

红心火龙果中红色素提取工艺及其应用的研究

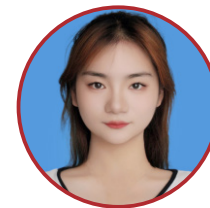
赵敏, 段浩, 李万雪, 郑浩英, 曾祥山, 沈养洁, 赵开楼*, 张黎君
(河南应用技术职业学院, 河南郑州, 450042)

摘 要: 在天然色素需求日益增长的背景下, 红心火龙果 (*Hylocereus polyrhizus*) 因其富含甜菜红素类化合物, 成为替代合成色素的理想来源。然而, 现有提取工艺存在效率低、稳定性差等问题。通过优化超声波辅助提取条件 (溶剂浓度、料液比、温度、时间), 确定最佳工艺为 40% 乙醇溶液、料液比 1:35、30℃、35 分钟, 提取效率较传统水浴法提升 42%。提取液应用于唇膏制备, 证实其着色均匀且稳定性良好。为火龙果红色素的产业化应用提供了技术支撑, 符合天然产品发展趋势。

关 键 词: 火龙果; 红色素; 超声提取; 唇膏

作者简介: 赵敏, 就读于河南应用技术职业学院, 化妆品经营与管理专业。

通讯作者简介: 赵开楼, 博士, 副教授, 主要从事生物质利用相关教科研工作。E-mail: free5660@163.com。



赵敏



赵开楼

在当今追求天然、健康消费趋势的背景下, 天然色素作为食品添加剂和化妆品原料的重要性日益凸显。红心火龙果, 以其鲜艳的红色果肉和丰富的营养成分, 成为了提取天然红色素的理想来源。红心火龙果中的红色素主要分为甜菜红素类化合物, 不仅具有良好的着色效果, 还具备一定的抗氧化和生物活性^[1-3], 这使得其在食品、化妆品及医药领域具有广泛的应用前景^[4-6]。然而, 红心火龙果红色素的提取工艺尚存在诸多挑战, 如提取效率不高、纯度不足以及工艺成本较高等问题^[7,8]。因此, 优化红色素的提取工艺, 提高提取效率和纯度, 降低生产成本, 成为当前研究的重点。此外, 随着消费者对食品安全和健康的关注度不断提高, 对天然色素的安全性和功能性也提出了更高的要求。因此, 红心火龙果中红色素的提取工艺及其应用研究不仅有助于解决当前天然色素产业面临的技术难题, 还能满足消费者对健康、安全产品的需求, 推动相关行业的可持续发展。

1. 实验部分

1.1 试剂与仪器

新鲜火龙果、橄榄油、白蜂蜡 (购于市场); 无水乙醇 (AR, 国药集团); 抗坏血酸钠 (AR, 国药集团); 盐酸

(AR, 国药集团); 氢氧化钠 (AR, 国药集团)。

超声波萃取仪 (上海比朗 BILON-T650CT)、紫外分光光度计 (北京普析通用 T6)。

1.2 实验方法

1.2.1 火龙果中红色素提取实验

取新鲜火龙果, 洗净, 粉碎。取一定量粉碎的火龙果于 200mL 烧瓶中, 加入一定量的乙醇溶液进行, 再加入适量抗坏血酸钠, 置于超声萃取仪中进行提取实验, 采用紫外分光光度计于 540 nm^[9] 波长下测定吸光度。

1.2.2 唇膏的制备

取一 50mL 烧杯, 加入火龙果浓缩液 0.6g, 天然提取物 0.2g, 卵磷脂乳化剂 0.1g, 加入橄榄油 7g, 充分研磨, 再加入白蜂蜡 3.3g, 80℃ 水浴加热融化, 再加入维生素 E 一颗, 装入膜具中冷藏 60min。

1.2.3 抗氧化剂影响实验

设置对照组, 取两个比色管, 各加入火龙果皮干燥粉末 1.25g, 一只加入抗坏血酸钠 0.01g, 另一只做对照组, 在溶剂浓度为 40%, 浸取温度为 30℃, 料液比为 1: 35, 浸取时间为 35min, 在微波超声波组合催化合成萃取仪中进行浸取, 浸取完成后测定两者吸光度, 之后每隔 12h 进行测定。

基金项目: 河南省科技厅科技攻关项目 (222102320352); 河南省教育厅高等学校重点项目 (22B610004)



2. 结果与分析

2.1 浸取方式对提取效果的影响

超声萃取可以利用空气波的空化作用，机械效应和热效应来加快火龙果果皮细胞内有效物质的释放、扩散速率，从而加快溶解，显著提取萃取效率。而用普通水浴进行浸取，只有热效应作用，效果远不及超声水浴。结果如图1。

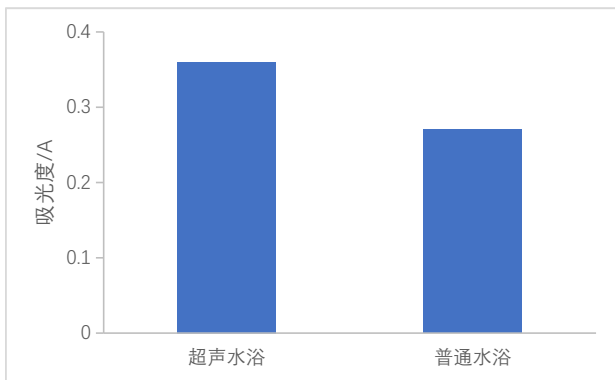


图1 浸取方式对提取效果的影响

2.2 溶剂浓度对提取效果的影响

乙醇浓度为40%时，OD值最大。其可能的原因是火龙果果皮色素为水溶性色素，浸取液浓度太大，破坏了红色素的性质结构，有机溶剂浓度过高不利于火龙果果皮色素的提取。这与杨昌鹏等对火龙果果皮色素的研究报道结果相一致。结果如图2。

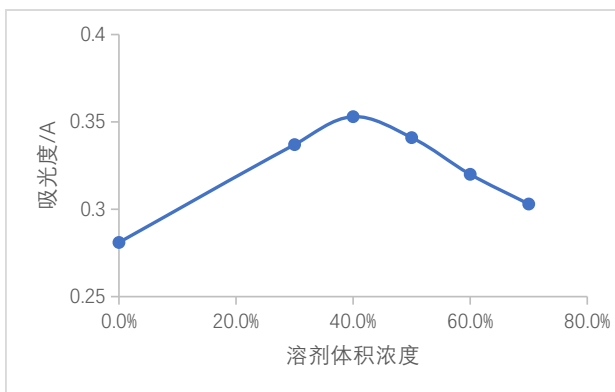


图2 溶剂浓度对提取效果的影响

2.3 浸取温度对提取效果的影响

提取温度在20℃~30℃范围内，OD值随浸取温度的增大而升高，甜菜苷含量增加，在30℃时达到最大值。温度太低，提取速率缓慢，色素的提取也不完全；提取温度在30℃~70℃的范围内，色素提取液的OD值大大降低，甜菜苷含量也相应下降，颜色也开始从红色不断变浅红色，温度的升高，加速了乙醇溶液的挥发，同时红色素易

降解褐变，影响了红色素的稳定性，火龙果果皮红色素的耐热性差。所以选择30℃好。结果如图3。

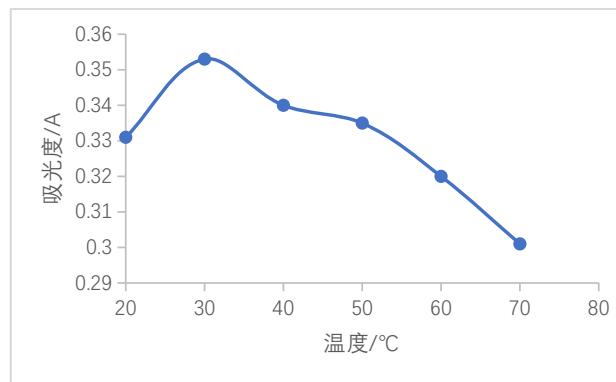


图3 浸取温度对提取效果的影响

2.4 料液比对提取效果的影响

当料液比小于1:35(g/mL)时，OD值逐渐上升。当达到1:35(g/mL) OD值变化不达到最大值，大于1:35时吸光度值有明显下降的趋势。随着液料比的不断增大，吸光度值不断减小，所以为了节约实验成本，选用1:35(g/mL)的料液比最为合适。当料液比小于在1:35(g/mL) OD值较小，可能是浸取液量少，红色素扩散速率低，红色素提取不充分，达饱和状态。当料液比大于1:35(g/mL) OD值降低，可能是浸取液用量大，红色素被稀释的增加了溶解的杂质，如图4。

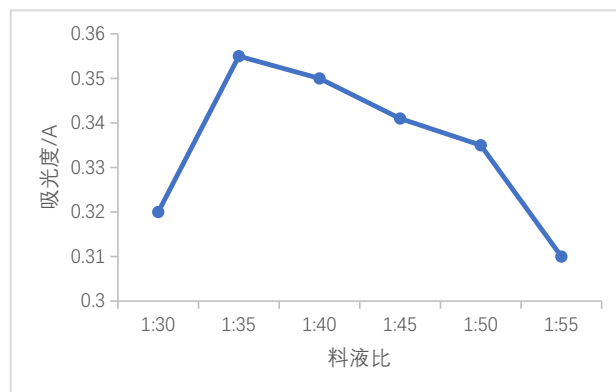


图4 料液比对提取效果的影响

2.5 浸取时间对提取效果的影响

OD值随时间的延长而增加呈先上升后下降的趋势，并在35min达到最大值，当浸取时间小于35min时，时间太短不能充分溶解，色素提取不完全；当提取时间大于35min，可能是提取时间太长，会提取出溶液中的一些杂质。另一方面可能是因为受热时间过长，色素发生部分氧化分解。由此选择35min的浸取时间为宜。结果如图5。

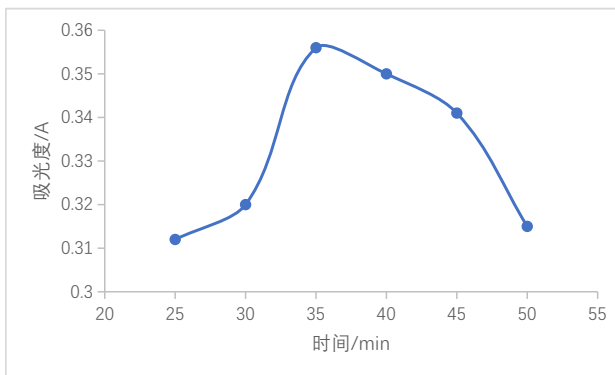


图5 浸取时间对提取效果的影响

2.6 抗氧化效果分析

天然色素的抗氧化能力较差,在浸取过程中会发生部分氧化引起吸光度的下降,浸取完成后敞口静止与通风环境中,空气中的氧气会进一步与色素发生氧化还原反应,在不加抗氧化剂的条件下,一开始变化不明显,随着时间的推移,吸光度增加较明显,可能是因为氧化反应使颜色加深,色素本身的颜色发生变质,如图6。

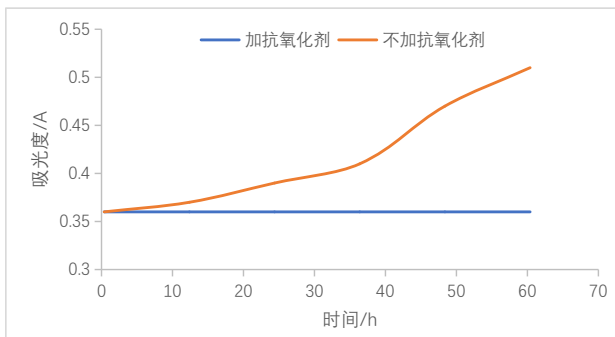


图6 抗氧化效果分析

2.7 浸取液 pH 对提取效果的影响

用不同 PH 值的乙醇溶液浸取火龙果果皮色素时,得到的吸光度值是不同的,其中在酸性条件下测得的吸光度值整体大于碱性环境下测得的吸光度值,在实验过程中还发现,酸性条件下提取显鲜红色,碱性条件下提取显紫灰色甚至黄色。其原因可能是果皮色素的主要成分之一甜菜色苷转变为黄色的甜菜黄质^[17]。火龙果果肉色素在 pH 为 6.5 的缓冲溶液中,吸光值最大,此时溶液颜色为鲜红色。pH 为 2.2 时测得的吸光度值最低;在 pH 为 11 时,溶液颜色变成浅黄色。发生颜色的转变。可能是因为 pH 值太小或太大都会破坏色素的结构导致颜色发生转变。由测得的吸光度可知,在酸性条件下有利于火龙果果皮色素的提取。

2.8 加料顺序对唇膏成型的影响

加入橄榄油 5g,加入大豆卵磷脂乳化剂 1g,70 摄氏度水浴加热使乳化剂溶解,再加入花青素粉末 1g,搅拌 5

分钟,再分别加入白蜂蜡 6g,维生素 E 一颗,桂花精油 5 滴,搅拌均匀后灌入模具中并冷藏 10min。取出后唇膏呈现颜色较深。如图 9 第 1 号唇膏所示。

加入橄榄油 5g,加入白蜂蜡 6g,加入大豆卵磷脂乳化剂 1g,70 摄氏度水浴加热溶解,再加入花青素粉末 1g,搅拌 5min,维生素 E 一颗,桂花精油 5 滴,搅拌均匀后灌入模具中并冷藏 10min。取出后唇膏呈现颜色较浅且颜色分布不均匀。如图 9 第 2 号唇膏所示。

实验过程中还发现,将所有配料混合完毕后将装料烧杯拿出水浴锅放入冰水中进行冷凝,冷凝完毕后进行二次融化,二次融化后的混合液状态更均匀,颜色变深。如图 9 第 3 号唇膏所示。

根据实验现象可知,若在加入白蜂蜡之前加入色素,则色素溶解效果较好且分散均匀,而在加入白蜂蜡之后加入色素,则溶解不完全且分布不均匀,甚至有分层现象。其原因可能是因为橄榄油的脂溶性弱于白蜂蜡,且二次融化可以增加乳化效果,使混合更均匀。



图9 唇膏实拍图

3. 结论

本研究系统优化了红心火龙果红色素的超声辅助提取工艺,确定最佳条件为 40% 乙醇溶液、料液比 1:35、30℃、35min,较传统水浴法提取效率提升 42%。该工艺通过乙醇浓度与超声空化效应的协同作用,在低温短时条件



下高效释放色素，同时避免了色素的热降解和氧化损失，显著提升了色素纯度。研究进一步验证了酸性环境对色素稳定性的促进作用，并发现添加抗坏血酸钠可有效抑制氧化，为工业化生产提供了关键参数支撑。创新性体现在将提取色素应用于天然唇膏制备，通过加料顺序优化（优先溶解色素于橄榄油与乳化剂中）解决了分散不均问题，所得唇膏着色均匀且稳定性优异，突破了天然色素在化妆品领域应用的技术瓶颈。与现有研究相比，本研究不仅优化了提取工艺的经济性与效率，还拓展了火龙果资源的高值化利用路径。然而，规模化生产仍面临设备成本、原料稳定性及工艺标准化等挑战。未来需深化原料预处理技术、开发复合稳定剂以增强色素耐候性，并通过中试验证工业化可行性。此外，长期储存安全性与消费者感官评价的缺失需进一步探究。本研究成果为天然色素的绿色生产与多元化应用提供了理论依据和技术范例，契合健康消费与可持续发展的产业趋势。

参考文献

- [1] 陈岚, 谷会, 杨月, 等. 赤霉素复合壳聚糖处理对火龙果采后品质及抗氧化能力的影响 [J]. 热带作物学报, 2024, 45(09): 1926–1935.
- [2] 慕雪, 刘垠泽, 吴恒梅. 白心火龙果果皮多糖提取及抗氧化研究 [J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(03): 21–25+37.
- [3] 何丽芳, 陈佩云, 刘最, 等. 红心火龙果原花青素超声辅助提取及其抗氧化活性 [J]. 衡阳师范学院学报, 2021, 42(06): 86–91.
- [4] 王前菊, 方晓彤, 王宇. 火龙果色素加工唇彩工艺 [J]. 农技服务, 2023, 40(04): 74–76.
- [5] 吕亚文, 朱文娴, 廖红梅. 火龙果来源甜菜红素的研究及应用进展 [J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(04): 356–364.
- [6] 火龙果提炼天然色素造“口红” [J]. 世界热带农业信息, 2014, (04): 24.
- [7] 王博, 汪子涵, 叶敏, 等. 火龙果色素提取工艺及其稳定性研究 [J]. 山东化工, 2024, 53(14): 29–32+37.
- [8] 贺江, 刘蕊, 韩清欣, 等. 火龙果果皮色素提取及其性质与应用 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 213–215.
- [9] 方进, 赵星, 张广知. 火龙果色素提取及蚕丝织物上染性能 [J]. 上海纺织科技, 2023, 51(04): 52–55.

Research on the Extraction Process and Application of Red Pigment from Red Dragon Fruit

Zhao Min, Duan Hao, Li Wan-xue, Zheng Hao-ying, Zeng Xiang-shan, Shen Yang-jie, Zhao Kai-lou*, Zhang Li-jun
(Henan Technical Institute Henan Provincial Green Chemical Engineering Technology Research Center, Zhengzhou, Henan, 450042)

Abstract : Under the background of increasing demand for natural pigments, red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*), rich in betacyanin compounds, has emerged as an ideal alternative to synthetic pigments. However, existing extraction processes face challenges such as low efficiency and poor stability. This study optimized ultrasonic-assisted extraction conditions (solvent concentration, solid-liquid ratio, temperature, and time) and determined the optimal parameters as 40% ethanol solution, a solid-liquid ratio of 1:35, 30°C, and 35 minutes, achieving a 42% improvement in extraction efficiency compared to traditional water bath methods. The extracted pigment was applied to lipstick preparation, demonstrating uniform coloration and excellent stability. This research provides technical support for the industrial application of dragon fruit-derived red pigment and aligns with the development trends of natural products.

Keywords : pitaya; red pigment; ultrasonic extraction; lipstick

