

香蕉皮多糖提取工艺优选及其在护手霜中的应用研究



凌旭*, 胡怡帆, 曾梅

湖北医药学院药学院, 湖北十堰 442000

摘要: 人们食用香蕉以及食品加工厂制作香蕉制品时, 产生的大量香蕉皮通常被当作垃圾丢弃, 其腐烂后产生环境污染并造成大量资源浪费。鉴于此, 从香蕉皮中提取分离香蕉皮多糖加以回收利用, 可产生巨大的经济效益和环保效益。本研究采用水提醇沉法提取香蕉皮多糖, 去除蛋白质杂质后, 以苯酚硫酸显色法测定多糖含量。利用正交设计法对提取工艺进行优化, 优化后的工艺条件为提取温度 90 ℃, 提取次数 2 次, 提取时间 1.5h, 料液比 1:20, 在此条件下, 对比不同新鲜程度的香蕉皮多糖含量差异, 发现全黄的香蕉皮多糖含量最高。用上述条件所提取的产物, 按照设计的处方, 制得的水包油型香蕉皮多糖护手霜具有良好的保湿效果。本课题的研究将为香蕉皮的综合开发利用提供方法指导。

关键词: 香蕉皮多糖; 水提醇沉法; 苯酚硫酸显色法; 正交设计; 护手霜制备

DOI: [10.57237/j.life.2023.04.001](https://doi.org/10.57237/j.life.2023.04.001)

Optimization of Water Extraction and Alcohol Precipitation Method of Polysaccharide from Banana Peel and Study About Its Application in Hand Cream

Xu Ling*, Yi-fan Hu, Mei Zeng

College of Pharmacy, Hubei University of Medicine, Shiyan 442000, China

Abstract: When people eat bananas and when food processors make banana products, a large number of banana peels are usually discarded as garbage, which cause environmental pollution and waste of resources when they decay. In view of this, the extraction and isolation of banana peel polysaccharides from banana peels for recycling can produce great economic and environmental benefits. Polysaccharides from banana peel were extracted by water extraction and alcohol precipitation method in this research, and the content of polysaccharides was determined by phenol sulfuric acid colorimetry after protein removal. Orthogonal design method was used to optimize the extraction process. The optimized conditions were as follows: extraction temperature 90 ℃, extraction times 2 times, extraction time 1.5h, solid-liquid ratio 1:20. Under these conditions, by comparing the differences of polysaccharides extracted from banana peels with different degrees of freshness, it was found that the fully yellow banana peels had the highest polysaccharide content, and the products extracted from banana peels were prepared according to the designed prescription.

基金项目: 大学生创新创业训练项目 (202110929019X); 湖北医药学院博士科研启动金项目 (2018QDJZR16).

*通信作者: 凌旭, xuling@hbmh.edu.cn

收稿日期: 2023-08-29; 接受日期: 2023-10-07; 在线出版日期: 2023-10-09

<http://www.lifescitech.org>

Keywords: Banana Peel Polysaccharide; Water Extraction Alcohol Precipitation Method; Phenol Sulfuric Acid Color; Orthogonal Design; Preparation of Hand Cream

1 引言

香蕉 (*Musa nana* Lour.) 为芭蕉科芭蕉属多年生草本植物的成熟果实。香蕉果肉香甜软滑, 是人们喜爱的水果之一。传统中医认为香蕉味甘、性寒, 具有清热解毒、利尿、消肿、通便、降压等功效。《日用本草》中记载了香蕉具有治疗热病烦渴、肺燥咳嗽、便秘、痔疮的药用价值。但除了香蕉的果肉外, 大部分人对香蕉皮的营养价值、化学成分和功用知晓甚微。

香蕉皮占总重的 30% 左右, 据粗略统计全世界每年制造的香蕉皮垃圾多达四百万吨。被白白丢进垃圾桶的香蕉皮除了会腐烂导致环境卫生问题, 还会造成巨大的资源浪费。现代研究也表明, 香蕉皮中蕴藏着蛋白质、脂肪、多糖、多酚、黄酮以及微量元素等多种活性成分, 具有抑制细菌和真菌滋生、滋润皮肤、治疗口腔炎、改善痔疮及便秘、改善睡眠、释放压力等功效[1], 是亟待开发利用的资源宝库。因此, 香蕉皮的综合开发利用有着十分可观的潜在价值。采用合理的研究方法提取香蕉皮中的活性成分制备成适当的

产品, 可解决其带来的环境污染问题并实现变废为宝。

调研文献我们发现, 香蕉皮多糖具有良好的保湿作用[2], 而保湿功效是很多化妆品所必须的功能。因此从香蕉皮中提取多糖并制备保湿产品具有可靠的理论支撑和广阔的应用前景。

本研究中, 我们拟采用水提醇沉法对香蕉皮中的多糖成分进行提取[3-5], 采用正交设计法[6-9]优化提取工艺, 去除蛋白质后通过苯酚硫酸显色法[10]测定香蕉皮多糖的含量得出多糖所得率并确定最优提取条件。同时, 研究了不同新鲜程度的香蕉皮多糖含量差异, 从而为下一步大量提取香蕉皮多糖时选用合适的原料提供依据。最后, 将提取物制成 O/W 型护手霜, 并添加采用水蒸气蒸馏法提取的槐花精油, 作为天然香精, 使产品芬芳馥郁。整个实验示意图如图 1 所示。本研所得护手霜在发挥其强大的保湿、抗氧化作用的同时, 可解决数百吨香蕉皮垃圾的处理问题, 实现废弃资源的高效再利用并挖掘其蕴含的巨大经济价值。

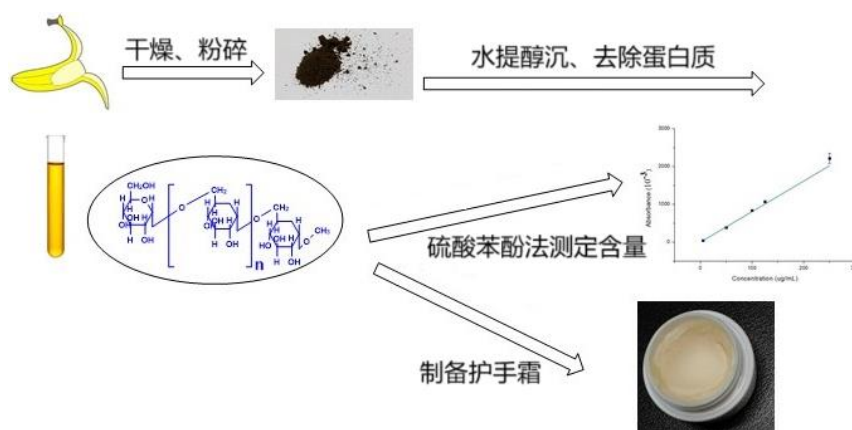


图 1 实验示意图

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

2.1.1 材料

香蕉: 市售, 剥取香蕉皮用于提取多糖。葡萄糖,

浓硫酸, 苯酚, 无水乙醇, 氯仿, 正丁醇, 甘油, 白凡士林, 辛酸/癸酸甘油三酯 (简称 GTCC), 溴化钾, 白油, 羊毛脂, 单硬脂酸甘油酯, 十六醇, 卡波姆 U20, 三乙醇胺, 尼泊金甲酯均购自国药试剂。槐花, 采集自湖北医药学院校园, 经湖北医药学院蒙静雯博士鉴定为豆科槐属的落叶乔木槐的未开放花蕾。去离子水由武当特色中药研究湖北省重点实验室提供。活

性炭 ($\phi 4.0\text{mm}$ 比表面积 $850\text{--}1150\text{ (m}^2/\text{g)}$) 由上海阿拉丁生化科技股份有限公司提供。微孔有机滤膜 ($0.45\text{ }\mu\text{m}$) 由天津市津腾实验设备有限公司提供。

2.1.2 仪器

紫外分光光度计: TU-1901 型, 北京普析通用仪器有限责任公司。水浴锅: DF-101S 型, 武汉科尔仪器设备有限公司。旋转蒸发器: RE-52AA 型, 郑州市亚荣仪器有限公司。电子天平 (0.01mg): SQP 型, 赛多利斯科学仪器 (北京)。真空冷冻干燥机: Labconco Free Zone 6L 型, 美国 Labconco 公司。离心机: Eppendorf Centrifuge 5810R 型, 上海土森视觉科技有限公司。傅立叶红外光谱仪: Nicoletis5 型, 美国赛默飞公司。水银温度计 ($0\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$): 天津市津武仪器仪表有限公司。摇摆式高速磨粉机: DFY-1000D 型, 温岭市林大机械有限公司 (台州)。电热恒温鼓风干燥箱: 101-3AB 型, 天津市泰斯特仪器有限公司。其他玻璃仪器 (蜀牛) 如烧杯、烧瓶、容量瓶、玻璃棒、回流提取装置、挥发油提取装置若干。

2.2 葡萄糖标准曲线的建立

精密称取干燥至恒重的葡萄糖标准品 25mg 于 100ml 容量瓶中, 用蒸馏水定容至刻度线后摇匀, 得 0.25mg/ml 的葡萄糖标准溶液。精密移取 0.25mg/ml 葡萄糖标准溶液 $0, 1, 2, 2.5, 5, 10\text{ml}$ 于试管中, 分别加蒸馏水补至 10ml , 再加入 5% 苯酚溶液 1ml 摇匀, 后快速各加入浓硫酸 5ml , 另取一试管加入 2ml 蒸馏水, 同上处理条件作为空白溶液。混匀后放置 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 箱中加热 20 min 取出, 冷却 10min 后混匀, 用紫外分光光度计分别测其在 490nm 处的吸光度, 以葡萄糖浓度为横坐标 X , 吸光度为纵坐标 Y , 得线性回归方程 $Y = 8.9346X - 0.0363$, $R^2 = 0.9987$, 结果表明, 葡萄糖在 $0.005\text{--}0.25\text{mg/ml}$ 浓度范围内与吸光度的线性关系良好。

2.3 香蕉皮多糖的提取及表征

本研究采用水提醇沉法提取香蕉皮多糖。具体操作过程为: 取适量新鲜洁净、无腐烂、无霉斑的香蕉皮, 剪碎, 用真空冷冻干燥机在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下干燥 4h , 烘干后粉碎, 得香蕉皮粉末; 准确称取 2g 粉末置于烧瓶中, 按照四因素三水平正交设计法表格 (表 1) 的提取条件进行水提; 回流结束后抽滤, 合并滤液; 用旋转蒸发器浓缩滤液至原来的四分之一; 取浓缩液

5ml 置烧杯中, 加 20ml 无水乙醇, 搅拌, 静置过夜; 用离心机在 3500r/min 的转速下离心 5min ; 去上清液, 沉淀用 80ml 蒸馏水复溶; 取复溶溶液 20ml 于分液漏斗中, 按提取液与新鲜配制的 Sevag 试剂 [氯仿: 正丁醇 = $5:1\text{ (V/V)}$] $5:1$ 的比例混合, 摇匀, 静置, 分离, 至没有乳白色变性蛋白质析出为止; 收集上清液, 加入活性炭混合摇匀, 于 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 恒温 30min 后过滤。滤液按 2.3 含量测定方法测定最大吸收波长下的吸光度, 绘制标准曲线并计算出香蕉皮多糖的得率。

另取滤液 20ml 置烧杯中在 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴下用氮气吹干, 之后转移至烘箱中 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 干燥至恒重, 得香蕉皮多糖固体。称取 1mg 样品, 加入 100mg 预先干燥至恒重的溴化钾固体于研钵中研磨混合均匀、压片, 采用傅里叶变换红外光谱仪在 $4000\text{--}400\text{cm}^{-1}$ 的范围内进行扫描测量, 扫描次数为 32 次, 光谱分辨率为 4cm^{-1} 。

表 1 正交试验设计因素和水平

水平	因素			
	提取时间/h X_1	提取次数 X_2	液料比 X_3	温度/ $^\circ\text{C}$ X_4
1	0.5	2	15	70
2	1	3	20	80
3	1.5	4	25	90

2.4 香蕉皮多糖的含量测定

本研究采用苯酚-硫酸显色法测定香蕉皮多糖的含量。苯酚硫酸显色法的原理是依据多糖类在浓硫酸作用下先水解成单糖分子, 并迅速脱水生成糖醛衍生物, 糖醛衍生物与酚性物质综合生成有色化合物。且该衍生物在波长 490nm 处和一定浓度范围内, 吸光度值与多糖浓度呈线性关系, 因此可用比色法测定其含量。具体实验步骤为: 分别精密量取 2.1 提取的九组香蕉皮多糖提取液 2ml , 加入 1ml 的 5% 苯酚溶液, 再快速加入 5ml 浓硫酸, 再另取一试管加入 2ml 蒸馏水, 同上处理条件作为空白溶液。混匀后放置 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 箱中加热 20 min 取出, 冷却 10min 后混匀, 用紫外分光光度计测其在 490nm 处的吸光度, 从而得出多糖含量并计算多糖所得率。

2.5 不同新鲜程度的香蕉皮测定多糖含量

选取外皮青黄, 金黄, 带黑色斑点的三种不同成熟程度的香蕉, 剥取皮[11], 依据 1.3 方法分别提取香蕉皮多糖, 据 1.4 方法对其含量进行测定, 计算多糖所得率, 比较三者香蕉皮多糖含量差异。

2.6 槐花精油的提取

将新鲜、干净的槐花 60℃ 进行干燥、粉碎，过四号筛。用分析天平准确称量 30g 槐花粉末，移至圆底烧瓶中，用量筒准确量取一定量体积的蒸馏水并加入圆底烧瓶中，依次安装好蒸馏装置，控制温度加热，让温度缓缓上升到 100 摄氏度，提取一定时间，将提取液用锥形瓶收集，看到提取液明显分层，用分液漏斗分液，下层液（水相）从下面倒出，上层液（精油相）从上面倒出至试管，即为提取的槐花精油。

2.7 香蕉皮多糖护手霜的制备

本研究制备的为 O/W 型护手霜，采用表 1 原料及用量进行制剂[12-17]。具体制备方法为：分别称取处分量的白凡士林，羊毛脂，白油，GTCC，单硬脂酸

甘油酯，十六醇于烧杯中，在 70℃ 下恒温搅拌至完全分散即为油相，再分别称取甘油，三乙醇胺，卡波姆 U20，防腐剂，香蕉皮提取物于烧杯中并加入适量水在 70℃ 下恒温搅拌至完全溶解即为水相。将水相迅速倒入油相中，剧烈搅拌形成乳浊液后缓慢冷却至 40℃，加入用水蒸气蒸馏法提取出的槐花精油，并搅拌冷却至室温，陈化三天，即得（产品照片见图 2）。

在制备护手霜时，我们遵循安全、有效、经济、健康的原则，在配方中选取白凡士林，白油，GTCC 为油相，少量羊毛脂与白凡士林合用来改善其吸水性与渗透性，发挥其润滑的作用，能够有效滋润皮肤，单硬脂酸甘油酯及十六醇作为乳化剂，具有稳定与增稠作用；选取甘油作为保湿剂，卡波姆 U20 为亲水性稠化剂，调节产品的稠度，水相中的三乙醇胺作为乳化剂，发挥乳化效果。

表 2 香蕉皮多糖护手霜配方

组分 1	组分 2	组分 3
白凡士林 1.2% 羊毛脂 0.5% 白油 4.5%-5% GTCC 5% 十六醇 1%-1.2%单硬脂酸甘油酯 1.8%-2%	甘油 14%-15% 卡波姆 U20 0.3%-0.4% 三乙醇胺 0.3%-0.4% 蒸馏水 63.9%-72.3%	香蕉皮提取物 5% 尼泊金甲酯 0.2% 槐花精油 0.2%



图 2 香蕉皮多糖护手霜照片

2.8 所得护手霜的测评

选取 20 名志愿者，通过问卷调查对护手霜的气味、滋润性、细腻度、舒适感等感观性能进行评价，采用 25 分制进行评分[18]，同时与未添加香蕉皮多糖的甘油在不做标注的情况下进行对比研究，所得结果见表 6。

3 结果与分析

3.1 正交设计法实验结果及分析

根据 4 因素 3 水平正交实验分析结果，以“测定值与平均值相对偏差”为指标进行数据分析，获最佳实验条件组合，结果见表 3。

根据表 3 中对于水浴温度，提取时间，提取温度，提取次数这 4 个因素中的极差值 R 可知，对于多糖得率的影响大小，水浴温度>提取次数>料液比>提取时间。对此次正交试验结果进行直观分析，得到优化组合为 A₁B₃C₂D₁，从表 3 可以看出，本实验的显著性因素为水浴温度，说明在试验过程中，该因素对试验起主导因素，实验中也可观察到含有众多太的溶液随着温度上升颜色逐渐加深的实验现象，这可能与香蕉皮多糖在热水中溶解度增加有关。由此可得，香蕉皮多糖提取优化试验的最佳工艺条件是：提取时间为 0.5h，提取温度为 90℃，料液比为 1:20，提取次数为 2 次。此条件下所得香蕉皮多糖得率最高。

表 3 香蕉皮多糖提取优化试验正交及结果

组别	时间/h	温度/℃	料液比	提取次数/次	吸光度/A	得率/%
1	0.5	70	1:15	2	1.234	12.81
2	0.5	80	1:20	3	0.607	6.48
3	0.5	90	1:25	4	1.229	12.72
4	1.0	70	1:20	4	1.110	11.52
5	1.0	80	1:25	2	0.717	7.56
6	1.0	90	1:15	3	1.037	10.8
7	1.5	70	1:25	3	0.549	5.88
8	1.5	80	1:15	4	0.623	6.72
9	1.5	90	1:20	2	1.452	15.0
K1	1.02	1.13	0.96	0.96		
K2	0.95	0.73	1.06	0.65		
K3	0.87	0.99	0.83	1.24		
极差	0.15	0.40	0.23	0.59		
最优方案	0.5	90	1:20	2		

3.2 重复性及最佳提取工艺验证试验

表 4 最佳提取工艺下的多糖所得率 (%)

试验号	1	2	3	平均
多糖得率/%	25.92	26.28	27.63	26.61

采用提取时间为 0.5h，提取温度为 90℃，料液比为 1:20，提取次数为 2 次的条件进行验证试验。由表

4 可知，在最佳提取条 $A_1B_3C_2D_1$ 下，香蕉皮多糖平均提取率为 26.61%，三次平行试验结果数据较为稳定，因此可以说明该提取工艺可靠。

3.3 香蕉皮多糖表征结果

香蕉皮多糖的红外光谱图见图 3。

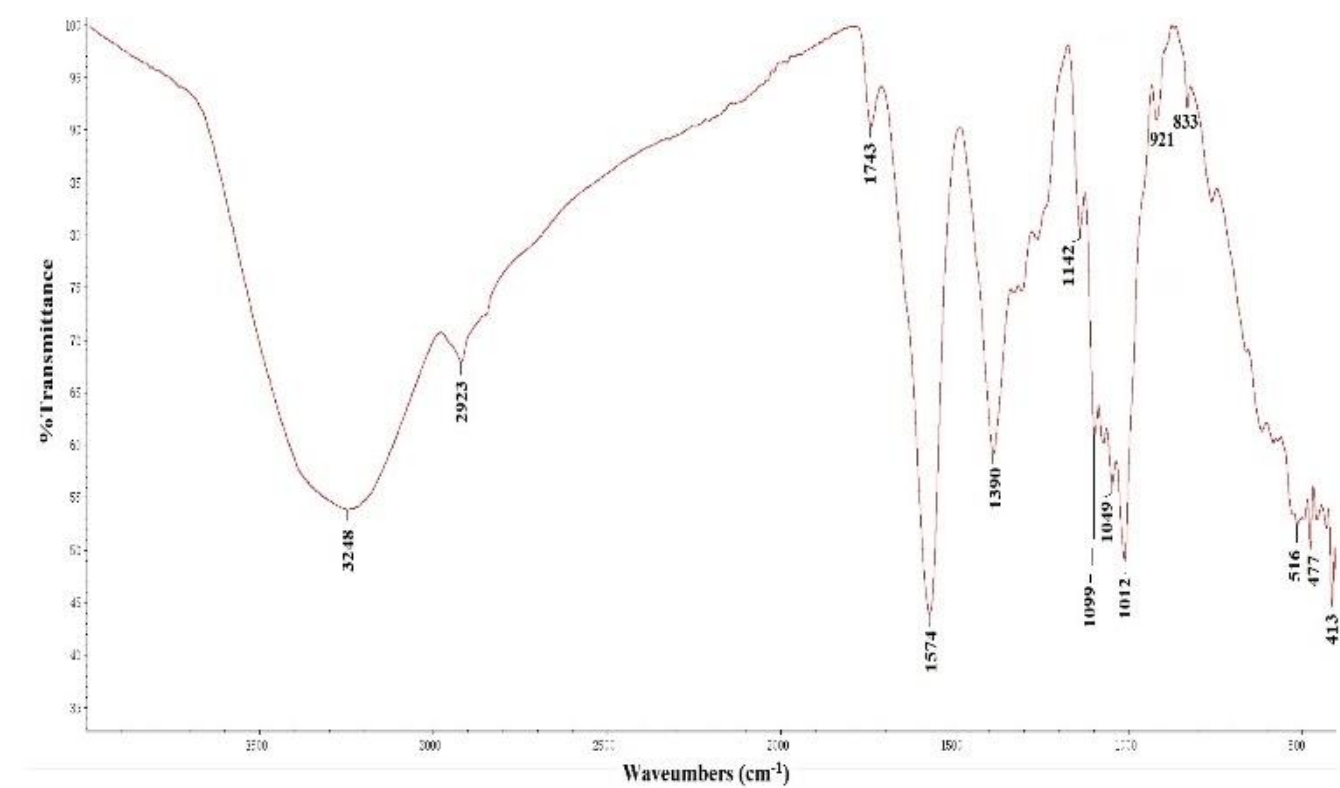


图 3 香蕉皮多糖红外光谱图

香蕉皮多糖的红外光谱吸收峰主要分布于 3600~3000 cm^{-1} 、1800~1000 cm^{-1} 和 500~400 cm^{-1} 三个区域。其中 3248 cm^{-1} 是是多糖的羟基吸收峰，2923 cm^{-1} 属于多糖亚甲基的碳氢伸缩振动峰。波数 1743 cm^{-1} 处的吸收峰来源于多糖中羰基的伸缩振动。1574 cm^{-1} 和 1390 cm^{-1} 处的吸收峰来源于羧基的伸缩振动。波数 1200~1000 cm^{-1} 范围的吸收峰来源于吡喃糖苷键。上述红外光谱表征结果与文献报道的基本一致[19, 20]。由此可知本实验建立的提取工艺所提取的产物确实为香蕉皮多糖。

3.4 不同新鲜程度香蕉皮的多糖提取结果

采用最佳提取工艺分别对皮青黄，全黄（完全成熟），带斑这三种不同新鲜程度的香蕉皮多糖含量进

行测定，结果见表 5。

表 5 不同新鲜程度香蕉皮的多糖得率（n=3）

新鲜程度	青黄	全黄	带斑
多糖得率	8.4%	19.65%	13.65%

由表 5 数据可知，全黄（完全成熟）的香蕉皮多糖含量最高，多糖所得率为 19.65%，其次为带斑香蕉皮，青黄的香蕉皮多糖含量最低。因此，大量制备香蕉皮多糖护手霜时，宜选用全黄的香蕉皮为原料。

3.5 香蕉皮多糖护手霜的测评

问卷调查结果显示：香蕉皮多糖护手霜的气味评价和舒适感明显优于甘油，显示出良好的市场前景。

表 6 志愿者问卷调查评分结果

测评对象	气味（25 分）	滋润性（25 分）	细腻度（25 分）	舒适感（25 分）	总分（100 分）
香蕉皮多糖护手霜	24.50	24.60	24.70	24.90	98.70
甘油	24.00	24.60	24.50	24.00	97.10

4 结论

本试验采用正交设计法对香蕉皮多糖的提取条件进行了优化，确定了最佳提取工艺为：提取时间 0.5h，提取温度 90 $^{\circ}\text{C}$ ，料液比 1:20，提取次数 2 次。通过实验验证，证明该提取条件可靠，多糖得率为 26.61%。其次，对不同新鲜程度的香蕉皮当中的多糖含量进行了对比，得出全黄皮的香蕉皮多糖含量最高，此种香蕉皮宜作为大量制备香蕉皮多糖护手霜的原料来源。采用水蒸气蒸馏法提取出了槐花精油，并创新性地作为香蕉皮护手霜中的香精添加物。根据前期对提取工艺的优化及香精的制备，提取适量香蕉皮多糖进行了香蕉皮护手霜的制备。本课题研究建立了香蕉皮多糖的高效、快速提取工艺，实现了香蕉皮的变废为宝，所得水包油型护手霜保湿性能良好，且肤感滋润不紧绷，具有良好的商业前景。

受限于时间和地域的影响，一些与本实验课题相关的实验项目，如不同地域所产香蕉皮中多糖的含量、多糖的结构单元、香蕉皮中其他活性成分如多酚、黑色素等的提取、香蕉皮多糖护手霜的功效测评、与市场上护手霜著名品牌的比较研究还有待于进一步实验探究。

参考文献

[1] 蔡健. 浅谈香蕉的保健作用 [J]. 食品与药品, 2005 (03): 65-67.

[2] 吕慧, 夏云兰, 韩萍等. 香蕉皮多糖的提取及其在护手霜中的应用 [J]. 食品与机械, 2015, 3 (04): 191-193.

[3] 贾冬英, 李尧, 姚开等. 香蕉皮中多酚的提取工艺条件研究 [J]. 四川大学学报 (工程科学版), 2005 (06): 55-58.

[4] 王立娟, 冯清伟. 香蕉皮多糖提取条件研究 [J]. 食品科学, 2006 (08): 159-161.

[5] 朱开梅, 顾生玖, 唐世锭等. 超声波法提取香蕉皮多糖的条件优化及其生物活性 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25): 15779-15803.

[6] 吴家玲, 龚晓莹, 陈晓嘉等. 黑木耳中粗多糖检测前处理条件的研究 [J]. 现代食品, 2021 (12): 217-220.

[7] 黄家银, 宋学伟, 韩泳平等. 正交设计法优化大花红景天多糖的提取工艺 [J]. 华西药学杂志, 2007 (06): 650-651.

[8] 黄家利, 张红梅, 徐秀泉. 正交设计法优化野菊花多糖的提取工艺 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(18): 30-32.

[9] 李知敏, 王伯初, 周菁等. 植物多糖提取液的几种脱蛋白方法的比较分析 [J]. 重庆大学学报 (自然科学版), 200 (08): 57-59.

- [10] 董群, 郑丽伊, 方积年. 改良的苯酚—硫酸法测定多糖和寡糖含量的研究 [J]. 中国药学杂志, 1996 (09): 38-41.
- [11] 尚丹, 许学勤, 吴伟杰. 不同状态香蕉皮的多酚物质提取效果实验研究 [J]. 食品科技, 2010, 35(07): 204-208.
- [12] 王亚梅, 杨臻瑞, 彭真兰等. 橘子皮提取物护手霜制作工艺的优化研究 [J]. 精细与专用化学品, 2019, 27(07): 33-39.
- [13] 向燕茹. 桃胶多糖的分离、质控方法及护手霜的研究 [D]. 南京中医药大学, 2020.
- [14] 陈启明, 陈金芳, 李娜. 鲟鱼软骨素保湿霜的制备及保湿性评价 [J]. 化学与生物工程, 200 (05): 67-69.
- [15] 李来丙, 龚必珍. 芦荟在护肤化妆品中的保湿性的研究 [J]. 浙江化工, 2003 (08): 27-28.
- [16] 马戎. 茶籽饼茶皂素在护手霜中应用的研究 [J]. 绵阳师范学院学报, 2016, 35(2): 47-50.
- [17] 高瑞英, 张秀宇, 慕丹等. 透明质酸等化妆品用生物活性多糖吸湿保湿性能测定 [J]. 广东化工, 2009, 36(10): 230-232.
- [18] 赵鑫, 杨克玉, 高宏旗. 山茶籽油等 3 种植物油的品质分析及肤感评价研究 [J]. 香料香精化妆品, 2018 (02): 59-62.
- [19] 刘小辰, 林海龙. 提取方法对香蕉皮粗多糖的组成、性质及结构的影响 [J]. 中国酿造, 2021, 40(07): 204-208.
- [20] 韦巧艳, 周睿, 周永升等. 球磨预处理结合超声提取香蕉皮多糖的工艺研究 [J]. 饲料研究, 2020, 43(11): 81-87.