

蒲公英多酚的提取及在草莓保鲜中的应用

郎伍营^{1,2,3}, 曾培培¹, 王晨曦¹, 蒲桥¹, 李江涛¹

(1. 商洛学院 生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛 726000; 2. 商洛学院 商洛市粮食工程技术研究中心, 陕西 商洛 726000; 3. 商洛绿富然畜牧科技有限公司, 陕西 商洛 726000)

摘要:为研究蒲公英多酚的利用价值及其在食品行业中的开发利用,本研究以整株蒲公英为原料,将提取时间、料液比、提取温度、乙醇浓度作为单因素,在单因素试验的基础上,采用正交试验法对蒲公英多酚物质溶剂浸提法提取工艺进行优化,并将提取的多酚物质用于草莓涂膜保鲜。研究表明:蒲公英中多酚物质提取的最优工艺为提取时间 30 min、料液比 1:40、提取温度 60°C、乙醇浓度 50%,在此条件下蒲公英多酚得率为 1.53%。草莓被多酚涂膜剂涂膜贮藏 8 d 后感官评分为 6 分、可滴定酸度为 0.72%、腐败率为 47.02%,结果表明蒲公英多酚具有较强的防腐保鲜能力。

关键词:蒲公英多酚; 草莓; 保鲜

中图分类号: S436 文献标识码: A 文章编号: 0488-5368(2025)02-0030-05

Extraction of Dandelion Polyphenols and Its Application in Strawberry Preservation

LANG Wuying^{1,2,3}, ZENG Peipei¹, WANG Chenxi¹, PU Qiao¹, LI Jiangtao¹

(1. College of Biomedicine and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi 726000, China;

2. Grain Engineering Technology Research Center of Shangluo City, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi 726000, China;

3. Shangluo Lufuran Animal Husbandry Technology Co., Ltd., Shangluo, Shaanxi 726000, China)

Abstract: To explore the utilization value of dandelion polyphenol and their potential in the food industry, this study used the whole dandelion as the raw materials. Extraction time, material-to-liquid ratio, extraction temperature, and ethanol concentration were selected as the single factors. Based on single-factor experiments, the extraction process of dandelion polyphenols was optimized using the orthogonal experimental design, and the extracted polyphenols were applied in strawberry film coatings for preservation. The results showed that the optimal extraction conditions for dandelion polyphenols were an extraction time of 30 minutes, a material-to-liquid ratio of 1:40, an extraction temperature of 60 °C, and an ethanol concentration of 50%, which the polyphenol yield reached 1.53%. Strawberries coated with the polyphenol film were stored for 8 days, which the sensory score was 6, titratable acidity was 0.72%, and spoilage rate was 47.02%. These findings demonstrate that dandelion polyphenols possess strong preservative and freshness-preserving properties.

Key words: Dandelion polyphenols; Strawberries; Preservation

近年来,随着对植物多酚研究的不断深入,蒲公英中的多酚类化合物因其强大的抗氧化能力、抗炎作用、抗肿瘤特性以及对心血管健康的潜在益处

而受到科研工作者和健康专业人士的广泛关注^[1]。研究表明,蒲公英多酚可通过清除自由基、抑制炎症途径、调节细胞信号传导等多种机制,对

收稿日期: 2024-08-30 修回日期: 2024-09-28

基金项目: 陕西省技术创新引导专项(2024ZC-YYDP-89); 商洛学院科学与技术研究基金项目(20SKY011)。

第一作者简介: 郎伍营(1991-),男,博士,讲师,研究方向为食品资源高质化利用。

机体起到保护作用^[2-4]。目前已经证明蒲公英多酚能够发挥抑菌作用^[5],但是将蒲公英多酚应用于食品保鲜效果的研究相对较少,张群利等将蒲公英提取物-茶多酚-玉米秸秆纤维素通过共混法制备抗菌复合膜,发现对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌具有抑制作用,但是没有研究其对食品保鲜的作用^[6]。本试验通过正交试验优化蒲公英多酚提取条件,并研究其在草莓保鲜中的应用,为蒲公英多酚在食品领域的开发利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

整株蒲公英;没食子酸(HPLC \geq 99%);无水乙醇、无水碳酸钠、海藻酸钠、无水氯化钙、氢氧化钠和柠檬酸,分析纯;福林酚试剂。

1.2 方 法

1.2.1 整株蒲公英粉末的制备 将整株蒲公英清洗后放入电热鼓风干燥箱中于85℃进行8 h烘干,

全部粉碎过50目筛,收集粉末并进行密封防潮处理,备用。

1.2.2 蒲公英多酚的提取 精确称量5.000 g蒲公英粉末,放入锥形瓶中,加入乙醇溶液,放入超声波清洗器中,30 min后,移取33 mL在离心管中,在低温4℃时离心(4 000 r/min)10 min,取上清液在100 mL容量瓶中稀释至100 mL备用。

1.2.3 单因素试验 分别考察了不同提取时间(10、20、30、40、50 min)、不同料液比(1:40、1:45、1:50、1:55、1:60 g/mL)、不同提取温度(40、50、60、70、80℃)、不同乙醇浓度(40%、50%、60%、70%、80%)条件下对超声波辅助浸提法提取蒲公英多酚浓度以及多酚得率的影响情况。

1.2.4 正交试验设计 基于单因素试验结果,选用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计方法,考察提取时间、料液比、提取温度、乙醇浓度对蒲公英多酚提取率的影响,并对这些关键参数进行优化,确立最为高效的溶剂浸提工艺参数组合。具体设定水平参见表1。

表1 溶剂提取正交水平

水平	因素			
	提取时间/min	料液比(g/mL)	提取温度/℃	乙醇浓度/%
1	10	1:40	40	40
2	20	1:45	50	50
3	30	1:50	60	60

1.2.5 多 酚 得 率 的 测 定

标准曲线的制作

标准曲线制作参考张娜的方法^[7],得到没食子酸浓度-吸光度标准曲线 $y=0.0545x+0.217$, $R^2=0.9916$ 。多酚得率的计算公式:

$$A(\%) = \frac{C \times D \times V \times 10^{-6}}{m} \times 100$$

式中:A表示1 g样品中多酚得率,C表示待测液质量浓度 $\mu\text{g/mL}$,D表示稀释倍数,m表示称取原料质量g。

1.2.6 蒲公英中多酚涂膜液对草莓保鲜效果的研究

(1) 蒲公英多酚涂膜液的制备

精确称量1.00 g海藻酸钠溶于100 mL 70℃水中搅拌均匀、温度放为常温至澄清备用。取3份海藻酸钠溶液(100 mL 0.01 g/mL)分别加入0、0.05、0.10 mL的蒲公英多酚再分别加入1.15 g甘

油和0.024 g玉米油,标记为 T_0 、 T_1 、 T_2 溶液。钙交联剂溶液由2% CaCl_2 和1.0%柠檬酸溶液配制而成。

(2) 草莓涂膜方法

取40颗外观相似,新鲜程度一致且无机械损伤的草莓,分成四组,选用上述三种参数进行涂膜制备(其中一组浸泡于蒸馏水中30 s),在 T_0 、 T_1 、 T_2 溶液中浸泡40 s、沥干在25℃条件下平铺2 h,然后在钙交联剂中浸泡40 s、沥干在25℃条件下平铺2 h,各组分别为 T_0 、 T_1 、 T_2 组,空白对照组是没有涂膜处理的草莓。

(3) 草莓各项生理生化指标测定

a. 草莓感官质量评定

贮藏期间隔2 d取样观察进行感官评价,参考姜加良等^[8]的感官评定标准,各项指标分值及评定标准可见表2。

表 2 草莓感官质量各项指标及评定标准

颜色	气味	水斑渍	形态	分数
鲜红色	水果香甜味	无	花萼绿色整齐,果实饱满	8~10
暗红色	果香味变淡	无	花萼略微发黄,果实接近饱满	6~8
紫红色	果香味消失	1~2 个	花萼一半变黄,果实质地较软	4~6
部分褐色	腐烂味	2 个以上	果实松散,按压有汁液流出	2~4
褐色	严重腐烂味	2 个以上	果实明显腐烂,轻微触碰下就会破裂	0~2

b. 草莓可滴定酸含量测定

根据赵婉彤等^[9]方法使用化学法测定草莓有机酸的含量,以草莓酸百分比进行对照比较。

c. 草莓腐烂率测定

腐烂率根据果实的腐烂程度分为四级:

0 级:无腐烂;

I 级:果实的腐烂面积 $\leq 10\%$;

II 级:果实腐烂面积 $>10\%$ 且 $\leq 20\%$;

III 级:果实腐烂面积 $>20\%$ 且 $\leq 30\%$;

IV 级:果实腐烂面积 $>30\%$ 。

腐烂率(%) = (腐烂等级 \times 腐烂果数量/最高腐烂等级 \times 总果数量) $\times 100$

1.2.7 数据处理 上述试验均重复三次,结果以平均值 \pm 标准差表示,采用 GraphPad Prism 8 软件绘图,IBM SPSS Statistics 26 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 提取时间对多酚得率的影响 选取料液比 1:40 g/mL、提取温度 40℃、乙醇浓度 40%,探究提取时间对蒲公英多酚得率的影响情况,结果如图 1 所示。提取时间自 10 min 起逐渐提升至 30 min,期间多酚得率呈上升趋势,直至 30 min 时达到峰值。然而,超过此时间点后,多酚得率显著减少。因此最适提取时长为 30 min。

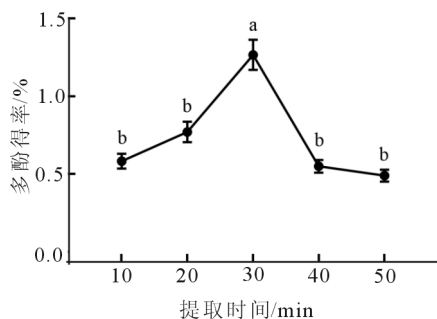


图 1 不同提取时间对蒲公英多酚得率的影响

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),下同。

2.1.2 料液比对多酚得率的影响 选取提取时间 10 min、提取温度 40℃、乙醇浓度 40%,探究料液比

对蒲公英多酚得率的影响,结果如图 2 所示。料液比从 1:40 g/mL 增加到 1:50 g/mL,多酚得率不断增加,在料液比为 1:50 g/mL 时多酚得率达到最大值,继续增加料液比多酚得率降低,可能是因为虽然多酚析出完全,但是添加乙醇过多,导致浓度变小,结果偏低,故适宜的料液比为 1:50 g/mL。

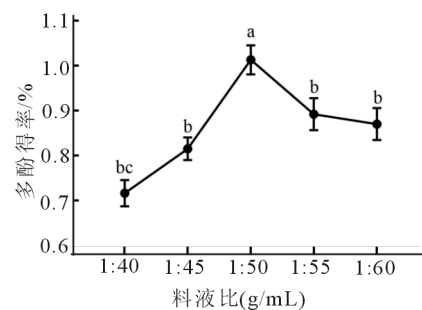


图 2 料液比对蒲公英多酚得率的影响

2.1.3 提取温度对多酚得率的影响 选取提取时间 10 min、料液比 1:40 g/mL、乙醇浓度 40%,探究温度对蒲公英多酚得率的影响,结果如图 3 所示。多酚得率在 40~60℃ 区间多酚得率逐渐上升,超过 60℃ 后,多酚得率明显降低。虽然温度升高会使植物细胞遭到破坏,加速多酚物质析出,但温度过高会破坏掉部分热不稳定性多酚,因此最适宜的提取温度为 60℃。

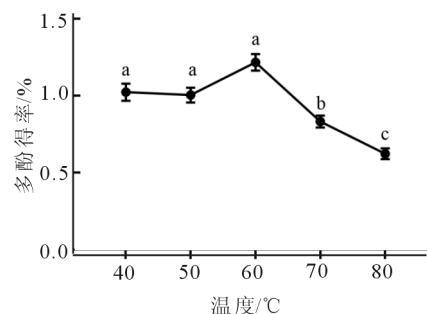


图 3 提取温度对蒲公英多酚得率的影响

2.1.4 乙醇浓度对多酚得率的影响 选取提取时间 10 min、料液比 1:40 g/mL、提取温度 40℃,探究乙醇浓度对蒲公英多酚得率的影响,结果如图 4 所示。多酚得率在乙醇浓度为 40%~80% 区间呈下降趋势,乙醇浓度过高多酚物质可能难以析出,大量醇溶性杂质析出影响多酚提取效果,因此最适宜

的乙醇浓度为 50%。

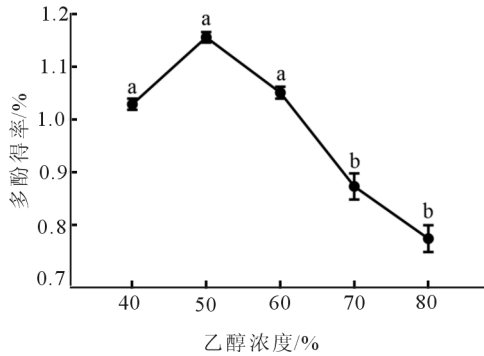


图4 乙醇浓度对蒲公英多酚得率的影响

2.2 正交试验和工艺条件优化

参照单因素试验结果,按照正交试验表将不同提取时间、料液比、提取温度、乙醇浓度作为研究因素,以多酚得率为研究指标。对蒲公英多酚提取的正交试验方案和结果进行分析,结果见表3。

表3结果显示,最佳蒲公英多酚提取工艺条件为:提取时间 30 min、料液比 1:40、提取温度 60℃、乙醇浓度 50%,按照正交试验分析结果提供的因素进行验证性试验,验证试验结果见表4。最佳提取工艺下提取多酚含量为 5.16 μg/mL,多酚得率为 1.53%。

表3 试验数据处理

所在列	1	2	3	4	
因素	A 提取时间	B 料液比	C 提取温度	D 乙醇浓度	多酚得率/%
实验 1	1	1	1	1	1.106
实验 2	1	2	2	2	1.123
实验 3	1	3	3	3	1.029
实验 4	2	1	2	3	1.217
实验 5	2	2	3	1	1.266
实验 6	2	3	1	2	1.051
实验 7	3	1	3	2	1.508
实验 8	3	2	1	3	1.139
实验 9	3	3	2	1	0.985
K ₁	1.086	1.277	1.099	1.119	
K ₂	1.178	1.176	1.108	1.227	
K ₃	1.211	1.022	1.268	1.128	
k ₁	0.272	0.319	0.275	0.280	
k ₂	0.295	0.294	0.277	0.307	
k ₃	0.303	0.256	0.317	0.282	
R	0.125	0.255	0.169	0.108	
因素影响大小					B>C>A>D

表4 验证性试验

组合	实验次数	得率/%	平均值/%
A ₃ B ₁ C ₃ D ₂	1	1.47	1.53
	2	1.51	
	3	1.61	

2.3 草莓各项生理生化指标测定

2.3.1 草莓感官质量测定 贮藏期间每隔 2 d 观察并进行感官评定,评分如图 5 所示,感官评分呈下降趋势,其中空白对照组(CK)评分下降速度最快,当贮藏天数在 4 d 时,草莓颜色暗淡,果实暗淡,且 T₀ 组有个别果实软烂,贮藏天数在 8 d 时,四组草莓均出现水斑渍、颜色暗淡的情况,蒸馏水组最为严重,花萼枯黄无果香味。T₂ 组草莓色泽虽然暗淡,但花萼较小程度萎蔫,果香味仍然存在,

因此加入提取多酚液 0.1 mL 组效果最为显著。

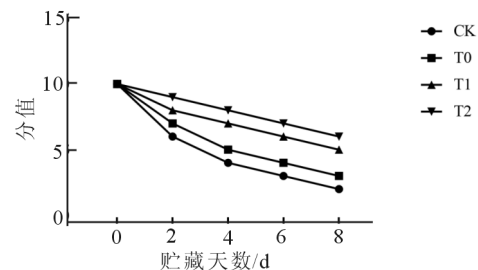


图5 不同涂膜处理对草莓感官评价的影响情况

2.3.2 草莓可滴定酸含量测定 果实风味品质的重要影响指标是可滴定酸度,它反应了果实新鲜情况,数值越大越新鲜。图 6 表明了草莓在贮藏期间可滴定酸度的变化情况,随着草莓乙烯增多成熟,草莓的可滴定酸度随着贮藏天数的增加呈递减趋势,CK 组的下降幅度最为显著。在 8 d 时,CK 组

草莓酸度为 0.53%, T_2 组草莓的酸度为 0.72%、 T_1 组的酸度为 0.68%、 T_0 组的酸度为 0.61%。此外, T_1 、 T_2 所制的复合涂膜保鲜剂均优于单独涂膜处理的 T_0 组, 而其中 T_2 组效果最好。

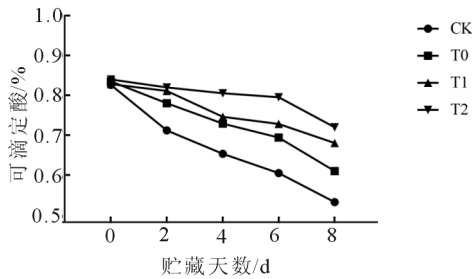


图 6 不同涂膜对草莓可滴定酸的影响

2.3.3 草莓腐败率的测定 由图 7 可知, 在贮藏期间 CK 组腐败率直线上升, 腐败速率最快, 而 T_0 、 T_1 、 T_2 组较 CK 组均有明显差异, 其中腐败率较低的是 T_2 组。在贮藏末期时, CK 组腐败率到达 83.24%, T_0 、 T_1 、 T_2 组腐败率分别为 72.66%、67.47%、47.02%, 由此可见, 复合涂膜保鲜剂会延缓果实的腐败程度, 从而有效延长草莓的保质期。

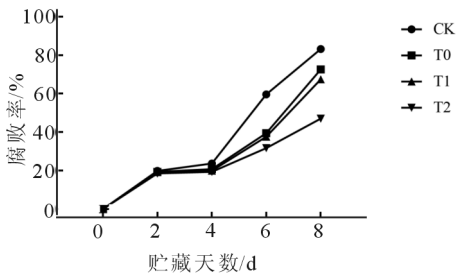


图 7 不同涂膜对草莓腐败率的影响

3 讨论

由正交试验结果得知蒲公英多酚的最佳提取工艺为提取时间 30 min、料液比 1:40 g/mL、提取温度 60℃、乙醇浓度 50%, 在此因素下提取多酚含量为 5.817 $\mu\text{g/mL}$, 多酚得率为 1.53%, 本试验与张娜等^[7]多酚提取结果基本一致。崔艳平等采用超声波微波辅助法提取蒲公英中的多酚, 当乙醇体积分数为 50%, 料液比为 1:45, 微波时间为 3 min, 超声时间为 60 min, 超声功率为 240 W, 微波功率为 350 W, 提取温度为 50℃ 时, 多酚提取率为 2.96%^[10], 高于本试验研究结果。其原因可能是试验过程中采用超声波微波辅助技术, 能够破坏细胞, 使溶剂加速渗透到细胞内, 促进蒲公英中多酚的浸出^[11]。

经过涂膜处理的草莓在一定程度上延缓了腐烂程度, 减缓草莓可滴定酸的下降速率, 延长草莓的保存时间, 并且加入多酚后的保鲜效果对于单一涂膜更为明显。这是因为在成膜中加入天然提取

物多酚, 涂膜草莓表面形成了一层屏障, 隔绝大部分氧气使草莓处在高浓度二氧化碳中, 草莓的呼吸强度得到抑制, 减少了可滴定酸的消耗, 因此可以显著提升保鲜效果。

4 结论

对正交试验结果进行分析, 可知蒲公英多酚的最佳提取工艺条件为提取时间 30 min、料液比 1:40 g/mL、提取温度 60℃、乙醇浓度 50%, 在此因素下提取多酚含量为 5.817 $\mu\text{g/mL}$, 多酚得率为 1.53%。通过感官评定、可滴定酸测定、腐败率测定, 研究蒲公英多酚对草莓保鲜效果的研究。结果表明, 涂抹蒲公英多酚的草莓可以降低腐败率, 提高可滴定酸, 提高感官评定, 能够起到保鲜效果。

参考文献:

- [1] 陈倩. 蒲公英不同部位多酚类物质的变化及其抑菌作用研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2023.
- [2] Qian L, Zhou Y, Teng Z, *et al.* Preparation and antibacterial activity of oligosaccharides derived from dandelion. *Int J Biol Macromol.* 2014, 64: 392-394.
- [3] Fahrioglu U, Dodurga Y, Elmas L, *et al.* Ferulic acid decreases cell viability and colony formation while inhibiting migration of MIA PaCa-2 human pancreatic cancer cells in vitro. *Gene.* 2016, 576(1 Pt 3): 476-482.
- [4] 王静, 丁海燕. 酚酸类化合物抑菌作用研究进展[J]. *中成药*, 2022, 44(6): 1906-1911.
- [5] 罗利利, 薛姑美, 蔡湘帆, 等. 蒲公英不同部位抑菌作用及代谢物差异的 UPLC-MS/MS 分析[J]. *核农学报*, 2022, 36(6): 1183-1192.
- [6] 张群利, 郭泽凯, 崔琳琳, 等. 蒲公英提取物-茶多酚-玉米秸秆纤维素抗菌复合膜制备与性能[J]. *复合材料学报*, 2023, 40(9): 5341-5349.
- [7] 张娜, 刘丽, 李璐, 等. 青胶蒲公英根多酚超声辅助提取工艺优化及其体外抗氧化、降糖活性[J]. *食品工业科技*, 2024(1): 1-14.
- [8] 姜加良, 王雪丽, 韩颖. 银杏叶提取物/阿拉伯胶复合涂膜对草莓保鲜效果的影响[J]. *中国食品添加剂*, 2023, 34(2): 211-218.
- [9] 赵婉彤, 薛杨, 孙珍珠, 等. 宽皮柑橘可滴定酸检测方法的对比研究[J]. *中国南方果树*, 2022, 51(2): 40-44.
- [10] 崔艳平, 聂玮, 迟晓君, 等. 蒲公英多酚提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. *安徽农业科学*, 2021, 49(8): 175-180.
- [11] 陈海东, 张志峰, 王勇. 核桃油绿色提取技术的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2023, 44(23): 198-202.