

超声波辅助方式对红曲黄酒品质变化影响的研究

葛东颖,何萌,雷敏,赵慧君*

(湖北文理学院 食品科学技术学院 鄂西北传统发酵食品研究所 湖北 襄阳 441053)

摘要:为缩短黄酒的陈化时间,利用超声波辅助方式进行黄酒发酵并对发酵后黄酒品质变化进行研究。研究结果显示,与对照相比超声波处理后的黄酒亮度降低,红色和黄色增加。滋味品质评价可以看出,与对照相比所有处理的涩味和后味A没有明显变化,其余指标变化无规律。主成分分析(principal component analysis,PCA)结果显示,处理C黄酒的滋味品质优于其他处理。超声波处理对黄酒中的有机酸含量和种类均有影响。从理化性质可以看出,与对照相比,超声波辅助方式对黄酒中的还原糖含量和pH值影响不大,总糖、总酸和氨基酸态氮含量上升,非糖固形物含量下降,其余指标变化无规律。

关键词:黄酒;超声波;电子舌;品质;主成分分析(PCA)

Study on the Effect of Ultrasound-assisted Method on the Quality Change of Monascus Rice Wine

GE Dong-ying, HE Meng, LEI Min, ZHAO Hui-jun*

(Northwest Hubei Research Institute of Traditional Fermented Food, College of Food Science and Technology, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, Hubei, China)

Abstract: In order to shorten the aging time of rice wine, the ultrasonic-assisted method was used to ferment rice wine and the quality changes of rice wine after fermentation were studied. The results showed that the brightness of rice wine treated by ultrasound decreased, while the red and yellow color increased compared with the control. The evaluation of taste quality showed that there was no significant change in astringency and aftertaste A of all treatments compared with the control, and the other indicators changed irregularly. Principal component analysis (PCA) results showed that the taste quality of rice wine treated with C was better than that of other treatments. Ultrasound treatment had an effect on the content and types of organic acids in rice wine. From the physical and chemical properties, it could be seen that, compared with the control, ultrasound-assisted method had little effect on reducing sugar content and pH in rice wine. Total sugar, total acid and amino acid nitrogen content increase, non-sugar content decreases, and other indicators changed irregularly.

Key words: rice wine; ultrasound; electronic tongue; quality; principal component analysis

引文格式:

葛东颖,何萌,雷敏,等.超声波辅助方式对红曲黄酒品质变化影响的研究[J].食品研究与开发,2019,40(21):139-143

GE Dongying, HE Meng, LEI Min, et al. Study on the Effect of Ultrasound-assisted Method on the Quality Change of Monascus Rice Wine[J]. Food Research and Development, 2019, 40(21):139-143

基金项目:湖北文理学院教师科研能力培育基金(2016zk023)

作者简介:葛东颖(1999—),女(汉),本科在读,研究方向:食品生物技术。

*通信作者:赵慧君(1979—),女(汉),讲师,博士,研究方向:食品生物技术。

黄酒是世界上最古老的酒类之一,源自我国,也是我国特有的、历史最为悠久的传统酒种,与啤酒和葡萄酒并称为世界三大古酒^[1],而且黄酒富含维生素、蛋白质、氨基酸以及对人体有益的矿物质等,又被称为“液体蛋糕”^[2]。但是新酿的黄酒不能称之为成品酒,

因为此时黄酒口感辛辣粗糙且香味不足,因此制备黄酒必不可少的一个步骤就是陈酿。在黄酒陈酿期间发生一系列缓慢的氧化、酯化反应,使得酒中的各成分不断获得新的平衡,各风味物质逐渐趋于协调,使得酒醇香浓郁、酒味柔和。黄酒陈酿是一个缓慢的过程,需要大量的仓库、贮罐和流动资金,同时也延长了黄酒的生产周期^[3]。因此,在保证黄酒质量的同时加快黄酒的陈酿过程是黄酒酿造工业中重要的研究内容。

超声波作为一种物理催陈方法,可以有效地提高反应物分子活化能,促进分子间的有效碰撞,有利于各成分之间发生氧化、酯化、羧氨和缩合反应,从而缩短陈酿时间,同时,超声波还有利于酒中乙醛、硫化氢、丙烯醛和氨基硫醇等具有低沸点且有不良风味物质的挥发,从而有利于酒类风味的改善。目前超声波催陈技术在葡萄酒、米酒和黄酒中均有广泛的应用。Nobuyoshi Masuzawa 等发现弱超声处理可以增加红酒中酚类物质的含量^[4]。P.Ferraretto 等对高能量超声处理后红酒中的多酚进行了研究,发现短时间的高能量超声处理可以促进酒中多酚类物质的聚合反应^[5]。陈萍等对干红葡萄酒进行超声处理,发现处理后酒中乙酸乙酯和乳酸乙酯的含量显著高于对照组,说明超声处理可以显著加速葡萄酒中的氧化和酯化反应^[6]。莫瑞深在室温下对黄酒进行超声波处理,发现与对照相比黄酒酸度和总酯含量均有所增加,同时发现,超声波 30 min 后醇、酯及醛等与自然陈三年黄酒中的物质含量接近^[7]。Chang 等研究了超声波对不同原料酿造酒的催陈效果,发现米酒的超声处理效果显著比玉米酒好^[8]。

电子舌技术采用人工脂膜传感器技术实现了食品基本味觉及其回味的数字化评价,具有信息量分度和结果准确的优点,目前在食品的滋味品质评价方面具有非常广泛的应用,在酒类上的应用包括对不同类型酒味觉的辨识研究^[9]、对市售啤酒滋味的品质评价^[10]、黄酒酒龄鉴别^[11]、米酒滋味品质评价^[12]等。

本研究以不用超声波处理的黄酒为对照,与不同发酵时期超声波处理的黄酒在色度、滋味、有机酸、理化性质等方面进行比较,研究黄酒发酵过程中不同阶段超声波处理对其品质各方面的影响。此研究的目的是通过研究超声波对黄酒品质的影响来优化黄酒陈化的条件,为缩短黄酒酿造周期提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

糯米:市售;力克酒曲:丽水力克生物科技有限公司;浓硫酸、钼酸钠、溴甲酚绿、甲基红、硼酸、盐酸、无

水乙醇、氢氧化钠、乙酸锌、甲醛溶液、硫酸铜、邻苯二甲酸氢钾、葡萄糖、酚酞、亚甲基蓝、酒石酸钾钠、亚铁氰化钾、盐酸、磷酸、冰醋酸、磷酸二氢钾、草酸、醋酸、琥珀酸、酒石酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸,均为分析纯,成都市科龙化工试剂厂;内部溶液、参比溶液、阴离子溶液、阳离子溶液:日本 Insent 公司。

1.2 仪器与设备

JT-1027HTD 超声波清洗仪:深圳市洁拓超生波清洗设备有限公司;SA 402B 电子舌:日本 Insent 公司;UltraScan Pro 色度仪:美国 Hunterlab 公司;LC20-ADX 高效液相色谱仪:日本岛津公司。

1.3 方法

1.3.1 黄酒酿制工艺

浸泡糯米 2 d→捞出糯米后,蒸煮(1 300 W, 30 min)→摊饭→加入力克酒曲和水(每 700 g 糯米加 17.5 g 酒曲)置于发酵罐中发酵→28℃发酵 7 d, 18℃发酵 14 d→ABCDE 组按照试验设计进行超声处理→压榨离心→杀菌。

1.3.2 分组处理

A 组:正常发酵,不超声波处理;B 组:28℃发酵 7 d 期间,超声处理,其他发酵时间段不超声处理;C 组:18℃发酵 14 d 期间,超声处理,其他发酵时间段不超声处理;D 组:整个发酵过程中每天进行超声处理;E 组:正常发酵,不超声波处理,发酵结束后,压榨离心、超声波处理、杀菌。处理时间为每天上午 8:30,超声时间为 30 min。

1.3.3 黄酒色度评价

方法同文献^[13]。将黄酒样品装入 50 mm×10 mm 石英比色皿后,采用色度仪对其色度进行测定,测试模式为透射,读数以 CIE1976 色度空间值 L^* 、 a^* 和 b^* 表示,其中 L^* 为明亮度, a^* 为红绿度, b^* 为黄蓝度。

1.3.4 黄酒有机酸的测定

高效液相色谱对黄酒样品中的有机酸测定参照文献^[14]中的方法。样品处理:取 2 mL 黄酒样品使用超纯水定容到 10 mL,然后取 5 mL 溶液过 0.45 μm 滤头,随后装于样品瓶中待测。先配置草酸、琥珀酸、酒石酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸、乙酸和乳酸这些食品中常见有机酸制作标准曲线,然后按照以下色谱条件进行有机酸的测定^[1]:ZORBAX SB-AQ(4.6×250 mm, 5 μm);流动相:0.01 mol/L 的磷酸二氢钾溶液(使用正磷酸调节 pH 值至 2.9);柱温为 30℃;流速为 1 mL/min;进样体积为 20 μL 。

1.3.5 不同方式超声波处理后黄酒的滋味品质评价

参照参考文献^[15]中的方法进行测定,经阳离子

或阴离子溶液洗涤后的 CA0、CT0、CO0、AE1、AAE 和 GL1 等 6 个传感器分别置于参比溶液和待测黄酒样品中浸泡 30 s,两者的电势差即为酸味、咸味、苦味、涩味、鲜味和甜味的强度值,经洗涤 30 s 后,传感器 CO0、AE1 和 AAE 于参比溶液中浸泡 30 s,测得的电势与其在样品溶液中的电势值之差即为苦、涩和鲜等 3 个基本味的回味强度值。为减小系统误差,每次测定时均添加同一样品作为对照,并将其各滋味指标相对强度值定义为 0,因而纳入本研究数据分析的各滋味指标的强度均为相对强度值。每个样品重复测定 4 次,取后 3 次测定值作为试验的原始数据。

1.3.6 理化性质测定

总糖、非糖固形物、pH 值、总酸、氨基酸态氮和还原糖的测定:采用 GB/T 13662-2018《黄酒》中相关方法进行测定,其中总糖测定采用亚铁氰化钾法,酒精度:旋转蒸发仪蒸馏水后,使用酒精计进行测量。可溶性固形物:使用糖度仪进行测定。总醛、杂醇油和总酯的测定参见文献[16]。

1.3.7 统计分析

除方法中已经标准试验次数外,其余数据均为重复 3 次。使用方差分析对不同超声波方式处理的红曲黄酒色度、总糖、非糖固形物、pH 值、总酸、氨基酸态氮和还原糖的差异性进行分析,使用雷达图对各滋味指标进行分析,使用主成分分析法(principal component analysis,PCA)对不同超声波方式对红曲米酒滋味的影响进行分析。使用 SPSS17.0 进行数据分析,使用 Excel 进行作图。

2 结果与分析

2.1 超声波辅助方式对红曲黄酒色度的影响

用色度仪对不同超声波辅助方式酿造的红曲黄酒进行了色度研究,结果见表 1。

表 1 不同超声波处理方式对红曲黄酒色度的影响
Table 1 Effect on different ultrasound treatment on chromaticity of monascus rice wine

试验编号	L^*	a^*	b^*
A	83.33±0.025 ^a	6.21±0.005 ^c	32.46±0.005 ^d
B	82.57±0.015 ^b	6.95±0.005 ^d	33.53±0.020 ^d
C	82.02±0.005 ^c	7.93±0.015 ^c	34.65±0.020 ^b
D	81.31±0.010 ^d	9.2±0.005 ^a	35.18±0.015 ^a
E	82.51±0.010 ^b	8.67±0.005 ^b	34.07±0.005 ^c

注: +a* 表示红色, +b* 表示黄色, 同列不同字母表示差异显著 $P<0.05$ 。

从表 1 中可以看出,不同的超声辅助方式均降低

了黄酒的亮度,增加了黄酒的红色和黄色,其中处理方式 D 造成的色度变化最大,由此可以看出,超声波处理时间越长,黄酒亮度降低越多,红色和黄色增加越多。

2.2 超声波辅助方式对红曲黄酒滋味品质的影响

用电子舌对不同超声波辅助方式发酵的红曲黄酒进行了滋味品质的测定。在测定时,把未超声波处理的 A 作为对照,并将其各滋味指标相对强度值定义为 0,因此纳入本研究数据分析的各滋味指标的强度均为相对强度值,超声波辅助方式对红曲黄酒滋味品质影响的雷达图见图 1。

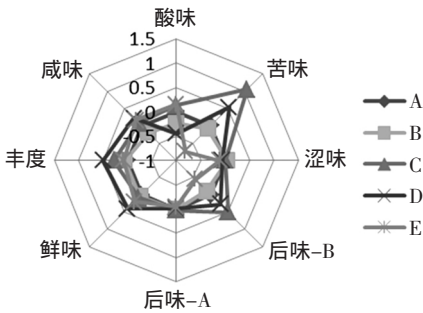


图 1 超声波辅助方式对红曲黄酒滋味品质影响的雷达图
Fig.1 Radar map of the effect of ultrasound assisted method on the taste quality of monascus rice wine

从图 1 的雷达图可以看出,与对照 A 相比,所有超声波辅助发酵的红曲黄酒的涩味和后味 A (涩味的回味)均没有变化。与对照相比,处理 B 的丰度和咸味没变化,但是咸味、酸味、苦味和后味 B (苦味的回味)均较少;处理 C 中除涩味和后味 A 外,与对照相比,所有的滋味强度均有增加,且苦味和后味 B 增加最多;处理 D 与对照相比,咸味、丰度和鲜味增加最多,其次是苦味和后味 B,仅次于处理 C;处理 E 与对照相比,苦味和后味 B 大大减少,酸味、咸味和丰度均有所增加。综上所述,超声波辅助方式处理对黄酒的影响主要体现在苦味、酸味、咸味、丰度、鲜味和后味 B 上。

2.3 不同超声波辅助方式发酵黄酒滋味品质的主成分分析

滋味是食品中多种水溶性物质相互作用刺激味蕾产生的综合感觉,因此只对某一滋味指标进行评价是不足的,因此进行了主成分分析(principal component analysis,PCA),从而了解不同超声波辅助方式对红曲黄酒滋味品质整体结构的影响,结果见图 2。

从碎石图(图 2)可以看出,不同超声波辅助方式的红曲黄酒整体滋味品质的信息主要集中在前 3 个成分,其累计方差贡献率达到 99.24%。第一主成分主要由有涩味、咸味、后味 B 和鲜味等指标构成,第二主成分主要由丰度、后味 A 和苦味构成,第三主成分主要

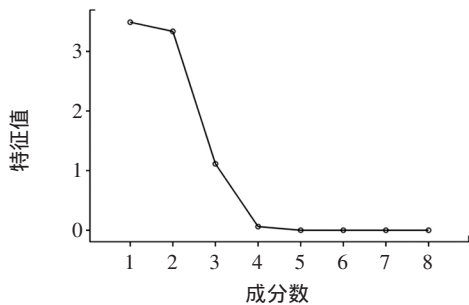


图2 碎石图
Fig.2 Gravel map

表2 各滋味指标主成分载荷矩图
Table 2 Component matrix (a) of rice taste

成分	酸味	苦味	涩味	咸味	鲜味	后味 A	后味 B	丰度
1	0.116	0.430	0.964	-0.802	-0.788	0.392	0.898	-0.373
2	-0.504	0.869	0.086	0.422	0.572	0.886	0.430	0.919
3	0.849	0.246	-0.253	0.397	-0.208	0.238	0.085	-0.066

表3 黄酒主成分得分及综合得分
Table 3 Principal component scores and composite score

编号	主成分 1	主成分 2	主成分 3	综合得分	排名
A	3.41	-3.51	0.73	0.12	4
B	5.83	-3.27	-4.60	0.54	2
C	5.00	5.12	4.73	4.97	1
D	-5.99	8.45	-2.79	0.53	3
E	-8.25	-6.79	1.94	-6.16	5

由酸味构成,具体见表2。

每一个主成分从不同角度反映了不同超声波辅助方式对红曲黄酒的影响,但是不能反应黄酒的综合品质,因此根据公式:主成分1= $FAC1_1 \times SQR(\lambda_1)$,主成分2= $FAC2_1 \times SQR(\lambda_2)$ 计算主成分得分,根据公式:综合得分=主成分1 $\times \lambda_1$ +主成分2 $\times \lambda_2$ 计算综合得分,其中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 分别为各成分对主成分的贡献率。计算后,对不同超声波辅助方式黄酒的综合滋味品质进行排名,结果见表3。从表中可以看出,C处理味道最好,E处理的口味最差。

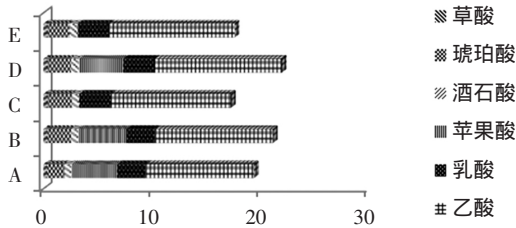


图3 红曲黄酒样品中有机酸含量
Fig.3 Content of organic acids in monascus rice wine

2.4 超声波辅助方式对红曲黄酒中有机酸含量的影响
红曲黄酒样品中有机酸含量见图3。
黄酒中的有机酸可以降低黄酒的甜度,增加黄酒的浓厚感。由图3可以看出,超声波辅助方式处理的样品中草酸、琥珀酸、乳酸和乙酸的含量均有增加,特别是处理C、处理D和处理E。但是处理C和处理E

中苹果酸含量降低,这与陈酿黄酒中随着时间延长苹果酸含量降低的趋势是一致的^[17]。

2.5 超声波辅助方式对红曲黄酒理化性质的影响
超声波辅助方式对红曲黄酒理化性质的影响见表4。

表4 超声波辅助方式对红曲黄酒理化性质的影响
Table 4 Effect of ultrasound assisted method on physicochemical properties of monascus rice wine

理化指标	可溶性固形物/(g/L)	非糖固形物/(g/L)	总糖/(g/L)	还原糖/(g/100 g)	总酸/(g/L)	氨基酸态氮/(g/L)	酒精度/% vol	pH 值	杂醇油/(g/L)	总酯/(g/L)
A	7.00±0.10 ^a	7.68±0.02 ^a	4.24±0.12 ^d	0.07±0.02	2.29±0.04 ^d	0.11±0.01 ^c	13.0±0.2 ^d	2.68±0.01 ^c	24.47±0.15 ^a	0.29±0.02 ^b
B	6.20±0.01 ^b	7.45±0.03 ^b	4.77±0.09 ^c	0.07±0.01	2.43±0.02 ^c	0.14±0.02 ^b	13.0±0.3 ^d	2.73±0.00 ^b	24.61±0.09 ^a	0.31±0.01 ^b
C	7.00±0.12 ^a	6.35±0.01 ^c	4.71±0.06 ^c	0.06±0.02	2.50±0.01 ^b	0.14±0.01 ^b	14.5±0.0 ^c	2.68±0.00 ^c	21.41±0.10 ^c	0.18±0.04 ^c
D	7.00±0.15 ^a	6.68±0.02 ^d	6.04±0.11 ^b	0.07±0.00	2.62±0.02 ^a	0.17±0.02 ^a	16.5±0.1 ^b	2.78±0.02 ^a	24.67±0.08 ^a	0.13±0.05 ^c
E	7.10±0.05 ^a	5.83±0.03 ^c	6.77±0.10 ^a	0.07±0.01	2.64±0.01 ^a	0.14±0.00 ^b	17.0±0.3 ^a	2.66±0.02 ^c	22.02±0.12 ^b	0.59±0.03 ^a

注:同一列数据肩字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

从表4可以看出,与对照相比,超声波辅助方式对黄酒中的还原糖含量和pH值影响不大,总糖、总酸和

氨基酸态氮含量上升,非糖固形物含量下降。与对照相比,处理B的可溶性固形物含量减少,其余处理与

对照没有显著差异,可能是超声波处理使得可溶性固形物降解,酒精度中除处理 B 外,其余的与对照差异达到显著水平;处理 C 和 E 杂醇油的含量显著降低,且处理 C 的含量最低,原因可能为超声波处理增加了杂醇油挥发;处理 E 显著增加了总酯的含量,原因可能为超声波处理加速了黄酒的酯化过程,从而加速了黄酒的老化。

3 结论

通过对超声波辅助方式对黄酒品质影响的研究发现,超声波减弱黄酒的亮度,增加了黄酒的红色和黄色,不同发酵时期的超声波处理对黄酒滋味品质的影响是不一样的,通过 PCA 分析发现,处理 C,即 18℃ 发酵的 14 d 时超声波处理黄酒的滋味品质最优。对有机酸含量和理化性质的研究发现处理 C 与对照和其他处理相比,可溶性固形物、非糖固形物、总糖、总酸、氨基酸态氮、酒精度、pH 值和总酯含量均为中等,有机酸和杂醇油含量最低,这也可能是处理 C 滋味品质最优的原因。综上所述,处理 C,即 18℃ 发酵的 14 d 时超声波处理黄酒品质最优,具有潜在用于黄酒加速陈酿的价值。

参考文献:

- [1] 傅金泉.黄酒生产技术[M].北京:化学工业出版社,2005, 1-2
- [2] 鲍忠定,孙培龙,许荣年.动态顶空进样 GC/MS 法测定不同酒龄绍兴酒的挥发性醛类化合物[J].酿酒科技, 2007(1): 97-98
- [3] 侯福荣.超声波辅助陈酿黄酒技术研究[D].镇江:江苏大学,2017: 12
- [4] Masuzawa N, Ohdaira E, Massao I. Effects of ultrasonic irradiation on phenolic compounds in wine[J]. Japanese Journal of Applied Physics, 2000, 39(5): 2978-2979
- [5] Ferraretto P, Celotti E. Preliminary study of the effects of ultrasound on red wine polyphenols[J]. CyTA-Journal of Food, 2016, 14: 1-7
- [6] 陈萍,刘一健,王颖.超声处理对干红葡萄酒香气成分含量的影响[J].食品工业科技,2011, 32(5): 145-148
- [7] 莫瑞深.低频超声对黄酒催陈效果的研究[J].广西轻工业, 2007(9): 16-18
- [8] Chang A C, Chen F C. The application of 20 k Hz ultrasonic wave to accelerate the aging of different wines[J]. Food Chemistry, 2002,79(4): 501-506
- [9] 邓莉.电子舌对不同酒味觉的辨别研究[J].中国酿造,2018, 37(7): 97-100
- [10] 李建美,张志浩,郑韵,等.基于电子舌传感技术评价不同市售啤酒滋味品质[J].现代食品,2017(12): 115-119
- [11] Yu H Y, Zhang Y, Xu C H, et al. Discrimination of wine age of Chinese rice wine by electronic tongue based on amino acid profiles[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017,33(2): 297-301
- [12] 赵慧君,沈馨,钟小丹,等.炒米米酒的滋味品质评价[J].中国酿造, 2017,36(9): 64-68
- [13] 赵慧君,潘婷,王想,等.不同澄清剂对黄酒澄清效果及产品品质影响的研究[J].保鲜与加工,2018,18(5): 101-106
- [14] 杨小丽,高航,徐宝钗,等.孝感米酒中乳酸菌的分离及其对黄酒品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(18): 93-98
- [15] 王玉荣,张俊英,胡欣洁,等.湖北孝感和四川成都地区来源的酒曲对米酒滋味品质影响的评价[J].食品科学,2015,36(16): 207-210
- [16] 蔡明迪.超高压及超声波处理对黄酒陈化过程的影响研究[D].广州:华南理工大学,2012: 18-23
- [17] 阎文飞,程凡升,郭瑞,等.北方黄酒陈酿过程中主要成分含量及其变化趋势[J].中国酿造,2017,36(5): 72-75

收稿日期:2018-12-10

高举中国特色社会主义伟大旗帜，
坚定不移走中国特色社会主义道路。