

超高压处理对红枣酒品质的影响

易宗伟^{1,2}, 蔡文超³, 崔梦君^{1,2}, 王玉荣^{1,2}, 单春会³, 郭壮^{1,2*}

(1. 湖北文理学院 湖北省食品配料工程技术研究中心, 湖北 襄阳, 441053; 2. 湖北文理学院 乳酸菌生物技术与工程襄阳市重点实验室, 湖北 襄阳 441053; 3. 石河子大学 食品学院, 新疆 石河子 832000)

摘要: 在使用 12 种果酒商业发酵剂制备果酒的基础上, 使用 300 MPa 压力分别对红枣酒进行常温 5 min 超高压 (ultrahigh-pressure, UHP) 处理, 采用理化分析、色度仪、电子舌和电子鼻技术对酒体理化指标、色泽、滋味和风味进行分析, 探究超高压处理对红枣酒品质的影响。理化分析表明, 超高压处理组的红枣酒可溶性固形物含量极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 而其他指标的差异不显著 ($P > 0.05$)。色泽分析表明, 超高压处理组的红枣酒 L^* 值 (明亮度) 显著升高 ($P < 0.05$), a^* 值 (红绿值) 极显著降低 ($P < 0.01$), 而 b^* 值 (蓝黄值) 无显著变化 ($P > 0.05$)。电子舌分析表明, 超高压处理组的红枣酒丰度 (鲜味的回味) 极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 而其他指标差异不显著 ($P > 0.05$)。电子鼻分析表明, 传感器 W3C (对氨和芳香族物质灵敏) 和 W5C (对烷烃芳香物质灵敏) 对超高压处理组的红枣酒响应值显著高于对照组 ($P < 0.05$, $P < 0.01$), 而其他传感器的值差异不显著 ($P > 0.05$)。由此可见, 超高压处理有助于改善红枣酒整体的品质。

关键词: 超高压处理; 红枣酒; 色度仪; 电子舌; 电子鼻

Effects of Ultrahigh-Pressure Treatment on Quality of Jujube Wine

YI Zongwei^{1,2}, CAI Wenchao³, CUI Mengjun^{1,2}, WANG Yurong^{1,2}, SHAN Chunhui³, GUO Zhuang^{1,2*}

(1. Hubei Provincial Engineering and Technology Research Center for Food Ingredients, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, Hubei, China; 2. Xiangyang Lactic Acid Bacteria Biotechnology and Engineering Key Laboratory, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, Hubei, China; 3. School of Food Science and Technology, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang, China)

Abstract: In this study, on the basis of using 12 commercial starters for fruit wine production, the *Zizyphus jujuba* Mill. (jujube) wine was treated with the ultrahigh-pressure (UHP) technology at 300 MPa pressure and room temperature for 5 min. Then techniques including physicochemical analysis, colorimetry, electronic tongue, and electronic nose were utilized to analyze the physicochemical indicators, color, taste, and flavor of the wine, further exploring the effects of the ultrahigh-pressure technology on the quality of jujube wine. The physicochemical analysis showed that the total soluble solids of jujube wine treated under ultrahigh-pressure were significantly lower than that in the control group ($P < 0.01$), while the differences in other indicators were not significant ($P > 0.05$). The color analysis showed that the L^* value (brightness) of jujube wine treated under ultrahigh-pressure significantly increased ($P < 0.05$), the a^* value (red-green value) decreased significantly ($P < 0.01$), while the b^* value (blue-yellow value) showed no significant changes ($P > 0.05$). The electronic tongue analysis showed that the abundance (the aftertaste of umami) of jujube wine treated under ultrahigh-pressure was significantly higher than that in the control group ($P < 0.01$), while other indicators showed no significant differences ($P > 0.05$). The electronic nose analysis showed that the response values of sensors W3C (sensitive to ammonia and aromatic substances) and W5C (sensitive to alkane aromatic substances) to jujube wine treated under ultrahigh-pressure were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$, $P < 0.01$), while other sensors showed no significant differences ($P > 0.05$). It can be seen that the ultrahigh-pressure treatment helps to improve the overall quality of jujube wine.

Key words: ultrahigh-pressure treatment; jujube wine; colorimeter; electronic tongue; electronic nose

基金项目: 新疆重点产业创新发展支撑计划项目(2022DB007); 湖北文理学院教师科研能力培育基金“科技创新团队”项目(2020kypyt009)

作者简介: 易宗伟(2003—), 男(土家), 本科在读, 研究方向: 食品生物技术。

*通信作者: 郭壮(1984—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 食品生物技术。

引文格式:

易宗伟,蔡文超,崔梦君,等.超高压处理对红枣酒品质的影响[J].食品研究与开发,2025,46(3):62-67.

YI Zongwei, CAI Wenchao, CUI Mengjun, et al. Effects of Ultrahigh-Pressure Treatment on Quality of Jujube Wine[J]. Food Research and Development, 2025, 46(3): 62-67.

红枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)隶属于鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Zizyphus* Mill.),是我国第一大干果经济林树种^[1],距今已有7000多年的栽种历史。因具有日照时间长、昼夜温差大和降雨量少等气候特点^[2],2021年新疆红枣种植面积达到44.5万hm²,产量372.8万t,位居我国首位^[3],成为我国红枣的主产区之一。作为红枣深加工产品之一,红枣酒既保留了红枣独特的香气,又具有入口绵柔和回味悠长的特点,因而深受消费者喜爱^[4]。超高压技术(ultrahigh-pressure, UHP)是指在常温条件下以水为介质,对试样以100~1000 MPa的压力进行处理^[5],不仅具有处理时间短和能耗小等特点^[6],而且在一定程度上对食品的品质具有一定的改善作用^[7],目前已在果蔬汁的加工^[8]、杀菌^[9]和贮藏保鲜^[10]等方面得到了广泛应用。张帆等^[11]采用不同处理方式对比比利时艾尔琥珀工坊啤酒进行杀菌处理发现,超高压处理的样品能够保持较好的色泽、浑浊度与泡持性。孔祥锦等^[7]采用超高压技术对黄芪酒处理发现,处理后的酒样品质更优,总黄酮含量和酯类等风味物质含量更高,果香味更浓。由此可见,使用超高压技术对红枣酒进行处理对提升酒体的品质可能具有积极的作用。

酒体的滋味和风味作为评价红枣酒品质的重要指标,成为影响消费者购买度的关键因素^[12]。电子鼻和电子舌能够模拟哺乳动物的嗅觉和味觉系统^[13],对样品的挥发性风味和滋味进行高效客观的评价,因其具有很高的灵敏度和很好的重现性,所以在果酒品质的检测中发挥着重要作用。Fan等^[14]应用电子舌和电子鼻对7个葡萄品种生产的市售葡萄酒的品质进行分析发现,传感器W2S和W1W对所有样品均具有较高的响应值,后味B(苦味的回味)和酸味在不同葡萄品种间存在显著性差异($P < 0.05$),且通过电子舌和电子鼻的主成分分析可以有效地区分不同葡萄品种生产的葡萄酒。于志海等^[15]采用电子舌和电子鼻技术对不同采收时间火龙果酒的品质进行研究,结果发现火龙果酒中富含长链烷烃、醇类和醛酮类等挥发性风味物质,且8月份采收的火龙果制备的发酵酒在酸味指标上高于9月和10月。由此可见,使用电子鼻和电子舌技术对红枣酒的品质进行评价具有可行性。

因此本研究采用超高压技术对红枣酒进行处理,以未经超高压处理的红枣酒样品作为对照,通过对理化特性、色度、风味和滋味指标的测定分析超高压处理

对红枣酒品质的影响,以期为新疆地区红枣酒加工产业技术的改良和品质的优化提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

骏枣(*Jun jujube*):新疆维吾尔自治区石河子市;白砂糖:柳州市柳冰食品厂;偏重亚硫酸钾(食品级):意大利 ESSECO 集团;柠檬酸、葡萄糖(均为食品级):国药集团化学试剂有限公司;果胶酶(50 000 U/g):和氏璧生物科技有限公司;酵母麦芽糖琼脂(yeast malt agar, YM)培养基:青岛海博生物技术有限公司;发酵剂 BV818、RV171、RV002:安琪酵母股份有限公司;发酵剂 LA-BA、LA-RA、LA-DE、LA-FR、LA-PE、LA-MA、LA-AU、LA-EC、CR1:法国 OENOFrance 公司。

1.2 仪器与设备

HPP.L2-700/1 超高压设备:天津华泰森森生物工程股份有限公司;MJP-250 恒温培养箱:上海精宏设备有限公司;9231 破壁榨汁机:奥克斯集团有限公司;TGL-16M 立式冷冻离心机:常州市金坛高科仪器厂;PHS-25 型实验室 pH 计:上海今迈仪器仪表公司;Abbemat 350 折光仪:德国 Anton Paar 公司;Ultra Scan PRO 色度仪:美国 HunterLab 公司;RE52CS 旋转蒸发器:上海亚荣生化仪器厂;PEN3 电子鼻:德国 Airsense 公司;SA-402B 电子舌:日本 INSENT 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 红枣酒的制备

红枣酒配制工艺流程如下^[16]。

骏枣→挑选、清洗→去核→加水打浆→杀菌→酶解→调配(白砂糖、柠檬酸)→接菌发酵→过滤→离心→不处理/超高压处理→成品。

具体操作要点:将清洗去核的骏枣果肉按照质量比 1:5 与去离子水进行混合后,使用破壁榨汁机打浆 30 s 并按照质量分数 0.006% 的比例加入偏重亚硫酸钾,30 min 后按照质量分数 0.3% 的比例加入果胶酶进行酶解,45 °C 酶解 1 h 后使用白砂糖将红枣汁可溶性固形物含量调至 24 °Bx,同时使用柠檬酸将红枣汁 pH 值调至 3.90,然后按照质量分数 0.025% 的比例分别将 12 种商业果酒发酵剂接入红枣汁中,随后将 12 个发酵罐置于 22 °C 恒温培养箱中进行发酵,当某一发酵醪糖浓度在 72 h 内未发生变化,则视为该发酵醪到达发酵终点,最后使用 8 层纱布对发酵液进行过

滤,4℃条件下8 000 r/min离心10 min,将得到的上清液于-20℃保存。

1.3.2 超高压技术处理

使用12个发酵剂共制备了12份红枣酒,每份红枣酒均分为2等份,其中1份为对照组不做任何处理,另一份作为超高压处理组进行超高压处理。将需超高压处理的红枣酒装入聚乙烯(polyethylene,PE)真空袋中,每袋约150 mL,排去空气后进行密封,随后置于超高压设备压力舱中,使用去离子水作为处理介质,300 MPa压力和常温条件下保压5 min^[17]。

1.3.3 红枣酒理化特性的测定

参照GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中的密度瓶法对酒精度进行测定,直接滴定法对总糖含量进行测定,指示剂法对总酸含量进行测定。参照折光仪使用说明书,将样品滴入检测镜面内,对红枣酒可溶性固形物含量进行测定,每个样品测定3个平行,取平均值进行分析。参照pH计使用说明书,对红枣酒的pH值进行测定。

1.3.4 红枣酒色度指标的测定

使用色度仪的全透射模式对红枣酒的色度进行测定,测试时将样品装入色度仪专用比色皿(10 mm×50 mm)中进行L*值(暗→亮:0→100)、a*值(绿→红:0→100)和b*值(蓝→黄:0→100)指标测定^[18]。

1.3.5 红枣酒挥发性风味指标的测定

准确量取15 mL红枣酒装入电子鼻样品瓶中,装盖密封后55℃条件下水浴10 min,让红枣酒中的挥发性风味物质充分挥发后再进行测定。电子鼻仪器主要由8个金属氧化物半导体(metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, MOS)型化学传感器组成,主要包括W1C(对苯类芳香物质灵敏)、W3C(对芳香族物质灵敏)、W5C(对烷烃芳香物质灵敏)、W1W(对有机硫化物和萜烯类物质灵敏)、W2W(对有机硫化物灵敏)、W2S(对醇和部分芳香族化合物灵敏)和W3S(烷烃类)。将电子鼻检测系统预热30 min,然后设置气体流速为1.5 L/min进行传感器自洁,当系统稳定后进行样品的检测,设置样品气体流速为0.5 L/min,样品测定时间为60 s,选取49、50、51 s的传感器响应值进行分析,每个样品测定3个平行^[19]。

1.3.6 红枣酒滋味指标的测定

采用电子舌系统对红枣酒的滋味指标进行测定,检测的味觉主要包括酸味、苦味、涩味、咸味和鲜味5个基本味及涩味(后味A)、苦味(后味B)、鲜味(丰度)的3个回味。首先量取40 mL红枣酒样品装入电子舌配套的玻璃检测杯中,再将传感器在参比溶液和红枣酒样品中分别浸泡30 s,得到参比溶液电势 V_r 和红枣酒样品溶液电势 V_s ,通过对 V_r 和 V_s 的电势差值进行计算,即可得到样品基本味的相对强度值,传感器洗涤3 s

后继续在参比溶液中浸泡30 s,得到电势 V_r' ,通过对 V_r' 和 V_r 的电势差值进行计算,即可得到回味的相对强度值。每个样品测定3个平行,最后使用电子舌系统自带分析软件对数据进行分析^[20]。

1.4 数据处理

使用SPSS 22软件的配对样本T检验(paired samples t-test)进行2组之间的显著性分析,使用SAS和Origin 2018软件进行主成分分析(principal component analysis, PCA)。

2 结果与分析

2.1 超高压处理对红枣酒理化特性的影响

本研究对对照组和经超高压处理后红枣酒样品的可溶性固形物含量、pH值、总酸含量、总糖含量和酒精度的变化进行了分析,结果如表1所示。

表1 超高压处理对红枣酒理化特性的影响
Table 1 Effects of ultrahigh-pressure treatment on physicochemical properties of jujube wine

指标	对照组平均值(中位数、最小值~最大值)	超高压处理组平均值(中位数、最小值~最大值)	P值
可溶性固形物含量/%	8.18 (8.15、7.90~8.59)	7.79 (8.01、7.04~8.37)	0.009
pH值	3.91 (3.91、3.83~3.99)	3.91 (3.91、3.81~3.98)	0.541
总酸含量/(g/L)	4.82 (4.81、4.01~5.41)	4.73 (4.64、4.08~5.52)	0.356
总糖含量/(g/L)	8.17 (8.13、7.85~8.51)	8.41 (8.36、7.84~9.55)	0.157
酒精度/% vol	12.58 (12.76、10.49~13.60)	12.42 (12.27、11.22~13.63)	0.620

注:P<0.05表示与对照组相比,差异显著;P<0.01表示与对照组相比,差异极显著。

由表1可知,与对照组相比,经过超高压处理的红枣酒pH值、总酸含量、总糖含量和酒精度这4项指标没有显著性差异(P>0.05)。王莉梅等^[21]对石榴果汁进行超高压处理(600 MPa, 5 min)后发现石榴果汁饮料的pH值和总酸含量无显著变化(P>0.05),黄晓玲等^[22]在600 MPa下处理1 min非浓缩还原汁橙汁,发现超高压处理对pH值没有显著影响(P>0.05),与本研究结果一致。由表1可知,超高压处理组的红枣酒可溶性固形物含量极显著低于对照组(P<0.01),原因可能是超高压处理使红枣酒中可溶性大分子物质变性发生沉淀,从而降低红枣酒可溶性固形物的含量^[23]。

2.2 超高压处理对红枣酒色度的影响

发酵酒制品的色泽对于其外观和消费者的接受度有重要影响,本研究通过测定对照组和超高压处理组红枣酒的色泽指标,得到代表样品明亮度的L*值、红绿度的a*值和黄蓝度的b*值,结果如表2所示。

表2 超高压处理对红枣酒色泽的影响

Table 2 Effects of ultrahigh-pressure treatment on the color of jujube wine

指标	对照组平均值(中位数、最小值~最大值)	超高压处理组平均值(中位数、最小值~最大值)	P值
L*值	62.10(62.15, 60.26~65.42)	64.13(63.92, 61.28~67.13)	0.010
a*值	5.26(4.81, 2.16~14.07)	4.39(4.09, 2.03~11.24)	0.002
b*值	54.67(53.59, 49.73~71.19)	55.70(55.10, 51.06~65.69)	0.148

注: $P<0.05$ 表示与对照组相比, 差异显著; $P<0.01$ 表示与对照组相比, 差异极显著。

由表2可知, 经过超高压处理的红枣酒L*值显著升高($P<0.05$), a*值极显著降低($P<0.01$), 而b*值无显著变化($P>0.05$), 这表明经过超高压处理后的红枣酒颜色更透亮, 红色度降低。花色苷是使红枣酒呈现红色的主要色素, 在抗氧化、清除自由基方面有积极的作用, 其颜色的变化主要受到溶液pH值的影响, 酸性环境下为红色, 碱性条件下则会偏向于蓝色^[24], 对于溶液理化特性的研究发现超高压处理对红枣酒pH值的影响不显著($P<0.05$), 因此b*值(蓝黄值)的变化不显著。然而, 超高压处理在一定程度上会使花色苷分子间发生范德华力碰撞, 加快花色苷的降解, 从而使a*值(红绿值)降低。此外, 超高压处理能够使红枣酒的溶质颗粒变细, 为光的折射和反射提供更多通路, 使红枣酒L*值升高, 酒体更加澄清, 且随着可溶性固形物含量的下降, 红枣酒亦会更加透亮, 从而使红枣酒呈现更好的色泽。

2.3 超高压处理对红枣酒滋味的影响

本研究采用电子舌技术分析对照组和超高压处理组红枣酒的滋味品质的差异, 结果如表3所示。

表3 超高压处理对红枣酒挥发性风味的影响

Table 3 Effects of ultrahigh-pressure treatment on the volatile flavor of jujube wine

指标	对照组平均值(中位数、最小值~最大值)	超高压处理组平均值(中位数、最小值~最大值)	P值
酸味	-4.02(-4.20, -5.15~-2.42)	-4.02(-4.17, -5.39~-2.38)	0.943
苦味	-0.95 (-1.13, -1.51~-0.12)	-0.99 (-1.13, -1.31~-0.42)	0.831
涩味	1.10(1.12, 0.85~1.29)	1.01(0.99, 0.86~1.23)	0.098
咸味	8.46(8.48, 7.55~9.27)	8.68(8.64, 8.03~9.18)	0.061
鲜味	6.60(6.57, 6.15~6.96)	6.74(6.81, 6.18~7.22)	0.169
后味A	1.19(1.11, 0.99~1.35)	1.08(1.10, 0.93~1.13)	0.078
后味B	-0.70(-0.67, -1.07~-0.34)	1.01(0.99, 0.86~1.23)	0.187
丰度	0.41(0.45, 0.22~0.64)	0.59(0.66, 0.16~0.74)	0.008

注: $P<0.05$ 表示与对照组相比, 差异显著; $P<0.01$ 表示与对照组相比, 差异极显著。

由表3可知, 超高压处理组的红枣酒丰度极显著高于对照组($P<0.01$), 原因可能是由于氨基酸和肽是呈现鲜味的物质形成的重要前体物质, 超高压处理促进了氨基酸的释放, 使肽的活性升高, 从而影响呈味物质的含量^[25]。由表3可知, 其他7个传感器的响应值均无显著差异($P>0.05$), 说明超高压处理对红枣酒滋味的影响较小。

2.4 超高压处理对红枣酒挥发性风味的影响

果酒的香气特征是影响消费者购买欲的重要因素, 本研究进一步采用电子鼻技术分析对照组和经超高压处理红枣酒的挥发性风味品质, 结果如表4所示。

表4 超高压处理对红枣酒挥发性风味的影响

Table 4 Effects of ultrahigh-pressure treatment on the volatile flavor of jujube wine

指标	对照组平均值(中位数、最小值~最大值)	超高压处理组平均值(中位数、最小值~最大值)	P值
W1C	0.033(0.033, 0.032~0.034)	0.033(0.033, 0.031~0.036)	1.000
W3C	0.051(0.051, 0.049~0.054)	0.054(0.054, 0.052~0.060)	0.003
W5C	0.036(0.037, 0.036~0.037)	0.038(0.037, 0.034~0.041)	0.025
W1W	168.12(167.41, 165.35~178.85)	168.67(168.67, 163.08~180.99)	0.764
W2S	61.66(61.31, 58.77~66.80)	64.18(63.74, 60.04~80.05)	0.146
W2W	2.49(2.49, 2.44~2.54)	2.47(2.47, 2.41~2.54)	0.376
W3S	4.92(4.93, 4.83~4.95)	4.92(4.93, 4.81~4.99)	0.938

注: $P<0.05$ 表示与对照组相比, 差异显著; $P<0.01$ 表示与对照组相比, 差异极显著。

由表4可知, 在挥发性风味指标上, 传感器W1W和W2S对于对照组和超高压处理组的红枣酒均具有较高的响应值, 其次为传感器W3S和W2W, 而其他几个传感器的响应值较低, 说明红枣酒样品中有机硫化物、萜烯类物质、醇类和部分芳香族化合物相对含量均较高, 挥发性大, 对红枣酒风味的影响较大。传感器W3C(对芳香族物质灵敏)和W5C(对烷烃芳香物质灵敏)对超高压处理样品的响应值显著高于对照组($P<0.05$), 说明超高压处理可提升红枣酒的风味品质。

2.5 红枣酒品质整体结构的差异性分析

为进一步综合评价超高压对红枣酒品质的影响, 以理化特性、色度、电子鼻和电子舌的检测指标为对象进行主成分分析(PCA), 红枣酒品质因子载荷图如图1所示。

由图1可知, PC1和PC2的方差贡献率分别为23.14%和20.44%。PC1主要由pH值、酒精度、酸味、W3C和W5S共计5个指标构成, PC2主要由可溶性固形物含量、W5C、W3S和W2W共计4个指标构成, 其

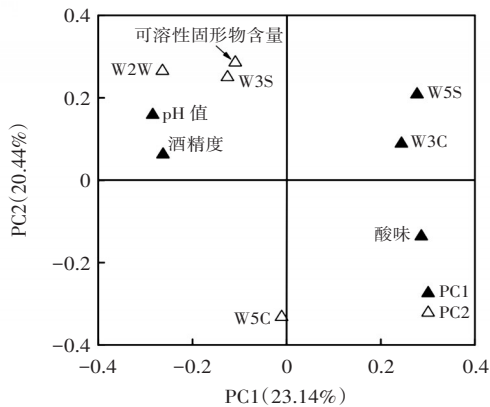
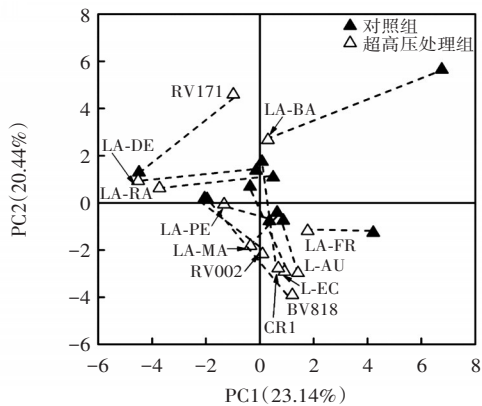


图1 基于红枣酒品质主成分分析的因子载荷图

Fig.1 Factor loading based on principal component analysis of jujube wine quality

中 W3C 在 PC1 的载荷量为 0.25, PC2 载荷最高的正影响指标为可溶性固形物, 其载荷量为 0.29, 而载荷最高的负影响指标为 W5C, 其载荷量为 -0.33, 即 PC1 的主要差异集中在 W3C、W5S 和酸味上, 而 PC2 的主要差异集中在可溶性固形物和 W5C 上。基于 PC1 和 PC2 超高压处理红枣酒品质的因子得分图如图 2 所示。



虚线连接的 2 个样品为同一种发酵剂制备的对照组和超高压处理组的红枣酒样品。

图2 基于红枣酒品质主成分分析的因子得分图

Fig.2 Factor scores based on principal component analysis of jujube wine quality

由图 2 可知, 在空间排布上, 超高压处理组的红枣酒主要位于 Y 轴的负半轴, 而对照组主要位于靠近原点的位置, 结合图 1 可知, 超高压处理组的红枣酒 W5C 传感器对应的响应值更高, 可溶性固形物含量更低, 即超高压处理后红枣酒的烷烃芳香物质相对含量更高, 这与配对样本 *T* 检验的结果一致。因此, 超高压处理有助于改善红枣酒整体的品质。

3 结论

本研究使用 300 MPa 压力对红枣酒进行了常温 5 min 的超高压处理, 结果发现超高压处理可使红枣酒

的可溶性固形物含量极显著下降, 亮度增加, 但会导致酒体的颜色偏绿。同时超高压处理会使红枣酒鲜味的回味提升, 使烷烃类芳香物质和芳香族物质的含量显著增加。由此可见, 超高压处理可以明显改善红枣酒的品质。

参考文献:

- [1] HUANG J, ZHANG C M, ZHAO X, et al. The jujube genome provides insights into genome evolution and the domestication of sweetness/acidity taste in fruit trees[J]. *PLoS Genetics*, 2016, 12(12): e1006433.
- [2] 吴晗彬, 王志勇, 袁稼营, 等. 新疆 4 个优质红枣品种果实营养成分评价[J]. *四川农业大学学报*, 2023, 41(3): 416-424, 445. WU Hanbin, WANG Zhiyong, YUAN Jiaying, et al. Evaluation of fruit nutritional components of four high-quality jujube cultivars in Xinjiang[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2023, 41(3): 416-424, 445.
- [3] SHI Q Q, HAN G, LIU Y, et al. Nutrient composition and quality traits of dried jujube fruits in seven producing areas based on metabolomics analysis[J]. *Food Chemistry*, 2022, 385: 132627.
- [4] TANG F X, CAI W C, SHAN C H, et al. Dynamic changes in quality of jujube wine during fermentation[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, 44(9): e14704.
- [5] 冉露霞, 王俊杰, 成臣, 等. 超高压和巴氏杀菌对百香果汁贮藏期品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(3): 56-66. RAN Luxia, WANG Junjie, CHENG Chen, et al. Effect of ultra-high pressure sterilization and pasteurization on the quality of passion fruit juice during storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2023, 44(3): 56-66.
- [6] ANAYA-ESPARZA L M, VELÁZQUEZ-ESTRADA R M, ROIG A X, et al. Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 61: 26-37.
- [7] 孔祥锦, 陈春霞, 梁玉浩, 等. 超高压、微波和超声波处理对黄芪配制酒品质的影响分析[J]. *食品与发酵工业*, 2023, 49(16): 96-102. KONG Xiangjin, CHEN Chunxia, LIANG Yuhao, et al. Impact of high hydrostatic pressure, microwave, and ultrasonic treatment on the qualities of astragalus liquor[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2023, 49(16): 96-102.
- [8] LIU Y, LIAO M Y, RAO L, et al. Effect of ultra-high pressure homogenization on microorganism and quality of composite pear juice[J]. *Food Science & Nutrition*, 2022, 10(9): 3072-3084.
- [9] GAN X J, CHEN Z Z, WANG L W, et al. Evaluation of ultra-high-pressure sterilization in terms of bactericidal effect, qualities, and shelf life of 'xinli No. 7' (*Pyrus sinkiangensis*) pear juice[J]. *Foods*, 2023, 12(14): 2729.
- [10] LIU Q, HUANG G X, MA C L, et al. Effect of ultra-high pressure and ultra-high temperature treatments on the quality of watermelon juice during storage[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2021, 45(9): e15723.
- [11] 张帆, 蒋卓, 张国文, 等. 超高压杀菌对比比利时艾尔琥珀工坊啤酒贮藏品质变化的影响及货架期预测[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(16): 203-210. ZHANG Fan, JIANG Zhuo, ZHANG Guowen, et al. Effect of ultra high pressure sterilization on the storage quality and shelf life prediction of Belgian ale amber craft beer[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(16): 203-210.

- [12] 李顺红. 红枣果酒的工艺及品质分析研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2022.
LI Shunhong. Research on technology and quality analysis of jujube wine[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2022.
- [13] 蔡雨静, 张振宇, 王彩玲, 等. 电子鼻、电子舌结合 SPME-GC-MS 对青海玉树牦牛肉挥发性化合物分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(16): 348-357.
CAI Yujing, ZHANG Zhenyu, WANG Cailing, et al. Application of electronic nose, electronic tongue intelligent detection combined with SPME-GC-MS in the identification of flavor characteristics of Yushu yak[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(16): 348-357.
- [14] FAN X, PAN L Q, CHEN R S. Characterization of flavor frame in grape wines detected by HS-SPME-GC-MS coupled with HPLC, electronic nose, and electronic tongue[J/OL]. Food Materials Research, 2023: 1-10[2023-09-20]. <https://www.maxapress.com/article/doi/10.48130/FMR-2023-0009>.
- [15] 于志海, 何书成, 董文轩, 等. 基于智能感官和 HS-SPME-GC-MS 技术分析火龙果发酵酒的风味[J]. 中国酿造, 2023, 42(9): 223-229.
YU Zhihai, HE Shucheng, DONG Wenxuan, et al. Analysis of fermented dragon fruit wine flavor based on intelligent sensory and HS-SPME-GC-MS[J]. China Brewing, 2023, 42(9): 223-229.
- [16] 崔梦君, 邹金, 蔡文超, 等. 红枣酒氨基酸含量的测定及其方法优化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(15): 156-162.
CUI Mengjun, ZOU Jin, CAI Wenchao, et al. Determination of amino acid content of different varieties of red jujube wine and optimization of its method[J]. Food Research and Development, 2020, 41(15): 156-162.
- [17] 夏亚男, 双全, 杨续金. 超高压处理对红枣酒抗氧化性及风味成分的影响[J]. 食品科技, 2021, 46(1): 75-80.
XIA Yanan, SHUANG Quan, YANG Xujin. Effect of ultra-high pressure treatment on antioxidant and flavor components of jujube wine[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(1): 75-80.
- [18] 李欣洁, 吕欣然, 杨雨帆, 等. 不同益生菌发酵对黑胡萝卜汁感官品质和营养品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(10): 24-31.
LI Xinjie, LYU Xinran, YANG Yufan, et al. Effects of different probiotics fermentation on sensory quality and nutritional quality of black carrot juice[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(10): 24-31.
- [19] CAI W C, TANG F X, ZHAO X X, et al. Different lactic acid bacteria strains affecting the flavor profile of fermented jujube juice[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2019, 43(9): e14095.
- [20] REN G X, LI T H, WEI Y M, et al. Estimation of Congou black tea quality by an electronic tongue technology combined with multivariate analysis[J]. Microchemical Journal, 2021, 163: 105899.
- [21] 王莉梅, 肖逸, 李游, 等. 超高压和巴氏杀菌对石榴果汁饮料品质影响的研究[J]. 食品科技, 2023, 48(6): 89-94.
WANG Limei, XIAO Yi, LI You, et al. Quality effects of pomegranate juice beverage by ultra high pressure and pasteurization[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(6): 89-94.
- [22] 黄晓玲, 王永涛, 廖小军, 等. 超高压和高温短时杀菌对 NFC 橙汁品质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(6): 1-8, 14.
HUANG Xiaoling, WANG Yongtao, LIAO Xiaojun, et al. Effects of ultra-high pressure and high temperature short-time sterilization on the quality of NFC orange juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(6): 1-8, 14.
- [23] 于佳琦, 许晓旭, 郭子楠, 等. 超高压处理对沙棘酒催陈效果的影响[J]. 中国酿造, 2020, 39(3): 131-135.
YU Jiaqi, XU Xiaoxu, GUO Zinan, et al. Effect of ultra high pressure on seabuckthorn wine aging[J]. China Brewing, 2020, 39(3): 131-135.
- [24] OANCEA S, DRĂGHICI O. pH and thermal stability of anthocyanin-based optimised extracts of Romanian red onion cultivars[J]. Czech Journal of Food Sciences, 2013, 31(3): 283-291.
- [25] 赵越, 夏亚男, 刘康玲, 等. 超高压杀菌技术对鲜驼乳品质的影响[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(1): 27-31, 37.
ZHAO Yue, XIA Yanan, LIU Kangling, et al. Effect of ultra high pressure sterilization technology on the quality of fresh camel milk[J]. China Dairy Industry, 2020, 48(1): 27-31, 37.

加工编辑: 张岩蔚
收稿日期: 2023-10-10