

贵长猕猴桃果醋风味分析及果醋饮料研发

王金华¹, 叶晓仪¹, 钱勇^{2*}

(1. 贵阳学院食品与制药工程学院, 贵阳 550005; 2. 上海诗丹德生物技术有限公司, 上海 201203)

摘要: **目的** 分析贵长猕猴桃果醋风味特征, 研发出一款贵长猕猴桃果醋饮料。**方法** 采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析贵长猕猴桃果醋的风味性物质组成; 以贵州修文贵长猕猴桃果醋为原料, 以感官评分为指标, 用正交实验法研究贵长猕猴桃果醋饮料最佳配方, 并且应用储存期加速测试法(accelerated shelf life testing, ASLT)预测贵长猕猴桃果醋饮料的保质期。**结果** 解析出贵长猕猴桃果醋中 23 种挥发性风味成分, 其中主要风味物质为: 醇类、酸类、酯类、醛酮类等, 其中乙酸-3-甲基丁醇的相对含量最高, 达 48.37%, 赋予贵长猕猴桃果醋主体香味。贵长猕猴桃果醋饮料最优配方为: 贵长猕猴桃果醋原液 10%、柠檬酸钠 0.15%、乳酸钙 0.1%、白砂糖 4%。应用 ALST 法预测贵长猕猴桃果醋饮料的保质期在 24 个月中以上, 可以满足市场销售需求。**结论** 贵长猕猴桃果醋风味独特, 贵长猕猴桃果醋饮料有天然猕猴桃果香味、色泽均匀、口感酸甜适中, 保质期合格。

关键词: 贵长猕猴桃果醋; 单因素分析; 正交实验; 感官评价; 风味物质

Flavor analysis of Guichang kiwifruit vinegar and development of fruit vinegar beverage

WANG Jin-Hua¹, YE Xiao-Yi¹, QIAN Yong^{2*}

(1. School of Food and Pharmaceutical Engineering, Guiyang University, Guiyang 550005, China;
2. Shanghai Shidande Biotechnology Co., Ltd., Shanghai 201203, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the flavor characteristics of Guichang kiwifruit vinegar and develop a kind of Guichang kiwifruit vinegar beverage. **Methods** The flavor components of kiwifruit vinegar were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Taking Guizhou Xiuwen Guichang kiwifruit vinegar as raw material and sensory score as index, the optimum formula of Guichang kiwifruit vinegar beverage was studied by orthogonal experiment, and the shelf life of Guichang kiwifruit vinegar beverage was predicted by accelerated shelf life testing method (ASLT). **Results** A total of 23 kinds of volatile flavor components in Guichang kiwifruit vinegar were analyzed, and the main flavor substances were alcohols, acids, esters, aldehydes and ketones. Among them, the relative content of acetic acid-3-methylbutanol was the highest (48.37%), which gave the main flavor of Guichang kiwifruit vinegar. The optimal formula of Guichang kiwifruit vinegar beverage was: Guichang kiwifruit vinegar 10%, sodium citrate 0.15%, calcium lactate 0.1%, and sugar 4%. The shelf life of precious kiwifruit vinegar beverage was

基金项目: 贵阳市科技局 GYU-KYZ(2019-2020)PT11-07、贵州省生物制药工程研究中心建设项目(黔教合 KY 字[2019]051)

Fund: Supported by the Guiyang Science and Technology Bureau GYU-KYZ (2019-2020) PT11-07, and Guizhou Biopharmaceutical Engineering Research Center Construction Project (Qian Jiao He KY Zi [2019]051)

*通信作者: 钱勇, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为植物药用成分的物质基础研究、中药及健康产品检测。E-mail: cary@nature-standard.com

*Corresponding author: QIAN Yong, Master, Senior Engineer, Shanghai Shidande Biotechnology Co., Ltd., Shanghai 201203, China. E-mail: cary@nature-standard.com

above 24 months which was predicted by the ALST method, which could meet the market demand. **Conclusion** Guichang kiwifruit vinegar has unique flavor. Guichang kiwifruit vinegar beverage has natural kiwifruit flavor, uniform color, moderate sweet and sour taste, and qualified shelf life.

KEY WORDS: Guichang kiwifruit vinegar; single factor analysis; orthogonal test; sensory evaluation; flavor compounds.

0 引言

果醋是以水果或果品加工下脚料为主要原料,经酒精发酵、醋酸发酵酿制而成,果醋不仅能保存水果中大多数营养成分和生物活性物质,而且营养丰富、风味独特,广受欢迎^[1-3]。贵长猕猴桃是原贵州省果树研究所育成的优良品种,其营养丰富,果实品质优良,果肉鲜嫩多汁,具有良好的保健效果^[4-5]。但猕猴桃的保鲜期较短且易于过度成熟,不利于猕猴桃产业发展。将贵长猕猴桃加工成果醋,风味良好,而且含有丰富的维生素、氨基酸和矿物质等,促进消化、美容养颜,还能降低血压、预防动脉硬化等慢性病^[6-11]。不仅可解决猕猴桃产业中猕猴桃腐烂而造成资源浪费问题,还能提高猕猴桃资源的综合利用,促进猕猴桃产业的发展。

风味物质种类和含量是影响果醋品质的重要是因素之一,但目前,针对贵长猕猴桃果醋风味成分分析还没有详细报道。本研究采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析贵长猕猴桃发酵成的果醋风味物质种类和含量,揭示贵长猕猴桃果醋风味组成与特征成分,并以贵长猕猴桃果醋为原料,研发一款果醋饮料,旨在为贵长猕猴桃产业发展提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

贵长猕猴桃果醋原浆(修文农投公司提供)。

氯化钠、正己烷、无水亚硫酸钠(分析纯,北京化学试剂公司);白砂糖(食品级,市售);柠檬酸钠(食品级,吴江市黎里东厂助剂厂);木糖醇(食品级,山东福田药业有限公司);乳酸钙(食品级,郑州龙源化工公司);猕猴桃香精(食品级,上海孔雀香精香料科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

6890N/5973MS 型气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦科技有限公司);TU-1901 分光光度计(北京普析通用仪器有限公司);HY-5 恒温摇床(江苏省金坛市环宇科学仪器厂);50/30mDVB/CAR/PDMS(二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲甲基硅氧烷)的 SPME 萃取头(美国 Supelco 公司);CJJ78-1 磁力搅拌器(北京恒奥德仪器仪表有限公司);ZS43-250 榨汁机(浙江苏泊尔股份有限公司);SPX-250A 电热恒温培养箱

(南通沪南科学仪器有限公司);TL80-1 型医用离心机(江苏天力医疗器械有限公司);B-260 型恒温水浴锅(上海亚荣生化仪器厂);MA110 型电子天平(上海良平仪器仪表有限公司);YXQ-LS-50SII 型灭菌锅(上海博迅实业有限公司);PHS 型恒温恒湿箱(上海迈捷实验设备有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 贵长猕猴桃果醋风味物质分析

(1) 样品前处理

易挥发风味成分采集:准确量取 1 mL 醋样于小安瓶中,加盖密封于 50 °C 水浴锅中加热 15 min,用顶空进样针迅速抽取 500 mL 瓶中挥发出来的风味成分,供 GC-MS 分析。

不易挥发风味成分采集:准确量取样品 100 mL,加入 NaCl 至饱和状态,用 40、30、20 mL 正己烷分别萃取 3 次,合并有机相,经无水亚硫酸钠脱水,于 35 °C 旋转蒸馏浓缩至 1 mL 左右^[12],加盖密封于小安瓶中,于 50 °C 水浴锅中加热 15 min,用顶空进样针抽取 500 mL 挥发出来的风味成分,与收集到的易挥发风味物质混合,供 GC-MS 分析。

(2) 仪器条件

气相色谱条件:进样口温度 250 °C,柱箱初始温度 50 °C,氦气作为载气,流速为 1 mL/min,分流比 30:19(V:V);温度分两步上升:10 °C/min 升至 150 °C,保留 10 min;再以 6 °C/min 升至 200 °C,保留 5 min;

质谱条件:质谱电子冲击(electron ionization, EI)离子源,电子能量 70 eV,接口温度 280 °C,离子源温度 230 °C,质量扫描范围 40~400 u,溶剂延迟 5 min^[13]。

(3) 数据处理

利用 Agilent G1701 MSD productivity Chemstation 增强型数据分析工作站 NIST05a Libraries 标准谱库自动检索各组分质谱数据,按照参考文献及标准谱图,可对机检结果进行核对和确认,保留相似度 80% 以上的组分。用峰面积归一化法进行定量分析,求出各种风味成分的相对质量分数。

1.3.2 贵长猕猴桃果饮料的风味调配实验

(1) 贵长猕猴桃果醋饮料感官评价标准

选取色泽、口感、外观、风味 4 个指标为产品感官评定的考察指标^[14],通过感官分析评估各种参数对贵长猕猴桃果醋饮料的影响。贵长猕猴桃果醋饮料评价标准见表 1。

表 1 贵长猕猴桃果醋饮料感官评价指标
Table 1 Sensory evaluation index of Guichang kiwifruit vinegar beverage

指标	分数/分
贵长猕猴桃果醋饮料色泽清澈透明无杂质, 具有猕猴桃特有的香味, 口感清凉可口, 酸甜适宜, 和预期结果完全一致。	> 80
贵长猕猴桃果醋饮料色泽略显浑浊, 有一定猕猴桃香味, 口感偏甜或偏酸, 和预期结果有些差距, 可以接受。	60~80
贵长猕猴桃果醋饮料色泽浑浊, 外观不好, 猕猴桃香味被其他味道掩盖, 口感过酸或过甜, 和预期结果差距大, 不可以接受。	< 60

(2) 贵长猕猴桃果醋饮料调配正交实验

取一定量的贵长猕猴桃果醋原液、白砂糖、柠檬酸钠、乳酸钙, 在单因素实验基础上, 于调配罐中进行风味调配, 选择贵长猕猴桃果醋原液用量(A)、白砂糖用量(B), 柠檬酸钠用量(C), 乳酸钙用量(D)为考察因素, 以感官评价总分为考察指标。选择四因素三水平进行正交实验优化贵长猕猴桃果醋饮料风味, 如表 2 所示。

表 2 正交实验因素水平表
Table 2 The factor and level table of orthogonal experiment

水平	A/mL	B/g	C/g	D/g
-1	10	10	0	0
0	12	12	0.1	0.1
1	15	14	0.15	0.15

(3) 贵长猕猴桃果醋饮料的研制工艺

以最佳条件为基础, 将不同量的贵长猕猴桃果醋原液用滤布过滤到调配罐中, 按照实验设计称取一定量的白砂糖、木糖醇、柠檬酸钠、乳酸钙和猕猴桃香精, 用煮沸的蒸馏水进行溶解并定容至 100 mL, 用滤布过滤调配好的混合液, 重复 3 次。将过滤好的混合液加热煮沸, 用经过灭菌的罐装瓶进行罐装, 于 121 °C 灭菌 15 min, 冷却至室温, 得到贵长猕猴桃果醋饮料成品。

(4) 贵长猕猴桃果醋饮料货架期预测实验

1) 使用 ASLT 法对猕猴桃饮料货架期进行预测。通过 ASLT 建议的存储条件^[15]可知, 罐头食品储存条件见表 3。

表 3 ASLT 建议储存条件
Table 3 ASLT recommended storage conditions

冷冻食品	脱水食品	罐头食品
	0 °C	5 °C
-40 °C	23 °C(室温)	23 °C(室温)
-15 °C	30 °C	30 °C
-10 °C	40 °C	35 °C
-5 °C	45 °C	40 °C

据实验的要求, 所用样品均为同一批生产的贵长猕猴桃果醋饮料。分别选取 ASLT 温度为 23 °C 和 40 °C, 相对湿度 60% 的恒温恒湿箱。取样检测时间间隔拟定: 23 °C 恒温恒湿箱中储藏的样品, 每隔 65 d 进行常规微生物测试(按照 GB/T 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》^[16]和 GB/T 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[17]进行)并进行感官品评, 并预测其货架期; 在 40 °C 储藏条件下的样品每隔 15 d 进行常规微生物测试并进行感官品评, 并预测其货架期。常规微生物测试的结果符合国家标准时被认为是合格的, 感官品评采用与初始样品对比的方法进行品评, 给出评分, 当产品的感官评分不低于 50 分被认为是合格的, 评价标准见表 4。

表 4 贵长猕猴桃果醋饮料感官评价标准
Table 4 Sensory evaluation standard of Guichang kiwifruit vinegar beverage

得分/分	产品状态
100	所得产品的所有特征与标准样品完全一致
90	产品口感外观可以接受, 但是与标准样品有轻微差别
80	产品口感外观可以接受, 但与标准样品相比有些差别
70	产品口感外观可以接受, 但与标准样品有明显差别
60	产品处于可接受与不可接受的临界点
50	产品稍微有点不能接受
40	产品有点不能接受
30	产品口感明显与标准样品不同且不能接受
20	产品口感令人完全不能接受

2) Q_{10} 及保质期 θ 计算

$Q_{10}=T$ 温度下的保质期/($T+10$)温度下的保质期, 按照以下公式(1)计算^[18]:

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \theta(T_1)/\theta(T_2) \quad (1)$$

式中: $\theta(T_1)$ 为温度 T_1 下的保质期; $\theta(T_2)$ 为温度 T_2 下的保质期; ΔT 为温度 T_1 与 T_2 的差。

2 结果与分析

2.1 贵长猕猴桃果醋风味物质分析结果

香气成分是构成贵长猕猴桃果醋饮料风味的主要指标,图1为贵长猕猴桃果醋GC-MS分析的离子谱图,检测出贵长猕猴桃果醋中44种风味性物质。经谱库检索及资料核实,鉴定出23种风味物质,见表5。主要包括酯类、醇类、酸类、醛酮类以及其他化合物,解析出醇类物质种类最多,为8种,其次是酯类、酸类和醛酮类,贵长猕猴桃果醋风味物质的相对含量为醇类>酸类>酯类>醛酮类,醇类相对含量最高达到74.7%,酸类、酯类、醛酮类化合物分别为4.51%、4.47%、3.45%,其中乙酸-3-甲基丁醇的相对含量最高,达到48.37%,赋予贵长猕猴桃果醋主体香味。

芳香醇类苯乙醇,在猕猴桃果醋挥发性风味物质中含量为11.33%,有玫瑰花香、茉莉花香,具备优良的芳香特性,在果醋总风味形成中具有重要作用^[19],是构成贵长猕猴桃果醋特征风味的主要组分^[20]。酯是由醇和醛衍生而来的,它们决定果醋饮料的风味品质,在风味方面的贡献大于醇和醛,被认为是果醋的重要风味物质^[21]。乙酸乙酯在较低的浓度时可为贵长猕猴桃果醋香气带来新鲜水果的香味,是果醋中具有强扩散力的风味化合物,能提高贵长猕猴桃果醋的品质^[22-23]。酸类、醛酮类及其他类化合物的相对含量较低,但在构成贵长猕猴桃果醋典型风味成分具有重要作用。该分析结果明确了贵长猕猴桃果醋特征香气组分,对猕猴桃果醋饮料研发具有重要指导意义。

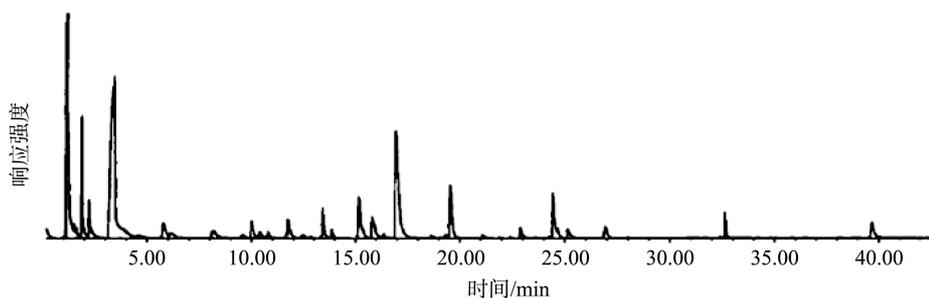


图1 贵长猕猴桃果醋风味物质GC-MS总离子图

Fig.1 GC-MS total ion chromatogram of flavor substances in Guichang kiwifruit vinegar

表5 贵长猕猴桃果醋风味物质GC-MS分析结果

Table 5 GC-MS analysis results of flavor compounds in Guichang kiwifruit vinegar

序号	保留时间/min	相似性/%	风味成分	相对分子质量	相对含量/%
1	1.132	80	乙酸乙酯	88	3.46
2	1.624	94	丁酸乙酯	70	0.33
3	1.931	86	2-甲基丙醇	130	12.26
4	3.521	83	乙酸-3-甲基丁醇	118	48.37
5	8.669	81	2-呋喃甲醛	132	0.02
6	9.544	91	3-羟基丁酸乙酯	90	0.06
7	10.013	90	2,3-丁二醇	154	0.47
8	11.656	91	丁酸	86	0.12
9	11.779	87	二氢化-2(3H)-呋喃酮	200	1.69
	12.855	91	丁二酸二乙酯	154	0.02
11	13.339	90	1-萜品醇	106	0.02
12	13.439	95	3-甲硫基丙醇	160	0.82
	15.774	90	己酸	108	1.42
14	16.358	98	苯甲醇(苄醇)	122	0.13
15	16.995	95	苯乙醇	112	11.33
	19.292	91	(R)-羟基丁二酸二乙酯	190	0.09

表 5(续)

序号	保留时间/min	相似性/%	风味成分	相对分子质量	相对含量/%
17	19.530	90	辛酸	144	2.31
18	21.036	96	(E, E)-2, 4-己二烯酸	112	0.09
19	21.866	60	1-(2-羟基-5-甲基苯)乙酮	150	0.05
20	22.872	97	癸酸	172	0.45
21	25.092	95	苯甲酸	122	0.12
22	26.882	86	1, 2-苯二甲酸丁基-2-甲基丙基二酯	158	0.51
23	39.649	83	1H-吡啶-3-乙醇	160	1.30

2.2 贵长猕猴桃果醋饮料调配的正交实验结果

贵长猕猴桃果醋饮料调配的正交实验结果见表 6, 方差分析见表 7。由表 6 和表 7 可直观分析出对贵长猕猴桃果醋饮料风味影响程度主次因素为: 贵长猕猴桃果醋原液 *A*>柠檬酸钠 *C*>白砂糖 *B*>乳酸钙 *D*, 即贵长猕猴桃果醋原液对饮料风味的影响最大, 其次是柠檬酸钠、白砂糖和乳酸钙。方差分析结果显示以上 4 个因素对实验结果的影响均不显著, 故由表 6 直观分析得出 $A_3B_2C_1D_3$ 组合的贵长猕猴桃果醋饮料感官评分最高, 为最优调配风味方案, 因此最佳饮料配方为: 柠檬酸钠 0.15%、乳酸钙 0.1%、白砂糖 4%、贵长猕猴桃果醋原液 10%。由此配方得到的贵长猕猴桃果醋饮料有天然猕猴桃果香味、色泽均匀、口感酸甜适中。

表 6 $L_9(3^4)$ 正交实验结果
Table 6 $L_9(3^4)$ orthogonal experimental result

编号	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	感官评分
1	1	1	1	1	70
2	1	2	2	2	65
3	1	3	3	3	68
4	2	1	2	3	72
5	2	2	3	1	76
6	2	3	1	2	75
7	3	1	3	2	78
8	3	2	1	3	80
9	3	3	2	1	72
K_1	67.667	73.333	75.000	72.667	
K_2	74.333	73.667	69.667	72.667	
K_3	76.667	71.667	74.000	73.333	
<i>R</i>	9.000	2.000	5.333	0.666	

表 7 正交实验方差分析表
Table 7 Variance analysis table of orthogonal experiment

方差来源	偏差平方和	自由度	<i>F</i> 值	<i>F</i> 临界值	<i>P</i> 值
<i>A</i> 贵长猕猴桃果醋原液	130.889	2	2.801	4.460	<0.10
<i>B</i> 白砂糖	6.889	2	0.147	4.460	<0.10
<i>C</i> 柠檬酸钠	48.222	2	1.032	4.46	<0.10
<i>D</i> 乳酸钙	0.889	2	0.019	4.460	<0.10
总差	186.89	8			

2.3 贵长猕猴桃果醋饮料货架期预测实验结果

表 8 为 23 °C 条件下贵长猕猴桃果醋饮料的实验感官评分、细菌总数及大肠杆菌群随时间变化的情况。将感官评分低于 50 分为货架期的终点。在常温 23 °C 条件下, 贵长猕猴桃果醋饮料的变化呈缓慢衰减趋势, 经过 155 d 的存放, 饮料的感官评分由 100 分下降到 50 分, 检测到的细菌总数随时间的增加而增多, 此时菌落总数为 270 CFU/g。由表 8 可以看出 23 °C 条件下贵长猕猴桃果醋饮料的保质期为 155 d。

表 8 样品在温度 23 °C 条件下的检测结果
Table 8 Sample test results under 23 °C

贮存时间/d	感官评分	细菌总数/(CFU/g)	大肠杆菌群/(MPN/100 g)
0	100	40	0
65	80	170	0
120	70	180	0
155	50	270	0

表 9 为 40 °C 条件下贵长猕猴桃果醋饮料的实验感官评分、细菌总数、大肠杆菌群随时间化的情况。由表 9 可知, 40 °C 条件下, 经 30 d 感官评分低于 50 分, 贵长猕猴桃果醋饮料的在 40 °C 贮存条件下保质期为 30 d。

表 9 样品在温度 40 °C 条件下的检测结果
Table 9 Sample test results under 40 °C

贮存时间 /d	感官评分	细菌总数 /(CFU/g)	大肠杆菌群 /(MPN/100 g)
0	100	45	0
15	80	60	0
30	50	140	0
50	40	180	0

通过公式计算可得, $Q_{10}=23$ °C 下的保质期/40 °C 下的保质期=155/30=5.17, 由公式可得在 20 °C, 相对湿度 60% 条件下, 贵长猕猴桃果醋饮料保质期为 801 d。用这种方法预测低温时的保质期时, Q_{10} 微小的偏差也会导致结果的偏差, 在实际生产中, 必须综合考虑时效性、经济性、准确性等, 以尽可能缩小偏差。在本测试中, Q_{10} 是通过 2 个温度预测的, 这种不确定性会对实际的保质期产生一定的影响。但 ALST 法也在一定程度上为企业在新产品的保质期设定提供了依据。

3 结论与讨论

本研究用 GC-MS 分析了贵长猕猴桃果醋的风味种类及含量, 共分离鉴定了 23 种挥发性物质, 主要是醇类、酯类、酸类、醛酮类及其他烃类化合物, 其中乙酸-3-甲基丁醇的相对含量最高, 达到 48.37%, 赋予贵长猕猴桃果醋主体香味, 含量为 11.33% 的苯乙醇, 有玫瑰花香、茉莉花香, 具备优良的芳香特性, 在果醋总风味形成中具有重要作用。

采用正交实验法, 获得贵长猕猴桃果醋饮料的最佳配方为: 柠檬酸钠 0.15%、乳酸钙 0.1%、白砂糖 4%、贵长猕猴桃果醋原液 10%。由此配方得到的贵长猕猴桃果醋饮料有天然猕猴桃果香味、色泽均匀、口感酸甜适中。

应用 ALST 法预测贵长猕猴桃果醋饮料在 20 °C, 相对湿度 60% 条件下的保质期在 24 个月以上, 可以满足市场销售需求。

参考文献

- [1] HUANG ZY, LI J, ZHANG JF, *et al.* Physicochemical properties enhancement of Chinese kiwi fruit (*Actinidia chinensis* Planch) via chitosan coating enriched with salicylic acid treatment [J]. *J Food Meas Charact*, 2017, 11(1): 184–191.
- [2] 李加兴, 孙金玉, 陈双平, 等. 贵长猕猴桃果醋发酵工艺优化及质量分析[J]. *食品科学*, 2011, 32(24): 306–310.
LI JX, SUN JY, CHEN SP, *et al.* Process optimization for kiwi fruit vinegar fermentation and quality analysis [J]. *Food Sci*, 2011, 32(24): 306–310.
- [3] 王金华, 杜超, 梁晨, 等. 贵长猕猴桃多糖提取工艺及体外抗氧化功能[J]. *食品科学*, 2016, 37(20): 19–23.
WANG JH, DU C, LIANG C, *et al.* Extraction technology and *in vitro* antioxidant function of polysaccharides from actinidia Guichang [J]. *Food Sci*, 2016, 37(20): 19–23.
- [4] 刘晓燕, 张喜龙, 马立志. 贵长猕猴桃果皮中多酚的提取工艺及抗氧化研究[J]. *食品科技*, 2018, 43(9): 261–266.
LIU XY, ZHANG XL, MA LZ. Extraction process and antioxidant activity of polyphenols from kiwifruit peel [J]. *Food Sci Technol*, 2018, 43(9): 261–266.
- [5] 陈亮, 危晴, 辛秀兰, 等. 不同酵母发酵对猕猴桃果酒香气成分的影响[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(5): 100–106.
CHEN L, WEI Q, XIN XL, *et al.* Effects of different yeast fermentation on aroma components of kiwi fruit wine [J]. *Food Res Dev*, 2015, 36(5): 100–106.
- [6] 刘凤珠, 牛小明. 水果醋的营养研究分析[J]. *中国调味品*, 2011, 36(6): 93–96.
LIU FZ, NIU XM. Analysis of nutritional components in fruit vinegar [J]. *China Cond*, 2011, 36(6): 93–96.
- [7] 霍丹群, 王洪彬, 宋兴兴, 等. 响应面法优化猕猴桃原酒发酵工艺[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(9): 219–223.
HUO DQ, WANG HB, SONG XX, *et al.* Optimization of fermentation conditions of kiwi base wine by response surface methodology [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(9): 219–223.
- [8] BARANOWSKA-WÓJCIK E, SZWAJGIER D. Characteristics and pro-health properties of mini kiwi (*Actinidia arguta*) [J]. *Hortic Environ Biote*, 2019, 60(2): 217–225.
- [9] YU Q, PLOTTO A, BALDWIN EA, *et al.* Proteomic and metabolomic analyses provide insight into production of volatile and non-volatile flavor components in mandarin hybrid fruit [J]. *BMC Plant Biol*, 2015, 15(1): 466.
- [10] KANG HR, HWANG HJ, JANG EL, *et al.* Quantitative analysis of volatile flavor components in Korean alcoholic beverage and Japanese sake using SPME-GC/MS [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2016, 25(4): 979–985.
- [11] GAO LH, LIU T, AN XJ, *et al.* Analysis of volatile flavor compounds influencing Chinese-type soy sauces using GC-MS combined with HS-SPME and discrimination with electronic nose [J]. *J Food Sci Technol*, 2017, 54(1): 130–143.
- [12] 王华, 李华, 刘拉平, 等. 菠萝果酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2005, (4): 143–146.
WANG H, LI H, LIU LP, *et al.* Analysis of aroma components of pineapple wine by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *J Northwest A&F Univ (Nat Sci Ed)*, 2005, (4): 143–146.
- [13] 邸太菊, 李学杰, 李健, 等. 猕猴桃货架期品质及关键风味物质分析[J]. *食品科学技术学报*, 2020, 38(3): 51–59.
QIU TJ, LI XJ, LI J, *et al.* Analysis of kiwi fruit shelf life quality and key flavor components [J]. *J Food Sci Technol*, 2020, 38(3): 51–59.
- [14] 周景丽, 闫裕峰, 武耀文, 等. 沙棘果醋饮料调配工艺的研究[J]. *食品科技*, 2020, 45(1): 146–153.
ZHOU JL, YAN YF, WU YW, *et al.* Study on the blending process of sea buckthorn fruit vinegar beverage [J]. *Food Sci Technol*, 2020, 45(1): 146–153.
- [15] 蔡燕芬. 食品储存期加速测试及其应用[J]. *食品科技*, 2004, 27(1): 80–82.
CAI YF. Accelerated shelf life testing (ASLT) and application [J]. *Food*

- Sci Technol, 2004, 27(1): 80–82.
- [16] GB/T 4789.3—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].
GB/T 4789.3—2016 National food safety standard-Food microbiological analysis-Coliform count [S].
- [17] GB/T 4789.2—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB/T 4789.2—2016 National food safety standard-Food microbiological analysis- Determination of total bacterial count [S].
- [18] 刘红, 王达, 张明, 等. 饮料保质期测试方法的研究综述[J]. 饮料工业, 2017, 20(5): 54–57.
LIU H, WANG D, ZHANG M, *et al.* Review of test methods for beverage shelf-life [J]. Bever Ind, 2017, 20(5): 54–57.
- [19] 张鑫, 左勇, 张晶, 等. 猕猴桃果酒风味物质研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 305–308.
ZHANG X, ZUO Y, ZHANG J, *et al.* Research progress of the flavor compounds in kiwi fruit wine [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(17): 305–308.
- [20] FUKUDA K, YAMAMOTO N, KIYOKAWA Y, *et al.* Balance of activities of alcohol acetyltransferase and esterase in *Saccharomyces cerevisiae* is important for production of isoamyl acetate [J]. Appl Environ Microb, 1998, 64(10): 4076–4078.
- [21] LIU Q, LI XJ, SUN CC, *et al.* Effects of mixed cultures of *Candida tropicalis* and aromatizing yeast in alcoholic fermentation on the quality of apple vinegar [J]. Biotech, 2019, 9(4): 1–10.
- [22] CHANG EH, JEONG SM, HUR YY, *et al.* Changes of volatile compounds in *Vitis labrusca* 'Doonuri' grapes during stages of fruit development and in wine [J]. Horticult Environ Biotechnol, 2015, 56(2): 137–144.
- [23] 郝红梅, 张生万, 郭彩霞, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析山楂果醋易挥发成分[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 138–141.
HAO HM, ZHANG SW, GUO CX, *et al.* Analysis of volatile components in hawthorn vinegar by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry(HS-SPME-GC-MS) [J]. Food Sci, 2016, 37(2): 138–141.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



王金华, 硕士, 正高级实验师, 主要研究方向为果蔬精深加工、食品营养与安全。
E-mail: 292723451@qq.com

钱 勇, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为植物药用成分的物质基础研究、中药及健康产品检测。
E-mail: cary@nature-standard.com