DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251012001
引用格式: 帅大尧, 严汉彬, 王静, 等. 油甘果干碱法脱涩工艺优化及其红茶复合茶包的研制[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(2): 41–47.
SHUAI DY, YAN HB, WANG J, *et al*. Optimization of alkali deastringency process for *Phyllanthus emblica* L. dried fruit and development of a black tea composite tea bag [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(2): 41–47. (in Chinese with English abstract).

油甘果干碱法脱涩工艺优化及其红茶复合茶包的研制

帅大尧[1], 严汉彬[2*], 王 静[1], 汤冰冰[2]

(1. 浙江公正检验中心有限公司, 杭州 310009; 2. 河源职业技术学院机电工程学院, 河源 517000)

摘 要: 目的 优化油甘果干的碱法脱涩工艺, 并在此基础上研制一款风味独特、符合标准的油甘果干-红茶复合茶包。**方法** 以油甘果干为原料, 采用 $NaHCO_3$ 溶液进行碱法脱涩。首先通过单因素实验与正交实验, 以脱涩率为指标, 对固液比、$NaHCO_3$ 质量分数、脱涩温度和脱涩时间进行工艺优化。随后, 基于最优脱涩工艺, 以感官评分为评价标准, 对复合茶包中油甘果干、红茶、红枣及甘草的配方配比进行优化。**结果** 脱涩工艺优化实验表明, 最优条件为固液比 1:3 (g:mL)、$NaHCO_3$ 质量分数 2.5%、脱涩温度 35 ℃、脱涩时间 35 min, 此条件下脱涩率达到 71.38%。配方优化实验确定复合茶包的最佳配方为油甘果干 50%、红茶 30%、红枣 20%、甘草 10%。依此制得的产品感官评分为 87.2 分, 口感柔顺、果香突出、回味绵长, 且产品各项指标均符合 GB/T 24690—2018《袋泡茶》标准。**结论** 本研究成功建立了油甘果干的高效脱涩工艺, 并开发出一款感官品质优良、市场潜力巨大的油甘果干-红茶复合茶包, 为其工业化生产与市场推广提供了可靠的理论依据和技术支持。

关键词: 油甘果; 碱法脱涩; 工艺优化; 脱涩率; 复合茶包

Optimization of alkali deastringency process for *Phyllanthus emblica* L. dried fruit and development of a black tea composite tea bag

SHUAI Da-Yao[1], YAN Han-Bin[2*], WANG Jing[1], TANG Bing-Bing[2]

(1. *Zhejiang Gongzheng Testing Center Incorporated*, *Hangzhou* 310009, *China*;
2. *College of Mechanical and Electrical Engineering*, *Heyuan Polytechnic*, *Heyuan* 517000, *China*)

ABSTRACT: Objective To optimize the alkali deastringency process of *Phyllanthus emblica* L. dried fruit and develop a unique and standardized composite tea bag containing *Phyllanthus emblica* L. dried fruit and black tea. **Methods** Using *Phyllanthus emblica* L. dried fruit as the raw material, alkali deastringency was performed with $NaHCO_3$ solution. Firstly, through single factor and orthogonal experiments, the solid-liquid ratio, $NaHCO_3$ mass fraction, deastringency temperature and deastringency time were optimized using deastringency rate as the indicator.

收稿日期: 2025-10-12
基金项目: 广东省科技创新战略专项资金(大学生科技创新培育)项目(pdjh2025bc387)
第一作者: 帅大尧(1984—), 男, 工程师, 主要研究方向为食品安全与质量控制。E-mail: 359101084@qq.com
***通信作者:** 严汉彬(1985—), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向为农产品精深加工与质量安全。E-mail: 273015997@qq.com

Subsequently, based on the optimal deastringency process and using sensory evaluation as the evaluation criterion, the formula ratios of *Phyllanthus emblica* L. dried fruit, black tea, red dates and licorice in the composite tea bag were optimized. **Results** The optimization experiment of the deastringency process showed that the optimal conditions were a solid-liquid ratio of 1:3 (g:mL), $NaHCO_3$ mass fraction of 2.5%, deastringency temperature of 35 ℃ and deastringency time of 35 min. Under these conditions, the deastringency rate reached 71.38%. The optimal formula for the composite tea bag was determined through formula optimization experiments to be 50% *Phyllanthus emblica* L. dried fruit, 30% black tea, 20% red dates and 10% licorice. The sensory score of the product produced based on this was 87.2 points, with a smooth taste, prominent fruit aroma and a long aftertaste. All indicators of the product comply with the GB/T 24690—2018 *Bagged tea* standard. **Conclusion** This study successfully establishes an efficient deastringency process for *Phyllanthus emblica* L. dried fruit, and developes a composite tea bag with excellent sensory quality and huge market potential, providing reliable theoretical basis and technical support for its industrial production and market promotion.

KEY WORDS: *Phyllanthus emblica* L.; alkaline deastringency; process optimization; deastringency rate; composite tea bag

0 引 言

油甘果(*Phyllanthus emblica* L.), 又名牛甘果、余甘子、油甘子等, 是一种主要分布于热带和亚热带地区的水果[1–2]。油甘果富含维生素 C、膳食纤维等营养成分[3–5], 具有抗衰老、抗坏血酸、清热解毒、消食健胃等多种健康功效, 因此被广泛用于食品和医药领域[6–8]。

鉴于鲜果的贮藏与运输成本相对较高, 油甘果通常会经过简单的干燥处理, 被制成果干产品进行销售。然而, 这种油甘果干中富含大量以单宁为代表的多酚类物质[9–11], 这导致由其加工而成的食品饮料往往带有较重的涩味[12–13], 从而影响了消费者的食用体验。因此, 对油甘果干进行脱涩处理, 成为提升其食用品质、扩大消费需求的关键步骤。目前鲜有关于油甘果干脱涩处理的研究报道。对于其他水果的脱涩, 目前较为常用的有水浸泡法[14–16]、强碱处理法[17]、CO_2 处理法[18–22]。水浸泡法和强碱处理法成本较低, 但易使果实的风味变淡[14,17], 本研究前期研究曾尝试用这两种方法处理油甘果干, 发现这两种方法不仅会导致果干中的营养物质大量流失, 还会破坏油甘果原有的独特风味特征。CO_2 脱涩法目前主要应用于鲜果处理[20,23], 在果干脱涩方面鲜见文献报道。碳酸氢钠($NaHCO_3$)是一种常见的食品添加剂, 其碱性能够促使单宁转化而脱涩, 具有安全易得、反应温和不易造成营养流失等优势[17], 特别适合用于干果的脱涩。

本研究以市售的油甘果干为原料, 使用 $NaHCO_3$ 进行辅助脱涩, 探索并优化碱法脱涩工艺, 以脱涩率为评价指标, 采用单因素实验和正交实验对工艺条件进行优化; 在此基础上进一步研制油甘果干-红茶复合茶包, 对其配方进行优化, 以期改善油甘果干的食用品质, 为油甘果干产品的加工应用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

油甘果干购自粤中邑(河源)农业生物科技有限公司; 红茶(古树滇红)购自昆明凤珍羽茶叶有限公司; 红枣片购自本地超市, 产地为新疆; 甘草购自岷县和泰中药材有限公司; $NaHCO_3$ 购自本地超市, 生产商为安琪酵母股份有限公司。

没食子酸(纯度 99.99%)、福林酚试剂(浓度 1 mol/L)、无水乙醇、碳酸钠、浓盐酸(分析纯)(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

HH-2 型电子分析天平[精度 0.01 mg, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; SYG-2 型数显恒温水浴锅(常州朗越仪器制造有限公司); RE-201D 多功能食品烘焙机(厦门捷鼎机械设备有限公司); 721 可见光分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司); DHG9203A 鼓风电热恒温干燥箱(上海善志仪器设备有限公司); SX2-2.5-10A 马弗炉(上海沪芮仪器厂); Centrifuge 5418R 高速冷冻离心机(德国艾本德股份公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 油甘果干碱法脱涩工艺

碱法脱涩: 配制不同浓度的 $NaHCO_3$ 溶液。称取油甘果干 10 g, 加入一定量的 $NaHCO_3$ 溶液, 然后置于不同温度下进行碱法脱涩处理, 脱涩处理一定时间后将油甘果干取出, 摊放在干燥盘中, 再放入烘干箱中烘干, 待用。

1.3.2 油甘果干-红茶复合茶包的制备

为赋予茶汤自然甜味与回味悠长的甘醇, 本研究以脱涩后的油甘果干与红茶为主料, 辅以红枣片和甘草片, 按比例混合制成复合茶包。具体方法为: 将脱涩处理后的

油甘果干粉碎。按一定配比取油甘果干碎末、红茶、红枣片、甘草片, 制成总质量为 10 g 的复合茶包。

1.4　指标测定

1.4.1　单宁含量测定

单宁含量以没食子酸计。将油甘果干粉碎, 精确称取 0.1000 g, 加入 60%(体积分数)乙醇溶液 1 mL, 超声条件下浸提 30 min, 然后以 10000 r/min 离心 15 min。取 0.1 mL 上清液于 10 mL 刻度试管, 加入 0.5 mL 福林酚试剂和 1.0 mL 7.5%(质量分数)碳酸钠溶液, 用蒸馏水定容至 10 mL, 避光反应 2 h, 在 725 nm 处测定其吸光度。同时配制没食子酸标准溶液, 按上述方法反应后测定吸光度, 制作标准曲线, 测算单宁含量[24–26]。

1.4.2　脱涩率测定

根据油甘果干在碱法脱涩处理前、后单宁含量的差值与油甘果干在脱涩处理前单宁含量的比值来计算脱涩率[27–28]。

1.4.3　茶包感官评价

取袋泡茶 1 包(10 g), 加 200 mL 沸水浸泡 3 min, 然后倒出茶汤进行品评。随机挑选 10 名经培训的食品专业学生按照表 1 的标准进行感官评分。

1.4.4　茶包理化指标测定

按照 GB/T 24690—2018《袋泡茶》的要求, 水分检验按 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》的规定执行; 总灰分按 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》的规定执行; 水浸出物按 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》的规定执行。

1.5　实验设计

1.5.1　单因素实验

(1)设定 $NaHCO_3$ 溶液质量分数为 2.5%, 脱涩温度为 30 ℃, 脱涩时间为 30 min, 分别考查不同固液比(g:mL, 下同)(1:1、1:2、1:3、1:4、1:5)对油甘果干脱涩率的影响。

(2)设定固液比为 1:3, 脱涩温度为 30 ℃, 脱涩时间为 30 min, 分别考查不同 $NaHCO_3$ 溶液浓度(质量分数为 1%、2%、3%、4%、5%)对油甘果干脱涩率的影响。

(3)设定 $NaHCO_3$ 溶液质量分数为 3%, 固液比为 1:2, 脱涩时间为 30 min, 分别考察不同脱涩温度(25、30、35、40、45 ℃)对油甘果干脱涩率的影响。

(4)设定 $NaHCO_3$ 溶液质量分数为 3%, 固液比为 1:2, 脱涩温度为 30 ℃, 分别考察不同脱涩时间(20、30、40、50、60 min)对油甘果干脱涩率的影响。

1.5.2　脱涩工艺的正交实验

在单因素实验的基础上, 采用正交设计助手进行 4 因素 3 水平的正交设计(表 2)。

表 1　油甘果干-红茶复合茶包感官评分标准表[29–30]

Table 1　Table of sensory scoring criteria for the *Phyllanthus emblica* L. dried fruit-black tea composite tea bag[29–30]

项目	评价	评分标准
色泽 (25 分)	汤香淡黄, 清澈透亮, 富有光泽	20~25
	汤色尚亮, 但颜色偏浅或偏深, 略有浑浊	11~19
	汤色深暗、浑浊或有大量悬浮物	1~10
香味 (30 分)	果香与茶香交融, 香气纯正、愉悦, 无任何异杂气	21~30
	茶香突出, 果香较淡, 香气类型较单一但尚纯正	11~20
	无油甘果香味或有不良气味	1~10
滋味 (40 分)	酸爽醇厚、甘甜协调, 涩感微弱且转化快, 回味持久	31~40
	酸甜协调, 涩感明显但可接受, 回味较短	21~30
	酸甜尚协调, 口感较淡, 回味不明显	11~20
	滋味不协调, 过酸过甜或苦涩味过重, 掩盖主体风味	1~10
外观 (5 分)	滤袋完整, 袋内原料色泽自然	5
	滤袋基本完整, 但原料色泽稍有偏差	3~4
	滤袋漏料, 原料色泽晦暗, 有较多碎片或杂质	1~2

表 2　脱涩工艺优化实验因素水平表

Table 2　Factor and level table for optimization experiment of deastringent process

因素水平	*A*(固液比)(g:mL)	*B* ($NaHCO_3$ 溶液浓度)/%	*C*(脱涩温度)/℃	*D*(脱涩时间)/min
1	1:2	2.5	32	25
2	1:3	3.0	35	30
3	1:4	3.5	38	35

1.5.3 茶包最佳配比的确定

为赋予茶包良好的口感，突显油甘果茶的特有风味，在前期实验的基础上，以茶包中的油甘果干(粉碎)比例(%)、红茶比例(%)、红枣(切片)比例(%)、甘草比例(%)为实验因素，分别选取 3 个水平，以茶包的感官评分为评价指标，采用 $L_9(4^3)$正交实验确定茶的包最佳配比，正交实验因素水平设计见表 3。

表 3 茶包配方优化实验因素水平表

Table 3 Factor and levels table for tea bag formula optimization experiment

因素水平	*E*(油甘果干比例)/%	*F*(茶叶比例)/%	*G*(红枣比例)/%	*H*(甘草比例)/%
1	40	25	10	5
2	50	30	15	10
3	60	35	20	15

注：为严格控制变量，确保感官评比的公平性，每个实验号的原料配比均进行归一化处理，并固定每个茶包的总内容物质量为(10.00±0.05) g。

1.6 数据处理

所有实验均设置 3 次平行，结果以平均值±标准偏差表示。采用正交设计助手 V3.1 对正交实验数据进行数据处理。图表绘制采用 Excel 2016 软件。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 固液比对油甘果干脱涩率的影响

固液比对油甘果干脱涩率的影响较大。由图 1(A)可以看出，当固液比增加至 1:2 以上后，随着固液比增大，脱涩率也增大，但是当固液比超过 1:4 后，油甘果干的天然风味损失较为严重，油甘果原有的香气与酸味变得不明显，由此实验处理后的油甘果干产品感官上不可接受，因此确定固液比 1:3 为此单因素的最优水平，后续选择固液比 1:2、1:3、1:4 进行正交实验。理论上，固液比 1:1 条件下，油甘果干的天然风味应保持得最好，但是实验中发现，固液比 1:1 条件下，$NaHCO_3$溶液未能完全浸没果干，因此其除涩效果不佳。

2.1.2 $NaHCO_3$溶液质量分数对油甘果干脱涩率的影响

如图 1(B)所示，随着 $NaHCO_3$溶液浓度增大，脱涩率先增大，后趋于平稳。当 $NaHCO_3$溶液质量分数为 3%时，脱涩率最高(69.73%)。$NaHCO_3$溶液为弱碱性，可以破坏油甘果干中的单宁物质[11,15]，其碱性没有烧碱强，因此对油甘果干中的有机酸等原有营养成分造成的损失也较小，较为合适用于水果除涩。据此单因素实验结果，进一步优化质量分数范围，选择 2.5%、3.0%、3.5%作为后续正交实验的水平。

2.1.3 脱涩温度对油甘果干脱涩率的影响

从图 1(C)可以看出，随着脱涩温度增加，油甘果干的脱涩率也逐渐增大。当脱涩温度从 25 ℃增加至 35 ℃时，油甘果干的脱涩率明显上升，超过 35 ℃后，脱涩率仍逐渐上升，但变化趋缓，且温度为 40 ℃、45 ℃时，脱涩处理后的油甘果干天然风味损失较为严重，感官上不可接受。综合考虑，选择 32、35、38 ℃为后续正交实验的水平。

2.1.4 脱涩时间对油甘果干脱涩率的影响

脱涩时间对油甘果干脱涩率的影响较大。从图 1(D)可以看出，随着脱涩时间延长，油甘果干的脱涩率先急剧增大，后缓慢上升，脱涩时间越长，脱涩率越大。同时感官

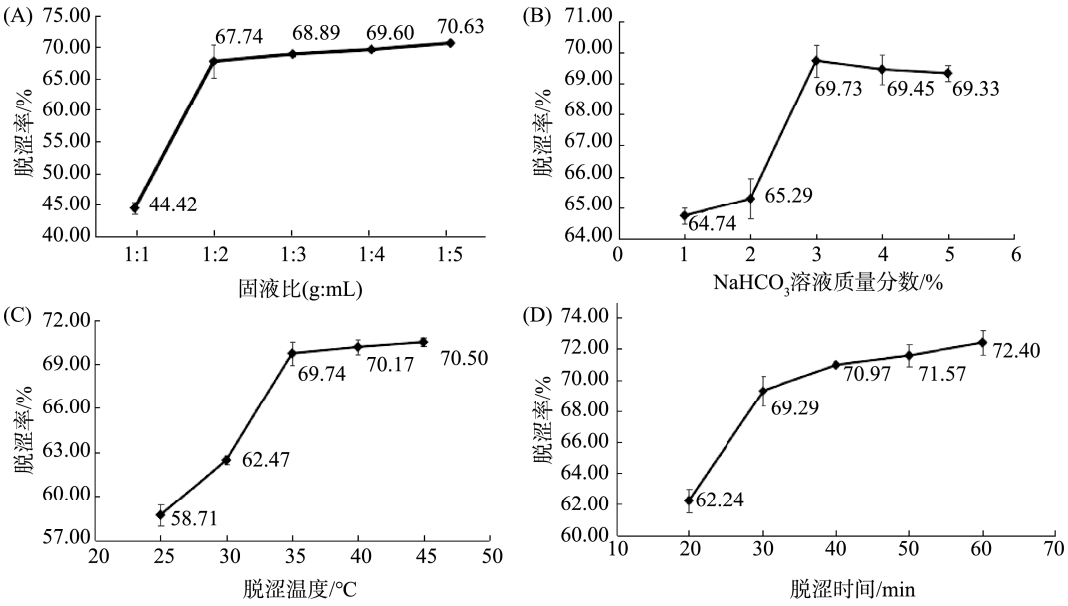


图 1 固液比、$NaHCO_3$溶液质量分数、脱涩温度、脱涩时间对油甘果干脱涩率的影响

Fig.1 Effects of solid-liquid ratio, $NaHCO_3$ solution mass fraction, deastringency temperature and deastringency time on the deastringency rate of dried *Phyllanthus emblica* L.

评价结果表明, 脱涩时间超过 40 min 后, 油甘果干的涩味虽然越来越不明显, 但酸味、香气等指标也越来越低, 感官上不可接受。因此脱涩时间不能超过 40 min, 选取 25、30、35 min 的脱涩时间用于后续的正交实验。

2.2　脱涩工艺正交实验结果

正交实验的设计与结果整理于表 4, 用正交设计助手进行数据分析, 结果表明, 对油甘果干脱涩率影响最大的因素是脱涩时间, 其次是固液比, $NaHCO_3$ 溶液浓度与脱涩温度的影响相对较小。油甘果干的最优脱涩工艺条件组合为 $A_2B_1C_2D_3$, 即固液比(g:mL)为 1:3, $NaHCO_3$ 质量分数 2.5%, 脱涩温度 35 ℃, 脱涩时间 35 min。在此条件下进行验证实验, 最终油甘果干的脱涩率为 71.38%。

2.3　茶包配方优化实验结果

按表 5 设计的茶包配方优化实验因素水平表, 对茶包中各成分的配比进行正交设计优化实验, 对茶包感官品质影响的主次顺序为 *E*(油甘果干比例)>*G*(红枣比例)>*F*(红茶比例)>*H*(甘草比例)。以表 5 为评分标准, 实验结果及分析表 5。由表 5 的极差分析可知, 4 个因素最优组合为 $E_2F_2G_3H_2$, 即油甘果干 50%、红茶 30%、红枣 20%、甘草 10%。在此条件下进行验证实验, 验证实验的感官评分为 87.2 分, 因此确定此配方组合为油甘果茶包的最佳配方。

表 4　油甘果干碱法脱涩正交实验结果

Table 4　Results of orthogonal experiment on alkaline deastringency of *Phyllanthus emblica* L.

实验编号	*A*(固液比)(g:mL)	*B* ($NaHCO_3$ 溶液浓度)/%	*C*(脱涩温度)/℃	*D*(脱涩时间)/min	脱涩率/%
1	1:2	2.5	32	25	66.06
2	1:2	3.0	35	30	66.88
3	1:2	3.5	38	35	68.28
4	1:3	2.5	35	35	71.25
5	1:3	3.0	38	25	67.63
6	1:3	3.5	32	30	69.51
7	1:4	2.5	38	30	69.09
8	1:4	3.0	32	35	69.83
9	1:4	3.5	35	25	67.34
平均值 1	67.073	68.800	68.467	67.010	
平均值 2	69.463	68.113	68.490	68.493	
平均值 3	68.753	68.377	68.333	69.787	
极差	2.390	0.687	0.157	2.777	
最优水平	A_2	B_1	C_2	D_3	

表 5　茶包配方优化正交实验结果

Table 5　Results of orthogonal experiment of tea bag formula optimization

实验编号	*E*(油甘果干比例)/%	*F*(红茶比例)/%	*G*(红枣比例)/%	*H*(甘草比例)/%	感官评分
1	40	25	10	5	70.8
2	40	30	15	10	78.8
3	40	35	20	15	76.3
4	50	25	15	15	82.5
5	50	30	20	5	85.9
6	50	35	10	10	80.2
7	60	25	20	10	81.6
8	60	30	10	15	80.4
9	60	35	15	5	78.7
平均值 1	75.300	78.300	77.133	78.467	
平均值 2	82.867	81.700	80.000	80.200	
平均值 3	80.233	78.400	81.267	79.733	
极差	7.567	3.400	4.134	1.733	
最优水平	E_2	F_2	G_3	H_2	

2.4 产品质量评价

2.4.1 感官指标

产品浸泡后的茶汤呈现淡黄色，透明度较好；具有较明显油甘果特有的清香；口感柔顺，苦涩感不明显，回味绵长。

2.4.2 理化指标

油甘果干-红茶复合茶包的水分含量 6.9 g/100 g；总灰分 7.22 g/100 g；水浸出物(质量分数)33.2%，3 项指标均符合 GB/T 24690—2018 中的有关规定。

3 结 论

本研究以油甘果干为原料，采用 $NaHCO_3$ 进行碱法脱涩，以脱涩率为评价指标，在单因素实验与正交实验的基础上，优化油甘果干碱法脱涩的工艺条件为：固液比(g:mL)为 1:3，$NaHCO_3$ 质量分数 2.5%，脱涩温度 35 ℃，脱涩时间 35 min。在此工艺条件下，油甘果干的脱涩率为 71.38%。同时，本研究还利用经此最优工艺脱涩的油甘果干，进一步研制油甘果干-红茶复合茶包，利用正交实验设计得出油甘果干-红茶复合茶包的最佳配方为油甘果干 50%、红茶 30%、红枣 20%、甘草 10%。应用此配方制作的茶包，浸泡后的茶汤色泽淡黄，透明光亮，具有较明显油甘果特有的清香，口感柔顺，苦涩感不明显，回味绵长，最终产品感官评分为 87.2 分。且水分、总灰分和水浸出物(质量分数)3 项指标均符合 GB/T 24690—2018 中的有关规定，为其工业化生产和市场推广提供了坚实依据。

参考文献

[1] 林春鸿, 甘阳英, 肖广江, 等. 中国余甘子产业发展的现状分析与发展建议[J]. 中国农学通报, 2022, 38(32): 148–154.
LIN CH, GAN YY, XIAO GJ, *et al*. *Phyllanthus emblica* L. industry in China: Current situation and development suggestions [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(32): 148–154.

[2] SINGH D, VERMA P. Sustainable utilization of *Phyllanthus emblica* L. in food industry: From waste to wealth [J]. Food and Bioprocess Technology, 2024, 17(3): 789–805.

[3] 郑自奋, 陈晓维, 邹波, 等. 不同品种余甘子果实营养成分分析及加工特性评价[J]. 现代食品科技, 2024, 40(7): 166–176.
ZHENG ZF, CHEN XW, ZOU B, *et al*. Analysis of nutritional components and evaluation of processing characteristics of different varieties of *Phyllanthus emblica* L fruits [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(7): 166–176.

[4] 刘晓晖, 吕乔, 吉雄, 等. 余甘子化学成分研究[J]. 中成药, 2023, 45(2): 458–462.
LIU XH, LV Q, JI X, *et al*. Studies on chemical constituents of *Phyllanthus emblica* L. [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2023, 45(2): 458–462.

[5] LEE J, PARK S. Development of functional food using *Phyllanthus emblica* L.: A systematic review of evidence from the last decade [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2024, 64(8): 2101–2117.

[6] 郑海云, 王斌, 翟永松, 等. 余甘子枸杞复方改善小鼠睡眠功能研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(3): 208–213.
ZHENG HY, WANG B, ZHAI YS, *et al*. Study on the sleep improvement function of *Phyllanthus emblica* L. and *Lyciumbarbarum* L. compound in mice [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(3): 208–213.

[7] GUPTA A, SHARMA M. Emblica officinalis fruit extract and its therapeutic potential in metabolic disorders: Evidence from preclinical studies [J]. Journal of Functional Foods, 2023, 107: 105673.

[8] GEFEI L, YUROU J, DINGKUN Z, *et al*. *Phyllanthi fructus*: A modal medicinal and food homologous item in quality evaluation [J]. Chinese Herbal Medicines, 2023, 15(3): 360–368.

[9] 王思雨, 郭凯, 曹亚兰, 等. 余甘子酚酸类组成、结构及功能性研究进展[J]. 现代食品, 2024, 30(2): 32–34.
WANG SY, GUO K, CAO YL, *et al*. Research progress on the composition, structure, and functional properties of phenolic acids in *Polygonatum sibiricum* [J]. Modern Food, 2024, 30(2): 32–34.

[10] ZHAO W, LI X. *Phyllanthus emblica* L.: A comprehensive review on its bioactive compounds and health benefits [J]. Food & Function, 2023, 14(5): 1234–1256.

[11] 王尧, 肖静怡, 霍之瀛, 等. 天然抗炎药——余甘子作用机制的研究进展[J]. 感染、炎症、修复, 2023, 24(4): 243–248.
WANG Y, XIAO JY, HUO ZY, *et al*. Research progress on the mechanism of action of natural anti-inflammatory drug *Phyllanthus emblica* L. [J]. Infection, Inflammation, Repair, 2023, 24(4): 243–248.

[12] 胡韵璇, 单勇军, 王小娟, 等. 余甘子精深加工现状、难点及对策[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(2): 203–211.
HU YX, SHAN YJ, WANG XJ, *et al*. Current situation, difficulties and countermeasures of deep processing of *Phyllanthus emblica* L. [J]. Food Research and Development, 2023, 44(2): 203–211.

[13] 吴紫彬, 刘亚男, 邹知静, 等. 灰色关联度法评价单宁酶对余甘子原汁品质的影响[J]. 食品科技, 2023, 48(8): 230–235.
WU ZB, LIU YN, ZOU ZJ, *et al*. Grey correlation method for evaluating the effect of tannase on the quality of *Phyllanthus emblica* L. juice [J]. Food Science and Technology, 2023, 48(8): 230–235.

[14] 张鹏, 韩双双, 李春媛, 等. 涩柿脱涩技术研究进展[J]. 包装工程, 2019, 40(11): 9–16.
ZHANG P, HAN SS, LI CY, *et al*. Research progress on astringency technology of astringent persimmons [J]. Packaging Engineering, 2019, 40(11): 9–16.

[15] 李雨潼, 陆胜民, 曹凤, 等. 苦槠子脱涩工艺优化及其炒制品感官评价[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(4): 811–814.
LI YT, LU SM, CAO F, *et al*. Optimization of astringency process for bitter chestnut seeds and sensory evaluation of stir fried products [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2022, 63(4): 811–814.

[16] 殷菲胧, 郑大典, 刘宇, 等. 不同脱涩处理对中田大山楂采后贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(17): 316–325.
YIN FL, ZHENG DD, LIU Y, *et al*. The effect of different de astringency treatments on the post harvest storage quality of Zhongtian hawthorn [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(17): 316–325.

[17] 范思敏, 穆宏磊, 郜海燕, 等. 山核桃仁碱法脱涩工艺研究[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(12): 2381–2389.

FAN SM, MU HL, GAO HY, *et al*. Research on the alkaline de astringency process of walnut kernels [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2021, 33(12): 2381–2389.

[18] 李宾, 邓杨勇, 高军龙, 等. 脱涩条件对山核桃粕多酚脱除率和黄酮含量的影响[J]. 食品科技, 2024, 49(5): 194–199.
LI B, DENG YY, GAO JL, *et al*. The effect of de astringency conditions on polyphenol removal rate and flavonoid content in walnut meal [J]. Food Science and Technology, 2024, 49(5): 194–199.

[19] BAEK WM, TILAHUN S, PARK D, *et al.* Targeted metabolites and antioxidant activities of 'Cheongdo-Bansi' and 'Daebong' persimmons at harvest and in response to CO_2 and ethylene treatments for deastringency [J]. LWT-Food Science and Technology, 2025, 34(4): 1124–1128.

[20] LIU ZX, ZHU X, ZHAO YT, *et al.* Effects of short-term treatment with high concentration CO_2 on post-harvest storage quality and antioxidant metabolism of plums [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(12): 1–8.

[21] VILHENA NQ, TESSMER MA, HERNANDO I, *et al*. Structural changes caused by CO_2 or ethanol deastringency treatments in cold-stored 'Giombo' persimmon [J]. Agronomy, 2022, 12(10): 2464–2464.

[22] HAN WJ, CAO K, SUO YJ, *et al.* Effect of deastringency treatment with CO_2 on physiological quality of 'Hiratanenashi' persimmon fruit [J]. Food Science, 2021, 42(17): 43–53.

[23] ARNAL L. Innovative pressurized CO_2 technology for rapid deastringency of tropical fruits: Case study on mangosteen [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2022, 78: 103–115.

[24] 姜继南, 宋昊, 任翔, 等. 不同脱涩方法对拐枣汁的脱涩效果研究[J]. 现代农业科技, 2023(12): 197–199.
JIANG JN, SONG H, REN X, *et al*. Study on the astringency effect of different astringency methods on jujube juice [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2023(12): 197–199.

[25] 顾晓雨, 李雨蒙, 陈玺之, 等. 响应面法优化蓝靛果果汁脱涩工艺[J]. 包装工程, 2022, 43(1): 115–123.
GU XY, LI YM, CHEN XZ, *et al*. Response surface methodology for optimizing the de astringency process of indigo fruit juice [J]. Packaging Engineering, 2022, 43(1): 115–123.

[26] NAVARRO P, SALVADOR A, FERNÁNDEZ JM. Quantification of tannins and deastringency efficiency in persimmon cv. 'Rojo Brillante' [J]. LWT-Food Science and Technology, 2023, 173: 114–125.

[27] ZHANG Y, WANG L, TANAKA T, *et al*. Persimmon fruit deastringency: Mechanisms and quantitative analysis [J]. Postharvest Biology and Technology, 2023, 195: 112–123.

[28] 李志强, 王雪梅, 陈晓峰, 等. 响应面法优化柿果脱涩工艺及单宁动态变化分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 89–97.
LI ZQ, WANG XM, CHEN XF, *et al*. Response surface methodology optimization of persimmon fruit de astringency process and analysis of dynamic changes in tannins [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(15): 89–97.

[29] 贾娟, 翟雪静, 乔薪蓓, 等. 基于模糊数学法综合评价金花葵袋泡茶制备工艺[J]. 中国食品添加剂, 2023(8): 179–190.
JIA J, ZHAI XJ, QIAO XB, *et al*. Comprehensive evaluation of the preparation process of Jin Hua Kui bagged tea based on fuzzy mathematics method [J]. China Food Additives, 2023(8): 179–190.

[30] 张雪峰, 李婉莹, 陈昊. 基于模糊数学的茉莉花袋泡茶感官品质综合评价[J]. 茶叶科学, 2024, 44(3): 412–420.
ZHANG XF, LI WY, CHEN H. Comprehensive evaluation of sensory quality of jasmine tea bag based on fuzzy mathematics [J]. Journal of Tea Science, 2024, 44(3): 412–420.

(责任编辑: 安香玉　蔡世佳)