

拐枣醋半固态-液态发酵工艺研究

向进乐¹, 杜琳¹, 李欣¹, 朱文学¹, 李志西²

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 河南洛阳 471023)

(2. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 拐枣营养丰富, 特别是含糖量很高, 是一种极好的发酵食品原料。以拐枣为原料, 通过加水打浆、酒精发酵、醋酸发酵等工序酿造果醋, 对“两步法”酿造拐枣醋的加工方法进行研究, 确定了拐枣醋加工合理的原料预处理方法、适宜的发酶方式和工艺参数。拐枣原料加水 1.5 倍打浆, 直接进入发酶工序; 酒精发酶采用带皮渣半固态发酶方式, 接种 0.1% 的果酒酵母, 发酶温度 16 °C 左右, 发酶时间 80 h, 发酶液酒精度为 8.13%。醋酸发酶采用液态深层-分割留种发酶法, 使用自制自吸式液态深层果醋发酶罐, 接种 10% 活化的醋酸菌菌种, 发酶温度 34 °C, 第一轮发酶 72 h, 总酸度可达 5.42%; 分割留种发酶采用相同的发酶条件, 仅需 30 h 即可完成醋酸发酶。实验确定的拐枣醋加工方法和工艺参数可以直接用于拐枣醋的加工生产。

关键词: 拐枣; 果醋; 发酶工艺

文章篇号: 1673-9078(2014)7-160-164

Fermentation of Fruit Vinegar from *Hovenia acerba*

XIANG Jin-le¹, DU Lin¹, LI Xin¹, ZHU Wen-xue¹, LI Zhi-xi²

(1. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

(2. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: *Hovenia acerba* is a nutritional food material for fermentation due to its high sugar content. Fruit vinegar was produced from the peduncles by pulping with water, alcoholic fermentation and acetic fermentation. The applicable “two-step” fermentation method and technological parameters were investigated. Skin-on fermentation was carried out in the alcoholic fermentation stage with technological parameters as addition of water to 1.5 times, inoculation with 0.1% Angel fruit wine yeast, fermentation at 16 °C for 80 h. The alcohol concentration of wine reached 8.13% (m/V). Semicontinuous submerged fermentation was conducted in the acetic fermentation stage with a 5 L laboratory-scale fermenter for fruit vinegar production. The technological parameters of the acetic fermentation were as follows: inoculum size of acetic acid bacteria 10%, and fermentation temperature 34 °C. It took 72 h to finish the first cycle of acetification with the titratable acidity of 5.42% (m/V), and 30 h to finish the second cycle. The optimized processing method and technological parameters could be applied directly in the industrialized production of *Hovenia acerba* vinegar.

Key words: *Hovenia acerba*; fruit vinegar; fermentation technology

拐枣为鼠李科 (*Rhamnaceae*) 枳椇属 (*Hovenia*) 植物的果序轴, 又称万寿果、鸡爪子等。拐枣能食用, 其果柄肉质肥厚、外形扭曲、形似鸡爪。拐枣含糖量极高, 并富含蛋白质、有机酸、维生素、矿物质、多酚和多糖等多种营养和保健成分, 具有极好的开发利用价值^[1-2]。但由于拐枣个体小、残渣多、外形扭曲以及贮藏性差等缺点, 至今还未形成商品价值。

食品酿造工业, 对原料外形、大小等没有特殊要求。拐枣经液态发酶酿造果醋, 可以充分利用原料中丰富的营养成分, 尤其是高糖的特点, 但同时能避免

其缺点, 真正达到扬长避短的效果。邵伟等^[3]以粉碎的拐枣果实为原料, 采用传统固态发酶法经酒精发酶和固态发酶酿造拐枣醋, 初步确定了拐枣醋固态发酶工艺参数。杜海艳等^[4]采用摇床培养法对拐枣醋液态发酶工艺进行研究, 初步确定了拐枣醋液态发酶工艺参数。本文针对拐枣作为发酶食品原料的特点, 采用“两步法”发酶拐枣醋, 对发酶方式进行研究, 对发酶过程动态变化进行分析, 研究拐枣酿造果醋的发酶特点, 确定拐枣醋合理的发酶方法和工艺参数, 为拐枣有效、合理的开发利用提供依据。

1 材料与发酶

1.1 材料与试剂

收稿日期: 2013-10-09

基金项目: 河南科技大学博士科研基金资助项目 (09001661); 河南科技大学青年基金资助项目 (2006QN062)

作者简介: 向进乐 (1980-), 男, 博士, 副教授, 果蔬发酶食品及其功能性

拐枣, 西安市临潼区龙河西岸南姚村; 酒用高活性干酵母, 湖北安琪酵母股份有限公司; 醋酸菌, 上海中科伍佰豪生物有限公司; 果胶酶 (10 万 U/g), 甘肃华羚生物科技有限公司

试剂: 3, 5-二硝基水杨酸(DNS)、抗坏血酸、葡萄糖、氢氧化钠、盐酸、浓硫酸等均为国产分析纯试剂。

1.2 仪器与设备

电子分析天平, 北京塞多利斯天平有限公司; 离心果汁机, 南通金橙机械有限公司; 数显恒温水浴锅, HH-S4 型, 北京科伟永兴仪器有限公司; UV-1700 型紫外分光光度计, 日本岛津; 手持糖量计, WYT-4 型, 福建省泉州光学仪器厂; 台式离心机, TD5A, 湖南凯达科学仪器有限公司; 干燥箱, 北京化玻联医疗器械有限公司; pH 计, THS-3C, 上海雷磁仪器厂; 移液器, 上海大龙医疗设备有限公司; 小型自吸式液态发酵罐 (5 L), 实验室自制, 专利号: 200610105161。

1.3 分析检测方法

1.3.1 总可溶性固形物、pH 值以及酒精含量测定

样品总可溶性固形物以手持糖度计测定; pH 值直接取样用 pH 计测定; 发酵液酒精度以酒精计法测定, 取 100 mL 的发酵液, 将样品中酒精蒸馏, 收集蒸馏液定容至 100 mL, 以酒精计测其酒度, 同时测定温度, 查表、换算得发酵液酒精含量。

1.3.2 总酸和还原糖测定

样品中总酸采用酸碱滴定法测定。取样 1.0 mL, 用 0.1 mol/L NaOH 溶液滴定至 pH 8.1, 结果以醋酸计。

还原糖以 3, 5-二硝基水杨酸比色法测定^[5]。分别量取 2 mg/mL 葡萄糖标准溶液 0.3 mL、0.4 mL、0.5 mL、0.6 mL、0.7 mL、0.8 mL、0.9 mL, 加蒸馏水至总体积为 1.0 mL, 然后各加 DNS 2.0 mL 混匀, 沸水水浴 2 min, 冷却后加 9.0 mL 蒸馏水混匀, 于 540 nm 处测定吸光值, 绘制标准曲线得回归方程为: $y=0.4427x-0.0163$ ($R^2=0.9912$)。取 1.0 mL 样液按标准曲线方法测定, 计算样品还原糖含量。

1.3.3 总 Vc 含量的测定

采用 2, 4-二硝基苯肼法, 参照 GB/T 5009.86-2003 的方法测定拐枣发酵液中总 Vc 的含量, 绘制标准曲线, 得回归方程为: $y=0.0233x+0.0029$ ($R^2=0.9931$)。样品测定及计算步骤参照国标。

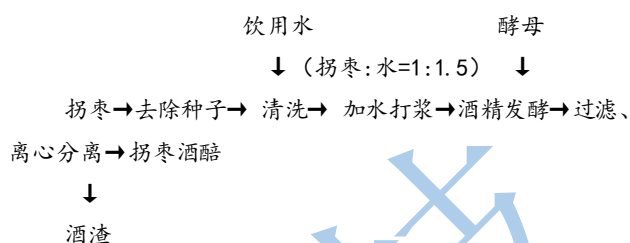
1.3.4 酒液得率测定

酒精发酵后, 拐枣酒液得率以过滤和离心分离的酒液总体积与发酵前拐枣和加水总重的比值表示。

$$\text{酒液得率}/\% = \frac{\text{发酵后酒液总体积}/\text{mL}}{(\text{原料} + \text{水})/\text{g}} \times 100$$

1.4 酒精发酵工艺

1.4.1 工艺流程



1.4.2 原料处理方式

直接发酵: 挑选新鲜拐枣, 按重量加入 1.5 倍的饮用水, 直接放入自制简易玻璃发酵罐 (容积 5 L) 中, 加入 0.1% 的酵母, 搅拌均匀进行常温酒精发酵 (约 16 °C), 发酵结束后过滤、离心分离得拐枣酒醅, 测定酒液得率、酒精度、总酸度、维生素 C 等指标。

破碎发酵: 称取拐枣, 按重量加入 1.5 倍的饮用水, 充分打浆, 收集浆、渣加入 0.1% 的酵母, 搅拌均匀进行常温酒精发酵 (约 16 °C), 发酵结束后过滤、离心分离得拐枣酒醅, 测定指标。

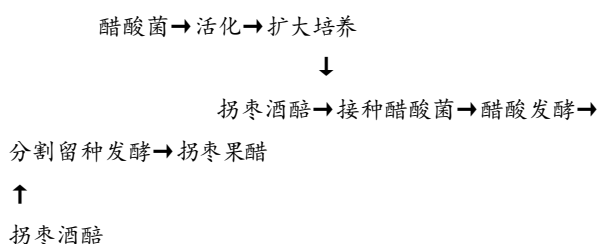
破碎加酶发酵: 取拐枣, 按重量加入 1.5 倍的饮用水充分打浆, 收集浆、渣, 先加 0.05% 复合果胶酶酶解 2 h, 再按上述破碎发酵的方法进行酒精发酵。

1.4.3 发酵条件

加水比例选择: 由于拐枣含水量相对较低, 含糖量高, 发酵过程中需要加水调整初始糖度, 达到提高原料利用率的目的。分别加入 1、1.5、2 倍水打浆, 接种发酵, 测定指标。

发酵温度选择: 不同发酵原料, 最适发酵温度不同。分别采用 15 °C、20 °C、25 °C、30 °C 进行酒精发酵, 测定相关指标, 选取发酵适宜温度。

1.5 醋酸发酵工艺



1.6 统计分析

采用 DPS 6.55 数据处理软件对实验结果进行处理 (实验重复三次), 结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 显著性差异以不同字母表示 ($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 拐枣原料处理方式

原料处理方式对拐枣酒醅酒液得率、酒精度、维生素 C 及总酸含量的影响如表 1。由表 1 可以看出, 三种处理方式所得拐枣酒醅的总酸度和维生素 C 含量无显著差异。而果梗直接发酵与破碎打浆后发酵、破碎打浆酶解后发酵相比, 酒液得率和所得酒醅酒精度较低, 具有显著差异 ($p < 0.05$)。由于拐枣个体小、残渣多, 必须要经过充分破碎才能使原料中的糖分充分溶出, 而转化为酒精, 从而增加原料中糖的转化和利用率, 提高原料的酒液得率。

表 1 原料处理方式对拐枣酒醅酒液得率、酒精度、维生素 C 及总酸含量的影响

Table 1 Effects of different pretreatments on wine yield, content of alcohol, Vitamin C and titration acid in wine from *Hovenia acerba*

评价指标	处理方式		
	直接发酵	破碎打浆发酵	破碎打浆加酶发酵
酒度/%	4.60±0.31 ^a	7.60±0.53 ^b	7.55±0.46 ^b
酒液得率/%	58.99±2.24 ^a	76.00±3.61 ^b	73.13±4.27 ^b
维生素 C/ (10 ⁻² mg/mL)	10.09±0.72 ^a	11.66±0.85 ^a	11.94±0.64 ^a
滴定酸度 (10 ⁻² g/mL)	1.10±0.04 ^a	1.15±0.05 ^a	0.91±0.04 ^a

注: 不同处理差异显著性以不同字母 a、b 表示 $p < 0.05$ 。

另外, 拐枣中结合型不溶性酚酸相对较高, 为了尽可能使该部分酚酸在微生物的发酵作用下转化为可溶性多酚, 实验采用带皮渣发酵。而果蔬加工中, 添加果胶酶先进行酶处理往往能增加果汁出汁率和澄清度^[6], 果酒的酒液得率^[7], 提高原料的利用率。

实验将拐枣破碎打浆后, 加入复合果胶酶进行酶解处理。但结果显示, 原料充分打浆后, 是否酶解处理对各指标无显著影响 ($p > 0.05$)。所以, 本研究采用原料破碎打浆后, 直接发酵的方式进行酒精发酵。

2.2 拐枣果醋发酵条件

2.2.1 酒精发酵加水比例

加水比例对拐枣酒醅酒精度、维生素 C、总酸以及酒液得率的影响表 2 所示。由表 2 可以看出, 加水比例越大, 酒液得率越高, 但所得拐枣酒醅的酒精度越低。当加水比为 1:2 时, 酒度平均为 5.65%, 维生素 C 含量为 7.62×10^{-2} mg/mL, 总酸度为 0.82%, 显著

低于添加 1 和 1.5 倍水时所得酒醅的酒度、维生素 C 和总酸度。所以, 加水比例高, 虽然酒液得率提高, 但是其他各项指标太低, 不能满足果醋加工的要求。与加水比例为 1:1.5 相比, 当加水比例为 1:1 时, 酒醅中酒精度、维生素 C 和总酸度均较高, 但无显著性差异, 而酒液得率显著降低 ($p < 0.05$)。因此, 当加入 1.5 倍的水加水打浆发酵, 原料的酒液得率高, 所得酒醅酒精度也符合发酵果醋的要求。

表 2 加水比例对拐枣酒醅酒精度、维生素 C 及总酸含量的影响

Table 2 Effects of different ratios of material with water on wine yield, content of alcohol, Vitamin C and titration acid in

评价指标	加水比例		
	1:1	1:1.5	1:2
酒精度/%	8.55±0.71 ^b	8.03±0.53 ^b	5.65±0.64 ^a
酒液得率/%	65.15±2.29 ^a	76.39±3.55 ^b	82.01±4.2 ^c
维生素 C/ (10 ⁻² mg/mL)	13.57±0.78 ^b	11.88±0.77 ^b	7.62±0.64 ^a
滴定酸度 (10 ⁻² g/mL)	1.20±0.06 ^a	1.11±0.05 ^a	0.82±0.04 ^b

注: 不同处理差异显著性以不同字母 a、b、c 表示 $p < 0.05$ 。

2.2.2 酒精发酵温度

表 3 酒精发酵温度对发酵周期和拐枣酒醅酒精度、维生素 C 及总酸含量的影响

Table 3 Effects of different temperature on fermentation cycle, content of alcohol, Vitamin C and titration acid in wine from

评价指标	发酵温度/°C			
	15	20	25	30
酒精度/%	8.10±0.71 ^b	8.05±0.55 ^b	7.72±0.64 ^a	7.58±0.54 ^a
发酵周期/h	80±6 ^c	76±4 ^c	60±4 ^b	48±2 ^a
维生素 C/ (10 ⁻² mg/mL)	14.25±0.58 ^c	13.88±0.71 ^c	10.56±0.56 ^b	8.35±0.54 ^a
滴定酸度 (10 ⁻² g/mL)	1.14±0.06 ^a	1.17±0.05 ^a	1.22±0.06 ^a	1.02±0.04 ^a

注: 不同处理差异显著性以不同字母 a、b、c 表示 $p < 0.05$ 。

发酵温度对酒精发酵周期以及拐枣酒醅酒精度、维生素 C 和总酸含量的影响如表 3 所示。温度越高, 发酵速度快, 发酵周期短。但, 发酵温度高所得拐枣酒醅的酒度酒度和维生素 C 含量显著降低。因为温度高, 酵母活动加剧, 用于酵母繁殖的能量增加, 导致糖的有效转化率降低。另外, 温度高可能会造成部分酒精挥发, 也可能是产生相对低酒精度的原因。维生素 C 是一种不稳定的抗氧化物质, 温度越高, 越不稳定。当发酵温度高于 20 °C 时, 所得酒醅维生素 C 含

量显著降低。这可能还与发酵周期短有关。发酵周期相对延长时,原料中处于结合态的维生素C可能溶出。

由表3可以看出,拐枣是一种非常好的发酵原料,即使在低温条件下,发酵周期也相对较短。因此,酒精发酵的适宜温度在15~20℃的较低温度均可。由于拐枣的采收季节温度一般在15℃左右,所以室温条件就能满足拐枣酒精发酵要求。

2.2.3 醋酸发酵

醋酸发酵使用实验室自制小型自吸式果醋专用发酵罐。酸菌菌种先摇床培养48h,扩大培养48h,然后按10%的比例接种到装有4L拐枣酒醅的发酵罐中,维持醋酸发酵温度34℃。醋酸发酵启动相对困难,需要控制发酵罐良好的通风和稳定的发酵温度。待第一轮发酵结束,采用分割留种方式进行循环发酵。即:取出2L发酵好的果醋,以等体积酒醅补充,继续发酵。

2.3 酒精发酵动态变化

拐枣酒精发酵过程中发酵液品温、总可溶性固形物含量、酒精度、还原糖含量以及pH值变化如图1所示。由图可以看出,酒精发酵大致可以分为三个阶段。

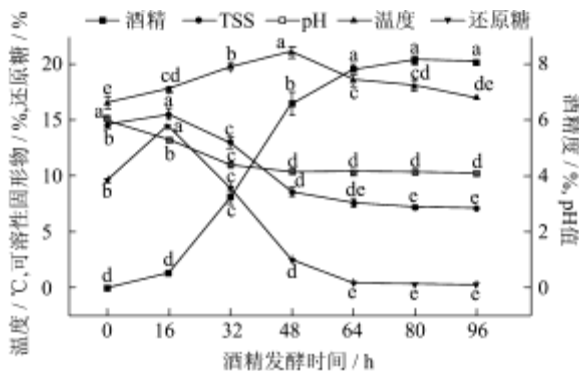


图1 酒精发酵过程中品温、总可溶性固形物含量、还原糖、酒精度以及pH变化

Fig.1 Time course of alcoholic fermentation for *Hovenia acerba* vinegar (n=3)

注:不同时间点差异显著性以不同字母a、b、c、d、e表示(p<0.05)。

在初始阶段(0~16h),酵母菌种主要适应发酵环境,然后不断增殖。这一阶段,由于酵母菌的不断活动,发酵系统温度小幅升高。由于皮渣中部分可溶性糖不断溶出以及酵母将拐枣原料中含有的蔗糖^[1]转化为葡萄糖和果糖,而使发酵体系的还原糖含量未见减少反而显著升高^[8]。而由于酵母菌繁殖活动消耗少量可溶性糖,因此可溶性固形物含量基本不变。可以观察到在这一发酵阶段,酵母剧烈活动产生大量CO₂,

将果梗皮渣逐渐悬浮,逐渐形成厚厚的酒帽。这一阶段只产生极少量的酒精,pH值变化也不明显。

中间发酵阶段(16~64h),发酵系统温度升高,最高可达21℃,总可溶性固形物含量也由于糖的不断转化和消耗下降。这一阶段,酵母大量利用可溶性糖转化为酒精,酒度达到7.83%(V/V),而还原糖几乎耗尽,pH值不断下降直至最低值。

最后发酵阶段(64~96h),由于还原糖的耗尽,酵母的活动逐渐减弱,发酵液温度逐渐下降至室温,酒精度缓缓升高至最大值8.13%(V/V),酒精发酵结束。

2.4 醋酸发酵动态变化

醋酸发酵的启动阶段相对比较困难,通常需要比接下来的循环醋化周期更长的时间^[9]。传统醋酸发酵中,一个完整的分批醋酸发酵过程往往需要4~5周,而半连续和连续发酵往往可以使醋的生产效率大大提高^[10]。本研究使用实验室自制的半连续自吸式果醋发酵罐,采取分割留种方式进行发酵。图2是醋酸发酵第一轮发酵过程中酒精度、总酸含量以及pH变化。第一轮醋酸发酵持续72h,大致可以分为三个阶段。

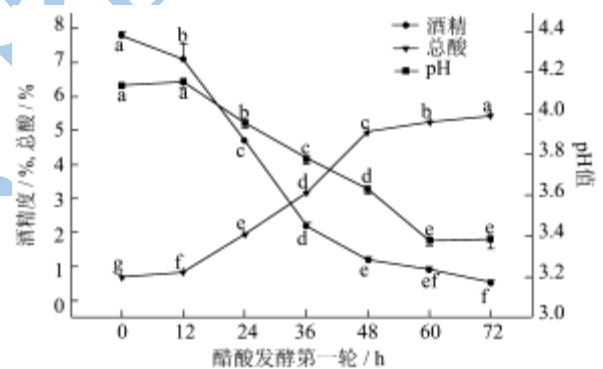


图2 醋酸发酵第一轮发酵酒精度、总酸含量以及pH变化

Fig.2 Time course of the first cycle of acetic fermentation for *Hovenia acerba* vinegar (n=3)

注:不同时间点差异显著性以不同字母a、b、c、d、e、f、g表示(p<0.05)。

第一阶段(0~12h):醋酸菌先适应新的发酵环境,不断增殖至足够高的菌体浓度。这一阶段酒精度和总酸度小幅升高,说明醋酸菌生长繁殖良好,为后期的产酸做好准备。第二阶段(12~60h):酒精度剧烈下降至0.92%(V/V),总酸含量显著升高至5.25%(m/V),pH值也显著下降至最低点3.38。这一阶段是醋酸菌产酸的主要阶段。由于醋酸菌活动剧烈,发酵体系温度很容易升高,需要注意采取降温措施维持相对稳定的发酵温度(34℃左右),才能保证醋酸发酵的正常进行。第三阶段(60~72h):由于醋酸菌产酸能量来源

(酒精) 逐渐耗尽, 最后的发酵阶段总酸度逐渐升至最大值 5.42% (*mV*)。醋酸发酵第一轮一旦结束, 需要尽快补充酒醅进行第二轮发酵。

分割留种发酵过程中酒精度、总酸含量以及 pH 变化如图 3 所示。由图 3 可以看出, 这一发酵的周期大大缩短, 只需要 30 h 就完成发酵。这个过程大致分为两个阶段。首先也是醋酸菌的增殖 (0~6 h), 为大量产酸做好准备。由于醋酸菌的菌体浓度本身较高, 所以这一增殖过程比启动阶段大大缩短。在此期间, 发酵体系酒度、酸度以及 pH 值变化均不显著 ($p>0.05$)。随后很快进入快速产酸阶段, 发酵液中酒精浓度急剧下降, 伴随着总酸含量的不断显著升高 ($p<0.05$)。最后醋酸发酵随着酒精的逐渐耗尽而结束。

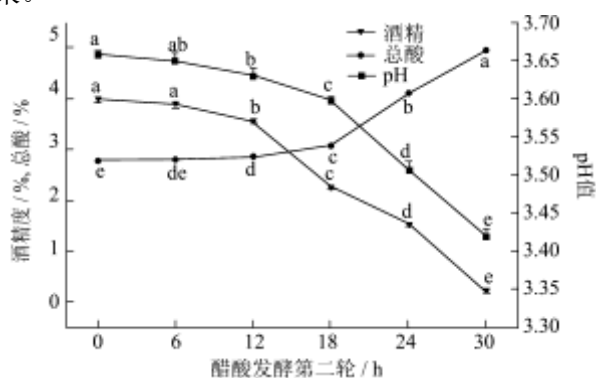


图3 醋酸发酵分割留种发酵酒精度、总酸含量以及 pH 变化
Fig.3 Time course of the second cycle of acetic fermentation for *Hovenia acerba* vinegar (n=3)

注: 不同时间点差异显著性以不同字母 a、b、c、d、e 表示 ($p<0.05$)。

3 结论

3.1 拐枣含糖量高, 营养组分丰富, 是一种极好的发酵食品原料。拐枣发酵酿制果醋不需要外加任何营养元素, 发酵速度快, 果醋酸度高, 风味良好。

3.2 通过实验确定了拐枣果醋发酵的适宜方式和发酵条件。果梗按照 1:1.5 的比例加水打浆后, 毋需热处理或者酶解, 直接带皮渣酒精发酵, 发酵温度以果梗采收季节室温为佳 (15 °C~20 °C), 发酵时间 80 h 左右。酒精发酵过程中, 由于酵母菌的不断繁殖和活动而使发酵液温度升高, 最高温度可达 21 °C; 糖被酵母菌利用, 总可溶性固形物含量下降, 还原糖含量被不断代谢转化为酒精, 拐枣发酵酒醅酒度可达 8.13% (V/V)。

3.3 醋酸发酵用小型自吸式发酵罐, 采用液态深层发酵、分割留种方式进行。醋酸发酵温度 34 °C, 发酵启动相对困难, 第一轮发酵需要 72 h 左右。醋酸发酵

过程中, 醋酸菌不断将酒精转化为醋酸直至发酵结束, 发酵液 pH 值下降, 滴定酸度可达 5.42% (*mV*)。而分割留种发酵由于启动快, 只需 30 h 左右就能完成一批发酵, 发酵过程中酒精、醋酸和 pH 值等的变化趋势与第一轮发酵基本相同。

3.4 采用半固态酒精发酵和液态深层醋酸发酵生产拐枣醋, 能直接放大作为拐枣醋工业化生产的方法, 可为拐枣资源的有效利用提供合理途径。

参考文献

- [1] Hyun T, Eom S, Yu C, et al. *Hovenia dulcis*-an asian traditional herb [J]. *Planta Medica*, 2010, 76: 943-949
- [2] 江庆中, 符树根, 况小宝, 等. 枳椇综合利用研究 [J]. *江西林业科技*, 2004, 6: 3-6
JIANG Qing-zhong, FU Shu-gen, KUANG Xiao-bao, et al. Research on comprehensive utilization of *Hovenia dulcis* thunb [J]. *Journal of Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2004, 6: 3-6
- [3] 邵伟, 乐超银, 唐明, 等. 野生拐枣保健醋的开发研究 [J]. *中国调味品*, 2002, 11: 16-18
SHAO Wei, YUE Chao-yin, TANG Ming, et al. Development of wild *Hovenia acerba* lindl. vinegar [J]. *China Condiment*, 2002, 11: 16-18
- [4] 杜海艳, 王立江. 拐枣醋的工艺研制 [J]. *中国调味品*, 2011, 8: 91-94
DU Hai-yang, WANG Li-jiang. Processing technology of *Hovenia acerba* lindl. vinegar [J]. *China Condiment*, 2011, 8: 91-94
- [5] Miller G L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugar [J]. *Analytical Chemistry*, 1959, 31(3): 426-428
- [6] 薛洁, 贾士儒, 王异静. 果胶酶在欧李果汁加工中的应用 [J]. *食品科学*, 2007, 1: 120-122
XUE Jie, JIA Shi-yu, WANG Yi-jing. Application of pectinase in the process of *Cerasus humilis* juice [J]. *Food Science*, 2007, 1: 120-122
- [7] 苏凤贤, 张百刚, 苟亚峰, 等. 响应面分析人参果酒酿造中果胶酶对色泽的影响 [J]. *食品科学*, 2011, 16: 49-57
SU Feng-xian, ZHANG Bai-gang, JU Ya-feng, et al. Effect of pectinase on colour of ginseng fruit wine in brewing by response surface method [J]. *Food Science*, 2011, 16: 49-57
- [8] Jayabalan R, Marimuthu S, Swaminathan K. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(1): 392-398

- [9] Tesfaye W, Morales M L, Garcia-Parrilla M D C, et al. Optimising wine vinegar production: fermentation and ageing [J]. Applied Biotechnology, Food Science and Policy, 2003, 1(2): 1-6
- [10] Kaur P, Kocher G S, Phutela R P. Production of tea vinegar by batch and semicontinuous fermentation [J]. Journal of Food Science and Technology, 2010, 48(6): 755-758
- [11] Bampi M, Bicudo M O P, Fontoura P S G, et al. Chemical composition of fruit, concentrated extract and flour from "Japanese grape" [J]. Ciencia Rural, 2010, 40(11): 2361-2367

现代食品科技