

不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的品质比较

陈燕霞¹, 贾栩超¹, 李振伟², 肖丽梅², 池建伟¹

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610) (2. 河源绿纯食品有限公司, 广东河源 517000)

摘要: 以热带水果嘉宝果为原料制作嘉宝果浸泡酒, 研究不同浸渍时间对嘉宝果浸泡酒的活性成分含量及抗氧化活性的影响, 并对不同浸渍时间浸泡酒的挥发性成分进行分析, 明确其特征风味物质。结果表明, 浸泡酒中的酚类物质含量随浸渍时间延长而增加, 浸泡3个月时嘉宝果浸泡酒的酚类物质含量已达到峰值, 其总酚、总黄酮和原花青素含量分别为1581.11 mg GAE/L、352.20 mg CE/L 和 140.96 mg EPE/L, 与浸泡6个月的含量无显著性差异。浸泡酒的抗氧化活性与酚类物质含量变化趋势一致, 浸泡3个月的嘉宝果浸泡酒的ABTS、DPPH和FRAP抗氧化能力最强, 含量分别为697.02 mmol TE/L、428.97 μ mol TE/L 和 19.97 mmol Fe²⁺/L。嘉宝果浸泡酒挥发性成分中主要鉴定出醇类、烃类、酯类和醛酮类等4类。苯乙醇、1-己醇、癸酸乙酯和辛酸乙酯等香气成分是嘉宝果浸泡酒的重要风味物质。综上所述, 确定嘉宝果浸泡酒的最佳浸渍时间为3个月, 此时浸泡酒的活性物质含量、抗氧化活性和风味物质种类均达到最好水平。

关键词: 嘉宝果; 浸泡酒; 活性物质; 抗氧化活性; 风味物质

文章编号: 1673-9078(2021)03-194-201

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.3.0805

Quality Analysis of Jaboticaba Soaked Wine in Different Soaking Time

CHEN Yan-xia¹, JIA Xu-chao¹, LI Zhen-wei², XIAO Li-mei², CHI Jian-wei¹

(1. Sericultural & Agri-Food Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China) (2. Heyuan Luson Food Co. Ltd., Heyuan 517000, China)

Abstract: Soaked wine was prepared using jaboticaba fruit as raw material, the effect of different soaking time on the active ingredients contents and antioxidant activity of jaboticaba soaked wine were studied. The volatile constituents of jaboticaba soaked wine in different soaked time were also analyzed in order to elucidate its characteristic flavor substance. The results showed that the contents of phenolic compounds in jaboticaba soaked wine were increased with soaking time. When soaked for 3 month, the phenolic contents of jaboticaba soaked wine reached the highest point, the total phenolics, total flavonoid and proanthocyanidins contents of the soaked wine were 1581.11 mg GAE/L, 352.20 mg CE/L and 140.96 mg EPE/L, respectively, which had no significant differences compared with the soaked wine for 6 month. The changes of antioxidant activity of the soaked wine were consistent with the variation trend of phenolic substance content. The ABTS, DPPH and FRAP antioxidant activity of jaboticaba soaked wine were better than other soaked time of wines, the contents are 697.02 mmol TE/L, 428.97 μ mol TE/L and 19.97 mmol Fe²⁺/L, respectively. Alcohols, hydrocarbons, esters and aldoketones were four main identified volatile constituents in jaboticaba soaked wine. Phenethyl alcohol, 1-hexanol, ethyl caprate and ethyl caprylate were important flavor substances of jaboticaba soaked wine. In summary, the best soaking time of jaboticaba soaking wine was 3 months, and the content of active substances, antioxidant activity and flavor substances of soaking wine reached the best level.

Key words: jaboticaba fruit; soaked wine; active substance; antioxidant activity; flavor substance

引文格式:

陈燕霞, 贾栩超, 李振伟, 等. 不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的品质比较[J]. 现代食品科技, 2021, 37(3): 194-201

CHEN Yan-xia, JIA Xu-chao, LI Zhen-wei, et al. Quality analysis of jaboticaba soaked wine in different soaking time [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(3): 194-201

收稿日期: 2020-08-28

基金项目: 广州市科技计划项目 (201909020001); 科技创新战略专项资金 (高水平农科院建设) (R2017YJ-YB2006; R2018QD-081)

作者简介: 陈燕霞 (1992-), 女, 研究实习员, 研究方向: 农产品加工; 通讯作者: 池建伟 (1963-), 男, 研究员, 研究方向: 农产品加工

嘉宝果 (*Myrciaria cauliflora* Berg), 属于桃金娘科, 是一种紫黑色植物, 别名珍宝果、树葡萄, 原产于南美洲的巴西、阿根廷等地区^[1,2], 目前我国台湾、福建、广东、浙江等地均有引种种植。嘉宝果果实香甜多汁, 营养丰富, 富含蛋白质、糖类、矿质元素如钙、铁、锌等营养成分^[3,4]。此外嘉宝果还含有丰富的黄酮类化合物如槲皮素、异槲皮苷, 原花青素、酚酸和单宁等酚类物质^[5,6], 具有良好的抗自由基、抗氧化和抗炎^[7]、舒张血管、降低血压的活性作用^[8], 并具有 α -淀粉酶抑制活性和 α -葡萄糖苷酶抑制活性^[9,10], 还可以预防心血管疾病, 糖尿病等慢性疾病^[11-13], 具有较高的药用和食用价值。除了鲜食消费外, 对嘉宝果进行精深加工, 开发果汁、果酱、起泡酒等健康食品^[14-16], 生产果胶等食品添加剂和保鲜剂, 提高产业附加值, 极具开发利用价值。

浸泡酒中米酒是较好的溶剂, 具有提高食欲、缓解疲劳、活血通脉, 并有提神驱寒的作用, 并且浸泡酒是一种经典的传统酒类加工工艺, 因其制作过程相对简单, 设备条件要求低, 能够较大程度保留其浸提物独特的风味和活性营养成分, 并有米酒的风味和营养价值, 而深受广大消费者的喜爱, 现已广泛应用于多种果酒的制作^[17,18]。目前嘉宝果果酒已有相关研究报道及现有的产品大都是采用发酵酿造工艺制作的发酵酒, 而有关其浸泡酒的研究尚未见报道。浸泡酒制作过程中浸渍时间是影响浸泡酒的风味、品质的重要因素, 浸渍时间短则活性成分不能充分溶出, 浸渍时间过长则可能会造成活性物质降解并影响风味口感^[19]。通过分析不同浸渍时间浸泡酒的活性成分和风味物质, 明确其最佳浸渍时间, 对指导高品质浸泡酒生产有重要意义。

本实验以浸泡 1 个月、2 个月、3 个月和 6 个月的嘉宝果浸泡酒为原料, 通过比较不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的色度及总酚、总黄酮和原花青素等活性物质的含量, 明确浸泡酒浸泡过程中活性物质的变化情况; 采用 DPPH 自由基清除法、ABTS 自由基清除法和亚铁离子还原能力法 (FRAP) 评价不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的抗氧化活性, 通过分析上述指标确定最佳浸渍时间。通过 GC-MS 分析不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的挥发性成分, 解析嘉宝果浸泡酒的特征香气物质; 研究结果将为嘉宝果浸泡酒的加工提供科学指导, 也为其健康效应的阐明提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料

成熟的沙巴嘉宝果采摘于河源市东源县燕归来生态庄园; 42% vol 客家米酒, 河源绿纯食品有限公司生产。

1.1.2 试剂

福林酚试剂、水溶性维生素 E (Trolox)、三吡啶基三嗪 (TPTZ)、没食子酸、香草醛、儿茶素、表儿茶素, 美国 sigma 公司; 三氯化铝、硼氢化钠、醋酸钠、氯化钾、四氯对醌、碳酸钠、氯化钠、正辛醇等分析纯试剂, 福晨 (天津) 化学试剂有限公司; 乙酸、乙醇、浓硫酸、浓盐酸、甲醇等溶剂, 天津市百世化工有限公司。

1.1.3 主要仪器设备

Infinite M200pro 酶标仪, 奥地利 TECAN 公司; 6890N/5975B GC-MS 气质联用仪, 美国 Agilent 公司; 分析天平 BS124S, 赛多利斯科学仪器公司; Ultrascan VIS 色度仪, 美国 Hunter Lab 公司; HZQ-QX 智能型全温振荡器, 哈尔滨东联电子开发有限公司; EYELAN-1100 旋转蒸发仪, 东京理化器械株式会社。

1.2 试验方法

1.2.1 嘉宝果浸泡酒的浸泡方法

新鲜采摘的嘉宝果清洗后晾干表面水分, 将经挤压造成果皮破损的嘉宝果装入酒坛, 按照料液比 1:1.5 (m/V) 加入 42% vol 客家米酒, 加盖密封后阴凉避光存放, 分别取浸渍时间为 1 个月、2 个月、3 个月和 6 个月的浸泡酒进行品质分析。

1.2.2 色度的测定

待测样品加入 50 mm×10 mm 比色皿中, 通过透射模式测定样品的色度指标, 以亮度 (L^* 值)、红绿度 (a^* 值) 和黄蓝度 (b^* 值) 表示。

1.2.3 总酚、总黄酮、花青素含量的测定

总酚含量的测定参考 Chen^[20]的方法, 取 125 μ L 浸泡酒稀释液, 加入 500 μ L 去离子水和 125 μ L 福林酚试剂混匀, 室温下避光静置后反应 6 min, 加入 1.25 mL 7% (m/V) Na_2CO_3 和 1.0 mL 去离子水混匀, 室温下避光静置后反应 90 min, 于 760 nm 处测定吸光值, 以没食子酸为标准品制作标准曲线, 总酚含量以每升浸泡酒样品中所含没食子酸当量表示 (mg GAE/L)。

总黄酮含量的测定通过 SBC 法^[21], 将 1 mL 浸泡酒旋干后, 用 1 mL 四氢呋喃-乙醇混合溶液 (1:

1, *V:V*) 复溶, 加入 0.5 mL 50 mM 硼氢化钠溶液和 0.5 mL 74.6 mM 三氯化铝溶液混合均匀, 室温震荡 30 min 后, 加入 0.5 mL 50 mM 硼氢化钠, 继续震荡 30 min。随后加入 2 mL 0.8 M 乙酸, 室温避光震荡 15 min。加入 1 mL 20 mM 四氯对醌溶液, 95 °C 油浴震荡 60 min。反应液冷却后用甲醇使溶液体积达到 4 mL, 然后加入 1 mL 16% 香草醛甲醇和 2 mL 浓 HCl 溶液混匀, 于 25 °C 避光反应 15 min 后测定 490 nm 下吸光值, 以儿茶素标准品制作标准曲线, 黄酮含量以每升浸泡酒样品中所含儿茶素当量表示 (mg CE/L)。

原花青素含量的测定通过硫酸-香草醛法^[22], 取 0.5 mL 浸泡酒稀释液, 加入 2.5 mL 30 g/L 的香草醛溶液和 2.5 mL 30% 的 H₂SO₄ 甲醇溶液, 将混合物避光 30 °C 反应 20 min 后测定 500 nm 下的吸光值, 以表儿茶素为标准品制作标准曲线, 原花青素含量以每升浸泡酒样品中所含表儿茶素当量表示 (mg EPE/L)。

1.2.4 抗氧化活性测定

亚铁离子还原能力 (FRAP) 的测定参照 Benzie^[23] 的方法。配制 FRAP 工作液: 取 25 mL 300 mmol/L 醋酸盐溶液 (3.1 g CH₃COONa·3H₂O 和 16 mL CH₃COOH 溶于 1 L 缓冲液 (pH=3.6))、2.5 mL 10 mmol/L TPTZ 溶液 (3.12 g TPTZ 溶解于 1 L 40 mmol/L HCl) 和 2.5 mL 20 mmol/L FeCl₃·6H₂O 溶液混匀后在 37 °C 孵育待用。取 90 μL 浸泡酒稀释液与 2 mL FRAP 工作液混合混匀, 室温避光反应 30 min。在 593 nm 测定吸光值, FRAP 结果以每升浸泡酒样品中所含的 FeSO₄·7H₂O 当量表示 (mmol Fe²⁺/L)。

ABTS⁺ 自由基清除能力的测定参照王荣等^[24] 方法, 取 10 μL 浸泡酒稀释液, 加入 170 μL ABTS 工作液和 20 μL 过氧化物酶应用液, 反应 6 min 后在 405 nm 下测定吸光度值。用 Trolox 标准品做标

准曲线, ABTS⁺ 清除能力以每升浸泡酒样品中所含 Trolox 当量表示 (mmol TE/L)。

DPPH 自由基清除能力的测定参照 Pío-León^[25] 的方法: 取 0.1 mL 浸泡酒稀释液, 加入 4 mL 0.1 mmol/L 的 DPPH 溶液, 用无水乙醇定容至 5 mL。混匀静置 30 min, 在 517 nm 波长处测定吸光度值。用 Trolox 标准品做标准曲线, DPPH 自由基清除能力以每升浸泡酒样品中所含 Trolox 当量表示 (μmol TE/L)。

1.2.5 香气成分的 GC-MS 分析

采用顶空-固相微萃取法, 取 6 mL 的浸泡酒加上 1.5 g 氯化钠加入 15 mL 的顶空瓶中, 再加入 5 μL 200 mg/L 的正辛醇 (内标物), 拧紧瓶盖后放入 40 °C 的热水中平衡 30 min, 将 DVB/CAR/PDMS 50/30 μm 萃取头插入顶空瓶中萃取 30 min, 抽回萃取头, 插入进样器, 解析 5 min。

GC-MS 分析条件: 采用 HP-5MS 型 (30 m×250 μm×0.25 μm) 毛细管柱; 恒流恒压模式, 流量为 1.7 mL/min, 分流比为 5:1; 进样口温度 250 °C; 升温程序: 初始温度 40 °C, 保持 5 min, 随后以 5 °C/min 升至 130 °C, 保持 1 min, 以 15 °C/min 升至 230 °C, 保持 3 min, 总运行时间约为 45 min。质谱条件: 电子轰击离子源 (Electron impact, EI), 电子能量 70 eV; 传输线温度 250 °C, 离子源温度 230 °C, 扫描质量范围 35~400 *m/z*。

1.2.6 数据分析

每组实验均重复 3 次, 实验结果以均数±标准差表示。利用 SPSS 16 进行统计分析, 检验差异显著性 (*p*<0.05 表示差异显著)。

2 结果与讨论

2.1 不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的颜色分析

表 1 不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒的颜色

Table 1 Chroma of jaboticaba soaked wine at different soaking time

项目	浸渍 1 个月	浸渍 2 个月	浸渍 3 个月	浸渍 6 个月
L* (亮度)	25.55 ± 0.06 ^c	24.99 ± 0.02 ^b	24.18 ± 0.02 ^a	24.09 ± 0.02 ^a
a* (红/绿)	9.40 ± 0.10 ^c	7.62 ± 0.05 ^b	6.57 ± 0.03 ^a	6.35 ± 0.01 ^a
b* (黄/蓝)	4.07 ± 0.12 ^c	2.47 ± 0.02 ^b	1.52 ± 0.04 ^a	1.53 ± 0.03 ^a

注: 不同字母表示差异显著 (*p*<0.05)。

不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒色度的结果如表 1 所示, 嘉宝果成熟时果皮呈深紫色或黑色, 果肉呈白色凝胶状, 嘉宝果浸泡酒为深紫色, 随着浸渍时间的增加, 嘉宝果浸泡酒的亮度 (L*) 由 25.55 降低至 24.09, 红绿值 (a*) 由 9.4 逐渐降低至 6.35, 黄蓝

值 (b*) 由 4.07 逐渐减低至 1.52。色度值是描述浸泡酒所呈现的亮度和颜色的综合参数, 与浸泡酒中的单宁、黄酮、花色苷等酚类的种类和含量有关^[17,26]。随着浸渍时间的加长, 嘉宝果浸泡酒的亮度 (L*)、红绿值 (a*) 和黄蓝值 (b*) 都显著降低

($p<0.05$), 这可能是由于浸渍时间增加导致嘉宝果中的总酚、花色苷等溶出量增多, 从而影响浸泡酒的色度。浸泡3个月和6个月的浸泡酒色度值无显著性差异 ($p>0.05$), 表明浸泡3个月后浸泡酒的色度趋于稳定。

2.2 不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的酚类物质含量分析

质含量分析

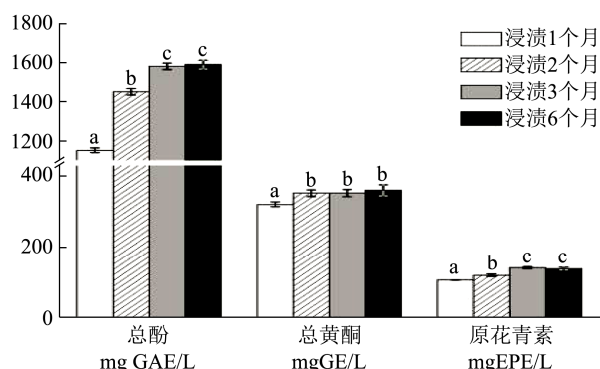


图1 不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒的活性物质含量

Fig.1 Active ingredients content of jaboticaba soaked wine at different soaking time

注: 不同字母表示差异显著 ($p<0.05$)。图2、3同。

酚类物质是浸泡酒中主要活性成分, 会对浸泡酒的色泽、香气和口感造成影响。不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒中主要酚类物质含量如图1所示: 随着浸渍时间的增加, 嘉宝果浸泡酒中总酚、总黄酮和原花青素的含量呈上升趋势。嘉宝果浸泡酒中的总酚和原花青素含量在3个月时含量到达峰值, 分别为1581.11 mg GAE/L和140.96 mg EPE/L。随着浸渍时间延长到6个月, 两类成分的含量相比3个月无显著性差异 ($p>0.05$)。而黄酮含量在浸泡2个月时达到峰值 (352.20 mg CE/L), 而后随着浸渍时间的延长未发生明显变化 ($p>0.05$)。随着浸渍时间的延长, 果皮和果肉组织的细胞壁结构不断软化, 破坏, 使得水果组织中的酚类物质不断溶出到米酒溶液中。浸泡3个月时嘉宝果浸泡酒中的总酚、总黄酮和原花青素的含量均达到了峰值, 相比浸泡1个月的分别增加了37.3%、11.1%和32.7%。3个月后果浸泡酒中的活性物质含量不再显著性增加, 这与农仲文等^[17]研究山竹果皮浸泡酒的酚类物质变化相一致。

2.3 不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的抗氧化

活性比较

为了全面评价不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的抗氧化活性, 本研究采用ABTS、DPPH和FRAP三种评价方法进行抗氧化活性测定, 结果如图2所示, 随着浸渍时间的增加, 嘉宝果浸泡酒的DPPH和FRAP抗氧化能力显著提高 ($p<0.05$), 在浸泡3个月时达到峰值, DPPH和FRAP值分别为428.97 $\mu\text{mol TE/L}$ 和19.97 mmol Fe^{2+}/L 。而浸泡3个月和6个月的嘉宝果浸泡酒的DPPH和FRAP抗氧化活性无显著性差异 ($p>0.05$), 抗氧化能力趋于稳定, 与不同浸渍时间浸泡酒中的酚类物质含量变化趋势一致。浸泡前3个月内, 嘉宝果浸泡酒的ABTS自由基清除能力随着浸渍时间延长而显著增加 ($p<0.05$), 3个月时浸泡酒的ABTS自由基清除能力最好 (697.02 mmol TE/L), 6个月时浸泡酒的ABTS抗氧化能力相比3个月显著降低 ($p<0.05$), 这可能是由于浸泡酒中酚类物质的种类和含量发生了变化, 影响了浸泡酒的ABTS自由基清除能力。综上所述, 浸渍时间为3个月的嘉宝果酒的三种抗氧化能力都达到了峰值, 因此为获得具有良好抗氧化活性的嘉宝果浸泡酒, 应将浸渍时间设置为3个月。

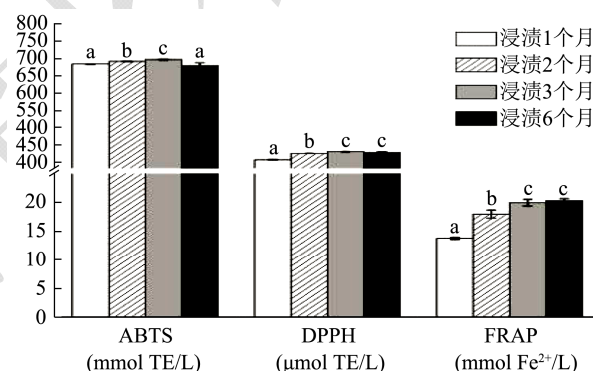


图2 不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒的抗氧化活性

Fig.2 Antioxidant activity of jaboticaba soaked wine at different soaking time

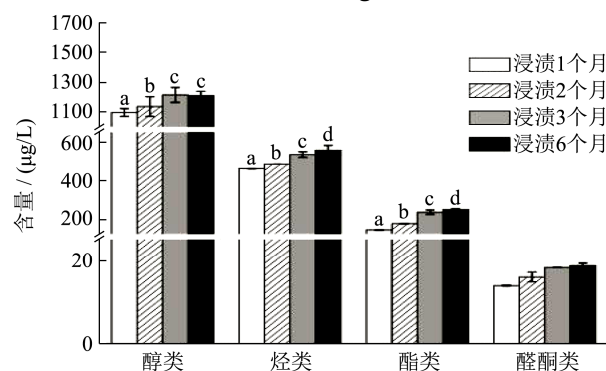


图3 不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒的风味物质种类

Fig.3 The flavor content of jaboticaba soaked wine at different soaking time

2.4 嘉宝果浸泡酒香气成分组成及含量

表 2 不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒的主要香气成分物质

Table 2 Volatile aroma compounds in jaboticaba soaked wine at different soaking time

化合物名称	保留时间/min	相对含量/(μg/L)				
		1 个月	2 个月	3 个月	6 个月	
醇类	2-甲基, 1-丙醇	4.832	47.53±0.07	50.36±0.14	63.74±3.31	62.39±2.36
	2-甲基, 1-丁醇	2.781	40.66±1.58	24.86±1.58	35.52±1.94	40.23±2.45
	乙醇	2.074	828.23±23.50	872.22±60.55	893.49±45.74	902.58±42.74
	3-甲基-环氧乙烷-2-基-甲醇	2.46	31.48±0.35	29.81±1.31	30.36±1.23	26.35±1.35
	1-己醇	12.329	11.57±0.29	8.72±0.45	13.57±0.32	12.65±0.25
	苯乙醇	14.518	148.37±2.01	150.34±5.55	177.54±2.08	165.35±3.19
烷烃类	1-乙氧基-1-甲氧基乙烷	2.905	35.02±2.86	45.02±2.26	46.96±1.68	50.36±1.68
	1,1-二乙氧基乙烷	4.173	22.16±1.26	30.26±1.16	37.89±2.73	33.02±1.08
	甲苯	4.96	19.80±0.21	20.85±2.62	44.27±0.94	34.05±0.21
	甲氧基苯酚	9.367	21.79±1.10	21.03±0.62	23.84±0.64	26.32±2.38
	3-甲基, 癸烷	13.357	22.6±1.32	21.76±0.26	23.89±0.4	25.21±0.32
	1-十一碳烯	13.927	148.41±0.72	136.49±10.23	115.64±3.4	135.36±2.56
	10-甲基, 环戊硅氧烷	14.993	16.69±0.08	9.96±0.75	13.41±2.63	12.15±0.3
	5-甲基十一烷	15.541	43.54±1.32	45.02±2.87	55.87±308	66.31±3.13
	十二烷	16.714	47.97±0.81	43.85±3.5	35.12±0.01	40.58±2.31
	十四烷	21.24	41.26±0.3	81.42±5.57	96.35±6.65	86.98±1.54
	十五烷	22.568	13.63±0.57	9.18±0.46	11.2±0.51	15.69±0.31
	十六烷	24.94	16.44±0.12	9.94±0.75	20.23±2.02	15.32±1.21
酯类	3-甲基-1-丁醇乙酸酯	8.005	25.66±0.48	29.87±0.59	27.39±1.44	30.26±0.44
	2-甲基-1-丁醇乙酸酯	8.018	7.69±0.38	6.3±0.25	6.12±0.55	5.98±0.25
	丁二酸, 二乙酯	16.141	3.10±0.02	3.12±0.03	5.57±0.02	6.14±0.21
	辛酸, 乙酯	16.594	31.47±0.86	27.73±2.31	35.77±6.54	40.68±1.48
	癸酸, 乙酯	21.339	44.31±0.71	39.87±1.06	70.09±0.72	68.66±2.35
	亚硫酸丁基十六烷基酯	27.038	2.54±0.06	3.45±0.95	3.4±0.27	5.6±0.05
	十四酸乙酯	27.719	4.87±0.11	7.23±0.66	4.01±0.02	9.86±0.12
	十六酸乙酯	30.275	9.49±0.23	46.94±1.23	65.70±5.12	66.26±6.12
	草酸 6-乙基辛-3-基己酯	18.115	9.76±0.02	6.95±0.03	11.64±0.1	10.39±0.1
	草酸异丁十八烷基酯	25.45	1.63±0.13	2.88±0.82	4.25±0.37	3.98±0.24
醛酮类	2-辛酮	11.178	6.86±0.14	7.83±1.53	8.49±0.04	8.32±0.29
	3,7-二甲基-6-辛烯醛	21.686	6.98±0.23	8.08±0.38	9.68±0.32	10.32±0.14

挥发性物质是浸泡酒香气的重要组成部分,也是评价风味的重要指标^[27]。本研究通过顶空固相微萃取结合 GC-MS 分析了不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的挥发性物质成分,结果如图 4 嘉宝果浸泡酒风味物质的总离子图所示。嘉宝果浸泡酒的挥发性成分中主要分离确定出醇类 6 种,烃类 12 种,酯类 10 种,醛酮类 2 种(表 2)。醇类是嘉宝果浸泡酒中含量最高的风味物质成分,占鉴定出的挥发性物质含量的 50%以上。通过比较不同浸渍时间嘉宝果浸泡酒的挥发性物质可以看出浸渍时间的增加有利于风味物质的累积,浸泡 6 个月的嘉宝果酒中的烃类和酯类成分显著高于其他

几个浸渍时间($p<0.05$),醇类和醛酮类物质含量与浸泡 3 个月时无显著性差异($p\geq 0.05$)。由于浸泡基酒中含有大量的乙醇,且其感官阈值较低,挥发性较强,因此不同时间嘉宝果浸泡酒中挥发性物质含量最高的都是乙醇。苯乙醇属于芳香醇类,前人报道具有玫瑰花的特征香气^[28],1-己醇具有特征性的水果芬芳香气。癸酸乙酯,辛酸乙酯,3-甲基-1-丁醇乙酸酯是嘉宝果浸泡酒中鉴定出的主要三种酯类,这些酯类赋予了果酒复杂且明显的果香和花香,如辛酸乙酯具有白兰地酒香味,癸酸乙酯具有果香和酒香香气,可以用作香料和调香剂。上述鉴定的风味物质对嘉宝果浸泡酒的

风味有重要贡献,是嘉宝果浸泡酒的主要特征风味物质。

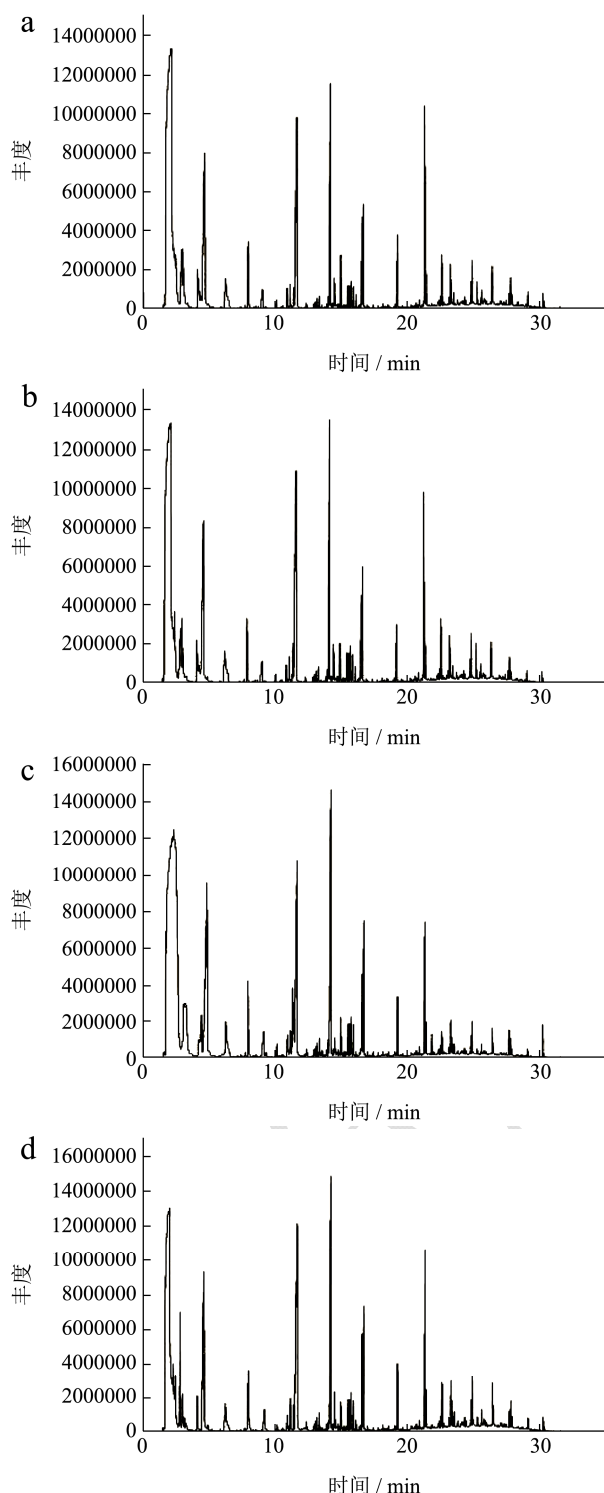


图4 不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒风味物质的总离子图
Fig.4 Total ion flow charts of flavor compounds in jaboticaba soaked wine at different soaking time

注: a: 浸泡1个月的嘉宝果浸泡酒风味物质的总离子图;
b: 浸泡2个月的嘉宝果浸泡酒风味物质的总离子图; c: 浸泡3个月的嘉宝果浸泡酒风味物质的总离子图; d: 浸泡6个月的嘉宝果浸泡酒风味物质的总离子图。

3 结论

本研究以嘉宝果为原料制作嘉宝果浸泡酒,对不同浸渍时间的嘉宝果浸泡酒的色度、活性物质含量和抗氧化活性进行分析,结果表明嘉宝果浸泡酒亮度随着浸渍时间的延长而降低,浸泡酒中的活性成分含量均随浸渍时间的延长而增加,3个月时达到峰值,浸泡酒的总酚、总黄酮和原花青素含量为1581.11 mg GAE/L、352.20 mg CE/L和140.96 mg EPE/L。浸泡酒的抗氧化活性与酚类活性物质含量的变化趋势基本一致,浸泡3个月的嘉宝果浸泡酒具有最好的抗氧化活性,ABTS、DPPH自由基清除当量和FRAP值分别为697.02 mmol TE/L、428.97 μ mol TE/L和19.97 mmol Fe^{2+} /L,因此确定浸渍时间为3个月,可得活性物质含量较高、抗氧化活性较好的嘉宝果浸泡酒。进一步采用顶空固相萃取结合GC-MS分析嘉宝果浸泡酒中的主要挥发性成分,主要包括醇类、烃类、酯类和醛酮类。醇类是浸泡酒中含量最高的风味物质,占风味物质总量的50%以上,苯乙醇、1-己醇、癸酸乙酯和辛酸乙酯等香气成分是嘉宝果浸泡酒产生果香和花香的重要风味物质。

参考文献

- [1] Sui K C, Cesaretin A, Fereidoon S. Superfruits: phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects -a comprehensive review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 59(10): 1580-1604
- [2] 只佳增,钱云,陈鸿洁.嘉宝果研究进展及利用前景[J].热带农业科技,2018,41(3):35-39
ZHI Jia-zeng, QIAN Yun, CHEN Hong-jie. The advances in research of *Myrciaria cauliflora* and its prospects for application [J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2018, 41(3): 35-39
- [3] Andréia Q, Cristine R, Roberson P, et al. Bioaccessibility and catabolism of phenolic compounds from jaboticaba (*Myrciaria trunciflora*) fruit peel during *in vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation [J]. Journal of Functional Foods, 2020, 65: 103714
- [4] 唐丽,袁婷婷,钟秋平.嘉宝果营养成分分析[J].经济林研究,2014,32(2):120-124
TANG Li, YUAN Ting-ting, ZHONG Qiu-ping. Analysis of nutritional components in *Myrciaria cauliflora* [J]. Nonwood Forest Research, 2014, 32(2): 120-124
- [5] Alice V L, Ângela G B, Nathalia R V D, et al. Jaboticaba peel: antioxidant compounds, antiproliferative and

- antimutagenic activities [J]. Food Research International, 2012, 49(1): 596-603
- [6] Quatrin A, Pauletto R, Maurer L-H, et al. Characterization and quantification of tannins, flavonols, anthocyanins and matrix-bound polyphenols from jaboticaba fruit peel: a comparison between *Myrciaria trunciflora* and *M. jaboticaba* [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2019: 78: 59-74
- [7] Vasconcelos P C P, Andreo M A, Vilegas W, et al. Effect of *Mouriri pusa* tannins and flavonoids on prevention and treatment against experimental gastric ulcer [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2010, 131(1): 146-153
- [8] Lobode A, Daniela M, de Fátima R, et al. Vasorelaxant and hypotensive effects of jaboticaba fruit (*Myrciaria cauliflora*) extract in rats [J]. Evidence-based Complementary Alternative Medicine, 2015, 2015: 696135
- [9] 梁海峰,刘顺枝,江学斌,等.嘉宝果生物活性物质及加工研究进展[J].福建农业科技,2017,6:73-77
- LIANG Hai-feng, LIU Shun-zhi, JIANG Xue-bin, et al. Research progress in bioactive substance and processing of jaboticaba [J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2017, 6: 73-77
- [10] Merichel P, Ângela G B, Cinthia B B C, et al. Characterization of antioxidant polyphenols from *Myrciaria jaboticaba* peel and their effects on glucose metabolism and antioxidant status: a pilot clinical study [J]. Food Chemistry, 2016, 211: 185-197
- [11] Marina F, Mariana A V C, Azevedo L, et al. Response surface optimization of phenolic compounds from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* [Mart.] O.Berg) seeds: antioxidant, antimicrobial, antihyperglycemic, antihypertensive and cytotoxic assessments [J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 142: 111439
- [12] Fortes G A C, Naves S S, Ferri P H, et al. Evaluation of chemical changes during *Myrciaria cauliflora* (jaboticaba fruit) fermentation by ¹H NMR spectroscopy and chemometric analyses [J]. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2012, 23(10): 1815-1822
- [13] Bianca R A, Carla P, Ricardo C C, et al. Jaboticaba residues (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) are rich sources of valuable compounds with bioactive properties [J]. Food Chemistry, 2020, 309: 125735-125735
- [14] Agata C, Eugeniusz P. Changes to polyphenols in the process of production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part I. Total polyphenols and phenolic acids [J]. European Food Research and Technology, 2002, 214(2): 148-154
- [15] Whasley F D, Juliana C A, Lilian A L, et al. Optimization of fermentation conditions for production of the jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) spirit using the response surface methodology [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(5): C782-C790
- [16] 丁吉星,梁艳英,王华.嘉宝果起泡酒酚类物质研究[J].中国酿造,2014,33(6):17-22
- DING Ji-xing, LIANG Yan-ying, WANG Hua. Phenolic compounds in jaboticaba sparkling wine [J]. China Brewing, 2014, 33(6): 17-22
- [17] 农仲文,刘晓静,于立梅,等.山竹果皮浸泡酒的活性成分及抗氧化活性变化[J].中国酿造,2018,37(7):156-160
- NONG Zhong-wen, LIU Xiao-jing, YU Li-mei, et al. Changes of active components and antioxidant activity of mangosteen peel soaked wine [J]. China Brewing, 2018, 37(7): 156-160
- [18] 赵翊,李红良,张爱华.浸泡型橄榄配制酒的工艺条件优化[J].中国酿造,2010,10:165-166
- ZHAO Xuan, LI Hong-liang, ZHANG Ai-hua. Optimization of brewing technology of immersed olive wine [J]. China Brewing, 2010, 10: 165-166
- [19] 王立江,王世红.大豆酱浸泡酒的研制[J].中国调味品,2014, 39(6):111-114
- WANG Li-jiang, WANG Shi-hong. Development of soybean paste soaked by wine [J]. China Condiment, 2014, 39(6): 111-114
- [20] Chen H H, Zhao C M, Li J, et al. Effects of extrusion on structural and physicochemical properties of soluble dietary fiber from nodes of lotus root [J]. LWT - Food Science and Technology, 2018, 93: 204-211
- [21] 陈亮,辛秀兰,李晔,等.SBC 法测定金花葵黄酮的含量[J].食品研究与开发,2016,37(17):107-110
- CHEN Liang, XIN Xiu-lan, LI Ye, et al. Determination of total flavonoid contents of *Hibiscus manihot* L. with SBC method [J]. Food Research and Development, 2016, 37(17): 107-110
- [22] Wang H C, Hu Z Q, Wang Y, et al. Phenolic compounds and the antioxidant activities in litchi pericarp: difference among cultivars [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129(4): 784-789
- [23] Iris F F B, J J Strain. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay [J]. Analytical Biochemistry, 1996, 239(1): 70-76

- [24] 王荣,孙艳平,杨宽,等.DPPH 和 T-AOC 测定法评价黄芪桂枝配伍的抗氧化能力研究[J].中医药导报,2018,24(23):63-64,69
WANG Rong, SUN Yan-ping, YANG kuan, et al. The compatibility study of huangqi (*Radix Astragali*) and guizhi (*Ramulus cinnamomi*) on DPPH and T-AOC assay [J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacology, 2018, 24(23):63-64, 69
- [25] Fernando P L, Julio M A, Gabriela L, et al. Melanins of *Vitex mollis* fruit with differences in water-solubility show high inhibition of carbohydrate digestive enzymes and antioxidant activity [J]. Journal of Food Biochemistry, 2018,42(1): e12509
- [26] 兰圆圆,陶永胜,张世杰,等.我国多产区干红葡萄酒颜色相关指标的关联分析[J].食品科学,2013,34(11):1-4
LAN Yuan-yuan, TAO Yong-sheng, ZHANG Shi-jie, et al. Correlation analysis of color parameters and chemical components of Chinese red wines from different growing regions [J]. Food Science, 2013, 34(11): 1-4
- [27] 赵驰,朱永清,董玲,等.李子果酒主发酵过程中理化指标及挥发性成分变化分析[J].中国酿造,2019,38(9):65-68
ZHAO Chi, ZHU Yong-qing, DONG Ling, et al. Analysis of physicochemical indicators and volatile components changes during main fermentation process of plum fruit wine [J]. China Brewing, 2019, 38(9): 65-68
- [28] 丁吉星,何玉云,梁艳英,等.新型嘉宝果起泡酒香气成分及特征香气分析[J].食品科学,2014,35(24):145-150
DING Ji-xing, HE Yu-yun, LIANG Yan-ying, et al. Analysis of volatile aroma compounds and aromatic characteristics from jaboticaba sparkling wine [J]. Food Science, 2014, 35(24): 145-150

(上接第 211 页)

- [31] 任海伟,石菊芬,蔡亚玲,等.响应面法优化超声辅助酶解制备藏系羊胎盘肽工艺及抗氧化能力分析[J].食品科学,2019,40(24):265-273
REN Hai-wei, SHI Ju-fen, CAI Ya-ling, et al. Peptides from Tibetan sheep placental protein: optimization of ultrasound-assisted enzymatic preparation using response surface methodology and antioxidant activity evaluation [J]. Food Science, 2019, 40(24): 265-273
- [32] 卢燕珊,彭文君,贲永光.超声提取蜂胶黄酮的研究[J].声学技术,2020,39(2):190-194
LU Yan-shan, PENG Wen-jun, BI Yong-guang. Ultrasonic extraction of flavonoids from propolis [J]. Technical Acoustics, 2020, 39(2): 190-194
- [33] 丁健桦,王兴祥,张慧,等.芹菜素的电喷雾萃取电离串联质谱[J].高等学校化学学报,2011,32(8):1714-1719
DING Jian-hua, WANG Xing-xiang, ZHANG Hui, et al. Extrative electrospray ionization tandem mass spectrometry of apigenin [J]. Chemical Journal of Chinese Universities 2011,32(8): 1714-1719

(上接第 266 页)

- [18] HU Shu-rong. Application of aflatoxin B1 colloidal gold immunochromatography in traditional Chinese medicine [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2018
- [19] Shengfa He, Xin Li, Yong Wu, et al. A novel sandwich enzyme-linked immunosorbent assay with covalently bound monoclonal antibody and gold probe for sensitive and rapid detection of bovine β -lactoglobulin [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2018, 410(16): 3693-3703
- [20] Hilal Colak, Ali Aydin, Bulent Nazli, et al. Detection of presence of cow's milk in sheep's cheeses by immunochromatography [J]. Food Control, 2006, 17: 905-908
- [21] 赵芳,张欢.羊乳中牛乳成分快速检测方法的建立[J].安徽农业科学,2014,32:11496-11497
ZHAO Fang, ZHANG Huan. Establishment of a rapid detection method for milk components in goat milk [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 32: 11496-11497