

文章编号: 1004-4353(2017)03-0233-05

蓝莓果醋发酵工艺的条件优化

朴银子¹, 曹思明², 金铁岩^{1,2*}

(1. 延边大学农学院 食品科学系, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学理学院 化学系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 以蓝莓为原料,利用微生物发酵法制作果醋饮品. 首先测定发酵成品果醋中的各项理化指标含量和感官评分结果,然后根据结果确定蓝莓果醋饮品的最佳发酵工艺. 最佳发酵工艺条件为:栽培蓝莓作为发酵原料,酵母菌种为 *Fermivin*,酒精发酵温度为 20 ℃,醋酸温度为 35 ℃,醋酸菌种为迪发牌醋酸菌,接种量为 10%. 研究还表明,栽培蓝莓的营养成分比野生蓝莓的含量丰富,且栽培蓝莓酿制的果醋各项理化指标含量均优于野生蓝莓酿制的果醋. 本文方法酿制蓝莓果醋饮品的方法简单,且酿制出的果醋饮品口感良好,该酿制方法可为蓝莓的进一步开发利用提供新的途径.

关键词: 蓝莓; 果醋; 发酵; 条件优化

中图分类号: TS275.4 **文献标识码:** A

Optimization of fermentation process of Blueberry fruit vinegar

PIAO Yinzi¹, CAO Siming², JIN Tieyan^{1,2*}

(1. *Department of Food Science, Agricultural College, Yanbian University, Yanji 133002, China;*
2. *Department of Chemistry, College of Science, Yanbian University, Yanji 133002, China*)

Abstract: In this paper, Blueberry was used as raw material to make fruit vinegar drink by microbial fermentation. The fermentation process of Blueberry fruit vinegar was determined by measuring the physical and chemical indexes in the finished fruit vinegar and the sensory score. The optimized results showed were as followed: *Fermivin* yeast, fermentation temperature of 20 ℃, acetic acid temperature of 35 ℃, fermentation bacteria were acetic acid bacteria, and inoculation amount was 10%. The results also showed that the nutrient content of cultivated blueberries was higher than that of wild blueberries, and the contents of physical and chemical indexes were similar to those of wild Blueberry brewed fruit vinegar. The method of brewing Blueberry fruit vinegar is simple and has good taste, and the brewing method can provide a new way for the further development and utilization of Blueberry.

Keywords: Blueberry; fruit vinegar; fermentation; conditional optimization

0 引言

蓝莓为杜鹃花科越橘属植物,其种植产地主要集中在东北和胶东半岛等地. 蓝莓果实营养丰富,除含有氨基酸、矿物质、维生素等营养成分以外,蓝莓中还富含花色素、熊果苷、超氧化歧化酶、多酚及黄酮等特殊活性物质,因此被国际粮农组织评定为“人类五大健康食品之一”^[1]. 研究显示,

蓝莓具有抗衰老、抗癌症、防治脑神经衰老、提高视力、预防心脏病、增强人体免疫力等功能^[2-5]. 2014 年,郑影等在野生蓝莓中提取了花色苷,在模拟的人体肠道中,花色苷具有很好的 DPPH 清除能力和 FRAP 还原能力^[6]. 2016 年,刘小莉等以蓝莓为原料酿制了蓝莓酒,实验显示蓝莓酒具有很强的抗氧化能力^[7].

果醋是一种新兴的功能性饮品,它是利用水

收稿日期: 2017 - 04 - 22

* 通信作者: 金铁岩(1968—),男,博士,副教授,研究方向为食品发酵.

果、蔬菜或者发酵后的果酒为原料,在醋酸菌的代谢作用下发酵制成的醋饮品。由于果醋在发酵过程中,极大地溶出了原料中的微量元素、氨基酸、蛋白质和其他营养物质^[8],因此果醋的营养价值较高。目前,将蓝莓发酵加工成果醋的研究相对较少;鉴于此,本文以人工发酵的方法^[9]将蓝莓发酵成果醋饮品,并优化发酵条件,以此提高蓝莓的开发和利用价值。

1 材料与仪器

1.1 实验材料与试剂

野生蓝莓购于延吉市公园路早贸市场;栽培蓝莓(天赐四号)购于延吉市西市场;酵母菌种(Fermivin)购于 Bio-Ingredients Specialist 公司;玉园牌醋酸菌种购于济宁玉园生物科技有限公司;迪发牌醋酸菌种购于上海迪发酿造生物制品有限公司;DBSFL-果醋菌购于烟台帝伯仕自酿机有限公司;白糖为市售。

葡萄糖、氢氧化钠、盐酸、三氟乙酸、氯化钾、氯化亚铁、甲醛、无水乙醇、乙酸锌、百里香酚酞、硫代硫酸钠均 AR 级,购于天津科密欧试剂公司;三氯乙酸、亚铁氰化钾、3,5-二硝基水杨酸、中性红、甲基红、酚酞、无水乙醚均 AR 级,购于国药化学试剂有限公司;没食子酸一水物为 AR 级,购于 Aladdin 试剂公司。

1.2 实验仪器

AWH-SA 型电子秤,上海英展机电企业有限公司;FA1104 型分析天平,上海精科天平有限公司;HH-6 型恒温水浴锅,常州华普教学仪器有限公司;JC-16C 型半导体电子酒柜,上海邦希电器有限公司;PHS-3C 型 pH 酸度计,上海仪电科学仪器股份有限公司;0.5%三支装酒精计,沈阳玻璃仪器制造厂;CSY-H5A 型水分测定仪,深圳市分析仪器制造有限公司;RE-2010 型旋转蒸发器,常州亚旺仪器有限公司;电子调温加热套(500 mL),北京鑫润科诺仪器有限公司;U-3900 型紫外分光光度计,上海日立高科技公司。

2 蓝莓果醋发酵方法

2.1 蓝莓预处理

挑选并称取无腐烂、破损的蓝莓新鲜果实,破

碎均匀并充分搅拌至呈黏稠状。

2.2 糖度调整和杀菌

酵母菌的生长和代谢需要充足的糖源,但糖度不宜过高或过低。糖度过高时,酵母菌代谢速率旺盛,酒精含量上升趋势较快,发酵速度不易控制;糖度过低时,酵母菌生长代谢速率缓慢,导致发酵期延长,还会伴随其他副反应的产生^[10]。根据文献^[11]报道,本试验将初始糖度调整在 15%~16% 范围内,再加入原料质量分数 0.01% 的硫代硫酸钠进行杀菌,时间为 4 h。

2.3 酒精发酵

称取原料质量分数 0.1% 的酵母菌(Fermivin),加适当蒸馏水,恒温 30℃ 水浴 30 min 进行活化,然后倒入破碎均匀的蓝莓果浆中,搅拌均匀后放入恒温酒柜中进行发酵。文献^[12]表明,果酒中酒精度超过 8% 时,渗透压较高,不适合醋酸菌的正常代谢和生长;因此,在本试验中,当蓝莓果酒酒精含量升至 5%~6% 范围时终止发酵,然后进行压榨、过滤,放入冰箱中冷藏待用。

2.4 醋酸发酵

取上步操作过程中酒精含量在 5%~6% 范围内的酒醪,在 80℃ 条件下加热 0.5 h,然后降温至 30℃。撒入发酵用的固体粉末醋酸菌,定期搅拌并适当通入空气,待种液中总酸的百分含量上升至 2.0% 时终止,接种待用。

将扩大培养后的醋酸菌液按一定比例倒入蓝莓果酒中,定期搅匀,发酵结束后过滤,最终得到蓝莓果醋。

3 蓝莓果醋发酵条件优化

本文选择以下蓝莓发酵条件进行优化:不同蓝莓品种、发酵温度(酒精发酵、醋酸发酵)、醋酸菌种类、醋酸菌添加量。实验采用单因素分析。

3.1 试验测定方法

水分测定利用红外线水分测定仪^[13];粗脂肪提取采用索式提取法(浸泡溶剂使用无水乙醚)^[14];粗蛋白测定采用凯氏定氮法^[15];可溶性固形物测定利用手持糖度计;总酸测定采用标准 NaOH 滴定法^[16];还原糖测定采用 3,5-二硝基水杨酸法^[17];氨基氮测定采用甲醛-酸碱滴定法^[18]。数据分析利用 SPSS 17.0 软件进行^[19]。

3.2 蓝莓的品种

首先,分别对野生和栽培蓝莓鲜果中的营养成分进行测定,包括一般营养成分中的水分、粗脂肪、粗蛋白、花色素、可溶性固形物含量,以及功能性成分中的花色素含量;然后,对野生和栽培蓝莓发酵酿制的果醋理化指标进行测定,包括总酸、还原糖、氨基氮含量和感官评定,并根据试验的各个指标和感官评定结果确定出最合适发酵的蓝莓品种。

3.3 酒精发酵温度

分别在 10、15、20℃和 25℃4 个不同温度下进行酒精发酵,并记录每天的酒精体积浓度,根据酒精体积浓度的变化情况确定最合适的发酵温度。

3.4 醋酸发酵温度

将发酵好的蓝莓果酒分别在 25、30、35℃和 40℃下添加醋酸菌继续发酵,根据总酸含量的变化情况,确定最合适的醋酸发酵温度。

3.5 醋酸菌种

选取 3 种不同品牌(玉园牌、迪发牌和帝伯仕牌)的醋酸菌种作为发酵菌种。醋酸发酵阶段,其他发酵条件相同。分别添加上述 3 种不同品牌的醋酸菌种,根据发酵后最终制得的蓝莓果醋中总酸、还原糖、氨基氮含量和感官评定结果确定最合适的发酵菌种。

3.6 醋酸菌接种量

在 3.5 的研究基础上,取 3 份等体积的果酒依次接种 6%、10%、14%活化充分的醋酸菌,根据发酵终止后蓝莓果醋中的总酸、还原糖和氨基氮含量以及感官评定结果确定最合适醋酸菌发酵的接种用量。

4 结果与讨论

4.1 不同温度对酒精发酵的影响

图 1 是不同温度下酒精含量的变化趋势。由图 1 可以看出:在发酵期间内,当温度为 25℃时,酒精含量上升最快,其次为 20、15、10℃,这说明温度越高,发酵速度越快,酒精含量越容易升高。酒精含量方面,25℃发酵的酒精含量最高,约达到 7%,而 10℃和 15℃发酵的酒精含量均低于 5%,只有当发酵温度为 20℃时,酒精含量在 5%~6%范围内,满足后续醋酸发酵的要求。综上,本文

选取 20℃作为最佳酒精发酵温度。

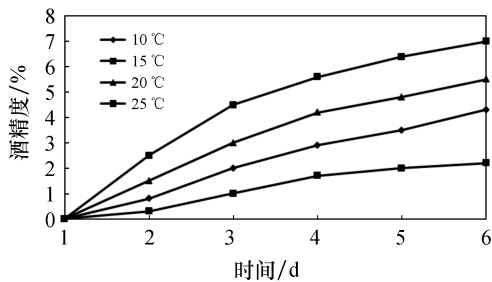


图 1 不同发酵温度对酒精含量变化的影响

4.2 不同温度对醋酸发酵的影响

图 2 是不同发酵温度下,果醋发酵过程中总酸含量的变化情况。从图 2 中可以直观地看出,蓝莓果醋的总酸含量均呈逐渐上升趋势,其中在 35℃发酵时总酸含量上升速度最快,在 25℃发酵时上升速度最慢。发酵终止后,在 25℃和 40℃发酵的果醋其总酸含量明显低于其他 2 组,含量分别为 4.3 g/100 mL 和 5 g/100 mL,在 35℃发酵时酿制的果醋总酸含量最高,为 7.2 g/100 mL。鉴于上述结果,本文选取 35℃作为最佳醋酸发酵阶段温度。另外,上述实验结果也说明,温度过高或过低对醋酸菌的产酸能力有一定的影响。

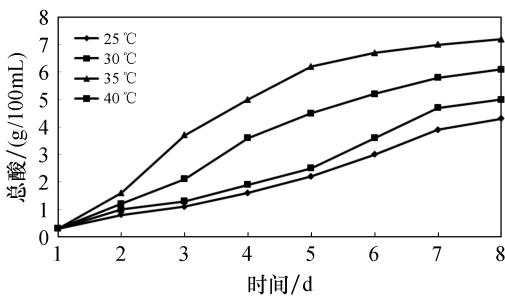


图 2 不同发酵温度对总酸含量变化的影响

4.3 不同醋酸菌种类对蓝莓果醋品质的影响

利用不同品牌醋酸菌酿制的蓝莓果醋,其总酸、还原糖以及氨基氮含量见表 1。表中肩标字母表示同一列数据之间的相互比较,字母相同的数据表示差异性不显著($P>0.05$),字母不同的数据表示差异性显著($P<0.05$)。从表 1 可以看出,迪发牌醋酸菌发酵酿制的果醋中其总酸含量(5.50 g/100 mL)、还原糖含量(2.54 mg/100 mL)、氨基氮含量(0.31 g/100 mL)均为最高。

表 1 不同醋酸菌种对蓝莓果醋理化指标含量的影响

菌种品牌	总酸/ (g/100 mL)	还原糖/ (mg/100 mL)	氨基氮/ (g/100 mL)
玉园牌	5.50±0.20 ^c	1.94±0.02 ^c	0.14±0.02 ^b
迪发牌	7.30±0.10 ^a	2.54±0.01 ^a	0.31±0.06 ^a
帝伯仕牌	6.50±0.10 ^b	2.11±0.02 ^b	0.24±0.04 ^a

表 2 是采用不同醋酸菌种发酵蓝莓果醋的感官评定结果. 从表 2 可知,迪发牌醋酸菌发酵酿制的果醋在色泽(5.9)、香气(5.6)、味道(5.9)和综合评分(5.3)上都高于其他 2 个品牌醋酸菌发酵酿制的果醋. 利用统计学分析方法对色、香、味进行分析表明,3 个试验组之间在色、香、味评定方面存在差异性显著. 综上,最适合酿制蓝莓果醋的醋酸菌种为迪发牌醋酸菌.

表 2 不同醋酸菌种对蓝莓果醋感官评定结果的影响

菌种品牌	色	香	味	综合评分
玉园牌	4.8±0.42 ^b	4.7±0.48 ^b	4.6±0.52 ^b	4.6±0.48 ^b
迪发牌	5.9±0.74 ^a	5.6±0.52 ^a	5.9±0.74 ^a	5.3±0.56 ^a
帝伯仕牌	5.4±0.51 ^a	5.0±0.67 ^b	4.9±0.57 ^b	4.8±0.67 ^b

4.4 不同醋酸菌接种量对蓝莓果醋品质的影响

从表 3 的数据可以看出,当醋酸菌接种量为 10%时,酿制的蓝莓果醋中的总酸、还原糖和氨基氮的含量最高,分别为 5.2 g/100 mL、1.32 mg/100 mL、0.35 g/100 mL,说明果醋的理化性质较好. 接种量为 14%时,果醋中各项理化指标含量最低,这可能是醋酸菌加入量过多,部分营养成分被用于醋酸菌的生长和繁殖,从而导致产酸速率降低.

表 3 不同醋酸菌接种量对蓝莓果醋理化指标的影响

接种量/ %	总酸/ (g/100 mL)	还原糖/ (mg/100 mL)	氨基氮/ (g/100 mL)
6	5.2±0.15 ^b	1.32±0.02 ^c	0.16±0.05 ^c
10	6.6±0.12 ^a	2.57±0.01 ^a	0.35±0.04 ^a
14	5.4±0.15 ^b	2.01±0.02 ^b	0.25±0.04 ^b

不同醋酸菌接种量对蓝莓果醋感官评定的影响如表 4 所示. 表 4 显示,接种量为 10%的各项评分均最高,除色泽方面无太大差异外,其他 3 项评分与另外 2 组都存在显著性差异,这说明醋酸菌接种量对果醋的感官特性有较大的影响. 根据以上结果,本文选取 10%的接种量作为最佳的醋酸菌接种量.

表 4 不同醋酸菌接种量对蓝莓果醋感官评定结果的影响

接种量/ %	色	香	味	综合评分
6	5.4±0.70 ^a	4.4±0.70 ^b	5.0±0.81 ^a	5.0±0.81 ^b
10	5.8±0.78 ^a	5.9±0.57 ^a	5.6±0.70 ^a	5.7±0.67 ^a
14	5.0±0.81 ^b	4.9±0.74 ^b	4.3±0.48 ^b	4.6±0.70 ^b

4.5 两种蓝莓的营养成分含量分析

表 5 是 2 个蓝莓品种的几种营养物质含量的测定结果. 由表 5 可知,2 种蓝莓品种的营养成分含量存在一定差异,其中除水分和粗脂肪的含量相差不大外,其他含量(粗蛋白、花色素和可溶性固形物)栽培蓝莓均明显高于野生蓝莓,由此说明栽培蓝莓中的营养成分更为丰富.

表 5 不同品种蓝莓的营养成分含量

蓝莓品种	水分/ %	粗脂肪/ %	粗蛋白/ (mg/g)	花色素/ (mg/g)	可溶性 固形物/%
野生蓝莓	85.60±0.20 ^a	0.43±0.02 ^a	3.17±0.23 ^b	0.97±0.12 ^b	7.96±0.10 ^b
栽培蓝莓	85.80±0.10 ^a	0.40±0.03 ^a	6.57±0.25 ^a	3.40±0.10 ^a	9.47±0.17 ^a

4.6 蓝莓品种对果醋品质的影响

利用野生蓝莓和栽培蓝莓酿制的蓝莓果醋的理化指标如表 6 所示. 表 6 显示,栽培蓝莓的理化指标含量(总酸 6.9 g/100 mL、还原糖 2.61 mg/100 mL、氨基氮 0.34 g/100 mL)均明显高于野生蓝莓,因此单从蓝莓果醋理化指标方面考虑,栽培蓝莓品种更适合发酵制作果醋.

表 6 不同蓝莓品种对果醋理化指标含量的影响

蓝莓品种	总酸/ (g/100 mL)	还原糖/ (mg/100 mL)	氨基氮/ (g/100 mL)
野生蓝莓	5.2±0.06 ^b	1.75±0.01 ^b	0.22±0.03 ^b
栽培蓝莓	6.9±0.01 ^a	2.61±0.02 ^a	0.34±0.04 ^a

利用野生蓝莓和栽培蓝莓发酵酿制果醋的感官评定结果如表 7 所示. 由表 7 可以看出,在色、香、味以及综合评分方面,栽培蓝莓酿制果醋的评分均高于野生蓝莓.

表 7 不同蓝莓品种对果醋感官评定结果的影响

蓝莓品种	色	香	味	综合评分
野生蓝莓	5.4±0.69 ^a	4.8±0.78 ^b	5.5±0.52 ^a	5.1±0.73 ^b
栽培蓝莓	5.7±0.67 ^a	5.8±0.78 ^a	5.9±0.87 ^a	5.9±0.73 ^a

5 结论

本文利用微生物发酵的方法酿制蓝莓果醋,并对其制作工艺过程中的条件进行了优化,其最佳优化条件为:酒精发酵阶段的发酵温度为 20℃,酵母菌为 *Fermivin*;醋酸发酵阶段的发酵温度为 35℃,醋酸菌种为迪发牌醋酸菌,接种量为 10%。在该优化条件下酿造的蓝莓果醋中的总酸含量可达 7 g/100 mL。研究表明,栽培蓝莓的营养成分比野生蓝莓的含量丰富,且栽培蓝莓酿制果醋的各项理化指标均优于野生蓝莓酿制的果醋。

本文提出的蓝莓果醋发酵法工艺操作简单,周期合理,且酿造的蓝莓果醋口感良好,因此本方法可为蓝莓的进一步开发利用提供新的途径。

参考文献:

[1] 王姗姗,孙爱东,李淑燕. 蓝莓的保健功能及其开发应用[J]. 中国食物与营养,2010(6):17-20.

[2] 吴莹,周庆,李杏,等. 蓝莓花青素与白藜芦醇复配对老龄小鼠抗衰老作用的评价[J]. 中国医院药学杂志,2016,36(24):2178-2183.

[3] Roopchand D E, Kuhn P, Rojo L E, et al. Blueberry polyphenol-enriched soybean flour reduces hyperglycemia, body weight gain and serum cholesterol in mice[J]. *Pharmacological Research*, 2013, 68(1): 59-67.

[4] Vendrame S, Daugherty A, Kristo A S, et al. Wild Blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption improves inflammatory status in the obese Zucker rat model of the metabolic syndrome[J]. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2013, 24(8):1508-1512.

[5] 邓惠玲. 蓝莓、菟丝子、益智仁抗衰老作用及其机制研究[D]. 大连:大连理工大学,2006.

[6] 郑影,何玉龙,郑洪亮,等. 蓝莓花色苷体外及模拟人体胃肠环境的抗氧化活性研究[J]. 食品与生物技

术学报,2014,33(7):736-742.

[7] 刘小莉,仇小妹,王英,等. 蓝莓果酒发酵工艺条件及品质研究[J]. 食品研究与开发,2016,37(11):85-89.

[8] 蒋丽,周俊良,张兴无. 果醋的研究现状及发展前景[J]. 中国调味品,2012,37(4):1-4.

[9] Hidalgo C, Garcla D, Romero J, et al. *Acetobacter* strains isolated during the acetification of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) wine[J]. *Letters in Applied Microbiology*, 2013, 57(3):227-232.

[10] 林玲. 酵母菌株在黄酒发酵中的代谢特性及单倍体制备的研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2011.

[11] 李影,韩立杰,刘子菱,等. 不同种类酵母对蓝莓果酒品质的影响[J]. 食品科技,2014,39(4):73-77.

[12] Su M S, Silva J L. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation[J]. *Food Chemistry*, 2006, 97(3):447-451.

[13] 黎永艳,张海霞,邱棋伟. 水分测定仪测定食品中水分的含量[J]. 医学动物防制,2011,27(9):880-881.

[14] 任志秋,孙淑华,乐也国. 测定大豆粗脂肪含量方法 SZC-C 型脂肪测定仪[J]. 黑龙江粮食,2003(5):36-37.

[15] 李晴媛,徐晓娜. 饲料中粗蛋白含量的测定方法[J]. 中国畜牧兽医文摘,2013,29(2):190,197.

[16] 中国食品发酵工业研究所. GB/T15038-2006 葡萄酒、果酒通用试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

[17] 程柳,李静. 3,5-二硝基水杨酸法测定山楂片中还原糖和总糖含量[J]. 轻工科技,2016,208(3):25-28.

[18] 王伟. 自动电位滴定法与手动滴定法测定酱油中总酸和氨基酸态氮的比较[J]. 硅谷,2008(9):80-81.

[19] Liu R X, Kuang J, Gong Q, et al. Principal component regression analysis with spss[J]. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2003, 71(2):141-147.