

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw202302026

刘治年, 吴豫平, 王欣颖, 等, 2024. 姜蛋白脱除刺梨果汁中单宁的工艺研究 [J]. 广西植物, 44(6): 1052–1059.

LIU ZN, WU YP, WANG XY, et al., 2024. Technical study of removing tannins from *Rosa roxburghii* juice using ginger protein [J]. Guihaia, 44(6): 1052–1059.

姜蛋白脱除刺梨果汁中单宁的工艺研究

刘治年^{1,2}, 吴豫平^{1,2}, 王欣颖³, 田弋夫², 林 剑², 余德顺^{1,2*}

(1. 贵州大学 化学与化工学院, 贵阳 550025; 2. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 超临界流体技术研究中心, 贵阳 550081; 3. 贵州初好农业科技开发有限公司, 贵州 六盘水 553000)

摘要: 为有效脱除刺梨果汁 (*Rosa roxburghii* juice) 中的单宁, 降低其涩味改善口感, 该研究以刺梨果汁为对象, 采用化学沉淀法, 以姜蛋白为单宁脱除剂, 并以单宁脱除率和维生素 C (VC) 保留率为考察指标, 采用单因素实验和正交试验优化姜蛋白脱除单宁工艺确定最优工艺。结果表明: (1) 姜蛋白脱除刺梨果汁单宁的最优工艺条件为液固比 30 : 1.2 (mL : g), 刺梨果汁 pH 3.0, 搅拌温度 5 °C, 搅拌时间 30 min。 (2) 由正交试验分析可知, 各因素对刺梨果汁脱除单宁的影响程度依次为液固比 > 搅拌温度 > 刺梨果汁 pH > 搅拌时间。 (3) 在最优工艺条件下, 单宁脱除率为 (47.451 ± 0.608) %, VC 保留率为 (75.904 ± 1.244) %。 (4) 在最优工艺条件下, 果汁透光率从 (8.44 ± 0.662) % 提高到 (92.47 ± 0.397) %, 涩味明显改善, 同时丰富了刺梨果汁风味。该研究结果为解决刺梨果汁深加工行业面临的共性关键技术问题提供了一个新思路和新工艺技术路线基础, 也为拓展生姜资源的综合利用奠定了一定技术基础。

关键词: 刺梨果汁, 姜蛋白, 单宁, 化学沉淀法, 维生素 C (VC)

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2024)06-1052-08

Technical study of removing tannins from *Rosa roxburghii* juice using ginger protein

LIU Zhinian^{1,2}, WU Yuping^{1,2}, WANG Xinying³, TIAN Yifu², LIN Jian², YU Deshun^{1,2*}

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Research Center of Supercritical Fluid Technology, State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China; 3. Guizhou Chuhao Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Liupanshui 553000, Guizhou, China)

Abstract: With the aim of effectively removing tannin from *Rosa roxburghii* juice, reducing astringency, and enhancing its taste, chemical precipitation was applied, and ginger protein was used as the tannin remover. Besides, tannin removal rate and vitamin C (VC) retention rate were adopted as the key analytical parameters. In addition, single-factor experiment and orthogonal test were used to determine the optimal tannin removal process for ginger protein. The results

收稿日期: 2023-05-14 接受日期: 2023-06-15

基金项目: 中国科学院科技扶贫项目 (KFJ-FP-202103); 中国科学院科技支撑乡村振兴项目 (KFJ-FU-202201)。

第一作者: 刘治年 (1997—), 硕士研究生, 研究方向为精细化工与绿色制造, (E-mail) 1962895481@qq.com。

*通信作者: 余德顺, 研究员, 硕士研究生导师, 研究方向为生物资源开发与精细化工、超临界流体技术, (E-mail) yudeshun@mail.gyig.ac.cn。

were as follows: (1) The optimal conditions for removing tannin from *R. roxburghii* juice with ginger protein were a liquid-solid ratio of 30 : 1.2 (mL : g), *R. roxburghii* juice pH of 3.0, a stirring temperature of 5 °C, and a stirring time of 30 min. (2) According to orthogonal test analysis, the degree of influence of various factors on removing tannin from *R. roxburghii* juice was liquid-solid ratio > stirring temperature > *R. roxburghii* juice pH > stirring time. (3) Under the optimal process conditions, the tannin removal rate and VC retention rate were (47.451±0.608)% and (75.904±1.244)% respectively. (4) Under the optimal process conditions, juice transmittance rate increased from (8.44±0.662)% to (92.47±0.397)%, the astringency of *R. roxburghii* juice was significantly reduced, and its flavor was improved. In summary, this study provides a novel approach and a new technological route for solving common key technical problems faced by the deep processing industry of *R. roxburghii* juice and also provides a certain technical reference for exploiting ginger resources comprehensively.

Key words: *Rosa roxburghii* juice, ginger protein, tannin, chemical precipitation, vitamin C (VC)

刺梨(*Rosa roxburghii*)为蔷薇科多年生灌木,其果实为扁球形浆果,密生软刺,成熟时为黄棕色。在我国主要分布于贵州、四川、广西等亚热带及暖温带地区,尤其以贵州分布最为广泛,作为贵州民族药材被广泛应用(梁勇等,2022),刺梨种植及其果实的精深加工产品也是现阶段当地脱贫攻坚衔接乡村振兴的重要产业。刺梨果实中含有多糖、黄酮、三萜类化合物、VC、单宁等多种活性成分(付阳洋等,2020),其主要生物活性作用有抗氧化、预防癌症、血糖干预等(张怀山等,2022;伍勇等,2023),由于刺梨的VC含量颇丰,被誉为“维生素C之王”(赵斯尘和王永刚,2022),是营养价值及药用价值都很高的“第3代水果”(胡斯杰等,2017)。但是,单宁在刺梨果实中的含量也非常丰富,一般在0.6%以上,最高可达2.2%(罗小杰,2011),导致刺梨及其加工的原果汁具有较重的酸涩味。其原因是单宁与口腔黏膜上的蛋白质相互作用时唾液失去润滑性,舌尖皮组织收缩,有干燥感,从而产生涩味(Soares et al., 2018)。过高的单宁含量还易发生褐变且产生沉淀(张家臣等,2020),严重影响刺梨及其加工产品的口感、货架寿命及在市场上的推广销售,因此如何在尽可能保留VC含量的同时降低刺梨原果汁中单宁含量以改善口感、延长其贮藏周期是刺梨产业面临的一个共性关键问题。

目前,已报道的降低刺梨果汁苦涩味即脱除单宁的常见工艺方法有物理吸附法、化学沉淀法、生物水解法以及综合处理法。其中,物理吸附法主要运用活性炭、大孔吸附树脂等对刺梨单宁进行吸附(王习霞等,1994;岳珍珍等,2016);化学沉

淀法主要采用壳聚糖、明胶等与单宁反应形成沉淀(梁芳等,2011);生物水解法主要用单宁酶对单宁进行水解(罗昱等,2013;朱一方等,2020);综合处理法是将上述3种方法进行适当组合(张瑜等,2016;金佳幸等,2022)。目前,脱除刺梨果汁单宁的工艺方法都不尽完善,大多数工艺均存在处理时间长、果汁澄清效果差或VC保留率低等问题,缺乏实际推广应用,因此非常有必要研究开发一种脱除刺梨果汁单宁的新工艺方法。单宁与蛋白质相互作用形成沉淀(Szczurek, 2021)是其特有的化学性质,生姜蛋白酶是一类重要的植物蛋白属木瓜蛋白酶一族,具有良好的抗菌、抗炎、抗氧化等生物活性和澄清等作用(唐泽群等,2021),姜蛋白作用于刺梨果汁进行单宁脱除以改善刺梨果汁涩味的相关研究尚未见报道。

本研究以刺梨果汁为对象,利用蛋白质和单宁特异性沉淀作用的原理,采用化学沉淀法分离单宁,通过单因素实验和正交试验优化姜蛋白脱除刺梨单宁的工艺,探讨以下问题:(1)姜蛋白脱除单宁的效果如何;(2)姜蛋白脱除单宁过程中对VC含量的影响如何;(3)原刺梨果汁与脱除单宁后果汁的透光率、色泽、口感的变化如何。以期刺梨果汁脱单宁降涩味及改善相关感官提供新技术工艺路线,也为拓展生姜资源综合利用提供新途径。

1 材料与amp;方法

1.1 材料和试剂

原料:刺梨果原汁,贵州初好农业科技开发有

限公司提供(2022年9月产,储藏于1~4℃冷库);姜渣,本实验室按朱艺佳等(2023)超临界CO₂姜油提取法提取姜油后得到,其原料生姜产自贵州省水城区中科院扶贫项目示范种植地,系当地小黄姜品种。

试剂:抗坏血酸、没食子酸(源叶科技有限公司),分析纯;柠檬酸、碳酸氢钠(潍坊英轩实业有限公司),食品级;其余试剂均为分析纯;实验用水为实验室纯水系统制备二次纯净水。

1.2 仪器和设备

HPLC(1260),美国安捷伦仪器公司;U-T 6紫外分光光度计,北京普析通用有限责任公司;WGLL-30 BE 电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;DHS-16 A 水分测定仪,宁波力辰科技;TG 16-WS 高速台式离心机,湖南迈克实验仪器有限公司;DF-101 S 集热式恒温加热磁力搅拌器,上海力晨邦西仪器科技有限公司;Model pH S-3 C pH Meter,上海双旭电子有限公司。

1.3 方法

1.3.1 姜蛋白提取 参照陈文平等(2016)的提取方法并进行预实验后,确定姜蛋白提取方案如下:姜渣与提取溶剂纯净水料液比1:23(g:mL),混合后将置于5℃冰浴条件下搅拌提取3h,抽滤除姜渣再离心(6000 r·min⁻¹,20 min)除淀粉,加入20 mmol·L⁻¹的柠檬酸使蛋白聚集沉淀,离心(6000 r·min⁻¹,20 min)收集沉淀,于4℃冰箱保存待用。该姜蛋白含水率为(88.52±1.52)%,姜蛋白提取率为(8.53±0.66)%,姜蛋白纯度为(58.50±2.23)%;在脱除单宁的实验过程中,姜蛋白添加量按干重计,即10.00 g湿蛋白按1.15 g干姜蛋白计。

1.3.2 刺梨单宁脱除 量取30 mL刺梨原汁于100 mL烧杯中,用柠檬酸、碳酸氢钠饱和溶液调节pH至一定值,按液固比(mL:g)添加1.3.1中提取到的姜蛋白,然后在设定温度的恒温水浴锅中匀速搅拌进行单宁脱除反应一定时间,实验温度低于室温时采用冰浴调节,反应完成后取出转移至高速离心机中,设定转速6000 r·min⁻¹离心20 min,收集上清液,检测单宁含量和VC含量。

1.3.3 指标测定 单宁含量的测定:采用NY/T 1600—2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法》。标准曲线方程为 $y=0.11584x+0.02842$, $R^2=0.9982$,线性范围0~10 mg·L⁻¹,式

中: x 为样品的吸光度值(Abs 765 nm); y 为刺梨单宁含量值。

VC含量的测定:参照钱志瑶等(2021)的高效液相色谱检测方法,标准曲线方程为 $y=91.1x+27$, $R^2=0.9998$,线性范围0~100 μg·mL⁻¹,式中: x 代表VC的含量; y 代表VC的峰面积。

透光率的测定:参照罗小杰(2011)的检测方法,以水作参比,在560 nm处测定刺梨果汁透光率 $T_{560\text{nm}}$ 。

1.3.4 指标分析 姜蛋白提取率见计算式(1)。

$$\text{蛋白提取率}(\%) = \frac{\text{沉淀干重}(\text{g})}{\text{干姜粉质量}(\text{g})} \times 100 \quad (1)$$

姜蛋白纯度见计算式(2)。

$$\text{蛋白纯度}(\%) = \frac{\text{沉淀中的蛋白含量}(\text{g})}{\text{沉淀质量}(\text{g})} \times 100 \quad (2)$$

单宁脱除率见计算式(3)。

$$E(\%) = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100 \quad (3)$$

式中: E 为单宁脱除率(%); S_0 为刺梨果汁初始单宁含量(mg·L⁻¹); S_1 为刺梨果汁脱除单宁后的剩余单宁含量(mg·L⁻¹)。

VC保留率见计算式(4)。

$$R(\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (4)$$

式中: R 为VC保留率(%); m_1 为刺梨果汁初始VC含量(μg·mL⁻¹); m_2 为刺梨果汁脱单宁后VC含量(μg·mL⁻¹)。

1.3.5 单因素实验设计

1.3.5.1 液固比对单宁脱除率和VC保留率的影响 刺梨果汁与姜蛋白液固比30:0.3、30:0.6、30:0.9、30:1.2、30:1.5、30:1.8(mL:g),刺梨果汁pH 3.5,搅拌温度25℃,搅拌时间45 min。

1.3.5.2 pH对单宁脱除率和VC保留率的影响 液固比30:0.9(mL:g),刺梨果汁pH值2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0,搅拌温度25℃,搅拌时间45 min。

1.3.5.3 搅拌温度对单宁脱除率和VC保留率的影响 液固比30:0.9(mL:g),刺梨果汁pH 3.5,搅拌温度5、15、25、35、45、55℃,搅拌时间45 min。

1.3.5.4 搅拌时间对单宁脱除率和VC保留率的影响 液固比30:0.9(mL:g),刺梨果汁pH 3.5,搅

拌温度 5 ℃, 搅拌时间 15、30、45、60、75、90 min。

1.3.6 正交试验设计 根据单因素实验结果确定正交试验水平, 以单宁脱除率和 VC 保留率为试验考察指标。以刺梨果汁与姜蛋白液固比、刺梨果汁 pH、搅拌温度、搅拌时间做四因素三水平正交试验 $L_9(3^4)$, 正交试验设计见表 1。

表 1 正交试验因素与水平
Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平 Level	因素 Factor			
	A 液固比 Liquid-solid ratio (mL : g)	B 刺梨果汁 pH <i>Rosa roxburghii</i> juice pH	C 搅拌温度 Stirring temperature (℃)	D 搅拌时间 Stirring time (min)
1	30 : 0.6	3.0	5	30
2	30 : 0.9	3.5	15	45
3	30 : 1.2	4.0	25	60

1.4 数据处理

每组数据进行 3 次平行实验, 实验数据均用平均值±标准偏差表示。应用 Excel 2019 进行数据分析, 使用 Origin 2018 作图。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 液固比对单宁脱除率和 VC 保留率的影响

由图 1 可知, 随着刺梨果汁与姜蛋白液固比值的减小, 单宁脱除率增大, 当液固比减小到一定程度时, 单宁脱除率趋于平缓, 当液固比达到 30 : 1.5 (mL : g) 时, 刺梨果汁中高分子量的单宁与姜蛋白反应基本处于平衡状态。有研究表明, 蛋白质与 VC 在静电作用力下会自发地相互结合(梁文慧等, 2022)。由图 1 可知, 随着液固比的减小, 姜蛋白与 VC 相互结合的量越多, VC 保留率减小。综上所述, 选择液固比为 30 : 0.9 (mL : g) 时, 单宁脱除率较好, VC 保留率也相对较高。

2.1.2 pH 对单宁脱除率和 VC 保留率的影响 由图 2 可知, pH 对单宁脱除率的影响很小, 无明显变化, 但对 VC 保留率有较大的影响。刺梨原液的 pH 为 3.5 左右, 调节 pH 后会破坏刺梨果汁的原环境, 进而对 VC 的保留有较大的影响。在实验过程

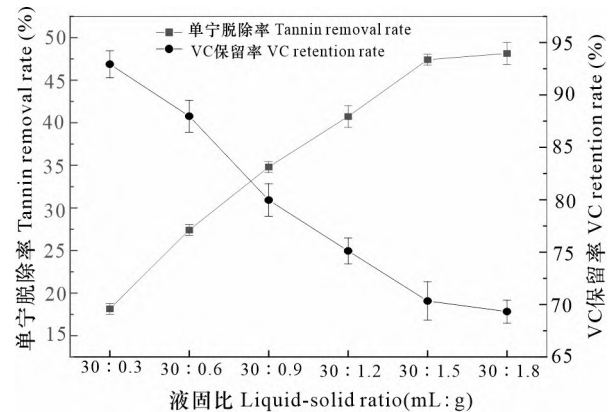


图 1 液固比对单宁脱除率和 VC 保留率的影响
Fig. 1 Effects of liquid-solid ratio on tannin removal rate and VC retention rate

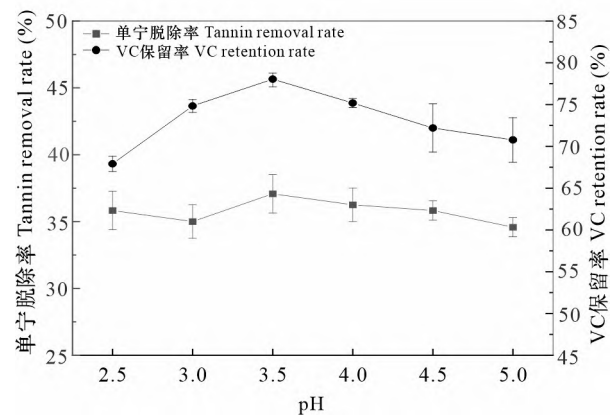


图 2 pH 值对单宁脱除率和 VC 保留率的影响
Fig. 2 Effects of pH on tannin removal rate and VC retention rate

中发现, 当调节的 pH 过大地偏离原果汁的 pH 时, 果汁褐变氧化程度加大。综上所述, 选择 pH 为 3.5 较为适宜。

2.1.3 搅拌温度对单宁脱除率和 VC 保留率的影响 温度是影响单宁类化合物与蛋白质结合的重要环境因素之一, 主要影响氢键和疏水相互作用。由图 3 可知, 温度对单宁脱除率的影响较大, 随着温度的升高单宁脱除率减小, Prigent 等(2003)研究表明低温环境更有利于单宁与蛋白质结合。VC 的保留率也随温度的升高而降低, 有研究表明 VC 在温度较低的环境下相对稳定, 温度升高会破坏 VC 的稳定性(张彩芳等, 2017)。综上所述, 选择搅拌温度为 5 ℃ 较为适宜。

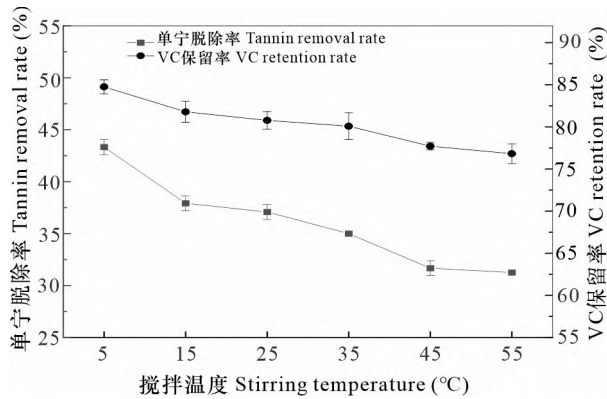


图3 搅拌温度对单宁脱除率和VC保留率的影响
Fig. 3 Effects of stirring temperature on tannin removal rate and VC retention rate

2.1.4 搅拌时间对单宁脱除率和VC保留率的影响 由图4可知,随着搅拌时间的增加,单宁脱除率呈先增加后降低的趋势,当搅拌时间为45 min时,单宁的脱除率最高。李海鹏等(2006)研究表明单宁与蛋白质相互结合的过程属于可逆反应,由此可知当单宁与蛋白相互结合达到平衡后,长时间搅拌会使单宁从聚合物中释放出来。VC保留率随着搅拌时间的增加缓慢降低,蛋白作用于刺梨汁的时间越久,蛋白与VC之间结合的量越多,导致VC的保留率降低。综上所述,选择搅拌时间45 min较为适宜。

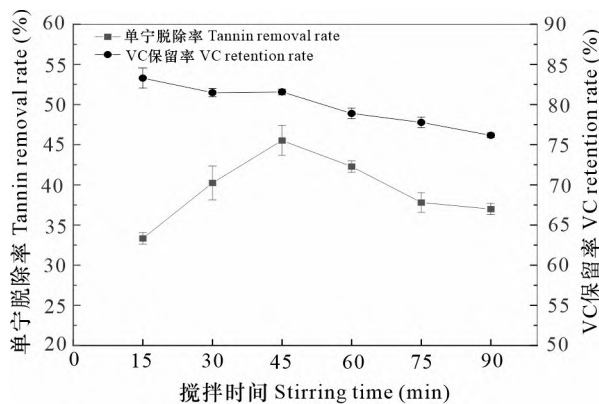


图4 搅拌时间对单宁脱除率和VC保留率的影响
Fig. 4 Effects of stirring time on tannin removal rate and VC retention rate

2.2 正交试验结果

根据单因素实验结果的分析,采用 $L_9(3^4)$ 正

交试验表对刺梨果汁单宁脱除和VC保留的工艺进一步优化,结果见表2。由表2可知,极差R的波动幅度代表了实验因素对单宁脱除率和VC保留率的影响程度。影响刺梨果汁中单宁脱除影响因素的主次顺序为 $A>C>B>D$,其最优组合为 $A_3B_1C_1D_1$,对应的加工工艺条件是刺梨果汁与姜蛋白液固比为30:1.2(mL:g),刺梨果汁pH为3.0,搅拌温度为5℃,搅拌时间为30min;对果汁中VC保留影响因素的主次顺序为 $A>B>C>D$,其最优组合为 $A_1B_2C_3D_1$,对应的加工工艺条件是刺梨果汁与姜蛋白液固比为30:0.6(mL:g),刺梨果汁pH为3.5,搅拌温度为25℃,搅拌时间为30min。由于以上最优工艺组合不在正交表中,因此对最优工艺进行实验验证,进行3次平行实验。最优单宁脱除的实验组合结果表明,单宁脱除率为 $(47.451 \pm 0.608)\%$,VC保留率为 $(75.904 \pm 1.244)\%$;最优VC保留的实验组合结果表明,单宁脱除率为 $(30.392 \pm 0.886)\%$,VC保留率为 $(85.902 \pm 1.459)\%$ 。两组最优实验的VC保留率相差10%左右,单宁脱除率相差17%左右,单宁脱除率的变幅大于VC保留率的变幅,本研究虽同时以单宁脱除率和VC保留率为考察指标,但目的是最大程度脱除单宁以解决涩味这一关键问题,同时尽可能保留VC,因此确定最优工艺方案为 $A_3B_1C_1D_1$ 。

2.3 姜蛋白脱单宁对刺梨果汁的影响

通过单因素实验和正交试验优化后的姜蛋白脱除刺梨果汁单宁工艺,在最优参数条件下制备脱涩刺梨果汁,对其单宁含量、VC含量、透光率、色泽和口感进行了相关分析并与刺梨果原汁进行了对比,结果见表3,其色泽感官对比见图5。

3 讨论与结论

刺梨果汁中单宁主要类型为没食子酸类的水解单宁(Huang et al., 2022),其含量过高时带来较重的涩味影响口感,在一定条件下发生分解反应产生 CO_2 (聂宏达,2017),与空气接触易变色,以及在贮藏过程中与刺梨中的其他大分子物质如刺梨蛋白、多糖等作用形成沉淀进一步影响感官,因此该行业中刺梨果汁(原汁)面临的如何解决酸涩味、胀气、褐变及沉淀等技术难题严重影响了刺梨果汁市场营销及作为原料进一步的加工生产。

表 2 正交试验结果
Table 2 Results of orthogonal test

实验号 Test number	A 液固比 Liquid-solid ratio (mL : g)	B 刺梨果汁 pH <i>Rosa roxburghii</i> juice pH	C 搅拌温度 Stirring temperature ($^{\circ}\text{C}$)	D 搅拌时间 Stirring time (min)	单宁脱除率 Tannin removal rate (%)	VC 保留率 VC retention rate (%)
1	1(30 : 0.6)	1(3.0)	1(5)	1(30)	35.772±0.704	82.761±1.392
2	1	2(3.5)	2(15)	2(45)	32.114±1.863	86.897±2.139
3	1	3(4.0)	3(25)	3(60)	27.642±1.863	85.827±2.077
4	2(30 : 0.9)	1	2	3	40.244±1.220	75.536±3.070
5	2	2	3	1	38.211±1.408	84.218±2.192
6	2	3	1	2	40.650±0.704	78.621±0.744
7	3(30 : 1.2)	1	3	2	42.276±1.408	70.976±1.077
8	3	2	1	3	45.122±1.220	70.593±1.767
9	3	3	2	1	42.683±1.220	70.045±0.352
单宁脱除率 Tannin removal rate	K ₁	95.528	118.293	121.545	116.667	单宁脱除率最优组合 Optimal combination of tannin removal rate A ₃ B ₁ C ₁ D ₁
	K ₂	119.106	115.447	115.041	115.041	
	K ₃	130.081	110.976	108.130	113.008	
	R	34.553	7.317	13.415	3.659	
VC 保留率 VC retention rate	K ₁	255.485	229.273	231.976	237.025	VC 保留率最优组合 Optimal combination of VC retention rate A ₁ B ₂ C ₃ D ₁
	K ₂	238.376	241.709	232.478	236.495	
	K ₃	211.614	234.493	241.021	231.956	
	R	43.871	12.435	9.045	5.069	

表 3 姜蛋白脱单宁对刺梨果汁的影响
Table 3 Effect of tannin removal by ginger protein on *Rosa roxburghii* juice

实验组 Test group	单宁含量 Tannin content (mg · mL ⁻¹)	VC 含量 VC content (mg · mL ⁻¹)	透光率 Transmittance (%)	色泽 Color	口感 Tasted
刺梨果原汁 Raw juice of <i>R. roxburghii</i>	16.91± 0.101	16.09± 0.062	8.44± 0.662	浑浊,暗黄色,久置易褐 变且产生沉淀 Turbid, dark yellow, easy to brown and precipitate after a long time	刺梨果香味浓郁,涩味较重, 口腔有明显干燥感 <i>R. roxburghii</i> unique aroma rich, but heavy astringency, and there is obvious dry sensation in the mouth
脱单宁刺梨果汁 Detannin juice of <i>R. roxburghii</i>	8.93± 0.054	12.20± 0.092	92.47± 0.397	清亮透明,金黄色,久置 颜色变化很小且基本无 沉淀产生 Clear and transparent, golden yellow, little color change over time and basically no precipitation	刺梨果香味浓郁,带有淡淡的 姜香味,略有涩味,口腔无明 显干燥感 <i>R. roxburghii</i> unique aroma rich, with a slight ginger flavor, and light astringency, and there is no obvious dry sensation in the mouth

已有报道利用蛋白质来脱除刺梨果汁单宁的蛋白主要有明胶和单宁酶。梁芳等(2011)研究不同添加剂对刺梨果汁单宁的脱除,明胶添加量 0.8%,充分搅拌,自然放置 15 h 后测定各项指标,单宁脱除率达到 54.40%,但 VC 保留率仅为

42.85%,虽然其单宁脱除率良好,但其处理时间长,VC 保留率低;罗昱等(2013)使用单宁酶脱除刺梨果汁单宁的最优工艺条件为单宁酶添加量 0.12%、pH 4.5、脱除温度 45 $^{\circ}\text{C}$ 、脱除时间 100 min,单宁脱除率为 76.07%,VC 保留率为 72.13%,



a. 刺梨果原汁; b. 脱单宁刺梨果汁。
a. Raw juice of *R. roxburghii*; b. Detannin juice of *R. roxburghii*.

图5 姜蛋白脱单宁对刺梨果汁的感官影响

Fig. 5 Sensory effects of tannin removal by ginger protein on *Rosa roxburghii* juice

虽然其单宁脱除率较高、VC保留率良好,但澄清效果不明显,不能解决果汁褐变问题。单宁最重要的化学性质之一是与蛋白发生絮凝形成沉淀(石长波等,2022),姜蛋白是一种具有开发前景的植物蛋白,因此选择姜蛋白与刺梨果汁中的单宁作用形成姜蛋白-刺梨单宁沉淀,分离沉淀可达到脱除单宁降低涩味的目的。本研究提出的姜蛋白脱除刺梨单宁,最优工艺技术条件为姜蛋白与刺梨原果汁的液固比30:1.2(mL:g)、果汁pH3.0、反应温度5℃、搅拌时间30min,在最优工艺条件下单宁脱除率为(47.451±0.608)%,VC保留率为(75.904±1.244)%,果汁透光率从(8.44±0.662)%提高到(92.47±0.397)%,单宁脱除效果良好,VC保留率较高,澄清效果明显,同时还丰富了刺梨果汁的风味。与已有研究相比,本研究的单宁脱除率较明胶、单宁酶法处理后的脱除率相对偏低,其原因可能与提取到的姜蛋白中含有部分淀粉等杂质有关,表明作为单宁脱出剂的姜蛋

白有进一步纯化的必要;VC保留率相对较高,其原因与本研究中处理时间短和温度低有关,因为长时间暴露在温度较高的环境中VC易氧化褐变。

单宁具有抗氧化、抑菌、调节血糖等生物活性(黄达荣等,2021),在刺梨果汁中不可能被完全去除且过度去除还会影响果汁中VC的保留率。本研究结果表明,采用姜蛋白脱除刺梨果汁中单宁的新工艺在尽可能除去单宁降低涩味的同时最大程度地保留了VC,同时还对果汁起到良好的澄清作用,技术可行,操作简单,添加量较少且来源于植物提取物,安全性更高,对解决刺梨果汁脱涩这一行业关键共性技术问题提供了新思路,奠定了新的技术路线基础,也为生姜资源综合利用拓展领域提供了新的方向和技术支撑。

参考文献:

- CHEN WP, ZHU ZW, FAN SJ, 2016. Process optimization of ginger protease extraction by citric acid precipitation [J]. *J Food Saf Qual*, 7(10): 4216-4220. [陈文平, 朱照武, 樊世杰, 2016. 柠檬酸沉淀法提取生姜蛋白酶的工艺优化[J]. *食品安全质量检测学报*, 7(10): 4216-4220.]
- FU YY, LIU JM, LU XL, et al., 2020. Research progress on main active components and pharmacological effect of *Rosa roxburghii* Tratt. [J]. *Sci Technol Food Ind*, 41(13): 328-335. [付阳洋, 刘佳敏, 卢小鸾, 等, 2020. 刺梨主要活性成分及药理作用研究进展[J]. *食品工业科技*, 41(13): 328-335.]
- HU SJ, TONG CQ, ZHENG LP, et al., 2017. Chemical composition pharmacological effects and property taste and meridian tropism of *Rosa roxburghii* Tratt. [J]. *Farm Prod Proc*, (3): 48-50. [胡斯杰, 佟长青, 郑鲁平, 等, 2017. 刺梨的化学成分 药理作用与性味归经[J]. *农产品加工*, (3): 48-50.]
- HUANG D, LI C, CHEN Q, et al., 2022. Identification of polyphenols from *Rosa roxburghii* Tratt. pomace and evaluation of *in vitro* and *in vivo* antioxidant activity [J]. *Food Chem*, 377: 131922.
- HUANG DR, ZHANG YZ, ZHENG BT, et al., 2021. Review on separation, purification and functional activity of plant tannin [J]. *Food Mach*, 37(8): 225-230. [黄达荣, 张雅甄, 郑百涛, 等, 2021. 植物单宁分离提纯及功能活性研究进展[J]. *食品与机械*, 37(8): 225-230.]
- JIN JX, ZHANG HJ, YUE HL, et al., 2022. Research on destringency of raw chestnut rose juice and preparation of its blended fruit-vegetable juice with pear and pumpkin [J]. *Sci Technol Food Ind*, 43(16): 255-262. [金佳幸, 张海娟, 岳华岭, 等, 2022. 金刺梨原汁脱涩及其与梨-南瓜复配果蔬汁的研制[J]. *食品工业科技*, 43(16): 255-262.]
- LI HP, 2006. Study on the interaction of tannic acid with trypsin and BSA [D]. Taiyuan: Shanxi University. [李海

- 鹏, 2006. 单宁酸与胰蛋白酶和牛血清白蛋白相互作用的研究 [D]. 太原: 山西大学.]
- LIANG F, GAO X, YANG X, et al., 2011. Effects of different additives on the quality stability of *Rosa roxburghii* Tratt. juice [J]. *Food Sci*, 32(23): 53-57. [梁芳, 高霞, 杨雪, 等, 2011. 不同添加剂对刺梨果汁品质稳定性的影响 [J]. *食品科学*, 32(23): 53-57.]
- LIANG WH, WANG XT, HUANG LL, et al., 2022. Study on the interaction between vitamin C drug molecule and bovine serum albumin [J]. *Shandong Chem Ind*, 51(19): 15-19. [梁文慧, 王雪婷, 黄璐璐, 等, 2022. 维生素 C 药物分子与牛血清白蛋白相互作用的研究 [J]. *山东化工*, 51(19): 15-19.]
- LIANG Y, LI LQ, WANG L, et al., 2022. Chemical constituents and their anti-inflammatory activities from rhizome of ethnic medicine *Rosa roxburghii* [J]. *Guihaia*, 42(9): 1531-1541. [梁勇, 李良群, 王丽, 等, 2022. 民族药刺梨根茎化学成分及其抗炎活性研究 [J]. *广西植物*, 42(9): 1531-1541.]
- LUO XJ, 2011. Study on clarification technology of *Rosa roxburghii* juice [J]. *Light Ind Sci Technol*, 27(4): 6-7. [罗小杰, 2011. 刺梨果汁澄清技术研究 [J]. *广西轻工工业*, 27(4): 6-7.]
- LUO Y, LIANG F, LI XX, et al., 2013. Application of tannase for the removal of tannin from *Rosa roxburghii* juice [J]. *Food Sci*, 34(18): 41-44. [罗昱, 梁芳, 李小鑫, 等, 2013. 单宁酶对刺梨果汁单宁的脱除作用 [J]. *食品科学*, 34(18): 41-44.]
- NIE HD, 2017. Study on decarboxylation of gallic acid [D]. Changsha: Hunan Normal University. [聂宏达, 2017. 没食子酸脱羧反应的研究 [D]. 长沙: 湖南师范大学.]
- PRIGENT SVE, GRUPPEN H, VISSER AJWG, et al., 2003. Effects of non-covalent interactions with 5-O-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid) on the heat denaturation and solubility of globular proteins [J]. *J Agric Food Chem*, 51(17): 5088-5095.
- QIAN ZY, GONG YL, LIANG FY, et al., 2021. Optimization of HPLC method for determination of ascorbic acid in *Roxburgh* from Guizhou Province [J]. *China Fruit Veg*, 41(6): 120-125. [钱志瑶, 龚艳丽, 梁芳瑜, 等, 2021. 贵州省刺梨中抗坏血酸含量 HPLC 测定方法优化 [J]. *中国果菜*, 41(6): 120-125.]
- SHI CB, SUN XM, ZHAO JY, et al., 2022. Interaction mechanism between tannic acid and protein and its effects on physicochemical and functional properties of protein [J]. *Sci Technol Food Ind*, 43(14): 453-460. [石长波, 孙昕萌, 赵钜阳, 等, 2022. 单宁酸和蛋白质相互作用机制及其对蛋白质理化及功能特性影响的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 43(14): 453-460.]
- SOARES S, GARCÍA-ESTÉVEZ I, FERRER-GALEGO R, et al., 2018. Study of human salivary proline-rich proteins interaction with food tannins [J]. *Food Chem*, 243: 175-185.
- SZCZUREK A, 2021. Perspectives on tannins [J]. *Biomolecules*, 11(3): 442.
- TANG ZQ, YU DS, ZHU YJ, et al., 2021. Research progress on extraction, properties and application of ginger protease [J]. *J Food Saf Qual*, 12(1): 224-230. [唐泽群, 余德顺, 朱艺佳, 等, 2021. 生姜蛋白酶提取、性质及应用研究进展 [J]. *食品安全质量检测学报*, 12(1): 224-230.]
- WANG XX, TU CY, OUYANG PK, 1994. Effect of different treatment conditions on components of *Rosa roxburghii* juice [J]. *J Nanjing Inst Chem Technol*, 16(S1): 127-132. [王习霞, 屠春燕, 欧阳平凯, 1994. 不同处理条件对刺梨汁成份的影响 [J]. *南京化工学院学报*, 16(S1): 127-132.]
- WU Y, WEI AJ, YANG K, et al., 2023. Intervention study of *Rosa roxburghii* polysaccharide extracts on Type II diabetes in mice [J]. *Guihaia*, 43(11): 2120-2130. [伍勇, 韦艾骥, 杨堃, 等, 2023. 刺梨多糖提取物对小鼠II型糖尿病的干预研究 [J]. *广西植物*, 43(11): 2120-2130.]
- YUE ZZ, WANG J, FANG LY, et al., 2016. Decolorization and tannin removal efficiency of *Rosa roxburghii* Tratt. juice with microporous adsorbent resins [J]. *Food Sci*, 37(17): 109-114. [岳珍珍, 王静, 方利英, 等, 2016. 大孔吸附树脂对刺梨果汁单宁脱除及其色泽的影响 [J]. *食品科学*, 37(17): 109-114.]
- ZHANG CF, REN YM, LUO SQ, et al., 2017. Research progress on the stability of vitamin C in the processing of fruits and vegetables [J]. *Cereal Food Ind*, 24(5): 26-29. [张彩芳, 任亚敏, 罗双群, 等, 2017. 果蔬及其制品加工中维生素 C 稳定性的研究进展 [J]. *粮食与食品工业*, 24(5): 26-29.]
- ZHANG HS, WANG ML, TAN JJ, et al., 2022. Research progress on health care value of *Rosa roxburghii* [J]. *Agric Dev Equip*, (11): 137-139. [张怀山, 王梦柳, 谭晶晶, 等, 2022. 刺梨的医疗保健价值研究进展 [J]. *农业开发与装备*, (11): 137-139.]
- ZHANG JC, CHEN LM, HU HJ, 2020. Research progress on browning control technology of *Rosa roxburghii* Tratt. [J]. *Mod Food*, (16): 41-44. [张家臣, 陈礼敏, 胡海军, 2020. 刺梨加工褐变控制技术研究进展 [J]. *现代食品*, (16): 41-44.]
- ZHANG Y, LUO Y, LIU FS, et al., 2016. Flavor quality of *Rosa roxburghii* juice with different treatments for the removal of bitter and astringent tastes [J]. *Food Sci*, 37(4): 115-119. [张瑜, 罗昱, 刘芳舒, 等, 2016. 不同脱苦涩处理刺梨果汁风味品质分析 [J]. *食品科学*, 37(4): 115-119.]
- ZHAO SC, WANG YG, 2022. Research progress of edible *Rosa roxburghii* Tratt. [J]. *Food Ind*, 43(3): 186-191. [赵斯尘, 王永刚, 2022. 药食同源刺梨的研究进展 [J]. *食品工业*, 43(3): 186-191.]
- ZHU YF, LI GR, ZHU B, et al., 2020. Optimization of prebiotic-rich *Rosa roxburghii* Tratt. juice formula [J]. *Food Res Dev*, 41(13): 119-125. [朱一方, 李贵荣, 朱波, 等, 2020. 富含益生元的刺梨饮料配方的优化 [J]. *食品研究与开发*, 41(13): 119-125.]
- ZHU YJ, TANG ZQ, CHEN KK, et al., 2023. Effects of different extraction techniques on the extracts of *Zingiber officinale* Roscoe and their chemical compositions [J]. *Food Ferment Ind*, 49(2): 113-119. [朱艺佳, 唐泽群, 陈可可, 等, 2023. 不同提取工艺对生姜提取物及化学组成的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 49(2): 113-119.]

(责任编辑 周翠鸣)