



接种异常威克汉姆酵母对空心李果酒理化特性及香气组分的影响

刘晓柱¹, 黎 华¹, 李银凤¹, 李婷婷², 黄名正^{1*}

(1.贵州理工学院食品药品制造工程学院, 贵州 贵阳 550000;

2.贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 将异常威克汉姆酵母(*Wickerhamomyces anomalus*)单独接种、异常威克汉姆酵母与酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)混合接种方式发酵空心李果酒, 分析其对空心李果酒理化特性及香气组分的影响。结果表明, 单独接种和混合接种异常威克汉姆酵母均可降低空心李果酒酸类物质含量; 接种异常威克汉姆酵母对空心李果酒电子感官品评无影响; 单独接种异常威克汉姆酵母发酵空心李果酒的酯类、醇类、酸类、醛酮类和其他类化合物的种类分别为21种、13种、4种、2种和10种, 含量分别为(1131.11±38.46)、(399.24±23.56)、(14.48±0.53)、(60.20±5.03)、(109.20±7.30)mg/L。与酿酒酵母组相比, 单独接种异常威克汉姆酵母组发酵空心李果酒中醇类和其他类化合物种类增多, 酯类、醇类和醛酮类化合物含量增加, 酸类化合物含量降低, 而混合接种发酵空心李果酒香气组分与酿酒酵母组较为接近。因此, 单独接种异常威克汉姆酵母对空心李果酒有降酸作用, 可改善其香气组分的种类和含量。

关键词: 空心李; 异常威克汉姆酵母; 果酒; 理化指标; 香气组分

中图分类号: TS 201.3

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2020)11-0021-07

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2020.11.005

Effects of Inoculation *Wickerhamomyces Anomalus* on the Physicochemical Property and Aroma Profile of *Prunus Salicina* Lindl. cv 'Kongxinli' Fruit Wine

LIU Xiaozhu¹, LI Hua¹, LI Yinfeng¹, LI Tingting², HUANG Mingzheng^{1*}

(1.College of Food & Pharmaceutical Engineering, Guizhou Institute of Technology, Guiyang 550000, China; 2.School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550000, China)

Abstract: *Wickerhamomyces anomalus* were single or mixed inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* to check the effects of inoculation *Wickerhamomyces anomalus* on the physicochemical property

收稿日期: 2020-05-25

*通信作者

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5789); 贵州理工学院脱贫攻坚师生共创创新创业项目(2018GJ007); 贵州理工学院高层次人才科研启动经费项目(XJGC20190625); 贵州省教育厅创新群体重大项目(黔教合KY字[2017]046); 贵州省果酒酿造工程技术科技创新人才团队项目(黔科合平台人才[2018]5603)。

作者简介: 刘晓柱(1984—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为微生物分子育种与发酵。



and aroma profile of *Prunus salicina* Lindl. cv 'Kongxinli' fruit wine. Results demonstrated that the acid contents of 'Kongxinli' fruit wine was decreased by single inoculation and mixed inoculation of *W. anomalus*. However, no differences were found in electronic sensory evaluation among 'Kongxinli' fruit wine. The varieties of esters, alcohols, acids, aldehydes, ketones and other compounds were 21, 13, 4, 2 and 10, with the contents of (1131.11±38.46), (399.24±23.56), (14.48±0.53), (60.20±5.03), (109.20±7.30) mg/L, respectively in 'Kongxinli' fruit wine fermented with *W. anomalus* yeasts. Compared with the *S. cerevisiae* group, the group inoculated with *W. anomalus* alone increased the types of alcohols and other compounds, increased the contents of esters, alcohols and aldehydes and ketones, and decreased the contents of acids. The aroma components of mixed inoculation were close to that of *S. cerevisiae* group. Therefore, single inoculation of *W. anomalus* reduced the acidity of 'Kongxinli' fruit wine and improved the varieties and contents of its aroma components.

Key words: *Prunus salicina* Lindl. cv 'Kongxinli'; *Wickerhamomyces anomalus*; fruit wine; physicochemical property; aroma profile

空心李(*Prunus salicina* Lindl. cv 'Kongxinli'), 主要分布在贵州省东北部、湖北省西南部以及重庆东部, 果肉与果核分离, 果肉脆嫩, 营养丰富^[1]。2006年贵州沿河空心李因其独特的品质和风味特性成为国家地理标志产品^[2]。但成熟的空心李货架期较短, 保鲜难度大, 因而极大地制约空心李产业的发展^[3]。将其进行精深加工, 如加工成饮料^[4]、果酒、果脯、果醋等, 既较大限度地保留空心李营养成分及风味特性, 又较好地解决了鲜果难以保存甚至滞销难题。但目前对空心李发酵产品的研究, 如酿造菌种、发酵工艺等, 还研究较少。

酵母菌为果酒生产的主要菌种, 根据其发酵性能分为酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)和非酿酒酵母(*Non-Saccharomyces cerevisiae*)两大类^[5]。酿酒酵母菌主要进行酒精发酵, 其主要产物为酒精和二氧化碳。大多数非酿酒酵母酒精耐受性差, 主要在发酵前期起作用^[6]。异常威克汉姆酵母(*Wickerhamomyces anomalus*), 又称为异常毕赤酵母(*Pichia anomala*)、异常汉生酵母(*Hansenula anomala*)等, 是一种分布在多种水果上的非酿酒酵母。研究表明, 异常威克汉姆酵母能够分泌 β -D-葡萄糖苷酶、 β -D-木糖苷酶、 α -L-阿拉伯呋喃糖苷酶、 α -L-鼠李糖苷酶等多种糖苷酶, 作用于果汁中相关底物, 有助于香气风味物质的释放^[7]。一些异常威克汉姆酵母菌株能够耐受12.5%(v/v)酒精浓度, 可存在于整个酒精发酵过程, 因此可用于酒类酿造过程^[8]。

目前, 对异常威克汉姆酵母的研究主要集中在葡萄酒领域, 在其他果酒领域的研究还很少,

更未见其在空心李果酒领域的应用。因此, 本研究以共接种的形式将异常威克汉姆酵母与酿酒酵母混合发酵空心李酒, 探讨其对空心李酒基本理化指标和香气物质成分的影响, 为其在空心李酒生产中的应用奠定基础, 也为其他果酒的生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

空心李: 沿河沙子空心李, 采自贵州省沿河土家族自治县; 商业化酿酒酵母ZYMAFLORE X16: 法国LAFFORT公司; 异常威克汉姆酵母: 本实验室收藏。

葡萄糖、蛋白胨、酵母浸粉、琼脂粉: 贵州博奥瑞杰生物科技有限公司; 其余试剂: 国产分析纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

SHZF-4263恒温摇床: 成都瑞昌仪器制造有限公司; 雷磁PHSJ-3F pH仪: 上海仪电科学仪器股份有限公司; UH5300紫外分光光度计: 日本日立公司; SA402B电子舌味觉系统: 日本Insent公司; TQ8040NX、GC2030气相-液相质谱联用仪: 日本岛津仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 菌株的活化与制备 将-80℃保存的酿酒酵母和异常威克汉姆酵母划线在YPD固体培养基上, 28℃培养48 h。挑取各平板上的单菌落, 接种于YPD液体培养液中, 28℃、180 r/min培养48 h。

1.3.2 空心李果酒发酵 挑选新鲜、成熟、无霉变的空心李, 用无菌水清洗, 破碎, 加入50 mg/L的



SO₂和200 mg/L的果胶酶,室温下酶解10 h。酶解结束后,调整糖度,并将空心李果汁分成3组,置于2 L无菌三角瓶中,每组平行重复3次。第1组(酿酒酵母组):接种10⁷ cfu/mL的酿酒酵母;第2组(异常威克汉姆酵母组):接种10⁸ cfu/mL的异常威克汉姆酵母;第3组(混合发酵组):同时接种10⁸ cfu/mL的异常威克汉姆酵母和10⁷ cfu/mL的酿酒酵母。各组于26 ℃静置发酵至发酵结束。

1.3.3 空心李果酒理化指标测定 参考GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》测定空心李酒的酒精度和总酸^[9]。采用优化的蒽酮法测定空心李果酒总糖。配制15 mg/mL的蒽酮溶液,0.2 mg/mL葡萄糖标准液。分别取葡萄糖标准液0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL于试管中,稀释至2 mL,加入蒽酮试剂0.5 mL,冰浴中加入浓硫酸5 mL,摇匀。迅速放入水浴锅中,80 ℃下水浴15 min,取出后用流动水冷却至室温,在620 nm处测定其吸光度。以糖含量为横坐标、吸光度为纵坐标,绘制标准曲线。将各组空心李发酵果酒于620 nm处测定其吸光值,带入标准曲线,并乘以稀释倍数即可计算出各样品中的残糖量(以葡萄糖计)。

1.3.4 空心李果酒感官特性测定 采用电子舌系统测定。取空心李果酒样上清液80 mL倒入电子舌专用烧杯中进行检测,采用清洗溶液和空心李果酒样本交替检测序列进行检测,清洗溶液为专用电极清洗液。采样时间120 s,采样速度为1次/s,每个样品平行测定3次,每个平行重复采集4次^[10]。

1.3.5 空心李果酒香气成分测定方法 取8 mL酒样,加入1.0 g NaCl、50 μL环己酮内标(273.5 mg/L),密封置于45 ℃水浴中,平衡30 min。插入固相微萃取头进行挥发性香气成分的顶空萃取,萃取结束后,将萃取头插入GC进样口进行挥发性香气成分的解吸附。

GC条件: 进样口温度240 ℃,进样时间2 min,不分流进样,载气为氦气,恒线速度模式(35 cm/s),吹扫流速3 mL/min,分流比20:1。色谱柱为InertCap Wax毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm),升温程序40 ℃保持3 min,3 ℃/min升至230 ℃,保持8 min。

MS条件为: EI离子源,电子能量70 eV,离子源温度200 ℃,接口温度250 ℃,全扫描模式(Q3 Scan),溶剂延迟2 min,质荷比(m/z)范围

29~500。

NIST 14.L标准谱库检索并匹配GC-MS采集得到的数据,进行定性分析。采用内标法进行香气物质的定量分析。

1.4 数据分析

采用Excel 2010软件和SPSS 25对数据进行处理和分析,数据以平均值±标准差形式表示。

2 结果与分析

2.1 异常威克汉姆酵母对空心李果酒常规理化指标的影响

各组空心李果酒基本理化指标如表1所示,异常威克汉姆酵母单一菌株发酵空心李果酒,其酒精度高于酿酒酵母组,总酸低于酿酒酵母组;混合发酵组空心李果酒的总酸也低于酿酒酵母组。各组发酵空心李果酒的总糖含量无显著区别。结果表明,接种异常威克汉姆酵母,对空心李果酒有一定的降酸作用。

表1 空心李果酒基本理化指标

菌种编号	酒精度/%(v/v)	总酸/(g/L)	总糖/(g/L)
酿酒酵母	10.87±0.12	7.79±0.32	4.30±0.30
异常威克汉姆酵母	12.05±0.49*	6.50±0.13*	3.83±0.20
混合发酵	10.93±0.68	7.13±0.07	3.86±0.32

注: **P*<0.05,与酿酒酵母组相比较。

2.2 异常威克汉姆酵母对空心李果酒电子感官特性的影响

采用电子舌系统分析了接种异常威克汉姆酵

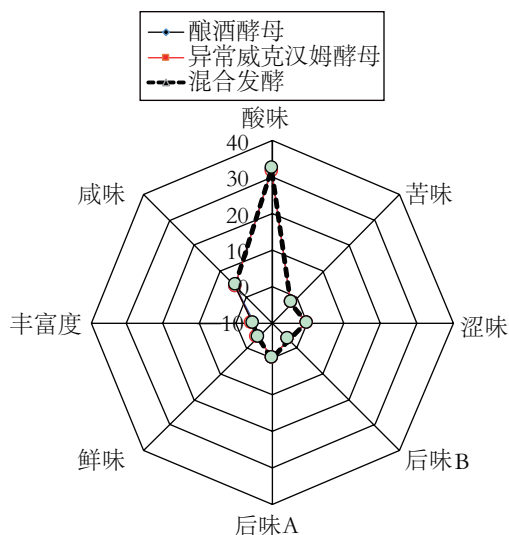


图1 空心李果酒感官滋味属性雷达图



母对空心李果酒感官特性的影响。结果如图1所示,接种异常威克汉姆酵母发酵的空心李果酒,不管是单一菌株接种还是混合接种,与酿酒酵母发酵的空心李果酒在咸味、酸味、苦味、涩味、鲜味、丰富度、后味A、后味B响应值上均无显著差异,表明接种异常威克汉姆酵母对空心李果酒电子感官品评方面无影响。

2.3 异常威克汉姆酵母对空心李果酒香气特性的影响

2.3.1 异常威克汉姆酵母对空心李果酒酯类物质的影响 酯类化合物为发酵果酒中重要的呈香和呈味化合物,具有各种花香和水果香^[1]。如表2

所示,在3种空心李酿造果酒中共检测到24种酯类物质,其中酿酒酵母组21种,异常威克汉姆酵母组21种,混合发酵组19种。异常威克汉姆酵母组空心李果酒中酯类香气物质总量与酿酒酵母组相比,含量显著增加。但混合发酵组香气物质含量与酿酒酵母组之间无差别。癸酸乙酯和辛酸乙酯是空心李发酵果酒中含量最高的2种酯类化合物,在酿酒酵母、异常威克汉姆酵母、混合发酵空心李果酒中其占酯类物质比例分别为39.40%和29.31%、36.14%和17.91%、38.74%和25.38%。己酸甲酯是酿酒酵母组特有物质成分,己酸异戊酯、辛酸异丁酯和乳酸乙酯是异常威克汉姆酵母

表2 空心李果酒中酯类化合物检测结果

标号	化合物	感官描述	含量/(mg/L)		
			酿酒酵母	异常威克汉姆酵母	混合发酵
A1	甲酸乙烯酯		5.53±0.38	3.00±0.44	2.24±0.02
A2	乙酸乙酯	菠萝, 甜果味	53.10±4.55	40.26±1.1	76.48±3.33
A3	乙酸异丁酯	水果香	0.48±0.04	0.67±0.05	0.50±0.09
A4	乙酸异戊酯	香蕉味	12.73±1.79	10.99±0.82	8.13±0.72
A5	丙酸乙酯	水果香	33.76±3.45	27.03±1.81	43.04±0.88
A6	丁二酸二乙酯	苹果香、酒香	4.14±0.04	—	4.16±0.02
A7	异丁酸乙酯	水果香	40.29±1.28	37.91±0.12	46.31±3.00
A8	己酸甲酯		0.42±0.02	—	—
A9	己酸乙酯	甜香、水果香、窖香	45.76±3.73	29.86±0.03	37.03±0.31
A10	己酸异戊酯	苹果香、菠萝香	—	0.82±0.01	—
A11	辛酸甲酯	柑橘香	3.21±0.18	2.23±0.18	2.74±0.03
A12	辛酸乙酯	香蕉、梨、花香	289.75±7.97	202.56±4.03	251.55±4.18
A13	辛酸异丁酯		—	0.91±0.03	—
A14	壬酸乙酯	玫瑰香, 果香、酒香	6.41±0.50	8.12±0.40	9.81±0.08
A15	癸酸甲酯		5.28±0.27	4.60±0.36	4.63±0.22
A16	癸酸乙酯	葡萄、果香、脂肪香	369.56±5.64	408.82±12.68	384.05±9.59
A17	癸酸异戊酯		3.56±0.01	4.00±0.59	3.49±0.13
A18	苯甲酸乙酯	樱桃、葡萄、依兰香	10.71±0.45	21.51±0.50	19.60±0.29
A19	9-烯酸乙酯		7.38±0.72	2.28±0.13	5.73±0.95
A20	月桂酸乙酯	脂肪味、果香	83.49±1.23	75.73±0.86	78.47±1.63
A21	棕榈酸乙酯	油味	7.05±0.50	7.88±0.77	9.03±0.29
A22	乳酸乙酯	奶油香	—	0.43±0.03	—
A23	肉豆蔻酸乙酯	鸛尾油香、油脂味	3.49±0.06	—	4.28±0.23
A24	1,7,7-三甲基二环 [2.2.1]-2-丙烯酸庚酯		2.61±0.34	2.44±0.03	—
总和			988.72±33.16	1131.11±38.46*	991.25±26

注: “—”表示未检测到; * $P<0.05$, 与酿酒酵母组相比较。下表同。

组特有物质。

2.3.2 异常威克汉姆酵母对空心李果酒醇类物质的影响 醇类化合物是在酒精发酵过程中酵母细

胞分解氨基酸或糖类物质产生的次级物,对果酒的香型起着重要作用^[12]。在3组空心李果酒中共检测到15种醇类化合物,其中酿酒酵母组9种,异

常威克汉姆酵母组13种，混合发酵组10种(表3)。3-甲硫基丙醇是酿酒酵母组特有醇类化合物，香茅醇、6-乙基-3-辛醇和叶醇是异常威克汉姆酵母组特

有醇类化合物，癸醇是混合发酵组特有化合物。异常威克汉姆酵母组单独发酵空心李果酒中醇类物质含量与酿酒酵母组相比，含量显著降低。

表3 空心李果酒中醇类化合物检测结果

标号	化合物	感官描述	含量/(mg/L)		
			酿酒酵母	异常威克汉姆酵母	混合发酵
B1	甲醇	酒精味	1.69±0.04	1.47±0.13	1.77±0.16
B2	丙醇	醇香、水果香	4.95±0.42	4.92±0.33	5.29±0.14
B3	3-甲硫基丙醇		1.12±0.05	—	—
B4	异丁醇	醇香、水果香	22.40±0.79	32.15±2.18	32.94±3.46
B5	异戊醇	水果香、花香	352.06±5.03	275.29±15.55	306.26±21.98
B6	己醇	青草味、生青味	—	1.56±0.07	1.51±0.03
B7	庚醇	柑橘香、油脂气味	2.43±0.19	1.15±0.02	—
B8	辛醇	茉莉、柠檬味	—	1.91±0.05	1.68±0.13
B9	壬醇	蜡香、青香、奶油香、橙子香、柑橘香	15.81±0.13	15.85±0.09	17.33±0.48
B10	癸醇	蜡香、甜香、花香、果香	—	—	1.17±0.18
B11	香茅醇	青香、花香、玫瑰香	—	0.50±0.00	—
B12	6-乙基-3-辛醇		—	0.66±0.08	—
B13	叶醇	生青味、脂肪味	—	0.44±0.02	—
B14	苯甲醇	甜香、柑橘水果香、花香	8.73±0.21	13.97±1.00	12.69±0.14
B15	苯乙醇	玫瑰味、蜂蜜味	65.89±1.55	49.37±4.04	52.20±5.76
总和			475.08±8.41	399.24±23.56*	432.84±32.46

2.3.3 异常威克汉姆酵母对空心李果酒酸类物质的影响 酸类物质也是构成果酒香气物质的重要贡献者，在3种空心李发酵果酒中均检测到乙酸、己酸、辛酸和癸酸4种酸类化合物(表4)。酿酒酵母发酵空心李果酒中酸类物质含量最高，为(22.12±0.51)mg/L；单独采用异常威克汉姆酵母发酵空心李果酒中酸类物质含量最低，为酿酒酵母组的65.46%；混合发酵组酸类物质含量与酿酒酵母组无区别。表明单独接种异常威克汉姆酵母可降低挥发性酸类物质含量。

表4 空心李果酒中酸类化合物检测结果

标号	化合物	感官描述	含量/(mg/L)		
			酿酒酵母	异常威克汉姆酵母	混合发酵
C1	乙酸	醋酸味	2.49±0.14	1.40±0.05	3.01±0.53
C2	己酸	杏仁味、干酪味、面包味	3.25±0.08	1.73±0.14	3.27±0.61
C3	辛酸	酸腐、乳酪味、脂肪味	9.07±0.23	6.36±0.08	7.50±0.09
C4	癸酸	乳酪味	7.30±0.06	4.99±0.25	6.20±0.06
总和			22.12±0.51	14.48±0.53*	19.98±1.28

2.3.4 异常威克汉姆酵母对空心李果酒醛酮类物质的影响 醛酮类化合物也对果酒的香气有一定的影响，可赋予果酒特殊的香气特征。如表5所示，在3种空心李发酵果酒中检测到4种醛酮类物质，其中混合发酵组种类最多，为3种，其他2组均为2种。异常威克汉姆酵母组中检测到含量较高的乙缩醛类化合物，为(59.75±5.00)mg/L，其他2组未检测到。

表5 空心李果酒中醛酮类化合物检测结果

标号	化合物	含量/(mg/L)		
		酿酒酵母	异常威克汉姆酵母	混合发酵
D1	丙酮	0.70±0.01	0.45±0.03	0.72±0.05
	2,6-二(叔丁基)-4-羟基-4-甲基-2,5-环己二烯-1-酮	—	—	1.25±0.13
D3	乙醛乙基戊缩醛	3.98±0.01	—	3.63±0.22
D4	乙缩醛	—	59.75±5.00	—
总和		4.68±0.02	60.20±5.03*	5.60±0.40#

注：“—”表示未检测到。* $P<0.05$ ，与酿酒酵母组相比较；# $P<0.05$ ，与酿酒酵母组相比较。

2.3.5 异常威克汉姆酵母对空心李果酒其他类物质的影响 在3种发酵空心李果酒中还检测到11种其他类化合物,其中酿酒酵母组7种,异常威克汉姆酵母组10种,混合发酵组9种(表6)。3种空心李果酒中其他类化合物的含量无显著差异。

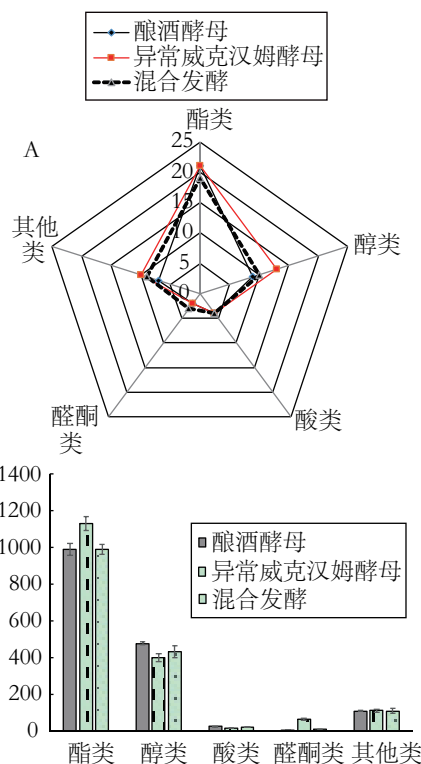
表6 空心李果酒中其他类化合物检测结果

标号	化合物	含量/(mg/L)		
		酿酒酵母	异常威克汉姆酵母	混合发酵
E1	乙烯基乙醚	0.40±0.02	0.95±0.02	0.35±0.02
E2	2-苯基-1-丙烯	1.60±0.04	1.44±0.03	1.46±0.02
E3	乙苯	1.32±0.03	1.21±0.03	1.17±0.09
E4	2-甲基萘	—	0.68±0.07	—
E5	2,4-二叔丁基苯酚	6.63±0.04	6.09±0.63	7.18±0.32
E6	3-烯丙基-6-甲氧基苯酚	—	—	4.21±0.17
E7	2,4,5-三甲基-1,3-二噁烷	86.13±1.04	75.15±4.38	78.52±14.32
E8	2-甲基-1,5-二氧杂螺[5.5]十一烷	8.52±0.46	15.67±1.88	14.35±0.27
E9	1-乙氧基-1-甲氧基乙烷	—	0.46±0.04	—
E10	1,1-二乙氧基丁烷	—	1.03±0.17	0.45±0.00
E11	1,1-二乙氧基戊烷	2.51±0.50	6.51±0.04	3.63±0.22
总和		107.11±2.12	109.20±7.30	107.69±15.21

注:“—”表示未检出。

2.3.6 异常威克汉姆酵母对空心李果酒主要香气化合物的影响 结合表2~表6的结果,单独采用异常威克汉姆酵母发酵空心李果酒的醇类化合物和其他类化合物种类含量均高于酿酒酵母组,而混合发酵组空心李果酒的种类与酿酒酵母组较为相似(图2A)。异常威克汉姆酵母单一菌株发酵空心李果酒在酯类、醇类、酸类以及醛酮类化合物的含量均高于酿酒酵母组,混合发酵组与酿酒酵母组较为一致(图2B)。

为进一步评价各香气成分对空心李果酒品质的影响,分析这些化合物的风味活性值(Odour activity value, OAV)。当OAV>1时,表明该化合物对酒体香气有突出的贡献度,反之OAV<1,则对酒体贡献度不突出。空心李发酵果酒中主要的挥发性化合物的OAV值如表7所示。19种风味化合



注: A: 空心李果酒中香气物质的种类; B: 空心李果酒中香气物质的含量。

图2 空心李果酒香气物质种类与含量

物OAV>1,表明不同接种方式影响空心李果酒香

表7 空心李果酒主要香气成分OAV

序号	挥发性化合物	阈值/(mg/L)	OAV		
			酿酒酵母	异常威克汉姆酵母	混合发酵
1	乙酸乙酯	7.50	7.08	5.37	10.20
2	己酸乙酯	0.05	915.20	597.20	740.60
3	辛酸甲酯	0.20	16.05	11.15	13.70
4	辛酸乙酯	0.58	499.57	349.24	433.71
5	苯甲酸乙酯	1.43	7.11	15.04	13.71
6	壬酸乙酯	3.15	2.03	2.58	3.11
7	癸酸乙酯	1.12	329.96	365.02	342.90
8	月桂酸乙酯	0.64	130.45	118.33	122.61
9	棕榈酸乙酯	1.50	4.70	5.25	6.02
10	肉豆蔻酸乙酯	2.00	1.75	—	2.14
11	异丁醇	16.00	1.40	2.00	2.06
12	异戊醇	7.00	50.29	39.33	43.75
13	己醇	1.10	—	1.42	1.37
14	辛醇	0.12	—	15.92	14.00
15	壬醇	0.60	26.35	36.42	28.88
16	苯乙醇	10.00	6.59	4.94	5.20
17	己酸	0.42	7.74	4.12	7.79
18	辛酸	0.50	18.14	12.72	15.00
19	癸酸	1.00	7.30	4.99	6.20



气特性。

3 讨论

大量的研究表明,某些非酿酒酵母在果酒生产中,可增加酒体的复杂度和丰富度,并赋予其独特性,在果酒生产中发挥积极作用^[13-14]。因此对非酿酒酵母的研究,如对其种群类型和多样性的解析,对特定果酒品质的影响等,成为近年来国内外的研究热点之一。目前,非酿酒酵母对空心李果酒品质的影响还未知。异常威克汉姆酵母是一种广泛存在于各种酿酒原料及酿酒环境中的一种非酿酒酵母。本研究结果表明,单独接种和混合接种异常威克汉姆酵母均可降低空心李果酒酸类物质含量,其原因还需要做进一步的研究。另外异常威克汉姆酵母对空心李果酒电子感官特性没有影响。

研究表明,异常威克汉姆酵母分泌多种酶类,如 β -葡萄糖苷酶、 β -木糖酶、鼠李糖酶等,这些酶作用于相关底物,有助于风味物质的释放^[7]。本研究发现,与酿酒酵母组相比,单独接种异常威克汉姆酵母组发酵空心李果酒中醇类和其他类化合物种类增多,酯类、醇类和醛酮类化合物含量增加,酸类化合物含量降低,而混合接种发酵空心李果酒香气组分与酿酒酵母组较为接近。因此,单独接种异常威克汉姆酵母能够改善空心李果酒香气组分特性。

参考文献:

- [1] 张绍阳,吴仕敏,李刚凤,等.低糖沙子空心李果脯的研制[J].食品工业,2020,41(01):8-11.
- [2] 张绍阳,李洪艳,李刚凤,等.不同工艺条件对沿河沙子空心李果脯品质的影响[J].食品研究与开发,2019,40(23):127-132.
- [3] 张义,张慧,汪凤威,等.“空心李”的授粉生物学特征[J].北方园艺,2017,(2):43-47.
- [4] 张绍阳,张银,黎江,等.沙子空心李饮料配方工艺的优化[J].安徽农学通报,2019,25(11):128-131.
- [5] DOMIZIO P, LIU Y, BISSON LF, et al. Use of non-*Saccharomyces* wine yeasts as novel sources of mannoproteins in wine[J]. Food Microbiol,2014,43:5-15.
- [6] PRIOR K J, BAUER F, DIVOL B. The utilization of nitrogenous compounds by commercial non-*Saccharomyces* yeasts associated with wine[J]. Food microbiology, 2019,79:75-84.
- [7] PADILLA B, GIL JV, MANZANARES P. Challenges of the Non-Conventional Yeast *Wickerhamomyces anomalus* in Winemaking[J]. Fermentation 2018,(4):68.
- [8] KURITA O. Increase of acetate ester-hydrolysing esterase activity in mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia anomala*[J]. J Appl Microbiol,2008,104(4):1051-1058.
- [9] 国家质量监督总局.葡萄酒、果酒通用分析方法:GB/T 15038—2006[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [10] 贾言言.2株非酵母属酵母对酿造菠萝酒和番木瓜酒风味的影响[J].海口:海南大学,2015.
- [11] 宋茹茹,段卫朋,祝霞,等.戴尔有孢圆酵母与酿酒酵母顺序接种发酵对干红葡萄酒香气的影响[J].食品与发酵工业,2019,45(24):1-9.
- [12] 王鑫,梁艳英,李娜娜,等.杨凌地区主要葡萄蒸馏酒的香气成分分析[J].中国酿造,2018,37(07):161-167.
- [13] JOLLY N P, VARELA C, PRETORIUS I S. Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered[J]. FEMS yeast research,2014,14(2):215-237.
- [14] 刘晓柱,赵湖冰,李银凤,等.一株刺梨葡萄汁有孢汉逊酵母的鉴定及酿酒特性分析[J].食品与发酵工业,2020,46(08):97-104.