

黄皮果活性物质功能特性及保鲜加工技术研究进展

廖俐穗^{1,2} 江洁^{1,2} 姜爱丽^{1,2} 赵彤^{1,2}

(1. 大连民族大学生命科学院, 辽宁 大连 116600;

2. 生物技术与资源利用教育部重点实验室, 辽宁 大连 116600)

摘要:黄皮果(*Clausena lansium*)是一种具有药食两用价值的水果,广泛分布于中国南方地区。其富含多糖、氨基酸、黄酮、酚类、生物碱和萜类等活性成分,具有抗氧化、抗肿瘤、抗炎和抑菌等多种药理功效。但黄皮果易腐烂、难保鲜。采用乙烯抑制剂、低温贮藏、涂膜、气调包装等保鲜技术可延长黄皮果的保鲜期。文章对黄皮果的主要活性成分、药理作用及其采后保鲜和食品加工利用方面的最新研究进展进行了综述,并对其未来发展方向进行了展望。

关键词:黄皮果;活性成分;功效;保鲜;研究进展

Research progress on functional characteristics of bioactive substances and preservation and processing technologies of *Clausena lansium*

LIAO Lisui^{1,2} GANG Jie^{1,2} JIANG Aili^{1,2} ZHAO Tong^{1,2}

(1. College of Life Science, Dalian Minzu University, Dalian, Liaoning 116600, China; 2. Key Laboratory of Biotechnology and Bioresources Utilization, Ministry of Education, Dalian, Liaoning 116600, China)

Abstract: *Clausena lansium* is a fruit with both medicinal and edible value, widely distributed in southern China. It is rich in polysaccharides, amino acids, flavonoids, phenols, alkaloids, and terpenoids, which exhibit various pharmacological effects such as antioxidant, antitumor, anti-inflammatory, and antibacterial activities. However, *C. lansium* is highly perishable and difficult to preserve. Therefore, preservation technologies such as ethylene inhibitors, low-temperature storage, film coating, and modified atmosphere packaging are applied to extend its shelf life. This paper reviews the latest research progress on the main bioactive substances, pharmacological effects, postharvest preservation, and food processing and utilization of *C. lansium*, and provides an outlook on its future development.

Keywords: *Clausena lansium*; bioactive substance; efficacy; preservation; research progress

黄皮[*Clausena lansium* (Lour.) Skeels]又名黄皮、油梅、黄淡、黄段或王坛子,为芸香科柑橘亚科黄皮属植物^[1]。其果实品质好,粒大皮薄,可食率为57%^[2],是民间药食两用水果。黄皮果、根、茎、叶、果皮及果核皆可入药^[3],具有消食化痰、理气功效,用于食积不化、胸膈满痛、痰饮咳喘等症,并可解郁热理疝痛^[4]。黄皮果的热量较低(163.18 kJ/100 g^[5,60-75])且营养丰富,富含维生素C、氨基酸、糖类、总酸、有机酸等营养物质^[6]。研究表明,黄皮果

具有降血糖^[7]、降血脂^[8]、抗炎^[9]、抗菌^[10]、抗氧化^[11]等功效,而这些生理活性功能主要归因于其丰富的活性成分。

黄皮是主要种植于中国华南地区特有的一种植物,广泛分布于广东、广西、福建、海南、四川、云南等地^[12]。据统计^[13],2024年被誉为“中国无核黄皮之乡”的广东省郁南县的黄皮产量达到10.8万t。

黄皮为珍稀佳果,其果皮、果肉均可食用,深受消费者喜爱,但在成熟的后期,若碰到雨天果实就会开裂,且

基金项目:中央高校基本科研业务费资助项目(编号:0919-140279);大连特色果蔬保鲜与精深加工科技特派团项目(2024)

通信作者:江洁(1965—),女,大连民族大学教授,博士。E-mail: ganngjie@dlnu.edu.cn

收稿日期:2025-03-28 改回日期:2025-11-03

引用格式:廖俐穗,江洁,姜爱丽,等. 黄皮果活性物质功能特性及保鲜加工技术研究进展[J]. 食品与机械,2026,42(2):225-233.

Citation:LIAO Lisui, GANG Jie, JIANG Aili, et al. Research progress on functional characteristics of bioactive substances and preservation and processing technologies of *Clausena lansium*[J]. Food & Machinery, 2026, 42(2): 225-233.

其耐贮藏性非常差,即使在低温环境下,果实的表皮颜色也会加深呈褐色^[14]。黄皮果加工产业总体上仍处于生产初级制品阶段,多数以果酒和饮料为主,加工产业发展水平较低。文章拟对黄皮果中含有的主要活性成分、药理作用及其采后保鲜、加工的研究进展进行综述,旨在为黄皮果的深入研究和开发利用提供依据。

1 黄皮果的活性成分

每 100 g 黄皮果果肉含水约 79 g、蛋白质 1.9 g、脂肪 0.3 g、维生素 C 548 mg、钙 71 mg、钾 350 mg,并富含维生素 B₁、维生素 B₂、烟酸及胡萝卜素^[6]。目前,已通过 LC-MS 技术、细胞毒性测试、网络药理学方法、分子对接技术等方法,识别出黄皮果提取物中包括生物碱、黄酮类、香豆素和倍半萜等 122 种化合物^[15]。

1.1 多糖

多糖是黄皮果中重要的活性成分,具有抗氧化、降血糖和降血脂等功能^[16-18]。黄皮果肉中多糖含量最高,为 65.24%,果皮中多糖含量最低,为 37.22%^[7,19]。黄皮果实可溶性多糖含量为 8.04%~16.96%,其主要糖组分为蔗糖^[2],其中白蜜黄皮果品种的蔗糖含量最为突出^[6]。黄皮果果肉的酸性多糖是主要的抗凝血成分,其相对分子质量为 5.101×10^5 ,主要由半乳糖、阿拉伯糖和半乳糖组成,多糖能通过干扰内源性凝血途径发挥抗凝血作用,表现出显著的抗凝血活性^[20]。

1.2 氨基酸

水解氨基酸和游离氨基酸在营养、风味和药用价值方面均具有重要作用。黄皮果中的水解氨基酸主要提供

营养,在果皮中的总量高于果肉^[21];而游离氨基酸呈现果实风味与调节生理功能^[22],在黄皮果中含量达 1 309.7~9 832.0 mg/kg^[23]。果核中的精氨酸、 γ -氨基丁酸和脯氨酸可以降低血压和胆固醇水平,提高系统的免疫力^[24]。

黄皮果的果肉、果皮和果核在蛋白质和氨基酸组成上各有特点,共同构成了其在营养价值和功能特性方面的独特优势。果肉中的氨基酸大多是呈味氨基酸,果皮和果核上的氨基酸主要为功能性氨基酸,黄皮果不同部位可以在食品和药品开发中各自发挥优势。

1.3 多酚类物质

黄皮果富含多酚物质,具有抑菌、抗氧化、抗炎等功效^[23-26]。目前,在黄皮果中发现的酚类物质主要有黄酮、香豆素及其衍生物,如槲皮素含量为 961.933 $\mu\text{g/g}$ 、芦丁含量为 7 262.538 $\mu\text{g/g}$ 、3,4,5,7-四羟基黄酮含量为 93.364 $\mu\text{g/g}$ 、去甲齿叶黄檀素、氧去甲齿叶黄檀素和 5'-羟基葡萄糖内酯等含量未见报道(见表 1)。

Lin 等^[31]研究发现,黄皮果果皮中酚类物质含量高于果肉,共轭酚(BP)在果皮和果肉中均占主导地位,其含量超过游离酚(FP)和结合酚(CP)。绿原酸、没食子酸和芦丁在 FP、CP 和 BP 3 种酚类中均广泛分布,其中 BP 的抗氧化能力最强。黄皮果根中富含欧前胡素,具有抑制癫痫发作、扩张血管、抑制心肌肥大、抑制肿瘤细胞增殖、抗微生物、影响新陈代谢酶活性等多种药用功效^[30]。

1.4 生物碱及有机酸

黄皮果中生物碱主要来源于种子和茎叶,主要为吡啶生物碱和酰胺生物碱^[32-33],如黄皮新碱 A (claulamine A)、黄皮酰胺 I 和 3-甲酰基吡啶等,其含量未见报道(见表 2)。

表 1 黄皮果中主要酚类化合物及含量

Table 1 Main phenolic compounds and content in *C. lansium*

化合物	含量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	文献	化合物	含量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	文献
紫丁香	12.62±0.59	[5] ⁸⁹⁻⁸⁸	芹菜素	2.86±0.02	[28]
2-甲氧基肉桂酸	16.09±0.15	[5] ⁸⁹⁻⁸⁸	nordentatin	—	[29]
表没食子儿茶素	5.65±0.05	[6]	oxanordentatin	—	[29]
儿茶素	0.91±0.15	[6]	5'-羟基葡萄糖内酯	—	[29]
二氢槲皮素	0.41±0.01	[6]	7-[(E)-7'-羟基-3',7'-二甲基-2',5'-二烯]-香豆素	—	[29]
橙皮素	0.32±0.01	[6]	7-羟基香豆素	—	[29]
龙胆酸	0.73±0.01	[6]	开环异落叶松脂素	—	[29]
咖啡酸	0.93±0.01	[6]	2-[4-[(1E)-3-hydroxyprop-1-en-1-yl]-2,6-dimethoxyphenoxy]propane-1,3-diol	—	[29]
邻香豆酸	0.70±0.01	[6]	2-[4-(3-hydroxy-1-propenyl)-2-methoxyphenoxy]-1,3-propanediol	—	[29]
川陈皮素	0.65±0.20	[6]	1,3-propanediol	—	[29]
槲皮素	961.93±1.99	[27] ²²⁻³³	甲基-2-O- β -D-吡喃葡萄糖基苯甲酸	—	[29]
异鼠李素	40.07±0.22	[27] ³⁴⁻³⁵	欧前胡素	—	[30]
芦丁	7 262.54±37.60	[28]			
3,4,5,7-四羟基黄酮	93.36±0.14	[28]			

表2 黄皮果中主要生物碱类化合物

Table 2 Main alkaloid compounds in *C. lansium*

化合物	文献
黄皮新碱	[29]
γ -崖椒碱	[29]
黄皮酰胺 I	[34]
黄皮酰胺 B	[34]
黄皮酰胺 C	[34]
(<i>E</i>)- <i>N</i> -甲基肉桂酰胺	[34]
<i>N</i> -(2-苯基环氧乙基)- <i>N</i> -甲基肉桂酰胺	[34]
苯乙基肉桂酰胺	[34]
3-甲酰基咪唑	[35]
3-甲酰基-6-甲氧基咪唑	[35]
6-甲氧基咪唑-3-羧酸甲酯	[35]
辛黄皮酰胺	[35]
黄皮新碱	[36]

黄皮果中的新型咪唑生物碱衍生物 CZK 通过清除自由基和激活 Nrf2 通路能减轻氧化应激并改善脑缺血损伤^[37]。黄皮茎中含有香草木宁、九里香碱等 8 种生物碱^[38]。从黄皮果中提取的黄皮酰胺 B 和黄皮酰胺 C 可抑制稗草生长,且 *N*-取代肉桂酰胺类化合物对苘麻根系生长有显著的抑制效果^[34]。

黄皮果中有机酸以柠檬酸、草酸等为主^[2],是酸味风味的主要来源,其含量受品种及成熟度的影响^[6]。

1.5 萜类化合物

在黄皮果中,萜类化合物(见表3)主要参与果实的香气形成,赋予果实独特香味^[42],同时也在黄皮果生长的防御机制中发挥作用,帮助抵御病虫害和恶劣环境。彭程等^[40]从黄皮中共检出 99 种挥发性成分,主要含有单萜烯类、单萜类、倍半萜烯类、类倍半萜类、醇类、酯类、酮类、醛类和其他类物质,香气成分以萜类化合物为主。

表3 黄皮果中的萜类化合物

Table 3 Terpenoid compounds in *C. lansium*

类别	化合物	文献
单萜烯类	水芹烯	[39]
	柠檬烯	[39]
单萜类	α -金合欢烯	[40]
	β -没药烯	[40]
	石竹烯	[39]
	(<i>E</i>)- γ -双巴比烯	[39]
二萜类	(6 <i>R</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>S</i>)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮	[35]
三萜类	熊果酸	[41]

2 黄皮果的生物活性

2.1 抗氧化活性

黄皮果中的多糖、多酚和黄酮类化合物赋予其抗氧化活性,其中多糖对动植物油脂均具抗氧化作用^[43]。高酸度品种黄皮因可滴定酸含量高,总酚与黄酮水平及抗氧化能力显著高于高甜度品种黄皮^[44]。此外,果胶可通过抑制 α -MSH 信号通路,降低 A375 黑色素瘤细胞的胞内外黑色素合成,实现抗黑色素生成能力^[45]。

2.2 抗肿瘤活性

黄皮果的抗癌作用可通过多靶点协同机制实现。果肉和果皮提取液对亚硝酸盐清除率分别达 87.07% 和 82.11%,对亚硝胺合成的阻断率分别达 95.84% 和 93.74%,通过该机制可减少致癌物生成,有效降低消化道和肝脏等器官的癌变风险^[46]。

在肿瘤信号调控方面,Zhang 等^[15]研究发现,黄皮果的果皮提取物中 Wampetin、1,3-dihydroxy-*N*-methylacridone 等化合物可靶向结合前列腺受体、多巴胺受体等关键信号节点,抑制肿瘤增殖并诱导凋亡。黄皮果果核挥发油可通过改变黑色素瘤细胞形态,下调相关蛋白质表达,降低细胞存活率来抑制黑色素瘤^[47]。

2.3 抑菌活性

黄皮果的抗氧化活性可以抑制多种微生物生长。黄皮果中的生物碱、萜类化合物、香豆素、酰胺、酚类等活性物质,对革兰氏阳性菌^[35]和植物病原真菌^[48]有显著效果。Guo 等^[49]从黄皮果中提取获得挥发油,并将挥发油制成乳剂,发现乳剂可通过破坏细菌生物膜结构,增加细胞膜通透性,实现对金黄色葡萄球菌的高效抑菌;而黄皮果叶中的挥发性化合物(*E*)-2-己烯醛不仅能直接破坏青霉菌细胞壁完整性,还可激活柑橘果实抗病基因表达,降低青霉菌的采后侵染率^[50]。在水果保鲜领域,黄皮果种子提取物可通过增强梨果实中几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶活性,抑制葡萄座腔菌引发的梨轮纹病,同时延缓果实硬度下降,减少氧化氢和丙二醛的积累^[51]。

2.4 抗炎活性

黄皮果富含的活性成分在抗炎和代谢调节中展现出多靶点作用机制。在中枢神经炎症调控中,黄皮果根茎中的异戊烯香豆素、羧基吲哚生物碱及特有生物碱 indizoline 可抑制脂多糖激活的小胶质细胞释放一氧化氮(NO)^[52],并下调 BV-2 细胞中 IL-6、TNF- α 等促炎因子表达^[29];黄皮果茎部提取物甲基-2-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖基苯甲酸对 NO 释放也具有显著抑制作用^[52]。

黄皮果叶挥发油乳化剂不仅具有抑菌活性,还具有抗炎活性。Tang 等^[53]研究发现,黄皮果挥发油乳剂可通过阻断 NLRP3 炎症小体激活并抑制 NF- κ B 信号通路传导,降低小鼠的炎症因子水平。针对代谢紊乱相关炎症,

黄皮果提取物中的吉瑞尼木碱和羟基水苏碱可通过恢复肠道菌群稳态,促进免疫调节代谢物生成,缓解代谢性心肌病引发的系统性炎症^[54]。Zhang 等^[55]通过对黄皮果肉桂酰胺类化合物进行吡啶环修饰的结构优化后表现出更优异的抗炎作用。

黄皮果的生物活性汇总见表 4。

表 4 黄皮果的生物活性
Table 4 Bioactivities of *C. lansium*

生物活性	来源	作用机制	文献
抗氧化性	果实	清除自由基、抑制脂质过氧化	[43-44]
	果实	抑制黑色素生成	[45]
抗肿瘤活性	果实	阻断亚硝酸胺合成	[46]
	果皮	抑制肿瘤增殖及诱导凋亡	[15]
	果核	靶向黑色素瘤细胞	[47]
抑菌活性	果实、叶	破坏细菌生物膜结构	[49]
	叶	抑制病原真菌	[50]
	种子	激活防御酶系统、调控氧化应激通路	[51]
抗炎活性	根茎	抑制中枢神经炎症	[29, 52]
	根茎	抑制 NO 释放	[52]
	叶	阻断炎症小体激活	[53]
	果实	调节肠道菌群与代谢炎症	[54]
	果实	结构优化增强抗炎效果	[55]

3 黄皮果的保鲜技术

黄皮果是呼吸后期上升型果实,这种生理特性使其在采后常温贮藏过程中极易变质腐烂,保鲜困难。黄皮果在采后贮藏期间,呼吸速率持续上升,这种持续的高呼吸速率可加速代谢活动^[56]。同时,黄皮果在贮藏过程中乙烯产生速率也会显著增加,黄皮果的果皮薄且质地疏松,容易受到机械损伤和病菌感染^[57],进一步促进果实的成熟和衰老。常温下,黄皮果通常在 1 d 内就会出现明显褐变,2~3 d 后便失去商品价值^[58]。这种呼吸后期上升型的生理特征,加上其果皮的脆弱性,使黄皮果在常温下保鲜难度较大,严重制约了黄皮果产业化发展。但通过乙烯抑制剂、低温贮藏、涂膜、气调包装等方法,可以有效延缓其衰老过程,延长保鲜期。

3.1 化学保鲜技术

对黄皮果的乙烯信号进行调控,能维持细胞膜完整性和激活抗氧化系统,延缓果实硬度下降。采用 1.0 μL/L 的 1-甲基环丙烯(1-MCP)熏蒸处理,可显著抑制黄皮果乙烯生物合成关键酶活性,降低乙烯释放量,同时将呼吸速率峰值延后 2 d,使无核黄皮常温贮藏期延长至 5 d 以上^[59]。在乙醇环境下熏蒸过的黄皮果,可直接抑制多酚

氧化酶活性,减少酚类底物氧化;在抗氧化系统方面,提高抗坏血酸和总黄酮等非酶抗氧化物质含量,同时增强 SOD、CAT 等酶系统对活性氧的清除能力,通过这种双重机制可降低果皮褐变指数^[60]。

黄皮果细胞壁中果胶多糖以低甲氧基果胶为主,其与内源多酚的相互抑制起到关键调控作用。黄皮果中提纯得到的多酚物质能够降低果胶酶活性,降低黄皮果表皮果胶降解速率以及减缓果实软化速率^[61]。采用酸性电解水作为新型绿色消毒剂,经酸性电解水处理可提高抗病相关的酶活性从而降低黄皮果发病率,且可维持较高的果皮木质素含量^[62]。

功能性膜材料通过调控气体交换、抑制微生物增殖及延缓氧化损伤等机制,在黄皮果采后保鲜中发挥关键作用。苏秀芳等^[63]将壳聚糖与山梨酸钾、脱氢乙酸钠和氯化钙等辅助剂复合,优化出最佳涂膜配方,使果实保鲜期延长至 15 d,较自然条件提升了 3 倍。针对抗菌性能强化,Wang 等^[64]将氧化改性田菁胶(OSG)与羧甲基纤维素钠(CMC)、纳米氧化锌复合,构建了 OSG/ZnO-0.3 复合膜体系,该体系对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌率均 >90%,且处理组果实腐烂率较 PE 膜组降低了 42.8%。

3.2 物理保鲜技术

在黄皮果采后保鲜技术中,物理调控手段可通过多维度干预果实生理代谢与品质变化展现出显著效果,其中温度调控技术的优化对延缓果实劣变具有关键作用。低温贮藏作为基础性保鲜措施,可通过抑制呼吸代谢和内源乙烯生成延缓果实衰老。孟祥春等^[65]研究表明,8~10℃为无核黄皮的最佳贮藏温度范围,可实现果实 11 d 的有效保鲜。为增强果实低温适应性,程序降温技术采用梯度降温预处理强化抗逆性,8℃预处理 4 d 后转低温贮藏的控温方式,能通过激活 SOD 和 PAL 活性,降低丙二醛含量,同时有效控制果肉褐变,维持可溶性固形物和维生素 C 含量^[66]。此外,Sun 等^[67]研究发现,磁场预处理结合低温贮藏能特异性抑制多聚半乳糖醛酸酶、果胶甲酯酶等细胞壁降解酶活性,提升水溶性果胶保留率,降低果实褐变指数。

在黄皮果物理保鲜技术中,微波协同气调包装的应用显著提升了贮藏效果。张福平等^[68]通过微波短时热效应结合特定厚度的气调包装材料,可有效抑制表面微生物活性并调控贮藏微环境,保鲜周期较常规贮藏方式大幅延长。

黄皮果的保鲜技术汇总见表 5。

4 黄皮果加工制品的研究现状

黄目前,市面上以黄皮果为主原料的产品多为饮料、果酱和果酒等。

表5 黄皮果的保鲜技术

Table 5 Preservation technologies of *C. lansium*

保鲜技术大类	技术类别	处理方法	参考文献
化学技术	气体环境	1-MCP熏蒸	[59]
		乙醇熏蒸	[60]
	控制酶活	多酚抑制果胶降解	[61]
		酸性电解水处理	[62]
物理技术	功能性涂膜	壳聚糖复合涂膜	[63]
		OSG-ZnO复合膜	[64]
	低温处理	程序降温	[66]
		磁场结合低温	[66]
	环境控制	气调包装结合微波处理	[67]

4.1 果酒制品

在低度健康果酒消费趋势推动下,果酒逐渐成为大众消费者替代传统的酒饮。屈春云等^[69]采用戊糖片球菌CZZX-2与蜂蜜接合酵母LGL-1协同发酵黄皮果,使高级醇含量降低的同时,酯类物质生成量提升了2.3倍,显著改善了果酒风味层次。刘谋泉等^[70]通过多菌种动态发酵,有效调控乙醇生成速率与有机酸代谢平衡,使果酒酒精度和总酸含量保持稳定。Wang等^[71]研究发现,22℃低温发酵结合梯度糖度控制能有效稳定氨基酸代谢,提升关键风味物质的保留率。

4.2 果醋制品

在黄皮果醋加工中,菌种适配性与澄清技术是品质控制的关键。针对传统醋酸菌产酸效率低、耐乙醇性差的问题,刘建等^[72]通过富集培养与分离筛选获得巴氏醋酸杆菌A3,其产酸量比常规菌株高,且乙醇体积分数达8%。李南薇等^[73]进一步优化发酵体系,采用自筛菌株A-5协同果酒酵母,在pH 4.5、32℃下发酵7 d,使果醋总酸达72 g/L,同时保持果醋色泽与果香。针对果醋絮状沉淀问题,黄星源等^[74]开发了一种澄清剂与壳聚糖复合澄清技术,透光率提升至98.9%,实现6个月内无沉淀析出,为黄皮果醋的感官品质与货架期提供了双重保障。

4.3 乳制品

水牛乳因其高蛋白、高免疫活性物质的特性成为优质基料^[75],结合黄皮果功能特性与水牛乳营养优势制得的发酵乳制品,可实现植物多酚与乳源活性成分的协同增效^[76]。

4.4 腌渍品

苏艳兰等^[77]将黄皮果实与果皮复合,以坚果麸粕增香,制得兼具果香与酱香特征的复合果酱。针对传统果酱易分层问题,郑文雄等^[78]通过正交试验优化确定了果胶添加量为0.4%时,产品中可溶性固形物可稳定在55.74%,实现成品零脱水率。吴小燕等^[79]以明胶和果胶的双凝胶体系,并与腌渍果泥混合,制得的黄皮果软糖具

有良好的弹性。李小凤等^[80]研究发现,渗糖和烘干协同工艺配合适量明胶能够显著改善成品的透光率和咀嚼特性。

5 总结与展望

黄皮果富含多糖、黄酮、生物碱等活性成分,果核与叶片中含量最高,体外试验已证实其抗氧化、抗肿瘤及抑菌活性,而果肉部分相应成分含量较低,且尚未形成系统的体内与临床证据,药理机制仍停留在细胞水平。采后方面,果实皮薄多汁、呼吸强度高,易腐变质,常温货架期不足5 d;已有研究表明,乙烯抑制剂、低温、可食涂膜及微孔气调包装可将黄皮贮藏期延长至20~25 d,但少有大规模生产数据、成本和环保评估。加工现有产品大多属粗加工,活性保留率低,缺即食、低糖、高纤产品,附加值低。未来应以多学科交叉方式,采用动物和临床试验验证有效剂量;选育高香高功能品种结合新工艺,开发生产果片、饮料、微胶囊等高值产品,建立全产业链标准,推动黄皮果规模化应用。

参考文献

- [1] 陆育生,林志雄,邱继水,等.黄皮种质资源果实性状多样性分析及其数量分类研究[J].园艺学报,2016,43(10):1903-1915.
LU Y S, LIN Z X, QIU J S, et al. Fruit character diversity analysis and numerical taxonomy of wampee (*Clausena lansium*) germplasm resources[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(10): 1903-1915.
- [2] 陈慧琼,彭程,常晓晓,等.黄皮种质资源果实糖组分及其含量特征分析[J].广东农业科学,2022,49(4):8-18.
CHEN H Q, PENG C, CHANG X X, et al. Analysis of soluble sugar components and contents in fruits from different wampee germplasm resources[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2022, 49(4): 8-18.
- [3] 张瑞明,万树青,赵冬香.黄皮的化学成分及生物活性研究进展[J].天然产物研究与开发,2012,24(1):118-123,88.
ZHANG R M, WAN S Q, ZHAO D X. Advances in chemical constituents and biological activities of *Clausena lansium*[J]. Natural Product Research and Development, 2012, 24(1): 118-123, 88.
- [4] CHOKEPRASERT P, CHARLES A L, SUE K H, et al. Volatile components of the leaves, fruits and seeds of wampee *Clausena lansium* (Lour.) skeels[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2007, 20(1): 52-56.
- [5] 叶宇童.黄皮种质资源果实多酚组成比较及降脂活性研究[D].广州:华南理工大学,2020:77-88.
YE Y T. Comparison of polyphenol composition of wampee (*Clausena lansium*) fruit germplasm resources and lipid-lowering activity[D]. Guangzhou: South China University of

- Technology, 2020: 77-88.
- [6] 钟思彦, 邹波, 林锦波, 等. 不同品种黄皮果实营养成分及加工特性评价[J]. 食品工业科技, 2024, 45(14): 253-263.
ZHONG S Y, ZOU B, LIN J B, et al. Evaluation of nutrient composition and processing characteristics of different varieties of wampee[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(14): 253-263.
- [7] HE J Y, FANG J L, YU C Y, et al. Purification, structural identification, *in vitro* hypoglycemic activity and digestion characteristics of polysaccharides from the flesh and peel of wampee (*Clausena lansium*) [J]. Food Research International, 2024, 197: 115270.
- [8] PHACHONPAI W, TONGUN T. Antihypertensive and vasoprotective effects of *Clausena lansium* fruits extract in L-NAME induced hypertensive rats[J]. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 2020, 33(2): 745-749.
- [9] MATSUI T, ITO C, FURUKAWA H, et al. Lansiumamide B and SB-204900 isolated from *Clausena lansium* inhibit histamine and TNF- α release from RBL-2H3 cells[J]. Inflammation Research, 2013, 62(3): 333-341.
- [10] JIA Y N, TANG J R, DANG Y F, et al. Lansiumamide B induced the degradation of polysaccharides and oligosaccharides showing antifungal activity against *Rhizoctonia solani*[J]. Industrial Crops and Products, 2024, 214: 118529.
- [11] LUO X M, ZENG L X, LI Q, et al. β -cyclodextrin inclusion complex containing essential oil from wampee [*Clausena lansium* (Lour.) Skeels] fruit pericarp: synthesis, characterization, and evaluation of antioxidant activity[J]. Journal of Molecular Structure, 2022, 1 266: 133525.
- [12] 马杰, 郑好, 周平, 等. 马铃薯油菜素内酯信号激酶基因 *StBSKs* 的克隆与序列分析[J]. 浙江农业学报, 2019, 31(8): 1 224-1 230.
MA J, ZHENG H, ZHOU P, et al. Cloning and sequence analysis of *StBSKs* gene of *Solanum tuberosum*[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis 2019, 31(8): 1 224-1 230.
- [13] 李睿, 邹飞翔. 以品牌化为导向做深做实“土特产文章”; 以郁南黄皮产业的崛起为例[J]. 广东经济, 2024(23): 6-9.
LI R, ZOU F X. Brand-oriented, deepening and solidifying the "local specialty article": taking the rise of the wampee fruit industry from Yunan as an example[J]. Guangdong Economy, 2024(23): 6-9.
- [14] 刘玲玉. W 现代农业产业园发展战略研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019: 11-45.
LIU L Y. Research on the development strategy of W modern agricultural industrial park[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019: 11-45.
- [15] ZHANG Z Y, ZHANG L Q, WU P F, et al. Study on the chemical composition and anti-tumor mechanisms of *Clausena lansium* fruit by-products: based on LC-MS, network pharmacology analysis, and protein target validation[J]. Foods, 2024, 13(23): 3 878.
- [16] LI J, GU F F, CAI C, et al. Purification, structural characterization, and immunomodulatory activity of the polysaccharides from *Ganoderma lucidum*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 143: 806-813.
- [17] WU W L, ZHU Y T, ZHANG L, et al. Extraction, preliminary structural characterization, and antioxidant activities of polysaccharides from *Salvia miltiorrhiza* Bunge[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(2): 1 348-1 353.
- [18] YOU L J, GAO Q, FENG M Y, et al. Structural characterisation of polysaccharides from *Tricholoma matsutake* and their antioxidant and antitumour activities[J]. Food Chemistry, 2013, 138(4): 2 242-2 249.
- [19] 何俊叶, 刘成, 于宠洋, 等. 黄皮不同部位多糖的结构特性及体外降血糖活性[J]. 食品与机械, 2024, 40(3): 156-164.
HE J Y, LIU C, YU C Y, et al. Structural characteristics and hypoglycemic activity of polysaccharides from different parts of wampee[J]. Food & Machinery, 2024, 40(3): 156-164.
- [20] WU J Y, ZHENG W Y, LUO P, et al. Structural characterization of a water-soluble acidic polysaccharide CSP-IV with potential anticoagulant activity from fruit pulp of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels Guifei[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2024, 254: 128029.
- [21] GONTAR Ł, GESZPRYCH A, DRUTOWSKA A, et al. Essential oil and phenolic compounds in different organs and developmental stages of *Monarda didyma* L., and their biological activity[J]. Planta, 2025, 261(2): 37.
- [22] 张永明, 黄亚非, 黄际薇, 等. 黄皮果氨基酸成分分析[J]. 中药材, 2006, 29(9): 921-924.
ZHANG Y M, HUANG Y F, HUANG J W, et al. Study on amino acids from the fruit of *Clausena lansium*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2006, 29(9): 921-924.
- [23] 罗睿雄, 魏玲, 王光瑛, 等. 20 份黄皮种质资源果肉游离氨基酸对风味品质和药用价值的影响及其评价 [J]. 热带作物学报, 2024, 45(3): 485-494.
LUO R X, WEI L, WANG G Y, et al. Effect of free amino acids of 20 wampee germplasm resources pulp on flavor quality and medicinal value and its evaluation[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2024, 45(3): 485-494.
- [24] EDER R, SOURAL I, WENDELIN S, et al. Comparison of phenolic composition, ripeness parameters and antioxidative capacity of 33 Table grape cultivars[J]. Applied Fruit Science, 2025, 67(1): 28.
- [25] LEÓN-CORTÉS D, ARCE-VILLALOBOS K, BOGANTES-LEDEZMA D, et al. Anti-aflatoxin potential of phenolic compounds from common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. Food Chemistry, 2025, 469: 142597.
- [26] 蒋莹, 孙芳玲, 艾厚喜, 等. 黄皮化学成分的研究进展[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2012, 26(3): 425.

- JIANG Y, SUN F L, AI H X, et al. Research progress on chemical composition of the wampee fruit[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2012, 26(3): 425.
- [27] 敖慧婷. 黄皮酚类物质结构表征及其对酒精性肝损伤保护作用[D]. 天津: 天津科技大学, 2020.
- AO H T. Structural characterization of phenolic compounds in *Clausena lansium* and its protective effects on alcoholic liver injury[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2020.
- [28] 杨伟成, 吴罡腾, 林峭峰, 等. 无核黄皮果皮总黄酮的提取鉴定及其抗氧化活性分析[J]. 热带农业科学, 2024, 44(5): 22-28.
- YANG W C, WU G T, LIN Q F, et al. Extraction and identification of total flavonoids from pericarp of seedless wampee fruit and analysis of their antioxidant activity[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2024, 44(5): 22-28.
- [29] 夏红旻, 曲延伟, 王亮, 等. 小黄皮茎的化学成分及生物活性研究[J]. 中草药, 2021, 52(3): 630-634.
- XIA H M, QU Y W, WANG L, et al. Chemical constituents and biological activities of stems of *Clausena emarginata*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(3): 630-634.
- [30] 陆峥琳, 黄瑞松, 屈信成. 黄皮根的生药学鉴别研究[J]. 中药材, 2021, 44(6): 1 350-1 354.
- LU Z L, HUANG R S, QU X C. Research on the identification of raw pharmacy of wampee root[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2021, 44(6): 1 350-1 354.
- [31] LIN X, SHI Y S, WEN P, et al. Free, conjugated, and bound phenolics in peel and pulp from four wampee varieties: relationship between phenolic composition and bio-activities by multivariate analysis[J]. Antioxidants, 2022, 11(9): 1 831.
- [32] 范玉娇. 黄皮种子中酰胺类生物碱的分离鉴定与生物活性研究[D]. 海口: 海南大学, 2018: 30-53.
- FAN Y J. The isolation, identification and bioactivities of amide alkaloids from the seeds of *Clausena lansium*[D]. Haikou: Hainan University, 2018: 30-53.
- [33] 杜依倩, 杨敬芝, 李创军, 等. 黄皮咪唑生物碱类化学成分研究[C]// 中国化学会第十届全国天然有机化学学术会议论文集. 广州: [S.1.], 2014: 66.
- DU Y Q, YANG J Z, LI C J, et al. Research on the chemical composition of wampee carbazole[C]// The 10th National Natural Organic Chemistry Academic Conference of the Chinese Chemical Society. Guangzhou: [S.1.], 2014: 66.
- [34] 沈丽红, 焦姣, 王远, 等. 黄皮果中农用成分的提取和分离[J]. 农药, 2015, 54(1): 39-41, 44.
- SHEN L H, JIAO J, WANG Y, et al. The extraction and separation of agricultural active constituents in *Clausena lansium*[J]. Agrochemicals, 2015, 54(1): 39-41, 44.
- [35] 邓会栋, 梅文莉, 左文健, 等. 黄皮果皮中的抗菌活性成分研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2014, 22(2): 195-200.
- DENG H D, MEI W L, ZUO W J, et al. Antibacterial components from peels of *Clausena lansium* (Lour.) skeels[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2014, 22(2): 195-200.
- [36] 马洁, 孙兴妍, 臧应达, 等. 从黄皮茎枝中分离到的一个新的咪唑生物碱[J]. 药学学报, 2020, 55(1): 110-112.
- MA J, SUN X Y, ZANG Y D, et al. A new carbazole alkaloid from the stems of *Clausena lansium*[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 2020, 55(1): 110-112.
- [37] 湛浩东. 源于黄皮的生物碱衍生物CZK治疗缺血性脑卒中的药效学评价与机制研究[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2023: 7-31.
- CHEN H D. Study on the pharmacodynamic evaluation and mechanism of CZK, alkaloid derivative derived from the wampee fruit, in the treatment of ischemic stroke[D]. Changsha: Hunan University of Chinese Medicine, 2023: 7-31.
- [38] 鄢贵, 乔泽华, 吴英菊, 等. 光滑黄皮茎中香豆素类和生物碱类化学成分研究[J]. 中草药, 2020, 51(7): 1 825-1 830.
- YAN G, QIAO Z H, WU Y J, et al. Study on coumarins and alkaloids from stems of *Clausena lenis*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2020, 51(7): 1 825-1 830.
- [39] ZHAO Z H, HAO Y F, LIU Y J, et al. Comprehensive evaluation of aroma and taste properties of different parts from the wampee fruit[J]. Food Chemistry: X, 2023, 19: 100835.
- [40] 彭程, 常晓晓, 陈喆, 等. 不同类型黄皮果实香气成分和特征香气物质分析[J]. 经济林研究, 2019, 37(4): 50-60.
- PENG C, CHANG X X, CHEN Z, et al. Analysis on aromatic components and specific aromatic components in different clones of *C. lansium* fruits[J]. Non-wood Forest Research, 2019, 37(4): 50-60.
- [41] 王冬梅, 黄振勇, 梁晓君, 等. 超声波细胞破碎法辅助提取山黄皮果熊果酸的工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(9): 80-87.
- WANG D M, HUANG Z Y, LIANG X J, et al. Optimization of ursolic acid extraction from *Clausena excavata* by ultrasonic cell disruption[J]. Food Research and Development, 2022, 43(9): 80-87.
- [42] 常晋, 李乾, 魏新铎, 等. 萜类香味成分及潜香物质生物合成研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2024, 44(12): 124-140.
- CHANG J, LI G, WEI X D, et al. Research progress on the biosynthesis of terpenoid flavor and latent fragrance compounds[J]. China Biotechnology, 2024, 44(12): 124-140.
- [43] 马超, 刘杰凤, 周天, 等. 黄皮果多糖提取工艺优化及抗氧化性研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(8): 290-292.
- MA C, LIU J F, ZHOU T, et al. Research on the optimization of extraction process and antioxidant properties of the wampee fruit fructose[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(8): 290-292.
- [44] CHANG X X, YE Y T, PAN J P, et al. Comparative analysis of phytochemical profiles and antioxidant activities between sweet and sour wampee (*Clausena lansium*) fruits[J]. Foods,

- 2022, 11(9): 1 230.
- [45] FU W Y, LIAO X H, ZHANG Q, et al. Anti-melanogenesis effect from Wampee fruit pectin via α -MSH/TRY pathway in A375 cells[J]. BMC Complementary Medicine and Therapies, 2022, 22(1): 174.
- [46] 林燕如. 黄皮果不同部位提取液清除亚硝酸盐和阻断亚硝酸胺合成的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(9): 50-53.
- LIN Y R. Study on eliminating sodium nitrite and blocking nitrosamine synthesis by anthocyanin from different parts of *Clausena lansium*[J]. The Food Industry, 2014, 35(9): 50-53.
- [47] 廖雪华, 甘育鸿, 梅思, 等. 黄皮果果核挥发油对小鼠黑色素瘤 B16-F10 细胞增殖和凋亡的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 35-41.
- LIAO X H, GAN Y H, MEI S, et al. Effect of essential oil from wampee kernel on proliferation and apoptosis in melanoma B16-F10 cells[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 35-41.
- [48] 章宇微. 黄皮和小叶九里香抑菌活性成分研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2024: 27-51.
- ZHANG Y W. Study on the antifungal active ingredients of *Clausena lansium* and *Murraya microphylla*[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2024: 27-51.
- [49] GUO Y N, HE K R, LIANG S S, et al. The effect and mechanism of volatile oil emulsion from leaves of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels on *Staphylococcus aureus* in vitro[J]. Frontiers in Microbiology, 2024, 15: 1376819.
- [50] YANG C, LIN Z Z, LUO Z, et al. The volatile compound (*E*)-2-hexenal in wampee (*Clausena lansium*) represses the development of *Penicillium italicum* and enhances the disease resistance of postharvest citrus fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2025, 219: 113241.
- [51] SONG W W, FU X X, CAO D T, et al. The delaying effect of *Clausena lansium* extract on pear ring rot is related to its antifungal activity and induced disease resistance[J]. Postharvest Biology and Technology, 2024, 212: 112847.
- [52] WANG Y J, SUN F X, LIANG Y P, et al. Study on the chemical components and anti-neuroinflammatory activity of the roots of *clausena excavate burm. f*[J]. Chemistry & Biodiversity, 2025, 22(2): e202401653.
- [53] TANG L P, GUO Y N, MOU R W, et al. Effects of *Clausena lansium* leaves volatile oil emulsion against *staphylococcus aureus* in mice via autophagy modulation[J]. Phytomedicine, 2024, 135: 156159.
- [54] SHU C, HUANG J Y, YANG G Y, et al. Multi-omics reveals the attenuation of metabolic cardiomyopathy in mice by alkaloids in extracts from *Clausena lansium* (Lour.) via the transition of gastrointestinal microbiota to an alternative homeostasis[J]. Journal of Functional Foods, 2024, 112: 105946.
- [55] ZHANG G P, LI M J, OU Y H, et al. Synthesis, evaluation and mechanism study of novel pyrazole enamides to alleviate lung injury[J]. European Journal of Medicinal Chemistry, 2025, 282: 117068.
- [56] 屈红霞, 蒋跃明, 李月标, 等. 黄皮果实采后呼吸特性及品质变化[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(3): 16-20.
- QU H X, JIANG Y M, LI Y B, et al. Respiration characteristics and quality changes of wampee fruits during storage[J]. Subtropical Plant Science, 2003, 32(3): 16-20.
- [57] 杨坤, 贾文君, 李雯. 3 种褐变抑制剂对黄皮果实褐变及抗氧化品质的影响[J]. 中国南方果树, 2021, 50(3): 57-63.
- YANG K, JIA W J, LI W. Effects of three browning inhibitors on browning and antioxidant characters of wampee fruit[J]. South China Fruits, 2021, 50(3): 57-63.
- [58] 罗丽丽, 陈嘉欣, 曾莹莹, 等. 我国黄皮果资源的生产现状与发展对策[J]. 现代农业研究, 2023, 29(10): 115-118.
- LUO L L, CHEN J X, ZENG Y Y, et al. Production status and development countermeasures of *Clausena lansium* (lour.) skeels resources in China[J]. Modern Agriculture Research, 2023, 29(10): 115-118.
- [59] 陈丽晖, 黄雪梅, 张昭其, 等. 1-甲基环丙烯对无核黄皮贮藏品质和生理的影响[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(4): 117-122.
- CHEN L H, HUANG X M, ZHANG Z Q, et al. Effects of 1-methylcyclopropene on the storage quality and the postharvest physiology of seedless wampee fruit[J]. Journal of South China Agricultural University, 2015, 36(4): 117-122.
- [60] SHAO Y Z, JIANG Z T, ZENG J K, et al. Effects of 1-methylcyclopropene on the storage quality and the postharvest physiology of seedless wampee fruit[J]. Food Science & Nutrition, 2020, 8(7): 3 380-3 388.
- [61] ZHOU J J, ZHANG X, YU C Y, et al. Structural characteristics of cell wall pectic polysaccharides from wampee and their decreased binding with pectinase by wampee polyphenol[J]. Food Chemistry, 2024, 459: 140438.
- [62] LIN Y Z, CHEN H B, DONG S S, et al. Acidic electrolyzed water maintains the storage quality of postharvest wampee fruit by activating the disease resistance[J]. Foods, 2024, 13(10): 1 556.
- [63] 苏秀芳, 吴霞明, 农华, 等. 壳聚糖复合涂膜法在细叶黄皮果保鲜中的应用研究[J]. 中国果菜, 2023, 43(8): 4-11.
- SU X F, WU X M, NONG H, et al. Research on the application of chitosan coating package in the preservation of *clausenaanisum-olens*[J]. China Fruit & Vegetable, 2023, 43(8): 4-11.
- [64] WANG M Y, HUANG D F, SUN Y, et al. Antibacterial activity of modified sesbania gum composite film and its preservation effect on wampee fruit (*Clausena lansium* (lour.) skeels)[J]. Foods, 2024, 13(5): 639.
- [65] 孟祥春, 黄泽鹏, 凡超, 等. 贮藏温度对无核黄皮保鲜期和品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(21): 8 530-8 535.

- MENG X C, HUANG Z P, FAN C, et al. Effects of storage temperature on the preservation period and quality of seedless wampee fruit[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(21): 8 530-8 535.
- [66] 常文俊, 阎宁, 沈九钧, 等. 程序降温处理对黄皮果实贮藏品质和采后生理的影响[J]. 热带作物学报, 2019, 40(6): 1 181-1 187.
- CHANG W J, YAN N, SHEN W J, et al. Effects of low temperature conditioning on storage quality and postharvest physiology of wampee (*Clausena lansium* L.) fruits[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(6): 1 181-1 187.
- [67] SUN P P, LIU C, YU C Y, et al. Regulation effect of magnetic field combined with low temperature storage on postharvest quality and cell wall pectic-polysaccharide degradation of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels[J]. Food Chemistry: X, 2024, 22: 101253.
- [68] 张福平, 郑丽平, 丘春秀, 等. 微波结合气调包装对黄皮采后耐藏性的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(3): 543-548.
- ZHANG F P, ZHENG L P, QIU C X, et al. Effects of microwave combined with modified atmosphere package on storability of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels fruit during postharvest storage[J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(3): 543-548.
- [69] 屈春云, 田茂秀, 黄斯蕴, 等. 戊糖片球菌协同蜂蜜接合酵母 LGL-1 混合发酵对黄皮果酒品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(7): 9-19.
- QU C Y, TIAN M X, HUANG S Y, et al. Study on improving the quality of *Clausena lansium* fruit wine by mixed fermentation of *Pediococcus pentosaceus* and *Zygosacharomyces mellis* LGL-1[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(7): 9-19.
- [70] 刘谋泉, 孔美兰, 张福平, 等. 果酒酵母粉辅以大曲酿造黄皮果酒工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(8): 201-204, 209.
- LIU M Q, KONG M L, ZHANG F P, et al. Study on brewing technology of *Clausena lansium* fruit wine with wine yeast and da qu[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(8): 201-204, 209.
- [71] WANG H, LIAO X, LIN C Y, et al. Optimization of fermentation conditions, physicochemical profile and sensory quality analysis of seedless wampee wine[J]. Applied Biological Chemistry, 2024, 67(1): 81.
- [72] 刘建, 李南薇, 苏顺好, 等. 无核黄皮果醋酿造菌种的分离筛选及鉴定[J]. 食品科技, 2023, 48(1): 29-34.
- LIU J, LI N W, SU H S, et al. Isolation, screening and identification of novel acetobacter for seedless wampee fruit vinegar fermentation[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(1): 29-34.
- [73] 李南薇, 刘建, 麦苇祥, 等. 无核黄皮果醋醋酸发酵工艺优化[J]. 中国酿造, 2023, 42(4): 215-220.
- LI N W, LIU J, MAI W X, et al. Optimization of acetic acid fermentation technology of seedless wampee fruit vinegar[J]. China Brewing, 2023, 42(4): 215-220.
- [74] 黄星源, 黄星才, 谢永巧, 等. 101果汁澄清剂、壳聚糖及复合澄清剂对无核黄皮果醋澄清效果的比较研究[J]. 酿酒, 2023, 50(5): 130-133.
- HUANG X Y, HUANG X C, XIE Y Q, et al. Comparison of the clarifying effects of seedless wampee vinegar by 101 fruit juice clarifier, chitosan and compound clarifier[J]. Liquor Making, 2023, 50(5): 130-133.
- [75] 谢芳, 谢华德, 李孟伟, 等. 冬夏两季水牛乳中细菌多样性的比较分析[J]. 中国乳品工业, 2021, 49(7): 8-12, 17.
- XIE F, XIE H D, LI M W, et al. Analysis of bacterial diversity in colostrum and normal milk of buffalo based on 16S rDNA high-throughput sequencing[J]. China Dairy Industry, 2021, 49(7): 8-12, 17.
- [76] 郑博强, 谢芳, 杨承剑. 山黄皮水牛乳酸奶的制备工艺[J]. 农村新技术, 2023(6): 64.
- ZHENG B Q, XIE F, YANG C J. Preparation technology of fermented yogurt with *Clausena lansium* and buffalo fermented milk[J]. New Rural Technologies, 2023(6): 64.
- [77] 苏艳兰, 刘功德, 艾静汶, 等. 黄皮酱加工工艺[J]. 农村新技术, 2023(9): 65.
- SU Y L, LIU G D, AI J W, et al. Processing technology of the wampee fruit sauce[J]. New Rural Technologies, 2023(9): 65.
- [78] 郑文雄, 陈燕清, 刘小欣, 等. 无核黄皮果酱的制备及其理化性质研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(22): 8 864-8 869.
- ZHENG W X, CHEN Y Q, LIU X X, et al. Study on the preparation and physicochemical properties of seedless Huangpi jam[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(22): 8 864-8 869.
- [79] 吴小燕, 张苗红. 黄皮果功能性凝胶软糖的制作工艺研究[J]. 福建轻纺, 2023(2): 13-16, 24.
- WU X Y, ZHANG M H. Research on the production process of functional gel gummy of the wampee fruit[J]. The Light & Textile Industries of Fujian, 2023(2): 13-16, 24.
- [80] 李小凤, 沈建军, 夏奕迅, 等. 黄皮果脯的制备工艺研究[J]. 中外食品工业, 2024(4): 7-9.
- LI X F, SHEN J J, EASON X, et al. Research on the preparation technology of dried fruit made with wampee[J]. Global Food Industry, 2024(4): 7-9.