

干型苹果酒发酵工艺条件的优化

卫春会, 黄治国, 罗惠波, 王毅, 杨晓东

(四川理工学院酿酒生物技术及应用四川省重点实验室, 四川自贡 643000)

摘要: 本文是以红富士苹果为原料, 经打浆、护色、酶处理、调整成分、发酵、澄清等工艺生产干型苹果酒。通过单因素试验确定了防褐变和澄清的最佳条件为: 打浆后加入 0.1% 柠檬酸和 0.04% VC 护色; 添加 0.25% 壳聚糖于苹果酒中澄清 24 h。通过正交试验得到苹果酒最佳发酵工艺条件为: 初始糖度为 20%, 接种量为 8%, 发酵时间为 10 d。最终得到的干型苹果酒呈浅黄绿色, 澄清透明, 酒体丰满, 酸甜适中, 具有悦人的苹果果香和清新的酒香。

关键词: 苹果酒; 发酵; 工艺

文章编号: 1673-9078(2013)2-367-371

Optimization of the Fermentation Conditions of Dry Cider

WEI Chun-hui, HUANG Zhi-guo, LUO Hui-bo, WANG Yi, YANG Xiao-dong

(Sichuan University of Science & Engineering, Liquor Making Bio-Technology & Application of Key Laboratory of Sichuan Province, Zigong, Sichuan 643000, China)

Abstract: Using the Ralls as raw materials, dry cider was produced by pulp beating, color-protecting, enzyme treating, composition adjusting, fermenting and clarifying. Through the single factor experiments, the best conditions of color-protecting and clarifying were the addition of 0.1% citric acid and 0.04% vitamin C after beating, the chitosan addition of 0.25% to apple wine and the treatment time of 24 hours. The experiment results had the best effect. By orthogonal experimental ascertained the best conditions for the process of cider as follows: initial sugar content of 20%, inoculums amount of yeast 8% and fermentation time of 10 days. After produced, the dry cider showed light yellow green and luster-transparent, and had the typical fruit aroma and enjoyable wine aroma, with perfect liquor body and vinegar-sweet taste.

Key words: cider; fermentation; technology

我国苹果总量巨大, 但深加工技术还仍然比较落后, 生产能力较发达国家低, 苹果的加工品种也比较单一; 果品储存能力有限, 从而直接导致了国内苹果资源浪费^[1]。苹果含有丰富的营养成份, 含有 17 种氨基酸、10 种维生素、多种微量元素, 如锌、钙、磷等^[2]。其中还不含脂肪、胆固醇、蛋白质和钠, 是很好的膳食纤维来源, 有很高的医疗和保健作用。用苹果发酵而成的苹果酒具有口感醇厚, 果香优雅, 回味绵长, 风味独特; 苹果酒更加多的保留了苹果中的营养物质, 比粮食发酵制成的酒有较高的营养^[3]。苹果酒含有高水平的抗氧化物, 日常饮食中富含抗氧化物有助于提高免疫力, 帮助肌体抵抗疾病。适量饮用苹果酒无疑不仅起到解渴作用而且更具有保健作用^[4]。综合利用苹果资源提高苹果产业经济效益是一条必由之路, 苹果的深加工技术研究对我国具有重要意义。

随着我国居民生活水平的提高, 越来越多的消费者青睐于有特色的食品, 苹果酒已浮出水面, 由于苹果酒的生产流程还有很多因素影响其品质, 对苹果酒

的工艺的进一步探讨就显得尤为重要^[5]。本文对干型苹果酒发酵工艺条件进行了优化研究, 确定了最佳的发酵条件, 从而提高了苹果酒的质量, 为苹果的深加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

红富士苹果: 市售; 白砂糖: 市售; 果酒酵母: 由酿酒生物技术及应用四川省重点实验室提供。

1.2 主要仪器设备

生物显微镜, 生化培养箱, 超净工作台, 电子恒温水浴锅, 高压灭菌锅, 打浆机, 酸度计, 酒精装置, 电子分析天平, 紫外可见分光光度计, 冰箱, 万用电炉, 台秤等。

1.3 工艺流程^[6]

苹果→清洗→去皮、去核、破碎→护色、打浆、均质→果胶酶处理→添加 SO₂→调整成分→灭菌→接种酵母→前发酵→倒罐→后发酵→灭菌→澄清、过滤→罐装→苹果酒

1.4 操作要点

1.4.1 原料处理

收稿日期: 2012-09-20

作者简介: 卫春会 (1980-), 女, 实验师。

选择色泽鲜艳,成熟适度的苹果,首先用水清洗,除去表面杂质、虫卵、细菌以及腐烂部分,再去皮、去核、切碎,将切碎的果肉放入容器中,按果肉净重添加 1:3 比例的蒸馏水^[3],为防止果浆褐变,加入护色剂进行护色;再用打浆机打成果浆,即得浆液,储存待用。

1.4.2 果胶酶处理、添加 SO₂

添加 40~60 mg/L 的果胶酶,使其充分溶解后,与果浆混合均匀,并在 45~50 °C 酶处理 1~2 h。加入 80~100 mg/L 偏重亚硫酸钾来提供 SO₂,从而起到抑菌和抗氧化等作用。

1.4.3 调整糖度、pH

当果浆中的含糖量达不到 15% 时,最终发酵酒精度会低于 10%,故可补加白砂糖来调整糖度,补加白砂糖时,先将糖用少量果浆加热溶解后再加入浆液中。以 1.7 g 糖生产 1% 酒精计算,将最终糖度调整至 15%~20%。调整 pH 至 3.5~4.5。

1.4.4 果酒酵母扩培

1.4.4.1 复水活化果酒酵母

称取 0.02% 果酒酵母,加到 4% 葡萄糖溶液中,摇晃使菌体分散,于 30 °C 恒温培养箱中培养 30 min,每 10 min 振荡一次,至大量气泡产生即活化完毕。

1.4.4.2 果酒酵母扩培

取适量苹果浆,灭菌后冷却至室温,在无菌条件下,按 10% 接种果酒酵母活化液,混匀,于 28~30 °C 条件下培养,驯化三代,每代驯化时间为 24 h。待生长旺盛,即可作为发酵用酒母。每次驯化后,用显微镜计数酵母菌含量,至发酵用的酵母浓度为 10⁹ 个/mL 以上。

1.4.5 酒精发酵

将扩培酵母菌按 10% 加入灭菌后的果浆液,摇匀,密封,静置发酵,温度控制在 25~28 °C,每天振荡 2~3 次,使发酵液温度均匀。发酵期间定时测定糖度和酒精度,直至酒精度升高和糖度降低到无明显变化时,终止发酵。

1.4.6 调味、过滤、灭菌

加入适量果味蜂蜜、冰糖调味,并煮沸数分钟后,先用滤布粗滤,再将所得滤液用滤纸上铺一定厚度硅藻土的方法精滤。在 65~85 °C 杀菌 15~20 min,灭菌后既得成品。

1.5 试验方法

1.5.1 检测方法

酒精度测定:蒸馏比重法;还原糖(以葡萄糖计)测定:斐林试剂法;总酸(以醋酸计)测定:酸碱滴定法;苹果酒澄清度和色度测定:分光光度计法^[7];感官评定:感官评定标准^[8],见表 1。

表 1 苹果酒感官指标评定

Table 1 Sensory evaluation standards of apple wine

项目	评定指标	总分
外观与色泽	浅黄绿色,无褐变,澄清透明,无悬浮物,无沉淀物	20
香味	具有悦人的苹果果香和清新的酒香,香味自然、协调、无异味	30
滋味	醇和清香,柔和协调,酒体丰满,酸甜适中,余味充足,具有苹果酒的典型风格	50

1.5.2 单因素试验设计

分别研究初始糖度(16%、18%、20%、22%、24%)、接种量(4%、6%、8%、10%、12%)和发酵时间(7 d、8 d、9 d、10 d、11 d)对苹果酒发酵的影响。

1.5.3 正交试验设计^[9]

在单因素试验结果的基础上,设计 L₉(3⁴) 正交试验,研究初始糖度、接种量和发酵时间对苹果酒品质的影响,从而筛选出较优的苹果酒发酵工艺条件。

1.5.4 验证试验

按单因素试验和正交试验中获得的最佳发酵条件和评价最高的试验组进行验证试验。

1.5.5 壳聚糖澄清法

取 1 g 壳聚糖溶于 100 mL 0.1% 的柠檬酸溶液中,加热煮沸至全部溶解,配成 1% 的溶液,趁热使用,分别按 0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%

的壳聚糖添加量加入苹果酒中进行澄清,充分混合后静置 24 h,取上清液测其透光率和吸光度,从而确定其澄清度和色度。

澄清度测定:取 2 mL 酒样,以蒸馏水做参比,测定 680 nm 下的透光率。色度测定:取 2 mL 酒样,以蒸馏水做参比,测定 420 nm 下的吸光度。

2 结果与分析

2.1 苹果浆护色剂的确定

酶促褐变是果品组织中生物催化剂(多酚氧化酶),在有氧条件下,使果蔬组织中的酚类或其衍生物氧化,生成褐色聚合物的化学反应;而非酶褐变则是广泛存在于果品组织中的邻苯酚类化合物,氧化成褐色或红褐色等高分子物质。本试验选用 Vc 或柠檬酸或两者按比例混合。

表 2 苹果浆护色剂的选择

Table 2 Selection of color fixative for apple pulp

护色剂	护色效果		
	打浆后 10 min	1 d	2 d
0.1% Vc	好	较好	较好
0.2% 柠檬酸	开始变褐	黄褐色	黄褐色
0.1% 柠檬酸+0.04% Vc	最好, 呈浅黄绿色	最好, 呈浅黄绿色	最好, 呈浅黄绿色
0.3% 柠檬酸+0.06% Vc	较好	较好	较好

由表 2 知, 使用 0.2% 柠檬酸护色效果较差, 出现了褐变现象。采用 0.1% 柠檬酸+0.04% Vc 比例的混合护色剂可以达到很好的护色效果, 因此, 选用 0.1% 柠檬酸+0.04% Vc 为最佳的护色剂。

2.2 苹果酒最佳发酵条件的确定

2.2.1 初始糖度对苹果酒品质的影响

本试验研究了不同初始糖度对苹果酒品质的影响。分别调整苹果浆的糖度为 14%、16%、18%、20%、22%, 在初始 pH 为 4.0 (自然), 接种量为 10%, 发酵温度为 28 °C 的条件下发酵 11 d, 发酵结束后检测酒精度和残糖量, 并进行感观评定, 结果如图 1 所示。

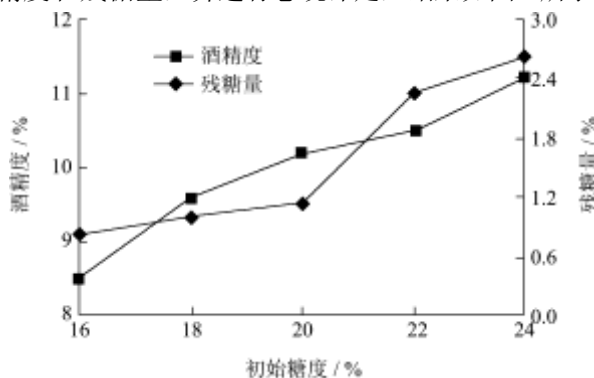


图 1 初始糖度对苹果酒品质的影响

Fig.1 Effect of initial sugar content on cider quality

结果发现, 初始糖度直接影响到苹果酒酒精度的高低, 同时也影响苹果酒的风味。由图 1 可知, 随着初始糖度的增加, 苹果酒的酒精度呈现上升的趋势, 在初始糖度为 16% 时, 酒精度低, 果香和酒香味均较淡; 在初始糖度为 24% 时, 酒精度达到最高, 但残糖量也最高, 口感上偏甜, 余味也不够爽净; 在初始糖度为 20% 时, 酒精度达到了 10% 以上, 残糖也较低, 符合干型果酒要求, 果酒香味浓郁, 根据感官指标综合考虑, 确定最佳的初始糖度为 20%。

2.2.2 接种量对苹果酒品质的影响

本试验研究了不同接种量对苹果酒品质的影响。分别以 4%、6%、8%、10%、12% 的接种量添加果酒酵母, 在初始 pH 为 4.0 (自然), 初始糖度为 20%, 发酵温度为 28 °C 的条件下发酵 11 d, 发酵结束后检测

酒精度和残糖量, 并进行感观评定, 结果如图 2 所示。

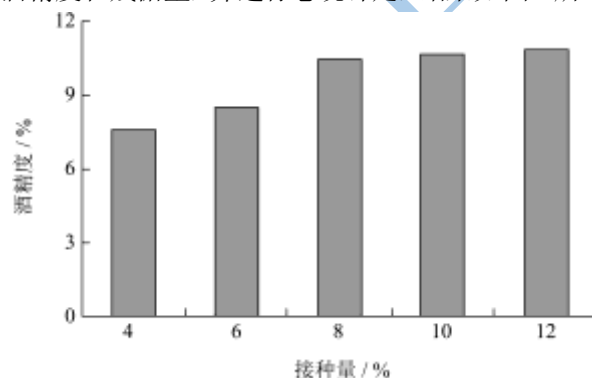


图 2 接种量对苹果酒品质的影响

Fig.2 Effect of inoculum amount on cider quality

2.2.3 发酵时间对苹果酒品质的影响

本试验研究了不同发酵时间对苹果酒品质的影响。在初始 pH 为 4.0 (自然), 初始糖度为 20%, 接种量为 8%, 发酵温度为 28 °C 的条件下, 分别发酵 7 d、8 d、9 d、10 d、11 d。发酵结束后检测酒精度和残糖量, 并进行感观评定, 结果如图 3 所示。

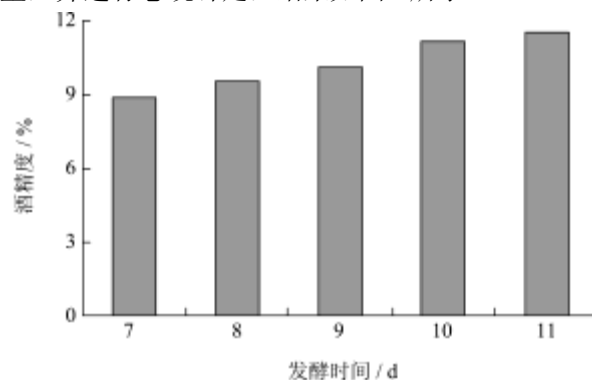


图 3 发酵时间对苹果酒品质的影响

Fig.3 Effect of fermentation time on cider quality

由图 3 可知, 随着发酵时间的延长, 酒精度呈现先上升后平缓的趋势。通过感官评定发现, 发酵时间的长短直接影响着苹果酒的风味。发酵时间为 7 d 时, 果香味较浓, 但酒味淡薄; 在第 10 d 酒精度达到了 10%, 果香和酒味较浓郁, 酒体协调, 在第 11 d 时, 酒精度不再上升, 口感与第 10 d 相似。如果苹果酒发酵时间不足, 会使酒度不够, 影响果酒的风味; 但发酵时间过长, 酵母菌的自溶现象会对苹果酒风味产生

较大的影响, 也会给外界微生物污染苹果酒的机会更大。综合考虑, 确定最佳的发酵时间为 10d。

2.2.4 苹果酒发酵工艺正交试验结果

本试验选择了初始糖度、接种量和发酵时间三个因素见表 3, 进行 $L_9(3^4)$ 正交试验, 结果如表 4。

表 3 因素水平表

Table 3 Factors and levels of orthogonal test

序号	A(初始糖度/%)	B(接种量/%)	C(发酵时间/d)
1	18	6	8
2	20	8	9
3	22	10	10

表 4 苹果酒发酵正交试验结果

Table 4 Results of $L_9(3^4)$ orthotropic test of cider fermentation

编号	A	B	C	酒精度/%	感官评定/分
1	1	1	1	8.0	78
2	1	2	2	9.2	83
3	1	3	3	9.5	82
4	2	1	2	9.0	89
5	2	2	3	10.8	96
6	2	3	1	9.2	93
7	3	1	3	11.0	88
8	3	2	1	9.8	91
9	3	3	2	10.5	84
R_1	81	85	87.33		
R_2	92.67	90	85.33		
R_3	87.67	86.33	88.67		
R	11.67	5	3.34		

由表 4 可知, 极差分析为 $R_A > R_B > R_C$, 即影响苹果酒发酵的因素主次顺序为: 初始糖度 > 接种量 > 发酵时间。为了分析试验过程和结果测定中必然存在的误差, 下面分别对初始糖度、接种量、发酵时间进行方差分析, 详见表 5。

由表 5 可以看出, 初始糖度对苹果酒发酵有极显著影响, 接种量对苹果酒发酵较显著影响, 而发酵时间对其影响不显著。因而, 综合分析得到最优组合为 $A_2B_2C_3$, 即发酵苹果酒的最佳条件为: 初始糖度为 20%, 接种量为 8%, 发酵时间为 10 d。

2.3 验证试验

通过不同发酵条件下的正交试验, 确定得到苹果酒最佳发酵条件: 初始糖度为 20%, 接种量为 8%, 发酵时间为 10 d。经过发酵得到的苹果酒的酒精度达 10% 以上, 残糖量低于 1.0%, 产品呈浅黄绿色, 澄清透明, 具有清新的苹果果香和酒香, 酒体丰满, 酸甜

适中。

表 5 苹果酒发酵正交试验因素方差分析

Table 5 Variance analysis of orthotropic test of cider fermentation

因素	SS	df	MS	F	F 临界值	显著性
A	205.56	2	102.78	99.11	99	**
B	40.22	2	20.11	19.39	19	*
C	16.89	2	8.44	8.14	19	
误差	6.22					

注: 表中**表示极显著; *表示显著

2.4 苹果酒澄清试验

本试验采用壳聚糖澄清法, 研究了不同壳聚糖添加量对苹果酒的澄清度和色度的影响, 结果见图 4。

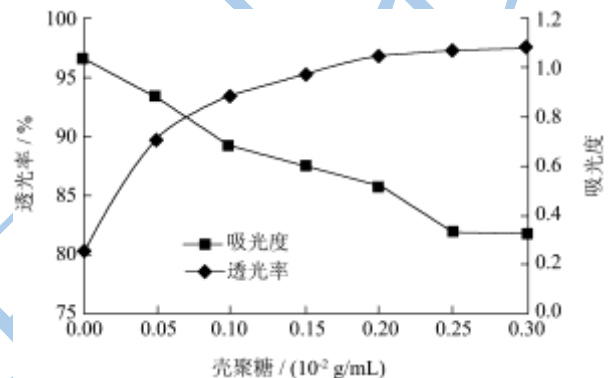


图 4 不同壳聚糖添加量对苹果酒澄清度和色度的影响

Fig.4 Effect of different chitosan dosage on clarity and color of cider

从图 4 可以看出, 经过壳聚糖溶液处理的苹果酒其透光率明显升高, 澄清效果很好, 随壳聚糖添加量的增加, 透光率不断升高, 当壳聚糖添加量达到 0.05% 时, 透光率达到 90%, 进一步增大添加量, 透光率增大变缓。同时, 随着壳聚糖添加量的增加, 苹果酒的吸光度降低, 表明壳聚糖大量吸附了酒中的色素, 使得酒的色泽变浅, 添加量达到 0.3% 时, 透光率最高, 但果酒颜色变浅。综合感官指标考虑, 当添加量达 0.25% 时, 壳聚糖对苹果酒的澄清效果较好, 透光率达到 96%, 苹果酒色泽清亮, 口感协调。

3 苹果酒质量标准

3.1 感官指标

色泽和外观: 浅黄绿色, 酒体有光泽, 澄清透明, 无肉眼可见杂质。

香味: 具有新鲜悦人的果香和浓郁的酒香, 香味自然、协调、无异味。

口味: 口感柔和协调, 酒体丰满, 余味充足。

3.2 理化指标

酒精度(V/V):10~12%

总酸(以苹果酸计): 0.4~0.5 g/100 mL;

总糖(以葡萄糖计): 0.2~0.4 g/100 mL;

可溶性固形物 \geq 10 g/100 mL

氨基态氮(以氮计) \geq 0.5 g/100 mL

3.3 微生物指标

细菌总数 \leq 50 个/100 mL

大肠菌群 $<$ 3 个/100 mL

致病菌(系指肠道致病菌—沙门氏菌、志贺氏菌、金黄色葡萄糖菌等)不得检出。

4 结论

4.1 本文是以苹果为原料,打浆后加入 0.1% 柠檬酸和 0.04% Vc 护色,添加果酒酵母发酵酿制干型苹果酒。通过单因素试验和正交试验确定了苹果酒发酵的最佳发酵条件为:初始糖度为 20%,初始 pH 为 4.5,接种量为 8%,发酵时间为 10 d,发酵温度控制在 25~28 °C。其中,影响苹果酒发酵的因素主次顺序为:初始糖度 $>$ 接种量 $>$ 发酵时间。

4.2 果酒如果不经过澄清处理,加工成产品后放置一段时间,通常会出现浑浊和沉淀现象^[10]。对于苹果酒,壳聚糖能达到较好的澄清和稳定作用,且对苹果酒的质量和色泽影响不大。本试验选用 0.25% 的壳聚糖作为澄清剂的效果比较明显,后期对壳聚糖的澄清工艺还需要进一步研究。

4.3 影响苹果酒品质的因素是多方面的,也是综合性的。因此,要酿造优质高档的苹果酒,必须选用品质

良好的苹果为原料,根据实际生产的需要,制定合理的生产工艺。本文对苹果酒的发酵工艺进行优化,最终得到具有悦人的苹果果香和清新的酒香,酒体丰满,酸甜适中,口感柔和协调的干型苹果酒,进而为今后的产业化提供生产依据。

参考文献

- [1] 张光杰,王聪.低醇苹果酒的研制[J].酿酒,2010,(5):78-80
- [2] 高玉荣,吴丹.苹果酒生产工艺的研究[J].酿酒科技,2005,2:62-64
- [3] 陈志周,张子德,牟建楼,等.苹果酒生产技术研究[J].食品科技,2005,6:64-66
- [4] 王娟,徐桂花.苹果酒的营养价值分析及发展现状[J].中国食物与营养,2006,8:35-37
- [5] 何昌流.苹果酒影响品质因素与发展前景[J].酿酒,2008,7:92-94
- [6] 卫春会,卫翰轩,李军,等.果浆发酵生产苹果酒的研究[J].四川理工学院学报(自然科学版),2009,(10):76-78
- [7] 席超,张赞,闫振华,等.壳聚糖澄清苹果酒的工艺优化及其效果评价[J].食品与发酵工业,2010(4):126-129
- [8] 林巧,杨永美,孙小波,等.苹果酒发酵条件的控制研究[J].中国酿造,2010,(8):60-63
- [9] 杨文侠,赖特明,米兰芳,等.脐橙果酒酿制工艺研究[J].现代食品科技,2011,27(10):1221-1224
- [10] 潘叶,王娟,黄惠华.菠萝果汁的浑浊及澄清机理的初步研究[J].现代食品科技,2010,26(10):1071-1075