

脱脂肉桂粉提取肉桂多酚的研究

李英奇¹, 曾彦杰¹, 曾健青^{1*}, 赵余庆²

1. 湖南和广生物科技有限公司, 湖南 永州 425000

2. 沈阳药科大学, 辽宁 沈阳 110016

摘要: **目的** 研究用脱脂肉桂粉为原料提取肉桂多酚的工艺条件。**方法** 肉桂经超临界 CO₂ 萃取得到脱脂肉桂粉, 脱脂肉桂粉用乙醇回流提取后, 经滤过、浓缩、真空干燥即得肉桂多酚提取物。考察提取时间、乙醇体积分数、料液比、提取温度对肉桂多酚提出率的影响。**结果** 脱脂肉桂粉中肉桂多酚的最佳提取条件为时间 2 h, 乙醇体积分数 55%, 料液比 1:8, 温度 60 ℃。在此提取条件下, 其多酚提出率为 106.4 mg/g; 肉桂多酚提取物(干物)的产率为 20.7%, 其多酚质量分数为 51.4%, 其香豆素质量分数为 104 μg/g。**结论** 采用超临界 CO₂ 萃取技术对肉桂粉进行脱脂处理, 可以大幅度提高肉桂多酚的提出率, 大大降低肉桂多酚提取物中香豆素的量。

关键词: 肉桂; 多酚; 香豆素; 超临界 CO₂; 提取; 脱脂

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)21-4448-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.21.013

Study on extraction of cinnamon polyphenols from defatted cinnamon bark powder

LI Ying-qi¹, ZENG Yan-jie¹, ZENG Jian-qing¹, ZHAO Yu-qing²

1. Hunan Health-Guard Bio-Tech Inc., Yongzhou 425000, China

2. Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

Abstract: **Objective** To research the extraction conditions of cinnamon polyphenols with defatted cinnamon bark powder. **Methods** Cinnamon bark powder was extracted by supercritical carbon dioxide extraction to de-fat firstly and then the effects of extraction time, ethanol concentration, ratio of feed to liquid, and extraction temperature on the extraction ratio of polyphenols were investigated in detail. **Results** The result shows that the optimum extraction conditions of cinnamon polyphenols from the defatted cinnamon bark powder are: extraction time 2 h, ethanol concentration 55%, feed liquid ratio 1:8, and temperature 60 ℃. Under the above conditions, the extracted ratio of the polyphenols from the defatted cinnamon bark powder went up to 106.4 mg/g and the yield of cinnamon bark extract went up to 20.7%. The content of polyphenols in the dry extract was 51.4%, which was much higher than that from the original cinnamon powder while the content of coumarin of the extract was 104 μg/g. **Conclusion** The defatting of cinnamon powder by supercritical carbon dioxide extraction in advance can greatly increase the yield of cinnamon polyphenols and reduce the content of coumarin in the cinnamon bark extract.

Key words: *Cinnamomum cassia* Blume; polyphenol; coumarin; supercritical carbon dioxide; extraction; defatted

肉桂是一种常用的中药材, 又称阴香、天竺桂、细叶香桂等, 是樟科植物肉桂 *Cinnamomum cassia* Blume 的干燥树皮^[1], 具有补火助阳、散热止痛、温通经脉的功效。它也是一种常用的食品香料或烹饪调料, 是五香粉的主要成分之一^[2]。肉桂中含有

肉桂醛、肉桂酸、多酚类、黄酮类和香豆素等活性成分。现代药理研究表明, 肉桂多酚能有效地提高胰岛素的生物活性, 具有良好的降血糖作用^[3-6]。李诚等^[7]以链脲佐菌素(STZ)所致糖尿病小鼠为实验对象, 用肉桂水提物(含肉桂多酚 28%)对小鼠

收稿日期: 2017-06-14

基金项目: 湖南省战略性新兴产业科技攻关类重大核心技术项目(2015GK1050)

作者简介: 李英奇(1963—), 男, 副教授, 主要从事植物提取与分离纯化的研究。E-mail: liyingqi01@163.com

*通信作者 曾健青(1964—), 博士, 研究员, 项目负责人, 主要从事超临界流体技术与应用。

Tel: 13826218953 E-mail: zeng326@163.com

进行饲喂, 28 d 后小鼠血糖下降 43.4%, 总胆固醇下降 45.1%。肉桂多酚还具有良好的抗氧化活性。Khuwijitjaru 等^[8]研究表明, 肉桂提取物能有效地清除 DPPH 自由基, 并且其 DPPH 自由基清除能力与多酚量呈良好的线性正相关性。

现有肉桂多酚的主要生产方法是将肉桂原料粉碎后, 采用乙醇溶液或水直接提取^[9]。但是用这些方法得到的肉桂多酚存在一些明显的不足: 一是提取物中香豆素量较高, 而香豆素在剂量较大时会对人体造成显著损伤^[10]。美国食品和药品管理局 (FDA) 于 1954 年禁止在食品中添加香豆素, 1965 年英国食品标准化委员会也将香豆素列为禁止在食品中使用的添加剂。2004 年 Scientific Committee on Food (SCF) 重新审查了关于香豆素毒理学的所有研究报告, 给出香豆素的每日耐受摄入量 (tolerable daily intake, TDI) 为 0.1 mg/kg; 二是肉桂多酚提出率偏低, 造成宝贵的肉桂原料的巨大浪费和产品成本显著增加; 三是提取物中因含较多的肉桂醛、脂肪酸、树脂、树胶、蜡质等脂溶性物质, 造成产品流动性不好、易结块、有桂皮的特征性异味。因此, 现有方法难以得到高品质的肉桂多酚产品。

鉴于超临界 CO₂ 具有良好的渗透性和溶解能力, 能有效地去除原料中的脂溶性物质 (如香豆素等), 并且萃取是在低温、化学惰性的 CO₂ 介质中进行, 肉桂多酚等活性物质难以被破坏, 本研究首先采用超临界 CO₂ 萃取技术对肉桂粉进行脱脂处理, 去除其中的绝大多数的色素、树脂、精油、蜡质物及香豆素等成分, 同时获得脱脂肉桂粉和肉桂油树脂, 然后对脱脂肉桂粉进行提取研究, 并得到低香豆素、高多酚量、颜色和流动性好的高品质肉桂多酚提取物, 为肉桂的深度综合开发利用提供有益的参考。

1 材料

1.1 材料与试剂

肉桂, 广西肉桂原料基地产, 含油脂为 7%~10%, 由湖南恒康大药房股份有限公司郑贯中高级药剂师鉴定为肉桂 *Cinnamomum cassia* Blume; 香豆素对照品 (批号 160614, HPLC 测得质量分数 98%), 北京北纳创联生物技术研究院; 没食子酸 (AR, 批号 160715, 质量分数 ≥99.0%)、无水甲醇 (AR)、无水乙醇 (AR)、无水碳酸钠 (AR), 天津市科密欧化学试剂有限公司; Folin-Ciocalteu 试剂, 上海源聚生物科技有限公司; 蒸馏水, 自制。

1.2 主要仪器设备

5 L 超临界 CO₂ 萃取装置, 华安超临界萃取有限公司; U3000 型高效液相色谱仪, 赛默飞世尔科技有限公司; UV752-N 型紫外分光光度计, 上海佑科仪器仪表有限公司; CP124C 型电子天平, 上海洪纪仪器设备有限公司; FW135 型高速中药粉碎机, 天津市泰斯特仪器有限公司; XMTD-7000 型恒温水浴锅, 北京科伟永鑫实验仪器设备公司; JB90-D 型搅拌器, 上海沪粤明科学仪器有限公司; DZF-6050 型真空干燥箱, 上海海向仪器设备厂。

2 方法与结果

2.1 脱脂肉桂粉的制备

将 3 kg 肉桂皮全部粉碎成 60~80 目的粉末, 然后在 V 型混合机中混合 30 min, 再分成 1 kg 和 2 kg 2 份, 其中 1 kg 的 1 份做肉桂原粉, 备用。将 2 kg 的 1 份装入 5 L 超临界 CO₂ 萃取釜中, 在萃取压力 30 MPa, 萃取温度为 40 °C, 分离 I 压力 11 MPa, 分离 I 温度 50 °C, 分离 II 压力 5 MPa, 分离 II 温度 35 °C, CO₂ 流量 13 kg 每小时每公斤原料的条件下, 萃取 3 h, 从分离釜中得到肉桂油树脂 0.2 kg, 从萃取釜中取出脱脂肉桂粉 1.8 kg, 然后将脱脂肉桂粉混合均匀并分装, 每包 50 g, 备用。

2.2 多酚的定量测定

肉桂多酚的测定参照平华等^[11]的方法。以没食子酸作对照品, 50%乙醇溶液作为空白组对照, 按照 Folin-Ciocalteu 测定方法, 在 765 nm 处测定吸光度 (*A*) 值。以 *A* 值为纵坐标 (*Y*), 没食子酸对照品溶液质量浓度为横坐标 (*X*), 得到回归方程 $Y = 0.0916X + 0.0135$, $R^2 = 0.9992$ 。

称取 0.2 g 左右的肉桂多酚提取物于 10 mL 量瓶中, 加 50%乙醇超声 30 min 至溶解完全。然后, 从中取 1 mL 溶液于 100 mL 量瓶中, 用 50%乙醇溶液定容至刻度, 即得供试品溶液。精确量取 1 mL 供试品溶液, 同时用 50%乙醇溶液做空白对照, 在 765 nm 处测定 *A* 值。代入没食子酸回归方程求出相应质量浓度 *C*, 按照下述公式计算样品中多酚质量分数 (ω)。

$$\omega = C \times V / m$$

V 为供试品溶液体积, *C* 为供试品溶液中多酚质量浓度, *m* 为肉桂多酚提取物质量

2.3 香豆素的定量测定

参照罗花彩等^[12]的方法并作修改, 以香豆素为对照品, 采用 HPLC 法测定肉桂多酚提取物中香豆

素量。色谱条件：色谱柱为 Phenomenex C₁₈ 柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm)；流动相为 0.1%磷酸水溶液-乙腈 (70:30)；波长 280 nm；柱温 30 ℃；进样量 20 μL；理论塔板数 3 150。

精密称取香豆素对照品 10.0 mg，置于 25 mL 量瓶中，加甲醇溶解并稀释至刻度，摇匀，得 400 μg/mL 香豆素对照品溶液。分别精密吸取香豆素对照品溶液 0.25、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 置于 10 mL 量瓶中，加甲醇定容至刻度，过 0.45 μm 滤膜，分别取不同质量浓度的对照品溶液进样，记录峰面积，以峰面积积分值 (Y) 对进样量 (X) 进行线性回归，得回归方程 $Y=40\,797X+49\,007$, $r=0.999\,5$ ，线性范围 0.2~2.0 μg。

精密称取 1 g 左右的肉桂多酚提取物于 10 mL 量瓶中，加甲醇进行超声提取 30 min，待放至室温后定容至刻度，过 0.45 μm 滤膜，按上述色谱条件进样。记录峰面积，代入香豆素回归方程求出相应浓度，计算样品中香豆素的质量分数。

2.4 单因素考察肉桂多酚的制备条件

取“2.1”项下分装好的脱脂肉桂粉一包，装入 1 000 mL 三颈瓶中，加入乙醇溶液，分别接上冷凝管、电动搅拌器和温度计，置于恒温水浴锅中匀速搅拌提取一定时间，抽滤，滤液浓缩至原体积的 1/4 时，放入真空干燥箱中，在 60 ℃条件下干燥至恒定质量，将干固体粉碎成 80 目左右的粉末，即为肉桂多酚提取物。按表 1 实验方案分别进行不同提取时间、不同乙醇体积分数、不同料液比和不同温度的单因素实验。

表 1 肉桂多酚提取单因素试验设计

Table 1 Single factor experimental design of cinnamon polyphenols extraction

因素	水平			
	1	2	3	4
提取时间/h	0.5	1.0	1.5	2.0
乙醇体积分数/%	35	45	55	65
料液比	1:4	1:6	1:8	1:10
温度/℃	50	60	70	80

肉桂多酚提出率 (y) 的计算：

$$y=C \times V/M$$

C 为提取滤液中多酚的质量浓度， V 为提取滤液的体积， M 为肉桂粉质量

肉桂多酚提取物产率 (P) 的计算：

$$P=m/M$$

m 为肉桂多酚提取物干物质质量， M 为肉桂粉质量

2.4.1 不同提取时间对肉桂多酚提取效果的影响 取 4 包分装好的脱脂肉桂粉，按料液比 1:10，加入 60% (体积分数) 乙醇溶液，在 70 ℃温度下搅拌分别提取 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h，滤过，取滤液按“2.2”项中的检测方法检测多酚量并计算多酚提出率，结果提出率分别为 7.64%、8.87%、9.72%、9.93%、9.92%。可知，多酚的提出率随提取时间的延长而升高，这符合植物提取的一般规律，在所考察的时间范围内，提取时间在 1.5~2.5 h 肉桂多酚的提出率变化很小。从生产成本和生产效率方面考虑，实际生产中可选择提取时间为 1.5~2.0 h。后续实验中的提取时间均采用 1.5 h。

2.4.2 不同乙醇体积分数对肉桂多酚提取效果的影响 取 8 包分装好的脱脂肉桂粉，按料液比 1:10，分别用 35%、45%、50%、55%、60%、65%、75%、85% (体积分数) 乙醇溶液在 70 ℃下搅拌提取 1.5 h，滤过，取滤液按“2.2”项中的检测方法检测多酚量并计算多酚提出率，结果分别为 7.54%、8.76%、8.86%、9.02%、8.91%、8.88%、8.73%、8.43%。可以看出，随着乙醇体积分数的增加，肉桂多酚的提出率呈现先上升后下降的趋势，在乙醇体积分数为 55% 时，肉桂多酚的提出率最大。肉桂多酚是一类物质的总称，既水溶又醇溶，当乙醇体积分数较低时原料中水溶性成分更加容易溶出，而乙醇体积分数太高时则脂溶性物质易于溶出，因此，对于这种既水溶又醇溶的多酚类物质，通常最佳的乙醇体积分数为中等体积分数。本研究表明，以脱脂肉桂粉为原料提取肉桂多酚时，其最佳的乙醇体积分数为 55%，这与其他类似的多酚物质的提取最佳乙醇体积分数的结果类似。

2.4.3 不同料液比对肉桂多酚提取效果的影响 取 4 包分装好的脱脂肉桂粉，在提取温度 70 ℃，乙醇体积分数为 55% 的条件下，分别以 1:4、1:6、1:8、1:10 的料液比进行提取，搅拌下提取 1.5 h，滤过，取滤液按“2.2”项中的检测方法检测多酚量并计算多酚提出率，结果分别为 9.83%、10.68%、11.12%、11.18%。可知，随着溶剂量增加，肉桂多酚的提出率也随之增加。在所考察的料液比范围内，料液比为 1:10 时肉桂多酚的提出率最大，但与料液比为 1:8 时差别并不明显，这是因为溶剂量越大，溶剂中肉桂多酚的浓度越低，对提取越有利。从多酚提出率及生产成本等方面综合考虑，实际生产中选择料液比 1:8 最适宜。

2.4.4 不同提取温度对肉桂多酚提取效果的影响
取 4 包分装好的脱脂肉桂粉, 在料液比 1:8, 乙醇体积分数 55% 的条件下, 分别在 50、60、70、80 °C 条件下进行提取, 搅拌下提取 1.5 h, 滤过, 取滤液按“2.2”项中的检测方法检测多酚量并计算多酚提出率, 结果分别为 10.28%、11.06%、10.59%、10.23%。可知, 提取温度在 60 °C 以下时随着温度的升高, 多酚的提出率也随之升高, 但在 60 °C 以上, 肉桂多酚的提出率不升反降, 这可能是由于温度过高时导致部分热敏性多酚成分被破坏所致。因此, 60 °C 是较好的提取温度。

综上所述, 以脱脂肉桂粉为原料, 以乙醇水溶液为提取介质, 肉桂多酚的最佳提取条件为提取时间 1.5 h, 乙醇体积分数 55%, 料液比 1:8, 提取温度 60 °C。

2.5 肉桂多酚提取的正交试验设计

为了进一步优化肉桂多酚的提取条件, 在单因素实验的基础上, 选取提取时间 (A)、乙醇体积分数 (B)、料液比 (C) 和提取温度 (D) 4 个因素,

每个因素设 3 个水平, 以多酚提出率为指标进行正交试验, 选择 $L_{16}(4^5)$ 正交表安排试验, 因素水平设计见表 1。取 16 包分装好的脱脂肉桂粉按表 1 中的条件进行正交试验, 取滤液按“2.2”项中的检测方法检测多酚量并计算多酚提出率, 结果见表 2、3。

由表 2 可知, 4 个影响因素中, 对肉桂多酚提出率影响的主次顺序是 $A > C > B > D$, 肉桂多酚的最佳提取工艺参数为 $A_4B_3C_3D_2$, 即肉桂多酚的最佳提取工艺为提取时间 2 h, 乙醇浓度 55%, 料液比 1:8, 提取温度 60 °C。由表 3 可知, 在所考察的提取条件范围内, 提取时间和料液比对肉桂多酚提出率的影响显著, 而乙醇体积分数和提取温度对肉桂多酚提出率的影响相对较小。

2.6 脱脂肉桂粉和肉桂原粉提取对比

分别取上述经均匀化处理的肉桂原粉 50 g、脱脂肉桂粉 45 g (相当于 50 g 肉桂原粉萃取后产物), 均按以下条件分别提取: 料液比 1:8, 乙醇体积分数 55%, 温度 60 °C, 提取时间 2 h。提取完成后, 抽滤, 并用 100 g 55% 乙醇溶液淋洗, 抽干, 滤液

表 2 正交试验设计与结果

Table 2 Results of torthogonal test

试验号	A/h	B/%	C	D/°C	E (误差)	多酚提出率/%
1	0.5 (1)	45 (1)	1:4 (1)	50 (1)	(1)	7.32
2	0.5 (1)	50 (2)	1:6 (2)	60 (2)	(2)	8.63
3	0.5 (1)	55 (3)	1:8 (3)	70 (3)	(3)	8.98
4	0.5 (1)	60 (4)	1:10 (4)	80 (4)	(4)	8.14
5	1.0 (2)	45 (1)	1:8 (3)	80 (4)	(4)	8.73
6	1.0 (2)	50 (2)	1:10 (4)	70 (3)	(3)	8.18
7	1.0 (2)	55 (3)	1:4 (1)	60 (2)	(2)	9.39
8	1.0 (2)	60 (4)	1:6 (2)	50 (1)	(1)	9.83
9	1.5 (3)	45 (1)	1:10 (4)	60 (2)	(2)	9.81
10	1.5 (3)	50 (2)	1:8 (3)	50 (1)	(1)	10.45
11	1.5 (3)	55 (3)	1:6 (2)	80 (4)	(4)	9.32
12	1.5 (3)	60 (4)	1:4 (1)	70 (3)	(3)	9.16
13	2.0 (4)	45 (1)	1:6 (2)	70 (3)	(3)	9.88
14	2.0 (4)	50 (2)	1:4 (1)	80 (4)	(4)	10.48
15	2.0 (4)	55 (3)	1:10 (4)	50 (1)	(1)	10.13
16	2.0 (4)	60 (4)	1:8 (3)	60 (2)	(2)	9.25
K_1	33.07	35.74	34.07	36.35	37.73	
K_2	36.13	37.74	36.65	37.66	37.08	
K_3	38.74	37.82	39.10	37.41	36.20	
K_4	39.74	36.38	37.86	36.25	36.67	
R	6.67	2.08	5.03	1.40	1.53	

表3 方差分析
Table 3 Variance analysis

误差来源	偏差平方和	自由度	F 值	显著性
A	6.677 9	3	21.133	$P < 0.05$
B	0.791 6	3	2.506	
C	3.457 9	3	10.943	$P < 0.05$
D	0.387 1	3	1.225	
误差	0.315 7	3		

$F_{0.05}(3,3)=9.28$ $F_{0.01}(3,3)=29.50$

表4 脱脂肉桂粉和肉桂原粉提取对比实验结果

Table 4 Extraction results of defatted cinnamon bark powder and cinnamon bark powder

样品	肉桂多酚提出率/%	提取物产率/%	提取物多酚量/%	提取物香豆素量/(mg·g ⁻¹)	颜色	流动性
肉桂原粉	6.09	13.2	46.2	0.735	棕褐色	较差
脱脂肉桂粉	10.64	20.7	51.4	0.104	淡棕红色	好

高了 57.2%。脱脂肉桂粉的提取物产率为 20.7%，肉桂原粉的提取物产率为 13.2%，按肉桂原粉计算前者较后者提高了 41.1%，而且提取物中多酚的量更高。由脱脂肉桂粉制得的肉桂多酚提取物中香豆素量显著降低，仅为 0.104 mg/g，而由肉桂原粉制得的肉桂多酚提取物中香豆素量高达 0.735 mg/g。

3 讨论

由于肉桂粉经高压超临界 CO₂ 萃取后得到的脱脂肉桂粉结构非常疏松，使得提取过程中的传质和传热速度大大加快，与纤维组织等结合的肉桂多酚更加容易“脱落”溶出，而没有经过超临界 CO₂ 萃取的肉桂原粉不仅内部结构紧密，而且还含油肉桂油树脂等“杂质”，因此，脱脂肉桂粉中的多酚类物质在相同的提取条件下无论是多酚提取物的产率还是提取物中多酚的量均要高得多。

香豆素类物质是脂溶性化合物，由于超临界 CO₂ 的高渗透性和良好的溶解能力，肉桂粉经过超临界 CO₂ 萃取之后，其中的香豆素基本上被萃取除去，因此用脱脂肉桂粉制得的肉桂多酚提取物香豆素量大大降低，溶解性更好，颜色更加鲜亮，同时由于脂溶性物质较少，其流动性也就更好。

本实验得出了以脱脂肉桂粉为原料制备肉桂多酚的最佳提取条件为提取时间 2 h，乙醇体积分数 55%，料液比 1:8，提取温度 60 ℃。在最佳提取条件肉桂多酚提取物的产率为 20.7%；肉桂多酚提取物中多酚量为 51.4%。而且用脱脂肉桂粉为原料制备的肉桂多酚提取物的性状明显优于肉桂原粉制

合并，从中取滤液 1.0 mL 按“2.2”项中方法检测多酚提出率，其余滤液于旋转蒸发仪中浓缩，浓缩至原体积的 1/4 时，放入真空干燥箱中，在 60 ℃ 条件下干燥至恒定质量，将干固体物粉碎成 80 目左右的粉末，取肉桂多酚提取物按“2.2”和“2.3”项中的方法检测多酚和香豆素量，结果见表 4。

由表 4 可知，在本研究的实验条件下，脱脂肉桂粉的多酚提出率为 106.4 mg/g，肉桂原粉的多酚提出率为 60.9 mg/g，按肉桂原粉计算前者较后者提

备的肉桂多酚提取物。

参考文献

- [1] 李家实. 中药鉴定学 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1996.
- [2] 方 琴. 肉桂的研究进展 [J]. 中药新药与临床药理, 2007, 18(3): 249-252.
- [3] 姜 琼, 邹盛勤, 周伟华, 等. 肉桂总多酚的提取工艺优选及降糖作用考察 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(20): 21-23.
- [4] 胡少平. 肉桂多酚的药理作用研究进展 [J]. 云南中医中药杂志, 2014, 35(5): 79-81.
- [5] 郑 婧. 肉桂多酚对 HepG2 细胞脂质代谢的影响及其机制 [J]. 山东医药, 2017, 57(1): 198-201.
- [6] 卢兆莲, 黄才国. 肉桂多酚改善 HepG2 细胞胰岛素抵抗的分子机制 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(24): 276-279.
- [7] 李 诚, 周建平. 肉桂多酚的研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2011, 7(9): 169-172.
- [8] Khuwijtjaru P, Sayputikasikorn N, Samuhasaneetoo S, et al. Subcritical water extraction of flavoring and phenolic compounds from cinnamon bark (*Cinnamomum zeylanicum*) [J]. *J Oleo Sci*, 2012, 61(6): 349-355.
- [9] 陆文耀. 肉桂多酚提取工艺研究 [J]. 中国民族民间医药, 2013(19): 12-13.
- [10] Lake B G, Evans J G, Chapuis F, et al. Studies on the disposition, metabolism and hepatotoxicity of coumarin in the rat and Syrian hamster [J]. *Food Chem Toxicol*, 2002, 40(6): 19-23.
- [11] 平 华, 张贵君, 李云伏, 等. 肉桂中多酚物质水提工艺的研究 [J]. 食品科技, 2008, 33(6): 159-178.
- [12] 罗花彩, 潘 馨, 邹俊平. HPLC 法测定胜红蓟中香豆素的含量 [J]. 海峡药学, 2013, 25(1): 67-68.