

泡沫分离法提取文冠果果皮皂苷的工艺条件

吴伟杰, 李博生

(北京林业大学 生物科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 研究文冠果果皮总皂苷泡沫分离工艺的可行性及工艺条件。采用香草醛、高氯酸测得文冠果果皮皂苷含量为 1.973%。采用泡沫分离法提取文冠果果皮皂苷, 对主要影响因素进行正交试验, 获得泡沫分离的最佳工艺条件为料液初始浓度 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 气体流速 $2.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 温度 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, pH 值 5。此时富集比为 3.05, 回收率为 60.02%, 纯度为 63.35%。泡沫分离法的收率较高, 方法简便, 无需大量有机溶剂洗脱液和提取液, 成本低, 保护环境, 所提取的皂苷可应用于纯度要求不高的领域, 该法也可作为较高纯度皂苷的前期富集提取, 对于大力发展生物质能源, 文冠果综合利用、降低生物柴油的成本有重要意义。

关键词: 文冠果; 皂苷; 泡沫分离; 正交试验

中图分类号: TS 224

文献标志码: A

文章编号: 0528-9017(2010)04-0816-04

文冠果树的适应性强, 抗旱、耐瘠薄和耐寒能力强。在内蒙古、辽宁、河北、山西、陕西等省均有栽种, 是我国北方重要的木本油料树种。文冠果种子含油率高达 35% ~ 40%^[1], 文冠果籽油是优质的食用油, 也可作为生物柴油的原料。生物柴油作为清洁可再生能源, 对经济可持续发展, 推进能源替代, 减轻环境压力, 减少碳排放, 应对气候变暖有着重要的战略意义。文冠果果实的综合利用是降低生物柴油生产成本的重要途径之一。文冠果包括果皮和种子, 两者比例为 1:1。年产 10 万 t 生物柴油, 需要文冠果种子 30 万 t, 同时产生 30 万 t 果皮, 而目前文冠果果皮主要用作活性炭原料, 没有得到有效地利用。文冠果果皮含有 1.5% ~ 2.4% 的皂苷。研究表明, 文冠果果皮皂苷具有良好的抗肿瘤活性、显著改善多种记忆障碍、抗缺氧、抗氧化、抗疲劳等功效^[2]。文冠果果皮皂苷的开发所产生的附加价值可以有效地降低生物柴油的生产成本。在生产生物柴油的过程中要处理大量的果皮, 就须寻求简捷易行、高效率、环境友好的皂苷分离方法。

目前, 皂苷的分离方法主要有萃取法和大孔树脂吸附分离法。乙醇-正丁醇萃取分离工艺已经应用于无患子皂苷的提取分离中^[3], 但所需溶剂量大, 纯度低。采用大孔树脂分离法纯度较高, 但周

期长, 溶剂耗量大, 树脂成本高^[4]。

泡沫分离是一种成本低、工艺简捷、环境友好、适于大规模工业化生产的分离方法。皂苷是一种天然表面活性剂, 无需另加表面活性剂^[5]。泡沫分离法已广泛用于人参皂苷、无患子皂苷、甘草等的分离, 并考察了气速、pH 值、初始浓度、料液温度等对泡沫分离的影响^[6-8], 而文冠果果皮皂苷泡沫分离纯化的研究尚未见报道。我们应用泡沫分离法对文冠果果皮皂苷进行分离纯化, 并对其工艺条件优化及影响因子作了探讨。

1 材料与方 法

1.1 材 料

文冠果果皮: 采于内蒙古赤峰, $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干, 粉碎机粉碎。所用试剂均为分析纯。

1.2 仪 器 与 设 备

仪器: SHB 循环水多用真空泵, 郑州长城科工贸有限公司; 721 紫外可见分光光度计, 上海光谱仪器有限公司; DF204 电热鼓风干燥箱, 北京西城区医疗器械二厂; 高速万能粉碎机, 天津市泰斯特仪器有限公司; FA10004A 电子天平, 精天精密仪器厂; 旋转蒸发仪; $6 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ 树脂柱; 气体流量计; 气泵。

1.3 实 验 方 法

收稿日期: 2010-05-13

基金项目: 国家林业局造林司能源办资助 (2007)

作者简介: 吴伟杰 (1985 -), 男, 河北迁西人, 硕士研究生。研究方向为农产品加工与贮藏工程。E-mail: wjwjuweijie@163.com。

注: 李博生系通信作者。

1.3.1 文冠果果皮的总皂苷含量测定

称取干燥恒重的人参皂苷 Re 4.35 mg, 用无水甲醇定容至 10 mL (对照品)。吸取对照品溶液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mL, 分别加入 10 mL 试管中, 水浴挥尽溶剂, 加新配制的 5% 香草醛冰醋酸溶液 0.2 mL 和高氯酸 0.8 mL, 70 °C 水浴加热 15 min, 加冰醋酸 5.0 mL, 摇匀, 静置 15 min, 立即用分光光度计于 546 nm 波长处测定吸光度^[9], 绘制标准曲线。

称取干燥恒重的文冠果果皮粉末 200 g, 置于 2 000 mL 圆底烧瓶中, 加入 70% 乙醇 1 400 mL, 70 °C 冷凝回流 5 h。滤去残渣, 回收乙醇至 20%, 室温静置过夜, 过滤除去胶质, 继续回收乙醇得浸膏 8.365 g。浸膏用 8 倍水量溶解, 3 500 r·min⁻¹ 离心 15 min, 上清液用乙酸乙酯 (1:1, V:V) 萃取 3 次, 除去杂质, 水层继续用水饱和正丁醇 (1:1, V:V) 萃取 3 次, 合并正丁醇相, 浓缩得浸膏^[10]。浸膏用 60 mL 水溶解, 经滤膜过滤, 吸取 0.5 mL 加入 100 mL 容量瓶中用甲醇定容至刻度, 制备成待测液。吸取 0.5 mL 待测液于试管中, 水浴蒸干溶剂, 采用皂苷测定方法, 计算出文冠果果皮总皂苷的含量。

1.3.2 泡沫分离法纯化文冠果果皮皂苷单因素实验

分别以初始浓度、气体流速、温度、pH 为单因素进行单因素实验, 考察各单因素对泡沫分离法纯化文冠果果皮皂苷效果的影响, 重复 3 次。

1.3.3 优化泡沫分离法纯化文冠果果皮皂苷的工艺条件正交试验

通过单因素水平实验^[11], 筛选确定正交试验各因素 1~3 水平 A 初始浓度 1, 2, 3 mg·mL⁻¹, B 气体流速 1.5, 2.0, 2.5 L·min⁻¹, C 温度 20, 35, 50 °C, D pH 值 3, 5, 7。

2 结果与分析

2.1 文冠果果皮的总皂苷含量

以人参皂苷为标准样, 按皂苷的测定方法, y 表示吸光度, x 表示皂苷的含量, 得回归方程为: $y = 2.9632x - 0.0103$ 。两者的相关系数 $R^2 = 0.9993$ 。可见, 皂苷含量与溶液吸光度呈密切相关。据此测得文冠果果皮的总皂苷含量为 1.973%。该检测方法完全可用于研究泡沫分离工艺检测皂苷的含量变化。

2.2 初始浓度对皂苷富集效果的影响

在温度 20 °C, 气体流速 2.5 L·min⁻¹, pH 值 5 的条件下, 考察初始浓度对皂苷富集效果的影响, 结果 (图 1) 显示, 在初始浓度为 1~2 mg·mL⁻¹ 时, 随着初始浓度的增加, 富集比升高 2.02%, 纯度升高 3.73%; 初始浓度在 2~5 mg·mL⁻¹ 时, 随着浓度的增加, 回收率升高 14.65%, 而富集比和纯度分别下降 29.7% 和 10.15%。

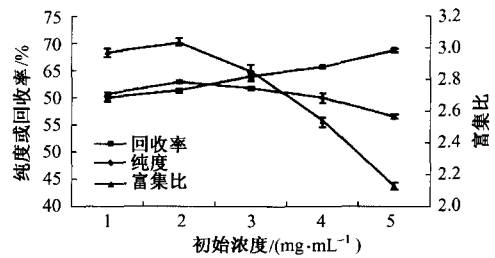


图1 初始浓度对皂苷富集比、回收率和纯度的影响

究其原因, 可能初始浓度 1~2 mg·mL⁻¹ 时, 随着浓度的增加, 泡沫稳定性增强, 夹带的皂苷量增多, 因而提高了富集比; 而初始浓度在 2~5 mg·mL⁻¹ 时, 随着浓度增高, 形成大量细密稳定的泡沫, 皂苷量和夹带的液体量增多, 夹带液的增率高于皂苷的增率, 富集比下降。初始浓度在 1~2 mg·mL⁻¹ 时, 泡沫夹带的皂苷量增多, 因此纯度升高; 在 2~5 mg·mL⁻¹ 时, 夹带的皂苷量和非皂苷类固形物也随之增多, 非皂苷类固形物的增率大于皂苷的增率, 纯度开始降低。随着浓度的增加, 泡沫的稳定性增强, 夹带的皂苷量增多, 回收率逐渐增大。到达 5 mg·mL⁻¹ 时, 回收率虽然升高, 但此时富集比和纯度下降。由此综合考虑, 初始浓度以 2 mg·mL⁻¹ 左右为宜。

2.3 pH 对皂苷富集效果的影响

在初始浓度为 2 mg·mL⁻¹, 温度 20 °C, 气体流速 2.5 L·min⁻¹ 下, 考察初始浓度对富集效果的影响, 结果 (图 2) 表明, pH 值在 3~5 时, 富集比、回收率和纯度升高; pH 在 5~11 时, 富集比和纯度降低。pH 在 3~7 时, 随着 pH 的升高, 回收率升高; pH 在 7~11 时, 回收率降低。

分析其原因, pH 值在 3~5 时, 泡沫稳定性增加, 泡沫夹带的皂苷量增多, 因而提高了富集比; 而当 pH 值在 5~7 时, 形成大量细密稳定的泡沫, 皂苷量及夹带的液体量增多, 前者增率小于后者, 富集比下降; 当 pH 值在 7~11 时, 泡沫稳定性降低, 皂苷量及夹带的液体量均降低, 前者降低率大

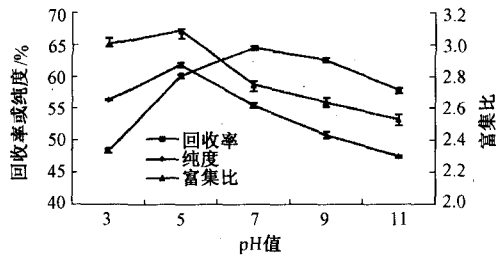


图2 pH值对皂苷富集比、回收率和纯度的影响

于后者,富集比继续下降。pH值在3~5时,泡沫夹带的皂苷量增多,纯度升高;pH值在5~7时,皂苷量及夹带的非皂苷类固形物增多,前者增率小于后者增率,纯度降低;pH在值7~11时,皂苷量及非皂苷类固形物降低,前者降低率大于后者,纯度持续降低。pH值在3~7时,夹带的皂苷量增多,回收率逐渐增大;pH值在7~11时,泡沫夹带的皂苷量降低,回收率降低。pH值在5~7时,回收率升高,但富集比和纯度下降。综合考虑,pH值以5左右为宜。

2.4 温度对皂苷富集效果的影响

如图3所示,在初始浓度为 $2\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$,气体流速为 $2.5\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$,pH值5下, $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的富集比比 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时升高,回收率略有升高,纯度降低;从 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 增加到 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$,富集比降低了24.41%,纯度降低。 $20\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,回收率增加; $50\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,回收率降低。

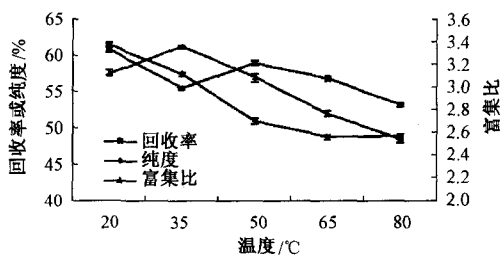


图3 温度对皂苷富集比、回收率和纯度的影响

分析其原因,温度在 $20\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,泡沫起泡性增强,泡沫夹带的皂苷量增多,因而提高了富集比; $35\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,泡沫粘度增高,皂苷量及夹带的液体量增多,前者增率小于后者,富集比下降;温度在 $50\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$,泡沫起泡性减弱,皂苷量及夹带的液体量减少,前者降低率大于后者,富集比持续降低; $20\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,泡沫中皂苷量及非皂苷类固形物增多,前者增率小于后者,纯度降低;温度在 $50\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,皂苷量及非皂苷类固形物降低,前者降低率大于后者,纯度持续降低;温度在 20

$\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,泡沫夹带的皂苷量增多,回收率增大;温度在 $50\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,夹带的皂苷量减少的,回收率降低;温度在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,比 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的回收率升高;pH值在 $5\sim 7$ 时,回收率升高,但富集比和纯度均下降。综合考虑,温度以 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右为宜。

2.5 气体流速对皂苷富集效果的影响

在初始浓度为 $2\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$,温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$,pH值5的条件下,气体流速从 $1\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 增至 $3\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$,富集比降低了29.02%(图4);从 $1\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 增到 $2\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,纯度达到最高点,气体流速继续增高到 $3\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,纯度从64.97%降到60.28%。

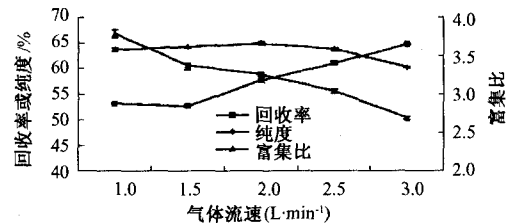


图4 气体流速对皂苷富集比、回收率和纯度的影响

分析其原因,当气体流速为 $1\sim 3\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,随着气体流速的升高,气泡在分离设备中停留时间短,皂苷量及夹带的液体量增多,前者增率小于后者,富集比降低; $1\sim 2\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,皂苷含量增多,纯度增大;在气体流速为 $2\sim 3\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,皂苷量及夹带的非皂苷类固形物增多,前者增率小于后者,纯度降低;气体流速为 $1\sim 3\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,皂苷量增多,回收率增大;在气体流速为 $3\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,回收率升高;pH值 $5\sim 7$ 时,回收率升高,但富集比和纯度均下降。综合考虑,气体流速以 $2\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 为宜。

2.6 正交试验结果

$L_9(3^4)$ 正交试验结果(表1)表明,回收率、富集比及纯度都是指标越大越好,尤以回收率和纯度对于文冠果果皮皂苷的提纯更为重要,因此根据实际的生产需要,回收率及纯度的权重各占40%,富集比占20%。其中,富集比 $= C_0/C$;回收率 $= (C_0 \times V_0)/(C \times V)$;纯度 $= (C_0 \times V_0)/m_0$; $y = (y_{1n}/y_{1max} \times 0.4 + y_{2n}/y_{2max} \times 0.2 + y_{3n}/y_{3max} \times 0.4) \times 100$ (C_0 和 C 分别指收集液和初始液中文冠果果皮总皂苷的浓度, V_0 和 V 分别指收集液和初始液的体积, m_0 为收集液烘干后所得产品的质量, y 为综合得分, y_1 为回收率, y_2 为富集

比, y_3 为纯度)。

根据表 1 的极差分析可知, 文冠果果皮总皂苷

泡沫分离效果影响因素的主次为: 初始浓度 > 气体流速 > pH > 温度。

表 1 泡沫分离条件的筛选结果

实验号	实验条件				综合评价(y)			
	A	B	C	D	回收率/%	富集比	纯度/%	综合得分
1	1	1	1	1	30.78	3.27	41.20	61.72
2	1	2	2	2	33.65	1.99	65.56	70.99
3	1	3	3	3	42.22	2.12	45.38	65.68
4	2	1	2	3	34.23	1.30	68.95	64.19
5	2	2	3	1	42.16	3.78	57.25	81.31
6	2	3	1	2	60.02	3.05	63.35	90.65
7	3	1	3	2	32.98	2.55	66.02	73.77
8	3	2	1	3	41.39	1.76	58.67	70.93
9	3	3	2	1	55.65	1.93	56.56	80.11
K_1	66.13	66.56	74.43	74.38				
K_2	78.72	74.41	71.76	78.47				
K_3	74.94	78.81	73.59	66.93				
R	12.59	12.25	2.67	11.54				

根据方差结果, 初始浓度和气体流速因素均为显著因素; pH 和温度对分离的影响不显著。这主要是因为料液的浓度决定了溶液中表面活性物质的浓度, 从而影响了溶液的起泡能力及泡沫的稳定性。气体流速决定泡沫的产生速度以及泡沫的大小, 从而影响文冠果果皮总皂苷的富集和纯化。而温度和 pH 对溶液的起泡性及泡沫的稳定性影响不大。

由表 1 可以看出, 正交实验得出文冠果果皮总皂苷泡沫分离的最佳工艺条件为 $A_2B_3C_1D_2$, 即料液初始浓度 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 气体流速 $2.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 温度 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, pH 值 5。此时的富集比为 3.05, 回收率为 60.02%, 纯度为 63.35%。

3 小结与讨论

本实验测得文冠果果皮总皂苷含量为 1.973%。不同产地的文冠果果皮皂苷含量变动在 1.887 0% ~ 2.007 8%^[12]。本实验得出文冠果皂苷泡沫分离的最佳工艺条件为: 料液初始浓度 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 气体流速 $2.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 温度 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, pH 值 5。相对于人参、三七等皂苷泡沫分离时使用的流速来说, 文冠果果皮的气体流速较低, 这样可以更大限度地减少能耗, 降低成本。泡沫分离可在室温条件下进行, 避免了加热所需的能量消耗。经测定, 文冠果果皮皂苷的水溶液 pH 值在 5 左右, 所以进行泡沫分离时无需调节 pH 值。此时的富集比为 3.05, 文冠果皂苷的回收率为 60.02%, 纯度为 63.35%。泡沫分离法可以达到

较高的富集比, 纯度和回收率, 本实验使用的是实验室自制的起泡装置。人参、三七等皂苷泡沫分离装置已经相应成熟, 可以进行工业化生产, 并且可以更好地控制各参数的变化, 如果应用到文冠果果皮皂苷的纯化, 可进一步提高皂苷的纯度和回收率。

可见, 泡沫分离法作为初步分离文冠果皂苷的方法是可行的。皂苷应用范围越来越广泛, 如医药、食品添加、表面活性剂等, 对皂苷纯度的要求差别较大, 故通过气泡提取得到的皂苷也可能直接应用到食品添加或表面活性剂, 而医药要求较高的纯度, 气泡提取可作为有效的皂苷初提, 对于生物柴油生产, 既可节约提取成本、减少前期投入, 又避免了环境污染, 这对促进生物能源树种文冠果迅速发展有重要现实意义。

参考文献:

- [1] 王中山, 王玉欣. 文冠果 [J]. 特种经济动植物, 2002 (11): 29.
- [2] 黄玉广, 乔容群, 赵军. 文冠果营养及综合加工 [J]. 食品研究与开发, 2004, 25 (3): 73-75.
- [3] 饶厚曾, 郭隆华. 无患子皂苷提取工艺研究 [J]. 江西科学, 2002, 20 (1): 55-58.
- [4] 魏凤玉, 余锦城. 天然无患子皂苷的提取分离 [J]. 安徽化工, 2007, 33 (3): 15-17.
- [5] 韩丽, 苏艳桃, 杨明. 泡沫分离技术在皂苷分离中应用的探讨 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2004, 6 (6): 60-62.

鲜甘薯挂面制作的关键技术及配套工艺

王利群¹, 沈锡恩¹, 周丹丹¹, 俞金荣¹, 陈于祥²

(1. 浙江省杭州市爱可多食品有限公司 食品研发中心, 浙江 杭州 310014; 2. 杭州市农业科技信息服务中心, 浙江 杭州 310003)

摘要: 在单因素试验基础上, 综合各种有利因素并引进原制面工艺所不具有的打擦、醒发工艺, 对鲜甘薯挂面制作的关键技术及配套工艺进行试验, 研制出高品质、保持鲜甘薯原色、原味的挂面。

关键词: 鲜甘薯; 挂面; 打擦; 醒发工艺

中图分类号: TS 215

文献标志码: B

文章编号: 0528-9017(2010)04-0820-03

甘薯是一种富含多种营养成分的粗粮, 还富含粘液蛋白质, 可阻止动脉粥样硬化, 提高机体免疫力, 因而具有显著的抗突变作用和较明显的降血脂作用。1996年日本国立病症预防研究所选出20种对癌症有显著抑制效应的蔬菜, 其中, 第1位为熟甘薯, 第2位为生甘薯, 第3位为芦笋; 此外, 甘薯还是一种生理碱性食品, 可调节人体酸碱平衡^[1]。甘薯是一种较为理想的保健食品, 这已是常识。

甘薯富含营养成分, 有些营养成分是其它主粮作物中所缺乏的, 因此, 若把甘薯与米、面粉等复合制成日用主食, 可有效提高人们日常摄入的营养水平。目前已有制成甘薯全粉挂面, 或甘薯淀粉挂面的报道^[2], 但这样制成的挂面会使鲜甘薯营养成分流失, 降低其原有营养价值。

魔芋不但被中医用作糖尿病和高血脂的康复类食疗用品, 而且魔芋具有较好的爽滑膨润效果, 被广泛用于果冻、点心等食品以及挂面加工中^[3], 但根据制作鲜甘薯挂面的特点, 需选择一定规格的魔芋精粉作为辅料, 还须选用特定的配套工艺才能

取得良好的效果。若把这2种物质都复合到挂面中, 其中鲜甘薯为主料, 魔芋精粉作辅料, 就可制成营养丰富, 又有保健作用的新一代挂面。鲜甘薯中富含多酚化合物, 在加工过程中极易发生酶促褐变, 严重时还会产生烂腥气^[4]; 因此, 鲜甘薯挂面制作难度较大, 且产品的外观和口感都较差, 消费者难以接受。此外, 加入鲜甘薯制面, 降低了湿面筋总量, 若无特殊的配套工艺技术, 必然造成断面率提高, 工厂的生产成本增加。我们针对上述问题, 进行研究其中的关键技术及配套工艺, 最终制成了色泽鲜艳自然, 断面率低, 面体光滑, 有韧性, 有咬劲, 不浑汤, 新一代的保健型挂面。现将鲜甘薯挂面制作的关键技术及配套工艺探讨如下。

1 材料和器材

材料: 高筋粉(湿面筋含量 $\geq 32\%$); 鲜甘薯选用当地普遍种植的高产品种黄心薯、红心薯和紫心薯; 无碘盐; 魔芋精粉(≥ 200 目); 黄原胶, 卡拉胶, 海藻酸钠。

制面机: 双动双速拌面机; 捣碎机; 辐射式烘

收稿日期: 2010-05-16

基金项目: 爱可多食品有限公司项目(2009C22020)

作者简介: 王利群(1968-), 女, 浙江衢州人, 高级工程师, 大学, 从事食品加工工作。E-mail: zhoudandan1986@126.com。

- [6] 修志龙, 张代佳, 贾凌云, 等. 泡沫分离法分离人参皂苷[J]. 过程工程学报, 2001, 7(3): 289-292.
- [7] 魏玉凤, 张静, 解辉. 泡沫分离纯化无患子皂苷[J]. 中成药, 2009(7): 1021-1024.
- [8] 苏艳桃, 韩丽, 张艳艳, 等. 甘草皂苷分级泡沫分离工艺研究[J]. 中成药, 2006(11): 1571-1573.
- [9] 李光勋, 王力华, 陈玮. 分光光度法测定文冠果果皮总皂苷含量研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(8): 3071-3072.
- [10] 李光勋, 王力华, 陈玮. 正交试验优选文冠果果皮中文冠果皂苷提取工艺[J]. 食品科学, 2009, 30(2): 58-60.
- [11] 兰洁, 李锐, 韩丽, 等. 泡沫分离法分离重楼皂苷的工艺研究[J]. 中草药, 2008(1): 44-48.
- [12] 郭影, 王世成, 窦德强. 不同产地文冠果果壳中总皂苷含量测定[J]. 辽宁中医药大学学报, 2009(5): 165-166.

(责任编辑: 王家玉)