

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201312021

龚秋实,肖瑜,梁美娜,等.油茶茶枯中茶皂素的提取工艺研究[J].广西植物,2015,35(1):120-125

Gong QS,Xiao Y,Liang MN,et al. Extraction of tea saponin from *Camellia* cake[J]. *Guihaia*,2015,35(1):120-125

油茶茶枯中茶皂素的提取工艺研究

龚秋实,肖瑜*,梁美娜,刘以清,黄浦

(桂林理工大学 广西矿冶与环境科学实验中心 广西危险废物处置产业化人才小高地,广西 桂林 541004)

摘要:油茶茶枯是南方地区一种常见的加工副产物,含有较高的茶皂素。茶皂素是工业生产中应用广泛的一种表面活性剂,性能优良,但目前茶皂素的提取工艺并不成熟。为了优化油茶茶枯中茶皂素提取的最佳工艺,提高油茶茶枯的利用率,该文以脱脂油茶茶枯粉末为原料,乙醇溶液作为浸提剂,以茶皂素的得率和含量作为提取效果的评价指标,通过单因子实验和正交试验探求油茶茶枯中茶皂素的最佳提取条件。结果表明:以提取时间、3%NaOH添加量、乙醇浓度、料液比、温度和提取次数6个因素作为单因子,对油茶茶枯中茶皂素提取得率和含量进行研究,在单因子实验的基础上进行正交试验得到茶皂素提取的最佳工艺条件为料液比1:17,乙醇浓度75%,提取温度81℃,提取时间88min,3%NaOH添加量2.5mL(即每10g茶枯粉末中添加0.075gNaOH),提取次数2次。通过论证该结果表明,在最佳的提取条件下,提取得到茶皂素的最高含量为0.54mg·mL⁻¹,得率为21.35%。该实验方法添加了NaOH后,在最佳条件下茶皂素的得率明显提高,对今后优化油茶茶枯中茶皂素的提取工艺具有很好的借鉴意义。

关键词:油茶茶枯;茶皂素;提取

中图分类号:Q946 文献标识码:A 文章编号:1000-3142(2015)01-0120-06

Extraction of tea saponin from *Camellia* cake

GONG Qiu-Shi, XIAO Yu*, LIANG Mei-Na, Liu Yi-Qing, Huang Pu

(Guangxi Scientific Experiment Center of Mine, Metallurgy and Environment, the Guangxi Talent Highland for Hazardous Waste Disposal Industrialization, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: *Camellia* cake is a common by-product of processing, which contains high content of tea saponin. Tea saponin is widely used in industrial production as a surfactant, which has excellent performance. But the method of extraction technology is not mature currently. One new method was proposed in the article, which used defatted *Camellia* cake powder as raw material, ethanol concentration as extraction agent, the extraction rate and content of tea saponin as extraction effect evaluation index. In order to acquire the extraction rate and content of tea saponin from *Camellia* cake, six factors such as the influences of the extraction time, adding quantity of 3% NaOH, ethanol concentration, the ratio of solid-liquid, temperature and times of extraction were studied. After single factor experiment and orthogonal experiment, the optimized conditions for extracting tea saponin were established by orthogonal experiments, which included that the ratio of solid to liquid was 1:17, ethanol concentration was 75%, extracting temperature was 81℃, extraction time was 88 min, adding quantity of 3% NaOH was 2.5 mL and extraction times were 2 etc. Under these conditions, the content of tea saponin from *Camellia* cake was 0.53 mg·mL⁻¹ and the yield of extraction reached 21.35%. After adding the NaOH, the yield of extraction improved significantly under the optimum conditions. The experimental method has good reference value for optimizing the extraction of tea saponin in the future.

Key words: *Camellia* cake; tea saponin; extraction

收稿日期:2014-02-16 修回日期:2014-07-16

基金项目:国家自然科学基金(21367010)

作者简介:龚秋实(1988-),女,湖南双峰人,硕士研究生,主要从事固体废物处理研究,(E-mail)gqs922@163.com。

*通讯作者:肖瑜,博士,教授,主要从事固体废物处理和环境污染控制化学等研究,(E-mail)xiaoyu0926@sohu.com。

油茶茶枯是油茶榨取茶油后的副产物,其产量相当于茶油的 3 倍,全国每年约产 70 万吨(陈力等, 2010;张新福等,2012;李敏等,2011)。一般油茶茶枯中茶皂素的含量为 10%~15%,因产地不同,含量可能有差别(魏婷婷等,2011;朱兴一等,2011;廖书娟等,2005)。茶皂素是一种性能优良的非离子型天然表面活性剂,具有较强的发泡、乳化、分散等作用,并有抗渗、消炎、镇痛、抗癌等生理活性,还可用于制造各种类型的乳化剂、洗涤剂、防腐剂及杀虫剂、杀菌剂等(熊拯等,2012;李俊等,2012;郝卫宁等,2010),但由于茶皂素的提取纯化工艺上的不完善,提取得到的茶皂素颜色深、纯度低。

本研究以乙醇水溶液为浸提溶剂,在碱性环境下,以脱脂油茶茶枯粉末为原料,以茶皂素得率和含量为衡量标准,试图寻找简单、高效的提取方法以得到高纯度的茶皂素。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

茶枯饼,桂林市农贸批发市场;茶皂素标准品(98%),长沙哈根生物科技有限公司;香草醛(AR)、无水乙醇(AR),广东光华化学试剂厂有限公司;浓硫酸(AR)、氢氧化钠(AR)、石油醚(AR),广东汕头市西陇化工厂有限公司;超纯水,实验室自制。

1.2 主要仪器

SH Z-B 型水浴恒温振荡器,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;RE-2000B 型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;DHG9036A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;UV-6100A 型紫外-可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;AR224CN 型电子天平,奥豪斯(上海)有限公司;SXT-02 型索氏提取器,上海洪纪仪器设备有限公司;SHB-III 型循环水式多用真空泵,郑州长城科工贸有限公司。

1.3 预处理

用粉碎机粉碎恒温烘干的油茶茶枯,过 40 目筛,得到茶枯粉末。石油醚加热回流 5 h,除去残留的茶油。残渣继续烘干,待用。

1.4 茶皂素的提取

定量的脱脂茶枯粉末,在特定的料液比、特定浓度的乙醇溶液、特定的碱液条件下,在特定的恒温水浴锅中,振荡一定的时间,真空抽滤,提取液置于旋

转蒸发浓缩至无醇,提取液变粘稠为止,提取液浓缩至浸膏。用分析天平称重。

1.5 茶皂素定量分析方法

采用香草醛-浓硫酸显色法检测茶皂素的含量(陈莹等,2012)。

1.5.1 溶液的配制 茶皂素标准溶液:准确称取 0.050 g 茶皂素标准品,用 80% 的乙醇溶液溶解、摇匀,定容至 50 mL。8%(g·mL⁻¹)香草醛无水乙醇溶液:称取 4 g 香草醛用无水乙醇定容至 50 mL。77%硫酸溶液:向 23 mL 超纯水中加入 77 mL 的浓硫酸。

1.5.2 标准曲线的配制 分别移取茶皂素标准溶液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mL,置于具塞比色管中,加 80% 的乙醇定容至 1 mL,摇匀。再分别加入 8% 的香草醛溶液 1 mL、8 mL 77%硫酸溶液,摇匀,置于 60 °C 水浴中加热 20 min,然后放置于冰水浴中冷却 10 min,取出后置于室温,以试剂为空白,在最大吸收波长 550 nm 下测定吸光度,并以吸光度对浓度值绘制标准曲线,建立回归方程。

1.5.3 茶皂素浸膏含量测定 准确称取 0.050 g 茶皂素浸膏,用 80% 的乙醇溶液溶解、摇匀,定容至 25 mL 容量瓶。移取 0.2 mL 浸膏溶液,用 80% 的乙醇定容至 1 mL,摇匀。按 1.5.2 的方法加入香草醛溶液和浓硫酸溶液显色,在最大波长下测定吸光度。

1.5.4 计算茶皂素的得率 油茶茶枯中茶皂素的得率=茶皂素浸膏的质量×茶皂素的含量/脱脂油茶茶枯的质量×100%

1.6 试验设计

选择提取时间、碱液添加量、乙醇浓度、料液比、提取次数、温度 6 个条件分别做单因素实验,根据单因素实验的结果,以茶皂素得率为考察指标设计 L₁₆(4⁵)正交试验,确定茶皂素提取的最佳条件。

2 结果与分析

2.1 标准曲线的建立

以吸光度为横坐标,茶皂素的浓度为纵坐标,绘制标准曲线,如图 1。线性回归方程为 $y = 0.7556x - 0.0003$, $R^2 = 0.9997$ 。

2.2 提取时间对茶皂素提取效果的影响

茶枯粉末 10 g,料液比 1:10,乙醇溶液浓度 70%,3%NaOH 3mL,温度 70 °C,分别振荡 30、45、60、90、120 min,提取 2 次,提取液分别合并、浓缩,

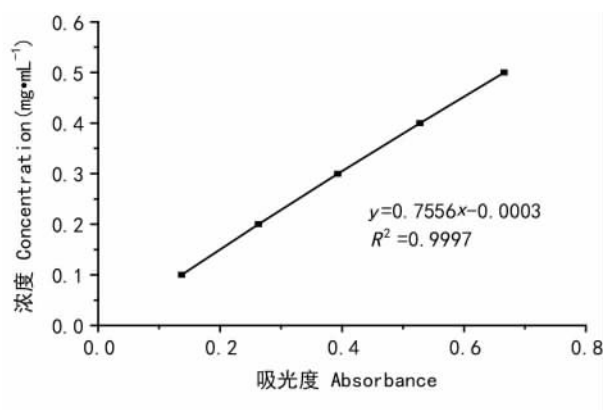


图 1 茶皂素标准曲线

Fig. 1 Standard curve of tea saponin

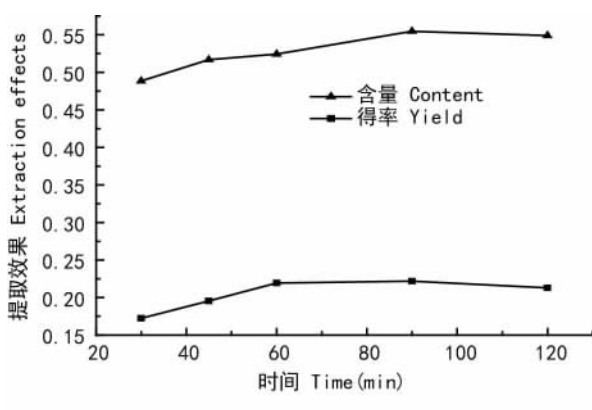


图 2 提取时间对提取效果的影响

Fig. 2 Effects of extraction time on the extraction

烘干得浸膏。按方法 1.5.3 测定含量, 计算茶皂素得率。结果如图 2。

从图 2 看出, 在 30~90 min 的过程中, 随着提取时间的增加, 茶皂素得率逐渐升高, 茶皂素含量也逐渐增大, 90 min 后, 茶皂素得率和含量均趋于平缓, 不再增加。分析原因: 30~60 min 时茶枯中的茶皂素还未充分被浸提, 90 min 时茶皂素在溶剂中的溶解已趋于饱和, 基本被溶剂浸提完全, 120 min 时系统中已无茶皂素被浸提出来, 所以得率和含量不再增加。长时间浸提会导致茶皂素水解变质, 大量杂质溶出, 淀粉糊化, 蛋白质胶体化, 影响茶皂素的提取。所以选择提取时间为 90 min。

2.3 3% NaOH 添加量对茶皂素提取效果的影响

茶枯粉末 10 g, 料液比 1:10, 乙醇溶液浓度 70%, 温度 70 °C, 震荡 2 h, 分别 1 mL、2 mL、3 mL、4 mL、5 mL 3% NaOH, 提取 2 次, 提取液分别合并、浓缩, 烘干得浸膏。按方法 1.5.3 测定含量, 计算茶皂素得率。

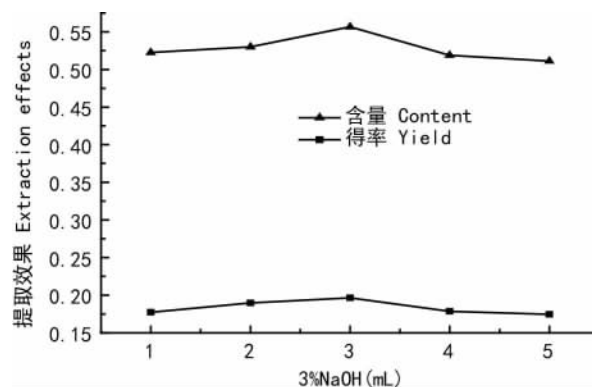


图 3 3% NaOH 添加量对提取效果的影响

Fig. 3 Effects of adding quantity of 3% NaOH on the extraction

从图 3 看出, 随着 3% NaOH 添加量的增加, 茶皂素的得率和含量都逐渐增加, 当超过 3 mL 后, 茶皂素的得率和含量都明显下降。因为茶皂素溶液偏酸性, 在碱性环境中有利于茶皂素的溶出, 同时也溶出一些碱性杂质, 这些杂质在强碱条件下, 会使茶皂素分离, 因而提取率降低, 含量也降低。因此, 溶液的 pH 不宜过高, 最后选择 3 mL 3% 的 NaOH 添加量为最佳条件。

2.4 乙醇浓度对茶皂素提取效果的影响

茶枯粉末 10 g, 料液比 1:10, 温度 70 °C, 震荡 2 h, 3% NaOH 3 mL, 分别加入 50%、60%、70%、80%、90% 的乙醇溶液, 提取 2 次, 提取液分别合并、浓缩, 烘干得浸膏。按方法 1.5.3 测定含量, 计算茶皂素得率。

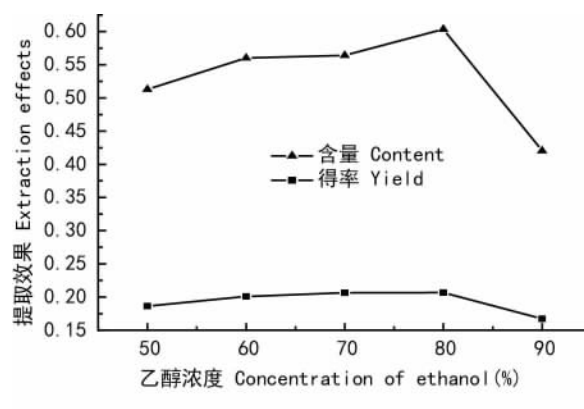


图 4 乙醇浓度对提取效果的影响

Fig. 4 Effects of ethanol concentration on the extraction

从图 4 看出, 随着乙醇浓度的增加, 茶皂素的得率和含量都逐渐增加, 70%~80% 的浓度时虽然茶皂素的得率无较大变化, 但茶皂素的纯度有较大提

高,90%的浓度时,茶皂素的得率和含量均有明显下降趋势。分析可知,茶皂素易溶于含水乙醇,难溶于水乙醇。选用低浓度的乙醇溶液,大量含水性杂质溶出,导致提取液颜色深,浓缩困难,产生大量的泡沫,而乙醇浓度过高,一些蛋白质、可溶性糖类物质会发生凝聚,影响茶皂素的得率。因此,选择80%的乙醇溶液最合适。

2.5 料液比对茶皂素提取效果的影响

茶枯粉末 10 g,乙醇溶液浓度 70%,3% NaOH 3 mL,温度 70 °C,振荡 2 h,料液比分别为 1:5、1:10、1:15、1:20、1:25,提取 2 次,提取液分别合并、浓缩,烘干得浸膏。按方法 1.5.3 测定含量,计算茶皂素得率。

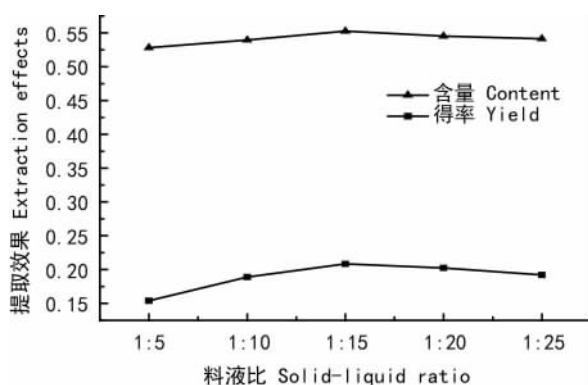


图 5 料液比对提取效果的影响

Fig. 5 Effects of solid-liquid ratio on the extraction

从图 5 看出,随着料液比的增加,茶皂素的得率和含量明显增加,当增加到 1:15 时,得率略有下降,含量趋于平缓。分析原因可知,当增加溶剂体积时,溶质在溶剂中的浓度下降,传质阻力增大,提取速度加快。但同时消耗的溶剂也越多,增加成本,会有一些杂质溶出,长时间的浓缩会使茶皂素受热分解,综合考虑,应选择的最佳料液比为 1:15。

2.6 提取次数对茶皂素提取效果的影响

茶枯粉末 10 g,料液比 1:10,乙醇溶液浓度 70%,3% NaOH 3 mL,温度 70 °C,振荡 2 h,分别提取 1、2、3、4、5 次,提取液分别合并、浓缩,烘干得浸膏。按方法 1.5.3 测定含量,计算茶皂素得率。

从图 6 看出,提取 2 次比提取 1 次茶皂素的得率和含量明显增加,随后增加提取次数,茶皂素的得率无明显变化,但茶皂素的含量有下降趋势。分析认为,提取 2 次茶皂素基本已充分浸提完全,增加提取次数,得率增加不明显,茶皂素的含量略有降低,

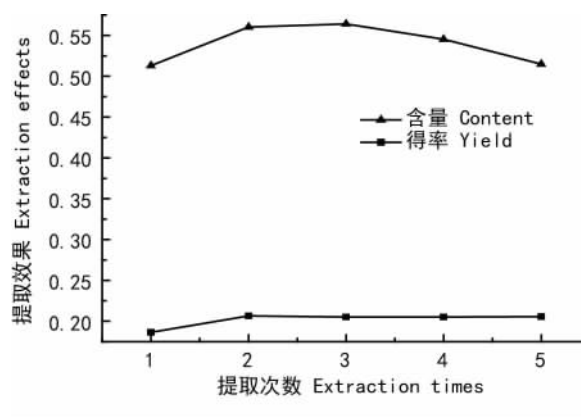


图 6 提取次数对提取效果的影响

Fig. 6 Effects of extraction times on the extraction

因为多次提取后一些杂质溶出量增加,使茶皂素的含量降低,并且增加提取次数,溶剂使用量和能耗都增加,增加成本。因此选择提取次数为 2 次最为合理。

2.7 温度对茶皂素提取效果的影响

茶枯粉末 10 g,料液比 1:10,乙醇溶液浓度 70%,3% NaOH 3 mL,振荡 2 h,温度为 50、60、70、80、90 °C,提取 2 次,提取液分别合并、浓缩,烘干得浸膏。按方法 1.5.3 测定含量,计算茶皂素得率。

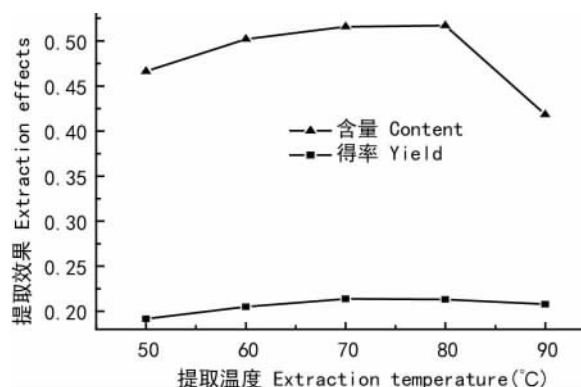


图 7 温度对提取效果的影响

Fig. 7 Effects of temperature on the extraction

从图 7 看出,随着温度的升高,茶皂素的得率和含量逐渐增大,当温度升高至 70~80 °C 时茶皂素的得率和含量最大,温度继续升高,得率略有下降,含量有明显的下降趋势。分析可知,当温度升高后,茶皂素会发生水解,而且蛋白质、单宁等物质也会溶出,导致得率和含量的下降,综合考虑选择 70 °C 为最适合的提取温度。

2.8 茶皂素提取的正交试验

通过对各单因素实验结果的分析,得到正交试

验的各因素的取值范围。综合考虑,选择提取时间、料液比、温度、乙醇浓度、3% NaOH 添加量 5 个因素,设计 4 个水平,以茶皂素得率为考察指标设计 $L_{16}(4^5)$ 正交试验,确定茶皂素提取的最佳条件。正交设计表及结果如下表 1,表 2。

表 1 正交因素水平表

Table 1 Experimental levels of orthogonal design

水平 Level	因素 Factors				
	时间 Time A (min)	料液比 Ratio of solid to liquid B (g · mL ⁻¹)	温度 Temper- ature C (°C)	乙醇浓度 Concen- tration of ethanol D (%)	3% NaOH 添加量 3% NaOH addition E (mL)
1	85	1 : 13	69	75	2.5
2	88	1 : 15	73	78	2.8
3	91	1 : 17	77	81	3.1
4	94	1 : 19	81	84	3.4

表 2 正交实验结果表 $L_{16}(4^5)$ Table 2 Result of orthogonal experiment $L_{16}(4^5)$

实验号 Number	时间 Time A (min)	料液比 Ratio of solid to liquid B (g · mL ⁻¹)	温度 Temper- ature C (°C)	乙醇 浓度 Concen- tration of ethanol D (%)	3% NaOH 添加量 3% NaOH addition E (mL)	得率 (%) Yield
1	1	1	1	1	1	19.99
2	1	2	2	2	2	17.23
3	1	3	3	3	3	17.88
4	1	4	4	4	4	16.75
5	2	1	2	3	4	17.90
6	2	2	3	4	1	18.64
7	2	3	4	1	2	22.85
8	2	4	1	2	3	19.23
9	3	1	3	4	2	17.42
10	3	2	4	1	3	17.83
11	3	3	1	2	4	21.56
12	3	4	2	3	1	19.21
13	4	1	4	2	3	19.31
14	4	2	1	3	4	17.18
15	4	3	2	4	1	18.26
16	4	4	3	1	2	18.54
K_1	17.963	18.655	19.149	19.149	19.025	
K_2	19.655	17.720	18.150	19.333	19.010	
K_3	19.005	20.138	18.120	18.043	18.563	
K_4	18.323	18.433	19.185	17.768	18.348	
R	1.042	2.418	1.065	2.035	0.677	

根据正交试验结果可知,茶皂素提取的各考察因素的影响程度如下:料液比 > 乙醇浓度 > 温度 > 时间 > 3% NaOH 添加量,最佳提取条件为

B3D1C4A2E1,即最佳提取条件为料液比 1 : 17,乙醇浓度 75%,提取温度 81 °C,提取时间 88 min,3% NaOH 添加量 2.5 mL。

2.9 提取工艺的验证实验

按照茶皂素提取工艺的最佳条件,进行三次平行实验,分别称取 10 g 三份脱脂油茶茶枯,在料液比 1 : 17,乙醇浓度 75%,提取温度 81 °C,提取时间 88 min,3% NaOH 添加量 2.5 mL 的条件下,测定茶皂素的含量和得率,验证提取条件的稳定性。结果如表 3。3 次平行实验结果相对稳定,得率最高达 21.53%,说明正交试验得到的最佳提取条件是可靠的,值得信任。

表 3 提取工艺的验证实验结果表

Table 3 Validation testing result of extraction process

脱脂茶枯 (g) De-fat <i>Camellia</i> cake	含量 (mg · mL ⁻¹) Content	得率 (%) Yield rate
10	0.53	20.98
10	0.54	21.23
10	0.54	21.35

2.10 对比分析

李静等(2008)在乙醇浓度 80%、料液比 1 : 4、提取温度 40 °C、超声波功率 320 W、超声波作用时间 60 min 的最佳工艺条件,茶皂素粗品得率为 18.54%,茶皂素含量 60.3%。姜伟等(2008)经单因素和正交试验,在提取温度 60 °C,时间 2 h,乙醇浓度 65%,料液比 1 : 20 的条件下,油茶皂苷提取率为 10.79%。刘尧刚等(2008)通过正交试验得出最佳浸提条件为甲醇浓度 70%、浸提液固比 7 : 1、浸提时间 2 h、浸提 pH=10.5、浸提温度 55 °C。在此条件下茶皂素的浸提得率为 14.45%。谢多等(2013)以 70%的乙醇浓度为溶剂,浸提油茶饼粕中茶皂素的优化条件为料液比 1 : 7、提取温度 60 °C、提取时间 110 min,该条件下茶皂素得率可达 8.34%。综合比较,本方法在添加了 NaOH 后,相比其他研究成果,在最佳条件下得率明显提高,而且方法简单,操作性强。

3 结论

根据对 6 个因素的单因素考察和正交试验,我们得到了茶皂素提取的最佳条件为料液比 1 : 17,乙醇浓度 75%,提取温度 81 °C,提取时间 88 min,3% NaOH 添加量 2.5 mL(即每 10 g 茶枯粉末中添

加 0.075 g NaOH),提取次数 2 次,最高含量为 0.54 mg · mL⁻¹,得率为 21.35%。

致谢 感谢导师肖瑜教授、高级实验师梁美娜老师、师妹刘以清和师弟黄浦在实验及文字写作过程中给予的指导和帮助。

参考文献:

- Zhu XY(朱兴一),Lin HM(林海敏),Chen X(陈秀),*et al.* 2011. Optimization of homogenate extraction of theasaponin from *Camellia oleifera* (闪式提取油茶茶枯饼中茶皂素的工艺优化)[J]. *Trans CSAE(农业工程学报)*,**27**(增刊 1):402-406
- Liu YG(刘尧刚),Hu JH(胡健华),Zhou YM(周易枚). 2011. Study optimization of extraction technology of saponin from *Camellia oleifera* (油茶粕中茶皂素提取工艺优化的研究)[J]. *Cer & Oil Proc(粮油加工)*,**(6)**:80-83
- Chen L(陈力),Deng ZY(邓泽元),Hu JN(胡蒋宁),*et al.* 2010. Isolation and preparation of teasaponin monomers from tea seed cake by high-speed counter-current chromatograph(高速逆流色谱分离制备茶粕中茶皂素单体)[J]. *Food Sci(食品科学)*,**31**(20):127-131
- Li M(李敏),Chen M(承明). 2011. Study on extraction of tea saponin from *Camellia* cake(油茶籽粕中茶皂素的提取工艺研究)[J]. *J Chin Cer & Oil Assoc(中国粮油学报)*,**26**(5):38-46
- Li J(李俊),Zhang AY(张爱玉),Qi YJ(齐永杰),*et al.* 2012. Research progress in tea saponin from oil residue of *Camellia semiserrata* (茶树油粕中茶皂素研究进展)[J]. *Food Sci(食品科学)*,**33**(1):276-279
- Li J(李静),Li Y(李燕),Dang PY(党培育). 2008. Study on extraction and purification of tea saponin(茶皂素的提取及纯化研究)[J]. *Food Sci(食品科学)*,**29**(11):154-156
- Zhang XF(张新福),Zhu X(朱翔),Liu YJ(刘亚军),*et al.* 2012. Purification by macroporous adsorption resin chromatography and LC/TOF-MS analysis of sasanquasaponin(油茶皂素大孔树脂纯化工艺优化及 LC/TOF-MS 分析)[J]. *Food Sci(食品科学)*,**33**(16):7-11
- Chen Y(陈莹),Liu SB(刘松柏),He LX(何良兴),*et al.* 2012. Quantitative analysis of saponins in *Camellia* seed cake and tea saponins(油茶籽粕和茶皂素中皂苷的定量检测方法研究)[J]. *J Chin Cer & Oil Assoc(中国粮油学报)*,**27**(2):105-111
- Jiang W(姜伟),Yu B(余勃),Lu Y(陆豫). 2008. Study extraction technology of saponin from *Camellia oleifera* Abel. meal(油茶粕中油茶皂苷提取纯化工艺研究)[J]. *Food Sci(食品科学)*,**29**(16):242-244
- Hao WN(郝卫宁),Zeng Y(曾勇),Hu MY(胡美英),*et al.* 2010. Research progress on applications of tea saponin in pesticides(茶皂素在农药领域的应用研究进展)[J]. *Agrochemicals(农药)*,**49**(2):90-96
- Xie D(谢多),Zhao J(赵俭),Xu XT(许小彤),*et al.* 2013. Optimization of alcohol extraction for tea saponin from oil-tea cake by response surface methodology(油茶饼粕中茶皂素醇提工艺条件优化)[J]. *Food & Mach(食品与机械)*,**29**(3):129-133
- Xiong Z(熊拯),Chen ME(陈敏娥),Wei SQ(韦思庆),*et al.* 2012. Extraction technology of tea saponin and protein from *Camellia Oleifera* seed meal(油茶籽粕中茶皂素和蛋白质同时提取工艺研究)[J]. *Food Sci & Technol(食品科技)*,**37**(7):172-175
- Wei TT(魏婷婷),Cui XF(崔晓芳),Wen X(文旭),*et al.* 2011. Purification technology and biological activity of tea saponin from *Camellia* cake(油茶粕中茶皂素纯化方法与抗菌活性研究)[J]. *Chin Oil Crop Sci(中国油料作物学报)*,**33**(6):616-621
- ~~~~~
- (上接第 119 页 Continue from page 119)
- gangeticum*[J]. *Fitoterapia*,**77**(5):378-380
- Tona L,Cimanga RK,Mesia K,*et al.* 2004. *In vitro* antiplasmodial activity of extracts and fractions from seven medicinal plants used in the Democratic Republic of Congo[J]. *J Ethnopharmacol*,**93**(1):27-32
- Wang YC,Huang TL. 2005. Screening of anti-*helicobacter pylori* herbs deriving from Taiwanese folk medicinal plants[J]. *FEMS Immunol Med Mic*,**43**(2):295-300
- Wu Y(武毅),Qu W(曲玮),Geng D(耿頔),*et al.* 2012. Phenols and flavonoids from the aerial part of *Euphorbia hirta* (大飞扬草地上部位的酚类和黄酮类化合物)[J]. *Chin J Nat Med(中国天然药物)*,**10**(1):40-42
- Xian JC(贤景春),Wu WJ(吴伟军). 2012. Extraction of total quantity flavone from *Solanum photeinocarpum* and its antioxidant activity(少花龙葵茎总黄酮提取工艺及其抗氧化性研究)[J]. *Guihaia(广西植物)*,**32**(4):567-570
- Xiong P(熊萍),Zhang RW(张榕文),Xu J(徐静),*et al.* 2010. Optimization of extraction process of extract weight and flavonoids in *Euphorbia hirta* L.(正交试验法优选大飞扬浸膏及总黄酮的提取工艺)[J]. *Chin Med J Res Prac(现代中药研究与实践)*,**24**(4):52-55
- Youssouf MS,Kaiser P,Tahir M,*et al.* 2007. Anti-anaphylactic effect of *Euphorbia hirta*[J]. *Fitoterapia*,**78**(7-8):535-539
- Yuan WJ(袁王俊),Li CF(李彩芳),Ding QJ(丁秋瑾),*et al.* 2009. Studies on the antioxidant activity of *Coptis chinensis*(黄连抗氧化活性研究)[J]. *Guihaia(广西植物)*,**29**(5):694-697
- Zhang JW(张军武),Zhao Q(赵琦). 2012. Study on optimal reflux extraction temperature of total flavonoids from *Radix astragali* by ethanol(乙醇回流提取黄芪总黄酮最佳温度考察)[J]. *Liaoning J Trad Chin Med(辽宁中医杂志)*,**39**(4):1133-1134