

催陈方法对白肉枇杷果酒品质的影响

Influence on quality of white pulp loquat wine with different artificial aging technology

袁 敏^{1,2} 王巧碧³ 赵 欠^{1,2} 周才琼^{1,2} 吴习宇^{1,2}

YUAN Min^{1,2} WANG Qiao-bi³ ZHAO Qian^{1,2} ZHOU Cai-qiong^{1,2} WU Xi-yu^{1,2}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715;

3. 四川卫生康复职业学院, 四川 自贡 643000)

(1. Food Science College, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Engineering & Technology Research Centre of Characteristic Food, Chongqing 400715, China;

3. Sichuan Vocational College of Health and Rehabilitation, Zigong, Sichuan 643000, China)

摘要:研究了超声、微波和冷热交替催陈工艺处理对白肉枇杷果酒品质形成的影响,结果显示,不同催陈处理枇杷果酒总酸略降及色度增加,感官评价显示冷热交替催陈处理优于超声催陈和微波催陈;处理后果酒香气物质检出种类减少,未检出成分占比增加,相对含量最高的是醇类和酯类,冷热交替、超声和微波催陈处理分别占比 79.8%, 78.3%, 88.97%, 均低于原酒的 91.24%;催陈处理使其他香气成分占比增加,有利于提升果酒总体香气。醇类、醛类、酸类和酯类是影响果酒品质的主要成分,进一步分析显示香气品质得分依次为微波催陈>冷热交替催陈>超声催陈。对酒品质的评价应综合考虑感官评价、主成分分析和未检出成分测定结果,并由此得到冷热交替催陈处理白肉枇杷果酒较好。

关键词:白肉枇杷;果酒;催陈处理;品质形成

Abstract: To recognize the effect of aging technology on quality of white pulp wine, samples were preprocessed by ultrasonic, microwave and cold and hot treatment. The results showed that the three different aging treatments all could lower total acid slightly and increase chroma of loquat wine, and aging by cold and hot treatment got higher scores than ultrasonic as well as microwave treatment in sensory evaluation. The species of aroma substances detected decreased while proportion of undetected compounds increased after aging treatment. The highest content were alcohols and esters, hot and cold, ultrasonic and microwave treatment, accounted for 79.8%, 78.3% and 88.97%, respectively, which was less than that of the original wine 91.24%. Aging treatment increased the proportion of the

other aroma components, which was beneficial to enhance the overall aroma of the wine. Alcohols, aldehydes, acids and esters were the main factors influencing quality of wine, and further analysis showed that the scores of aroma were followed by microwave, cold and hot and ultrasonic treatment. Sensory evaluation, principal component analysis and determination of undetected component should be considered to estimate the wine, thus white pulp loquat wine aged by hot and cold treatment was of better quality.

Keywords: white pulp loquat; wine; aging treatment; quality formation

果酒风味品质受多种因素的影响,包括发酵过程中不同发酵条件以及陈化方式等。自然陈酿果酒品质较好,但耗时较长,因此采用人工催陈是果酒陈酿中重要的工艺。目前常用的人工催陈技术主要有超高压^[1]、超声波^[2-3]、微波^[4]、臭氧^[5]、微氧^[6]、电场^[7-8]和 X 射线^[9]等,主要研究对象包括干红葡萄酒、白酒、食醋等。利用施加外源能量加速反应或是模拟橡木桶微氧陈酿环境等原理,从而高效、快速、低成本地进行人工催陈。微波催陈促进醇化反应;超声和电场等促进酯化反应和氧化还原反应,加速低沸点物质的挥发;超声、电场和磁场促进乙醇和水的缔合;微氧、臭氧利用氧化性加快醇、醛的氧化,从而促进酒体老熟。但是这些催陈技术也存在一些缺陷,不管超声、电磁场还是微波等都需要控制适宜的量才能有效改善酒的品质,否则会导致无法预测和控制的新物质产生亦或是回生现象。催陈技术在以葡萄^[10]、梨^[11]、蓝莓^[12]、猕猴桃^[13]、山竹^[14]等为材料酿造的果酒中已经有研究报道,枇杷果酒的研究甚少,目前市面上并没有白肉枇杷产品,为此,本研究拟采用具有自主知识产权的华白 1 号白肉枇杷为试验材料,此材料新颖,具有创新价值,采用优化的酶

基金项目:重庆市科委项目(编号:cstc2014jcsf-nycgzhA80001)

作者简介:袁敏,女,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:周才琼(1964—),女,西南大学教授、博士。

E-mail:zhoucaiqiong@swu.edu.cn

收稿日期:2016—10—13

解工艺和发酵工艺制备枇杷果酒原酒后,探讨陈酿工艺对枇杷果酒品质的影响,将感官评价和 GC—MS 相结合,从而对白肉枇杷果酒的催陈技术进行评价,优化筛选出白肉枇杷果酒的最佳陈酿方法,旨在为白肉枇杷应用于果酒生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及处理

白肉枇杷:华白 1 号,西南大学农业综合开发研究室;
枇杷汁:枇杷打浆后酶解处理,柠檬酸调 pH 4.0,加果胶酶 0.17 g/kg,40 ℃下果胶酶酶解 4.0 h,得澄清枇杷汁,平均透光率 83.17%;

发酵条件:酶解后的枇杷汁加白砂糖,糖度调至 20%,加入优化后的果酒酿酒酵母 Y3,接种量 0.50%,调 pH 4.0,22 ℃下发酵。过滤得枇杷新酒。酒精度平均 12.33%vol。

1.2 主要试剂

氢氧化钠、盐酸、葡萄糖、五水硫酸铜、氯化钠、酚酞、碘化钾、磷酸二氢钾:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;
果胶酶:酶活≥50 万 U/g,成都市科龙化工试剂厂;
果酒酿酒酵母 Y3:湖北安琪酵母股份有限公司。

1.3 主要仪器设备

气相质谱联用仪:GC-MS-2010 型,日本岛津公司;
固相微萃取装置(配复合 DVB/CAR/PDMS,50/30 μm 萃取头):57328-U 型,美国 Supelco 公司;
SPME 手动进样手柄:57330-U 型,美国 Supelco 公司;
数控型超声波发生器:KQ5200DB 型,昆山市超声仪器有限公司;
微波发生器:Mo-2270MI 型,青岛海尔微波制品有限

公司。

1.4 试验方法

1.4.1 不同催陈技术处理方法 300 mL 三角瓶中装入 200 mL 新酒,封口膜密封。分别采用微波、超声和冷热交替技术催陈处理。

(1)微波催陈:微波功率 800 W;中等火力(50%)分别处理 2,4,6,8 min,冷至室温,检测吸光度和总酸并进行感官评价。

(2)超声催陈:① 超声频率:50 ℃下分别在 20,24,28,32,36 kHz 时处理 15 min,冷至室温后测定吸光度和总酸并进行感官评价,筛选最佳工作频率;② 超声时间:在 50 ℃及最佳超声频率下分别处理 5,10,15,20,25 min,冷至室温后测定吸光度和总酸并进行感官评价,筛选最佳处理时间;③ 超声温度:在最佳频率及时间下,分别在 30,40,50,60,70 ℃下处理,冷至室温,测定吸光度和总酸并进行感官评价,得最佳处理温度。将在最佳频率、时间和温度下处理的样品进行固相微萃取及气相色谱—质谱联用(SPME—GC—MS)分析。

(3)冷热交替催陈:40 ℃恒温培养箱中放置 3 d,取出后—10 ℃放置 3 d,循环 3 次(共计 18 d)。检测吸光度和总酸并进行感官评价。

1.4.2 分析方法

- (1)总糖:斐林试剂法^{[15]5-6}。
(2)总酸:酸碱中和滴定法^{[15]7-8}。
(3)色度:根据文献[16],修改为测定 540 nm 吸光度。
(4)感官评定:参照文献[15]⁵⁶⁻⁵⁸。感官评分标准见表 1。

表 1 感官评分标准
Table 1 Standard of sensory evaluation

项目	色泽(15 分)	香气(30 分)	滋味(40 分)	典型性(15 分)
优	金黄有光泽,澄清透明、无明显悬浮物(≥10 分)	纯正优雅、愉悦和谐的果香与酒香(≥24 分)	酒体丰满,酸甜适口,柔细轻快(≥33 分)	
良	淡黄,较澄清、有微量悬浮物(6~10 分)	明显酒香,果香不明显或没有;或酒香与果香不协调(12~23 分)	酒味适宜,过酸或过甜(18~32 分)	典型完美,风格独特,优雅无缺(根据个人感受评分)
差	淡黄,澄清度不高、有明显悬浮物(≤6 分)	有些微酒香,没有果香味(≤12 分)	酒味偏淡或刺口,过酸或过甜(≤18 分)	

(5)香气检测:根据文献[17],修改如下:取 8 mL 样品于 15 mL 样品瓶中,加入氯化钠 0.25 g/mL,40 ℃水浴平衡 20 min,插入固相微萃取头于液面上方 20 mm 处,40 ℃吸附 30 min 后立即将萃取头插入 GC 进样口解吸 4 min,进行 GC—MS 分析。GC 条件:DB-5MS 色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 mm),不分流进样,进样口温度 260 ℃,升温程序:40 ℃保持 5 min,以 5 ℃/min 升至 220 ℃,保持 10 min。载气(He)流量 1 mL/min。MS 条件:EI+离子源,电子能量 70 eV,灯丝流量 0.20 mA,离子源温度 250 ℃,质谱接口温度 260 ℃,扫描范围 30~500 amu。定性标准图库为 NIST08 和 NIST08s,相似度 80%以上。

1.5 数据分析

用 Excel 2003 和 SPSS 20.0 等软件进行图表绘制和相关数据处理。

2 结果与分析

2.1 超声陈酿对枇杷果酒品质形成的影响

2.1.1 超声频率的影响 由表 2 可知,总酸含量随超声频率增加逐渐下降,推测部分酸可能与果酒中的醇类形成了酯类香气,有待进一步研究;吸光度呈先升后降趋势,当超声频率在 32 kHz 时,吸光度达最大值。表明超声处理可使果酒色泽变深,酸味感略降。36kHz 时出现降低趋势,推测原因是

表 2 超声频率对白肉枇杷果酒品质指标的影响

Table 2 Effect of ultrasonic frequency on quality indicators of white pulp loquat fruit wine ($n=10$)

频率/kHz	吸光度	总酸/(g · L ⁻¹)	感官评价
0	0.06±0.03	6.01±0.11	64.65±4.60
20	0.07±0.01	5.53±0.10	72.25±7.30
24	0.08±0.00	5.35±0.09	72.75±5.70
28	0.09±0.00	5.26±0.02	68.63±6.50
32	0.10±0.00	4.89±0.02	65.38±3.20
36	0.08±0.01	4.81±0.11	62.88±7.30

超声提供能量的同时,加速了枇杷果酒中醇、醛、酸等有机成分之间发生了一系列复杂的氧化、酯化及缩合等反应,从而使得吸光度下降。超声频率为 24 kHz 时,果酒感官分值最高,此时果酒生涩味减弱,口味协调饱满。经对感官评价分数与果酒中总酸和吸光度进行皮尔森相关分析显示均不存在显著性相关($P>0.05$),其相关系数 r 分别为 0.265 和 0.619,吸光度与果酒感官品质相关性相对较高。综合考虑以 24 kHz 作为后续超声催陈用频率。

2.1.2 超声时间的影响 由表 3 可知,吸光度随处理时间延长呈快速增加后缓慢上升趋势,总酸变化则相反,可能是随时间延长酒中发生色变的成分逐渐消耗。表明延长超声时间可降低总酸而改善口感,但会加深果酒色泽。超声处理 20 min 时,感官评分最高。经对感官评分与果酒总酸和吸光度进行皮尔森相关分析显示,吸光度变化与感官评分显著相关($P<0.05$),相关系数 r 为 0.892。综合考虑以超声处理 20 min 为最佳处理时间。

表 3 超声时间对白肉枇杷果酒品质指标的影响

Table 3 Effect of ultrasonic time on quality indicators of white pulp loquat fruit wine ($n=10$)

超声时间/min	吸光度	总酸/(g · L ⁻¹)	感官评价
0	0.08±0.00	6.09±0.11	63.00±4.70
5	0.09±0.01	5.54±0.03	63.40±7.90
10	0.10±0.00	5.35±0.03	65.30±3.90
15	0.12±0.02	5.21±0.02	66.00±6.10
20	0.13±0.01	5.17±0.05	71.00±4.60
25	0.15±0.01	5.12±0.10	69.30±5.50

2.1.3 超声温度的影响 由表 4 可知,吸光度随处理温度升高逐渐增加,总酸变化则相反。推测由于过高的温度破坏了酒体中一些有机成分以及发生酯化反应使挥发酸等下降,热力作用使酒的色度加深,可能与酒体中酚类物质的氧化等非酶褐变的发生有关,超声温度在 50 ℃ 时感官评分最高。经对感官评分与果酒中总酸和吸光度进行皮尔森相关分析显示,均不存在显著性相关($P>0.05$)。综合考虑,超声催陈最佳条件是在 50 ℃ 经 24 kHz 超声频率处理 20 min。

2.2 微波催陈处理对白肉枇杷果酒品质的影响

由表 5 可知,总酸随微波处理时间增加而下降,吸光度

表 4 超声温度对白肉枇杷果酒品质指标的影响

Table 4 Effect of ultrasonic temperature on quality indicators of white pulp loquat fruit wine ($n=10$)

超声温度/℃	吸光度	总酸/(g · L ⁻¹)	感官评价
30	0.12±0.01	5.72±0.03	69.00±3.50
40	0.16±0.00	5.54±0.00	69.50±6.70
50	0.16±0.02	5.35±0.05	78.50±3.70
60	0.19±0.01	5.35±0.05	73.00±9.40
70	0.23±0.00	5.31±0.03	69.30±2.80

表 5 微波催陈处理对白肉枇杷果酒品质指标的影响

Table 5 Effect of microwave treatment on quality indicators of white pulp loquat fruit wine ($n=10$)

时间/min	吸光度	总酸/(g · L ⁻¹)	感官评价
0	0.10±0.01	6.09±0.11	69.00±1.80
2	0.11±0.02	5.63±0.11	75.50±5.40
4	0.11±0.00	5.44±0.22	77.50±4.60
6	0.13±0.02	5.25±0.27	74.00±6.10
8	0.14±0.01	5.06±0.21	67.50±3.20

则相反。表明微波催陈处理可降低总酸含量而改进酒体滋味品质,但可导致酒体颜色加深,推测是由于陈化过程中酸的酯化反应以及酚类氧化发生的非酶褐变导致的。感官分析显示在微波处理 4 min 时感官评分值最高。经对感官评分与果酒中总酸和吸光度进行皮尔森相关分析显示其相关系数 r 分别为 -0.021 和 -0.485,均不存在显著相关($P>0.05$)。综合而言,适当微波处理可提高枇杷果酒品质。本试验条件下以微波功率 800 W,中等火力下处理 4 min 为宜。

2.3 冷热交替催陈处理对枇杷果酒品质的影响

由图 1 可知,与原酒相比,其吸光度增加,总酸下降,推测均与陈化处理中酸与醇的酯化反应以及酚类物质等非酶褐变反应有关。与前述微波和超声催陈处理比较,总酸略低,吸光度较高,褐变高于微波和超声催陈,但感官评价发现冷热交替催陈的枇杷果酒生涩味基本消失,酒味醇厚,果香浓郁,明显优于原酒和其他催陈工艺处理(见表 6)。

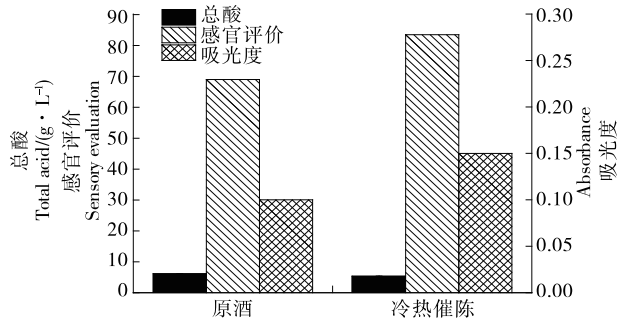


图 1 冷热交替催陈处理对白肉枇杷果酒品质的影响

Figure 1 Effect of alternation treatment by hot and cold on quality indicators of white pulp loquat fruit wine ($n=10$)

表 6 不同催陈处理对白肉枇杷果酒感官品质的影响

Table 6 Effect of different aging treatments on sensory quality of white pulp loquat fruit wine ($n=10$)

催陈处理	感官评价	感官分值
果酒原酒	淡黄,较澄清,酒味略刺口,轻生涩味	69.00±1.60
超声催陈	金黄澄清透明,明显酒香,酒味适宜	78.50±2.80
微波催陈	金黄澄清透明,愉悦果酒香,酒味适宜	77.50±2.30
冷热催陈	生涩味基本消失,酒味醇厚,果香浓郁	83.50±1.40

由表 6 可知,不同催陈处理果酒感官评分与色度和总酸无显著相关($P>0.05$)。本研究与 Fralleiseo J. H.等^[18]利用色泽变化来区分葡萄酒的陈酿条件及时间有差距,表明不同的果酒原料发酵果酒品质评价的差异。

表 7 催陈处理对白肉枇杷果酒挥发性风味成分及相对含量的影响

Table 7 Effect on the relative content and aroma compound of white pulp loquat fruit wine by different aging treatments

%						
种类	化合物	保留时间/min	原酒	冷热交替	超声陈酿	微波陈酿
醇类	异戊醇	4.289		27.86	26.92	
	2-甲基丁醇	4.371		20.72		
	正己醇	9.141	0.11	0.19		
	芳樟醇	17.350		0.11	0.07	0.09
	苯乙醇	17.746	6.17	6.86	13.84	5.60
	1-壬醇	19.744	6.27	1.73	3.11	3.70
	橙花叔醇	30.140		0.05		
	雪松醇	31.391		0.11	0.17	0.08
	1-戊醇	4.522	57.75		8.65	60.18
	桃金娘烷醇	14.975	0.04			
醛类	顺-3-壬烯-1-醇	19.226	0.16			
	正庚醇	12.997	0.27			0.13
	正辛醇	16.545	0.40			0.20
	苯乙醛	15.432	0.05			
	苯甲醛	12.503	0.23	0.37		0.07
	正辛醛	14.058		0.03		
	壬醛	17.511	0.11	0.09	0.12	0.10
	癸醛	20.671	0.15		0.04	0.04
	2,6,10-三甲基-9-烯-十一醛	21.325	0.06			
	十二醛	26.333	0.01			
酸类	BETA-环柠檬醛	21.062	0.09			0.03
	2-甲基丁酸	8.436	0.11			
	BETA-甲基乙酰丙酸	3.305	0.11			
	己酸	13.289	0.81	0.39	0.51	0.55
	辛酸	19.668		0.67		1.43
	壬酸	22.333	0.08	0.06	0.12	0.06
	乙基-(Z)-4-癸烯酸	25.715	0.04	0.18		
	月桂酸	30.033		0.12	0.11	0.05
	正癸酸	25.084	0.64		0.85	0.41
	乙酸	3.184				0.02

2.4 催陈对白肉枇杷果酒挥发性香气成分的影响

2.4.1 陈酿处理枇杷果酒挥发性香气成分分析 冷热交替、超声和微波催陈检出挥发性香气成分分别为 42,32,40 种,均少于原酒的 52 种(见表 7)。原酒主要香气 1-戊醇、1-壬醇、苯乙醇、癸酸乙酯和正己酸乙酯(占比 79.52%);冷热交替催陈处理主要香气成分有异戊醇、2-甲基丁醇、辛酸乙酯、苯乙醇、癸酸乙酯和苯乙酸乙酯(占比 73.01%)等;超声催陈处理主要香气成分有异戊醇、苯乙醇、丁二酸二乙酯、1-戊醇、癸酸乙酯、乙酸异戊酯、1-壬醇和正己酸乙酯(占比 74.19%)等;微波催陈处理主要香气有 1-戊醇、苯乙醇、辛酸乙酯和正己酸乙酯(占比 74.05%)等;微波催陈主要香气成分接近原酒但香气种类下降较多。冷热交替和超声催陈主要香气成分略有差异,均与原酒和微波催陈有较大差异。

续表 7

种类	化合物	保留时间/min	原酒	冷热交替	超声陈酿	微波陈酿
酯类	乙酸戊酯	2.762	1.40			
	乙酸异丁酯	5.421		0.03	0.10	
	异丁酸乙酯	4.908		0.01		
	丁酸乙酯	6.392		0.06	0.20	
	2-甲基丁酸乙酯	8.257		0.15	0.28	
	乙酸异戊酯	9.385	1.70	0.86	3.35	3.46
	正己酸乙酯	13.925	4.55	1.39	3.08	3.99
	苯甲酸乙酯	16.877	1.81	0.02		1.41
	庚酸乙酯	17.275	0.31	0.13	0.13	0.14
	辛酸甲酯	18.103	0.63	0.62	1.50	0.79
	苯乙酸乙酯	21.175	0.13	3.39	0.12	0.06
	辛酸乙酯	20.364	3.33	9.34	0.04	4.28
	水杨酸甲酯	20.877	0.06	0.04		
	壬酸甲酯	21.157	0.05			
	乙酸苯乙酯	22.059	0.07	0.08	0.14	0.07
	壬酸乙酯	23.239	0.74	0.37	0.53	0.55
	癸酸甲酯	24.015	0.08	0.07	0.06	0.06
	癸酸乙酯	25.945	4.78	4.84	4.54	3.59
	丁二酸二乙酯	26.809	0.05	0.03	10.70	0.04
	辛酸异戊酯	27.285	0.15	0.05	0.07	0.09
	月桂酸乙酯	30.900		0.69	0.70	0.30
	苯甲酸甲酯	17.140	0.04			0.03
	己酸异丁酯	18.965	0.02			0.07
	己酸异戊酯	21.948	0.06			0.03
	辛酸异丁酯	24.661	0.05			0.03
	DL-2-羟基-4-甲基戊酸乙酯	15.890	0.16			
酮类	二氢-2-甲基-3(2 <i>H</i>)-噻吩酮	13.508	0.18			
	大马士酮	25.542		0.02		
	beta-紫罗兰酮	28.121	0.02	0.03		0.01
	2-壬酮	17.044	0.03			0.03
酚类 及其 他	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	23.634	0.49	1.87	1.17	0.31
	2,4-二叔丁基苯酚	28.771	0.16	0.27	0.24	0.11
	1,1-二乙氧基乙烷	4.028		0.65	0.43	
	苯	2.801		0.22		
	2,3-二氢苯并呋喃	20.934	1.06	2.02	2.13	0.52
	双戊烯	15.033	0.03			

冷热交替、超声和微波 3 种催陈处理果酒酯种类数相对最高,分别占香气种类的 45.24%,50%,45%,均高于原酒的 40.4%;相对含量最高的是醇类和酯类,分别占比为 79.8%,78.3%,88.97%(见图 2),均低于原酒的 91.24%,表明经不同催陈处理后主要香气成分依然是醇类和酯类,但香气占比下降而其他香气占比增加,这有利于提升果酒总体香气。

枇杷果酒中含量最多的是醇类和酯类。少量高级醇能赋予果酒优雅香气,同时又是其它香气物质良好溶剂。在冷热交替和超声催陈中含量最高的异戊醇有特殊的苹果、香蕉、葡萄糖香及酒香,与酒中其他成分间存在相乘效果;苯乙

醇有蔷薇样甜香气;3 种酒都检出了优美愉快花香的芳樟醇和有温和柏木香气的雪松醇。乙酸异戊酯有强烈的香蕉、梨、苹果甜的水果气味,并带梨的甜酸味;正己酸乙酯有强烈的香蕉、菠萝的水果香气;辛酸乙酯有白兰地酒香味;癸酸乙酯有果香和酒香气及梨和白兰地似的香韵^[19-21]。醇类相对含量较高,酯类气味阈值低于醇类,对枇杷果酒的风味影响较大。因此它们是影响果酒风味的重要构成分。冷热交替、超声和微波催陈均检出一定量酚类和酸类,相对含量占比分别为 6.45%,5.56%,3.46%。酚类物质多有药香及木香,如 2,4-二叔丁基苯酚具有枯焦气息^[22]。检出的酸类如乙酸、辛

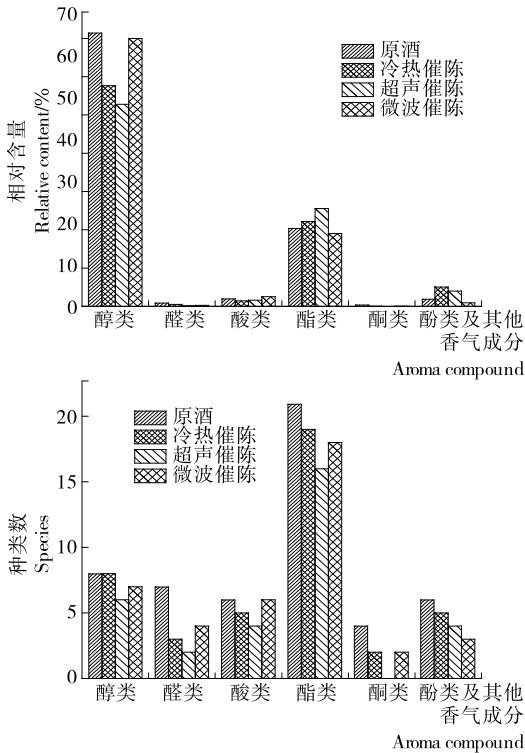


图 2 不同催陈处理白肉枇杷果酒挥发性香气成分相对含量和种类数

Figure 2 Relative content and species of aroma compound of white pulp loquat fruit wine by different aging treatments

酸、己酸和月桂酸等味道柔和并有浓郁发酵清香,辛酸有微弱水果酸味和油脂气息,月桂酸有微弱月桂油香气^[23]。醛类和酮类相对含量和种类均较低,对果酒风味影响相对小;由于酮类气味阈值高于醛类,因此对枇杷果酒风味贡献要小于醛类物质。

2.4.2 不同催陈处理枇杷果酒挥发性香气主成分分析 以不同催陈处理枇杷果酒香气成分为样本,将 3 种催陈处理果酒按照各自 6 大类香气物质构成 3×6 矩阵进行主成分分析,提取出前 2 个主成分,相关矩阵特征值见表 8,第 1 主成分和第 2 主成分累计贡献率达 100%,说明前 2 个主成分能较客观地反应原有变量信息,可用 F_1 、 F_2 2 个新综合指标代替原来的 6 个指标进行分析。

特征向量及载荷值见表 9。载荷值主要反映各变量与主成分间相关性,第 1 主成分与醇类和酸类高度正相关,与酯类、酚类及其他高度负相关;醛类和酮类是第 2 主成分特征

表 8 不同催陈处理枇杷果酒挥发性香气主成分特征值及贡献率

Table 8 Eigenvalues of aroma compound of different aged loquat wine's principal components and their contribution and cumulative contribution

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	3.845	64.080	64.080
2	2.155	35.920	100.000

贡献因子,呈高度正相关。综合分析各成分作用大小,醇类、醛类、酸类和酯类是影响陈酿果酒品质的主要成分。第 1 主成分 $Y_1 = 0.509X_1 - 0.036X_2 + 0.477X_3 - 0.484X_4 + 0.267X_5 - 0.454X_6$,第 2 主成分 $Y_2 = 0.041X_1 + 0.679X_2 - 0.241X_3 - 0.216X_4 + 0.580X_5 + 0.309X_6$ 。进一步主成分得分分析见表 10,以第一、二主成分贡献率大小为分配系数,计算综合得分 $F = 0.640\ 8F_1 + 0.359\ 2F_2$ 。果酒催陈后熟香气品质综合得分依次为微波催陈>冷热交替催陈>超声催陈。

表 9 不同催陈技术处理枇杷果酒挥发性香气主成分特征向量与载荷

Table 9 Principal component eigenvectors and loading matrix of aroma compound of different aged loquat fruit wine

成分	F_1		F_2	
	特征向量	载荷	特征向量	载荷
醇类	0.509	0.998	0.041	0.060
醛类	-0.036	-0.071	0.679	0.997
酸类	0.477	0.935	-0.241	-0.354
酯类	-0.484	-0.949	-0.216	-0.317
酮类	0.267	0.524	0.580	0.852
酚类及其他	-0.454	-0.891	0.309	0.453

表 10 不同催陈技术处理枇杷果酒挥发性香气主成分得分 Table 10 Principal component scores of aroma compound of different aged loquat fruit wine

处理技术	F_1	F_2	综合得分	排名
冷热交替催陈	-0.681	1.617	0.144	2
超声催陈	-1.530	-1.250	-1.430	3
微波催陈	2.211	-0.367	1.285	1

果酒中的香气物质既来源于果实原料中游离态香气成分,也来自于原料中结合态香气化合物在发酵和陈酿期间的转化^[24]、发酵中形成的酯和醇等香气成分及陈酿过程中的酯化作用、类胡萝卜素及糖苷的降解形成的一些香味物质^[25-27]。果酒陈酿过程中降低了杂醇油、挥发酸和单宁等含量,增加了酯类和其他芳香物质,大大改善了果酒风味,使酒质变得醇厚稳定,产生陈香^[28-29]。

挥发性香气成分是衡量果酒品质的重要指标,通过对不同催陈处理枇杷果酒香气主成分分析,微波催陈综合得分最高,其次是冷热交替催陈,这与前述不同催陈处理感官评价以冷热交替催陈处理最好有差异。推测可能的原因在于经不同催陈技术处理后挥发性成分检出占比下降有关,经冷热交替、微波和超声催陈后检出挥发性成分分别为 42, 40, 32 种,占比分别为 86.79%, 92.71%, 84.02%, 低于枇杷果酒原酒 52 种和相对含量占比 95.7%, 其中冷热交替催陈和超声催陈未检出挥发性成分占比相对较高,这些未检出成分同样参与并影响酒体风味。

3 结论

(1) 微波、超声和冷热处理 3 种物理方法均能促进白肉

枇杷果酒的陈化后熟,经后熟后的枇杷果酒色泽加深,总酸略降,外观色泽金黄澄清透明,酒香浓郁。与枇杷果酒原酒相比,经过一定条件的超声、微波和冷热处理,枇杷果酒的品质有所改善。能在短时间内,提高枇杷果酒品质,对实际生产具有指导意义。

(2) 本试验研究显示冷热催陈优于超声催陈和微波催陈。在未来的研究中,将综合评分相对较高的冷热交替和微波催陈方式复合使用,可能会取得更佳的催陈效果。

(3) 本研究对枇杷果酒挥发性风味物质进行了主成分分析,分析结果与感官评价有差异,表明影响果酒品质因素的多样性,不能用主成分分析代表枇杷果酒催陈效果。同时,由于冷热交替催陈和超声催陈未检出挥发性成分占比相对较高,这些未检出成分同样参与并影响酒体风味。因此,对枇杷果酒挥发性风味物质研究的前处理方法还有待更深入的研究。

参考文献

[1] 李绍峰,段旭昌,刘树文,等. 超高压处理新鲜干红葡萄酒紫外可见光谱分析[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(6): 160-163.

[2] 林晓姿,李维新,梁璋成,等. 枇杷果醋的超声波催陈技术研究[J]. 中国调味品, 2009, 34(10): 43-46.

[3] 向英,丘泰球. 低频超声催陈豉香型白酒的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(11): 75-77.

[4] 王常青,朱志昂. 微波催陈食醋的工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(12): 83-87.

[5] 李维新,何志刚,林晓姿,等. 枇杷果醋的臭氧催陈效果与工艺优化[J]. 中国酿造, 2009(2): 109-111.

[6] 康文怀,李华,杨雪峰,等. 微氧技术在葡萄酒陈酿中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(5): 77-81.

[7] 陈勇,曾新安,董新平. 电场催陈对干红葡萄酒游离氨基酸的影响[J]. 酿酒科技, 2004(4): 80-81.

[8] FIALA A, WOUTERS PC, VAN DEN, BOSCH E. Coupled electrical-fluid model of pulsed electric field treatment in a model food system [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2001, 2(4): 229-238.

[9] 廖仲力. 用 x 射线处理酒质的方法: 中国, CN86103652[P]. 1987-12-02.

[10] 郭雪霞. 葡萄酒人工催陈技术研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2006: 42-46.

[11] 申世轩. 刺梨干红人工催陈技术研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007: 23-34.

[12] 王芳. 蓝莓果酒酿造工艺及其品质影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015: 48-67.

[13] 孙洪浩. 黑曲米曲混合发酵猕猴桃果酒酿造工艺研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2015: 46-63.

[14] 于立梅,刘俊梅,冯卫华,等. 催陈方式对山竹果酒理化特性和香气成分的影响[J]. 现代食品科技, 2013(10): 2 442-2 446.

[15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

[16] 何志刚,林晓姿,李维新,等. 影响枇杷果酒色泽的若干因子分析与模型建立[J]. 食品与发酵工业, 2005(6): 33-36.

[17] 张瑶. 枇杷酒香气成分提取方法及陈酿期间变化的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2010: 17-18.

[18] FRALLEISEO J H, ANA M T, MATIAS G-C. Multivariate characterization of aging status in red wines based on chromatic parameters[J]. Food Chemistry, 1997, 60(1): 103-108.

[19] 刘树文. 合成香料技术手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 68-91.

[20] 藤卷正生,服部达彦,林和夫,等. 香料科学[M]. 夏云,译. 北京: 轻工业出版社, 1988: 214-252.

[21] CHORIANOPOULOS N, BOZIARIS I, STAMATIOU A, et al. Microbial association and acidity development of unheated and pasteurised green table olives fermented using glucose or sucrose supplements at various levels [J]. Food Microbiology, 2005, 22(1): 117-124.

[22] 王文艳,刘凌,吴娜,等. 板栗及其膨化制品的挥发性香气成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(5): 197-205.

[23] 杜书. 酸菜自然发酵过程中风味及质地变化规律研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013: 40-41.

[24] MATEO J J, JIMENEZ M. Monoterpenes in grape juice and wine[J]. Journal of Chromatography A, 2000, 881(1/2): 557-567.

[25] 李记明,送长冰,贺普超. 葡萄与葡萄酒芳香物质研究进展[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(5): 105-109.

[26] ISABELLE Cutzach, PASCAL Chatonnet, DENIS Dubourdieu. Study of the formation mechanisms of some volatile compounds during the aging of sweet fortified wines [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1999, 47(7): 2 837-2 846.

[27] LAMIKANRA O, GRIMM C C, INYANG I D. Formation and occurrence of flavor components in Noble museadine wine [J]. Journal of Food Chemistry, 1996, 56(4): 373-376.

[28] 郭雪霞,王颀,李长文,等. 葡萄酒催陈研究进展[J]. 酿酒科技, 2005(12): 68-71.

[29] DELFINI C, COEITO C, SCHELLINO R, et al. Definitlve evidence for the actual contribution of yeast in the transformation of neutral Preeursors of grape aromas [J]. Jounal of Agnculture Food Chemistry, 2001(49): 5 397-5 408.

(上接第 69 页)

[28] HAGHSHENAS B, NAMI Y, ABDULLAH N, et al. Potentially probiotic acetic acid bacteria isolation and identification from traditional dairies microbiota[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2015, 50(4): 1 056-1 064.

[29] 冯静,施庆珊,欧阳友生,等. 醋酸菌多相分类研究进展[J]. 微生物学通报, 2009, 36(9): 1 390-1 396.

[30] ILSE C, NICHOLAS C, KATRIEN E, et al. *Acetobacter ghanensis* sp. nov., a novel acetic acid bacterium isolated from traditional heap fermentations of Ghanaian cocoa beans[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2007(57): 1 647-1 652.

[31] ILSE C, ANGEL G, NICHOLAS C, et al. *Acetobacter fabarum* sp. nov., an acetic acid bacterium from a Ghanaian cocoa bean heap fermentation [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2008(58): 2 180-2 185.