

苹果酒发酵工艺技术研究综述

曾朝珍, 康三江

(甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 从苹果酒菌种筛选、发酵工艺、澄清工艺、成分分析及产品标准体系制定等方面综述了苹果酒发酵工艺技术研究进展, 并对其发展前景进行了展望。

关键词: 苹果酒; 工艺技术; 成分分析; 研究进展

中图分类号: TS262.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)02-0074-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.02.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.02.019)

Research Progress on Fermentation Technology of Apple Wine

ZENG Chaozhen, KANG Sanjiang

(Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: This article summarized the research progress on the technology of fermentation of apple wine in the fields of screening of strain, fermentation process, clarification process, composition analysis and product standard system development, and the developmental prospect was also discussed.

Key words: Apple wine; Process technology; Component analysis; Research

苹果酒是由苹果或苹果汁生产的一种低酒精度的发酵果酒, 是仅次于葡萄酒的世界第二大果酒, 具有较高的营养成分和保健价值, 备受人们的关注和喜爱^[1-2]。国家《食品工业“十二五”发展规划》中明确发酵与酿造工业要努力提高非粮原料比重, 减少玉米等粮食原料的消耗量。到 2015 年, 非粮原料(葡萄及其他水果)酒类产品比重提高一倍以上^[3]。国家《食品工业“十三五”发展规划》中强调继续调整产能结构, 大宗发酵产品所占比重下降, 高附加值的发酵产品所占比重上升, 由发酵产品衍生出的新产品增多。产

品趋向于多样性、小品种、高附加值、规模适中、利益最大化, 从现有传统产品向衍生产品延伸发展, 产品形式可根据用户特点进行产品个性化定制, 满足市场需求, 现代社会绿色、营养的饮食观念渐渐深入人心^[4-5]。因此, 采用苹果等非粮水果原料酿造酒的前景十分广阔, 对缓解粮食危机, 充分利用苹果等资源, 有效提高水果精深加工技术水平具有重要的意义。我们从苹果酒的菌种筛选、发酵工艺、澄清工艺、成分分析和产品标准体系制定等方面的研究进展对我国苹果酒的研究进行梳理, 以期为同行提

收稿日期: 2018-12-11

基金项目: 甘肃省林业科技计划项目(2017kj054); 甘肃省农业科学院农业科技创新专项项目(2017GAAS87); 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-27)。

作者简介: 曾朝珍(1981—), 男, 甘肃白银人, 助理研究员, 硕士, 主要从事食品发酵方面的科研工作。Email: 231531680@qq.com。

通信作者: 康三江(1977—), 男, 甘肃陇西人, 研究员, 主要从事果蔬贮藏加工方面的科研工作。Email: kang58503@163.com。

供参考。

1 苹果酒发酵工艺技术

1.1 苹果酒发酵菌种筛选及发酵性能研究

苹果酒酿造过程是一个复杂的微生物代谢过程，产品成分及品质受原料品种、菌种、发酵工艺等因素影响较大。在所有这些因素中，酵母起着至关重要的作用。王洋洋等^[6]选取 6 种酿酒酵母菌株进行发酵苹果酒筛选，结果表明，酿酒酵母菌株 RA-17 发酵的苹果酒风味较好，更适合于苹果酒发酵。李凤等^[7]以川秀乳酸菌 1 L 型(嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌)作为苹果酒二次发酵的发酵菌种，研究了复合乳酸菌在苹果酒中的生长和苹果酸-乳酸发酵特性。徐菁苒等^[8]通过对 14 株酿酒酵母的发酵力、耐受性、产 GSH 能力和发酵所得苹果酒的理化指标分析，筛选出了一株能在降低果酒褐变值的同时保持良好的发酵特性及高产 GSH 的苹果酒酵母 Y-18。李国薇等^[9]就国内外常用的 4 种酿酒酵母在苹果酒发酵过程中对多酚组成和抗氧化活性的影响研究发现酵母菌(WLP775)、(4766cider)发酵的苹果酒在多酚组成及抗氧化能力上差异较大；酵母(EXCE-SP)、(HARM-N° 5)发酵的苹果酒则差异较小。袁亚宏等^[10]通过对原生质体融合技术构建的 5 株苹果酒酵母融合子进行发酵性能研究并选育出了适合苹果酒发酵的高质量酵母 21#。王艳等^[11]通过 5.8SrDNA ITS 基因序列测定基因比对，从陕西地区苹果产区的苹果皮中筛选得到了 1 株发酵能力优良的酿酒酵母菌株 YQ7。赵海霞等^[12]从苹果园土壤中筛选得到了 1 株适合苹果酒发酵的产香酵母，经鉴定为孢汉逊酵母属，与 *Hanseniaspora thailandica* AB501147.1 为同一种。杨晓东等^[13]在低醇苹果酒酿造中筛选得到了 3 个乙醇利用菌株 SJ01、SJ02、SJ03 并行了乙醇耐受特性的测定。目前，我国苹

果酒的菌种筛选还局限于纯菌株的筛选及发酵，而对非酿酒酵母的筛选及与酿酒酵母混合发酵苹果酒将是苹果酒菌种研究的重点方向。

1.2 苹果酒发酵工艺优化研究

苹果酒生产主要包括原料破碎榨汁、果汁酶解、成分调配、酒精发酵、陈酿及澄清等工艺^[14]，而在生产工艺中果胶酶酶解条件、发酵温度、酵母接种量、二氧化硫添加量、发酵时间、澄清条件等关键技术参数为目前苹果酒工艺优化研究的重点。程拯良等^[15]用 4 种不同方式(清汁发酵不加酶、清汁发酵加酶、浸渍发酵不加酶、浸渍发酵加酶)研究了果胶酶及浸渍处理对苹果酒多酚组分和品质的影响，结果表明果胶酶和浸渍处理分别能够增加和降低苹果酒酸度，对酒精度没有显著影响。李坤娜^[16]利用模糊综合评判-响应面分析法对温度、发酵液 pH 值、接种量等工艺参数进行了研究并确定发酵温度 21.3 °C、pH 3.36、接种量 8.24% 为苹果酒发酵最佳工艺参数。韩涛等^[17]对金红苹果干酒酿造工艺的研究中确定了发酵温度 22 °C、pH 3.0、初始糖度 22%、接种量 9% 及发酵后添加 0.4 g/L 的壳聚糖进行澄清处理的最佳酿造工艺。许先猛等^[18]通过 Plackett-Burman(PB)设计筛选出发酵糖度、菌种接种量、发酵温度为果脯废糖液发酵制备苹果酒发酵主要影响因素，经中心组合设计(CCD)优化确定了苹果酒发酵工艺为发酵液初始 pH 值为 4.0、糖度 28° Brix、有效 SO₂ 含量 80 mg/L、菌种接种量 6%、发酵温度 27 °C、发酵时间 12 d、通气频率为 1 次/d，在此条件下发酵苹果酒乙醇度为 10.3 %。刘婧琳等^[19]等优化的浓缩苹果汁酿造干型苹果酒的工艺参数为初始糖度为 190 g/L、酸度 5 g/L、发酵温度 21 °C、不添加酵母营养物、酵母接种量 0.1 g/L。程

可利^[20]就苹果酒的生产工艺研究认为可选用 Na_2SO_3 防止褐变, 用果胶酶提高出汁率和澄清果汁和用硅藻土可澄清发酵原酒。李昌远等^[21]就苹果酒发酵果汁前处理开展果胶酶澄清果汁试验、 SO_2 抑菌试验, 结果表明暴露在空气中的苹果汁经与氧气接触后发酵的酒更具有苹果酒香特质, 未添加果胶酶处理的苹果酒, 果香味更浓, 香气更复杂。范兆军^[22]通过正交试验优化的最适苹果酒主发酵工艺为苹果汁接种量 2.0 g/L、发酵温度 28 °C、 SO_2 添加量 100 mg/L、起始糖度 24%。王艳等^[11]就陕西地区苹果酿造苹果酒研究优化的最佳发酵工艺参数为初始糖度 230 g/kg, 接种量 1 g/L、温度 25 °C、初始 pH 为 4, 以该发酵工艺参数进行发酵所得果酒的酒精度达 12.3%。林西等^[23]采用二次正交回归旋转试验确定了苹果酒苹果酸乳酸发酵适宜工艺参数为发酵温度 21.78 °C, pH 3.53, 肠膜明串珠菌接种量 4.65%(v/v)。叶萌祺等^[24]就添加营养素提高苹果酒总酯含量优化的试验认为亮氨酸、谷氨酰胺、吡哆醇和氯化锌对苹果酒总酯质量浓度影响显著, 得到的最佳营养素组合为: 亮氨酸 34.8 mg/L、谷氨酰胺 84 mg/L、吡哆醇 0.24 mg/L 和氯化锌 1.30 mg/L, 在此最优条件下苹果酒的总酯质量浓度可达到 5.29 mg/L。陈添慧等^[25]发现甜苹果酒主发酵的最佳工艺条件是发酵醪调至糖 20° Brix、酸度(按苹果酸计)6 g/L, 按接种量为 0.25 g/L 接入酵母, 在 18 °C 温度下发酵 7 d, 前 1~2 d 对发酵醪进行通气溶氧, 所得甜苹果酒感官品质良好。王玉莹等^[26]利用响应面法优化苹果果酒发酵最佳工艺条件为酵母接种量 0.1%、发酵温度 23 °C、糖度 18%, 该条件下所得苹果果酒的酒精度为 $(8.89 \pm 0.14)\%$ 。杨晓东等^[13]优化了一株低产高级醇酵母菌发酵苹果酒的工艺条件为酵母液接种量 5%, 果

汁糖度 18%, 发酵温度 22 °C; 经验证和对比, 该工艺条件比果酒酵母产的高级醇低为 72 mg/100 mL。

1.3 苹果酒澄清工艺优化研究

在苹果酒的生产 and 贮存过程中, 往往会产生浑浊的现象, 影响苹果酒的感官品质。为解决苹果酒浑浊问题, 可在苹果酒澄清方面上寻找更好的澄清工艺。吴明霞等^[27]就不同澄清剂对苹果酒的影响发现 1%壳聚糖和 1%皂土复合使用的澄清效果优于其他复合澄清剂, 添加量分别为 1%和 3%时能达到最佳澄清效果。张耀强等^[28]研究发现在 24.7 °C、7.50 bar、进料速率为 8.8 Hz 条件下超滤 5.55 min 可以去除大部分引起苹果酒沉淀、浑浊的物质, 有效地提高了苹果酒澄清度。而王周利等^[29]在苹果酒超滤澄清工艺响应面法优化的研究表明澄清苹果酒最佳工艺条件为压力 0.7 MPa, 温度 24 °C, 进料流速 5.6 mL/min, 超滤处理后苹果酒的透光率为 98.72%。范兆军^[30]等研究认为壳聚糖添加量 20 mg/mL, 振荡温度为 20 °C, 振荡时间为 1.5 h, 可起到对苹果酒最好的澄清效果。卫春会等^[31]采用 4 种澄清剂对苹果酒澄清试验表明最佳澄清剂为壳聚糖, 添加量为 0.25 g/100 mL, 处理时间为 24 h, 处理后的苹果酒澄清透亮、口味协调。

1.4 苹果酒成分分析研究

苹果酒中的成分物质是影响苹果酒口感的关键物质, 对其检测分析有助于发酵工艺参数的优化及提高苹果酒的品质。刘婧琳等^[32]对 4 种工艺生产的苹果酒及原料中的游离氨基酸分析结果表明发酵可以使苹果酒中的各种氨基酸比例更加均衡, 必需氨基酸含量增加; 鲜榨苹果汁酿造的苹果酒中游离氨基酸呈味特征以甜味、苦味为主, 而浓缩苹果汁酿造的苹果酒中游离氨基酸呈味特征

以甜味、味、鲜味为主。叶荫祺等^[33]对苹果酒中矿质元素的含量检测分析发现发酵后钾、镁、铜、锌、硼等元素的含量显著降低,钠、钙、锰、铁、锶等元素含量变化不显著。侯钰等^[34]在苹果品种和酿造工艺对苹果酒中酚类物质的影响研究发现苹果酒的总酚含量(以没食子酸计)较高,3种苹果酒中的主要酚类物质中,酚酸主要以原儿茶酸、绿原酸、p-香豆酸以及咖啡酸为主;黄烷-3-醇以儿茶素和表儿茶素居多。宋静等^[35]对苹果酒中香气成分分析表明香气物质主要是醇类、醛类、酮类、酸类、酯类、缩醛类和萜烯类,不同品种苹果酒存在一定的共性和差异。王洋洋等^[6]在不同酵母菌株发酵苹果酒香气成分比较研究中发现六种不同酵母发酵苹果酒共检测出61种香气成分,分别检测出50,58,58,60,56和57种香气成分,43种为共有成分。6种苹果酒的主要香气成分都为乙酸乙酯、乙酸异戊酯、辛酸乙酯和异戊醇,但其含量差异较大。

1.5 苹果酒产品标准体系制定研究

在我国现行国家标准中尚无《苹果酒》产品标准,感官评定和理化指标检测只能参照如GB 2758-2012《食品安全国家标准发酵酒及其配制酒》和GB/T 15038-2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》等国家标准进行。

2 结语

苹果是我国的主要水果之一,随着我国苹果种植面积与产量的持续、快速扩张,苹果将产大于销、供过于求,营销难度加大,供给主体将竞争激烈,果品滞销和产业波动风险加大,大量鲜果在卖不出去的情况下极容易因一时滞销造成积压腐烂,必须依靠深加工来消化。大力开发苹果深加工,推广苹果酒深加工新技术新成果,既有利于缓解地

方出现的产销矛盾,又可以提高果品的附加值,满足不同层次人们的需求。另外,复合果酒是复合多种果实或果汁发酵出的口感佳、营养高和风味好的果酒。单一的果酒存在酒体单薄,营养成分不丰富的缺陷,复合果酒能够很好的克服上述缺陷,是一种口感上佳的果酒产品。因此,开发多种苹果与其他水果混合发酵的复合果酒已成为苹果酒研究的新方向。

参考文献:

- [1] 杨颖迪,李 闯,彭帮柱. 苹果酒香气成分代谢研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(19): 314-320.
- [2] 李明泽,张霁红,宋 娟,等. 5种澄清剂对半固态发酵苹果醋的澄清效果[J]. 甘肃农业科技, 2018(2): 13-17.
- [3] 国家发展和改革委员会. 食品工业“十二五”发展规划[EB/OL]. (2011-12-31)[2012-02-01]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201201/t20120112_585488.html.
- [4] 任小雨. 食品工业领域“十三五”规划编制完成[J]. 广西质量监督导报, 2015(9): 1.
- [5] 冯焕德,张永茂,康三江,等. 我国苹果酒产业现状及发展对策[J]. 甘肃农业科技, 2011(6): 66-68.
- [6] 王洋洋,王积武,吴志莲,等. 不同酵母菌株发酵苹果酒香气成分比较[J]. 食品工业, 2016, 37(8): 280-284.
- [7] 李 凤,黄业传,吴照民. 复合乳酸菌在苹果酒中的生长和苹果酸-乳酸发酵特性的研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(31): 188-190.
- [8] 徐菁菁,毛 健,刘双平,等. 高产GSH果酒酵母的筛选及对苹果酒褐变的抑制[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(5): 455-462.
- [9] 李国薇,樊明涛,王胜利,等. 酵母菌种对苹果酒主发酵过程中的多酚组成及抗氧化活性的影响[J]. 中国酿造, 2012, 31(10): 33-37.

- [10] 袁亚宏, 伍小红, 岳田利, 等. 苹果酒酵母的优选[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(31): 19595-19598.
- [11] 王艳, 王汉屏, 翟文俊, 等. 陕西地区苹果酒酵母的选育及发酵工艺研究[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 5-9.
- [12] 赵海霞, 华惠敏, 吴桂君. 野生苹果酒产香酵母的分离及筛选[J]. 中国酿造, 2014, 33(6): 119-122.
- [13] 杨晓东, 李丽, 宗绪岩, 等. 一株低产高级醇酵母菌在苹果酒酿造中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1764-1768.
- [14] 尚宏芹. 苹果酒生产工艺中存在的问题及控制措施[J]. 酿酒科技, 2010(2): 61-64.
- [15] 程拯良, 黄佳, 戚一曼, 等. 果胶酶及浸渍处理对苹果酒多酚组分的影响[J]. 食品科技, 2016, 41(7): 59-65.
- [16] 李坤娜. 基于模糊综合评判-响应面分析的苹果酒发酵工艺参数优化[J]. 内蒙古科技与经济, 2018(2): 89-92.
- [17] 韩涛, 宁长春, 万永青, 等. 金红苹果干酒酿造工艺初探[J]. 酿酒科技, 2015(10): 94-96.
- [18] 许先猛, 董文宾, 卢军, 等. 利用果脯废糖液发酵制备苹果酒及其抗氧化性分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1): 133-137.
- [19] 刘婧琳, 郭玉蓉. 浓缩苹果汁酿造干型苹果酒的工艺优化[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(7): 33-37.
- [20] 程可利, 张旦旦, 张叶, 等. 苹果酒的生产工艺研究[J]. 热带农业工程, 2014, 38(1): 1-4.
- [21] 李昌远, 胡永金, 魏世杰, 等. 苹果酒发酵果汁前处理研究[J]. 现代农业科技, 2014(15): 307-308; 317.
- [22] 范兆军. 苹果酒主发酵工艺研究[J]. 酿酒, 2015, 42(3): 84-86.
- [23] 林西, 吕兆林, 姚永红, 等. 添加肠膜明串珠菌后的苹果酒苹果酸乳酸发酵工艺优化研究[J]. 酿酒科技, 2011(3): 17-20+23.
- [24] 叶萌祺, 岳田利, 袁亚宏. 添加营养素提高苹果酒总酯含量优化试验[J]. 农业机械学报, 2014, 45(2): 228-232.
- [25] 陈添慧, 康旭. 甜苹果酒的发酵工艺优化[J]. 酿酒, 2011, 38(1): 50-51.
- [26] 王玉莹, 戴洪义. 响应面法优化苹果酒发酵工艺[J]. 中国酿造, 2012, 31(8): 19-23.
- [27] 吴明霞, 刘瑞芳, 方小淋. 不同澄清剂对苹果酒的影响[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(21): 15-20.
- [28] 张耀强, 贺强. 超滤在苹果酒澄清中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2017(22): 99-100; 125.
- [29] 王周利, 伍小红, 岳田利, 等. 苹果酒超滤澄清工艺的响应面法优化[J]. 农业机械学报, 2014, 45(1): 209-213; 221.
- [30] 范兆军, 王永苓. 壳聚糖对苹果酒澄清效果影响的研究[J]. 酿酒, 2015, 42(4): 92-95.
- [31] 卫春会, 黄治国, 罗惠波, 等. 苹果酒澄清处理方法的研究[J]. 酿酒科技, 2012(10): 59-62.
- [32] 刘婧琳, 郭玉蓉. 4种工艺苹果酒中的游离氨基酸及其呈味特征[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(10): 27-30; 46.
- [33] 叶萌祺, 岳田利, 高振鹏, 等. 基ICP-MS法的苹果酒发酵过程矿质元素的动态分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2015, 35(1): 229-233.
- [34] 侯钰, 陈欣悦, 盛启明, 等. 苹果品种和酿造工艺对苹果酒中酚类物质的影响研究[J]. 中国酿造, 2013, 32(5): 26-30.
- [35] 宋静, 陈平, 王玉莹, 等. 苹果酒、醋中香气物质分析[J]. 中国酿造, 2013, 32(6): 145-150.

(本文责编: 杨杰)