

超高温瞬时灭菌对米酒品质的影响

Effect of ultra-high temperature transient sterilization on quality of rice wine

熊思瑞¹ 王龙宇¹ 王云峰¹

XIONG Sirui¹ WANG Longyu¹ WANG Yunfeng¹

王宇婷¹ 金铁岩¹ 张玲²

WANG Yuting¹ JIN Tieyan¹ ZHANG Ling²

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 四平市重点项目服务中心, 吉林 四平 133000)

(1. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China;

2. Siping City Key Project Service Center, Siping, Jilin 133000, China)

摘要:目的:使经过超高温瞬时灭菌的米酒既符合商业上无菌要求也满足消费者对米酒质量的要求。方法:对朝鲜族米酒进行超高温瞬时灭菌,在贮藏期每周测定其理化指标、感官指标以及微生物指标以确定该灭菌法的最佳灭菌条件,并分析此灭菌方法处理的朝鲜族米酒在贮存20周后的品质和功能性成分的变化。结果:超高温瞬时灭菌的最佳参数为125℃灭菌5s。贮存20周后,米酒中总氨基酸含量为0.70 mg/100 mL,有机酸含量为321.68 mg/100 mL。结论:超高温瞬时灭菌方法对氨基酸含量有一定负面影响,但能在保证米酒风味的同时高效灭菌。

关键词:朝鲜族米酒;超高温瞬时灭菌;氨基酸含量;功能性成分

Abstract: Objective: To study the effect of ultra-high temperature (UHT) on the quality of rice wine. **Methods:** Korean rice wine underwent weekly measurements of its physicochemical, sensory, and microbiological parameters during the storage period after being subjected to UHT. This allowed for the analysis of changes in the quality and functional components of the sterilized Korean rice wine after 20 weeks of storage, as well as the determination of the best sterilization conditions for this method. **Results:** Sterilization time of 5 s at 125 °C is the optimum parameter for UHT. After 20 weeks of storage, the

total amino acid content was 0.70 mg/100 mL and the organic acid content was 321.68 mg/100 mL. **Conclusion:** Although the UHT has a certain negative effect on the amino acid content, it can guarantee the flavor of rice wine while efficiently sterilizing, which provides a strong basis for the processing and storage of Korean rice wine.

Keywords: Korean rice wine; ultra-high temperature instant sterilization; amino acid content; functional ingredients

朝鲜族米酒是延边朝鲜族自治州的特色酒之一,通常以糯米为主要原料经微生物发酵而成^[1],含有丰富的营养物质^[2]。朝鲜族米酒醇厚丰润,散发着淡淡的酒香;其口感清爽,鲜甜醇正,与糖度、总酸含量等密切相关^[3],且发酵过程中有多种菌种与复杂酶系参与^[4];与其他酒类相比,朝鲜族米酒营养物质丰富,酒精浓度低,保质期较短。杀菌工艺是朝鲜族米酒生产过程中重要的环节。目前工业化生产的米酒大部分采用低温长时间杀菌(65℃,30 min),但这种长时间热处理往往会导致其品质有所损失,且很难保证其在卫生安全方面的质量。

超高温瞬时灭菌是一种高温处理技术,是利用高温对微生物的热敏性,使其失去活力,从而达到瞬时灭菌的效果。同时,超高温瞬时灭菌也注重保持食品的原有风味和品质。加热过程中,控制加热时间和加热温度的精确度可以最大限度减少食品的营养成分损失,并保持食品的天然风味。这使得经过超高温瞬时灭菌的产品在商业上可以符合无菌的要求,同时满足消费者对食品质量的要求^[5]。

研究拟探究不同超高温瞬时灭菌(ultra-high temperature instant sterilization, UHT)处理时间对朝鲜族米酒理化特性、微生物指标以及功能性成分的影响,为

作者简介:熊思瑞,女,延边大学在读硕士研究生。

通信作者:金铁岩(1968—),男,延边大学副教授,博士。

E-mail:jintieyan@ybu.edu.cn

张玲(1991—),女,四平市重点项目服务中心职员,硕士。E-mail:359380444@qq.com

收稿日期:2023-03-16

改回日期:2023-11-24

朝鲜族米酒杀菌工艺及贮藏中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

米曲:韩国农村振兴厅资源研究所;

营养琼脂培养基、YM 培养基、Rogosa SL 培养基:上海博微生物科技有限公司;

酚酞指示剂、氢氧化钠、乙酸锌、亚铁氰化钾:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

水:符合 GB 5749—2006 标准的饮用水。

1.1.2 主要仪器设备

水浴锅:DK-8D 型,上海精宏实验设备有限公司;

电子天平:FA1104 型,上海天平仪器有限公司;

酸度计:PHS-3C 型,上海鹏顺科学仪器有限公司;

酒精计:3 支组,沈阳市玻璃计器厂;

高压灭菌锅:SX-700 型,日本 TOMY 公司;

恒温培养箱:DNP-9082BS-III 型,新苗医疗设备有限公司;

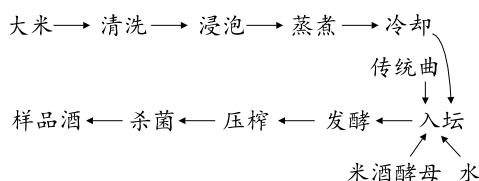
紫外可见分光光度计:UV-1800 型,上海美谱达仪器有限公司;

菌落计数器:XK97-A 型,江苏金坛市康华电子仪器制造厂;

UHT 杀菌机:DSW-25LT 型,上海砥实机械设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 朝鲜族米酒工艺流程



操作要点:

(1) 原料选择:选取颗粒饱满、质量优良的大米。

(2) 清洗、浸泡:将大米洗净,浸泡 5~6 h。

(3) 入坛:按 $V_{\text{大米}}:V_{\text{水}}$ 为 1.0:1.5 加水,以朝鲜族传统米曲为发酵剂,加曲量为 5%,2~3 h 后控制发酵温度为 20~22℃,加入安琪酵母。

(4) 压榨:24℃ 发酵 48 h 后压榨,得到米酒备用。

1.2.2 UHT 对朝鲜族米酒基酒品质的影响 参照文献[6~7]并修改。将过滤后的米酒通过离心泵注入高温瞬时灭菌机的冷热物料交换装置,完成预热,于高温桶中将米酒迅速加热至 125℃,并保持 3,5,8 s,取出,贮藏 20 周。

未杀菌米酒:将发酵结束后的朝鲜族米酒用 4 层纱布包裹过滤得到的样品酒。

巴氏杀菌米酒:将发酵结束后的朝鲜族米酒用 4 层纱布包裹过滤,经巴氏杀菌(60℃,30 min)后迅速冷却至 4~5℃。

1.2.3 理化指标检测

(1) pH 值:采用酸度计^[8]。

(2) 总酸含量:参照 GB/T 15038—2006。按式(1)计算总酸含量。

$$X = C \times K \times M \times (V_1 - V_2) \times 100 \div V, \quad (1)$$

式中:

M ——酸的换算系数;

K ——样液稀释倍数;

V ——取样液体积,mL;

X ——每 100 mL 样品中总酸含量,g/100 mL;

C ——氢氧化钠标准溶液浓度,mol/L;

V_1 ——滴定样液时消耗 NaOH 体积,mL;

V_2 ——空白对照时消耗 NaOH 体积,mL。

(3) 酒精度:参照 GB/T 13662—2008。

(4) 总糖:参照吴万林等^[9]的方法。绘制的葡萄糖标准曲线方程为 $y = 0.0688x - 0.0010$, $R^2 = 0.9944$ 。

(5) 色度:按 GB/T 605—2006 执行,光源 D65,测量直径 8 mm。

(6) 氨基酸含量:参照 Weng 等^[10]的方法。

(7) 有机酸含量:根据文献[11]。色谱条件:色谱柱为 Aminex HPX-87H(300 mm×7.8 mm),流动相为 8 mmol/L 硫酸,流速 0.6 mL/min,紫外监测器,210 nm,柱温 25℃,进样量 20 μL。

1.2.4 微生物指标测定

(1) 菌落总数:参照 GB 4789.2—2016。

(2) 酵母菌总数:参照 GB 4789.15—2016。

(3) 乳酸菌总数:参照 GB 4789.35—2010。

1.2.5 感官评价 由 10 名专业人员组成感官评分小组,参照 GB/T 13662—2008 制定如表 1 所示的感官评分标准。

1.3 统计分析

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析,其中 $P < 0.05$ 为存在显著性差异;Excel 2010 软件制图,各数据均采用均数±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 朝鲜族米酒理化指标的变化

2.1.1 pH 值和总酸含量 由图 1 和图 2 可知,经 UHT 处理的米酒样品 pH 值和总酸含量在贮藏期间几乎无变化,是由于灭菌后米酒无法为酵母菌提供适宜的生长条件。经 60℃ 杀菌 30 min 的米酒从第 8 周开始 pH 值呈下降趋势,第 20 周 pH 达到 3.78,从总体情况看 UHT 处理的米酒与其相比相差不大。未杀菌米酒样品的总酸含

量不断增加,且在8~12周的增加趋势尤为明显,可能是酵母菌呼吸作用产生的二氧化碳对乳酸菌的繁殖起到了促进作用^[12],乳酸菌可以通过HMP途径产生乳酸^[13],

表 1 米酒感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation sheet of rice wine

项目	评定标准	评分
色泽	色泽明亮,澄清度好,无沉淀及悬浮物	7~6
	色泽较明亮,澄清度较好,少量沉淀及悬浮物	5~3
	无色,缺乏米酒应有色泽,光泽度差,大量沉淀及悬浮物	2~1
香气	米酒香气浓郁,各香纯正协调	7~6
	米酒香气较淡,协调度一致	5~3
	米酒香气不足,有杂香	2~1
味道	酒体完整,醇厚柔和,舒顺协调	7~6
	酒体较淡薄,口感较柔和但不够协调	5~3
	无米酒特征味道,出现涩味,或存在其他杂味	2~1
综合	有米酒特有风格,酒体各组分协调	7~6
	米酒风格不明显,酒体各组分比较协调	5~3
	米酒风格缺失,酒体各组分不协调	2~1

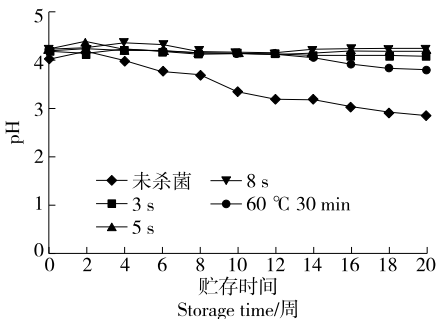


图 1 贮藏期间朝鲜族米酒 pH 值的变化

Figure 1 Changes of pH value of Korean rice wine after UHT at different time

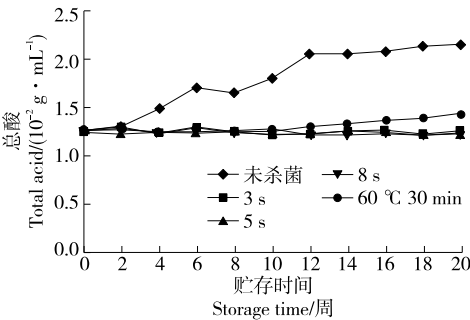


图 2 贮藏期间朝鲜族米酒总酸含量的变化

Figure 2 Changes of total acid of Korean rice wine after UHT at different time

导致总酸含量整体呈增加的趋势,从而使 pH 值明显下降,随着贮藏时间的延长,未杀菌米酒样品中微生物含量也逐渐增加,导致总酸含量逐渐升高^[14]。

2.1.2 总糖含量 米酒中的糖主要是大米中碳水化合物通过酶的催化作用水解产生,是影响米酒口味的重要物质之一^[15]。由图 3 可知,贮藏期间,经 UHT 处理不同时间后的米酒中总糖含量变化平稳,与 60 °C 杀菌 30 min 的米酒差异较小。而未杀菌米酒样品的总糖含量不断下降,可能是 UHT 处理作用抑制了微生物的生长繁殖,只有少量糖类物质被转化,而未杀菌的米酒由于酵母或细菌的作用,部分糖类会被转化为醇类或酯类等其他化合物导致总糖含量的降低^[16],此外,乳酸菌发酵过程中会消耗大量的糖类物质^[17]。

2.1.3 酒精度 由图 4 可知,经 UHT 处理不同时间后,米酒中的酒精度变化平稳,可能是较高的酒精度会抑制酵母菌的代谢活动,60 °C 杀菌 30 min 的米酒第 8 周后乙醇含量开始下降,未杀菌米酒样品的酒精度在第 2~4 周明显下降,后期缓慢下降。这可能是乙醇的挥发及其与酸类物质发生酯化反应而降低^[18],此外残存的乳酸菌还会利用乙醇产生醋酸、乳酸等。

2.2 朝鲜族米酒的色度变化

由图 5 可知,经 UHT 处理后米酒的亮度提高,且在

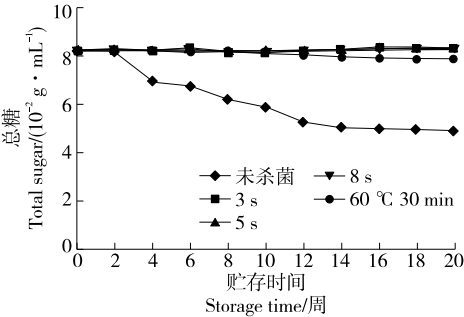


图 3 贮藏期间朝鲜族米酒总糖含量的变化

Figure 3 Changes of total sugar of Korean rice wine after UHT at different times

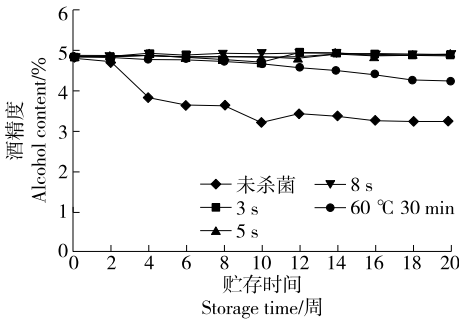


图 4 贮藏期间朝鲜族米酒酒精度的变化

Figure 4 Changes of Korean rice wine ethanol after UHT at different times

贮存期间变化较小,与原有亮度基本无明显变化; a^* 值和 b^* 值提高说明高温对米酒的红色度和黄色度有一定影响,同时也提高了米酒的亮度。综上,UHT 处理可以改善米酒的颜色。

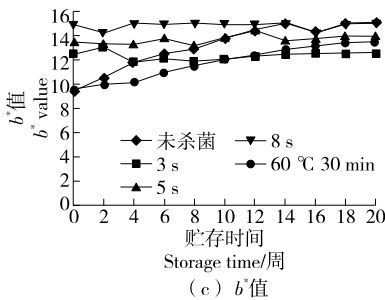
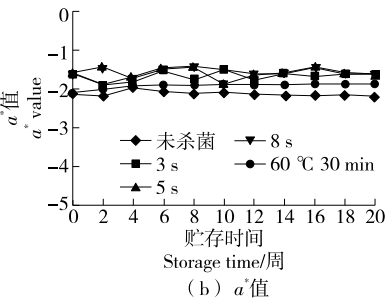
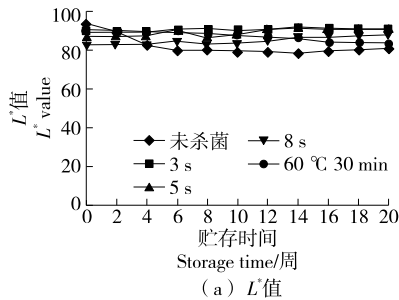


图 5 贮藏朝鲜族米酒色度的变化

Figure 5 Changes of chroma of Korean rice wine after UHT at different time

表 2 贮藏期间朝鲜族米酒菌落总数、酵母菌总数及乳酸菌总数的变化

Table 2 Changes of the total number of bacterial colonies, yeast and lactic acid bacteria in

Korean rice wine during storage

CFU/mL

贮藏时 间/周	菌落总数				酵母菌总数				乳酸菌总数			
	未处理	3 s	5 s	8 s	未处理	3 s	5 s	8 s	未处理	3 s	5 s	8 s
0	3.75×10^6	2.21×10^2	0	0	2.23×10^6	1.86×10^2	0	0	1.31×10^6	1.52×10^2	0	0
2	3.62×10^6	1.98×10^2	0	0	2.37×10^6	1.02×10^2	0	0	1.43×10^6	1.47×10^2	0	0
4	3.26×10^6	1.83×10^2	0	0	1.79×10^6	9.16×10^1	0	0	9.72×10^5	8.28×10^1	0	0
6	2.41×10^6	9.82×10^1	0	0	1.24×10^6	3.22×10^1	0	0	8.84×10^5	5.57×10^1	0	0
8	1.87×10^6	4.65×10^1	0	0	9.73×10^5	1.14×10^1	0	0	7.69×10^5	3.27×10^1	0	0
10	9.68×10^5	2.20×10^1	0	0	8.52×10^5	0	0	0	6.78×10^5	0	0	0
12	8.89×10^5	1.17×10^1	0	0	7.44×10^5	0	0	0	5.70×10^5	0	0	0
14	8.25×10^5	0	0	0	6.14×10^5	0	0	0	5.15×10^5	0	0	0
16	7.73×10^5	0	0	0	5.75×10^5	0	0	0	4.17×10^5	0	0	0
18	7.21×10^5	0	0	0	4.89×10^5	0	0	0	3.81×10^5	0	0	0
20	7.11×10^5	0	0	0	4.42×10^5	0	0	0	3.11×10^5	0	0	0

2.4 米酒感官评分的变化

由表 3 可知,朝鲜族米酒在 UHT 处理 5 s 后的色泽评分最高。贮藏 0 周,未杀菌米酒的色泽最优,但贮藏第 6 周显著下降($P < 0.05$),可能是贮存期间受环境酸性、氧气含量等因素影响,米酒被氧化、褐变,导致色泽变差。在香气和风味方面,经 UHT 处理 5 s 的米酒样品的评分较高,且在贮藏第 18 周显著高于其他试验组($P < 0.05$)。贮藏第 10 周,经 UHT 处理 3 s 的米酒香气评分最高,说明瞬时高温对米酒的香气也有影响,且处理时间越短,影响越小;在综合评价方面,贮藏 20 周后,经 UHT 处理 5 s 的米酒评分最优,且从贮藏第 8 周开始与其他试验组存在显著性差异($P < 0.05$)。

2.5 贮藏 20 周后朝鲜族米酒的氨基酸含量

氨基酸是朝鲜族米酒重要的功能性成分及影响风味

2.3 朝鲜族米酒的微生物指标变化

由表 2 可知,UHT 处理对朝鲜族米酒中菌落总数影响较大,经 UHT 处理后朝鲜族米酒达到商业无菌标准,不具备菌群繁殖条件,且贮藏期间活菌数未增长。

的特殊物质,不同氨基酸对米酒的口味具有不同的影响^[19]。通过分析米酒中游离氨基酸的组成和含量,有助于判定米酒风味和营养的变化^[20]。由表 4 可知,贮藏 20 周后,经 UHT 处理的米酒样品中共检出 15 种氨基酸,其中 7 种为必需氨基酸。经 UHT 处理后的米酒样品中总氨基酸含量小于未杀菌的,未杀菌米酒中含有的微生物继续发酵,微生物产生的蛋白酶继续分解大米中的蛋白质,从而产生氨基酸^[21]。氨基酸作为影响米酒风味物质之一,其组成和含量影响米酒的风味,与其他呈味物质的协同效应、拮抗效应、掩盖作用等有待进一步研究^[22]。

2.6 贮藏 20 周后朝鲜族米酒的有机酸含量

朝鲜族米酒中的有机酸一部分来自于原料曲,一部分在发酵过程中产生。不同的原材料、酿造工艺以及贮藏方法均会影响有机酸的含量和多样性^[23],而有机酸会

直接影响米酒的口感,其含量对酒中微生物具有重要意义,可能是灭菌过程中温度过高,促进了酸与醇结合并反应^[24]。由表 5 可知,UHT 处理会降低米酒中有机酸含量,应生成酯类。

表 3 贮藏期间朝鲜族米酒色泽、香气、风味及综合评分变化[†]

Table 3 Changes of color, aroma, flavor and comprehensive score of Korean rice wine after instant sterilization at different time

贮藏时 间/周	色泽				香气			
	未处理	3 s	5 s	8 s	未处理	3 s	5 s	8 s
0	5.3±0.2 ^a	4.7±0.2 ^a	4.7±0.5 ^a	4.6±0.5 ^b	5.3±0.2 ^a	4.8±0.5 ^a	4.7±0.1 ^a	4.2±0.6 ^b
2	5.1±0.6	4.6±0.3	4.8±0.5	4.8±0.5	5.0±0.6 ^a	5.1±0.2 ^a	5.2±0.1 ^a	4.3±0.6 ^b
4	4.8±0.2 ^a	4.7±0.2 ^a	4.6±0.1 ^b	4.6±0.1 ^b	4.1±0.2 ^b	4.9±0.2 ^a	4.8±0.6 ^a	4.0±0.6 ^b
6	4.3±0.5 ^b	4.8±0.6 ^a	4.6±0.2 ^a	4.6±0.2 ^a	3.7±0.5 ^b	5.1±0.6 ^a	4.7±0.2 ^a	4.6±0.6 ^a
8	4.0±0.1 ^b	4.6±0.2 ^a	4.5±0.2 ^a	4.5±0.2 ^a	3.8±0.5 ^b	4.9±0.5 ^a	4.7±0.4 ^a	4.6±0.6 ^a
10	3.5±0.3 ^b	4.6±0.6 ^a	4.2±0.3 ^a	4.2±0.3 ^a	3.4±0.5 ^b	5.0±0.6 ^a	4.8±0.4 ^a	4.7±0.6 ^a
12	3.7±0.5 ^b	4.9±0.3 ^a	4.8±0.3 ^a	4.6±0.2 ^a	3.4±0.3 ^b	4.9±0.1 ^a	4.7±0.4 ^a	4.5±0.1 ^a
14	3.6±0.4 ^b	4.4±0.5 ^a	4.5±0.6 ^a	4.4±0.2 ^a	3.3±0.3 ^c	4.1±0.4 ^b	4.8±0.5 ^a	4.2±0.2 ^b
16	3.5±0.2 ^b	4.2±0.1 ^a	4.6±0.1 ^a	4.5±0.5 ^a	3.4±0.2 ^b	3.6±0.3 ^b	4.7±0.5 ^a	4.4±0.2 ^a
18	3.3±0.5 ^b	3.8±0.4 ^b	4.6±0.3 ^a	4.5±0.2 ^a	3.0±0.5 ^c	3.6±0.2 ^b	4.7±0.2 ^a	4.1±0.1 ^b
20	3.4±0.2 ^b	3.5±0.5 ^b	4.7±0.5 ^a	4.5±0.6 ^a	3.1±0.5 ^b	3.5±0.5 ^b	4.8±0.2 ^a	4.2±0.2 ^b

贮藏时 间/周	风味				综合评分			
	未处理	3 s	5 s	8 s	未处理	3 s	5 s	8 s
0	5.1±0.3 ^a	4.8±0.2 ^a	4.7±0.5 ^a	4.2±0.6 ^b	5.2±0.6 ^a	4.2±0.5 ^b	4.8±0.6 ^a	4.3±0.2 ^b
2	5.0±0.2 ^a	4.9±0.1 ^a	4.8±0.1 ^a	4.2±0.5 ^b	5.0±0.2 ^a	4.2±0.1 ^b	5.0±0.5 ^a	4.1±0.5 ^b
4	4.2±0.5 ^b	4.9±0.1 ^a	4.9±0.5 ^a	4.3±0.2 ^b	4.1±0.6 ^b	4.6±0.3 ^a	4.9±0.2 ^a	4.1±0.3 ^b
6	4.0±0.4 ^b	4.8±0.2 ^a	5.0±0.1 ^a	4.1±0.3 ^b	3.7±0.3 ^b	4.1±0.6 ^b	4.9±0.2 ^a	4.7±0.6 ^a
8	3.6±0.5 ^b	4.8±0.1 ^a	5.0±0.3 ^a	4.0±0.2 ^b	3.3±0.5 ^c	4.4±0.6 ^b	4.9±0.1 ^a	4.0±0.2 ^b
10	3.4±0.2 ^b	4.7±0.1 ^a	4.8±0.2 ^a	4.4±0.5 ^a	3.6±0.5 ^b	4.1±0.5 ^b	4.8±0.6 ^a	4.2±0.1 ^b
12	3.5±0.3 ^b	4.0±0.2 ^b	4.7±0.5 ^a	4.3±0.4 ^a	3.5±0.6 ^b	3.6±0.3 ^b	4.6±0.2 ^a	4.1±0.3 ^b
14	3.4±0.5 ^b	3.8±0.6 ^b	4.8±0.4 ^a	4.6±0.2 ^a	3.7±0.3 ^b	3.8±0.3 ^b	5.0±0.6 ^a	4.2±0.6 ^b
16	3.3±0.3 ^b	3.6±0.4 ^b	4.7±0.3 ^a	4.5±0.3 ^a	3.2±0.1 ^b	3.5±0.2 ^b	4.9±0.6 ^a	4.2±0.2 ^b
18	3.2±0.6 ^b	3.4±0.5 ^b	4.7±0.4 ^a	4.5±0.5 ^a	3.2±0.6 ^b	3.4±0.5 ^b	4.9±0.6 ^a	4.2±0.1 ^b
20	3.2±0.4 ^b	3.4±0.6 ^b	4.7±0.4 ^a	4.4±0.2 ^a	3.0±0.6 ^b	3.1±0.6 ^b	4.8±0.2 ^a	4.1±0.2 ^b

† 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 4 最适超高温瞬时灭菌条件处理的朝鲜族米酒贮藏 20 周后的氨基酸含量

Table 4 Amino acid contents of Korean rice wine after 20 weeks under the optimal UHT condition

mg/mL

氨基酸	高温瞬时灭菌	未杀菌处理	氨基酸	高温瞬时灭菌	未杀菌处理
天冬氨酸	0.07±0.02	0.17±0.02	异亮氨酸	0.07±0.01	0.20±0.02
苏氨酸	0.03±0.01	0.13±0.01	酪氨酸	0.00	0.09±0.01
丝氨酸	0.02±0.01	0.18±0.02	苯丙氨酸	0.08±0.01	0.16±0.02
谷氨酸	0.15±0.02	0.67±0.03	色氨酸	0.13±0.02	0.23±0.03
甘氨酸	0.00	0.13±0.01	赖氨酸	0.00	0.17±0.01
丙氨酸	0.05±0.01	0.15±0.02	组氨酸	0.00	0.10±0.01
缬氨酸	0.13±0.02	0.16±0.02	精氨酸	0.00	0.10±0.01
蛋氨酸	0.00	0.07±0.01	合计	0.73±0.13	2.71±0.25

表 5 最适超高温瞬时灭菌条件处理的朝鲜族米酒贮藏 20 周后的有机酸含量

Table 5 Contents of organic acids in Korean rice wine after 20 weeks under the optimal UHT condition
mg/100 mL

有机酸	高温瞬时灭菌	未杀菌处理
草酸	2.70±0.06	4.81±0.12
柠檬酸	163.20±1.94	267.38±2.79
酒石酸	3.11±0.21	3.31±0.29
苹果酸	4.70±0.14	4.75±0.12
琥珀酸	59.41±1.10	62.30±1.33
乳酸	62.43±0.83	70.69±1.01
甲酸	1.43±0.03	0.00±0.03
乙酸	22.44±0.45	29.38±0.68
焦谷氨酸	2.16±0.02	0.00±0.05
合计	321.58±4.78	442.62±6.42

3 结论

研究以大米为原料发酵制作朝鲜族传统米酒,在发酵结束后用超高温瞬时灭菌技术进行灭菌处理。结果表明,超高温瞬时灭菌的最佳工艺参数为 125 ℃灭菌 5 s,此条件下米酒中的氨基酸及有机酸含量均受到一定的影响,但其感官评价指标变化不大。后续可研究其他米酒的杀菌方法。

参考文献

[1] 张高楠, 苏钰亨, 赵思明, 等. 4 种甜米酒主要营养成分与滋味特征对比及分析[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(2): 89-95.
ZHANG G N, SU Y T, ZHAO S M, et al. Comparison and analysis of main nutrients and taste characteristics of 4 kinds of sweet rice wine[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2018, 37(2): 89-95.

[2] KIM D Y, CHO B K, LEE S H, et al. Application of fourier transform-mid infrared reflectance spectroscopy for monitoring Korean traditional rice wine "Makgeolli" fermentation[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2016, 230: 753-760.

[3] 赵慧君, 朱科帆, 钟小丹, 等. 不同酒曲和炒米时间对米酒滋味品质的影响研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(7): 67-70.
ZHAO H J, ZHU K F, ZHONG X D, et al. Study on effect of different koji and roasted time on rice wine taste[J]. Grain and Oil, 2019, 32(7): 67-70.

[4] 李昊颖. 基于组学的传统米酒发酵糖化过程相关酶研究[D]. 无锡: 江南大学, 2022: 1.
LI H Y. Study on enzymes related to saccharification process during the fermentation of traditional Chinese Mijiu based on omic[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022: 1.

[5] 刘燕珺, 王琼, 沈易霖, 等. UHT 灭菌乳最佳热处理工艺的分析研究[J]. 农业科技与信息, 2022(10): 93-96.
LIU Y J, WANG Q, SHEN Y L, et al. Study on the optimum heat treatment technology of UHT sterilized milk [J]. Agricultural Technology and Information, 2022(10): 93-96.

[6] FANG Z S, YI J J, ZHANG Y J, et al. Effect of sterilization with high hydrostatic pressure and high temperature on the quality of blueberry juice[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(12): 7-10.

[7] 王嵩, 张乃斌, 张文杰, 等. 高温瞬时灭菌技术对啤酒质量影响的研究[J]. 酿酒科技, 2013(8): 33-35.
WANG S, ZHANG N B, ZHANG W J, et al. Effect of high temperature instant sterilization on beer quality [J]. Brewing Technology, 2013(8): 33-35.

[8] 黄治国, 蒲领平, 任志强, 等. 6 种益生菌及其添加方式对发酵米酒品质的影响[J]. 食品与机械, 2023, 39(2): 170-175.
HUANG Z G, PU L P, REN Z Q, et al. Comparison of fermentation effects of six kinds of probiotics on rice wine [J]. Food & Machinery, 2023, 39(2): 170-175.

[9] 吴万林, 余元善, 肖更生, 等. 蓝莓汁乳酸菌的发酵特性[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 159-166.
WU W L, YU Y S, XIAO G S, et al. Fermentation characteristics of lactic acid bacteria in blue berry juice[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 159-166.

[10] WENG W Y, WANG Y X. Partial characterization and primary structure of collagen subunits from golden pompano skins [J]. Process Biochemistry, 2018, 70: 98-103.

[11] 田亚. 贵州米酸汤优势微生物与品质特性的相关性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020: 10-11.
TIAN Y. Study on the correlation between the dominant microorganisms and quality characteristics of Guizhou rice sour soup[D]. Guiyang: Guizhou University, 2020: 10-11.

[12] BARTLE L, SUMBY K, SUNDSTROM J, et al. The microbial challenge of wine making: Yeast-bacteria compatibility[J]. FEMS Yeast Res, 2019, 19(4): foz040.

[13] REDDY G, ALTAF M, NAVEENA B J, et al. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation: A review[J]. Biotechnology Advances, 2008, 26(1): 22-34.

[14] 杨玉, 李红艳, 邓泽元, 等. 基于主成分分析方法筛选乳酸菌发酵葛根酵素[J]. 中国食品学报, 2023, 23(3): 196-205.
YANG Y, LI H Y, DENG Z Y, et al. Screening of pueraria lobata enzymes fermentation by lactic acid bacteria based on principal component analysis [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2023, 23(3): 196-205.

[15] NIU X Y, SHEN F, YU Y, et al. Analysis of sugars in Chinese rice wine by fourier transform near-infrared spectroscopy with partial least-squares regression [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56: 7 271-7 278.

(下转第 218 页)

- fiber membrane for rapid detection of florfenicol residues in chicken[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2023, 115: 104911.
- [42] 班晶晶, 刘贵珊, 何建国, 等. 基于表面增强拉曼光谱与二维相关光谱法检测鸡肉中恩诺沙星残留[J]. *食品与机械*, 2020, 36(7): 55-58.
- BAN J J, LIU G S, HE J G, et al. Detection of enrofloxacin residues in chicken based on surface enhanced Raman spectroscopy and two-dimensional correlation spectroscopy [J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(7): 55-58.
- [43] 徐婧, 郑红, 卢江龙, 等. 基于表面增强拉曼光谱技术的饮用水中痕量恩诺沙星和环丙沙星快速检测[J]. *环境科学*, 2022, 43(11): 4 982-4 991.
- XU J, ZHENG H, LU J L, et al. Rapid detection of trace enrofloxacin and ciprofloxacin in drinking water by SERS[J]. *Environmental Science*, 2022, 43(11): 4 982-4 991.
- [44] YANG Z, MA C, GU J, et al. Detection of melamine by using carboxyl-functionalized Ag-COF as a novel SERS substrate[J]. *Food Chemistry*, 2023, 401: 134078.
- [45] 董祥辉, 杨方威, 于航, 等. 表面增强拉曼法快速检测猪肉中齐帕特罗残留[J]. *光谱学与光谱分析*, 2022, 42(9): 2 843-2 847.
- DONG X H, YANG F W, YU H, et al. Papid detection of zilpaterol residues in pork by surface-enhanced Raman spectroscopy [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2022, 42(9): 2 843-2 847.
- [46] 胡家勇, 周陶鸿, 姚晓帆, 等. 表面增强拉曼光谱法筛查保健酒中那非类药物[J]. *食品与机械*, 2022, 38(9): 64-71.
- HU J Y, ZHOU T H, YAO X F, et al. Screening of PDE-5 inhubitors in health wine by surface-enhanced Raman spectroscopy[J]. *Food & Machinery*, 2022, 38(9): 64-71.
- [47] XU S, CHEN P, LIN X, et al. Controllable synthesis of flower-like AuNFs @ ZIF-67 core-shell nanocomposites for ultrasensitive SERS detection of histamine in fish[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2023, 1 240: 340776.
- [48] WANG H, WANG C, HUANG J, et al. Preparation of SERS substrate with 2D silver plate and nano silver sol for plasticizer detection in edible oil[J]. *Food Chemistry*, 2023, 409: 135363.
- [49] ZHANG Q, LIU Z, DUAN L, et al. Ultrasensitive determination of lipid soluble antioxidants in food products using silver nano-tripod SERS substrates[J]. *Applied Surface Science*, 2023, 611: 155577.
- [50] YE Z H, CHEN X T, ZHU H Y, et al. Aggregating-agent-assisted surface-enhanced Raman spectroscopy-based detection of acrylamide in fried foods: A case study with potato chips[J]. *Food Chemistry*, 2023, 403: 134377.
- [51] LI J, XU J, PAN Y, et al. Au@Ag-labeled SERS lateral flow assay for highly sensitive detection of allergens in milk[J]. *Food Science and Human Wellness*, 2023, 12(3): 912-919.
-
- (上接第 188 页)
- [16] 张丽华, 冯路瑶, 唐培鑫, 等. 杀菌处理对发酵红枣汁品质的影响[J]. *食品与机械*, 2023, 39(6): 128-133, 142.
- ZHANG L H, FENG L Y, TANG P X, et al. Effects of different sterilization treatments on the quality of fermented jujube juice[J]. *Food & Machinery*, 2023, 39(6): 128-133, 142.
- [17] 吕晨豪, 李俊健, 陈昶安, 等. 发酵陈皮水提物体外抗氧化活性及对秀丽隐杆线虫抗衰老作用[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(17): 428-437.
- LU C H, LI J J, CHEN C A, et al. Anti-aging and in vitro antioxidant effects of water extracts of fermented pericarpium citri reticulatae on caenorhabditis elegans[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2023, 44(17): 428-437.
- [18] 曾艳, 白艳, 余进, 等. 传统郫县豆瓣和红油郫县豆瓣后发酵过程中风味成分的差异分析[J]. *食品与发酵工业*, 2023, 49(19): 289-295.
- ZENG Y, BAI Y, YU J, et al. Flavor compounds dynamic changes during ripening fermentation of traditional and commercial pixian doubanjiang (broad bean paste) [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2023, 49(19): 289-295.
- [19] 胡来丽, 秦礼康, 王玉珠. 百香果全果与果汁发酵酒滋味成分及香气成分对比[J]. *食品与机械*, 2021, 37(12): 10-19.
- HU L L, QIN L K, WANG Y Z. Comparison of taste and aroma components between whole passion fruit and fruit juice fermented wine[J]. *Food & Machinery*, 2021, 37(12): 10-19.
- [20] 张洋洋. 米酒液态发酵的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2021: 33-35.
- ZHANG Y Y. Research on liquid fermentation of rice wine[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021: 33-35.
- [21] 赵红平, 罗惠波, 刘淼, 等. 不同上甾条件对浓香型白酒乙醇及风味物质馏出的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2023, 49(5): 101-108.
- ZHAO H P, LUO H B, LIU M, et al. Effect of different steaming conditions on ethanol and aroma compounds of Luzhou-flavor Baijiu[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2023, 49(5): 101-108.
- [22] 马佳佳, 姜宇文, 单春会, 等. 凤窝酒曲酵母菌多样性及其分离株发酵红枣酒氨基酸组成分析[J]. *中国酿造*, 2020, 39(11): 48-51.
- MA J J, JIANG Y W, DAN C H, et al. Yeast diversity of fengwo jiuqu and amino acid composition of jujube wine fermented by their isolates[J]. *China Brewing*, 2020, 39(11): 48-51.
- [23] 葛东颖, 何梦雪, 张振东, 等. 南宁地区米酒曲源乳酸菌在糯米汁中氨基酸和有机酸代谢特征研究[J]. *中国酿造*, 2020, 39(9): 53-57.
- GE D Y, HE M X, ZHANG Z D, et al. Metabolic characteristics of amino acid and organic acid in glutinous rice juice fermented by lactic acid bacteria isolated from rice wine koji in Nanning aera[J]. *China Brewing*, 2020, 39(9): 53-57.
- [24] 汤林月, 原江锋, 赖钰婷, 等. 微波催陈对黑米酒中酚类、有机酸类和酯类含量的影响[J]. *食品与机械*, 2022, 38(7): 7-12, 20.
- YANG L Y, YUAN J F, LAI Y T, et al. Effects of microwave aging on the content of phenols, organic acidsand esters in black rice wine[J]. *Food & Machinery*, 2022, 38(7): 7-12, 20.