

4种杀菌方式对桑葚露酒品质的影响

周永升, 覃浩锋, 谭凯丹, 柳富杰, 苏 龙, 吴国勇, 蔡吉祥, 唐 森, 韦巧艳*

(广西科技师范学院食品与生化工程学院, 来宾 546199)

摘要: **目的** 研究4种杀菌方式分别对桑葚露酒品质的影响, 选取合适的杀菌工艺。**方法** 选取紫外杀菌、巴氏杀菌、超声杀菌和微波杀菌对桑葚露酒样品进行杀菌处理, 考查不同杀菌时间对菌落总数、花色苷含量、澄清度和总酯含量的影响。**结果** 在满足100%杀菌率的前提下, 巴氏杀菌处理的桑葚露酒样品的花色苷保留率低于90%, 紫外杀菌、超声杀菌和微波杀菌处理的样品的花色苷保留率均高于90%, 有利于花色苷的保留。8 W紫外杀菌、300 W和500 W微波杀菌的样品透射率均比原酒的透射率高, 有助于澄清酒体。紫外杀菌对总酯含量的影响不显著($P>0.05$), 巴氏杀菌时, 总酯含量随着温度和时间的增加而降低, 30~40 °C下180 W超声处理时总酯的含量显著增大($P<0.05$), 300 W和500 W微波杀菌对其影响也较显著($P<0.05$), 紫外杀菌、微波杀菌和50 °C以下的超声杀菌对总酯的稳定性是有利的。**结论** 500 W微波杀菌70 s可以同时满足杀菌率为100%、花色苷保留率在90%以上、澄清度提高且总酯含量增大的要求。

关键词: 桑葚露酒; 杀菌方式; 花色苷含量; 澄清度; 总酯

Effects of 4 kinds of different sterilization methods on the quality of integrated alcoholic beverages of mulberry

ZHOU Yong-Sheng, QIN Hao-Feng, TAN Kai-Dan, LIU Fu-Jie, SU Long, WU Guo-Yong, CAI Ji-Xiang, TANG Sen, WEI Qiao-Yan*

(College of Food & Biochemical Engineering, Guangxi Science & Technology Normal University, Laibin 546199, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of 4 kinds of different sterilization methods on the quality of integrated alcoholic beverages of mulberry, and get a suitable sterilization process. **Methods** Ultraviolet sterilization, pasteurization, ultrasonic sterilization and microwave sterilization were selected to treat the samples of integrated alcoholic beverages of mulberry, and the effects of different sterilization times on the total number of colonies, anthocyanin content, clarity and total ester content were examined. **Results** Under the premise of 100% sterilization rate, the anthocyanin retention rates of the samples after pasteurization was lower than 90%, the retention rates of the samples treated with ultraviolet sterilization, ultrasonic sterilization and microwave sterilization were all higher than 90%, which were beneficial to the retention of anthocyanins. The transmission ratio of samples sterilized by 8 W ultraviolet sterilization, 300 W and 500 W microwave sterilization were higher than that of the original wine, which helped to clarify the wine body. Ultraviolet sterilization had no significant effect on total ester content ($P<0.05$), the total ester content of pasteurized samples decreased with increasing of the pasteurization temperatures

基金项目: 功能性食品配料工程技术研究中心项目(KJ5CSH000008)、广西科技师范学院2021年大学生创新创业训练计划项目(X2021249)

Fund: Supported by the Functional Food Ingredients Engineering Technology Research Center (KJ5CSH000008), and the 2021 Autonomous Region-level College Students' Innovation and Entrepreneurship Training Program (X2021249)

*通信作者: 韦巧艳, 硕士, 高级实验师, 主要研究方向为食品配料与营养。E-mail: 84439627@qq.com

*Corresponding author: WEI Qiao-Yan, Master, Senior Experienter, Guangxi Science & Technology Normal University, No.966, Tiebei Avenue, Laibin 546199, China. E-mail: 84439627@qq.com

and times, the total ester content of the sample sterilized by ultrasonic with power of 180 W increased significantly ($P<0.05$) in the range of 30–40 °C, microwave sterilization had significant effect on total ester content ($P<0.05$) at 300 and 500 W, ultraviolet sterilization, microwave sterilization and ultrasonic sterilization below 50 °C were beneficial to the stability of total ester. **Conclusion** Microwave sterilization for 70 s at 500 W can meet the requirements of sterilization rate 100%, anthocyanin retention rate above 90 %, improving clarity and total ester content.

KEY WORDS: integrated alcoholic beverages of mulberry; sterilization methods; anthocyanin content; clarity; total ester

0 引言

桑葚果实中含有糖类、蛋白质、有机酸、游离氨基酸、维生素、微量元素及矿物质等丰富的营养物质^[1]。据《本草纲目》记载,桑葚具有补血滋阴、生津润燥等功效,其所含的花色苷对清除自由基有较强的作用^[2-3]。桑葚深加工产品主要有桑葚果酒^[4]、桑葚果醋^[5-6]、桑葚酵素饮品^[7-8]、桑葚酸奶^[9]、桑葚干^[10]、桑葚果汁^[11]等,其中,以桑葚果酒最为典型。桑葚果酒是一种以新鲜桑葚作为原料,经发酵或浸泡而成的低酒精度饮品,通常酒精含量在 7%vol–18%vol 左右^[12]。除此之外,创新性地将其与不同类水果、药材、蔬菜等进行复合发酵也时有报道,果酒种类不断增多,以满足消费者的多样需求^[13-14]。目前我国果酒种类主要为发酵型、起泡型、配制型、蒸馏型等,市场流以配制型果酒为主^[15-16]。

现阶段对桑葚酒的研究主要集中在发酵工艺优化^[1-4]、酒体澄清技术^[17]和发酵过程风味成分分析^[16]等方面。然而,对桑葚露酒或发酵型桑葚酒酿造过程中杀菌方式的研究并不多见。桑葚露酒所含丰富的花色苷及乙酸乙酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、己醛、己醇、2-己烯醛等香气成分,属热敏性物质,易受杀菌方式的影响,所以杀菌方式选择对同时提高酒的安全性和保持酒的品质稳定性有重大意义^[18]。吴琼等^[18]对桑葚原汁进行巴氏杀菌、超高温瞬时杀菌以及静态超高压杀菌处理,用固相萃取-气相色谱-质谱联用技术鉴定出原汁及 3 种杀菌方式处理的样品中分别有 52、42、44、49 种挥发性香气成分,其中静态超高压杀菌处理后桑葚汁香气成分与未杀菌前最为接近,能更好地保留原汁的香气。张丽华等^[19]采用亚硫酸盐、高压杀菌、巴氏杀菌和高压微射流杀菌处理枣酒,结果发现高压微射流杀菌处理能有效地保持枣酒的抗坏血酸等营养成分。然而,大多数中小型果酒企业缺乏静态超高压杀菌或高压微射流杀菌相关设备配置,并且传统的巴氏杀菌易使花色苷等热敏性成分分解。因此,本研究以花色苷含量、菌落总数、澄清度和总酯含量等为指标,采用巴氏杀菌、微波杀菌、紫外杀菌、超声杀菌 4 种杀菌方式分别对桑葚果酒进行杀菌处理,探究不同杀菌方式对桑葚露酒品质的影响,旨在研究不同杀菌方式对桑葚露酒营养成分及品质的影响,选出合适的杀菌工艺,为实际生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

桑葚露酒为实验室自制,基酒(24%vol)和瓦缸等由来宾市脉创投资有限公司提供。

平板计数琼脂(南京全隆生物技术有限公司);氯化钾、硫酸铜(分析纯,西陇科学股份有限公司);酒石酸钾钠(分析纯,天津市光复科技发展有限公司);硫酸(分析纯,湛江市爱廉化试剂有限公司);盐酸(分析纯,广州化学试剂厂);磷酸二氢钾、酚酞、次甲基蓝(分析纯,天津市大茂化学试剂厂);硅藻土[食品级,10#和 300#按照 1:5 (*m:m*)使用,吉林省临江天元催化剂有限公司];离心管(食品级 PP 塑料,南通初铭实验器材有限公司)。

SPX-250 型生化培养箱(上海申贤恒温设备厂);YXQ-100A 型立式压力蒸汽灭菌锅(上海博讯实业有限公司医疗设备厂);GZX-GF101-3 BS 型电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司);722N 型可见分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司);H1650R 型离心机(湖南湘仪离心机有限公司);AZ8694 型酸碱 pH 测试笔(山东安耐自动化仪表有限公司);WK220 硅藻土过滤器(温州来福机械制造有限公司)。

1.2 原酒制作

工艺流程:桑葚原料→清洗→配料、浸泡→过滤、倒缸→贮存→调配→除杂、清静→杀菌→罐装、贴标→成品。

操作要点:

(1)将桑葚清洗并沥干后进行投料,使用基酒进行浸泡,其中桑葚是基酒的 30%(质量比),冰糖是基酒的 6% (*m:m*)。

(2)在瓦缸中浸泡 30 d 后,进行纱布过滤处理,将样品经过硅藻土板框过滤器过滤,随后在室温(25±2) °C 下避光贮存,陈化 60 d,使用基酒进行露酒调配,调节露酒酒精度为 13%vol。

(3)再经杀菌、罐装、贴标即为成品。

1.3 指标检测

(1)菌落总数:按照 GB/T 27588—2011《露酒》中对微生物的规定,当酒精度≤24%vol 时,按 GB 2758—2012

《发酵酒及其配制酒》执行。标准要求金黄色葡萄球菌和沙门氏菌不能检出, 故杀菌率达到 100% 为佳。菌落总数测定根据 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》完成, 杀菌率=[(原酒菌落总数-杀菌样品菌落总数)/原酒菌落总数]×100%。

(2)总酯含量: 总酯含量测定根据 GB/T 10345—2007《白酒分析方法》进行。

(3)花色苷含量: 参考 GB 1886.244—2016《食品安全国家标准 食品添加剂紫甘薯色素》和 CHEN 等^[20-22]的方法进行测定。准确称取一定量经过离心(8000 r/min, 8 min)的试样(精确至 0.0001 g), 用水溶解后, 定容至 50 mL, 此为待测试样的储备液。精确吸取两份等量的储备液, 分别用 pH 1.0 和 pH 4.5 的缓冲溶液(按照 GB 1886.244—2016 配制)定容至 50 mL, 此为试样液。储备液的最大取样量应不超过 10 mL, 以保证不超出缓冲溶液的缓冲能力。用 pH 1.0 的缓冲溶液对储备液进行适当稀释, 直到 520 nm 波长下的吸光度值在分光光度计的线性范围内(0.3~0.7)。花色苷保留率为原酒样品花色苷含量与样品花色苷含量的百分比值。

(4)澄清晰度: 以蒸馏水做空白, 用 1 cm 比色皿, 在 700 nm 波长下测定桑葚露酒透光率表示澄清晰度^[23-24]。透射率差值为处理后的样品的透射率减去原酒的透射率, 差值为正数即澄清晰度得到改善, 差值为负数则检测样品比原酒浑浊。

1.4 4 种杀菌工艺对比试验设计

将 50 mL 桑葚露酒原酒装入容量为 50 mL 的带盖 PP 材质离心管中, 采用紫外杀菌^[25]、巴氏杀菌^[26]、超声杀菌^[27-28]、微波杀菌^[29]等杀菌工艺进行处理。以未杀菌实验组作为对照, 每个样品 3 个平行, 进行菌落总数、总酯、花色苷、澄清晰度等指标的检测。

紫外杀菌: 样品于 8 W 紫外灯下(产品和灯的距离为 20 cm), 保持 15、25、35、45、55、65、75、85、95 min。

巴氏杀菌: 样品浸没于 70、80、90 °C 水中, 保持 4、8、12、16、20、24 min。

超声杀菌: 样品于 180 W 功率的超声清洗设备中, 温度分别设置 20、30、40、50、60 °C, 保持 5、10、15、20、25、30 min。

微波杀菌: 样品于 300、500、700 W 3 个功率的微波设备中, 保持 10、30、50、70、90 s。

1.5 数据处理

通过 Excel 2016 进行数据统计、标准偏差计算及表格的制作, 使用 IBM SPSS Statistics 25 进行多重比较分析($\alpha=0.05$), 运用 Excel 2016 和 origin 2018 绘图。

2 结果与分析

2.1 原酒各项理化指标检测结果

对本研究使用的基酒菌落总数、花色苷含量、澄清晰度

和总酯含量进行检测, 结果显示, 基酒澄清晰度为 98.69%、酒精度为 24.02%vol、总酯含量为 0.48 g/L, 其他指标未检出。使用该基酒生产得到的桑葚露酒原酒, 其澄清晰度为 60.40%、酒精度为 12.93%vol、总酸含量为 5.7 g/L、总糖含量为 30.20 g/L, 桑葚果中的花色苷和酯类物质随着浸泡过程转移到桑葚露酒酒液当中, 故桑葚露酒原酒总酯为 0.48 g/L、花色苷为 10.14 mg/mL。因为桑葚果表面有自然生长的酵母等微生物^[18], 简单的清洗是不可能完全去除的, 导致桑葚露酒原酒的菌落总数为 7.40 CFU/mL。因为该产品的酒精度≤24%vol, 要求金黄色葡萄球菌和沙门氏菌不能检出, 所以必须要对其进行彻底杀菌。

2.2 4 种杀菌工艺对桑葚露酒菌落总数的影响

4 种杀菌工艺在不同杀菌时间条件下, 菌落总数的变化见图 1。由图 1 中可知, 4 种杀菌方式的杀菌效果和处理时间均呈正相关。

适当波长的紫外线照射能够破坏微生物机体细胞中的遗传物质的分子结构而导致微生物细胞死亡^[25], 由图 1(a)可知, 紫外杀菌处理时间对桑葚露酒的杀菌率影响显著($P<0.05$), 随着紫外杀菌处理时间增加, 杀菌率显著增加。当经过 8 W 紫外灯杀菌处理 95 min 时, 杀菌率可达 100%。

由图 1(b)可知, 随着处理时间的增加, 各温度条件下的杀菌率均有显著增加($P<0.05$)。在 24 min 内, 70 °C 的巴氏杀菌处理不能完全杀灭桑葚露酒中的微生物; 当 80 °C 处理 24 min 及以上和 90 °C 处理 16 min 及以上时, 杀菌率均可达 100%。

超声波产生的空穴物理作用和化学电离作用可使微生物生长发育延缓和死亡^[28], 由图 1(c)可知, 随着超声杀菌处理时间的增加, 各温度条件下的杀菌率亦均有显著增加($P<0.05$)。在 30 min 内, 20、30 和 40 °C 的超声杀菌处理不能达到 100% 杀菌率的要求, 均未达到杀菌目的; 50 °C 超声处理 30 min 及以上或 60 °C 超声处理 25 min 及以上, 杀菌效果满足要求。

微波热效应和非热效应的共同作用也可使微生物生长发育延缓和死亡^[29], 由图 1(d)可知, 随着微波杀菌处理时间的增加, 各微波功率条件下的杀菌率也有显著增加($P<0.05$)。300 W 处理 90 s 难以使杀菌率达到 100%, 当功率提高到 500 W, 处理 70 s 及以上时, 杀菌率达到 100%; 当功率提高到 700 W, 处理 50 s 及以上时, 杀菌率即可达到 100%。

综上, 为满足 100% 杀菌率的要求, 可用于桑葚露酒的杀菌方式和工艺参数有: 8 W 紫外杀菌处理 95 min 以上、80 °C 巴氏杀菌处理 24 min 以上、90 °C 巴氏杀菌处理 16 min 以上、50 °C 180 W 超声杀菌 30 min 以上或 60 °C 180 W 超声杀菌 25 min 以上、500 W 微波杀菌 70 s 以上或 700 W 微波杀菌 50 s 以上。

2.3 4 种杀菌工艺对桑葚露酒花色苷的影响

花色苷是桑葚露酒的主要有效成分, 具有良好的抗氧化性能, 且是热敏性物质, 在保证全部微生物被杀灭的前提下, 花色苷损失越少越好, 花色苷的保留率作为桑葚

露酒功能特性的重要指标^[3],本研究要求桑葚露酒花色苷保留率在90%以上。在4种杀菌工艺的不同杀菌条件下,花色苷保留率的变化见图2。由图2中可看出,4种杀菌方式下,花色苷保留率与杀菌处理时间均呈负相关关系。

由图2(a)可知,在8 W紫外灯照射下,处理15~75 min,对桑葚露酒花色苷含量影响不显著($P>0.05$),处理时间达到85 min及以上时花色苷含量的变化较明显,因100%杀菌率要求处理时间至少为95 min,此时花色苷保留率较好,为93.79%。

由图2(b)可知,同一温度下,随着巴氏杀菌处理时间的增加,花色苷受热降解^[2],含量显著降低($P<0.05$),因80℃处理24 min和90℃处理16 min都能达到有效杀菌,而此时的花色苷平均保留率分别为86.19%和85.31%,无法满足本研究对桑葚露酒花色苷90%保留率的要求。

由图2(c)可知,20℃或30℃超声处理25 min以内,花色苷保留率的变化不显著的($P>0.05$);当杀菌率为100%时,即50℃180 W超声处理30 min以上或60℃180 W超声处理25 min,花色苷保留率较高,分别为91.12%和90.53%。

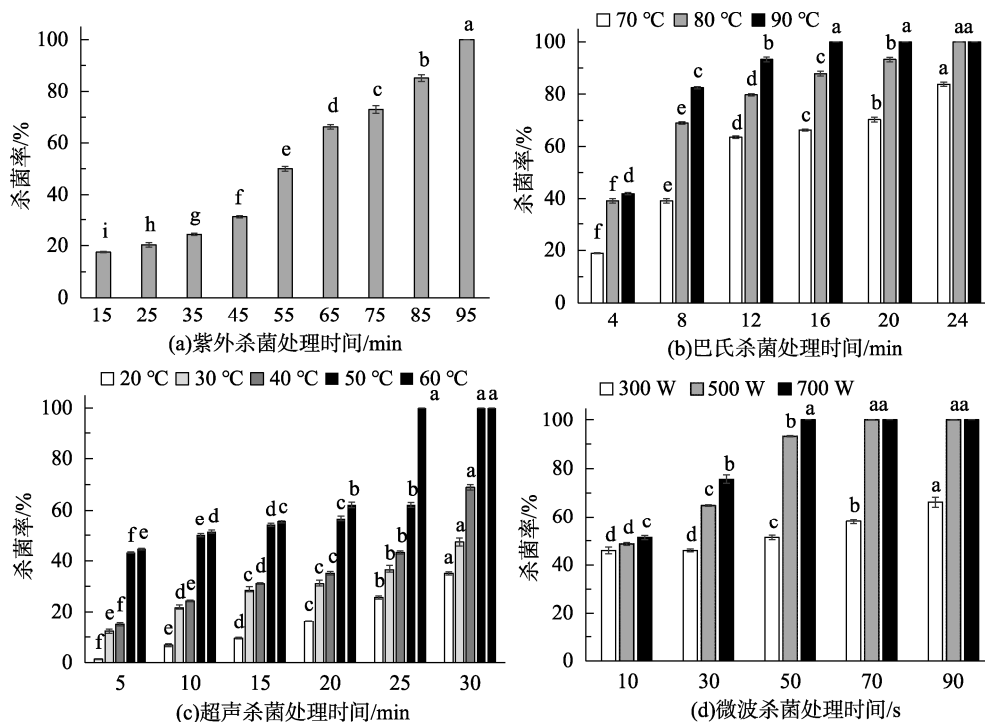
由图2(d)可知,微波处理结果类似,花色苷是热敏性物质,功率增加导致温度升高,进而发生热降解反应,导致花色苷下降^[29]。同一功率下,随着处理时间的增加,花色苷含量显著降低($P<0.05$)。要达到100%杀菌率,500 W处理70 s以上或700 W处理50 s以上,花色苷保留率较高,分别为92.80%和94.08%。

综上,满足杀菌率为100%且花色苷保留率在90%以上的杀菌方式和工艺参数有:8 W紫外杀菌处理95 min、在50℃下180 W超声杀菌30 min、在60℃下180 W超声杀菌25 min、500 W微波杀菌70 s或700 W微波杀菌50 s。

2.4 4种杀菌工艺对桑葚露酒澄清度的影响

澄清度是检验桑葚露酒品质的重要指标,透射率越大表明澄清度越高,酒的品质越好,在4种杀菌工艺的不同杀菌时间条件下,澄清度的变化见图3。与未杀菌处理的原液进行比较,透射率差值为正值即表示澄清度上升,透射率差值为负值即表示澄清度下降^[17]。由图3中可知,4种杀菌方式的处理条件对澄清度的影响不尽相同。

由图3(a)可知,在8 W紫外灯照射下,处理15~95 min,澄清度与原酒相比虽有所增高,但各处理组间不具统计学差异($P>0.05$)。由图3(b)可知,巴氏杀菌处理的酒体澄清度随着处理时间的延长而降低,这可能是因为加热到一定程度可加速酒体中多酚、蛋白质、果胶等物质产生絮凝,同时热力作用使得酒体浑浊^[17]。由图3(c)可知,超声杀菌处理可以在一定程度上显著降低酒体的澄清度($P<0.05$),这可能是因为超声和温度共同促进了絮凝现象的产生^[17,27],提示不建议使用超声处理来澄清酒体。由图3(d)可知,300和500 W微波处理的酒体澄清度均有所改善;而700 W微波处理降低了酒体澄清度,且随着处理时间的增加,澄清度显著降低($P<0.05$),这有可能是较高功率微波短时间加热就能够造成的多酚物质絮凝现象^[17],不建议使用高功率微波进行杀菌。



注: a~i, 不同小写字母表示组内不同处理时间差异显著, $P<0.05$, 下同。

图1 4种杀菌工艺的杀菌时间对杀菌率的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of sterilization times of the 4 kinds of sterilization processes on the hybridization rates ($n=3$)

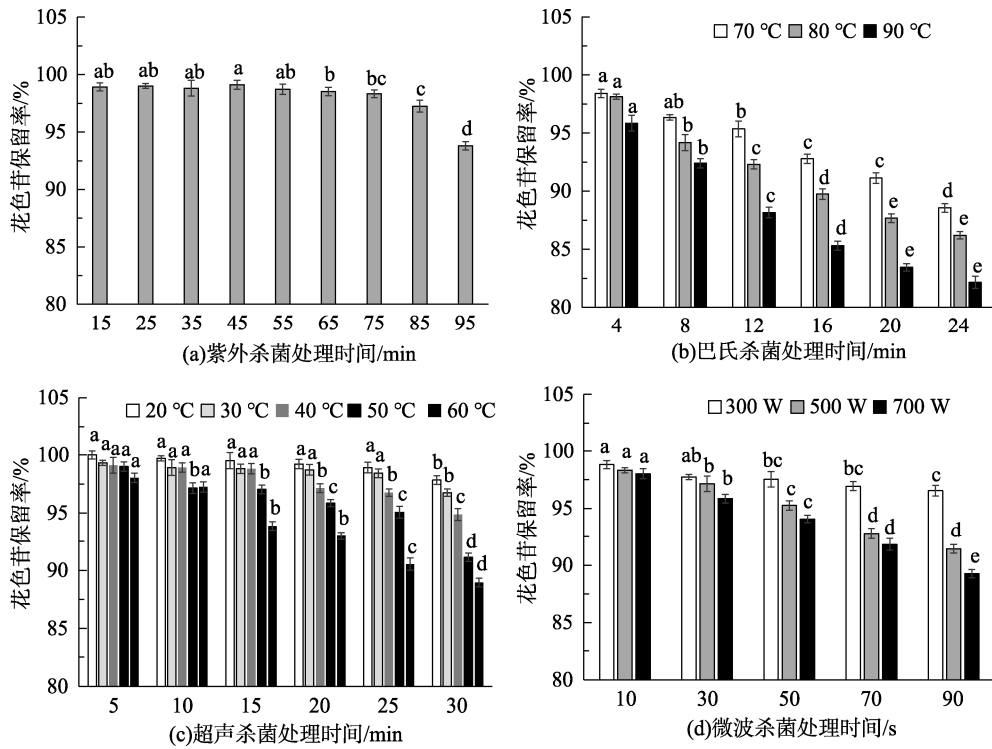


图 2 4 种杀菌工艺的花色苷保留率的变化(n=3)

Fig.2 Anthocyanin content changes in the 4 kinds of sterilization processes (n=3)

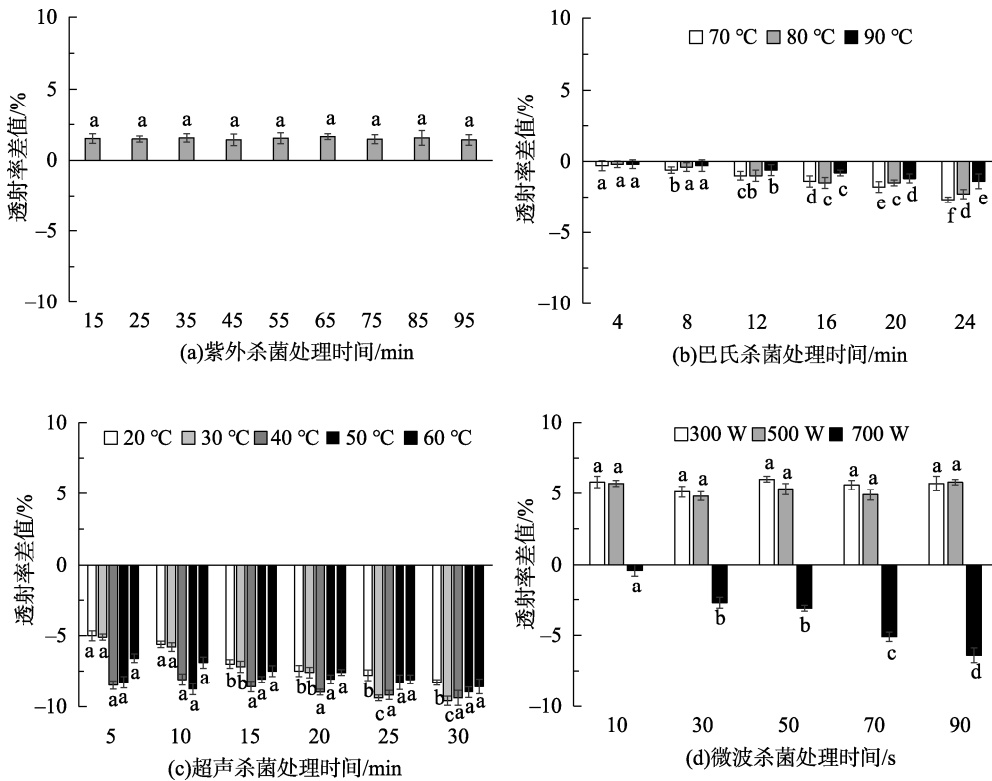


图 3 4 种杀菌工艺的澄清度(透射率)差值(n=3)

Fig.3 Clarification (transmission ratio) differences in the 4 kinds of sterilization processes (n=3)

综上, 满足杀菌率为100%, 花色苷保留率在90%以上, 且澄清度得到提高的杀菌方式和工艺参数有: 8 W 紫外杀菌处理 95 min 或 500 W 微波杀菌 70 s。

2.5 4种杀菌工艺对桑葚露酒总酯的影响

原酒的总酯含量为 1.05 g/L, 总酯是影响酒的口感和风味的重要微量成分^[13], 在 4 种杀菌工艺的不同杀菌条件下, 总酯含量的变化见图 4。

由图 4(a)可知, 在 8 W 紫外灯照射下, 在 15~95 min, 总酯含量变化不显著($P>0.05$)。由图 4(b)可知, 经过巴氏杀菌处理 4~24 min 桑葚露酒总酯呈现显著下降趋势, 这可能温度过高和处理时间过长导致酯类分解^[19]。由图 4(c)可知,

总酯含量在 20 °C 下无显著变化($P>0.05$); 在 30 和 40 °C 下, 总酯含量随时间延长而显著增大($P<0.05$), 事实上, 超声对酒有一定的催陈作用, 使总酯含量增大^[30], 但 50 °C 以上时, 因为温度过高会导致总酯减少。由图 4(d)可知, 随着微波处理时间延长, 总酯含量呈现增加趋势, 其中 300 W 和 500 W 微波杀菌对其影响较显著($P<0.05$), 这是因为微波可以促进酯类的合成, 而且与传统酯类合成方法相比微波辅助合成酯类具有反应快、高效、能耗低及安全等优点^[31-32]。

综上, 500 W 微波杀菌 70 s 可使杀菌率为 100%、花色苷保留率在 90%以上, 且澄清度和总酯含量得到一定程度地提高。

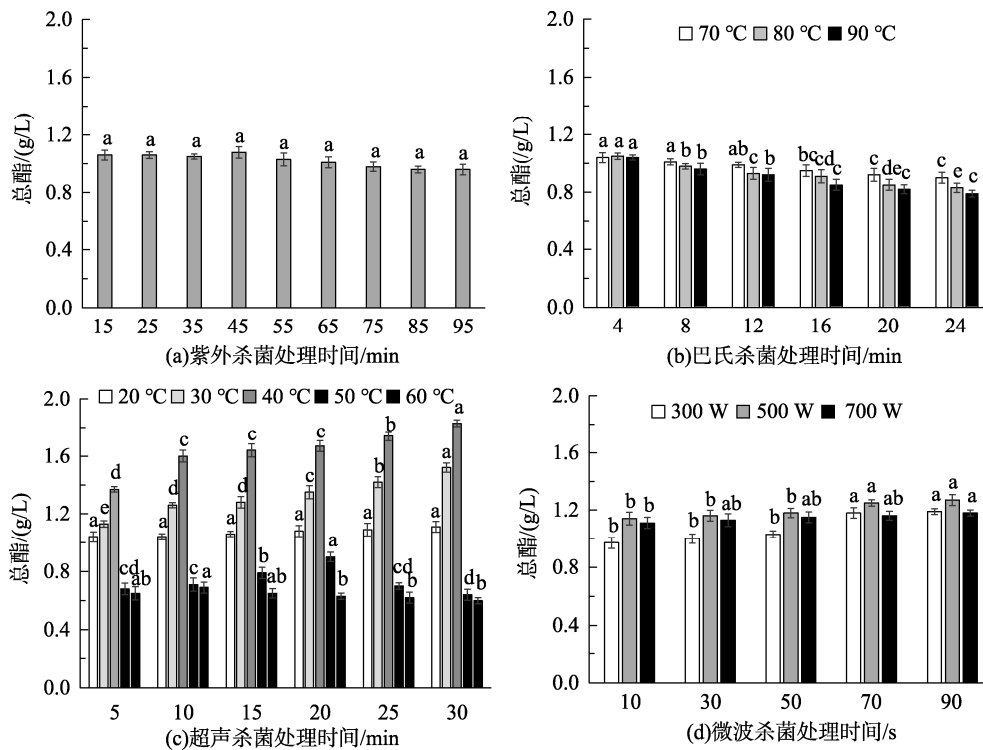


图4 4种杀菌工艺的总酯变化($n=3$)

Fig.4 Total ester changes in the 4 kinds of sterilization processes ($n=3$)

3 结论

在满足 100%杀菌率的前提下, 相对于紫外杀菌、超声杀菌和微波杀菌, 巴氏杀菌不能很好地保留桑葚露酒中的花色苷, 而其他 3 种杀菌方式对花色苷的保留率较好, 均高于 90%。紫外杀菌处理后的桑葚露酒的澄清度与原酒相比有所增高, 但各处理组间无统计学差异($P>0.05$); 另外, 300 W 和 500 W 微波处理能显著改善酒体的澄清度($P<0.05$), 但是 300 W 微波处理在 90 s 内无法达到 100% 杀菌率; 由于加热过度使酒体产生絮凝现象, 其他杀菌工艺均在一定程度上使酒体浑浊。巴氏杀菌对总酯的稳定性不利, 紫外杀菌对总酯含量的影响不显著($P>0.05$), 30~40 °C

下超声处理有显著的催陈作用($P<0.05$), 微波杀菌处理时间与总酯含量呈正相关趋势。经过筛选后可知, 500 W 微波杀菌 70 s 在较好地保持桑葚露酒的营养成分的同时, 实现桑葚露酒的澄清度和香气改善, 具有可行性, 是较适合的桑葚露酒杀菌方式, 可在桑葚露酒等果酒加工领域推广。但是, 由于实验条件限制, 本研究未考虑更高功率条件下的紫外杀菌效果, 得到的合适的微波杀菌方式仍属热力杀菌, 对花色苷有一定的降解作用。为了尽可能地保留花色苷, 应对超高温瞬时、栅栏技术等杀菌技术, 以及超高压、臭氧、膜过滤等冷杀菌技术进行研究, 探究它们对桑葚露酒品质影响, 得到更好的杀菌工艺并对产品的货架期进行研究。

参考文献

- [1] 牟灿灿. 桑葚果酒生产工艺优化及品质提升研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
MOU CC. Research on optimization of production process and quality improvement of mulberry fruit wine [D]. Guiyang: Guizhou University, 2020.
- [2] 刘阿文. 桑葚果酒发酵工艺条件及生理活性研究[D]. 延吉: 延边大学, 2019.
LIU AW. Study on the fermentation technology and physiological activity of mulberry wine [D]. Yanji: Yanbian University, 2019.
- [3] WANG LH, SUN XY, LI F, *et al.* Dynamic changes in phenolic compounds, colour and antioxidant activity of mulberry wine during alcoholic fermentation [J]. *J Funct Foods*, 2015, 18: 254–265.
- [4] ZUO Y, QI F, LI Y. A research on mulberry wine fermentation condition optimization by means of BBD [J]. *Adv Mat Res*, 2013, 2649: 84–88.
- [5] 余永建. 桑葚果醋液态深层发酵工艺的研究[J]. 中国酿造, 2010, (11): 175–177.
YU YJ. Submerged fermentation technology of mulberry vinegar [J]. *China Brew*, 2010, (11): 175–177.
- [6] 魏宗萍, 李志西, 于修焯, 等. 桑葚醋减肥作用的动物实验研究[J]. 中国酿造, 2005, (12): 5–7.
WEI ZP, LI ZX, YU XZ, *et al.* Effect of mulberry vinegar on reducing obesity of animals [J]. *China Brew*, 2005, (12): 5–7.
- [7] 韦仕静. 桑葚酵素发酵工艺及花青素生物转化的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
WEI SJ. The research on fermentation process of mulberry Jiaosu and biotransformation of anthocyanins [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018.
- [8] 郭伟峰, 王红梅, 邹晓桐, 等. 桑葚酵素饮料的发酵工艺研究及其质量评价[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 88–93.
GUO WF, WANG HM, ZOU XT, *et al.* Research on fermentation process of mulberry ferment beverage and its quality evaluation [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(5): 88–93.
- [9] 黄和升, 王海平. 桑葚酸奶加工技术研究[J]. 江苏调味副食品, 2014, (3): 29–32.
HUANG HS, WANG HP. Study on the processing technology of mulberry yogurt [J]. *Jiangsu Cond Subs Food*, 2014(3): 29–32.
- [10] 李丰廷, 邹波, 徐玉娟, 等. 真空冷冻与热风联合干燥对桑葚干品质的影响[J]. 广东农业科学, 2017, 44(11): 129–137.
LI FT, ZOU B, XU YJ, *et al.* Effect of freeze-hot air drying on the quality of dried mulberry [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2017, 44(11): 129–137.
- [11] 汤楚琦, 赵节昌. 桑葚功能性复合饮料加工工艺研究[J]. 农产品加工, 2019, (7): 37–39.
TANG CQ, ZHAO JC. Study on mulberry function and processing technology of compound beverage [J]. *Farm Prod Proc*, 2019, (7): 37–39.
- [12] YANG T, YILW, JUN Y, *et al.* Chemical composition and sensory profiles of mulberry wines as fermented with different *Saccharomyces cerevisiae* strains [J]. Taylor Francis, 2017, 20.
- [13] 曾朝珍, 张辉元, 康三江, 等. 苹果树莓复合果酒酿造工艺及品质特征研究[R]. 甘肃: 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 2019.
ZENG CZ, ZHANG HY, KANG SJ, *et al.* Research on the brewing technology and quality characteristics of apple raspberry compound fruit wine [R]. Gansu: Agricultural Products Storage and Processing Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, 2019.
- [14] 潘嫣丽. 木瓜西番莲复合果酒发酵工艺研究[J]. 酿酒, 2011, 38(4): 63–66.
PAN YL. Study on fermentation technology of compound wine of pawpaw and passion fruit [J]. *Liquor Mak*, 2011, 38(4): 63–66.
- [15] 鲁龙. 甘蔗果酒发酵特性及工艺研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
LU L. Study on the fermentation characteristics and technology of sugarcane wine [D]. Chongqing: Southwest University, 2014.
- [16] 梁艳玲, 陈麒, 伍彦华, 等. 果酒的研究与开发现状[J]. 中国酿造, 2020, 39(12): 5–9.
LIANG YL, CHEN Q, WU YH, *et al.* Research and development status of fruit wine [J]. *China Brew*, 2020, 39(12): 5–9.
- [17] 周金虎, 方尚玲, 曹敬华, 等. 桑葚酒的澄清和稳定性研究[J]. 酿酒, 2017, 44(6): 54–60.
ZHOU JH, FANG SL, CAO JH, *et al.* Study on clarification and stability for mulberry wine [J]. *Liquor Mak*, 2017, 44(6): 54–60.
- [18] 吴琼, 冯卫敏, 蒋和体. 不同杀菌方式对桑葚原汁品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(9): 144–149.
WU Q, FENG WM, JIANG HT. Effect of sterilization methods on the quality of mulberry juice [J]. *Food Sci*, 2016, 37(9): 144–149.
- [19] 张丽华, 李珍珠, 王维静, 等. 不同杀菌方式对低醇枣酒品质的影响[J]. 中国酿造, 2018, 37(12): 106–111.
ZHANG LH, LI ZZ, WANG WJ, *et al.* Effect of different sterilization methods on the quality of low-alcohol jujube wine [J]. *China Brew*, 2018, 37(12): 106–111.
- [20] CHEN Y, DU F, WANG W, *et al.* Large-scale isolation of high-purity anthocyanin monomers from mulberry fruits by combined chromatographic techniques [J]. *J Sep Sci*, 2017, 40(17): 3506–3512.
- [21] HUANG LX, ZHOU YB, MENG LW, *et al.* Comparison of different CCD detectors and chemometrics for predicting total anthocyanin content and antioxidant activity of mulberry fruit using visible and near infrared hyperspectral imaging technique [J]. *Food Chem*, 2017, 224: 1–10.
- [22] SHENG F, WANG YN, ZHAO XC, *et al.* Separation and identification of anthocyanin extracted from mulberry fruit and the pigment binding properties toward human serum albumin [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(28): 6813–6819.
- [23] JIANG DQ, GUO Y, XU DH, *et al.* Antioxidant and anti-fatigue effects of anthocyanins of mulberry juice purification (MJP) and mulberry marc purification (MMP) from different varieties mulberry fruit in China [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, 59: 1–7.
- [24] REN MM, LIU SD, LI RL, *et al.* Clarifying effect of different fining agents on mulberry wine [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2020, 55(4): 1578–1585.
- [25] 李子龙. 紫外杀菌对猕猴桃汁品质的影响[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2014.
LI ZL. The effects of ultraviolet sterilization on quality of kiwifruit juice [D]. Xi'an: Northwest A & F University, 2014.
- [26] 吴仪凡, 宋宇轩, 张艳, 等. 不同巴氏杀菌处理对绵羊乳热加工特性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(17): 5886–5890.
WU YF, SONG YX, ZHANG Y, *et al.* Effect of different pasteurization treatments on hot working characteristic of sheep milk [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(17): 5886–5890.

- [27] 楚文靖, 叶双双, 张付龙, 等. 超声处理对蓝莓汁杀菌效果和品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(13): 203–208.
CHU WJ, YE SS, ZHANG FL, *et al.* Effects of ultrasonic treatment on the sterilization and quality of blueberry juice [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(13): 203–208.
- [28] 马江林, 木泰华, 张苗. 超声波与微酸性电解水在食品杀菌保鲜中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(13): 5244–5250.
MA JL, MU TH, ZHANG M. Research progress on application of ultrasonic and slightly acidic electrolyzed water in food sterilization and preservation [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(13): 5244–5250.
- [29] 刘佳, 王海钢, 岳鹏翔, 等. 热处理与微波处理对蓝莓汁品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 235–239, 244.
LIU J, WANG HG, YUE PX, *et al.* Effect of thermal and microwave treatment on blueberry juice quality [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(17): 235–239, 244.
- [30] 李杏华. 超声催陈对红葡萄酒色泽及花色苷影响的研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2017.
LI XH. The study of the color and anthocyanins in red wine promoted by ultrasound treatment [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2017.
- [31] 易享炎, 张志朋, 黄和, 等. 微波辅助 α -重氮酯类化合物的快速合成[J]. 有机化学, 2019, 39(2): 544–549.

YI XY, ZHANG ZP, HUANG H, *et al.* Microwave-assisted synthesis of α -diazoesters [J]. Chin J Org Chem, 2019, 39(2): 544–549.

- [32] 李忠军, 黎彧, 黄利, 等. 微波协同树脂催化合成酯类化合物的研究进展[J]. 中国酿造, 2011, (2): 15–17.

LI ZJ, LI Y, HUANG L, *et al.* Research advance in microwave assisted synthesis of esters catalyzed by resin [J]. China Brew, 2011, (2): 15–17.

(责任编辑: 郑丽于梦娇)

作者简介



周永升, 硕士, 讲师, 主要研究方向为农产品精深加工与功能开发。
E-mail: 304604550@qq.com。



韦巧艳, 硕士, 高级实验师, 主要研究方向为食品配料与营养。
E-mail: 84439627@qq.com