

不同灭菌条件对发酵型杨梅酒品质的影响

徐玲萍,陆正,夏慧丽*

(台州市食品药品检验研究院,浙江台州 318000)

摘要:为研究灭菌工艺对发酵型杨梅酒品质的影响,该研究设置不同加热温度(60、80、100、120 °C)、不同加热时间(20 s、2、5、10、20 min)预处理杨梅果汁,在同等条件下发酵和陈酿,分析灭菌条件对杨梅酒理化、色值、菌落数、营养成分、风味物质等指标影响。结果表明,灭菌条件对酒精度、干浸出物含量影响不显著,灭菌时间与有机酸、酯类物质、杂油醇含量显著相关,除60 °C 20 s,其余灭菌条件均未检出菌落数,120 °C 20 s的短时高温灭菌工艺得到杨梅酒呈色更佳。综合比较,经80 °C 20 s、100 °C 20 s、120 °C 20 s、100 °C 2 min、80 °C 2 min灭菌条件生产的杨梅酒有利于有机酸、酯类、游离氨基酸转化和保留,且杂醇油、杂菌含量可得到有效控制。

关键词:灭菌工艺;杨梅酒;色值;有机酸;游离氨基酸

Effect of Different Sterilization Conditions on Quality of Fermented Bayberry Wine

XU Lingping, LU Zheng, XIA Huili*

(Taizhou Institute for Food and Drug Control, Taizhou 318000, Zhejiang, China)

Abstract: To study the effect of the sterilization process on the quality of fermented bayberry wine, the bayberry juices were pretreated at different heating temperatures (60, 80, 100, and 120 °C) and different heating time (20 s, as well as 2, 5, 10, and 20 min). Then, they were fermented and aged under the same conditions. The effects of sterilization conditions on the physicochemical, color value, aerobic plate count, nutrient components, and flavor substance of bayberry wine were analyzed. The results showed that the sterilization conditions had no significant effect on alcohol content and dry extract, and the sterilization time was significantly correlated with the contents of organic acids, ester substances, and miscellaneous oil alcohols. Except at 60 °C for 20 s, the aerobic plate count was not detected under other sterilization conditions, and the short-time high temperature sterilization process at 120 °C for 20 s had better color. By comprehensive comparison, the bayberry wine produced under the sterilization conditions of 80 °C for 20 s, 100 °C for 20 s, 120 °C for 20 s, 100 °C for 2 min, and 80 °C for 2 min was conducive to the conversion and retention of organic acids, esters, and free amino acids, and the contents of miscellaneous oil alcohol and hybrid bacteria could be effectively controlled.

Key words: sterilization process; bayberry wine; color value; organic acid; free amino acid

引文格式:

徐玲萍,陆正,夏慧丽.不同灭菌条件对发酵型杨梅酒品质的影响[J].食品研究与开发,2025,46(5):64-71.

XU Lingping, LU Zheng, XIA Huili. Effect of Different Sterilization Conditions on Quality of Fermented Bayberry Wine[J].

Food Research and Development, 2025, 46(5): 64-71.

杨梅酒是杨梅的深加工产品,根据工艺不同分为浸泡杨梅酒和发酵杨梅酒。因工艺简单、操作方便,在杨梅季自制一壶杨梅浸泡酒是浙江沿海地区的习俗。随着人们生活品质的日益提高,果香浓郁、酒精度低、

营养丰富的发酵型果酒越来越受消费者喜爱^[1],因此不少杨梅酒生产企业逐渐将目光转向发酵型杨梅酒。发酵型杨梅酒生产工艺为原料分选去杂、清洗、榨汁、成分调整、加热灭菌、冷却、接种发酵、停止发酵、二次

基金项目:台州市科技计划项目(22nyb04)

作者简介:徐玲萍(1982—),女(汉),工程师,本科,研究方向:食品质量安全检测和分析。

*通信作者:夏慧丽(1978—),女(汉),高级工程师,博士,研究方向:食品质量安全检测和分析。

调整、澄清过滤、杀菌、灌装^[2-3],其中加热灭菌、接种发酵、调配、杀菌等均为发酵果酒的关键控制点^[4-6]。

灭菌工艺是利用高温对杨梅汁中的微生物起到消杀作用,从而避免杂菌对发酵产生不利的影 响。杨梅汁发酵过程中添加的酵母菌相较于天然存在的杂菌在数量上占据优势,但是仍然存在被其他微生物破坏的可能性^[7-11]。腐败微生物污染主要来源于发酵设备和水果表皮,包括酵母菌、丝状真菌和细菌等污染。腐败微生物不仅影响果酒的风味还有可能造成食品安全问题^[12-13]。灭菌工艺对多酚氧化酶也兼具钝化作用,可减少杨梅酒酶促褐变的发生,保持酒体的清亮鲜红^[14]。王月晖等^[15]、闫真真^[16]的研究表明热处理技术对果酒酶促褐变发生有明显的抑制作用。过度加热则会对杨梅酒的营养成分和风味物质产生不利影响,因此研究和控制合适的灭菌条件对杨梅酒发酵过程尤为重要。

目前,国内外对杨梅酒的发酵、澄清、降酸等技术研究较多,对灭菌工艺的研究相对较少^[17-18]。关于不同灭菌条件处理的杨梅酒成分差异的研究鲜见报道。本试验通过研究不同灭菌条件对发酵型杨梅酒色值、营养成分、理化特性的影响,从而确定较为有效的灭菌工艺,以期探究更优的杨梅酒生产工艺以及品质更佳的杨梅酒产品提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

杨梅汁:浙江聚仙庄饮品有限公司;白砂糖:市售;葡萄酒果酒专用酵母(angel wine and fruit wine specific yeast, SY):安琪酵母股份有限公司;RP 离子色谱小柱:上海安谱实验科技股份有限公司;17种氨基酸混标、茚三酮显色液:富士和光纯药株式会社;平板计数琼脂培养基、孟加拉红琼脂培养基:广东环凯微生物科技有限公司;柠檬酸、乳酸、乙酸、DL-苹果酸、乙酸乙酯、乳酸乙酯、正丙醇、异丁醇、异戊醇、 β -苯乙醇(均为分析纯):上海麦克林生化科技股份有限公司。

1.2 仪器与设备

全自动色度分析仪(PFXi-995):英国罗维朋公司;全自动氨基酸分析仪(LA8080):日本日立公司;气相色谱仪(GC-2010 Plus):日本岛津公司;酒精分析仪(DMA4100M):奥地利安东帕公司;恒温恒湿培养箱(HPP260)、生化培养箱(IPP 400Plus):德国美墨尔特公司;电热恒温油浴锅(ICbasic):艾卡仪器设备有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 杨梅酒的制备

油浴锅按照不同加热温度(60、80、100、120℃)和

加热时间(20 s、2、5、10、20 min)共设置20种灭菌条件。将杨梅汁放入油浴锅,并用温度计测量其中心温度。杨梅汁达到设定温度后开始计时,到达设定时间后取出放入冰水中迅速冷却降温。灭菌后的杨梅汁添加SY(0.2 g/L),置于(25±5)℃的室温下单向密闭发酵24 h。按照200 g/L的添加量添加白砂糖,摇匀后置于(25±5)℃的室温下单向密闭发酵10 d。取上清液转入另外的容器中置于(25±5)℃室温和自然光照的条件下陈酿6个月。对照样本为不采用任何灭菌工艺的杨梅汁直接添加酵母和白砂糖进行发酵和陈酿处理。

1.3.2 杨梅酒酒精度、干浸出物含量的测定

酒精分析仪用水和不同浓度酒精进行校正,设置仪器参数:测量温度为20℃,测量时间为600 s,测量模式为红酒,重复测定3次取平均值。取50 mL杨梅酒放入自动进样器,启动运行并记录酒精度和总浸出物含量。参考GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》^[19]中的方法对样品中的总糖含量进行测定。干浸出物含量即为总浸出物含量与总糖含量差值。

1.3.3 杨梅酒色值测定

全自动色度分析仪预热和调零,设置仪器参数:光源D 65,视角2°,光程长度10 mm,选定色度标准CIE Lab,重复测定3次取平均值。取10 mL杨梅酒10 000 r/min离心3 min,过4 μ m的水系滤膜。滤液转移至10 mm比色皿并放入仪器进行测量,分别记录L*值、a*值、b*值。

1.3.4 菌落总数、霉菌、酵母菌的测定

参考GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物检验 菌落总数的测定》^[20]中的方法进行菌落总数的测定,观察并记录(36±1)℃培养(48±2) h菌落总数。参考GB 4789.15—2016《食品安全国家标准 食品微生物检验 霉菌和酵母计数》^[21]中的方法进行霉菌和酵母菌的测定,观察并记录(28±1)℃培养5 d的霉菌和酵母数。

1.3.5 有机酸的测定

取样品1 mL用纯水稀释并定容至20 mL容量瓶,经RP离子色谱小柱净化,有机滤膜过滤,然后经离子色谱检测。离子色谱仪器条件:色谱柱为Dionex IonPac AS 19(250 mm×4 mm×7.5 mm)和Dione IonPac AS 19(50 mm×4 mm×11 mm);流动相为KOH溶液(由Dionex EGC500 KOH淋洗液自动发生器在线产生);流速为1.0 mL/min;检测器为电导检测器;池温30℃;柱温30℃;梯度洗脱条件0~13 min, 4 mmol/L;13~14 min, 4~16 mmol/L;14~33 min, 16 mmol/L;33~37 min, 16~50 mmol/L;37~43 min, 50 mmol/L;43~45 min, 50~4 mmol/L;45~50 min, 4 mmol/L^[22]。

1.3.6 酯类和醇类化合物的测定

杨梅酒经过 0.22 μm 有机滤膜过滤,进气相色谱仪检测。色谱条件:色谱柱为 DB-WAX UI 毛细色谱柱 (60 m \times 0.250 mm \times 0.25 μm);检测器为火焰离子化检测器,温度 250 $^{\circ}\text{C}$;气化室温度 250 $^{\circ}\text{C}$;进样体积为 1 μL ;分流比 50:1;升温程序:35 $^{\circ}\text{C}$ 保持 4 min,以 4 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 230 $^{\circ}\text{C}$,230 $^{\circ}\text{C}$ 保持 7 min;载气流速 1.0 mL/min。

1.3.7 游离氨基酸的测定

参考李沁娅等^[23]的方法对样品进行沉淀蛋白和去杂处理。利用全自动氨基酸分析仪对杨梅酒中的游离氨基酸成分进行测定。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 22.0 软件进行数据处理和统计分析,Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)检验统计量用于比较变量间简单相关系数和偏相关系数,用于判定试验数据是否适合作因子分析。

2 结果与分析

2.1 不同灭菌条件对杨梅酒酒精度和干浸出物含量的影响

一般来说,果酒的酒精度为 8% vol~15% vol,酒精度过高或过低均会影响杨梅酒的口感,过高会掩盖杨梅酒的天然芳香,过低则导致杨梅酒口味不足。酒精度与鲜味呈显著负相关 ($P<0.05$),酒精度与苦味呈显著正相关 ($P<0.05$)^[24-25]。酒精度主要由杨梅果实中的含糖量和外源添加糖量决定。虽然杨梅酒的发酵是很复杂的化学反应过程,但其中最主要的变化就是糖在酵母菌的作用下转化为酒精和二氧化碳,因此酒精度也是衡量杨梅酒发酵成败的关键指标。杨梅酒中富含的糖、有机酸、多种维生素、无机盐、花青素等营养成分含量的高低通常以干浸出物来表示。不同灭菌条件下杨梅酒的酒精度和干浸出物含量见表 1 和表 2。

由表 1 和表 2 可知,不同灭菌条件下的杨梅酒酒

表 1 不同灭菌条件下杨梅酒酒精度

Table 1 Alcohol content of bayberry wine under different sterilization conditions

灭菌条件	酒精度/% vol	灭菌条件	酒精度/% vol	灭菌条件	酒精度/% vol	灭菌条件	酒精度/% vol
60 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	14.4	80 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	14.3	100 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	14.4	120 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	14.6
60 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	14.4	80 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	14.3	100 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	14.2	120 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	14.3
60 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	14.3	80 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	14.3	100 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	14.4	120 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	14.2
60 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	13.9	80 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	14.4	100 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	14.4	120 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	14.5
60 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	14.1	80 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	14.4	100 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	14.4	120 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	14.5

表 2 不同灭菌条件下杨梅酒干浸出物含量

Table 2 Dry extract content of bayberry wine under different sterilization conditions

灭菌条件	干浸出物含量/ (g/L)	灭菌条件	干浸出物含量/ (g/L)	灭菌条件	干浸出物含量/ (g/L)	灭菌条件	干浸出物含量/ (g/L)
60 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	24.3	80 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	24.5	100 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	24.9	120 $^{\circ}\text{C}$ 20 s	24.7
60 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	24.3	80 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	24.5	100 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	24.8	120 $^{\circ}\text{C}$ 2 min	24.7
60 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	24.2	80 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	24.5	100 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	25.3	120 $^{\circ}\text{C}$ 5 min	24.7
60 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	25.4	80 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	25.3	100 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	25.0	120 $^{\circ}\text{C}$ 10 min	25.2
60 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	25.1	80 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	24.5	100 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	23.8	120 $^{\circ}\text{C}$ 20 min	23.4

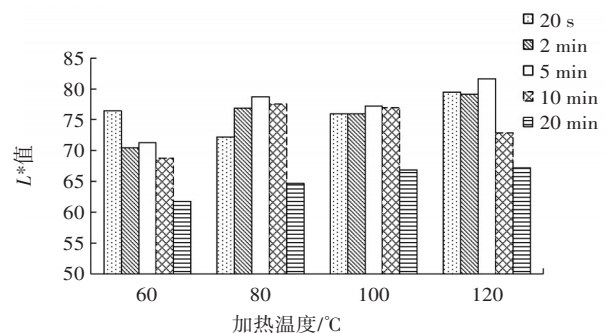
精度为 13.9% vol~14.6% vol,干浸出物含量为 23.4~25.4 g/L。对照样品的酒精度为 14.4% vol,干浸出物含量为 24.7 g/L。采用单样本 t 检验,对样本平均值和对照样品测定值的差异进行分析。酒精度差异的显著性为 0.073,干浸出物差异的显著性为 0.698,均为不显著。由此可见,不同灭菌条件对样品酒精度和干浸出物含量影响不大。

2.2 不同的灭菌条件对杨梅酒色值的影响

L^* 值是反映样品亮度变化的指标(数值越大,颜色越亮), a^* 值是反映样品红色变化的指标(数值越大,颜色越红), b^* 值是反映样品黄蓝变化的指标(正数时数值越大,颜色越黄;负数时绝对值越大,颜色越蓝)。刚发酵完成的杨梅酒色泽鲜红诱人,随着陈酿时间的延长,杨梅酒颜色逐渐褐变暗淡,不同灭菌条件处理下杨

梅酒颜色变化见图 1。

由图 1 可知,120 $^{\circ}\text{C}$ 加热 5 min 以内, L^* 值更高,杨梅酒在亮度上稍占优势。5 min 后,不同加热温度下杨梅酒 L^* 值均有所降低。120 $^{\circ}\text{C}$ 加热,在 20 s 时,杨梅酒的红色色度较深,黄色色度较浅。杨梅酒保留了杨梅



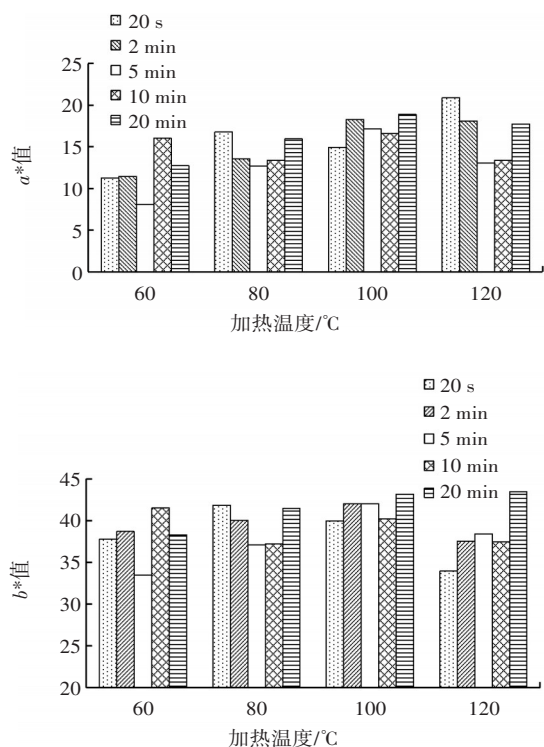


图1 不同的灭菌条件对样品色值的影响

Fig.1 Effect of different sterilization conditions on color value of samples

中的酚类物质,在多酚氧化酶和氧的作用下酚类物质容易形成醌聚合物,从而发生不同程度的褐变。高温短时的灭菌工艺使多酚氧化酶发生钝化,能在一定程度上遏制酶促褐变发生。但是加热时间延长, V_c 氧化、氨基酸的美拉德反应等非酶促褐变便会加剧,这对杨梅酒呈色没有益处。相对来说, 120 °C 加热 20 s 的灭菌条件下杨梅酒颜色更佳。

2.3 不同的灭菌条件对杨梅汁灭菌效果的影响

杨梅汁 pH 值较小,不利于一般微生物的生长,然而耐低 pH 值和耐高糖特性的酵母菌则成了天然优势菌^[26-27]。在杨梅酒生产过程中酵母菌是必不可少的,但这些天然的酵母菌并非均为有益菌,如酒香酵母属与德克酵母属的酵母通常会令人不愉快的风味。本试验对不同灭菌条件下微生物的杀灭效果进行测定发现,未灭菌的杨梅汁菌落总数测定值为 63 CFU/mL、酵母菌 2 834 CFU/mL、霉菌 31 CFU/mL。60 °C 20 s 灭菌条件下杨梅汁中含有 2 CFU/mL 菌落总数、104 CFU/mL 酵母菌、2 CFU/mL 霉菌,没有达到理想的灭菌效果。其他灭菌条件下杨梅果汁菌落总数、霉菌、酵母菌均小于 1 CFU/mL,灭菌效果均符合预期。这与田学智等^[28]的研究结果相似。

2.4 不同的灭菌条件对杨梅酒中有机酸成分的影响

所谓“无酸不成酒”,酸具有呈味作用,适量的酸可使杨梅酒口感活泼、爽口、协调。杨梅中含有大量的有

机酸,其在发酵、陈酿过程中有机酸的种类和含量都会发生变化。研究表明杨梅酒的有机酸主要有柠檬酸、乳酸、苹果酸、乙酸等。不同的灭菌条件对杨梅酒中有机酸成分的影响见图 2。

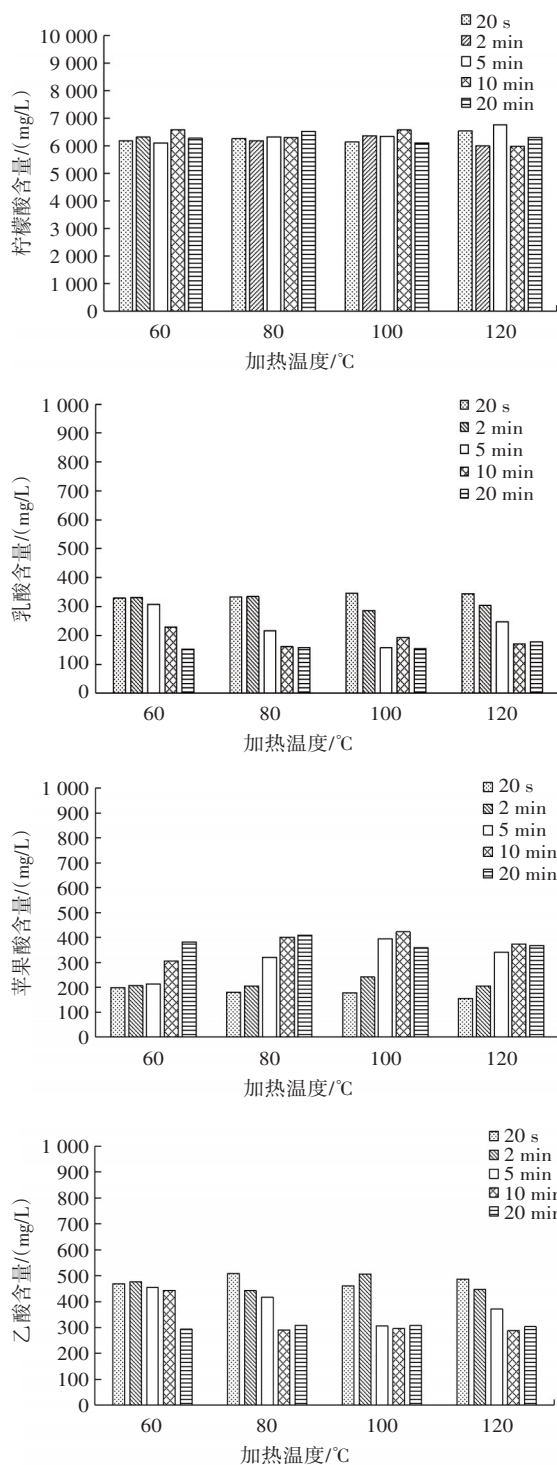


图2 不同的灭菌条件对柠檬酸、乳酸、苹果酸、乙酸含量的影响
Fig.2 Effect of different sterilization conditions on contents of citric acid, lactic acid, malic acid, and acetic acid

由图 2 可知,柠檬酸含量最高,对杨梅酒酸味的贡献最大。相关性分析结果表明,柠檬酸含量与加热时

间和加热温度相关性不显著,可能是因为杨梅酒的柠檬酸主要来源于杨梅果汁本身,与菌体糖酵解、三羧酸循环、苹果酸-乳酸发酵(malolactic fermentation, MLF)、乙酸发酵、酒精发酵等代谢途径较少关联。乳酸酸味柔和且带有稍许乳香味,是对果酒风味有益的不挥发酸。苹果酸有刺激性爽快的酸味,稍带苦涩味,呈味时间较长。高含量的苹果酸会导致酒体品质下降甚至酸败。MLF 也被称为二次发酵,是将苹果酸转化为乳酸,伴随产生二氧化碳和风味物质的步骤。该过程一般发生在酒精发酵之后,目的是让杨梅酒的口感变得更加柔顺细腻。相关性分析结果表明,乳酸与加热时间呈现显著的负相关,与加热温度不相关。苹果酸与加热时间呈现显著的正相关,与加热温度不相关。可见缩短加热时间有利于 MLF。乙酸具有醋香味,一般果酒的含量为 300~600 mg/L,当乙酸含量超过 700 mg/L 时,醋味则变得明显。不同灭菌条件下杨梅酒中乙酸含量为 288~508 mg/L,该值未超过产生不良风味的阈值。

2.5 不同的灭菌条件对杨梅酒酯类化合物的影响

酯类化合物是杨梅酒主要呈香、呈味物质,可赋予果酒果香和花香的属性。酯类化合物的保留在杨梅酒的酿造及调配工艺中至关重要。通过对杨梅酒中 17 种酯类物质的检测,发现乙酸乙酯、乳酸乙酯是杨梅酒中的主要酯类化合物。不同灭菌条件对杨梅酒中乙酸乙酯和乳酸乙酯含量的影响结果见图 3。

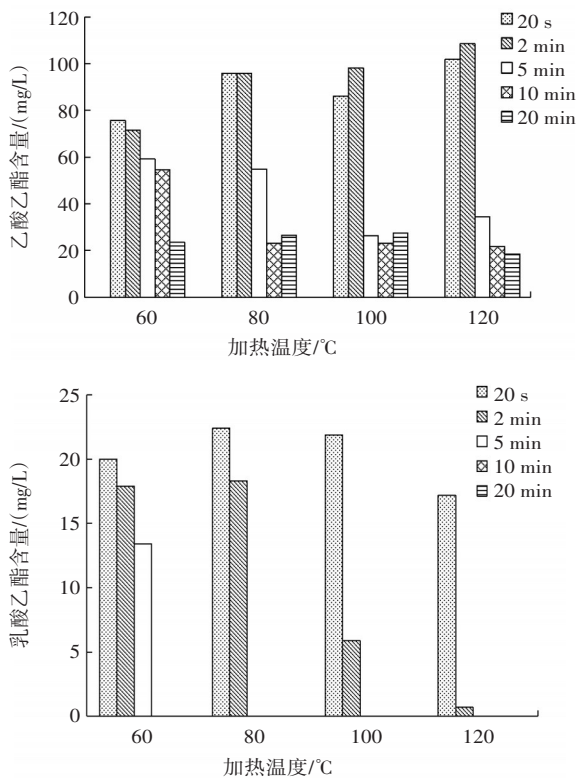


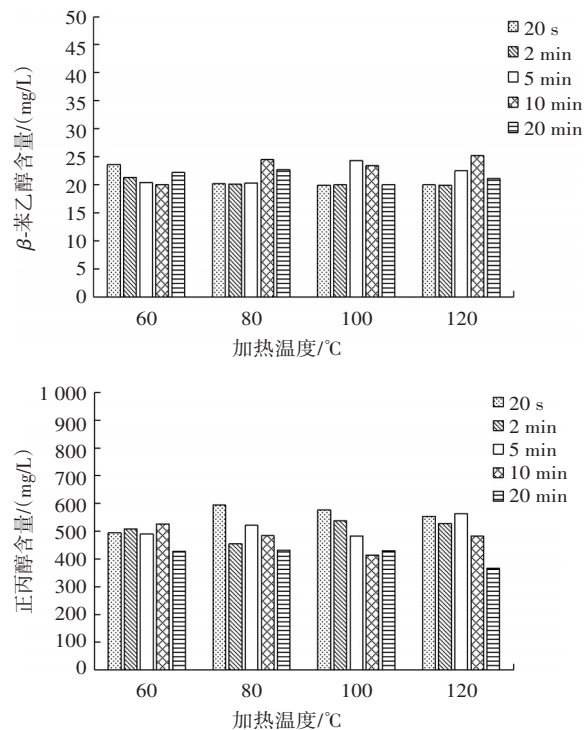
图3 不同的灭菌条件对乙酸乙酯、乳酸乙酯含量的影响

Fig.3 Effect of different sterilization conditions on contents of ethyl acetate and ethyl lactate

乙酸乙酯有菠萝香、苹果香,它是构成杨梅酒水果香气的主要物质。由图 3 可知,2 min 内不同加热温度处理的杨梅酒乙酸乙酯含量下降趋势均不明显。2 min 后其含量急剧下降。加热时间为 20 min 时,乙酸乙酯含量下降至 18.6~26.6 mg/L,然而未经加热处理对照样品的含量为 101.9 mg/L。乳酸乙酯有朗姆酒、水果和奶油的香味,促使酒体浓厚丰满。加热时间 20 s,不同温度的热处理工艺对乳酸乙酯含量影响不明显。加热时间为 2 min 时,加热温度越高乳酸乙酯含量下降幅度越大。热处理工艺对杨梅酒酯类化合物影响很大,加热时间越长,加热温度越高,对酯类物质生成越不利,这可能与酯类化合物的前体物质如乙酸、乳酸在加热过程挥发和破坏有关。综上分析,在 60、80、100、120 °C 不同温度下加热 20 s 的热处理工艺能较好地保留杨梅酒酯类成分。

2.6 不同的灭菌条件对杨梅酒醇类化合物的影响

醇是发酵酒重要的香气化合物,它是醇甜的主要物质来源,也是酯类的前驱物质。大部分的醇类化合物的香气阈值较高,香气特征主要是水果香、花香和醇香。酵母能在有氧条件下把糖转化成醇,在厌氧条件下把氨基酸转化成醇。醛类物质也可能通过还原反应形成少量相应的醇^[29]。本研究对杨梅酒 9 种醇类物质开展检测,除乙醇外,检测到的醇类物质还有正丙醇、异丁醇、异戊醇和 β -苯乙醇等杂醇油。杂醇油的毒性和麻醉力比乙醇强,且与碳链的长短有关,碳链越长毒性越强,以异丁醇和异戊醇的毒性为主。不同的灭菌条件对 β -苯乙醇、正丙醇、异丁醇和异戊醇含量的影响见图 4。



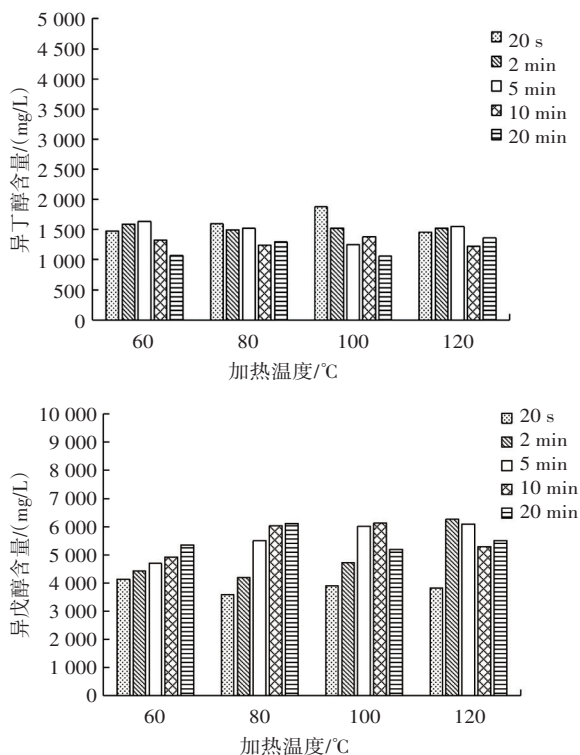


图4 不同的灭菌条件对β-苯乙醇、正丙醇、异丁醇、异戊醇含量的影响

Fig.4 Effect of different sterilization conditions on contents of β-phenylethanol, n-propanol, isobutanol, and isoamyl alcohol

由图4可知,随着加热时间的延长,正丙醇、异丁醇的含量整体呈现下降的趋势,异戊醇含量整体呈上升的趋势。利用偏相关分析对测量结果进行分析,加热温度和β-苯乙醇、正丙醇、异丁醇、异戊醇含量相关性不显著。加热时间和β-苯乙醇含量相关性不显著,但和正丙醇、异丁醇含量呈现显著的负相关,和异戊醇含量呈现显著的正相关。异戊醇含量3 591~6 816 mg/L,相对于其他杂醇油占比最大,对酒的品质影响较大。在60、80、100、120 °C不同温度下加热20 s,异戊醇含量较低,对控制杂醇油的含量较为有利。

2.7 不同的灭菌条件对游离氨基酸含量的影响

杨梅发酵酒独特的口感,与其含量丰富的游离氨基酸有关。氨基酸的呈味特性与其侧链R基团的疏

水性有密切关系。甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸呈甜味,亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸呈苦味,天门冬氨酸和谷氨酸则呈酸味和鲜味^[30]。对照样品中游离氨基酸检测总量为76.6 mg/L,其中赖氨酸占比最高,为10.3 mg/L。亮氨酸、谷氨酸、苯丙氨酸也是杨梅酒主要呈味氨基酸,其含量依次为8.8、8.2、8.1 mg/L。不同的灭菌条件对杨梅酒游离氨基酸含量的影响见图5。

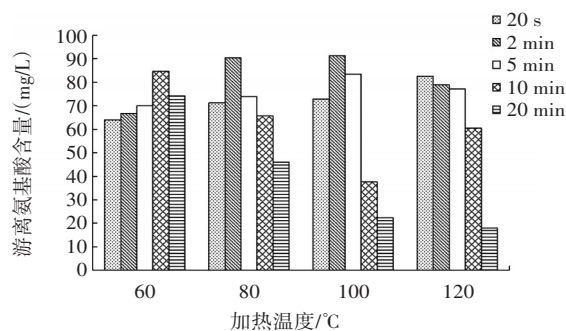


图5 不同的灭菌条件对杨梅酒游离氨基酸含量的影响

Fig.5 Effect of different sterilization conditions on content of free amino acids in bayberry wine

由图5可知,适当的加热有利于提高游离氨基酸的含量,60 °C加热10 min、80 °C加热2 min、100 °C加热2 min、100 °C加热5 min、120 °C加热20 s条件下处理的杨梅酒中游离氨基酸的含量均超过80 mg/L,相较于其他条件下处理的杨梅酒更占有优势,可能加热处理更加有利于蛋白质酶解形成游离氨基酸。

2.8 不同的灭菌工艺下杨梅酒品质的综合得分

利用SPSS主成分分析功能对不同灭菌工艺下的杨梅酒的重要品质指标(β-苯乙醇、正丙醇、异丁醇、异戊醇、乳酸、乙酸、苹果酸、柠檬酸、乙酸乙酯、乳酸乙酯、游离氨基酸含量)进行降维统计。KMO检验用于研究变量之间的相关性,本试验KMO统计量为0.692,认为对样本进行的主成分统计分析可以接受。分析提取的两个公共因子累计方差贡献率为74.559%。分别对其进行加权求和,得到各个样品的综合得分,最终计算出指标的排序,见表3。

由表3可知,80 °C 20 s、100 °C 20 s、120 °C 20 s、

表3 重要品质指标主成分分析

Table 3 Principal component analysis of important quality indicators

灭菌条件	综合得分	排序	灭菌条件	综合得分	排序	灭菌条件	综合得分	排序	灭菌条件	综合得分	排序
60 °C 20 s	0.418 9	7	80 °C 20 s	0.900 3	1	100 °C 20 s	0.853 1	2	120 °C 20 s	0.821 0	3
60 °C 2 min	0.521 3	6	80 °C 2 min	0.588 8	5	100 °C 2 min	0.630 0	4	120 °C 2 min	0.366 7	9
60 °C 5 min	0.409 4	8	80 °C 5 min	0.010 2	11	100 °C 5 min	-0.597 9	13	120 °C 5 min	-0.105 0	12
60 °C 10 min	0.093 1	10	80 °C 10 min	-0.698 3	17	100 °C 10 min	-0.777 6	20	120 °C 10 min	-0.669 5	15
60 °C 20 min	-0.669 9	16	80 °C 20 min	-0.743 0	19	100 °C 20 min	-0.730 4	18	120 °C 20 min	-0.621 3	14

100 °C 2 min、80 °C 2 min 灭菌条件下生产的杨梅酒综合得分较高,有机酸、游离氨基酸等营养物质丰富,醇类、酯类等香气成分比例协调,此条件下生产的杨梅酒品质最为突出。

3 结论

未来果酒行业一定会是兼具“健康”与“美味”发展方向。由于酿造工艺的复杂性,杨梅发酵酒在生产过程中往往会造成香气损失、感官下降、营养成分流失等现象,因此亟需建立以品质导向为基础的发酵果酒调控技术。本试验采用不同条件灭菌的杨梅果汁发酵杨梅酒,并研究不同的灭菌条件对杨梅发酵酒酒精度、色值、有机酸、酯类物质、醇类物质、营养成分含量的影响。结果表明,不同的灭菌条件对酒精度、干浸出物含量等理化指标无显著影响。加热时间对主要有有机酸、酯类物质、醇类物质的保留有显著的影响,加热时间控制为 20 s,更有利于有益组分的转化和保留。在 120 °C 下加热灭菌 20 s,呈色效果较好。综合考虑,80 °C 20 s、100 °C 20 s、120 °C 20 s、100 °C 2 min、80 °C 2 min 灭菌条件下生产的杨梅酒品质较佳。灭菌工艺对杨梅酒成分改变的研究可为杨梅酒产品的研发、品质提升提供数据参考。

参考文献:

- 白美丹,吴昊,李秀秀,等. 发酵类保健果酒行业发展存在问题与对策研究[J]. 饮料工业, 2017, 20(1): 74-77.
BAI Meidan, WU Hao, LI Xiuxiu, et al. Research on the problems and countermeasures of health wine fermentation industry[J]. Beverage Industry, 2017, 20(1): 74-77.
- 郑小江,刘金龙,向道. 保健杨梅酒的工艺改进研究[J]. 中国酿造, 2008, 27(24): 56-59.
ZHENG Xiaojiang, LIU Jinlong, XIANG Dao. Research on technology improvement of health bayberry wine[J]. China Brewing, 2008, 27(24): 56-59.
- 赵婷,李林波,潘明,等. 果酒产业的发展现状与市场前景展望[J]. 食品工业, 2019, 40(5): 302-308.
ZHAO Ting, LI Linbo, PAN Ming, et al. Development status and market prospects of fruit wine industry[J]. The Food Industry, 2019, 40(5): 302-308.
- 周超超,高毕远,陈竹韵,等. 浸泡型和发酵型杨梅酒酿造技术研究进展[J]. 农产品加工, 2022(22): 80-84.
ZHOU Chaochao, GAO Biyuan, CHEN Zhuyun, et al. Progress on traditional and fermented bayberry wine brewing technology[J]. Farm Products Processing, 2022(22): 80-84.
- 周艳华,李涛,张鹏飞. 高花色苷杨梅酒的酿造工艺[J]. 食品工业, 2021, 42(3): 61-66.
ZHOU Yanhua, LI Tao, ZHANG Pengfei. Brewing technology of high anthocyanin bayberry wine[J]. The Food Industry, 2021, 42(3): 61-66.
- 潘牧,李俊,刘辉,等. 4种不同酵母酿造杨梅酒的风味特征差异分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(23): 214-226.
PAN Mu, LI Jun, LIU Hui, et al. Difference analysis of flavor characterization of *Myrica rubra* wines fermented with 4 kinds of different yeast strains[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(23): 214-226.
- 彭欢,黄子健,吴涛,等. 刺梨自然发酵制酒过程中化学成分、抗氧化活性及优势菌的变化[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 205-213.
PENG Huan, HUANG Zijian, WU Tao, et al. Changes in chemical composition, antioxidant activity and dominant microbes during the wine production with *Rosa roxburghii* Tratt via natural fermentation[J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(2): 205-213.
- 方月月,解文利,潘肇仪,等. 生姜猕猴桃自然酒精发酵微生物多样性研究[J]. 中国酿造, 2020, 39(12): 125-129.
FANG Yueyue, XIE Wenli, PAN Zhaoyi, et al. Microbial diversity of natural alcoholic fermentation broth of ginger and kiwi[J]. China Brewing, 2020, 39(12): 125-129.
- 徐晓裕. 蟠桃酒自然发酵过程中微生物多样性及其对品质的影响研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2024.
XU Xiaoyu. Study on microbial diversity and its effect on quality of peach wine during natural fermentation[D]. Shihezi: Shihezi University, 2024.
- LIU D, HOWELL K. Community succession of the grapevine fungal microbiome in the annual growth cycle[J]. Environmental Microbiology, 2021, 23(4): 1842-1857.
- BARTLE L, MITCHELL J G, PATERSON J S. Evaluating the cytometric detection and enumeration of the wine bacterium, *Oenococcus oeni*[J]. Cytometry Part A, 2021, 99(4): 399-406.
- MODESTI M, ALFIERI G, CHIEFFO C, et al. Destructive and non-destructive early detection of postharvest noble rot (*Botrytis cinerea*) in wine grapes aimed at producing high-quality wines[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2024, 104(4): 2314-2325.
- 周锦文,李莹,孙悦. 果酒生产中腐败微生物及其防控研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(13):307-314,330.
ZHOU Jinwen, LI Ying, SUN Yue. Research advances on prevention and control of spoilage microorganisms in fruit wine manufacture[J]. Food and Fermentation Industries, 2024, 50(13): 307-314, 330.
- 邓慧萍,钟武杰,蹇华丽. 酶促氧化对荔枝酒模拟体系多酚非酶褐变的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(11): 215-219.
DENG Huiping, ZHONG Wujie, JIAN Huali. Effect of enzymatic oxidation on non-enzymatic browning of polyphenols in *Litchi* wine simulation system[J]. The Food Industry, 2021, 42(11): 215-219.
- 王月晖,徐洪宇,张京芳,等. 酿酒红葡萄多酚氧化酶活力及总酚含量[J]. 食品科学, 2013, 34(9): 47-51.
WANG Yuehui, XU Hongyu, ZHANG Jingfang, et al. Polyphenol oxidase activity and total phenol content in red wine grape[J]. Food Science, 2013, 34(9): 47-51.
- 闫真真. 樱桃酒褐变机理及酿造技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2013.
YAN Zhenzhen. Study on browning mechanism and brewing technology of cherry wine[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2013.
- BOŽIĆ J T, BUTINAR L, ANTALICK G, et al. The influence of selected indigenous yeasts on Pinot Noir wine colour properties[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2022, 102(2): 664-672.
- APLIN J J, EDWARDS C G. Impacts of non-*Saccharomyces* species and aeration on sequential inoculation with *Saccharomyces cerevisiae* to produce lower alcohol Merlot wines from Washington state[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2021, 101(4): 1715-1719.

- [19] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 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, 2008.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Analytical methods of wine and fruit wine: GB/T 15038—2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [20] 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- The National Health Commission, the State Administration for Market Regulation. National food safety standard Food microbiological inspection Determination of total bacterial colony: GB 4789.2—2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [21] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数: GB 4789.15—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission. National food safety standard Food microbiological testing Mold and yeast count: GB 4789.15—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [22] 徐玲萍, 张芳芳, 罗振玲, 等. 基于离子交换色谱法同时测定果酒中 8 种有机酸[J]. 中国酿造, 2023, 42(12): 249-255.
- XU Lingping, ZHANG Fangfang, LUO Zhenling, et al. Simultaneous determination of eight organic acids in fruit wine based on ion-exchange chromatography[J]. China Brewing, 2023, 42(12): 249-255.
- [23] 李沁娅, 孙宝国, 郑福平, 等. 11 种保健酒中游离氨基酸的比较分析[J]. 酿酒科技, 2016(9): 38-42.
- LI Qinya, SUN Baoguo, ZHENG Fuping, et al. Comparative analysis of free amino acids in 11 kinds of healthcare wine[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2016(9): 38-42.
- [24] 谷翔欣, 乔岩, 王海绮, 等. 不同酒精度波特酒品质及挥发性风味成分分析[J]. 中国酿造, 2023, 42(8): 247-252.
- GU Xiangxin, QIAO Yan, WANG Haiqi, et al. Analysis of the quality and volatile flavor components of Port wine with different alcohol content[J]. China Brewing, 2023, 42(8): 247-252.
- [25] 黄翠, 武运, 薛洁, 等. 新疆葡萄酒酚类物质的味觉特征相关性分析[J]. 中国酿造, 2024, 43(1): 119-124.
- HUANG Cui, WU Yun, XUE Jie, et al. Correlation analysis of taste characteristics of phenolic substances in Xinjiang wine[J]. China Brewing, 2024, 43(1): 119-124.
- [26] 闫琳, 彭子欣, 李莹, 等. 我国市售水果中微生物污染状况研究[J]. 中国食物与营养, 2024, 30(6): 38-42.
- YAN Lin, PENG Zixin, LI Ying, et al. Study on microbial contamination in fruits sold in China[J]. Food and Nutrition in China, 2024, 30(6): 38-42.
- [27] 韦玉梅, 张文倩, 朱闪闪, 等. 果蔬酵素中优良酵母菌的分离、鉴定及耐受性研究[J]. 中国酿造, 2021, 40(12): 87-92.
- WEI Yumei, ZHANG Wenqian, ZHU Shanshan, et al. Isolation, identification and tolerance of excellent yeasts in fruit and vegetable enzymes[J]. China Brewing, 2021, 40(12): 87-92.
- [28] 田学智, 刘一璇, 王芯媛, 等. 超高压处理对新疆复合果汁贮藏期微生物及品质的影响[J]. 食品科技, 2022, 47(5): 127-134.
- TIAN Xuezhi, LIU Yixuan, WANG Xinyuan, et al. Effects of high hydrostatic pressure treatment on microorganisms and quality of Xinjiang composite juice during storage[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(5): 127-134.
- [29] 田怀香, 熊娟娟, 于海燕, 等. 果酒中香气化化合物的生物转化与调控机制研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(19): 36-47.
- TIAN Huaixiang, XIONG Juanjuan, YU Haiyan, et al. Biotransformation and biological regulation mechanism of aroma compounds in fruit wine: A review[J]. Food Science, 2022, 43(19): 36-47.
- [30] 沈冰, 易志, 钟璇, 等. 不同果酒的氨基酸营养价值对比评价[J]. 中国酿造, 2024, 43(4): 211-215.
- SHEN Bing, YI Zhi, ZHONG Xuan, et al. Comparative evaluation of amino acid nutritional value of different fruit wines[J]. China Brewing, 2024, 43(4): 211-215.

加工编辑: 刘艳美
收稿日期: 2024-10-08