

类胡萝卜素降解对枸杞酒特征香气的影响

田争福^{1,2}, 申鹏森^{1,2}, 赵璐², 张惠玲^{*1,2}

(1. 宁夏大学 食品与葡萄酒学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏食品微生物应用技术与安全控制重点实验室, 宁夏 银川 750021)

摘要: 为探究类胡萝卜素降解后产生的降异戊二烯类化合物对枸杞酒特征香气的影响, 采用一株可降解类胡萝卜素的库特氏菌进行实验。分别在枸杞渣中接种库特氏菌, 枸杞清汁中接入工业酿酒酵母, 发酵结束后混合; 在枸杞汁中加入库特氏菌酶制剂, 辅助工业酿酒酵母发酵; 将高压灭菌的枸杞渣加入枸杞清汁后接种工业酿酒酵母发酵, 并以正常发酵工艺酿制的枸杞酒作为对照。采用顶空固相微萃取及气相色谱质谱联用(GC-MS)法, 对枸杞酒香气成分进行检测, 并通过感官评分法评价3种降解类胡萝卜素方式对枸杞酒香气的影响。结果表明, 库特氏菌酶制剂辅助发酵组枸杞酒香气和口感均为最佳, 高压灭菌后发酵组澄清度最好。因此, 在枸杞酒酿造过程中, 可以采用库特氏菌酶制剂对枸杞汁进行降解处理, 在此之前对枸杞渣可适度配合使用高压灭菌, 从而改进枸杞酒的酿造工艺, 提升枸杞酒香气。

关键词: 类胡萝卜素; 降解; 枸杞酒; 降异戊二烯; 发酵

中图分类号: TS 261.4 文章编号: 1673-1689(2022)09-0078-07 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2022.09.009

Effect of Carotenoid Degradation on Characteristic Aroma of Wolfberry Wine

TIAN Zhengfu^{1,2}, SHEN Pengsen^{1,2}, ZHAO Lu², ZHANG Huiling^{*1,2}

(1. College of Food and Wine, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Ningxia Key Laboratory for Food Microbial-Application Technology and Safety Control, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to explore the effect of norisoprenoids produced after carotenoids degradation on the characteristic aroma of wolfberry wine, a strain of *Kurthia* sp. which could degrade carotenoids was used. *Kurthia* sp. was inoculated in the wolfberry residue, and the industrial *Saccharomyces cerevisiae* was inoculated in the wolfberry juice, separately. They were mixed after fermentation. *Kurthia* sp. enzyme was inoculated in the wolfberry juice and assisted by the fermentation of industrial *Saccharomyces cerevisiae* to get the autoclaved wolfberry dregs. The wolfberry residue sterilized by high pressure was added into the wolfberry juice, and then fermented by inoculation with the industrial *saccharomyces cerevisiae*. The wolfberry wine brewed by traditional fermentation process was used as the control. The aroma components of wolfberry wine were detected and analyzed using headspace solid phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). And the influence of three carotenoid degradation methods to the aroma of wolfberry wine was evaluated by the sensory scoring method. The results showed that the aroma and taste of wolfberry wine in the *Kurthia* sp. enzyme preparation-assisted fermentation group were the best, and

收稿日期: 2021-03-30

基金项目: 宁夏回族自治区科技创新团队项目(KJT2017001)。

* 通信作者: 张惠玲(1963—), 女, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事食品微生物发酵工程研究。E-mail: zhl5792@163.com

the best clarity after autoclaving was found in the group of fermentation after high pressure sterilization. Therefore, in the brewing process of wolfberry wine, the wolfberry juice could be degraded by the enzyme from *Kurthia* sp., and the wolfberry residue could be appropriately prepared with high pressure sterilization before fermentation, which could improve the brewing process and enhance the aroma of wolfberry wine.

Keywords: carotenoids, degradation, wolfberry wine, norisoprenoids, fermentation

枸杞作为宁夏特色农产品,其营养价值和药理活性受到医学专家和养生专家的高度重视^[1-2]。枸杞酒作为枸杞加工后主要产品之一,保健作用和营养价值深受人们青睐,这种观念促进了枸杞酒产业的快速发展。类胡萝卜素是枸杞中重要的天然色素和抗氧化物,在枸杞酒的酿造过程中由于受到光照、氧化、高温等因素的影响,导致枸杞中类胡萝卜素降解,还有大量的类胡萝卜素在枸杞渣中并未得到利用^[3-5]。周广志等通过枸杞汁的前处理,利用HPLC测定了果胶酶、二氧化硫添加量及高压灭菌对枸杞酒中类胡萝卜素含量的影响^[6]。王琦等通过测定枸杞酒发酵过程中类胡萝卜素降解产物,发现10余种降异戊二烯类化合物对枸杞酒香气有特殊的贡献^[7]。赵璐等在氧化、光照等方法下处理枸杞,表明枸杞渣中的类胡萝卜素未得到有效利用,降异戊二烯类化合物在类胡萝卜素中获得率较低^[8]。

目前,对于枸杞渣中类胡萝卜素利用方面的研究较少^[9-11]。作者采用一株可降解类胡萝卜素的库特氏菌进行实验,以3种方式降解类胡萝卜素,研究类胡萝卜素降解产物对枸杞酒特征香气的影响,为进一步探索类胡萝卜素降解产物对枸杞酒的特征香气影响提供了基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

库特氏菌(*Kurthia* sp.) GQ-16:作者所在实验室分离保藏;法国酿酒干酵母:法国Lamothe-Abiet公司产品;干枸杞果:宁夏百瑞源枸杞产业发展有限公司产品;白砂糖(食品级):购自当地超市; β -胡萝卜素标准品(纯度>98%):成都曼思特生物科技有限公司产品;磷酸氢二钠、氯化钾、硫酸镁(均为分析纯):天津化学试剂有限公司产品;降异戊二烯类化合物标准品、甲基庚烯酮、2,4-壬二烯醛、二氢- β -紫罗兰酮、二氢茉莉酮 β -紫罗兰酮 β -大马酮、 α -环柠檬醛、 β -环柠檬醛、藏红花酮、香叶基丙酮、柠檬烯、丙酸香叶酯、二氢猕猴桃内酯、2,2,6-三甲

基环己酮、2-辛烯醛(均为色谱纯)、正构烷烃混合标准品(C₈~C₄₀):上海Sigma-Aldrich公司产品;2-辛醇、无水乙醇:美国Sigma试剂公司产品。

1.2 仪器与设备

TGL-16M 高速台式冷冻离心机:湖南湘仪实验室仪器开发有限公司产品;岛津GCMS-QP2010气质联用仪、DB-5MS 色谱柱:美国Agilent公司产品;50/30 μ m 聚二甲基硅烷-二乙烯基苯涂层纤维(DVB/CAR/PDMS)萃取头:美国Supelco公司产品;DF-II 数显集热式磁力搅拌器:常州爱华仪器制造有限公司产品;JYL-C051 多功能料理机:九阳公司产品;PB-LO pH 计:赛多利斯科学仪器有限公司产品;AL204 电子天平:托利多仪器(上海)有限公司产品;LDZX-40C 型自动立式电热压力蒸汽灭菌器:上海申安医疗器械厂产品。

1.3 实验方法

1.3.1 枸杞酒酿造条件 枸杞酒工艺流程如下:

干枸杞复水(干枸杞与水体积比1:5)打浆→榨汁→过滤→果胶酶、亚硫酸→28℃发酵→过滤→陈酿→产品。

1)对照组 将干枸杞复水(干枸杞与水体积比1:5)榨汁后,加入亚硫酸和果胶酶,添加量分别为60 mg/L 和 40 mg/L,用柠檬酸将pH调至3.3,接入酵母活化液于28℃培养箱中发酵,发酵完成后过滤,陈酿15 d检测相关指标,并进行感官评价。

2)库特氏菌增香组 将干枸杞复水(干枸杞与水体积比1:5)榨汁后,加入亚硫酸和果胶酶,添加量分别为60 mg/L 和 40 mg/L,枸杞清汁用柠檬酸将pH调整至3.3,接入酵母活化液于28℃培养箱中发酵,枸杞渣中接入库特氏菌活化液于28℃培养箱中发酵(降解类胡萝卜素),发酵结束将二者合并后按工艺流程过滤、陈酿并检测相关指标,同时进行感官评价。

3)高压法增香组 将干枸杞复水(干枸杞与水体积比1:5)榨汁后,加入亚硫酸和果胶酶,添加量分别为60 mg/L 和 40 mg/L,然后过滤,果汁用柠檬

酸调整 pH 为 3.3, 接入酵母活化液于 28 ℃ 培养箱中发酵, 枸杞渣置于锥形瓶中, 封口后于高压灭菌锅中, 120 ℃ 灭菌 20 min 后冷却至室温, 合并发酵后过滤、陈酿并检测相关指标, 同时进行感官评价。

4) 库特氏菌提取酶增香组 将干枸杞复水(干枸杞与水体积比 1:5) 榨汁后, 加入亚硫酸和果胶酶, 添加量分别为 60 mg/L 和 40 mg/L, 然后过滤, 枸杞清汁用柠檬酸将 pH 调整至 3.3, 将库特氏菌 (*Kurthia* sp.) GQ-16 用察氏培养基扩大培养后于 4 ℃ 下 10 000 r/min 离心 10 min 取上清液, 冷冻干燥后的酶制剂加到发酵液共同发酵后^[12], 过滤、陈酿并检测相关指标, 同时进行感官评价。

1.3.2 标准品溶液的测定 标准品溶液的配制参照刘建花等的方法^[13]。

1.3.3 降异戊二烯类化合物的萃取 取 8 mL 枸杞酒于顶空瓶, 加入 2 g NaCl 调节离子浓度, 添加 8 μL 2-辛醇作为内标溶液, 封口, 40 ℃ 磁力搅拌器上平衡 10 min, 插入装有 50/30 μm 萃取头的手动进样手柄, 吸附萃取 40 min 后, 收回萃取头纤维部分再取出萃取头, 插入 GC-MS 进样口于 250 ℃ 解吸 5 min, 用于 GC-MS 分析^[14-15]。

1.3.4 气相色谱质谱工作条件 色谱条件: 安捷伦 DB-5MS 色谱柱, 石英毛细管柱 (30 m×250 μm×0.25 μm); 程序升温: 初始温度 40 ℃, 保持 3 min, 以 5 ℃/min 的升温速度升至 120 ℃, 再以 8 ℃/min 的升温速度升至 230 ℃, 保持 10 min; 载气为高纯氦气 (纯度>99.999%), 载气流量 1 mL/min; 进样口温度为 250 ℃, 溶剂延迟 3 min, 进样模式不分流^[16-17]。

质谱条件: EI 电离源, 离子源温度 200 ℃, 进样口温度 250 ℃, EI 源能量 70 eV, 灯丝发射电流 0.20 mA, 检测器电压 350 V。扫描范围为 *m/z* 20~450^[18]。

1.3.5 降异戊二烯类化合物的分析方法 定性、定量分析: 将 GC-MS 分析得到的各物质质谱信息与 NIST.107 标准谱库自动检索对比, 以化合物结构特征匹配指数大于 80% 作为物质鉴定标准; 通过 C₈~C₄₀ 正构烷烃混标物的保留时间, 计算未知化合物的保留指数 (RI), 结合文献以及数据库中 RI 对化合物进行鉴定, 并通过计算待测挥发物与 2-辛醇的峰面积之比求得其含量^[18-19]。

香气化合物质量浓度的计算:

$$c_n = \frac{S_n}{S_1} \times RF \times c_i \quad (1)$$

化合物与内标的响应因子计算:

$$RF = \frac{c_0}{S_0} \times \frac{S_1}{c_i} \quad (2)$$

式中: c_n 为化合物质量浓度, μg/mL; S_n 为化合物峰面积; S_1 为 2-辛醇峰面积; c_i 为 2-辛醇质量浓度, μg/mL; c_0 为标准品质量浓度, μg/mL; S_0 为标准品峰面积; RF 为响应因子。

1.4 数据处理与统计分析

采用 Agilent Mass Hunter 7.0 进行定量分析。采用 SIMCA-P 进行主成分分析 (principal component analysis, PCA)、正交偏最小二乘法判别分析 (orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA) 和数据处理。

2 结果与分析

2.1 对照组发酵前后降异戊二烯类化合物对比

由图 1 可以看出, 枸杞汁中的降异戊二烯类物质只检测到 6 种。在整个发酵过程中, 类胡萝卜素在外界因素与各种反应下降解, 在枸杞酒中检测到 13 种降异戊二烯类物质, 枸杞酒中的降异戊二烯类化合物质量浓度整体高于枸杞汁, 而其中 α-环柠檬醛质量浓度低于枸杞汁中的值, 这是因为 α-环柠檬醛在发酵过程中一部分反应变成 β-环柠檬醛的同分异构体。但同时也有部分类胡萝卜素降解生成 α-环柠檬醛, 因此, 枸杞酒中 α-环柠檬醛与 β-环柠檬醛总量高于枸杞汁。

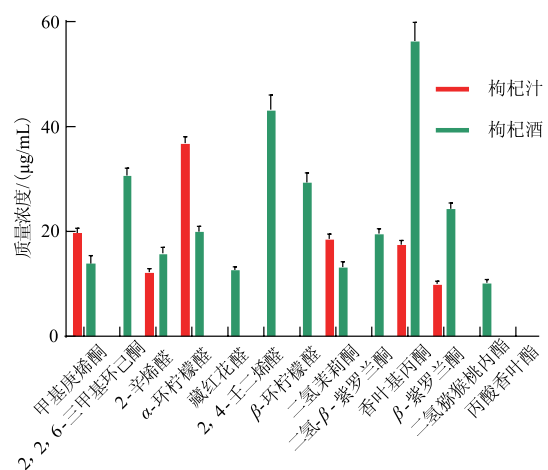


图 1 对照组枸杞汁和枸杞酒中降异戊二烯类化合物种类及质量浓度

Fig. 1 Types and contents of isoprene compounds in wolfberry wine and wolfberry juice in the control group

2.2 不同增香工艺发酵后枸杞酒中类胡萝卜素降解规律

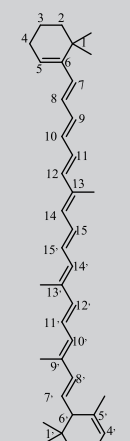
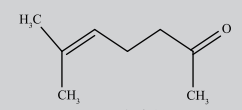
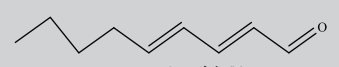
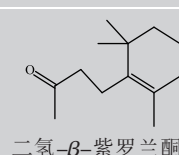
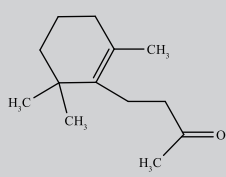
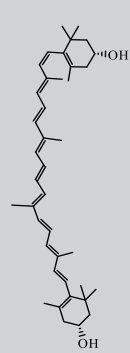
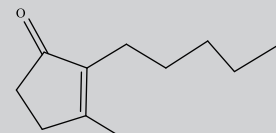
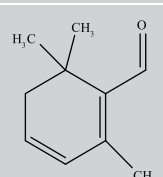
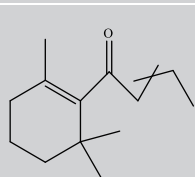
由表 1 可以看出,3 种降解类胡萝卜素的方法共产生 15 种降异戊二烯类化合物,其中玉米黄素双棕榈酸酯变化最大。玉米黄素双棕榈酸酯中有很多双键结构^[20-21],且带有很多的甲基,双键容易被破坏发生反应,甲基极容易发生取代、氧化反应,从而发生降解。实验测定,类胡萝卜素降解生成的降异

戊二烯类化合物含量较多的几种都是以双键位置断裂反应生成的。

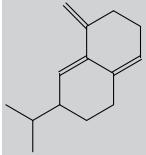
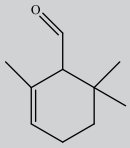
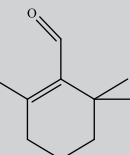
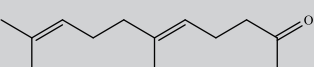
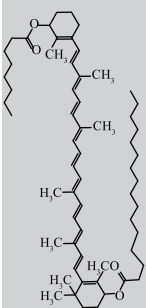
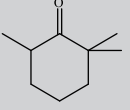
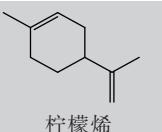

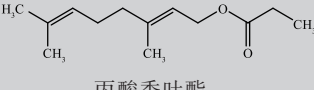
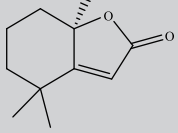
枸杞酒中类胡萝卜素降解后产物最多的是香叶基丙酮,是由 C_{7'}~C_{8'}、C₁₃~C₁₄ 断裂生成的,具有青香、果香、蜡香和木香,为枸杞酒提供了复杂的香气。最具有典型性香气的 β-大马酮是由 C₁₀~C₁₁ 断裂、C₉ 去氢氧化生成,为枸杞酒提供了独特的玫瑰香。

表 1 不同增香工艺枸杞酒产生降异戊二烯类化合物的规律

Table 1 Producing pattern of isoprene compounds in different wolfberry wine produced by flavor-enhancing technology

结构式	下降率/%	降解产物及其结构式	质量浓度/ (μg/mL)	断键位置	气味
 其他类胡萝卜素	—	 甲基庚烯酮	20.10~23.28	C ₉ ~C ₁₀ 和 C ₁₃ ~C ₁₄ 断裂	柠檬草香
		 2,4-壬二烯酮	41.64~61.02	C ₆ ~C ₇ 和 C ₁₄ ~C ₁₅ 断裂	花果香、油脂香气、鸡汤香味
		 二氢-β-紫罗兰酮	6.72~24.78	C ₉ ~C ₁₀ 断裂,加氢还原	木香、花香、果香
		 β-紫罗兰酮	26.46~45.24	C ₉ ~C ₁₀ 断裂,C ₉ 被羟基氧化	水果香
 玉米黄素	15.82	 二氢茉莉酮	10.56~19.98	C ₁ ~C ₆ 、C ₁₂ ~C ₁₃ 断裂,C ₂ 、C ₆ 分子内加成	茉莉花香
		 藏红花醛	11.34~15.12	C ₈ ~C ₉ 断裂,环内氧化	木香、辛香、药香、粉香
		 β-大马酮	12.78~38.88	C ₁₀ ~C ₁₁ 断裂,C ₉ 去氢氧化	玫瑰香

续表 1

结构式	下降率/%	降解产物及其结构式	质量浓度/ ($\mu\text{g/mL}$)	断键位置	气味
 β -类胡萝卜素	16.52	 α -环柠檬醛	15.96~25.26	$\text{C}_7\sim\text{C}_8$ 断裂	果香
		 β -环柠檬醛	32.82~57.84	$\text{C}_7\sim\text{C}_8$ 断裂	果香
		 香叶基丙酮	59.04~89.16	$\text{C}_7'\sim\text{C}_8'$ 、 $\text{C}_{13}\sim\text{C}_{14}$ 断裂	青香、果香、蜡香、木香
 玉米黄素双棕榈酸酯	32.36	 2,2,6-三甲基环己酮	34.38~40.62	$\text{C}_6\sim\text{C}_7$ 断裂, $\text{C}_4\sim\text{C}_5$ 加氢还原	水果香
		 柠檬烯	0.00~12.36	$\text{C}_7\sim\text{C}_8$ 断裂, C_6 旋光异构化	橘子香
		 2-辛烯醛	7.62~58.92	$\text{C}_7\sim\text{C}_8$, $\text{C}_{14}\sim\text{C}_{15}$ 断裂	脂肪和肉类香
		 丙酸香叶酯	7.62~58.92	$\text{C}_7\sim\text{C}_8$, $\text{C}_{13}\sim\text{C}_{14}$ 断裂	果香
		 二氢猕猴桃内酯	6.12~20.52	$\text{C}_{12}\sim\text{C}_{13}$ 断裂, C_9 旋光异构化	木香、茶香、桃香

2.3 不同增香工艺枸杞酒中降异戊二烯类化合物种类及质量浓度

由表 2 可以看出,采用 3 种工艺制作的枸杞酒中降异戊二烯类化合物的种类和质量浓度均有差异。其中,高压法增香组与库特氏菌提取酶增香组各检测到 15 种降异戊二烯类化合物,库特氏菌增香工艺所制枸杞酒中共检测到 14 种降异戊二烯类

化合物,未检测到柠檬烯;3 种增香工艺降异戊二烯类化合物总量差异极大。两种生物法相比较,采用库特氏菌提取酶增香工艺的枸杞酒中降异戊二烯类化合物明显高于库特氏菌增香工艺。

将库特氏菌提取后的酶制剂用于发酵过程,相对于直接采用库特氏菌发酵而言,减少了菌种增殖代谢对营养物质的消耗,可以很大程度地增强枸杞

表 2 不同增香工艺枸杞酒中降异戊二烯类化合物种类及质量浓度

Table 2 Types and mass concentration of isoprene compounds in wolfberry wine produced by different flavor-enhancing technology

保留时间/min	化合物	化学式	保留指数	定性方式	质量浓度/($\mu\text{g/mL}$)		
					库特氏菌增香	高压法增香	库特氏菌提取酶增香
8.291	柠檬烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	1031	MS,RI	0	6.66 ± 0.36	12.36 ± 1.06
11.107	甲基庚烯酮	$\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}$	982	MS,RI	20.70 ± 1.02	20.10 ± 0.73	23.28 ± 0.92
13.663	2,2,6-三甲基环己酮	$\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O}$	1029	MS,RI	36.84 ± 1.92	34.38 ± 1.23	40.62 ± 1.53
14.203	2-辛烯醛	$\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}$	1053	MS,RI	7.62 ± 0.62	38.28 ± 0.92	58.92 ± 1.03
17.270	α -环柠檬醛	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	1121	MS,RI	19.98 ± 1.12	15.96 ± 1.32	25.26 ± 1.10
20.682	藏红花醛	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$	1196	MS,RI	12.66 ± 1.23	11.34 ± 0.92	15.12 ± 0.98
21.313	2,4-壬二烯酮	$\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O}$	1210	MS,RI	55.98 ± 0.96	41.64 ± 0.76	61.02 ± 0.83
21.621	β -环柠檬醛	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	1217	MS,RI	38.22 ± 0.85	32.82 ± 0.63	57.84 ± 0.82
24.075	二氢茉莉酮	$\text{C}_{11}\text{H}_{18}\text{O}$	1214	MS,RI	10.56 ± 0.53	13.50 ± 0.68	19.98 ± 0.62
28.823	β -大马酮	$\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}$	1378	MS,RI	12.78 ± 0.63	19.92 ± 0.86	38.88 ± 0.53
31.071	二氢- β -紫罗兰酮	$\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}$	1435	MS,RI	19.62 ± 0.82	6.72 ± 0.35	24.78 ± 0.78
31.663	香叶基丙酮	$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}$	1450	MS,RI	75.54 ± 1.23	59.04 ± 0.43	89.16 ± 1.12
33.015	β -紫罗兰酮	$\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}$	1483	MS,RI	26.46 ± 1.01	40.38 ± 0.52	45.24 ± 0.85
34.669	二氢猕猴桃内酯	$\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_2$	1525	MS,RI	12.54 ± 0.35	6.12 ± 0.32	20.52 ± 0.62
36.241	丙酸香叶酯	$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}_2$	1708	MS,RI	13.26 ± 0.29	7.50 ± 0.51	8.52 ± 0.54

酒的香气。

相对于高压灭菌降解类胡萝卜素而言,采用库特氏菌外源酶具有条件温和的优势。枸杞酒作为一种果酒,属于热敏性物料^[22-23]。经过高温高压处理后,不可避免地会产生蒸煮味。且在高温高压条件下,会导致类胡萝卜素降解产物降异戊二烯类化合物进一步断裂而降解,生成相对分子质量更小却不具有香气的挥发性物质。

2.4 3种增香工艺酿造枸杞酒感官评价

在评价指导员的指导下筛选出 10 位接受过“食品感官评定”课程并参与训练的评价员进行感官品评。由图 2 可知,不同增香工艺对枸杞酒的感官品质影响较大。库特氏菌增香枸杞酒色泽、口感浓郁度略占优势,但平衡性和典型性明显不足;高压法增香枸杞酒经过高温破坏了大分子结构使其下沉,因此在澄清度上较优,但因为焦糖化反应的发生,色泽较暗;库特氏菌提取酶增香酒苦味物质略微不足,在香气浓郁度、整体口感质量和平衡性方面均更佳。因此,库特氏菌提取酶在不破坏原酒香气成分的基础上还可以增加更多降异戊二烯类化合物,提高枸杞酒品质。

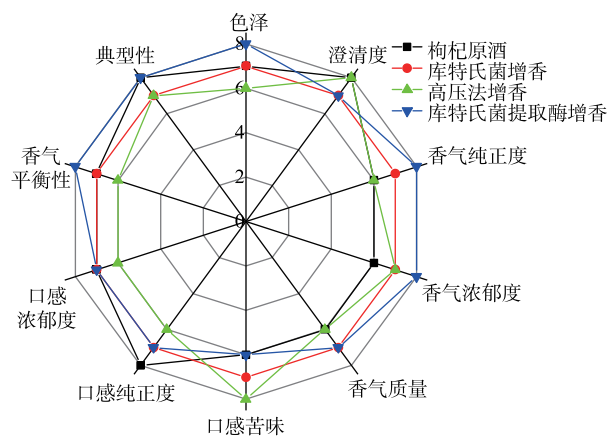


图 2 感官评价图

Fig. 2 Sensory evaluation diagram

3 结语

通过对 3 种酒样中降异戊二烯类化合物的测定并结合感官品评,发现采用库特氏菌酶制剂辅助发酵,枸杞酒中的降异戊二烯类化合物最多,具有典型香气和浓郁口感。采用库特氏菌酶制剂辅助发酵,一方面不仅可以提高类胡萝卜素的降解率,从而产生更多的降异戊二烯香气成分;另一方面,避免了库特氏菌自身的代谢活动产生其他代谢产物影

响酒体的协调性;其次,使用生物酶时反应温度低,避免了因高温加热而对酒体产生不良风味。

在枸杞酒酿造过程中,可以将枸杞汁采用库特氏菌酶制剂进行降解处理,在此之前对枸杞渣可适度配合使用高压灭菌,从而改进枸杞酒的酿造工

艺,提高枸杞酒香气。作者研究了不同增香工艺对枸杞酒中降异戊二烯类化合物种类及含量的影响,为探究类胡萝卜素降解产物对枸杞酒特征香气的影响提供了基础。

参考文献:

- [1] 胡馨予,卢文倩,孙晓琪,等.宁夏枸杞水提物对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠的降糖作用[J].食品与生物技术学报,2019,38(3):91-96.
- [2] 荣枫.药用果树枸杞的研究[J].科技情报开发与经济,2003(9):168-170.
- [3] 万娜,戴国礼.枸杞深加工产业发展趋势的研究[J].食品安全质量检测学报,2018,9(20):5328-5332.
- [4] 李赫,陈敏,马文平,等.不同成熟期枸杞中类胡萝卜素含量的变化规律[J].中国农业科学,2006(3):599-605.
- [5] 高媛.葡萄果实降异戊二烯积累规律及调控机制研究[D].北京:中国农业大学,2016.
- [6] 周广志.枸杞酒发酵对类胡萝卜素的变化影响研究[D].银川:宁夏大学,2015.
- [7] 王琦.枸杞发酵酒类胡萝卜素降解对香气影响的研究[D].银川:宁夏大学,2015.
- [8] 赵璐.枸杞酒制作中类胡萝卜素降解产物降异戊二烯分析研究[D].银川:宁夏大学,2018.
- [9] 王星,牛黎莉,王晓璇,等.皂化工艺对枸杞皮渣中类胡萝卜素提取效果的影响[J].食品与生物技术学报,2014,33(7):709-714.
- [10] 赵璐,刘建花,张惠玲,等.不同酵母菌在枸杞酒酿造过程中对类胡萝卜素降解的影响[J].食品工业科技,2018,39(14):120-125.
- [11] 刘亚,刘建花,张惠玲,等.枸杞酒发酵主要代谢产物对类胡萝卜素降解的影响[J].食品科学,2017,38(14):36-41.
- [12] 李金鹏,刘建花,齐晓琴,等.一株降解 β -胡萝卜素细菌的分离鉴定及产酶条件优化[J].中国酿造,2016,35(12):113-117.
- [13] 刘建花.不同酵母菌在枸杞酒酿造中对类胡萝卜素的影响研究[D].银川:宁夏大学,2017.
- [14] ESCUDERO A, GOGORZA B, MELUS M A, et al. Characterization of the aroma of a wine from Maccabeo. Key role played by compounds with low odor activity values[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(11):3516-3524.
- [15] KYRIAKOUDI A, ZTSIMIDOU M. Latest advances in the extraction and determination of saffron apocarotenoids[J]. *Electrophoresis*, 2018, 39(15):1846-1859.
- [16] 岳田利,彭帮柱,袁亚宏,等.基于主成分分析法的苹果酒香气质量评价模型的构建[J].农业工程学报,2007(6):223-227.
- [17] 王红,沈伟健,蔡理胜,等.两种离子化技术气相色谱-串联质谱法测定青菜与草莓中3种有机锡类农药残留[J].分析测试学报,2018,37(5):594-598.
- [18] 齐晓琴,刘建花,李金鹏,等.贺兰山东麓马瑟兰干红葡萄酒香气成分的分析[J].中国酿造,2016,35(9):163-167.
- [19] 沈静,杜若曦,魏婷,等.干制方式对鲜食枣脆片香气品质的影响[J].食品科学,2017,38(18):131-137.
- [20] 王晨旭,于兰,杨艳芹,等.多种提取方法分析蛇莓挥发性组分[J].分析化学,2014,42(11):1710-1714.
- [21] 王树林.沙棘酒香味前体物 β -胡萝卜素降解产香规律及机理研究[D].咸阳:西北农林科技大学,2011.
- [22] 鲁艺.醇羟基导向的钨催化碳-氢键活化及机理研究[D].南京:南京大学,2011.
- [23] 胡雅萍.耐辐射奇球菌种类胡萝卜素 deinoxanthin 药理学活性的初步研究[D].杭州:浙江大学,2011.
- [24] 王琦,张惠玲,周广志.采用HS-GC-MS法对枸杞汁发酵前后香气成分的比较分析[J].酿酒科技,2015(8):101-104.