

汪梦诗, 祁雅楠, 赵沁雨, 等. 五种陕西主栽猕猴桃品种营养品质与香气特征解析 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(23): 272–281. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023120138

WANG Mengshi, QI Yanan, ZHAO Qinyu, et al. Nutritional Quality and Aroma Characterization of Five Main Kiwifruit Varieties in Shaanxi Production Area[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(23): 272–281. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023120138

· 分析检测 ·

五种陕西主栽猕猴桃品种营养品质与香气特征解析

汪梦诗¹, 祁雅楠¹, 赵沁雨², 兰 天², 鲍诗晗², 孙翔宇^{1,3,*}, 马婷婷^{2,*}

(1. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100;

3. 陕西省特色果品定向设计加工工程技术研究中心, 陕西杨凌 712100)

摘要:目的: 为了解陕西省猕猴桃主栽品种的品质特征, 进而为消费者提供相应理论指导, 助力陕西省猕猴桃产业的持续发展。方法: 本研究以陕西产区猕猴桃主栽品种翠香、徐香、瑞玉、璞玉和海沃德为研究对象, 对其综合品质与香气特征进行解析。结果: 海沃德的出汁率显著高于其它品种 ($P<0.05$), 瑞玉表现出较高的 TSS、pH、糖酸比及种类较多的单体酚成分, 璞玉则表现出较高的 V_C 、TFC 含量和抗氧化活性。醇类、醛类和酯类物质是 5 个品种中较为突出的香气成分, 璞玉和翠香的香气物质组成更为复杂, 璞玉含有较高相对含量的酯类物质, 而翠香含有较高占比的醛类物质。结论: 整体而言, 陕西产区猕猴桃主栽品种各具品种优势, 其中瑞玉、璞玉和翠香展现出更为优异的营养品质和香气特征, 适宜作为主要品种推广全球以拓宽陕西猕猴桃的市场空间。

关键词: 陕西产区, 猕猴桃, 营养特征, 营养品质, 香气特征

中图分类号: S663.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)23-0272-10

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023120138



本文网刊:

Nutritional Quality and Aroma Characterization of Five Main Kiwifruit Varieties in Shaanxi Production Area

WANG Mengshi¹, QI Yanan¹, ZHAO Qinyu², LAN Tian², BAO Shihan², SUN Xiangyu^{1,3,*}, MA Tingting^{2,*}

(1. College of Enology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

3. Shaanxi Engineering Research Center of Characteristic Fruit Directional Design and Machining, Yangling 712100, China)

Abstract: Objective: In order to understand the quality characteristics of kiwifruit main plant varieties in Shaanxi Province, and then provide consumers with corresponding theoretical guidance and assist the sustainable development of the kiwifruit industry in Shaanxi Province. Methods: This study analyzed the comprehensive quality and aroma characteristics of the main cultivars of kiwifruit in the Shaanxi production area, namely Cuixiang, Xuxiang, Ruiyu, Puyu, and Hayward, as the objects of the study. Results: The results showed that the juice yield of Hayward was significantly higher than that of other varieties ($P<0.05$). Ruiyu showed higher TSS, pH, sugar-acid ratio, and more kinds of monomer phenol components, and Puyu showed higher V_C , TFC content, and antioxidant activity. Alcohols, aldehydes, and esters were the more prominent aroma components among the five varieties, and the composition of aroma substances was more complex in Puyu and Cuixiang, with Puyu containing a higher relative content of esters, while Cuixiang contained a higher proportion of

收稿日期: 2023-12-14

基金项目: 国家自然科学基金 (32372261); 陕西省重点研发计划 (2024QCY-KXJ-087, 2023KXJ-171, 2023-YBNY-176)。

作者简介: 汪梦诗 (1999-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬加工, E-mail: wms1999@nwafu.edu.cn。

* 通信作者: 孙翔宇 (1988-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 果酒学, E-mail: sunxiangyu@nwafu.edu.cn。

马婷婷 (1987-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 果蔬加工, E-mail: matingting@nwafu.edu.cn。

aldehydes. Conclusion: Overall, kiwifruit varieties in the Shaanxi production area have their own advantages, among which Ruiyu, Puyu, and Cuixiang show excellent nutritional quality and aroma characteristics, which are suitable to be promoted as the main varieties globally in order to broaden the market space of kiwifruit in Shaanxi.

Key words: Shaanxi production region; kiwifruit; nutritional characteristics; nutritional quality; aroma characteristics

猕猴桃是猕猴桃科 (*Actinidiaceae*) 猕猴桃属 (*Actinidia*) 的部属雌雄异株植物^[1], 因其独特的风味和丰富的生物活性化合物而被誉为“水果之王”, 其中含有抗坏血酸、类胡萝卜素、膳食纤维、矿物质和酚类化合物^[2]。据联合国粮农组织统计, 截至 2019 年, 我国的猕猴桃种植面积及产量稳居世界第一, 是名副其实的猕猴桃种植大国。近年来, 对于猕猴桃果实的研究, 国内外学者大多集中在猕猴桃采前处理对采后贮藏品质的影响^[3]、猕猴桃的品质特征^[4-5] 以及外源因子添加对果实品质的影响^[6] 的相关研究中。陕西省作为中国猕猴桃种植大省, 种植面积已达 66000 hm², 产量近 130 万吨, 其猕猴桃总产量远超新西兰^[7], 猕猴桃产业仍在不断壮大, 尤以翠香、徐香、瑞玉、璞玉、海沃德为代表, 而目前, 尚未有对陕西省猕猴桃主栽品种的营养品质与香气特征的研究, 这在一定程度上影响了消费者的选购与猕猴桃加工业的发展。因此本研究选择陕西产区猕猴桃主栽品种翠香、徐香、瑞玉、璞玉和海沃德为研究对象, 对其营养品质以及香气特征进行分析与评价, 为陕西产区猕猴桃的营养品质特征提供一些理论依据, 以增强消费者对陕西产区猕猴桃的信任度与认可度并帮助生产者提高经济效益。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

瑞玉、璞玉 陕西佰瑞猕猴桃研究院有限公司; 海沃德、徐香、翠香 陕西省周至县猕猴桃生产基地; 单体酚标准品(咖啡酸等)、风味化合物等标准品 美国 Sigma-Aldrich 公司; 所有分析纯化学品 成都西陇科学股份有限公司。

AH-BASIC 高压均质机 安拓思纳米技术(苏州)有限公司; UV2800 紫外分光光度计 上海尤尼柯仪器有限公司; DT-C-1F 型热风循环烘箱 成都天宇试验设备有限责任公司; PAL-1 阿贝折光仪 日本爱拓公司; 雷磁 phs-3e pH 计 上海仪电科学仪器股份有限公司; LC-15C 高效液相色谱仪、GC-MS-QP2010 气质联用仪 日本岛津公司。

1.2 实验方法

1.2.1 基础品质指标测定 根据猕猴桃肉色分类, 瑞玉、海沃德、徐香、翠香属美味猕猴桃, 璞玉属中华猕猴桃^[8], 将果实样品置于室温进行后熟, 每个品种取 5 kg, 硬度为 3.6~6.7 N/cm² 的果实进行实验。挑选其中 10 个大小均一的果实用于出汁率、干物质、褐变指数和 pH 的测定, 剩余果实经清洗、去皮、切片、打浆后, 进行理化指标测定, 剩余样品密封于 -40 ℃ 冰箱冷冻贮存, 用于后续营养、抗氧化指标与

香气特征的测定。

出汁率测定: 先用手持糖度计测定可溶性固形物含量, 根据可溶性固形物含量与汁液浸提法^[9] 得出出汁率, 公式如下:

$$\text{出汁率}(\%) = \frac{\text{猕猴桃果汁汁液重量} \times \text{汁液可溶性固形物}}{\text{猕猴桃果实重量} \times \text{果实可溶性固形物}} \times 100$$

式 (1)

干物质含量测定: 在果实中部位置横切约 3 mm 带皮果实切片, 于 60 ℃ 恒温烘箱中烘干至恒重, 干重和鲜重比值即为干物质含量(%)^[10]; 褐变指数值(browning index, BI)采用 UV2800 紫外分光光度计测定^[11]。

1.2.2 理化指标的测定 pH 测定, 将猕猴桃去皮打浆后使用雷磁 phs-3e pH 计进行测定; 可溶性固形物 (total soluble solid, TSS) 含量测定, 参照农业行业标准 NY/T 2637-2014; 可滴定酸 (titrable acid, TA) 含量测定, 参照国标 GB 12456-2021 中的酸碱指示剂滴定法, 以柠檬酸计^[12]; 总糖含量测定, 使用斐林试剂滴定法^[13]; 糖酸比=总糖/可滴定酸。

1.2.3 营养及抗氧化指标的测定 维生素 C(vitamin C, V_C) 含量参照国标 GB 5009.86-2016 中的第 3 法 2,6-二氯酚酚滴定法进行样品前处理及测定^[14]; 总酚提取物制备: 取 5 mL 果浆加入 15 mL 70% 乙醇溶液中, 在 350 W, 30 ℃ 下超声提取 15 min 后离心取上清液, 向沉淀中再次加入 15 mL 70% 乙醇溶液进行重复超声提取、离心, 合并两次上清液得到提取物, 用于总酚(TPC)、总黄酮(TFC)含量测定。TPC 含量测定, 采用福林酚比色法^[15], 结果以没食子酸当量 (mg GAE/100 g) 表示; TFC 含量测定, 参照 Ma 等^[15] 的方法稍加修改, 具体调整为将总酚提取物 (1 mL) 加入 0.3 mL 亚硝酸钠溶液 (0.5 mol/L), 其余一致, 结果以儿茶素当量 (mg CTE/100 g) 表示。

抗氧化能力指标测定: 将所有果实样品打浆后于 8000 r/min 离心 10 min, 取上清液稀释至一定倍数待测。FRAP 铁离子还原能力测定, 参考 Sun 等^[16] 的方法并稍作修改, 具体调整为取 0.5 mL 总酚提取物和 8 mL TPTZ 工作液于试管中进行反应, 其余一致; FRAP 铁离子还原能力以 Trolox 当量表示; DPPH 自由基清除能力测定, 参考 Ma 等^[17] 的方法并稍作修改, 具体调整为取 0.5 mL 总酚提取物和 4 mL 刚配制的 DPPH 溶液于试管中进行反应, 其余一致, DPPH 自由基清除能力以 Trolox 当量表示; ABTS⁺ 自由基清除能力测定, 参考 Liu 等^[18] 的方法进行测定, ABTS⁺ 自由基清除能力以 Trolox 当量表示; 单体酚含量测定, 参照葛谦等^[19] 的方法进行测

定,采用 LC-15C 高效液相色谱仪进行检测。

1.2.4 香气测定 香气成分采用顶空 SPME 结合气相色谱-质谱(headspace-SPME-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)联用法进行分析。SPME 样品处理、GC-MS 分析条件及定性、定量方法参照葛谦等^[19]。

HS-SPME 分析条件: 香气物质的萃取采用顶空-固相微萃取法(HS-SPME)。称取 2 g 氯化钠于 20 mL 样品瓶中,将 8 mL 猕猴桃果浆样品与 10 μ L 394.08 μ g/L 的 4-甲基-1-戊醇(内标物)同时加入后加盖密封。插入 CAR/DVB/PDMS 萃取纤维在 45 $^{\circ}$ C 下吸附 30 min,将萃取纤维在 GC 进样口于 250 $^{\circ}$ C 下解吸 3 min,进行 GC-MS 分析。

GC-MS 分析条件: InertCap WAX(60 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m)极性色谱柱,不分流进样,保持载气(氦气)恒定流速 0.8 mL/min。柱升温程序为 40 $^{\circ}$ C 保持 5 min,以 3 $^{\circ}$ C/min 上升至 120 $^{\circ}$ C,再以 8 $^{\circ}$ C/min 升至 230 $^{\circ}$ C,保持 10 min。传输线温度 275 $^{\circ}$ C,离子源温度 230 $^{\circ}$ C,在电子能量 70 eV 下,质谱扫描范围 m/z 33~450。

定性、定量分析: 以正构烷烃(C6~C32)为标准测定所有组分的保留指数。通过与标准物质保留时间、保留指数、自建库以及 NIST14 谱库检索对比进行化合物的定性分析。有标准品的化合物采用外标定量法进行化合物定量分析,没有标准品的化合物以 4-甲基-1-戊醇为内标物质,进行半定量分析。

1.3 数据处理

使用 WPS Office 表格进行数据整理,使用 GraphPad Prism 9 进行柱状图绘制,使用 IBM SPSS Statistics 23 中的单因素 ANOVA 检验进行差异显著性统计分析和 Duncan 多重比较,显著性水平为 $P<0.05$,使用 Oringin 2021 进行堆积柱状图和热图绘制,使用 TBtools v2.027 进行韦恩图和 upset 图绘制。所有测试重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同品种猕猴桃的品质分析

2.1.1 不同品种猕猴桃果实出汁率、干物质、褐变指数分析 果实出汁率是猕猴桃加工成果汁、果酒等产品工业化生产的重要衡量指标之一^[20]。因猕猴桃果实富含果胶物质,在其制成饮品时,加工制造中通常需添加果胶酶以提高出汁率,本研究在不人为添加果胶酶的情况下进行测定,果实出汁率结果如图 1a 所示,5 个猕猴桃品种の出汁率在 67.4%~87% 之间,海沃德の出汁率最高,显著高于其它 4 个品种($P<0.05$),适合加工猕猴桃果汁、果酒等饮品。果实干物质含量是猕猴桃加工成果干等产品工业化生产的重要衡量指标之一^[21],由图 1b 可知,干物质含量在 14%~20% 之间,其中翠香の干物质含量最高,其次是瑞玉、璞玉,这表明翠香更适合加工果干等具较高

干物质含量的产品。褐变影响果实的货架期和外观及食用品质,在猕猴桃果实中,褐变指数越高表明果实内部组分更容易发生酶促褐变^[11],由图 1c 可知,猕猴桃果实の褐变指数在 1~3 之间,其中翠香の褐变指数最低(1.15),表明其内部组分较其余品种不易发生酶促褐变,从而使用翠香猕猴桃品种制成的果汁饮料产品的色泽将更为透亮。

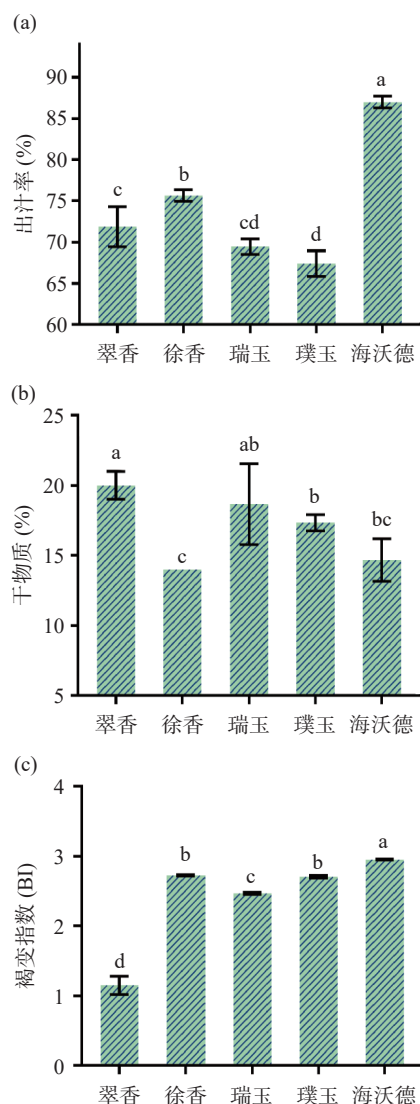


图 1 猕猴桃の出汁率、干物质、褐变指数

Fig.1 Juice yield, dry matter and browning index of kiwifruit
注:不同字母表示样品间存在显著性差异($P<0.05$),图 2~图 3 同。

2.1.2 不同品种猕猴桃果实理化指标分析 图 2 显示了 5 个品种猕猴桃果实的理化指标,包括 TSS、TA、pH、总糖及糖酸比,是影响猕猴桃感官质量的重要指标^[22],不同猕猴桃品种の TSS 含量差异显著($P<0.05$),其大小顺序为:瑞玉(21 $^{\circ}$ Brix)>璞玉(19.03 $^{\circ}$ Brix)>翠香(17.93 $^{\circ}$ Brix)>徐香(16.07 $^{\circ}$ Brix)>海沃德(12.63 $^{\circ}$ Brix);TA 含量为璞玉最高(12.23 g/kg),瑞玉最低(8.53 g/kg);瑞玉の pH 最高,为 4.06,而海沃德の pH 最低,仅为 3.20;总糖含量同样是瑞玉最高(166.83 g/kg),海沃德最低(83.83 g/kg);基于

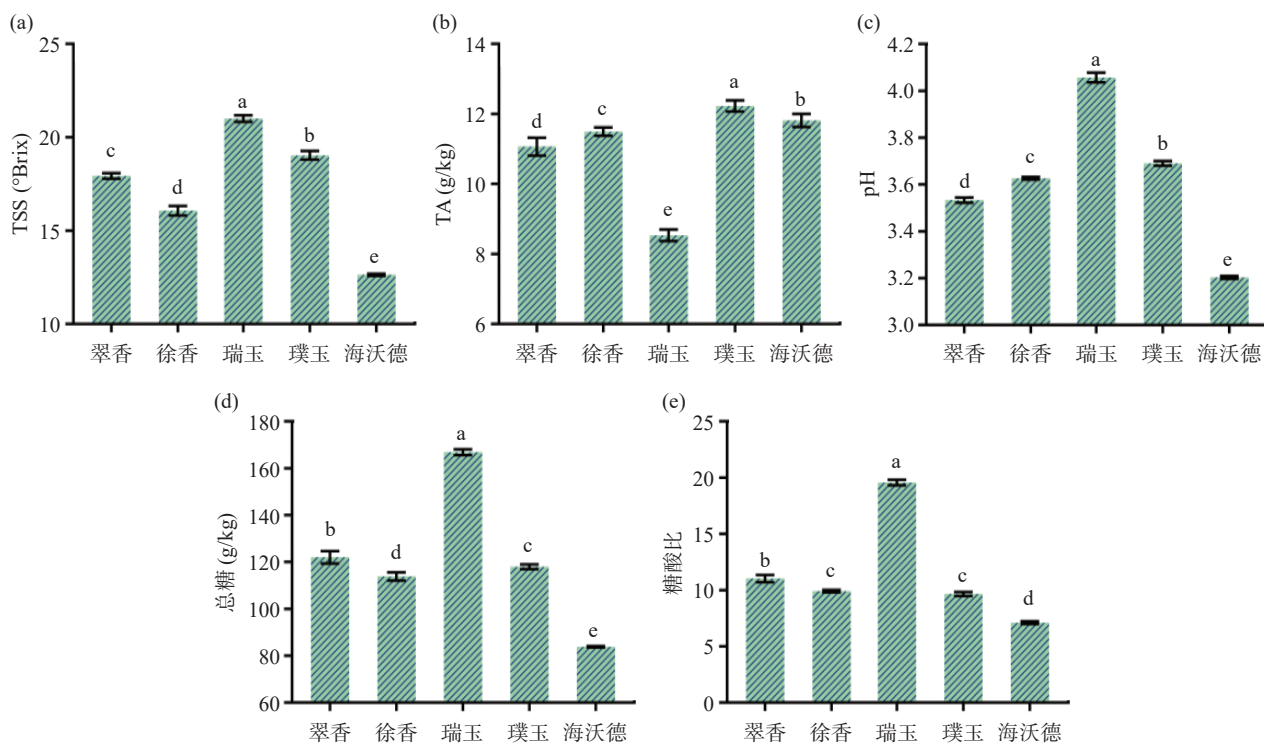


图2 理化指标测定结果

Fig.2 Measurement results of physical and chemical indexes

此,瑞玉表现出了最高的糖酸比(19.55),并显著高于其余4个品种($P<0.05$),徐香和璞玉则表现出相似的糖酸比例,海沃德的糖酸比最低(7.10)。在 Zhang 等^[23]的研究结果中,TSS的范围为 $11.6^{\circ}\text{Brix}\sim 19.13^{\circ}\text{Brix}$,TA含量在 $0.85\%\sim 1.35\%$ 之间,均与本研究的结果类似。

2.1.3 不同品种猕猴桃果实营养及抗氧化指标分析

图3显示了5个猕猴桃品种的 V_C 、TPC、TFC含量及其抗氧化能力。 V_C 广泛存在于多种水果和蔬菜中,是猕猴桃的一个重要营养指标^[24],多项研究表明,果实的 V_C 含量及酚类物质与其抗氧化能力呈显著的正相关^[8,25-26]。在本研究中,5个猕猴桃品种的

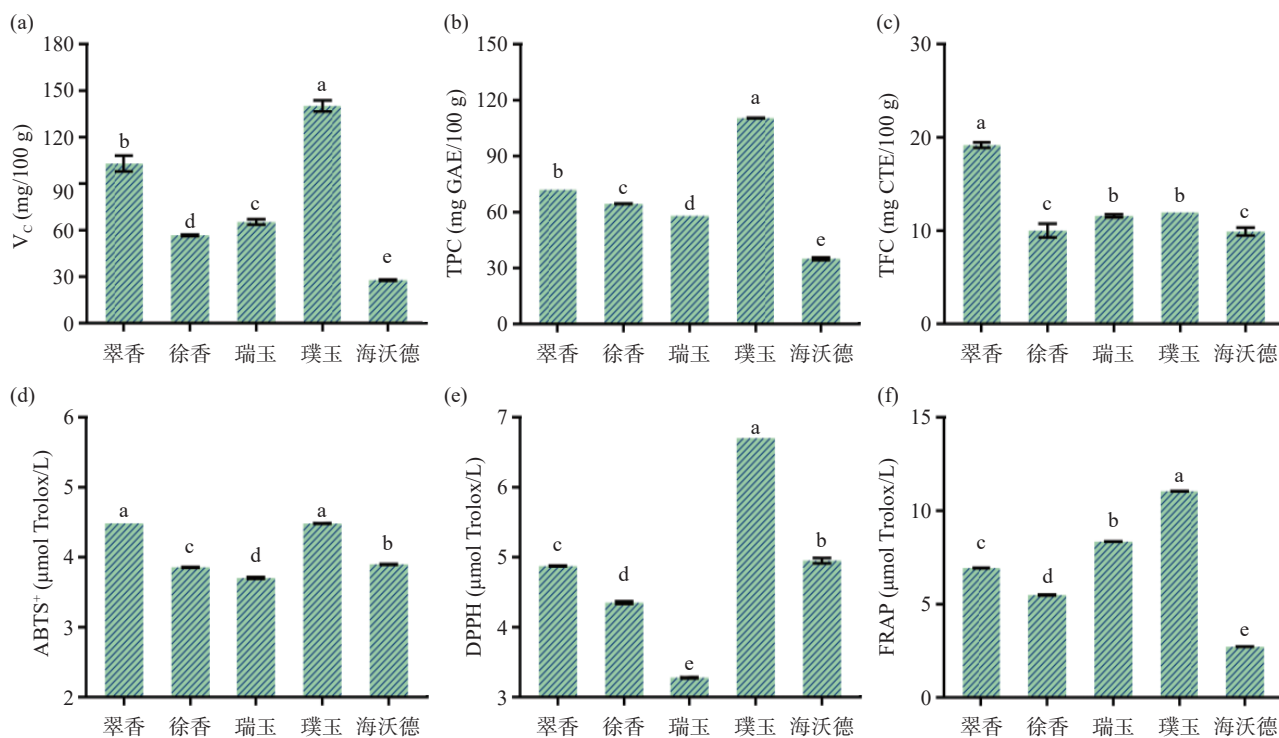


图3 营养及抗氧化指标测定结果

Fig.3 Measurement results of nutritional and antioxidant indexes

V_C 含量范围为 27.73~140.06 mg/100 g, 其中璞玉 (140.06 mg/100 g)、翠香 (102.92 mg/100 g) 的 V_C 含量较高, 海沃德 (27.73 mg/100 g) 最低, 本研究中 V_C 含量结果介于李国秀等^[27] 与 Zhang 等^[23] 的研究结果之间; 酚类化合物影响多种植物的品质特性, 如颜色和抗氧化活性等^[27], 本研究中的 5 个猕猴桃品种的总酚含量范围为 34.95~110.39 mg GAE/100 g, 璞玉表现出最高的含量且显著高于其余品种 ($P<0.05$), 而海沃德最低; 总黄酮含量的顺序为: 翠香 (19.16 mg CTE/100 g)>璞玉 (11.94 mg CTE/100 g)>瑞玉 (11.57 mg CTE/100 g)>徐香 (10 mg CTE/100 g)>海沃德 (9.91 mg CTE/100 g)。

猕猴桃的体外抗氧化能力取决于其自由基清除的能力, 有研究表明, 猕猴桃的抗氧化能力高于苹果、葡萄柚和梨, 但低于草莓和橙子^[28]。谢东东等^[29] 探讨了苹果、蓝莓和猕猴桃果实及水果酵素发酵阶段的抗氧化活性, 试验结果表明猕猴桃果实的 DPPH 自由基清除率、羟自由基清除率和 ABTS⁺ 自由基清除率均高于苹果。图 2d~f 显示不同品种猕猴桃的抗氧化结果, 5 个猕猴桃品种的抗氧化能力均表现出不同程度的差异性, 基于营养物质的含量, 璞玉的抗氧化能力最强, 其 ABTS⁺ (4.48 μmol Trolox/L)、DPPH

(6.70 μmol Trolox/L) 和 FRAP (11.04 μmol Trolox/L) 的值均最高, 并明显高于其余 4 个品种。5 个品种的 ABTS⁺ 值在 3.85~4.48 μmol Trolox/L 之间, DPPH 值在 3.28~6.70 μmol Trolox/L 之间, FRAP 值在 2.72~11.04 μmol Trolox/L 之间。

此外, 本研究对各品种单体酚含量进行测定, 共检测出 12 种单体酚物质, 测定结果如表 1 所示, 不同品种猕猴桃间酚类物质的组成和含量均存在较大差异, 其中海沃德和翠香共检测出 6 种单体酚物质, 瑞玉检测出的单体酚物质种类最多 (10 种)。4-羟基肉桂酸为仅瑞玉检测出的单体酚物质, 对香豆酸为仅璞玉检测出的单体酚物质, 5 个猕猴桃品种共同检测出的单体酚物质有丁香酸、原儿茶酸甲酯和异槲皮苷, 在 12 种单体酚物质中, 白藜芦醇具有抗氧化、清除自由基、预防冠心病和抗癌等作用^[30], 在本实验中, 徐香的白藜芦醇含量最高 (6.87 μg/g FW), 其次是瑞玉 (1.39 μg/g FW)、海沃德 (1.20 μg/g FW), 而璞玉果实中未检测到白藜芦醇。

2.2 不同品种猕猴桃的香气特征

本研究使用 HS-SPME-GC-MS 对 5 个品种猕猴桃果实的挥发性化合物进行定性定量分析。分析结果如表 2 和图 4 所示。

表 1 单体酚含量 (μg/g FW)
Table 1 Monomer phenol content (μg/g FW)

种类	翠香	徐香	瑞玉	璞玉	海沃德
咖啡酸	—	0.90±0.07 ^a	0.26±0.00 ^c	0.57±0.05 ^b	—
4-羟基肉桂酸	—	—	1.50±0.02	—	—
对香豆酸	—	—	—	0.16±0.00	—
阿魏酸	—	—	0.22±0.00 ^a	0.14±0.00 ^b	—
异阿魏酸	0.49±0.03 ^a	0.41±0.01 ^b	0.07±0.00 ^c	—	0.07±0.00 ^c
丁香酸	0.75±0.05 ^b	0.90±0.07 ^a	0.64±0.01 ^c	0.60±0.02 ^c	0.40±0.01 ^d
原儿茶酸甲酯	0.82±0.03 ^b	0.47±0.01 ^c	0.45±0.00 ^c	0.88±0.04 ^a	0.48±0.01 ^c
对羟基苯甲酸乙酯	1.92±0.09 ^b	4.38±0.22 ^a	—	—	—
异槲皮苷	0.22±0.02 ^c	0.33±0.03 ^b	0.16±0.00 ^d	0.49±0.03 ^a	0.20±0.01 ^{cd}
槲皮苷	—	—	0.21±0.00 ^c	0.31±0.01 ^b	0.68±0.02 ^a
白藜芦醇	1.00±0.06 ^b	6.87±0.55 ^a	1.39±0.03 ^b	—	1.20±0.01 ^b
芦丁	—	—	2.13±0.03 ^a	1.97±0.06 ^b	—
共计 (种类)	6	7	10	8	6

注: 表中“—”表明未检出; 同行不同字母表示样品间存在显著性差异 ($P<0.05$), 表 2 同。

表 2 挥发性物质的种类及含量 (μg/kg)
Table 2 Types and contents of volatile substances (μg/kg)

种类	翠香	海沃德	瑞玉	徐香	璞玉
乙酸酯类					
乙酸异丁酯	—	—	—	—	20.6±2.3
乙酸丁酯	—	—	—	12.95±0.69 ^b	54.06±1.98 ^a
乙酸乙酯	29.47±1.53 ^c	24.61±1.03 ^c	57.29±1.96 ^c	177.18±5.73 ^b	1185.57±69.44 ^a
乙酸己酯	—	—	2.21±0.15 ^c	3.54±0.18 ^a	2.86±0.18 ^b
乙酸叶醇酯	6.84±0.59 ^c	17.23±1.41 ^a	—	—	8.73±0.29 ^b
乙酸戊酯	—	—	—	—	1.22±0.00
乙基酯类					
丁酸乙酯	181.81±3.65 ^c	206.8±50 ^{cd}	287.86±6.34 ^c	602.88±10.39 ^b	5184.3±78 ^a

续表 2

种类	翠香	海沃德	瑞玉	徐香	璞玉
正己酸乙酯	1.35±0.10 ^d	7.7±0.43 ^b	5.89±0.19 ^{bc}	1.76±0.19 ^c	138.82±5.11 ^a
3-己烯酸乙酯	—	—	—	—	2.97±0.10
戊酸乙酯	—	—	—	—	18.34±1.70
3-羟基丁酸乙酯	—	—	—	—	45.83±2.13
2-甲基丁酸乙酯	—	—	—	—	15.76±2.08
苯甲酸乙酯	4.17±0.25 ^c	—	—	7.52±0.66 ^b	39.99±1.76 ^a
异丁酸乙酯	—	—	—	—	101.47±2.8
烷烃类					
十四甲基环七硅氧烷	149.34±3.89 ^a	87.53±2.71 ^d	134.89±2.22 ^{bc}	141.57±5.17 ^{ab}	128.43±0.78 ^c
二甲基二甲氧基硅烷	7.23±0.92 ^a	—	—	4.04±0.07 ^b	—
二十甲基环十硅氧烷	—	—	2.38±0.1 ^b	3.11±0.14 ^a	—
十二甲基环六硅氧烷	229.04±3.69 ^a	—	130.95±0.39 ^d	160.12±4.39 ^c	192.6±8.14 ^b
十六烷基七硅氧烷	1.63±0.18	—	—	—	—
十甲基环五硅氧烷	119.43±3.01 ^b	84.16±5.76 ^c	144.12±3.45 ^a	21.83±1.19 ^d	90.27±4.18 ^c
六甲基环三硅氧烷	386.47±4.3 ^a	302.47±13.81 ^b	310.18±2.99 ^b	269.61±3.9 ^c	318.75±16.55 ^b
八甲基环四硅氧烷	5.77±0.68 ^{bc}	—	13.41±1.31 ^a	9.13±0.3 ^b	3.9±0.17 ^c
十六烷基环八硅氧烷	65.87±1.34 ^b	30.26±3.09 ^c	60.3±2.86 ^b	68.13±2.62 ^a	18.34±1.05 ^d
十八甲基环九硅氧烷	12.89±0.55 ^a	6.81±0.30 ^c	10.5±0.72 ^b	12.67±0.80 ^a	4.78±0.28 ^d
十四烷	—	—	—	—	3.15±0.11
正十七烷	—	—	—	—	1.05±0.23
正二十一烷	—	—	—	—	1.75±0.32
酮类					
甲基庚烯酮	71.09±1.40 ^b	221.15±7.51 ^a	14.89±0.79 ^d	40.43±1.9 ^c	2.96±0.47 ^d
1-辛烯-3-酮	17.97±1.37 ^b	80.55±2.53 ^a	2.06±0.07 ^c	1.7±0.24 ^c	—
3-羟基-2-丁酮	—	—	4.32±0.34 ^c	10.34±0.45 ^a	7.91±0.7 ^b
萜烯类 (μg/kg)					
苯乙烯	—	—	—	—	36.59±2.35
α-松油醇	—	2.35±0.15 ^b	—	—	6.67±0.51 ^a
1-戊烯-3-酮	108.3±2.81 ^b	196.4±9.97 ^a	4.02±0.04 ^c	—	—
大马士酮	—	4.76±0.37	—	—	—
香叶基丙酮	3.07±0.11 ^b	16.32±1.25 ^a	—	3.61±0.09 ^b	—
柠檬醛	0.79±0.12	—	—	—	—
异佛尔酮	2.31±0.18	—	—	—	—
芳樟醇	2.47±0.06 ^d	12.61±0.87 ^a	5.66±0.00 ^b	13.57±0.30 ^a	3.18±0.38 ^c
酸类					
丁酸	60.31±1.3 ^c	14.41±1.31 ^c	84.46±1.24 ^b	91.39±3.53 ^a	47.19±1.63 ^d
己酸	6.45±0.13 ^d	10.46±0.8 ^c	153.75±2.25 ^a	140.12±3.1 ^b	—
冰醋酸	10.81±1.57 ^a	8.73±0.43 ^a	—	—	9.19±0.36 ^a
醛类					
苯甲醛	36.69±1.39 ^a	32.84±2.14 ^b	—	—	—
庚醛	—	95.59±4.18	—	—	—
癸醛	4.01±0.11 ^b	8.04±0.23 ^a	1.06±0.00 ^c	—	1.08±0.19 ^c
正辛醛	9.3±0.82 ^b	48.66±3.48 ^a	—	—	—
壬醛	6.96±0.54 ^b	28.69±3.39 ^a	9.24±1.12 ^b	—	5.76±0.38 ^b
(E,E)-2,4-己二烯醛	33.7±1.38 ^a	27.75±2.25 ^b	16.77±0.78 ^c	8.66±0.15 ^d	3.00±0.30 ^c
反式-2-壬烯醛	10.56±0.98 ^b	20.84±3.22 ^a	4.34±0.31 ^c	2.6±0.05 ^c	—
反式-2,4-癸二烯醛	1.02±0.05 ^b	2.15±0.10 ^a	2.04±0.11 ^a	—	1.75±0.32 ^a
反-2-辛烯醛	24.03±1.41 ^b	148.97±6.30 ^a	6.4±0.23 ^c	2.58±0.18 ^c	2.3±0.21 ^c
(2E,4E)-2,4-辛二烯醛	4.05±0.26 ^b	13.46±1.09 ^a	—	—	—
3-己烯醛	45.39±1.63 ^a	34.72±2.29 ^b	10.62±0.57 ^c	3.88±0.21 ^d	—
2-己烯醛	2720.36±79.9 ^a	2046.78±103.98 ^b	501.87±11.82 ^c	219.12±4.55 ^d	—
(E,E)-2,4-壬二烯醛	1.29±0.01 ^b	6.80±0.31 ^a	—	—	—
5-甲基呋喃醛	1.74±0.00	—	—	—	—
正己醛	2572.75±2.15 ^a	1097.45±36.77 ^b	406.89±4.72 ^c	84.78±2.37 ^d	30.46±2.82 ^c

续表 2

种类	翠香	海沃德	瑞玉	徐香	璞玉
2-己烯醛	88.17±4.00 ^a	77.23±5.65 ^a	17.22±1.42 ^b	—	—
乙醛	—	—	—	—	—
		其他酯类			
丁酸异戊酯	—	—	—	—	4.92±0.16
己酸甲酯	104.77±0.73 ^a	—	53.96±1.96 ^b	104.19±1.76 ^a	16.65±1.69 ^c
丁酸丁酯	—	—	—	3.01±0.05	—
甲酸庚酯	6.13±0.91	—	—	—	—
2,4-二甲基苯甲醛	17.76±0.98 ^a	—	8.12±0.16 ^b	5.83±0.28 ^c	7.97±0.5 ^b
丁酸己酯	—	—	—	—	22.42±2.55
丁酸异丁酯	—	—	—	—	224.45±4.68
2-糠酸甲酯	7.3±0.97 ^c	16.03±0.59 ^a	7.07±0.06 ^c	6.69±0.47 ^c	12.9±0.84 ^b
2,2,4-三甲基戊二醇异丁酯	6.04±1.11 ^a	6.72±0.38 ^a	2±0.07 ^b	5.65±0.83 ^a	6.08±0.18 ^a
2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇单异丁酸酯	4.78±0.48 ^a	4.52±0.06 ^{ab}	3.83±0.26 ^c	3.74±0.04 ^c	3.88±0.14 ^{bc}
邻苯二甲酸二异丁酯	—	—	—	40.34±1.41	—
		醇类			
苯甲醇	6.65±0.62 ^c	—	10.86±0.83 ^b	14.94±0.41 ^a	10.45±0.68 ^b
二甲基硅烷二醇	63.2±1.26 ^c	—	130.6±5.13 ^a	94.55±6.12 ^b	30.26±1.81 ^d
正己醇	491.48±3.18 ^b	435.67±10.69 ^b	—	965.75±48.77 ^a	—
正庚醇	—	12.73±1.02 ^c	15.98±0.35 ^c	23.55±1.12 ^b	38.65±2.42 ^a
辛醇	10.29±0.72 ^d	35.75±2.69 ^a	13.39±0.24 ^{bc}	21.66±8.19 ^b	20.25±1.71 ^{bc}
十二醇	—	—	—	—	1.95±0.12
3-苯丙醇	—	—	—	—	1.73±0.19
异戊醇	60.14±1.57 ^c	25.88±3.79 ^d	82.8±2.50 ^c	159.71±2.15 ^b	889.77±47.57 ^a
1-壬醇	—	5.57±0.64 ^b	12.02±0.45 ^a	11.04±0.43 ^a	4.03±0.28 ^c
环十二醇	—	—	—	0.95±0.20	—
反式-2-辛烯-1-醇	14.14±1.27 ^a	—	7.78±0.03 ^b	2.11±0.28 ^c	—
2-甲基环戊醇	—	—	1208.95±36.81	—	—
1-辛烯-3-醇	33.46±1.14 ^b	76.29±7.15 ^a	79.05±1.82 ^a	—	10.45±0.83 ^c
环庚醇	—	—	19.33±1.26	—	—
3-甲基基丙醇	—	—	—	5.78±0.28	—
2,3-丁二醇	—	—	—	—	3.75±0.17
3-辛醇	—	—	—	7.38±0.43	—
顺-A,A-5-三甲基-5-乙烯基四氢化呋喃-2-甲醇	—	—	—	—	4.71±0.3
1-戊烯-3-醇	88.56±1.57 ^b	97.27±4.18 ^a	91.35±1.36 ^{ab}	90.25±2.8 ^{ab}	—
顺-4-庚烯-1-醇	—	—	3.92±0.15 ^b	—	4.70±0.30 ^a
乙醇	608.72±2.13 ^c	456.15±11.03 ^d	978.66±34.74 ^b	684.58±39.26 ^c	1282.49±94.54 ^a
正丁醇	29.93±1.85 ^b	12.53±1.01 ^b	—	—	963.74±64.64 ^a
1-戊醇	62.46±1.75 ^d	84.5±6.28 ^c	107.74±2.39 ^b	128.04±6.24 ^a	117.55±4.92 ^{ab}
异丁醇	30.42±1.15 ^b	—	13.11±0.63 ^{bc}	7.06±0.22 ^c	510.11±16.09 ^a
顺-2-己烯-1-醇	420.3±4.77 ^b	468.18±42.5 ^b	14.48±1.06 ^c	559.2±44.04 ^a	456.64±13.08 ^b
叶醇	22.98±1.41 ^d	55.53±5.28 ^{bc}	86.15±4.63 ^a	50.33±2.05 ^c	61.26±2.82 ^b
反式-3-己烯-1-醇	22.05±1.00 ^c	37.71±4.96 ^b	62.07±8.92 ^a	44.56±1.37 ^b	36.51±3.41 ^b
		其他类			
乙基苯	6.94±0.51	—	—	—	—
4-萘烯	—	—	—	—	5.64±0.54
邻甲基间羟基二苯胺	0.81±0.25 ^b	1.08±0.21 ^a	—	—	—
环辛四烯	7.09±0.17	—	—	—	—
1-甲基萘	—	—	—	—	1.83±0.09
萘	1.25±0.10 ^d	2.67±0.29 ^c	5.59±0.42 ^a	3.89±0.29 ^b	2.66±0.17 ^c
2-甲基萘	—	—	7.72±0.23 ^a	4.81±0.44 ^b	—

在 5 个猕猴桃品种中共检测出 102 种香气成分。璞玉含有的挥发性物质种类最多(67 种),其次是翠香(63 种)、徐香(55 种)、瑞玉(54 种)和海沃德

(52 种),这表明璞玉、翠香的香气特征较其余品种而言更为丰富,韦恩图(图 4a)展现了各品种猕猴桃间共有的香气物质,其中,5 种猕猴桃共有的挥发性物

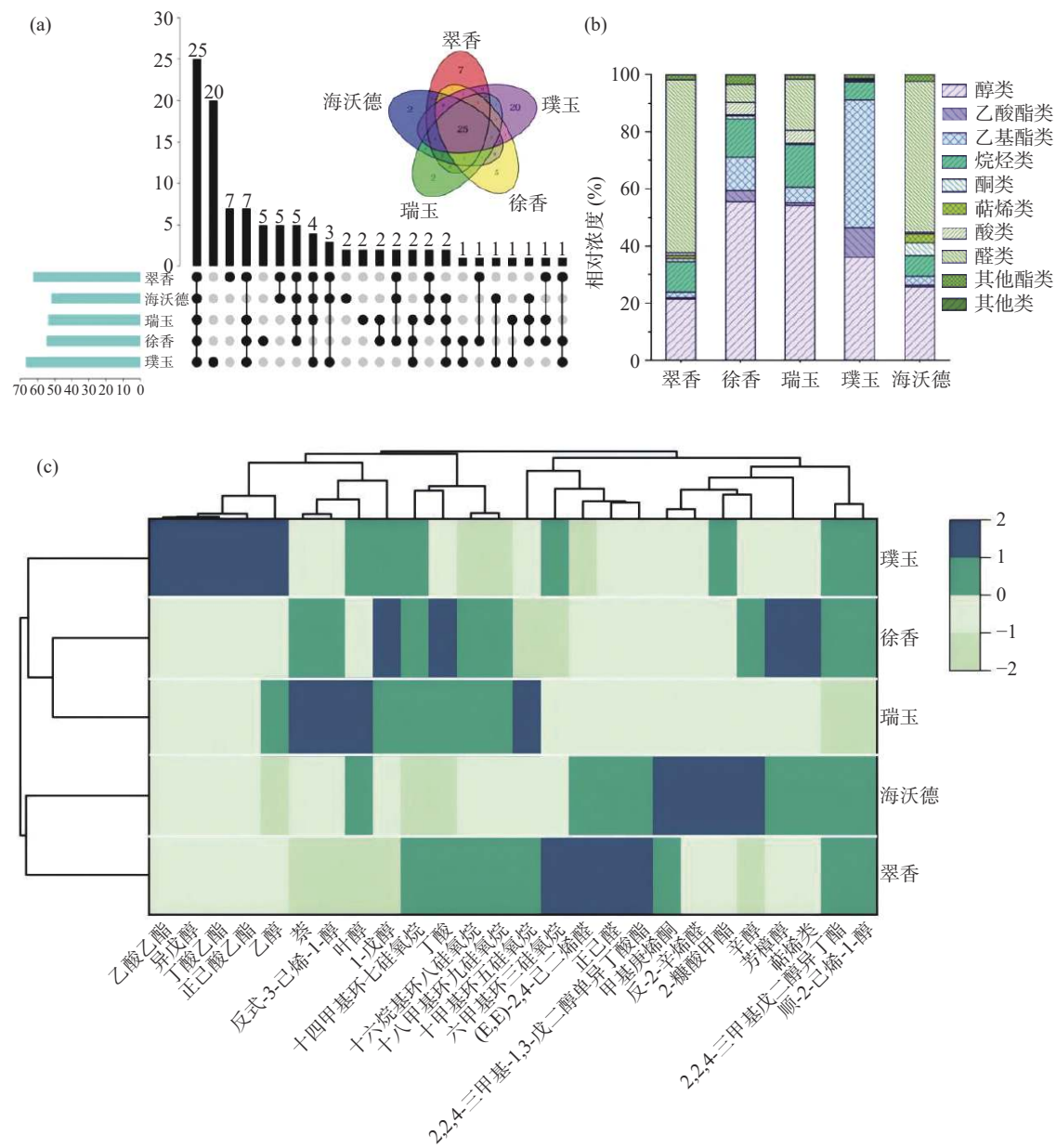


图 4 不同品种猕猴桃挥发性化合物含量特征分析

Fig.4 Analysis of volatile compounds in different varieties of kiwifruit

注: a: 不同品种猕猴桃挥发性物质种类的 Venn 图; b: 不同品种猕猴桃挥发性物质含量的相对浓度; c: 特征香气浓度的聚类热图。

质有 25 种, 主要包括: 乙酸乙酯、丁酸乙酯、正己酸乙酯、十四甲基环七硅氧烷、十甲基环五硅氧烷、六甲基环三硅氧烷、十六烷基环八硅氧烷、十八甲基环九硅氧烷、甲基庚烯酮、芳樟醇、丁酸、(E,E)-2,4-己二烯醛、反-2-辛烯醛、正己醛、2-糠酸甲酯、2,2,4-三甲基戊二醇异丁酯、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇单异丁酸酯、萘、辛醇、异戊醇、乙醇、1-戊醇、顺-2-己烯-1-醇、叶醇、反式-3-己烯-1-醇。此外, 根据官能团的分类, 由表 2 可知, 5 种猕猴桃样品均存在酯类、烷烃类、酮类、萜烯类、酸类、醇类和醛类这 7 类香气成分, 总的来说, 5 种猕猴桃香气成分基本一致, 但各成分类别及含量则存在较大差异。

就挥发性物质含量而言, 5 种果实挥发性物质含量的排序为: 璞玉 (12499.96 $\mu\text{g/kg}$) > 翠香

(9172.54 $\mu\text{g/kg}$) > 海沃德 (6860.09 $\mu\text{g/kg}$) > 瑞玉 (5432.13 $\mu\text{g/kg}$) > 徐香 (5168.37 $\mu\text{g/kg}$), 这表明璞玉较其它 4 种猕猴桃的香气更为浓郁。此外, 5 种猕猴桃果实香气成分的相对含量如图 4b 所示, 醇类、醛类和酯类物质是 5 个品种中较为突出的香气成分, 其中, 翠香香气成分中相对含量最高的为醛类 (60.62%), 其次是醇类 (21.42%), 海沃德类似, 最高的为醛类 (52.69%), 其次是醇类 (25.76%), 醛类和醇类是猕猴桃的重要特征香气, 主要表现为绿色青草和蔬菜的味道^[31]; 而在徐香、瑞玉和璞玉的香气成分中相对含量最高的是醇类, 醛类占比较少。就酯类而言, 璞玉表现出了最高的含量和占比, 其乙基酯类与乙酸酯类相对含量之和高达 55.13%, 并显著高于其它 4 个品种 ($P < 0.05$), 酯类物质是水果中常见的香气

物质,在猕猴桃中表现出果香或花香。丁酸乙酯、丁酸甲酯、乙酸己酯等可以产生典型的猕猴桃香气,主要表现为果香、甜香^[32],这表明璞玉具有更为浓郁的果香。

此外,本研究进一步对 5 个猕猴桃果实共有的 25 种特征香气浓度进行聚类分析,将 5 个猕猴桃品种分为 2 类,第一类为翠香和海沃德,另一类为其余 3 个猕猴桃品种,并进一步分为 2 个亚组,第一亚组为徐香和瑞玉,另一亚组为璞玉,热图显示结果与前文一致,璞玉的乙酸乙酯、丁酸乙酯等酯类物质含量显著高于其余 4 个品种($P<0.05$),海沃德果实的甲基庚烯酮、反-2-辛烯醛、2-糠酸甲酯和辛醇显著高于其它品种果实($P<0.05$)。但总体来说,不同猕猴桃品种间挥发性物质的浓度差异较小,因此 5 种猕猴桃果实拥有较为类似的整体香气特征,但又由于相对含量存在差异而呈现出各品种独有的风味。

3 结论

本研究就陕西产区五大主栽猕猴桃品种的营养特征进行解析,结果表明,不同品种猕猴桃的品质差异显著,并各具特点。

就综合品质而言,海沃德展现出了较高的出汁率,这有利于其加工产业的发展,而瑞玉表现出较高的 TSS、pH 和糖酸比,因此其口感更为清甜,璞玉则表现出较高的 V_C 、TPC 含量和抗氧化活性。就香气特征而言,5 种猕猴桃香气成分基本一致,璞玉和翠香的香气物质组成更为复杂,各成分类别及含量存在较大差异,璞玉含有较高相对含量的酯类物质,使得璞玉的果香味浓郁,而翠香含有较高占比的醛类物质,使得翠香果实的青草香味突出。本实验解析了陕西产区猕猴桃果实的基础理化品质、营养品质和香气特征,下一步还需结合智能感官与小组感官进行深入研究。

整体而言,陕西产区猕猴桃主栽品种各具优势,其中瑞玉、璞玉和翠香展现出更为优异的营养品质和香气特征。基于本研究中的指标数据,可为今后陕西地区猕猴桃产业的种植、推广与加工利用提供参考,以促进陕西产区猕猴桃产业健康可持续发展。

© The Author(s) 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

[1] 钟彩虹, 黄文俊, 李大卫, 等. 世界猕猴桃产业发展及鲜果贸易动态分析[J]. 中国果树, 2021(7): 101-108. [ZHONG Caihong, HUANG Wenjun, LI Dawei, et al. World kiwifruit industry development and fresh fruit trade dynamic analysis[J]. Chinese Fruit Tree, 2021(7): 101-108.]

[2] 申素云, 王周倩, 张琦, 等. 36 份猕猴桃种质资源的果实品质与感官评价分析[J]. 植物科学学报, 2023, 41(4): 540-551. [SHEN Suyun, WANG Zhouqian, ZHANG Qi, et al. Fruit quality and senso-

ry evaluation of 36 kiwifruit germplasm resources[J]. Chinese Journal of Plant Sciences, 2023, 41(4): 540-551.]

[3] 傅一凡, 王周倩, 邱栋梁, 等. 防电网对‘东红’猕猴桃果实耐贮性和品质的影响[J]. 植物科学学报, 2024, 42(4): 533-542. [FU Yifan, WANG Zhouqian, QIU Dongliang, et al. Effects of hailnet on storage tolerance and quality of kiwi fruit[J]. Chinese Journal of Plant Science, 2024, 42(4): 533-542.]

[4] 温锦丽, 何艳丽, 曹炜玉, 等. 不同软枣猕猴桃品种果实生物活性物质含量及抗氧化活性比较分析[J]. 中国果树, 2024(1): 52-61. [WEN Jinli, HE Yanli, CAO Weiyu, et al. Comparative analysis on the contents of bioactive substances and antioxidant activities in fruits of different kiwifruit cultivars[J]. China Fruit Science, 2024(1): 52-61.]

[5] LI X Y, PENG W, ZHANG M, et al. Mechanisms of texture and cell microstructure changes during post-ripening of ‘Cuixiang’ kiwi-fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2024, 207: 112596.

[6] KRUPA T, KISTECHOK A, TOMALA K. Estimating the physicochemical and antioxidant properties of hardy kiwi (*Actinidia arguta*) treated with 1-Methylcyclopropene during storage[J]. Agriculture, 2023, 13(9): 1665.

[7] 柳世栋, 柳世强, 史建华. 消费者视角下信息传递对品牌信任影响的研究——以陕西猕猴桃品牌为例[J]. 全国流通经济, 2023(18): 8-11. [LIU Shidong, LIU Shiqiang, SHI Jianhua. A study on the impact of information transfer on brand trust from the perspective of consumers: A case study of Shaanxi kiwi fruit brand[J]. National Circulation Economy, 2023(18): 8-11.]

[8] 蒋蕊, 颜丽菊, 张海燕. 22 个猕猴桃品种的果实品质比较研究[J]. 中国南方果树, 2023, 52(4): 114-117. [JIANG Xin, YAN Liju, ZHANG Haiyan. Comparative study on fruit quality of 22 kiwi varieties[J]. Fruit Trees of South China, 2023, 52(4): 114-117.]

[9] 王亚男, 朱华平, 李文钊, 等. 酶-热浸提法提高野樱莓出汁率的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 146-152. [WANG Yanan, ZHU Huaping, LI Wenzhao, et al. Process optimization for improving juice yield of wild cherry berry by enzyme-hot extraction[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(4): 146-152.]

[10] 刘磊, 李争艳, 雷华, 等. 30 个猕猴桃品种(单株)主要果实品质特征的综合评价[J]. 果树学报, 2019, 38(4): 530-537. [LIU Lei, LI Zhengyan, LEI Hua, et al. Comprehensive evaluation of main fruit quality characteristics of 30 kiwi cultivars (individual plants)[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 38(4): 530-537.]

[11] PARAVISINI L, PETERSON G D. Role of reactive carbonyl species in non-enzymatic browning of apple juice during storage[J]. Food Chemistry, 2018, 245: 1010-1017.

[12] 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 12456-2021 食品安全国家标准 食品中总酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021. [National Health Commission, State Administration of Market Supervision and Administration. GB 12456-2021 National standard for food safety, determination of total acid in foods[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2021.]

[13] 李海波, 王淑娟, 杨亚平, 等. 黑果腺肋花楸果汁产品品质分析与综合评价体系的建立[J]. 现代食品科技, 2021, 37(12): 177-186, 119. [LI Haibo, WANG Shujuan, YANG Yaping, et al. Establishment of quality analysis and comprehensive evaluation system of *Sorbus melanocarpa* juice[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(12): 177-186, 119.]

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国

- 标准出版社, 2016. [National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.86-2016 National standards for food safety, determination of ascorbic acid in food[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2016.]
- [15] MA T T, SUN X Y, GAO G T, et al. Phenolic characterisation and antioxidant capacity of young wines made from different grape varieties grown in Helanshan Donglu wine zone (China)[J]. South African Journal of Enology and Viticulture, 2014, 35(2): 321–331.
- [16] SUN X Y, MA T T, HAN L Y, et al. Effects of copper pollution on the phenolic compound content, color, and antioxidant activity of wine[J]. *Molecules*, 2017, 22(5): 726.
- [17] MA T T, SUN X Y, ZHAO J M, et al. Nutrient compositions and antioxidant capacity of kiwifruit (*Actinidia*) and their relationship with flesh color and commercial value[J]. *Food Chemistry*, 2017, 218: 294–304.
- [18] LIU Y F, QI Y W, CHEN X, et al. Phenolic compounds and antioxidant activity in red- and in green-fleshed kiwifruits[J]. Food Research International, 2018, 116: 291–301.
- [19] 葛谦, 曹彩霞, 吴燕, 等. 贺兰山东麓产区不同单品种葡萄酒风味物质特征分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(17): 256–264. [GE Qian, CAO Caixia, WU Yan, et al. Analysis on flavor substances of different single varieties of wine in the east foot of Helan Mountain[J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(17): 256–264.]
- [20] 程永霞, 赵若琪, 马燕, 等. 酶处理对红枣汁加工及营养性能的影响[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(13): 141–146. [CHENG Yongxia, ZHAO Ruqi, MA Yan, et al. Effects of enzyme treatment on processing and nutritional properties of jujube juice[J]. *Food Research and Development*, 2023, 44(13): 141–146.]
- [21] JAEGER S R, HARKER R, TRIGGS C M, et al. Determining consumer purchase intentions: The importance of dry matter, size, and price of kiwifruit[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(3): S177–S184.
- [22] 耿彤晖, 兰天, 雷玉山, 等. 国产新优猕猴桃品种瑞玉、璞玉果实营养品质与香气特征分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(12): 102–109. [GENG Tonghui, LAN Tian, LEI Yushan, et al. Analysis of nutritional quality and aroma characteristics of domestic new excellent kiwifruit cultivars Rui Yu and Pu Yu[J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(12): 102–109.]
- [23] ZHANG H X, ZHAO Q Y, LAN T, et al. Comparative analysis of physicochemical characteristics, nutritional and functional components and antioxidant capacity of fifteen kiwifruit (*Actinidia*) cultivars-comparative analysis of fifteen kiwifruit (*Actinidia*) cultivars[J]. *Foods*, 2020, 9(9): 1267.
- [24] ZERDIN K, ROONEY M L, VERMUË J. The vitamin C content of orange juice packed in an oxygen scavenger material[J]. *Food Chemistry*, 2003, 82(3): 387–395.
- [25] JIA H M, TAO J J, ZHONG W Q, et al. Nutritional component analyses in different varieties of *Actinidia eriantha* kiwifruit by transcriptomic and metabolomic approaches[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 23(18): 10217.
- [26] 任晓婷, 张生万, 李美萍, 等. 不同品种猕猴桃总酚含量与清除自由基能力相关性研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(5): 341–344. [REN Xiaoting, ZHANG Shengwan, LI Meiping, et al. Study on the correlation between total phenol content and free radical scavenging ability of different varieties of kiwi fruit[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2016, 36(5): 341–344.]
- [27] 李国秀, 刘小宁, 李劼. 高效液相色谱法测定猕猴桃中的 V_C 含量[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(5): 89–93. [LI Guoxiu, LIU Xiaoning, LI Jie. Determination of V_C in kiwifruit by high performance liquid chromatography[J]. Journal of Preservation and Processing, 2016, 16(5): 89–93.]
- [28] 谭思荣, 陈豆, 赵忠喜, 等. 猕猴桃抗氧化活性研究进展[J]. 食品工业, 2022, 43(10): 231–235. [TAN Sirong, CHEN Dou, ZHAO Zhongxi, et al. Research progress on antioxidant activity of kiwifruit[J]. Food Industry, 2022, 43(10): 231–235.]
- [29] 谢东东, 张楠, 孙英淇. 不同种类水果酵素发酵特性及抗氧化特性的比较[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2022, 43(1): 35–41. [XIE Dongdong, ZHANG Nan, SUN Yingqi. Comparison of fermentation characteristics and antioxidant properties of different kinds of fruit enzymes[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2022, 43(1): 35–41.]
- [30] 关正萍, 武佳慧, 关正, 等. 白藜芦醇的生理活性及其研究进展[J]. 农产品加工, 2023(15): 81–85. [GUAN Zhengping, WU Jiahui, GUAN Zheng, et al. Physiological activity and research progress of resveratrol[J]. Agricultural Processing, 2023(15): 81–85.]
- [31] 王悦, 葛谦, 张静, 等. 基于智能感官和 GC/MS 的中国三产区市售马瑟兰葡萄酒感官特征总结与差异分析[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(8): 253–264. [WANG Yue, GE Qian, ZHANG Jing, et al. Summary and difference analysis of sensory characteristics of Marcellan wines sold in three regions of China based on intelligent sensory and GC/MS[J]. Food and Fermentation Industry, 2024, 50(8): 253–264.]
- [32] LI J N, MA T T, BAO S H, et al. Suitable crop loading: An effective method to improve Shine Muscat grape quality[J]. *Food Chemistry*, 2023, 424: 136451.