

DOI: 10.13715/j.issn.2096-644X.20251104.0001

引用格式:谢 巾,陈双禧,曾 可,等. 实验室制备与市售罗汉果复合饮料感官品质及体外功能活性评价 [J]. 湘潭大学学报(自然科学版),2026,48(2):174-184.

Citation: XIE Jin, CHEN Shuangxi, ZENG Ke, et al. Evaluation of sensory quality and in vitro functional activity between laboratory-prepared and commercial *Siraitia grosvenorii* compound beverages[J]. Journal of Xiangtan University (Natural Science Edition),2026,48(2):174-184.

实验室制备与市售罗汉果复合饮料感官品质及 体外功能活性评价*

谢 巾, 陈双禧, 曾 可, 邵 颖, 陈东方

(湘潭大学 化工学院, 湖南 湘潭 411105)

摘 要:【目的】目前市售罗汉果饮料多采用罗汉果干果、罗汉果浓缩液或罗汉果甜苷为原料,以鲜罗汉果为原料开发的饮料十分罕见. 该文从多个维度评价罗汉果复合饮料的功能,以期推动罗汉果饮料产品的更新迭代.【方法】该文以鲜罗汉果为原料制备一款复合饮料,并从感官评价、活性成分含量以及体外抗氧化、降血糖、降血脂等方面与 3 种市售罗汉果饮料(分别以市售 A、B、C 进行编号)进行比较分析.【结果】与市售饮料相比,实验室制备饮料的感官评分排在首位. 饮料中罗汉果甜苷 V 的含量显著高于 3 种市售饮料,分别为市售饮料的 12.52、3.59、3.56 倍. 实验室制备饮料的多酚含量显著高于市售 A,低于市售 B、C;黄酮含量显著高于市售 A,与市售 B 无显著差异,低于市售 C. 实验室制备饮料清除 ABTS 自由基能力显著高于市售 A,低于市售 B,与市售 C 无显著差异;清除 DPPH 自由基能力显著高于市售 A、B,与市售 C 无显著差异. 实验室制备饮料的 α -淀粉酶和胰脂肪酶抑制活性均显著高于 3 种市售饮料;其 α -葡萄糖苷酶抑制活性和甘氨酸钠结合能力显著低于市售饮料;其牛磺胆酸钠结合能力显著低于市售 A,与市售 B、C 相比无显著差异.【结论】以鲜罗汉果为原料制备的复合饮料具有很好的市场前景及功能活性潜力,该研究为鲜罗汉果的深加工探索新路径.

关键词: 鲜罗汉果; 罗汉果复合饮料; 降血糖; 降血脂

中图分类号: TS272.5

文献标志码: A

文章编号: 2096-644X (2026) 02-0174-11

Evaluation of sensory quality and in vitro functional activity between laboratory-prepared and commercial *Siraitia grosvenorii* compound beverages

XIE Jin, CHEN Shuangxi, ZENG Ke, SHAO Ying, CHEN Dongfang

(School of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

Abstract: 【Objective】Currently, most commercially available *Siraitia grosvenorii* beverages are made from dried fruits, concentrated juice, or mogrosides, while beverages developed directly from fresh *Siraitia grosvenorii* fruits are scarcely reported. This paper evaluates the functionality of *Siraitia grosvenorii* compound beverages from multiple dimensions, aiming to promote the iteration and upgrading of *Siraitia grosvenorii* beverage products. 【Method】In this study, a beverage was prepared using fresh *Siraitia grosvenorii* as the raw material and compared with three commercial *Siraitia grosvenorii* beverages (designated as Commercial A, B, and C respectively) in terms of sensory evaluation, content of active

* 收稿日期: 2025-11-04

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划 (S202410530106)

通信作者: 陈东方 (1989-), 女, 湖南衡阳人, 博士, 硕士生导师. cdfcd0922@163.com

compounds, and in vitro antioxidant, hypoglycemic, and hypolipidemic activities. 【Result】 Results revealed that the laboratory-prepared beverage achieved the highest sensory score among all tested products. Specifically, the mogroside V content in the laboratory-prepared beverage was significantly higher than that in the three commercial beverages, measuring respectively 12.52, 3.59, and 3.56 times that of commercial *Siraitia grosvenorii* beverages. Regarding polyphenol content, the laboratory-prepared beverage was significantly higher than commercial beverage A but lower than commercial beverages B and C. Its flavonoid content was significantly higher than that of commercial beverage A, showed no significant difference compared to commercial beverage B, and was lower than that of commercial beverage C. In terms of antioxidant activity, the laboratory-prepared beverage exhibited significantly stronger ABTS radical scavenging ability than commercial beverage A but weaker than commercial beverage B, with no significant difference compared to commercial beverage C. Its DPPH radical scavenging ability was significantly higher than that of commercial beverages A and B, and not significantly different from commercial beverage C. Regarding hypoglycemic and hypolipidemic activities, the laboratory-prepared beverage demonstrated significantly higher α -amylase and pancreatic lipase inhibitory activities than all three commercial beverages. However, its α -glucosidase inhibitory activity and glycocholic acid binding capacity were significantly lower than those of the commercial beverages. Its taurocholic acid binding capacity was significantly lower than that of commercial beverage A but showed no significant difference compared to commercial beverages B and C. 【Conclusion】 The compound beverage formulated from fresh *Siraitia grosvenorii* fruits exhibits significant market potential and promising functional properties. This study presents a novel approach to the deep processing of fresh *Siraitia grosvenorii* fruit.

Key words: fresh *Siraitia grosvenorii*; *Siraitia grosvenorii* compound beverage; hypoglycemic; hypolipidemic

0 引言

罗汉果 (*Siraitia grosvenorii*), 主要产地集中在中国广西, 为葫芦科多年生藤本植物, 在 1987 年被国家首批批准为药食同源材料^[1], 果实呈圆形或椭圆形, 其味甘、性凉, 又称“神仙果”或“长寿果”。罗汉果富含多种营养与功能活性成分, 具有清热止咳、调节血糖、降血脂、抗氧化及抗肿瘤等作用^[2], 在养生保健方面具有优势。罗汉果甜苷 V 是罗汉果特有的一种四环三萜皂苷, 是最甜的非糖化合物之一, 其甜度是 5% 蔗糖溶液的 400 多倍^[3], 不仅满足人们对甜味的需求, 而且热量极低。

作为“减糖”趋势下的健康代糖产品, 目前全球天然甜味剂市场份额的 11.55% 被罗汉果甜苷 V 提取物占据^[4]。罗汉果低糖饮料符合国家健康饮食的趋势, 作为健康饮品能够满足消费者多元化需求, 具有广阔的市场前景。目前研究多集中于以干罗汉果、罗汉果浓缩汁为原料研制饮料。梁薪茹等^[5]以蒲公英和干罗汉果为主要原料开发了一款质地细腻、口感独特的蒲公英罗汉果复合饮料。通过复配干罗汉果、金银花、桔梗等原料, 利晓滢等^[6]成功开发了一款兼具清咽润喉与滋阴润肺功能的植物固体饮料。莫伟娟等^[7]以山楂叶提取液和浓缩罗汉果汁为主要原料制备了一款酸甜适中、口感柔和、香气浓郁的茶饮料。此外, 已有大量研究以干罗汉果为原料开发各类复合饮料, 如罗汉果柠檬金橘复合饮料^[8]、罗汉果覆盆子复合饮料^[9]、罗汉果黄精复合饮料^[10]、罗汉果甘草复合发酵饮料^[11]、太子参罗汉果饮料^[12]、罗汉果夏枯草复合饮料^[13]以及罗汉果香蕉醋本草复合饮料^[14]等。相较于干制罗汉果饮料研究的百花齐放, 针对鲜罗汉果的研究却甚少, 仅有个别研究报道鲜罗汉果饮料, 如孙莉萍^[15]研制的复合健胃消食饮

料就是以鲜罗汉果、山楂等为原材料。采用鲜罗汉果为原料开发饮料有以下优势:感官方面,鲜罗汉果散发着清新的果香,拥有独特的风味和自然甜润的口感;生产流程方面,鲜果直接进行破碎、榨汁等基础操作,无须经历烦琐的干制工序,极大地简化了工艺流程,降低了生产过程中的能源消耗和人力成本。

本研究从感官评价,多酚、黄酮、罗汉果甜苷 V 含量,体外抗氧化、降血糖、降血脂活性等多个维度对比分析实验室制备鲜罗汉果饮料和 3 种市售罗汉果饮料,以期推动罗汉果饮料产品的更新迭代,为鲜罗汉果产品的深加工探索新路径。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

市售 A (泰新罗汉果植物饮料),配料为水、干罗汉果、菊花、甘草;市售 B (康之味罗汉果乌龙茶),配料为水、赤藓糖醇、干罗汉果、乌龙茶、枇杷叶提取液、维生素 C、碳酸氢钠;市售 C (鸿福堂无糖罗汉果植物饮品),配料为水、浓缩罗汉果膏、葛根、蒲公英、甘草;实验室制备罗汉果复合饮料,配料为水、鲜罗汉果 (广西永福福中福罗汉果有限公司)、薄荷 (福建省合盛康生物科技有限公司)、茉莉 (安徽雅蕊食品有限公司)、桂花 (广西桂林)。

芦丁、没食子酸、奥利司他,阿拉丁试剂 (上海) 有限公司;水溶性维生素 E (Trolox)、2, 2-联氮二 (3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸) 二铵盐 (ABTS)、2, 2-联苯基-1 苦基肼基 (DPPH), 美国 Sigma-Aldrich 公司;福林酚试剂、 α -淀粉酶,合肥博美生物科技股份有限公司;罗汉果甜苷 V、对硝基苯酚 (PNP)、4-硝基苯基丁酸酯 (P-NPB)、胃蛋白酶、胰脂肪酶,甘氨酸胆酸钠、牛磺胆酸钠、三羟甲基氨基甲烷、 α -葡萄糖苷酶、阿卡波糖,上海麦克林生化科技股份有限公司;4-硝基苯基- α -D-吡喃葡萄糖苷 (PNPG)、胰蛋白酶,上海源叶生物科技有限公司;乙腈、甲醇 (均为色谱纯),天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

PHS-3E pH/mV 计,上海仪电科学仪器股份有限公司;CR-400 手持色差仪,日本 Konica Minolta 公司;PAL-1 折光计,ATAGO (爱拓) 中国分公司;UVmini-1280 紫外分光光度计,岛津 (上海) 有限公司;HBS-ScanY 全自动酶标仪,南京德铁生物科技有限公司;LC-20AT 高效液相色谱仪,日本岛津公司。

1.3 方法

1.3.1 实验室制备罗汉果复合饮料流程

- 1) 清洗:挑选品质好的新鲜罗汉果,清洗干净。
- 2) 破碎:将洗净的鲜罗汉果切成 3 cm \times 3 cm 块状。
- 3) 加水煮制:按照 1 : 30 料液比 (w/v , $g \cdot mL^{-1}$) 添加水,大火煮开后转小火煮 20 min。
- 4) 过滤:煮好的浸提液过 250 目滤网。
- 5) 添加辅料:添加 0.4% (w/v , $g \cdot mL^{-1}$) 薄荷、0.9% (w/v , $g \cdot mL^{-1}$) 茉莉、0.2% (w/v , $g \cdot mL^{-1}$) 桂花,浸泡 10 min。
- 6) 过滤:浸提液过 250 目滤网。
- 7) 灌装杀菌:滤液灌装入 100 mL 耐高温的 PP 塑料瓶后进行杀菌 (100 $^{\circ}C$ 、2 min)。



图 1 实验室制备罗汉果复合饮料工艺流程图

Fig. 1 Flowchart of laboratory-prepared *Siraitia grosvenorii* compound beverage preparation process

1.3.2 罗汉果饮料感官评价

消费者样本由 10 名 (5 男 5 女) 经过训练的食品专业学生组成. 评价员根据表 1 的标准, 对实验室制备和市售饮料的气味、滋味、色泽及澄清度进行排序, 记录各样品秩次. 数据按照《感官分析方法学排序法》(GB/T 12315—2008) 进行 Friedman 检验, 以比较感官品质的显著性差异. 越低的平均秩值代表越高的喜好度^[16].

表 1 实验室制备与市售罗汉果复合饮料感官评价表

Tab. 1 Sensory evaluation form for laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* beverages

评分指标	评分标准	分值
气味 (30 分)	很喜欢	26~30
	比较喜欢	16~25
	不喜欢	1~15
滋味 (30 分)	很喜欢	26~30
	比较喜欢	16~25
	不喜欢	1~15
色泽 (20 分)	很喜欢	16~20
	比较喜欢	11~15
	不喜欢	1~10
澄清度 (20 分)	澄清透亮, 无悬浮物, 无沉淀	16~20
	比较澄清, 含有少许沉淀	11~15
	浑浊, 含有较多沉淀	1~10

1.3.3 罗汉果饮料色差的测定

校准色差仪, 将样品放入培养皿, 在充足的自然光下测定. 手持色差仪的镜面垂直贴紧样品, 随机选择样品的 3 个位置进行平行测定. 样品的色差可以通过 CIE- $L^* a^* b^*$ 系统表示, 计算公式如式 (1) 所示:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}. \quad (1)$$

式中: E 为色差值; L 为明亮度; a 为红绿度; b 为黄蓝度.

1.3.4 罗汉果饮料可溶性固形物和 pH 的测定

可溶性固形物含量采用手持折光仪测定, pH 值采用 pH 计测定.

1.3.5 罗汉果饮料多酚的测定

参考贺馨怡等^[17]的研究, 稍作修改. 将福林酚试剂稀释 10 倍制成工作液. 取 3 000 μL 样液于离心管中, 再依次加入 250 μL 福林酚工作液和 400 μL 7.5% Na_2CO_3 溶液, 混匀避光反应 30 min 后测定其在 765 nm 波长处的吸光值. 配制不同浓度的没食子酸溶液建立标准曲线, 结果以每升样品的没食子酸当量表示, 单位为 $\text{mg GAE} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.3.6 罗汉果饮料黄酮的测定

参考 Tavanappanavar 等^[18]的研究, 略作修改. 取 1 500 μL 样液依次与 10 μL 5% 的 NaNO_2 溶液和 10 μL 10% 的 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液分别反应 5 min, 再加入 140 μL 4% 的 NaOH 溶液混匀并避光反应 30 min, 测定其在 510 nm 波长处的吸光值. 配制不同浓度的芦丁溶液建立标准曲线, 结果以每升样品的芦丁当量表示, 单位为 $\text{mg RE} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.3.7 罗汉果饮料罗汉果甜苷 V 的测定

参考 GB 1886.77—2016, 样品中罗汉果甜苷 V 的浓度单位为 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.3.8 罗汉果饮料 ABTS 自由基清除能力的测定

参考 Zhang 等^[19]的研究, 稍作修改. 取 50 μL 样液和 2 000 μL ABTS 自由基工作液混合均匀并避光反应 30 min, 测定其在 734 nm 波长处的吸光值. 配制不同浓度的 Trolox 标准溶液建立标准曲线, 结果以每升样品的 Trolox 当量表示, 单位为 $\text{TE} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.3.9 罗汉果饮料 DPPH 自由基清除能力的测定

参考唐裕芳等^[20]的研究, 稍作修改. 将 1 000 μL DPPH 工作液和 200 μL 样液混合均匀, 避光反应 30 min 后测定其在 517 nm 波长处的吸光值. 配制不同浓度的 Trolox 标准溶液建立标准曲线, 结果以每升样品的 Trolox 当量表示, 单位为 $\text{TE} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.3.10 罗汉果饮料 α -葡萄糖苷酶抑制活性的测定

参考周巧丽^[21]和申家乐等^[2]的研究方法, 略作修改. 使用 $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH}=6.8$ 的磷酸盐缓冲溶液配制活力为 $0.125 \text{ U} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 α -葡萄糖苷酶工作液, 取 200 μL 工作液与 100 μL 样品溶液于 37°C 下保温反应 10 min, 再加入 100 μL $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 PNPG, 继续在 37°C 下反应 20 min, 随后立即加入 100 μL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 终止反应, 在 405 nm 波长处测定吸光值, 阿卡波糖为阳性对照. α -葡萄糖苷酶抑制率计算公式如式 (2) 所示.

$$I_{\alpha\text{-G}} = \left(1 - \frac{A_3 - A_4}{A_1 - A_2}\right) \times 100\%, \quad (2)$$

式中: A_1 为磷酸缓冲溶液代替样品混合物的吸光值; A_2 为磷酸缓冲溶液代替酶溶液混合物和样品的吸光值; A_3 为混合物的吸光值; A_4 为磷酸缓冲溶液代替酶溶液混合物的吸光值.

1.3.11 罗汉果饮料 α -淀粉酶抑制活性的测定

参考赵一灵^[22]的研究, 稍作修改. 使用 $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH}=6.9$ 的磷酸盐缓冲溶液配制活力为 $100 \text{ U} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 α -淀粉酶工作液. 取 100 μL 酶液与 50 μL 样液在 37°C 反应 10 min. 加入淀粉溶液或磷酸盐缓冲溶液, 37°C 反应 15 min 后加入 750 μL 3, 5-二硝基水杨酸溶液, 沸水处理 10 min 终止反应. 冰浴降温后, 取 20 μL 反应液用去离子水稀释 10 倍, 测定其在 540 nm 波长处的吸光值, 阿卡波糖为阳性对照. α -淀粉酶抑制率的计算公式如式 (3) 所示.

$$I_{\alpha\text{-A}} = \left(1 - \frac{A_3 - A_4}{A_1 - A_2}\right) \times 100\%, \quad (3)$$

式中: A_1 为磷酸缓冲溶液代替样品混合物的吸光值; A_2 为磷酸缓冲溶液代替酶溶液混合物和样品的吸光值; A_3 为混合物的吸光值; A_4 为磷酸缓冲溶液代替酶溶液混合物的吸光值.

1.3.12 罗汉果饮料胆酸盐结合能力的测定

参考 Zheng 等^[23]的研究, 稍作修改. 使用 $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH}=6.3$ 的磷酸缓冲溶液配制活力分别为 $100 \text{ U} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的胃蛋白酶和胰蛋白酶工作液. 取 1 mL 样液与 3 mL 胃蛋白酶溶液和 1 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶液混合均匀, 振荡反应 1 h (37°C , $180 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$). 调节 pH 至 6.3, 加入 4 mL 胰蛋白酶溶液继续震荡反应 1 h. 加入 4 mL 甘氨酸钠溶液 (0.4

mmol · L⁻¹) 或 5 mL 牛磺胆酸钠溶液 (0.5 mmol · L⁻¹), 8 000 r · min⁻¹ 下离心 10 min. 取 1 mL 上清液与 3 mL 60% (w/v, g · mL⁻¹) 浓硫酸 70 °C 水浴反应 20 min, 冰浴 5 min 后测定其在 387 nm 波长处的吸光值. 配制不同浓度的甘氨酸胆酸钠溶液和牛磺胆酸钠溶液建立标准曲线. 结合率的计算公式如式 (4) 所示.

$$B = (1 - \frac{C_1}{C_0}) \times 100 \%, \quad (4)$$

式中: B 为胆酸盐结合率, %; C_0 为初始甘氨酸胆酸钠溶液浓度 (0.4 mmol · L⁻¹) 或初始牛磺胆酸钠溶液浓度 (0.5 mmol · L⁻¹); C_1 为与样品反应后剩余甘氨酸胆酸钠溶液浓度或剩余牛磺胆酸钠溶液浓度的数值, 单位 mmol · L⁻¹.

1.3.13 罗汉果饮料胰脂肪酶抑制活性的测定

参考美合日阿依·喀迪尔等^[24]和申家乐等^[2]的研究, 稍作修改. 使用 0.05 mol · L⁻¹, pH=8 的 Tris-HCl 缓冲溶液配制活力为 50 U · mL⁻¹ 的胰脂肪酶溶液, 使用二甲基亚砜配置 0.01 mol · L⁻¹ PNPB. 将 700 μL Tris-HCl 缓冲溶液与 100 μL 样液混匀, 再加入 50 μL 胰脂肪酶溶液, 37 °C 下振荡 15 min, 随后加入 150 μL PNPB 溶液, 继续震荡 15 min, 沸水浴 5 min 终止反应. 按照一定比例稀释反应液, 测定其在 405 nm 波长处的吸光值, 奥利司他为阳性对照.

配制不同浓度的对硝基苯酚溶液建立标准曲线, 按照样品反应液稀释比例, 在 405 nm 波长处测定吸光值.

$$X = \frac{C_{\text{PNP}}V}{tV'}, \quad (5)$$

$$I_{\text{PL}} = (1 - \frac{X_1}{X_0}) \times 100 \%, \quad (6)$$

式中: X 为脂肪酶活力的数值, 单位 U · mL⁻¹; C_{PNP} 为对硝基苯酚浓度的数值, 单位 μmol · mL⁻¹; V 为反应液终体积的数值, 单位 mL; V' 为酶液用量的数值, 单位 mL; t 为反应时间的数值, 单位 min; I_{PL} 为胰脂肪酶抑制率, %; X_1 为抑制后脂肪酶活力的数值, 单位 U · mL⁻¹; X_0 为脂肪酶活力的数值, 单位 U · mL⁻¹.

1.4 数据处理

所有实验均独立进行 3 次重复试验, 利用 WPS Office、SPSS 27.0 和 Origin 2022 处理和绘图. 采用 ANOVA 单因素方差分析法、Duncan 多重比较分析法进行显著性分析 ($P < 0.05$ 为差异显著), 以“平均值 ± 标准差”表示结果.

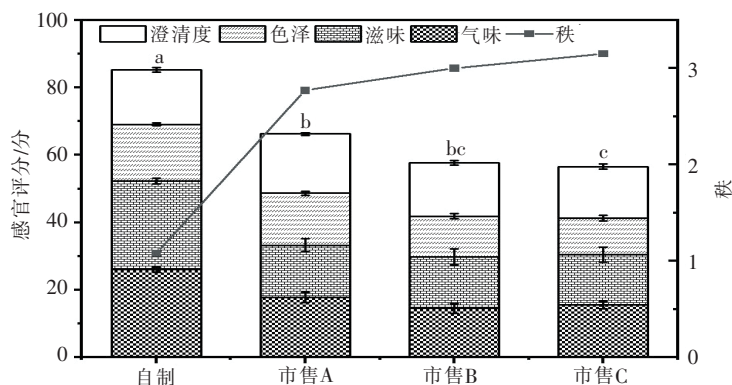
2 结果与讨论

2.1 罗汉果饮料感官评价

由图 2 中堆积柱形图可知, 实验室制备罗汉果复合饮料在气味、滋味方面的分数均显著高于另外 3 种市售罗汉果饮料 ($P < 0.05$), 而市售 A、B、C 饮料间则无显著性差异 ($P > 0.05$), 主要因为实验室制备罗汉果饮料采用的鲜罗汉果果香清淡自然、滋味清润甘甜, 口感清爽, 市售罗汉果饮料中药味较浓, 甜腻感较重; 实验室制备饮料的色泽分数显著高于市售 B 和 C ($P < 0.05$), 与市售 A 则无显著性差异 ($P > 0.05$); 市售 A 澄清度的分数显著高于市售 C ($P < 0.05$), 其余产品间无显著性差异 ($P > 0.05$). 综合气味、滋味、色泽、澄清度这 4 个方面来看, 实验室制备罗汉果复合饮料总分显著高于市售产品 ($P < 0.05$), 市售产品的总

分排序为 $A > B > C$ 。

图 2 中折线图说明, 实验室制备罗汉果复合饮料秩最低, 市售 A 较高, 市售 B 更高, 市售 C 最高。实验室制备产品的消费者喜爱程度排第一, 市售 A 次之, 市售 B 再次, 市售 C 最差。感官评价两个方面的总分和秩的结果互为辅助、互相印证, 综合两者可知, 感官评价结果均为实验室制备罗汉果复合饮料较好, 在消费者购买方面具有一定优势, 3 种市售产品中 $A > B > C$ 。



注: 图中小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上显著差异, 下同。

图 2 实验室制备与市售罗汉果复合饮料感官评分

Fig. 2 Sensory evaluation of laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* compound beverages

2.2 罗汉果饮料理化特性

由表 2 可知, 4 种样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 和 ΔE 之间均具有显著性差异 ($P < 0.05$)。 L^* 、 b^* : 实验室制备 $>$ 市售 A $>$ 市售 B $>$ 市售 C。 a^* : 市售 A $>$ 市售 B $>$ 市售 C $>$ 实验室制备。 ΔE : 市售 C $>$ 市售 B $>$ 市售 A $>$ 实验室制备。由此可知, 实验室制备样品的亮度高于市售样品, 颜色偏黄绿。该结果与图 3 展示的 4 种饮料图片结果一致, 实验室制备样品的颜色为黄绿色, 市售 A 的颜色为浅棕色, 市售 B 的颜色为红棕色, 市售 C 的颜色为黄棕黑色。可溶性固形物含量在 4 种样品间均存在显著差异 ($P < 0.05$), 可溶性固形物含量: 市售 B $>$ 实验室制备 $>$ 市售 C $>$ 市售 A。4 种样品均呈酸性, 且 pH 存在显著差异 ($P < 0.05$), 市售 A $>$ 市售 B $>$ 实验室制备 $>$ 市售 C。

表 2 实验室制备与市售罗汉果复合饮料理化特性

Tab. 2 Physicochemical properties of laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* compound beverages

样品	L^*	a^*	b^*	ΔE	可溶性固形物 Brix	pH
实验室制备	(29.82 ± 0.13) ^a	(0.54 ± 0.02) ^d	(8.41 ± 0.08) ^a	(56.90 ± 0.12) ^d	(0.70 ± 0.00) ^b	(5.41 ± 0.01) ^c
市售 A	(25.74 ± 0.22) ^b	(4.71 ± 0.06) ^a	(7.05 ± 0.23) ^b	(60.73 ± 0.20) ^c	(0.10 ± 0.00) ^d	(5.91 ± 0.01) ^a
市售 B	(23.42 ± 0.07) ^c	(3.60 ± 0.12) ^b	(0.23 ± 0.09) ^c	(62.66 ± 0.07) ^b	(2.37 ± 0.03) ^a	(5.48 ± 0.01) ^b
市售 C	(21.05 ± 0.11) ^d	(2.35 ± 0.12) ^c	(-0.29 ± 0.04) ^d	(65.03 ± 0.11) ^a	(0.30 ± 0.00) ^c	(4.60 ± 0.00) ^d

注: 同列数据上标的不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上显著差异, 下同。

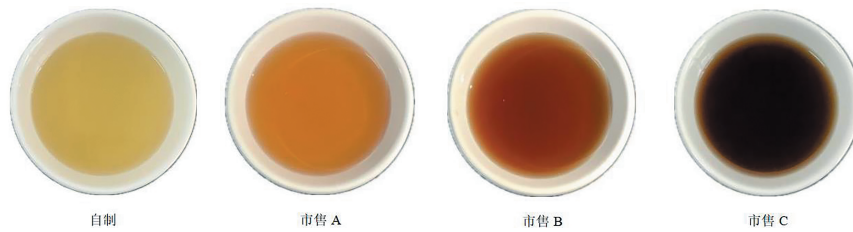


图 3 实验室制备与市售罗汉果复合饮料图片展示

Fig. 3 Laboratory-prepared and commercial available *Siraitia grosvenorii* beverage image display

2.3 罗汉果饮料中多酚、黄酮、罗汉果甜苷 V 含量对比

由表 3 可知, 实验室制备罗汉果复合饮料多酚含量显著低于市售 B、C, 是其含量的 74.09%~87.78% ($P<0.05$), 显著高于市售 A, 是其含量的 1.5 倍 ($P<0.05$)。实验室制备饮料的黄酮含量显著低于市售 C, 是市售 C 含量的 89.34% ($P<0.05$), 与市售 B 没有显著性差异 ($P>0.05$), 显著高于市售 A, 是其含量的 8.34 倍 ($P<0.05$)。4 种饮料样品中多酚、黄酮含量展现出显著差异性, 推测主要由其原料配方不同所致, 这与前人研究结果一致。张小凤^[11]报道的罗汉果甘草复合发酵饮料中多酚含量为 $1.878 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; Mubeen 等^[25]研究发现混合培养乳酸菌发酵制备的沙棘罗汉果饮料中多酚含量最高可达 $144.78 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 张维悦等^[26]研制的甘草罗汉果复合饮料中黄酮含量为 $25.48 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 梁薪茹等^[5]研究发现在配置的蒲公英罗汉果复合饮料中, 黄酮的含量可以达到 $1112.04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。市售 B、C 的罗汉果甜苷 V 含量显著高于市售 A ($P<0.05$), 而实验室制备饮料罗汉果甜苷 V 的含量显著高于 3 种市售产品, 分别是市售 A、B、C 的 12.52、3.59、3.56 倍 ($P<0.05$)。综上, 实验室制备产品中多酚、黄酮的含量较高, 罗汉果甜苷 V 的含量显著高于市售产品, 在这 3 个生物活性成分指标中具有较大优势。

表 3 实验室制备与市售罗汉果复合饮料中多酚、黄酮、罗汉果甜苷 V 的含量

Tab. 3 Content of polyphenol, flavonoids and mogroside V in laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* compound beverages

样品	多酚含量/ ($\text{mg GAE} \cdot \text{L}^{-1}$)	黄酮含量/ ($\text{mg RE} \cdot \text{L}^{-1}$)	罗汉果甜苷 V 含量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
实验室制备	$(85.35 \pm 3.26)^b$	$(706.01 \pm 25.06)^b$	$(309.28 \pm 18.07)^a$
市售 A	$(57.01 \pm 0.93)^c$	$(84.66 \pm 2.57)^c$	$(24.70 \pm 2.91)^c$
市售 B	$(109.46 \pm 1.33)^a$	$(702.49 \pm 8.82)^b$	$(86.17 \pm 2.11)^b$
市售 C	$(102.51 \pm 1.57)^a$	$(790.25 \pm 6.87)^a$	$(86.92 \pm 5.37)^b$

2.4 罗汉果饮料的体外抗氧化能力对比

图 4 展示了实验室制备与市售罗汉果复合饮料的体外抗氧化能力。由图可知, 4 款产品的 ABTS 自由基清除能力处于 $1.6 \sim 3.8 \text{ mmol TE} \cdot \text{L}^{-1}$ 。其中实验室制备和市售 C 的 ABTS 自由基清除能力显著高于市售 A ($P<0.05$), 低于市售 B ($P<0.05$), 这可能是由于该款饮料添加的乌龙茶^[27]、枇杷叶提取液^[28]和维生素 C^[29]具有抗氧化性。实验室制备和市售 C 产品的 DPPH 自由基清除能力 ($103.85 \mu\text{mol TE} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $104.33 \mu\text{mol TE} \cdot \text{L}^{-1}$) 显著高于市售 A、B ($85.24 \mu\text{mol TE} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $82.17 \mu\text{mol TE} \cdot \text{L}^{-1}$) ($P<0.05$)。市售 C 抗氧化性高可能是因为添加了葛根^[30]、蒲公英^[31]、甘草^[26]。实验室制备饮料对 ABTS 自由基的清除能力显著高于

市售 A, 低于市售 B, 与市售 C 无显著差异; 对 DPPH 自由基的清除能力显著高于市售 A 和 B, 与市售 C 相比差异不显著. 综合两个指标来看, 实验室制备饮料的体外抗氧化能力在 4 款样品中处于中上水平.

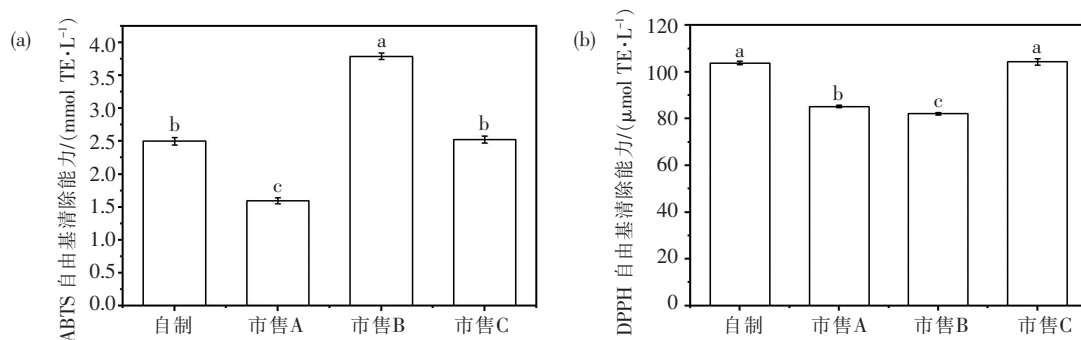


图 4 实验室制备与市售罗汉果复合饮料体外抗氧化能力

Fig. 4 In vitro antioxidant activity of laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* compound beverages

2.5 罗汉果饮料的体外降血糖能力对比

由图 5 可知, 选用阿卡波糖作为阳性对照, 实验室制备饮料的 α -葡萄糖苷酶抑制率显著低于 3 款市售罗汉果复合饮料 ($P < 0.05$), 市售 A、B、C 的 α -葡萄糖苷酶抑制率分别是实验室制备饮料的 1.28、1.64、1.59 倍. 实验室制备饮料的 α -淀粉酶抑制率显著高于 3 款市售产品 ($P < 0.05$), 分别是市售 A、B、C 的 2.66、1.41、1.76 倍. 与 3 款市售产品相比, 实验室制备产品抑制 α -淀粉酶的活性更好, 能够有效抑制碳水化合物水解成低聚糖, 但是抑制 α -葡萄糖苷酶的活性较差, 即对低聚糖水解成葡萄糖的抑制能力较弱.

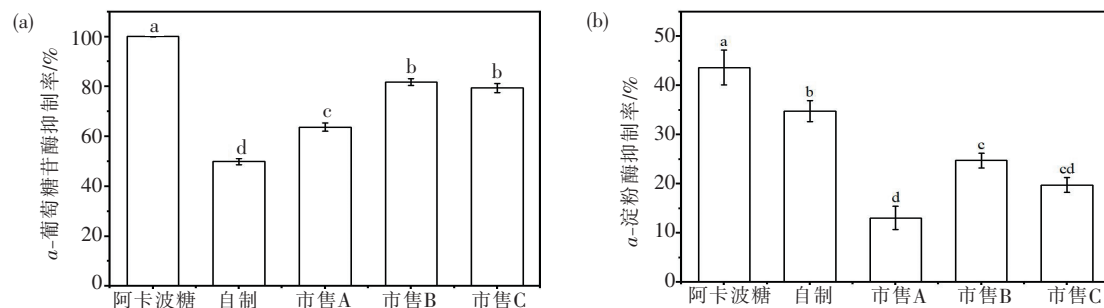


图 5 实验室制备与市售罗汉果复合饮料体外抗氧化能力

Fig. 5 In vitro hypoglycemia activity of laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* compound beverages

2.6 罗汉果饮料的体外降血脂能力对比

由表 4 可知, 实验室制备样品的甘氨酸胆酸钠结合率为 21.00%, 显著低于 3 款市售产品 ($P < 0.05$), 分别是市售 A、B、C 的 39.33%、48.03%、57.46%; 实验室制备样品的牛磺胆酸钠结合率显著低于市售 A ($P < 0.05$), 但与市售 B 和 C 无显著差别 ($P > 0.05$). 奥利司他作为胰脂肪酶抑制率的阳性对照, 其抑制率高达 99.91%, 显著高于 4 款样品 ($P < 0.05$). 实验室制备饮料的胰脂肪酶抑制率显著高于 3 款市售产品 ($P < 0.05$), 分别是市售 A、B、C 的 1.19、1.92、2.35 倍.

表 4 实验室制备与市售罗汉果复合饮料体外降血脂能力

Tab. 4 *In vitro* hypolipidemic activity of laboratory-prepared and commercially available *Siraitia grosvenorii* compound beverages

样品	甘氨酸钠结合率/%	牛磺胆酸钠结合率/%	胰脂肪酶抑制率/%
奥利司他	—	—	(99.91±0.04) ^a
实验室制备	(21.00±3.01) ^c	(42.48±1.43) ^b	(67.95±0.99) ^b
市售 A	(53.40±5.99) ^a	(49.21±1.10) ^a	(56.97±1.61) ^c
市售 B	(43.72±2.10) ^{ab}	(39.78±1.16) ^b	(35.32±1.30) ^d
市售 C	(36.55±5.11) ^b	(39.45±2.90) ^b	(28.94±0.42) ^e

注：“—”表示未检测。

3 结论

实验室制备罗汉果饮料的感官评分显著高于市售饮料, 更受消费者喜爱。与 3 种市售饮料相比, 实验室制备罗汉果饮料中多酚、黄酮等生物活性成分含量及其体外抗氧化能力处于中等偏上水平, 但罗汉果甜苷 V 的含量高于市售 3 种饮料, 具有明显优势。实验室制备与市售罗汉果饮料均具有降血糖和降血脂潜力, 与市售饮料相比, 实验室制备饮料降血糖和降血脂潜力总体处于中等水平, 但其对碳水化合物水解成低聚糖的抑制能力显著高于 3 种市售饮料, 对脂肪酶活性的抑制能力也显著高于 3 种市售饮料。由此可见, 以鲜罗汉果为原料制备功能性复合饮料具有很好的市场前景, 该研究不仅为鲜罗汉果的深加工探索新路径, 而且为提升罗汉果附加值, 助力产业可持续发展提供助力。

参 考 文 献

- [1] 吴梦莹, 黄夕洋, 唐辉, 等. 基于网络药理学和实验验证罗汉果苷 V 对肾癌的治疗作用及机制[J]. 蛇志, 2025(2): 201-209.
- [2] 申家乐, 卢斯斯, 林梦彤, 等. 干燥方式对罗汉果营养成分、挥发性物质及体外活性的影响[J]. 湘潭大学学报(自然科学版), 2025(4): 174-186.
- [3] MU D, SHAO Y, ZHAO H, et al. A novel transcription factor SgTCP24 positively regulates mogrosin V biosynthesis by activating SgSQE, SgCS, and SgCYP87D18 expression in *Siraitia grosvenorii*[J]. Industrial Crops & Products, 2025, 234: 121507.
- [4] 赵燕, 刘国艳, 史贤明. 罗汉果浓缩汁及罗汉果甜甙对小鼠血脂代谢的影响[J]. 中国食品学报, 2008(1): 9-12.
- [5] 梁薪茹, 张雨, 温云睿, 等. 蒲公英罗汉果复合饮料的研制[J]. 饮料工业, 2022, 25(2): 61-65.
- [6] 利晓滢, 李伟略, 曹亚兰, 等. 罗汉果金银花固体饮料工艺研究[J]. 农产品加工, 2023(18): 42-44, 47.
- [7] 莫伟娟, 郭婷, 段振华, 等. 罗汉果味山楂叶茶饮料的研制[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(6): 51-57.
- [8] 张锐锐, 王晶晶, 林家逊, 等. 罗汉果复合饮料的研制[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(4): 136-140.
- [9] 谢海斌, 李蒙, 马宁. 覆盆子复合饮料的制备工艺研究[J]. 饮料工业, 2024(4): 39-44.
- [10] 邓楚波, 王诗琪. 黄精复合型饮料的研制[J]. 中外食品工业, 2024(7): 13-16.
- [11] 张小凤. 罗汉果甘草复合发酵饮料的研制[D]. 扬州: 扬州大学, 2020.
- [12] 陈丽玲, 林璐遥, 张明亮, 等. 太子参罗汉果饮料生产工艺研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2022, 35(2): 53-58.
- [13] 韦翠莎, 张锐锐, 刘亚男, 等. 罗汉果夏枯草复合饮料的研制[J]. 食品与发酵科技, 2020, 56(2): 57-63.
- [14] 卢诗剑, 顾守浪, 梁广文, 等. 香蕉醋本草复合饮料的研制[J]. 轻纺工业与技术, 2022(3): 4-6, 11.
- [15] 孙莉萍. 响应面法在一种罗汉果健胃消食饮料研发中的应用[J]. 农产品加工, 2022(7): 35-40.

- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 感官分析 方法学 排序法: GB/T 12315-2008[S]. 2008.
- [17] 贺馨怡,李晓,申家乐,等. 富含多酚的燕麦发芽条件优化及多酚差异代谢物分析[J]. 湘潭大学学报(自然科学版),2023,45(3):120-130.
- [18] TAVANAPPANAVAR A N, MULLA S I, SHEKHAR SETH C, et al. Phytochemical analysis, GC-MS profile and determination of antibacterial, antifungal, anti-inflammatory, antioxidant activities of peel and seeds extracts (chloroform and ethyl acetate) of *Tamarindus indica* L[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2024, 31(1): 103878.
- [19] ZHANG Y, LI Y, FANG H, et al. Phenolic compounds in grape seed extract inhibiting the formation of benzo[a]pyrene in baked bacon related to scavenging free radicals and attenuating Maillard reaction [J]. LWT, 2023, 188: 115391.
- [20] 唐裕芳,吕秀,王唯,等. 黑藻多肽亚铁螯合物的制备及其抗氧化活性研究[J]. 湘潭大学学报(自然科学版),2023,45(6):100-109.
- [21] 周巧丽. 产 α -葡萄糖苷酶抑制剂罗汉果内生菌株的筛选及其活性成分研究[D]. 桂林:广西师范大学,2021.
- [22] 赵一灵. 不同黄酮类化合物对 α -淀粉酶的抑制作用机制及蒲公英果冻的开发[D]. 南昌:南昌大学,2022.
- [23] ZHENG M, TIAN X, LI Z, et al. Effects of ultra-high pressure assisted extraction on the structure, antioxidant and hypolipidemic activities of *Porphyra haitanensis* polysaccharides[J]. Food Chemistry, 2024, 437: 137856.
- [24] 美合日阿依·喀迪尔,纪剑,尼格尔热依·亚迪卡尔,等. 野酸梅醇提工艺优化及其对胰脂肪酶的抑制作用[J]. 粮食与油脂,2025(6): 144-150.
- [25] MUBEEN B, YAQOOB S, MAQBOOL T, et al. Fermentation-engineered sea buckthorn and monk fruit beverage exhibiting antioxidative potential and cytotoxic activity against HepG2 cancer cells [J]. Journal of Food Science, 2025, 90(7): e70406.
- [26] 张维悦,郭昊隆,毕会敏. 甘草罗汉果复合饮料工艺配方的优化研究[J]. 饮料工业,2025(3): 24-29.
- [27] 林清霞,杨军国,王丽丽,等. 乌龙茶水提物的膜分离制备及其体外抗氧化活性评价[J]. 热带亚热带植物学报,2022, 30(5): 645-654.
- [28] 周立稳,彭效明,居瑞军,等. 不同溶剂对枇杷果提取物抗氧化活性和多酚稳定性的影响[J]. 食品与生物技术学报,2024,43(9): 107-115.
- [29] JAKUBEK P, SULIBORSKA K, KUCZYNSKA M, et al. The comparison of antioxidant properties and nutrigenomic redox-related activities of vitamin C, C-vitamins, and other common ascorbic acid derivatives [J]. Free Radical Biology and Medicine, 2023, 209: 239-251.
- [30] 杨青青. 干制及饮料制备对葛根总黄酮含量及抗氧化活性的影响[D]. 长沙:中南林业科技大学,2021.
- [31] ZHU Q, SHI G, GU J, et al. Impact of lactic acid bacterial fermentation on the chemical composition, antioxidant capacities and flavor properties of dandelion[J]. Food Bioscience, 2024, 62: 105313.

(责任编辑:胡 丁)