, Katagiri H, Mase I. Amides of the fruit of *Zanthoxylum* spp [J]. Phytochemistry, 1997, 44(6): 1125-1127
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(1990年版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (1990) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1990
- [4] 刘雄. 花椒风味物质的提取与分离技术的研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2003  
LIU Xiong. Studies on the method of extracting and separating the flavor component from fruit of *Zanthoxylum* L [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2003
- [5] 杨纯瑜. 中国花椒属的药用植物[J]. 中草药, 1992, 23(1): 45-46  
YANG Chun-yu. Medicinal plants of Chinese pepper [J]. Chinese Traditional Medicine, 1992, 23(1): 45-46
- [6] 谭仁详. 植物成分分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002  
TAN Ren-xiang. Analysis of plant composition [M]. Beijing: Science Press, 2002
- [7] 孙小文, 段志兴. 花椒属药用植物研究进展[J]. 药学报, 1996, 31(3): 231-240  
SUN Xiao-wen, DUAN Zhi-xing. Advances in medicinal plants of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Journal of Pharmaceutical Sciences, 1996, 31(3): 231-240
- [8] 赵志峰. 汉源花椒风味物质研究及花椒油生产工艺优化[D]. 成都: 四川大学, 2005  
ZHAO Zhi-feng. Hanyuan *Zanthoxylum bungeanum* maxim flavor compositions study and *Zanthoxylum* oil processing technology improved design [D]. Chengdu: Sichuan University, 2005
- [9] 余晓琴. 花椒品质评价方法及其应用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010  
YU Xiao-qin. Study on quality evaluation system of *Pericarpium Zanthoxyli* and its application [D]. Chongqing: Southwest University, 2010
- [10] 石雪萍, 张卫明. 花椒挥发油的超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法与水蒸气蒸馏法提取的比较[J]. 中国野生植物资源, 2009, 28(6): 46-51  
SHI Xue-ping, ZHANG Wei-ming. Comparison of essential oil compositions of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2009, 28(6): 46-51
- [11] 赵丽娟, 辛广, 张捷莉. 两种方法提取太行山地区花椒中挥发性化学成分的气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 420-423  
ZHAO Li-juan, XIN Guang, ZHANG Jie-li. Study on volatile constituents of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim from Dabieshan area by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Science, 2007, 28(11): 420-423
- [12] 郭娟, 邢晓阳, 孔令会, 等. 亚临界水提取干花椒中精油的研究[J]. 化学与生物工程, 2009, 26(2): 18-21  
GUO Juan, XING Xiao-yang, KONG Ling-hui, et al. Extraction of essential oil from dried *Zanthoxylum bungeanum* Maxim by subcritical water [J]. Chemistry and Bioengineering, 2009, 26(2): 18-21
- [13] 祁鲲. 亚临界溶剂生物萃取技术的发展及现状[J]. 粮食与食品工业, 2012, 19(5): 5-8  
QI Kun. Development and present situation of sub-critical solvent organisms extraction technology [J]. Cereal and Food Industry, 2012, 19(5): 5-8
- [14] 刘月蓉, 牟大庆, 陈涵, 等. 天然植物精油提取技术-亚临界流体萃取[J]. 莆田学院学报, 2011, 18(2): 67-70  
LIU Yue-rong, MU Da-qing, CHEN Han, et al. The technology of drawing natural essential oil-subcritical fluid extraction [J]. Journal of Putian University, 2011, 18(2): 67-70
- [15] 付陈梅, 阚建全, 刘雄, 等. 紫外分光光度计法测花椒油中酰胺类物质含量[J]. 中国食品添加剂, 2003, 6: 100-102  
FU Chen-mei, KAN Jian-quan, LIU Xiong, et al. Determination of amides in Chinese prickly ash oil by UV-spectrometer [J]. China Food Additives, 2003, 6: 100-102