

不同枸杞挥发油提取工艺优化 及其得率的差异性分析

吴启康,田晓静*,胡程香,王丽萍,谷小芳,桂荣娟,郑美慧,柴春蓉
(西北民族大学生命科学与工程学院,甘肃兰州 730124)

摘要:目的:优化加热回流法提取枸杞挥发油工艺,在此基础上研究不同品种、年份枸杞的挥发油得率差异。方法:在优选有机溶剂的基础上,以料液比、浸泡时间、回流时间为因素,采用单因素试验和正交试验研究各因素对加热回流法提取枸杞挥发油的影响规律并对其工艺进行优化。结果:正交试验发现最佳的提取工艺为料液比 1:8、浸泡时间 4 h、回流时间 4 h,获得最佳枸杞挥发油得率为 $3.68\% \pm 0.13\%$ 。在最优提取条件下提取不同品种、年份的枸杞挥发油,结果发现,小颗粒果、宁夏 5 号、2016 年宁夏 1 号的枸杞挥发油得率差异显著($p < 0.05$)。小颗粒果枸杞的挥发油得率最高($5.92\% \pm 0.12\%$)。不同生产年份的枸杞挥发油得率差异显著($p < 0.05$)。2016 年宁夏 1 号枸杞挥发油得率最高($3.69\% \pm 0.02\%$)。结论:枸杞挥发油得率在不同品种上具有一定的差异性,在不同年份上具有显著的差异。
关键词:枸杞,挥发油,溶剂萃取,工艺优化

Optimization of Extraction Process of Volatile Oil from Different *Lycium barbarum* L. and Analysis of Its Difference in Yield

WU Qi-kang, TIAN Xiao-jing*, HU Cheng-xiang, WANG Li-ping, GU Xiao-fang,
GUI Rong-juan, ZHENG Mei-hui, CHAI Chun-rong

(College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou 730124, China)

Abstract: Objective: To optimize the technology of extracting volatile oil from *Lycium barbarum* L. by heating and reflux method, and to study the difference of volatile oil content among different varieties and years of *Lycium barbarum* L. Method: Based on the optimization of organic solvents, the effects of various factors on the extraction of volatile oil from *Lycium barbarum* L. were studied by single factor test and orthogonal test based on the ratio of material to liquid, soaking time and reflux time, and the technology was optimized. Results: Orthogonal experiment showed that the optimum extraction technology was: ratio of material to liquid 1:8, soaking time 4 h, reflux time 4 h, and the yield of volatile oil of *Lycium barbarum* L. was $3.68\% \pm 0.13\%$. Under the optimum extraction conditions, the volatile oil of *Lycium barbarum* L. was extracted from different varieties and years. The results showed that the difference of volatile oil yield between small granules, Ningxia No.5 and Ningxia No.1 in 2016 was significant ($p < 0.05$), and the highest volatile oil yield of small grain *Lycium barbarum* L. was $5.92\% \pm 0.12\%$. There was significant difference in volatile oil yield of *Lycium barbarum* L. in different production years ($p < 0.05$), and the highest volatile oil yield of *Lycium barbarum* L. No.1 in 2016 was $3.69\% \pm 0.02\%$. Conclusion: The volatile oil yield of *Lycium barbarum* L. has some differences in different varieties, and has significant difference in different years.

Key words: *Lycium barbarum* L.; volatile oil; solvent extraction; process optimization

中图分类号: TS201.3

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2018)20-0118-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.20.020

引文格式: 吴启康,田晓静,胡程香,等.不同枸杞挥发油提取工艺优化及其得率的差异性分析[J].食品工业科技,2018,39(20):118-121,122.

枸杞(*Lycium barbarum* L.)果实为传统中药材,其中宁夏枸杞最为盛名^[1]。由于枸杞成熟果实含有枸杞多糖、多种氨基酸、微量元素、维生素、牛磺酸、

生物碱、挥发油等多种生物活性物质^[2-5],其组分复杂不易进行检测分析。挥发油又称精油(Essential Oils),是广泛存在于植物体内的芳香族化合物、脂肪

收稿日期: 2017-12-13

作者简介: 吴启康(1993-),男,本科,研究方向: 食品科学与工程, E-mail: wukangqi@163.com。

* 通讯作者: 田晓静(1982-),女,博士,副教授,研究方向: 食品、农产品安全与检测分析, E-mail: smile_tian@yeah.net。

基金项目: 国家自然科学基金(31560477);西北民族大学中央高校基本科研业务费资金资助项目(Y18083, Y17024);科技部援助项目(KY201501005);甘肃省科技计划资助(1504WKCA094)。

族化合物和萜类化合物的总称,主要分为萜类、烷烃、烯烃、醇类、酯类、含羟基类和羧基类物质^[6]。提取后,挥发油呈淡黄色油状液体,常温下可挥发,有香味。挥发油具有抗炎、抗过敏、抗微生物、抗癌、酶抑制^[10-15]等多种生物活性。国内外对枸杞的研究大多是多糖、黄酮、花色苷等组分的提取,对其精油的化学组成及其抗氧化性的研究鲜见报道^[7-14]。

研究挥发油的提取分离技术药食同源的植物果实开发和利用具有重要意义。在挥发油提取的过程中,要保证组分活性不被破坏,保证质量的前提下提高得率^[15]。几年来常见的提取方法有水蒸气蒸馏法、有机溶剂萃取法、酶解法、超声波提取法、超临界流体萃取法、同时蒸馏萃取法、固相微萃取法、顶空采集法等^[16-19],各种方法在提取率、挥发油组成上存在一定差异。为鉴别差异,通常引用气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术鉴定不同方法提取的挥发油组分及其含量。

现对枸杞挥发油的研究主要是对其组分的鉴定,对比不同方法提取挥发油的组分的差异,还没有其提取工艺的优化与不同品种和年份的差异研究。本文拟在优选有机溶剂的基础上,以料液比、浸泡时间、回流时间为因素,采用单因素实验和正交试验研究各因素对加热回流法提取枸杞挥发油的影响规律,对其工艺进行优化,并研究不同品种和不同年份枸杞挥发油得率的差异,为枸杞品质监督与检测提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

枸杞 宁夏枸杞样品由宁夏大学康宁波老师(宁夏中宁人)在产地采样。基本信息见表1。环己烷、正己烷、丙酮、甲醇、异丙醇、乙醇、乙醚、无水硫酸钠均为分析纯,购于天津市百世化工有限公司。

表1 枸杞基本信息

Table 1 Basic information of *Lycium barbarum* L.

编号	年份	样品名	购买地区
1	2016年	青海西宁	青海西宁市
2	2016年	甘肃瓜州	甘肃瓜州市
3	2016年	河北	河北石家庄市
4	2016年	小颗粒果	宁夏中宁市
5	2016年	宁杞5号	宁夏中宁市
6	2016年	2016年宁杞1号	宁夏中宁市
7	2015年	2015年宁杞1号	宁夏中宁市
8	2014年	2014年宁杞1号	宁夏中宁市
9	2013年	2013年宁杞1号	宁夏中宁市

101型电热鼓风干燥箱 北京科伟永兴有限公司; DG120型四两装中药材粉碎机 浙江省瑞安市春海药材器械厂; FA2003N型电子天平 上海精密科学仪器有限公司; DK-S26型电热恒温水浴锅 上海精宏实验设备有限公司; RE-2000A型旋转蒸发器 郑州市亚荣仪器有限公司; A-1000S型水流抽气机 上海爱朗仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 枸杞挥发油提取工艺 枸杞购回后,置于

-18℃冷冻。实验前,将枸杞取出恢复室温后待用;挑选出破损、变色颗粒后获得完整枸杞颗粒,以蒸馏水清洗完整的枸杞样品,于105℃烘干6h至恒重。以中药粉碎机将干燥枸杞粉碎后,置于4℃冷藏备用。

精确称取20.00g枸杞粉,按照一定比例加入有机溶剂浸泡一段时间,然后采用冷凝回流管水浴回流(78℃)一定时间,回流提取两次,合并提取液,以少量环己烷润洗两次,合并润洗液。以无水硫酸钠除去其中水分,静置6~8h过夜后过滤,并以旋转蒸发器在有机溶剂沸点温度,蒸发30min分离有机溶剂,获得粗挥发油。按照公式(1)计算得油率。

$$X(\%) = \frac{m}{M} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中 X: 枸杞挥发油得率,%; m: 试验提取获得枸杞挥发油质量, g; M: 试验采用枸杞原料质量, g。

1.2.2 有机溶剂的筛选 依照1.2.1工艺,以料液比1:8(w/v, g/mL)、浸泡时间4h、回流时间3h,2016年宁杞1号枸杞为原料,对比正己烷、环己烷、乙醚、丙酮、异丙醇、甲醇、乙醇七种有机溶剂效率,研究有机溶剂对枸杞挥发油得率的影响规律,观察色泽是否为黄色、是否掺杂,香气是否纯正。

1.2.3 单因素实验设计 以2016年宁杞1号枸杞为原料,按照1.2.1中描述的试验方法,采用单因素实验研究料液比(w/v, g/mL)、浸泡时间(h)、回流时间(h)三个因素对枸杞挥发油得率的影响规律。

1.2.3.1 料液比对枸杞挥发油得率的影响 以环己烷为有机溶剂,浸泡4h,回流3h,连续回流两次,研究料液比(w/v, g/mL)(1:6、1:8、1:10、1:12、1:14)对枸杞挥发油得率的影响。

1.2.3.2 浸泡时间对枸杞挥发油得率的影响 以环己烷为有机溶剂,在料液比1:10(w/v, g/mL),回流3h,连续回流两次,研究浸泡时间(1、2、3、4、5h)对枸杞挥发油得率的影响。

1.2.3.3 回流时间对枸杞挥发油得率的影响 以环己烷为有机溶剂,在料液比为1:10(w/v, g/mL),浸泡4h,连续回流两次,研究回流时间(1、2、3、4、5h)对枸杞挥发油得率的影响。

1.2.4 正交试验设计 为优化枸杞挥发油的提取工艺,在单因素试验的基础上,以2016年宁杞1号枸杞为原料,以枸杞挥发油得率为指标,以料液比、浸泡时间、回流时间为影响因素,采用 $L_9(3^4)$ 进行3因素3水平正交试验,其因素水平设计见表2。

表2 加热回流法正交试验因素水平表

Table 2 Orthogonal test factor level table for heating reflux method

水平	因素		
	A 料液比 (w/v, g/mL)	B 浸泡时间 (h)	C 回流时间 (h)
1	1:8	3	2
2	1:10	4	3
3	1:12	5	4

1.2.5 不同品种、年份枸杞挥发油得率的比较 采

用枸杞挥发油提取工艺的优化后的方法提取表1中不同品种和不同年份的枸杞挥发油,并对比各挥发油得率的差异。

1.3 数据分析

采用 Origin 软件进行单因素实验结果的绘图。SPSS 软件进行正交试验设计,不同品种、年份的枸杞挥发油得率的差异性分析。

2 结果与分析

2.1 有机溶剂的选取

所选七种有机提取剂对枸杞挥发油得率的影响结果见表3。醇类有机溶剂提取的挥发油得率较大(6.82%~31.13%),但挥发油色泽性质不佳,含有大量的杂质,且具有很浓的焦糖味;乙醚(2.83%)和丙酮(2.68%)得率较低,因乙醚具有毒性,不适宜作为提取剂;正己烷(2.97%)与环己烷(3.13%)比较,环己烷得率高且最稳定,且挥发油极性小,故不宜采用乙醚、丙酮、异丙醇、甲醇、乙醇这些极性较大的溶剂提取。综合分析,采用环己烷为枸杞挥发油提取的有机溶剂。

表3 不同有机溶剂对得率的影响

Table 3 Influence of different organic solvents on extraction rate

有机溶剂	得率(%)	挥发油基本感官
正己烷	2.97 ± 0.05	淡黄色
环己烷	3.13 ± 0.08	淡黄色
乙醚	2.83 ± 0.01	淡黄色
丙酮	2.68 ± 0.03	淡黄色
异丙醇	6.82 ± 0.01	黄色 杂质多
甲醇	31.13 ± 0.02	黄棕色 有焦糖味 杂质多
乙醇	10.73 ± 0.13	黄棕色 有焦糖味 杂质多

2.2 单因素实验结果

2.2.1 料液比对得率的影响 根据图1所示,由于枸杞挥发油极性小,使用有机溶剂环己烷浸泡提取枸杞挥发油可以有效的溶解出来,在一定的使用范围内,枸杞挥发油的得率随着环己烷使用量的增加而增加,当料液比超过1:10 (w/v, g/mL)时(3.15%),得率会有所下降,枸杞在浸泡过程中溶解度降低^[20],因此,适宜料液比选择1:10 (w/v, g/mL)。

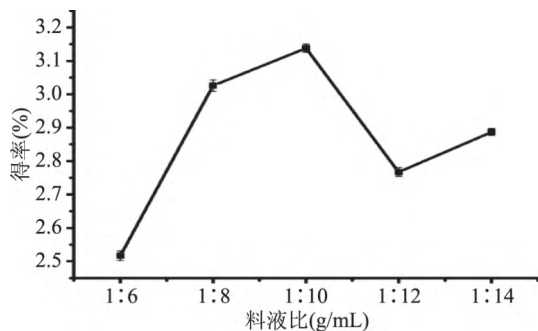


图1 料液比对枸杞挥发油得率的影响

Fig.1 The effect of the ratio of material to liquid on the yield of volatile oil from *Lycium barbarum* L.

2.2.2 浸泡时间对得率的影响 结果如图2所示,在

环己烷浸泡时,枸杞挥发油不断的溶解析出,浸泡4 h之后,枸杞挥发油的溶解达到最高(3.15%),在枸杞挥发油溶解析出的过程中,有少量的挥发油组分会与环己烷发生化学反应^[21],造成损失。因此确定最佳浸泡时间为4 h。

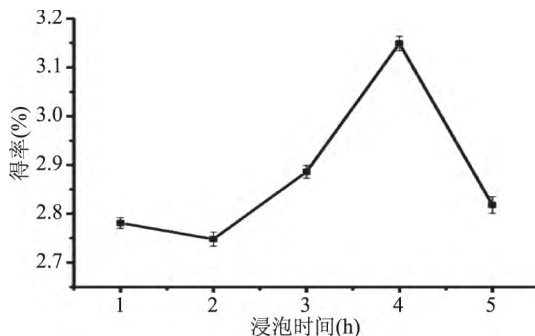


图2 浸泡时间对枸杞挥发油得率的影响

Fig.2 The effect of immerse time on the yield of volatile oil from *Lycium barbarum* L.

2.2.3 回流时间对得率的影响 结果如图3所示,环己烷与枸杞挥发油在加热情况下分子运动加剧,分子之间接触的可能性变大,从而增强了挥发油的得率,随着回流时间的增加,枸杞挥发油的得率不断增加,回流3 h后得率达到最高(3.12%),3 h后,由于长时间的加热处理,少量挥发油挥发、分解、氧化^[22],造成得率随着下降。所以最适的环己烷加热回流时间为3 h。

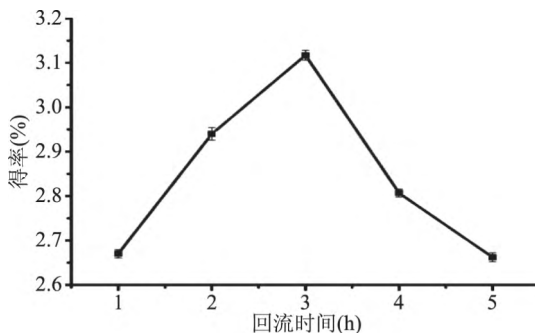


图3 回流时间对枸杞挥发油得率的影响

Fig.3 The effect of reflux time on the yield of volatile oil from *Lycium barbarum* L.

2.3 正交试验结果

极差分析(表4)发现,各因素对枸杞挥发油提取影响顺序依次为回流时间>浸泡时间>料液比,最佳提取条件为 $A_1B_2C_3$,即料液比1:8 (w/v, g/mL)、浸泡时间4 h、回流时间4 h。在此条件下进行验证实验,提取5次,得率为 $3.68\% \pm 0.13\%$ 。

2.4 不同品种、年份枸杞挥发油得率差异研究

在优化条件下,分别对不同品种和不同年份的枸杞挥发油进行提取,结果如表6所示。

2016年宁杞1号、宁杞5号、小颗粒果的枸杞挥发油得率具有差异显著($p < 0.05$),小颗粒枸杞的挥发油得率最高;青海西宁、甘肃瓜州和河北枸杞无差异,证明品种对枸杞挥发油的得率具有一定的影响。在不同的地域因为气候条件、空气湿度、土壤组成组

表4 枸杞挥发油提取正交试验结果

Table 4 Orthogonal test results for solvent extraction method

实验号	A	B	C	得率(%)
1	1	1	1	2.46
2	1	2	2	3.37
3	1	3	3	3.66
4	2	1	2	3.32
5	2	2	3	3.03
6	2	3	1	3.06
7	3	1	1	3.35
8	3	2	3	3.18
9	3	3	2	2.65
k ₁	3.16	3.04	2.96	
k ₂	3.14	3.19	3.11	
k ₃	3.06	3.12	3.29	
R	0.10	0.15	0.33	

表6 不同条件枸杞挥发性油得率数据分析

Table 6 Analysis of volatile oil content of *Lycium barbarum* L. under different conditions

品种	挥发油得率(%)	年份	挥发油得率(%)
小颗粒果	5.92 ± 0.12 ^a	2016 年宁杞 1 号	3.69 ± 0.02 ^a
宁杞 5 号	3.83 ± 0.15 ^b	2015 年宁杞 1 号	3.48 ± 0.19 ^b
2016 年宁杞 1 号	3.69 ± 0.02 ^c	2014 年宁杞 1 号	3.16 ± 0.03 ^c
青海西宁	3.10 ± 0.01 ^d	2013 年宁杞 1 号	3.00 ± 0.07 ^d
甘肃瓜州	3.04 ± 0.08 ^d		
河北	2.99 ± 0.01 ^d		

注: 不同字母表示 $p < 0.05$ 相同字母表示 $p > 0.05$ 。

分等多种条件的不同而产生差异^[23]。同时结果显示, 不同生产年份的枸杞挥发的得率具有显著的差异($p < 0.05$)。2016 年宁夏 1 号枸杞挥发油得率最高。有可能因为枸杞在采后的贮藏运输中造成挥发油的挥发或者因为储藏条件不适宜造成挥发油组分受到破坏。

3 结论

本研究优化获得较佳的提取条件为 $A_1B_2C_3$, 即料液比 1:8 (w/v, g/mL)、浸泡时间 4 h、回流时间 4 h; 在该条件下枸杞挥发油得率为 $3.68\% \pm 0.13\%$ 。在最优条件下提取发现小颗粒果枸杞挥发油得率显著高于其他品种枸杞, 新鲜枸杞挥发油得率显著高于陈旧的枸杞, 枸杞挥发油得率在不同品种和不同年份上具有一定的差异性。对不同品种枸杞子, 宁夏产三个品种枸杞之间挥发油得率差异显著($p < 0.05$), 且均显著高于其他品种枸杞; 河北与青海和甘肃枸杞中挥发油得率差异不显著。对不同年份产宁夏枸杞, 贮藏时间对枸杞挥发油得率影响显著($p < 0.05$)。挥发油会贮藏时间延长, 得率逐渐下降。上述结果为枸杞挥发油的提取和深加工奠定基础, 同时可通过枸杞检测枸杞挥发油的得率, 简单判定枸杞的品种和生产时间, 为市场监督枸杞品质提供理论依据。

参考文献

- [1] 张云霞, 王萍, 刘敦华. 枸杞活性成分的研究进展[J]. 农业科学 2008, 29(2): 79-83.
- [2] 张磊, 任贤. 宁夏枸杞鉴别方法研究进展[J]. 安徽农业科学 2009, 37(10): 4496-4498.
- [3] 龚媛, 刘敦华, 王旭. 枸杞干果色泽与化学成分的相关性研究[J]. 食品科技 2015(10): 57-61.
- [4] 袁海静, 袁汉民, 刘飞, 等. 宁夏野生苦味枸杞化学成分检测[J]. 现代农业科技 2016(10): 258-258.
- [5] 闫亚美, 戴国礼, 冉林武, 等. 不同产地野生黑果枸杞资源果实多酚组成分析[J]. 中国农业科学 2014, 47(22): 4540-4550.
- [6] 张志军, 刘西亮, 李会珍, 等. 植物挥发油提取方法及应用研究进展[J]. 中国粮油学报 2011, 26(4): 118-122.
- [7] Luo Q, Cai Y, Yan J, et al. Hypoglycemic and hypolipidemic effects and antioxidant activity of fruit extracts from *Lycium barbarum* [J]. Life Sciences 2004, 76(2): 137-149.
- [8] 李生茂, 曾滨阳, 叶强, 等. 砂仁挥发油抗炎活性谱效关系研究[J]. 中国实验方剂学杂志 2015, 21(9): 133-136.
- [9] 徐云, 刘燕, 史玉柱, 等. 一枝蒿挥发油抗炎、抗过敏作用研究[J]. 新疆医科大学学报 2017, 40(6): 805-809.
- [10] 宋彦丽, 蒋细旺, 王金新, 等. “神农菊”挥发油提取优化及其在牛奶中的抑菌性能[J]. 食品与发酵工业 2015, 41(5): 214-219.
- [11] 卫强, 纪小影, 金边黄杨叶. 茎挥发油成分分析及抗肿瘤活性研究[J]. 现代食品科技 2015(12): 42-48.
- [12] 史万忠, 倪力军, 徐德生, 等. 中成药中挥发油问题的探讨[J]. 中成药 2006, 28(11): 1653-1655.
- [13] 赵秀玲, 李坤. 黑果枸杞精油成分提取及体外抗氧化性研究[J]. 湖南农业大学学报(自科版) 2016, 42(2): 193-196.
- [14] 李德英, 屠荫华, 包俊鑫. 微波消解-气质联用仪法分析枸杞挥发油成分[J]. 安徽农业科学 2015(22): 59-61.
- [15] 张鹏云, 李蓉, 龙春霞, 等. 药食同源植物挥发油的研究进展[J]. 食品工业科技 2018, 39(12): 320-333.
- [16] 洪战英, 汪学昭, 乐健, 等. 超临界流体萃取川芎挥发油及其成分分析(英文)[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences 2002, 11(2): 31-34.
- [17] 朱栋梁, 张晓宇, 刘非, 等. 水蒸气蒸馏法和同时蒸馏萃取法制备新疆产罗马洋甘菊油及成分比较[J]. 香料香精化妆品 2016(3): 25-29.
- [18] 夏新中, 肖静, 夏庭君. 顶空固相微萃取-气相色谱/质谱法测定川厚朴挥发性成分[J]. 长江大学学报(自科版) 2017(20).
- [19] 李晓颖, 曹翠玲, 武军凯, 等. 顶空气相色谱-质谱联用法分析两种玉兰花挥发性成分[J]. 食品科学技术学报 2017(5).
- [20] 张钟, 杨宏娟. 有机溶剂法提取化州橘叶精油工艺研究[J]. 包装与食品机械 2014(3): 10-13.
- [21] 楼舒婷. 黑果枸杞的活性成分和挥发性组分研究[D]. 杭州: 浙江大学 2015.
- [22] 何颖. 中药挥发油提取方法分析[J]. 天津药学 2015, 27(1): 47-50.

响应面法优化精制沙丁鱼油乙酯化工艺

张蒙娜¹ 宋恭帅¹ 彭茜¹ 薛静¹ 戴志远^{1,2}

(1.浙江工商大学 海洋食品研究院 浙江杭州 310000;

2.浙江省水产品加工技术研究联合重点实验室 浙江杭州 310000)

摘要: 为研究精制沙丁鱼油乙酯化工艺,以精制沙丁鱼油为原料,在无水乙醇用量、NaOH 用量、反应时间、反应温度 4 个单因素试验的基础上,采用响应面分析法优化精制沙丁鱼油乙酯化工艺,确定乙酯化工艺的回归模型,考察各个因素及其交互作用对乙酯率的影响。结果表明:乙酯化最优工艺条件为无水乙醇用量 60 g、NaOH 用量 1.2 g、反应时间 75 min、反应温度 50 ℃。在此条件下,精制沙丁鱼油乙酯率为 88.12% ± 0.08%,乙酯化工艺合理、可行,为乙酯型精制沙丁鱼油的大规模开发利用提供了一定的理论依据。

关键词: 精制沙丁鱼油 乙酯化 响应面 工艺优化

Optimization of Ethyl Esterification Process of Refined Sardine Oil by Response Surface Methodology

ZHANG Meng-na¹ SONG Gong-shuai¹ PENG Xi¹ XUE Jing¹ DAI Zhi-yuan^{1,2}

(1. Institute of Seafood Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310000, China;

2. State Key Laboratory of Aquatic Products Processing of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to study the refined sardine oil ethyl esterification process, used refined sardine oil as raw material, based on the four univariate experiments: C₂H₅OH content, NaOH content, reaction time and reaction temperature, the regression model of ethyl esterification process was determined and the effects of various factors and their interactions on the yield of ethyl ester were also investigated using response surface analysis method. The results showed that the optimum conditions of ethyl esterification were as follows: C₂H₅OH content 60 g, NaOH content 1.2 g, reaction time 75 min, and reaction temperature 50 ℃. Under this condition, the yield of ethyl ester was 88.12% ± 0.08%, and the ethyl esterification process was reasonable and feasible, which would provide some theoretical basis for the further development and utilization of ethyl ester refined sardine oil.

Key words: Refining sardine oil; ethyl esterification; response surface; process optimization

中图分类号: TS254.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2018)20-0122-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.20.021

引文格式: 张蒙娜, 宋恭帅, 彭茜, 等. 响应面法优化精制沙丁鱼油乙酯化工艺[J]. 食品工业科技, 2018, 39(20): 122-127.

沙丁鱼(*Sardinella* sp.) 是一种小型集群性洄游鱼类,富含蛋白质、多不饱和脂肪酸、维生素、微量元素等营养成分,分布于东北大西洋、地中海等海域,具有生长快、繁殖能力强等优点,被大量捕获和消费。除小部分流通于零售市场外,其主要作为进一步加工的原材料,如加工成油浸罐头、冷冻鱼丸、油炸鱼丸、鱼香肠等多种方便食品^[1]。此外,黄嘉成等^[2]以沙丁鱼为原料,制备沙丁鱼 ACE 抑制肽,通过工艺优化,最终使水解蛋白肽的 ACE 抑制率达到 73.44%,实现了对低值沙丁鱼的高效利用。沙丁鱼

含油量较高,其中多不饱和脂肪酸含量高,故将沙丁鱼作为生产精制鱼油的原料具有较大的经济价值^[3]。鱼油中的 n-3 系列多不饱和脂肪酸,对人类的健康和营养具有重要作用^[4]。其中,二十碳五烯酸(Eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(Docosahexaenoic acid, DHA)是存在于大脑、视网膜、精子及神经组织中的重要生物活性物质,具有预防动脉硬化和心脑血管疾病、调节机体脂质代谢、预防癌症、防止大脑衰老、抗炎作用等生理保健功能^[5-10]。

收稿日期: 2018-01-16

作者简介: 张蒙娜(1993-),女,硕士研究生,研究方向:水产品加工与贮藏, E-mail: 1063552284@qq.com。

基金项目: 科技部国际合作项目(2014DFA32880);浙江省重大科技专项重点项目(2012C03009-4)。

[23] 刘东静. 枸杞药材中 100 种农药多残留 GC-MSn 测定方法研究及三种芳香类药材质量研究[D]. 北京: 北京协和医学

院 中国医学科学院 北京协和医学院 清华大学医学部 中国医学科学院, 2010.