

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241103003

引用格式: 海力茜·陶尔大洪, 陶欣, 王鑫, 等. 芜菁多糖口服液的制备工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(5): 112-118.

HAILIXI TERDH, TAO X, WANG X, *et al.* Research on the preparation process of *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(5): 112-118. (in Chinese with English abstract).

芜菁多糖口服液的制备工艺研究

海力茜·陶尔大洪^{1*}, 陶欣¹, 王鑫¹, 热依拉木·海力力²,
玉买热·阿布里孜², 雅森·米吉提³

(1. 新疆医科大学药学院, 乌鲁木齐 830017; 2. 新疆艾力努尔农业科技开发有限公司,
乌鲁木齐 830017; 3. 新疆医科大学国际教育学院, 乌鲁木齐 830017)

摘要: **目的** 优化芜菁多糖口服液的制备工艺, 并对其进行质量检测。**方法** 采用分级醇沉研究不同乙醇浓度下芜菁粗多糖的得率。通过单因素实验和正交实验筛选出芜菁多糖口服液的最佳配方, 并根据药典规定进行质量检测。**结果** 乙醇浓度为20%、40%、60%和80%的醇沉组的芜菁粗多糖得率分别为12.8%、9.2%、23.2%和24.8%。芜菁精制多糖口服液最佳制备工艺条件为: 芜菁精制多糖添加量2%, 蜂蜜添加量15%, 柠檬酸添加量0.6%, 柠檬酸钠添加量0.6%。芜菁粗多糖口服液最佳制备工艺条件为: 芜菁粗多糖添加量2%, 蜂蜜添加量15%, 柠檬酸添加量0.6%, 柠檬酸钠添加量0.6%。芜菁精制多糖口服液pH和芜菁粗多糖口服液pH均在4~5。芜菁精制多糖口服液其相对密度为1.106 g/mL, 芜菁粗多糖口服液其相对密度为1.100 g/mL。**结论** 芜菁精制多糖和芜菁粗多糖口服液的最佳制备工艺条件相同, 前者的口味、气味以及外观均优于芜菁粗多糖口服液, 但是芜菁精制多糖的提取工艺略显复杂, 不适用于工厂批量生产。

关键词: 芜菁多糖; 分级醇沉; 口服液; 正交法; 制备工艺

Research on the preparation process of *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

HAILIXI Tao-Er-Da-Hong^{1*}, TAO Xin¹, WANG Xin¹, REYILAMU Hai-Li-Li²,
YUMAIRE A-Bu-Li-Zi², YASHEN Mi-Ji-Ti³

(1. College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830017, China; 2. Xinjiang Alinur Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Urumqi 830017, China; 3. College of International Education, Xinjiang Medical University, Urumqi 830017, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the preparation process of *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid and test its quality. **Methods** Graded alcohol precipitation was used to study the yield of crude polysaccharides of *Brassica rapa* L. at different ethanol concentrations. The optimal formulation of oral solution of *Brassica rapa* L. polysaccharide was screened by one-way and orthogonal tests, and the quality was tested according to the pharmacopoeia. **Results** The extraction rates of crude polysaccharide from *Brassica rapa* L. were 12.8%, 9.2%, 23.2% and 24.8%. The optimal preparation process of refined polysaccharide oral liquid was: refined polysaccharide addition 2%, honey addition 15%, citric acid addition 0.6%, sodium citrate addition 0.6%. The optimal preparation process of crude polysaccharide oral liquid was: crude polysaccharide addition 2%, honey addition 15%, citric acid addition 0.6%, sodium citrate addition 0.6%. The pH of refined polysaccharide oral liquid and crude polysaccharide oral liquid were both in the range of 4-5. The relative density of refined polysaccharide oral liquid was 1.106 g/mL, and the relative density of crude polysaccharide oral liquid was 1.100 g/mL. **Conclusion** The optimal preparation process of refined polysaccharide and crude polysaccharide oral liquid is the same, and the taste, smell and appearance of the former are better than those of the latter, but the extraction process of refined polysaccharide is relatively complex, which is not suitable for large-scale production in the factory.

收稿日期: 2024-11-03

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2022A03007-3); 新疆天然药物活性组分与释药技术重点实验室项目(XJDX1713); 国家自然科学基金项目(81960765)

第一作者/*通信作者: 海力茜·陶尔大洪(1963—), 女, 教授, 主要研究方向为食品药品研究与开发。E-mail: hailiqian2471@sina.com

23.2% and 24.8% for the alcohol precipitation group with ethanol concentration of 20%, 40%, 60% and 80%, respectively. The optimal preparation process conditions of oral solution of *Brassica rapa* L. refined polysaccharide were: 2% addition of *Brassica rapa* L. crude polysaccharide, 15% addition of honey, 0.6% addition of citric acid and 0.6% addition of sodium citrate. The best preparation process conditions for oral liquid of *Brassica rapa* L. crude polysaccharide were: 2% addition of *Brassica rapa* L. crude polysaccharide, 15% addition of honey, 0.6% addition of citric acid, 0.6% addition of sodium citrate. The pH of the oral solution of refined polysaccharide of *Brassica rapa* L. and the oral solution of crude polysaccharide of *Brassica rapa* L. were 4–5. The relative density of the oral solution of refined polysaccharide of *Brassica rapa* L. was 1.106 g/mL. The relative density of the oral solution of crude polysaccharide of *Brassica rapa* L. was 1.100 g/mL. **Conclusion** The optimal preparation process conditions for refined polysaccharides from *Brassica rapa* L. and crude polysaccharides from *Brassica rapa* L. are the same, but the taste, odor, and appearance of the former are superior to those of crude polysaccharides from *Brassica rapa* L.. However, the extraction process for refined polysaccharides from *Brassica rapa* L. is slightly more complex and not suitable for mass production in factories.

KEY WORDS: *Brassica rapa* L. polysaccharide; graded alcohol precipitation; oral liquid; orthogonal method; preparation process

0 引言

芜菁(*Brassica rapa* L.), 又叫蔓菁, 新疆人称恰玛古。它是十字花科芸苔属二年生植物^[1], 常用来治疗食欲不振、腹泻、疮疖肿毒等疾病^[2-4]。其含有多糖、黄酮、硫代葡萄糖苷等, 这些化合物表现出抗炎、抗肿瘤、抗氧化、抗疲劳、降血糖和调节免疫功能等多种作用^[5-8]。

芜菁多糖具有多种药理活性和医疗保健作用^[9-10]。已有学者对芜菁多糖的化学结构、组成、理化性质, 以及不同提取工艺对其化学成分的影响等方面^[11]进行了研究。研究发现芜菁多糖对生物体的生理作用和药理作用, 如抗氧化、抗菌、降血糖、降血脂、免疫调节等^[12]。同时在医学领域研究发现芜菁多糖在预防与治疗多种疾病中均有效果, 如癌症、心血管疾病、肝病、糖尿病、肥胖症等^[13-17]。

芜菁多糖提取方法多样^[18-20], 其中水提醇沉法是中药及食用菌多糖常用的提取方法, 具有操作简单, 成本低廉, 准确度高优点, 但该方法得率相对较低, 本研究主要基于芜菁多糖水提法优化的基础上, 对醇沉最佳条件进行探究, 以期提高水提醇沉法的得率。

近年来随着芜菁多糖的深入研究, 关于芜菁多糖各类制剂的研究逐渐增多^[21], 但芜菁多糖口服液的研究仍有欠缺。在制备口服液的过程中, 使用水提醇沉法对芜菁多糖进行提取和分离, 得到高纯度的芜菁多糖。结合制剂工艺技术, 根据芜菁多糖的物理化学性质和药效特点, 设计制剂工艺制备出稳定、有效、口味良好的口服液。

本研究在确定了芜菁多糖的最佳醇沉条件后, 将通过单因素和正交实验筛选出芜菁多糖口服溶液的最佳配方, 并比较芜菁粗多糖口服溶液和芜菁精制多糖口服溶液的口味差异, 为芜菁多糖的应用与开发奠定基础。

1 材料与方法

1.1 仪器、材料与试剂

UV-2700 紫外可见分光光度计(岛津仪器苏州有限公司); SHB-III 循环水式真空多用泵(郑州长城科工贸有限公司); N-1001 旋转蒸发器、SB-1000 水浴锅(上海爱朗仪器有限公司); 透析袋 MD34-7000(北京索莱宝科技有限公司)。

芜菁脱脂片于 2023 年 3 月由新疆维吾尔自治区阿克苏地区柯坪县艾丽努尔公司提供, 经北京大学药学院张英涛副教授鉴定为十字花科芸苔属植物芜菁(*Brassica rapa* L.)的地下茎。

95%乙醇(批号 20221125, 天津市凯通化学试剂有限公司); 氢氧化钠(批号 20160308, 天津市盛奥化学试剂有限公司); 浓盐酸(批号 2021719, 新疆医科大学中心实验室); 柠檬酸(批号 C10576601, 上海麦克林生化科技股份有限公司); 柠檬酸钠(批号 20220514, 西安拉维亚生物科技有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 实验流程图

本研究操作步骤如图 1 所示。

1.2.2 材料与处理

取芜菁干燥药材浸泡于 95%乙醇中脱脂 24 h, 取出晾干后用粉碎机粉碎成粉末, 过 80 目筛后备用。

1.2.3 多糖提取

参考阿曼妮萨·麦提如则等^[22]的方法采用回流提取法进行提取。称取芜菁粉末, 加入蒸馏水, 按照料液比 1:30 (g/mL)放入圆底烧瓶, 装上并打开冷凝装置, 加热套加热提取, 温度为 90 °C, 单次回流时间为 2 h, 回流 3 次。趁热过滤, 收集 3 次滤液, 蒸发浓缩备用, 该法芜菁多糖得率为 11.56%。

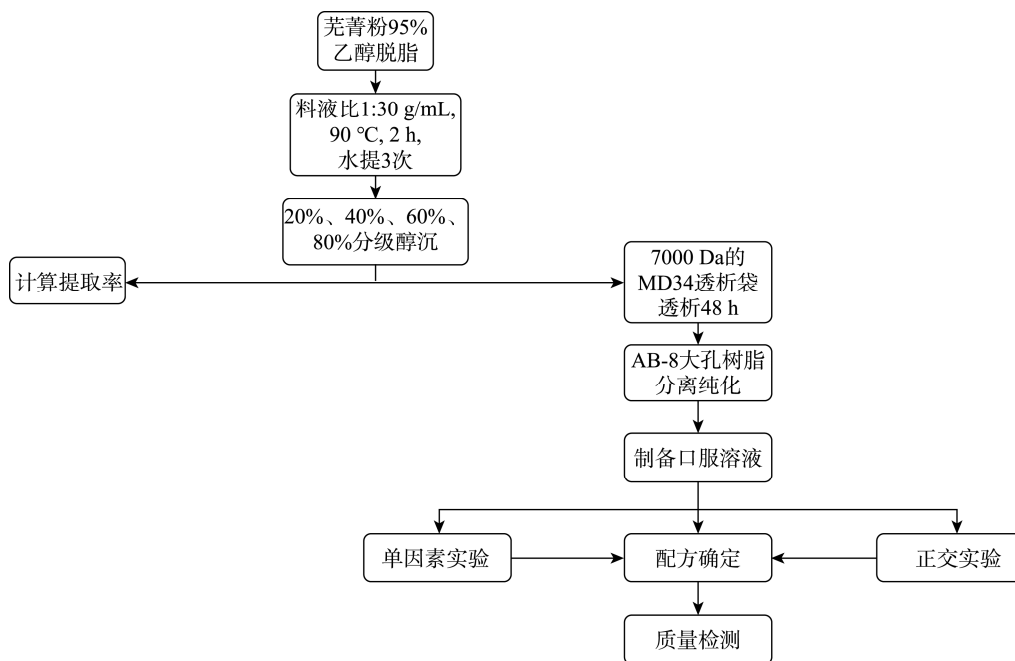


图 1 研究操作步骤

Fig.1 Steps of the study operation

1.2.4 多糖分级醇沉

参考林丽芹等^[23]的方法并加以改进,调整浓缩液乙醇浓度分别为 20%、40%、60%、80%,搅拌均匀,4 °C, 24 h, 弃上清液,取沉淀晾干,得干燥芜菁粗多糖,干燥后分别称量不同浓度乙醇溶液醇沉出的芜菁粗多糖的重量,计算不同浓度乙醇的得率。多糖得率计算见公式(1):

$$\text{多糖得率}/\%=(m_1/m)\times 100\% \quad (1)$$

式中: m_1 为芜菁粗多糖质量, mg; m 为芜菁干燥饮片质量, mg。

1.2.5 芜菁精制多糖的制备

参考古丽米拉·卡德尔等^[24]的方法制备芜菁精制多糖。准备 7000 Da 的透析袋,将部分粗多糖溶于水,制成芜菁粗多糖溶液,将芜菁粗多糖溶液倒入透析袋中。将透析袋置于容器中,加蒸馏水没过透析袋,每 6 h 换一次水,透析 48 h。将透析液倒至离心管中,4000 r/min 离心 5 min,倾倒入上清液,浓缩,留存备用。准备 AB-8 大孔吸附树脂,置于 9%乙醇溶液中,浸泡 24 h,滤出,用蒸馏水冲洗。用 5%的 HCl 溶液浸泡树脂 3 h,蒸馏水冲洗至洗出液为中性,再倒入 2% NaOH 溶液浸泡 3 h,蒸馏水冲洗直至洗出液为中性,放置备用。将预处理好的大孔吸附树脂湿法装柱,芜菁粗多糖溶液上样,静态吸附 15 min,流速为 2 mL/min,收集流出液并用 7000 Da 的透析袋进行透析,蒸发浓缩,冻干保存,得芜菁精制多糖。

1.2.6 芜菁多糖口服溶液的制备

(1) 单因素实验设计

结合舒文莉等^[25]与耿春叶等^[26]的方法并加以改进。

① 芜菁粗多糖与精制多糖添加量单因素实验: 固定柠檬酸

添加比例 0.6%, 蜂蜜添加比例为 15%, 柠檬酸钠添加比例为 0.6%, 分别加入芜菁精制多糖或芜菁粗多糖(2%、4%、6%、8%、10%), 蒸馏水定容至 10 mL, 制备芜菁多糖口服溶液。② 蜂蜜添加量单因素实验: 固定芜菁精制多糖或芜菁粗多糖比例为 6%, 柠檬酸添加比例为 0.6%, 柠檬酸钠添加比例为 0.6%, 分别加入蜂蜜(5%、10%、15%、20%、25%), 蒸馏水定容至 10 mL, 制备芜菁多糖口服溶液。③ 柠檬酸添加量单因素实验: 固定芜菁精制多糖或芜菁粗多糖比例为 6%, 蜂蜜添加比例为 15%, 柠檬酸钠添加比例为 0.6%, 分别加入柠檬酸(0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%), 蒸馏水定容至 10 mL, 制备芜菁多糖口服溶液。④ 柠檬酸钠添加量单因素实验: 固定芜菁精制多糖或芜菁粗多糖比例为 6%, 蜂蜜添加比例为 15%, 柠檬酸添加比例为 0.6%, 分别加入柠檬酸钠(0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%), 蒸馏水定容至 10 mL, 制备芜菁多糖口服溶液。柠檬酸、蜂蜜、柠檬酸钠添加量单因素试验中由于多糖添加比例相同, 最终只呈现一种结果。

(2) 正交实验设计

基于单因素实验并结合李倩等^[27]与马利平等^[28]方法设计正交实验,采用 $L_9(3^4)$ 的正交优化芜菁多糖口服溶液的配方,实验设计水平见表 1、2。

(3) 感官评价

参考吴伊莉等^[29]与彭中旭等^[30]的方法设计芜菁多糖铁口服液感官评价标准,见表 3。感官评价标准总分为 100 分,实验结果以随机抽取 10 位大学生志愿者各自评分总和的平均值表示。

表 1 芜菁精制多糖口服液正交实验因素水平表
Table 1 Orthogonal test factor level table of refined *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

水平	因素			
	A 芜菁精制多糖 添加量/%	B 蜂蜜 添加量/%	C 柠檬酸 添加量/%	D 柠檬酸钠 添加量/%
1	2	10	0.4	0.4
2	4	15	0.6	0.6
3	6	20	0.8	0.8

表 2 芜菁粗多糖口服液正交实验因素水平表
Table 2 Orthogonal test factor level table of crude *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

水平	因素			
	A 芜菁粗多糖 添加量/%	B 蜂蜜 添加量/%	C 柠檬酸 添加量/%	D 柠檬酸钠 添加量/%
1	2	10	0.4	0.4
2	4	15	0.6	0.6
3	6	20	0.8	0.8

表 3 芜菁多糖口服液感官评价标准
Table 3 Sensory evaluation criteria of *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

指标	评分标准	评分/分
色泽 (25 分)	颜色透亮, 均一	21~25
	颜色较为透亮, 均一	16~20
	颜色不透亮, 较不均一	10~15
	颜色不透亮, 不均一	<10
滋味、气味 (25 分)	无异味	21~25
	有淡淡芜菁气味	16~20
	有较浓芜菁气味	10~15
组织状态 (25 分)	有非常浓的芜菁气味	<10
	溶液均匀透亮, 稳定, 静置后无分层沉淀	21~25
	溶液较均匀透亮, 稳定, 无明显分层沉淀	16~20
	溶液不很透明, 稳定性差, 有分层沉淀	10~15
杂质 (25 分)	溶液不透明, 稳定性差, 严重分层沉淀	<10
	溶液均匀透亮, 无杂质	21~25
	溶液较透明较稳定, 有微量杂质	16~20
	溶液不很透明, 稳定性稍差, 有少量杂质	10~15
	溶液不透明, 稳定性差, 杂质较多	<10

(4)最佳合成工艺下芜菁多糖口服液品质分析

相对密度测定: 相对密度的检测方法参照《药典 2020 版》通则 0601 中规定的方法(比重瓶法)测定。

pH 测定: 参照《药典 2020 版》通则 0631 pH 测定法测定。

外观指标检验方法: 将芜菁多糖口服液置于光线明亮处, 用肉眼观察其是否澄清。

1.3 数据处理

每组实验重复 3 次, 使用 Excel 2021 软件做数据统计与计算, 结果用平均值和±标准偏差表示; 使用 SPSS 25 软

件进行方差分析, $P < 0.05$ 认为具有统计学意义, 使用 Origin 2018 软件作图。

2 结果与分析

2.1 芜菁多糖分级醇沉得率比较

如图 2 所示, 经称量计算, 醇沉时乙醇浓度为 20% 的粗芜菁多糖得率为 12.8%, 乙醇浓度为 40% 的粗多糖得率为 9.2%, 乙醇浓度为 60% 的粗多糖得率为 23.2%, 乙醇浓度为 80% 的粗多糖的得率为 24.8%, 增长率逐渐降低。结果显示, 当乙醇浓度从 60% 增长到 80% 时, 芜菁粗多糖得率的增长速度变低且达到最高, 此时 $P < 0.05$ 数据结果有显著性差异。

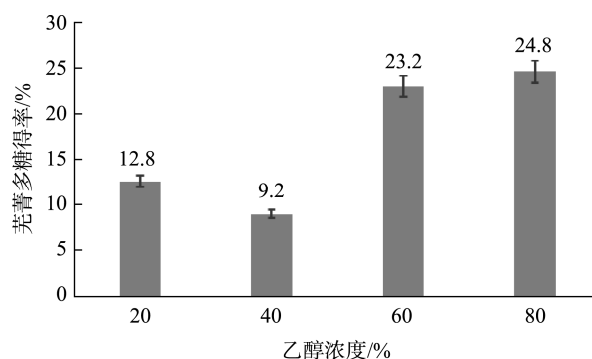


图 2 乙醇浓度对芜菁粗多糖得率的影响
Fig.2 Effects of ethanol concentration on the extraction rate of crude *Brassica rapa* L. polysaccharide

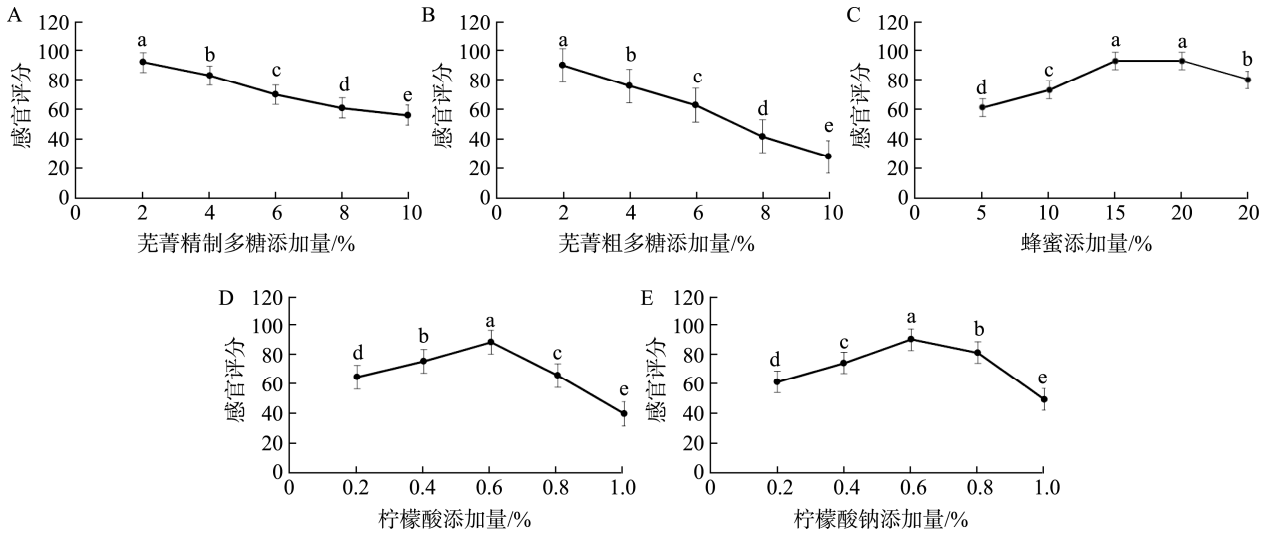
2.2 单因素实验研究

2.2.1 芜菁粗多糖与精制多糖添加量

由图 3A、B 可知, 感官评分与芜菁多糖(精制多糖、粗多糖)添加量呈负相关, 当芜菁多糖添加量为 2% 时, 评分达到最高值, 这可能归因于此时多糖的添加量在体系中达到了最佳平衡状态, 既能改善产品的质构特性, 又不会对溶液的澄清度和口感产生负面影响。然而, 当添加量超过 2% 后, 感官评分显著下降, 推测是由于多糖分子间的相互作用增强, 导致不溶物增多, 溶液澄清度降低; 同时, 过量的多糖可能改变了体系的流变特性, 进而影响口感、气味和组织状态。因此, 2% 的添加量可能是多糖在体系中溶解性和功能性的临界点, 超过这一比例后, 多糖的负面效应逐渐显现。

2.2.2 蜂蜜添加量

由图 3C 可知, 感官评分数据显示, 随着蜂蜜添加量的增加, 评分呈现先上升后下降的趋势。当添加量为 15% 和 20% 时, 感官评分达到最高值; 而当添加量增至 25% 时, 评分显著下降。这一变化趋势可能与蜂蜜的甜度及其对体系流变特性的影响有关。在添加量为 15% 时, 蜂蜜的香甜味能够有效提升产品的风味, 同时不会对体系的质地和口感产生明显负面影响。当添加量达到 20% 时, 尽管感官评



注：图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图3 单因素实验结果

Fig.3 Results of one-factor experiment

分仍处于较高水平,但溶液的黏稠度略有增加,可能导致口感略微厚重。而当添加量进一步增加至25%时,过高的甜度和黏稠度可能破坏了风味的协调性,使口感过于甜腻,从而降低了感官评分。因此,综合考虑风味和质地的平衡,15%的蜂蜜添加量为最优选择。

2.2.3 柠檬酸添加量

由图3D可知,当柠檬酸添加量为0.6%时,评分达到最高值;而当添加量增至0.8%时,感官评分开始下降。这一变化趋势可能与柠檬酸对溶液酸度及风味平衡的影响有关。在添加量为0.6%时,柠檬酸能够有效提升溶液的酸度,增强口感的清爽度,同时不会对整体风味的协调性产生负面影响。然而,当添加量增加至0.8%时,过高的酸度可能导致口感过于刺激,破坏了溶液的风味平衡,使整体口感显得不协调,从而降低了感官评分。因此,0.6%的柠檬酸添加量能够在提升口感的同时维持风味的协调性,是最优选择。

2.2.4 柠檬酸钠添加量

由图3E可知,当柠檬酸钠添加量为0.6%时,评分达到最高值;添加量增至0.8%时,感官评分显著下降。这一现象可能与柠檬酸钠对溶液酸碱平衡及离子强度的调控作用有关。当添加量为0.6%时,柠檬酸钠能够有效中和体系中过量的酸性成分,稳定溶液pH,从而改善口感的柔和度与协调性。然而,当添加量超过0.6%(如0.8%)时,过高的钠离子浓度可能导致溶液离子强度增加,引发轻微刺激性口感;同时,过量柠檬酸钠可能打破原有的酸碱平衡,使溶液pH偏离适宜范围,导致风味失衡。因此,0.6%的添加量既能优化酸度调节效果,又可避免因离子浓度或pH异常引起的感官负面影响,是最佳选择。

2.3 芜菁多糖口服液制备配方优化实验结果

2.3.1 芜菁精制多糖口服液制备配方优化实验结果

由表4、表5可知4个因素的影响关系为 $A > C > B > D$,通

过 R 值分析最佳的工艺参数为 $A_1B_2C_2D_2$,即芜菁精制多糖添加量为2%,蜂蜜添加量为15%,柠檬酸添加量为0.6%,柠檬酸钠添加量为0.6%。在这个最佳条件下做3组平行验证实验,芜菁精制多糖口服液感官评分均在85分以上,平均分为87分。表5结果显示,因素 A 影响显著: $F=9.712$, $P < 0.05$,偏方差和(472.667)远高于误差项(48.667),效应量较大,是主要影响因素。因素 B ($F=1.329$)和因素 C ($F=1.411$)虽显著,但效应量较低,实际影响有限。

2.3.2 芜菁粗多糖口服液制备配方优化实验结果

由表6、表7可知4个因素的影响关系为 $A > B > C > D$,通过 R 值分析最佳的工艺参数为 $A_1B_2C_2D_2$,即芜菁粗多糖

表4 芜菁精制多糖口服液正交实验结果

Table 4 Results of orthogonal experiments of refined *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

序号	因素				感官评分/分
	A 芜菁精制多糖添加量/%	B 蜂蜜添加量/%	C 柠檬酸添加量/%	D 柠檬酸钠添加量/%	
1	2	10	0.4	0.4	85
2	2	15	0.6	0.6	92
3	2	20	0.8	0.8	80
4	4	10	0.6	0.6	74
5	4	15	0.8	0.8	77
6	4	20	0.4	0.4	68
7	6	10	0.4	0.8	60
8	6	15	0.8	0.6	67
9	6	20	0.6	0.4	70
K_1	83.333	73.000	71.000	74.333	
K_2	73.000	77.666	77.666	77.666	
K_3	65.666	71.333	73.333	71.000	
R	17.667	6.333	4.333	6.666	

表5 芜菁精制多糖口服液方差分析结果

Table 5 Results of analysis of variance of refined *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

因素	偏差和	自由度	F	P
A	472.667	2	9.712	<0.05
B	64.667	2	1.329	<0.05
C	68.667	2	1.411	<0.05
D	48.667	2	1.000	<0.05
误差	48.667	2		

表6 芜菁粗多糖口服液正交实验结果

Table 6 Results of orthogonal experiments of crude *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

序号	因素				感官评分/分
	A 芜菁粗多糖添加量/%	B 蜂蜜添加量/%	C 柠檬酸添加量/%	D 柠檬酸钠添加量/%	
1	2	10	0.4	0.4	86
2	2	15	0.6	0.6	90
3	2	20	0.8	0.8	83
4	4	10	0.6	0.6	70
5	4	15	0.8	0.8	72
6	4	20	0.4	0.4	65
7	6	10	0.4	0.8	60
8	6	15	0.8	0.6	62
9	6	20	0.6	0.4	61
K ₁	80.000	70.000	68.333	68.667	
K ₂	69.000	72.333	71.333	71.667	
K ₃	61.000	67.667	70.333	69.667	
R	19.000	4.667	3.000	2.000	

表7 芜菁粗多糖口服液方差分析结果

Table 7 Results of analysis of variance of crude *Brassica rapa* L. polysaccharide oral liquid

因素	偏差和	自由度	F	P
A	546.000	2	39.000	<0.05
B	32.667	2	2.333	<0.05
C	14.000	2	1.000	<0.05
D	14.000	2	1.000	<0.05
误差	14.000	2		

添加量为 2%，蜂蜜添加量为 15%，柠檬酸添加量为 0.6%，柠檬酸钠添加量为 0.6%。在这个最佳条件下做 3 组平行验证实验，芜菁粗多糖口服液感官评分均在 80 分以上，平均分为 82 分。表 7 结果显示，因素 A 对因变量的影响显著： $F=39.000$ ， $P<0.05$ ，其偏差和(546.000)远高于误差项(14.000)，效应量极大，表明因素 A 是主要影响因素。因素 B 虽也显著($F=2.333$ ， $P<0.05$)，但其效应量较低，实际影响可能有限。

2.4 芜菁多糖口服液品质分析结果

2.4.1 芜菁多糖口服液的感官评价分析

根据最佳配方配制的芜菁精制多糖口服液，色泽：口服液呈淡黄色，颜色均一；风味：具有淡淡的芜菁独有的

气味，口味酸甜，无异味；组织状态：溶液均匀，稳定性良好，无明显分层和沉淀现象。

根据最佳配方配制的芜菁粗多糖口服液，色泽：呈棕黄色，颜色均一；风味：口感酸甜，但是芜菁特有的气味稍浓；组织状态：无明显分层现象，长时间放置后有少量沉淀生成，不影响使用。

2.4.2 芜菁多糖口服液的 pH 检测

芜菁精制多糖口服液 pH 在 4~5(平行测量 3 次)，芜菁粗多糖口服液 pH 在 4~5(平行测量 3 次)。

2.4.3 芜菁多糖口服液的相对密度检测

芜菁精制多糖口服液，其相对密度为 1.106 g/mL。芜菁粗多糖口服液，其相对密度为 1.100 g/mL。

3 结论

本研究以芜菁多糖为原料，制备芜菁精制多糖口服液和芜菁粗多糖口服液，并通过正交实验优化其制备工艺，筛选了口服液的最佳配方。得到芜菁精制多糖口服液最佳制备工艺条件为：芜菁精制多糖添加量 2%，蜂蜜添加量 15%，柠檬酸添加量 0.6%，柠檬酸钠添加量 0.6%。该条件下芜菁精制多糖口服液感官评分为 87 分。此时制备的芜菁精制多糖口服液其感官指标、理化指标都符合或高于药典国家标准的要求。芜菁粗多糖口服液最佳制备工艺条件为：芜菁粗多糖添加量 2%，蜂蜜添加量 15%，柠檬酸添加量 0.6%，柠檬酸钠添加量 0.6%。该条件下芜菁粗多糖口服液感官评分为 82 分。此时制备的芜菁粗多糖口服液其感官指标、理化指标都符合或高于药典国家标准的要求。将两种口服液对比，芜菁精制多糖口服液的口味，气味以及外观均优于芜菁粗多糖口服液，从批量化生产工艺来讲，芜菁粗多糖口服液相较于芜菁精制多糖口服液工艺更为简便。

参考文献

- [1] 李巧娟, 肖春霞, 张洪亮. 维药恰玛古的研究现状[J]. 新疆中医药, 2010, 28(6): 81-83.
LI QJ, XIAO CX, ZHANG HL. Current status of research on the vitamin C drug Chamagra [J]. Xinjiang Journal of Traditional Chinese Medicine, 2010, 28(6): 81-83.
- [2] 刘建兵, 林风, 林军, 等. 芜菁的降血脂活性评价及作用机制探讨[J]. 海南医学院学报, 2022, 28(3): 171-180.
LIU JB, LIN F, LIN J, et al. Evaluation of hypolipidemic activity and mechanism of action of turnip [J]. Journal of Hainan Medical University, 2022, 28(3): 171-180.
- [3] 海力茜·陶尔大洪, 周芳, 杨珊, 等. 维药恰玛古儿止咳、祛痰及平喘的药效学研究[J]. 中成药, 2011, 33(4): 682-685.
HAILIXI HERDT, ZHOU F, YANG S, et al. Pharmacodynamic studies on the antitussive, expectorant and asthmatic properties of the dimensional medicine Chamaecyparis [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2011, 33(4): 682-685.
- [4] 王菁. 新疆芜菁总黄酮止咳、平喘、祛痰药理作用的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2013.
WANG J. Pharmacological effects of total flavonoids of Xinjiang turnip in relieving cough, asthma and expectorant [D]. Urumqi: Xinjiang Medical

- University, 2013.
- [5] 张涛, 安熙强, 程江南, 等. 维药恰玛古的化学成分及生物活性研究进展[J]. 中国药房, 2017, 28(7): 982-986.
ZHANG T, AN XQ, CHENG JN, *et al.* Progress on the chemical composition and biological activity of *Vitex chamagra* [J]. Chinese Pharmacy, 2017, 28(7): 982-986.
- [6] DEJANOVIC G M, ASSLANAJ E, GAMBA M, *et al.* Phytochemical characterization of turnip greens (*Brassica rapa* ssp. *rapa*): A systematic review [J]. PLoS One, 2021, 16(2): e0247032.
- [7] HASSANZADEH-TAHERI M, HASSANPOUR-FARD M, DOOSTABADI M, *et al.* Co-administration effects of aqueous extract of turnip leaf and metformin in diabetic rats [J]. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 2018, 8(1): 178-83.
- [8] PAUL S, GENG CA, YANG TH, *et al.* Phytochemical and health-beneficial progress of turnip (*Brassica rapa*) [J]. Journal of Food Science, 2019, 84(1): 19-30.
- [9] 陈文彬. 维药恰玛古多糖提取工艺、结构表征及生物活性的研究[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2020.
CHEN WB. Extraction process, structural characterization and biological activity of *Vicia faba* chamagogu polysaccharide [D]. Nanchang: Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, 2020.
- [10] 陈文彬, 叶耀辉, 张博文, 等. 恰玛古多糖提取工艺及药理活性研究进展[J]. 江西中医药大学学报, 2018, 30(3): 110-114.
CHEN WB, YE YH, ZHANG BW, *et al.* Progress on the extraction process and pharmacological activity of chamagocig polysaccharide [J]. Journal of Jiangxi University of Chinese Medicine, 2018, 30(3): 110-114.
- [11] 次仁德吉, 米玛. 浅谈芜菁研究现状[J]. 西藏农业科技, 2021, 43(1): 89-92.
CIREN DJ, MI M. Current status of turnip research [J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences, 2021, 43(1): 89-92.
- [12] 曹文扬. 芜菁多糖制备、结构解析及其生物活性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022.
CAO WY. Preparation, structure analysis and biological activity of turnip polysaccharides [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2022.
- [13] 张谦筱. 维药恰玛古中多糖组份调节巨噬细胞免疫功能的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2017.
ZHANG QX. Study on the regulation of macrophage immunity by polysaccharide components in *Vitamin Chamagra* [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2017.
- [14] 邝婷婷. 基于 HIF-1 α 信号通路和代谢组学研究藏药蔓菁多糖抗高原低氧的作用机制[D]. 成都: 成都中医药大学, 2019.
KUANG TT. Study on the mechanism of action of cranberry polysaccharide of Tibetan medicine against plateau hypoxia based on HIF-1 α signaling pathway and metabolomics [D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2019.
- [15] 马合木提·买买提明, 克里木·伊明, 玛尔哈巴·吾斯满. 维药芜菁籽多糖体外抗氧化活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(7): 118-121.
MAHEMUTI MMTM, KELIMU YM, MAERHABA WSM. *In vitro* antioxidant activity of polysaccharides from turnip seeds [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional, 2014, 20(7): 118-121.
- [16] CHEN ZE, WUFUER R, JI JH. Structural characterization and immunostimulatory activity of polysaccharides from *Brassica rapa* L. [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(44): 9685-9692.
- [17] WUFUER R, BAI J, LIU Z. Biological activity of *Brassica rapa* L. polysaccharides on RAW264.7 macrophages and on tumor cells [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2020, 28(7): 115330.
- [18] 白冰瑶, 付超, 张春兰, 等. 不同提取方法对恰玛古多糖生物活性的比较[J]. 食品科技, 2022, 47(3): 214-223.
BAI BY, FU C, ZHANG CL, *et al.* Comparison of the biological activities of chamagordans by different extraction methods [J]. Food Science and Technology, 2022, 47(3): 214-223.
- [19] 叶耀辉, 陈文彬, 史毅, 等. 响应面法优化超声协同复合酶分步提取恰玛古多糖工艺[J]. 食品工业科技, 2020, 41(4): 166-172, 189.
YE YH, CHEN WB, SHI Y, *et al.* Response surface methodology for optimizing the stepwise extraction of chamagallic polysaccharides by ultrasonic synergistic enzyme complex [J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(4): 166-172, 189.
- [20] 张丽静, 付勋, 张文会, 等. 芜菁超声提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(10): 111-119.
ZHANG LJ, FU M, ZHANG WH, *et al.* Optimization of ultrasonic extraction process and antioxidant activity of turnip paste [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2021, 49(10): 111-119.
- [21] 赵云龙. 芜菁山楂复合饮料配方优化及其对运动耐力的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(14): 401-408.
ZHAO YL. Optimization of turnip hawthorn composite beverage formulation and its effect on exercise endurance [J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(14): 401-408.
- [22] 阿曼妮萨·麦提如则, 吴美美, 王鑫, 等. 芜菁多糖铁配合物的合成工艺研究[J]. 新疆医科大学学报, 2024, 47(4): 584-588.
AMANNISA MTRZ, WU MM, WANG X, *et al.* Study on the synthesis process of iron complexes from turnip polysaccharides [J]. Journal of Xinjiang Medical University, 2024, 47(4): 584-588.
- [23] 林丽芹, 王宝贝, 肖金艳, 等. 微拟球藻分级醇沉多糖的理化特性与抗氧化活性[J/OL]. 食品与发酵工业, 1-13. [2024-11-03]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.038985>
LIN LQ, WANG BB, XIAO JY, *et al.* Physicochemical characterization and antioxidant activity of graded alcohol precipitated polysaccharides from *Chlorella vulgaris* [J/OL]. Food and Fermentation Industry, 1-13. [2024-11-03]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.038985>
- [24] 古丽米拉·卡德尔, 阿吉然姆·阿布拉, 任国瑞, 等. 芜菁多糖除蛋白及抑制 RAW264.7 巨噬细胞焦亡作用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(2): 183-190.
GULIMILA KDER, AJIRANMU ABL, REN GR, *et al.* Study on the role of turnip polysaccharide in deproteinization and inhibition of RAW264.7 macrophage pyroptosis [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(2): 183-190.
- [25] 舒文莉, 叶英, 孟卫东, 等. 肉苁蓉原浆口服液制备工艺优化及其成分分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(19): 132-139.
SHU WL, YE Y, MENG WD, *et al.* Optimization of the preparation process of cistanchiakia original pulp oral liquid and its composition analysis [J]. Food Research and Development, 2024, 45(19): 132-139.
- [26] 耿春叶, 侯婷婷, 陈亮, 等. 复方明目口服液的制备工艺研究[J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(7): 39-43, 102.
GENG CY, HOU TT, CHEN L, *et al.* Study on the preparation process of compound mingmu oral liquid [J]. China Wild Plant Resources, 2023, 42(7): 39-43, 102.
- [27] 李倩, 吴冰, 裴京楠, 等. 正交试验法优化参芪通脉口服液制备工艺[J/OL]. 中国现代中药, 1-16. [2024-11-03]. <https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20231114002>
LI Q, WU B, PEI JN, *et al.* Optimization of the preparation process of Ginsengqi Tongxin oral liquid by orthogonal test method [J/OL]. Modern Chinese Medicine, 1-16. [2024-11-03]. <https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20231114002>
- [28] 马利平, 刘会超, 秦令祥. 正交优化超声波辅助提取玫瑰花多糖的工艺及口服液制备研究[J]. 现代食品, 2021(21): 65-71.
MA LP, LIU HC, QIN LX. Orthogonal optimization of ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from rose hips and preparation of oral liquid [J]. Modern Food, 2021(21): 65-71.
- [29] 吴伊莉, 罗紫屹, 汪清, 等. 乌天麻多酚口服液的制备、质量评价及药效学研究[J]. 华西药理学杂志, 2023, 38(6): 615-620.
WU YL, LUO ZY, WANG Q, *et al.* Preparation, quality evaluation and pharmacodynamics of oral solution of *Utena* polyphenols [J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2023, 38(6): 615-620.
- [30] 彭中旭, 李丽, 刘军, 等. 玫瑰风味醋蛋白口服液制备及其抗氧化性的研究[J]. 中国调味品, 2023, 48(12): 53-58.
PENG ZX, LI L, LIU J, *et al.* Preparation of rose-flavored vinegar-egg oral liquid and its antioxidant properties [J]. China Condiment, 2023, 48(12): 53-58.

(责任编辑: 安香玉 于梦娇)