

动态超高压微射流技术对红枣酒品质的影响

赵佳宇^{1,2}, 易宗伟^{1,2}, 蔡文超³, 马佳佳^{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.襄阳市酱香型白酒固态发酵企校联合创新中心, 湖北 襄阳 441053; 3.石河子大学 食品学院, 新疆 石河子 832000)

摘 要: 该研究使用动态超高压微射流技术(DHPM)对红枣酒进行150 MPa均质压力处理, 以未处理红枣酒为对照, 从理化指标、色泽、挥发性风味物质和滋味4个方面解析动态超高压微射流处理对红枣酒品质的影响。结果表明, 与未处理组相比, 动态超高压微射流处理组红枣酒的可溶性固形物含量和酒精度显著降低($P<0.05$); L^* 值(明亮度)显著降低($P<0.05$), b^* 值(黄蓝值)显著增加($P<0.05$); 醇类和芳香类化合物含量均显著增加($P<0.05$); 苦味、涩味和后味A的相对强度显著降低($P<0.05$), 咸味和丰度的相对强度显著增加($P<0.05$); 经主成分分析(PCA)发现, 两者在整体品质结构上存在明显差异。由此可见, 动态超高压微射流技术可以有效降低缺陷滋味物质的含量和提升芳香类物质的含量, 从而明显改善红枣酒的整体品质。

关键词: 动态超高压微射流技术; 红枣酒; 理化指标; 色泽; 挥发性风味物质; 滋味

中图分类号: TS262.6

文章编号: 0254-5071(2024)09-0147-05

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2024.09.023

引文格式: 赵佳宇, 易宗伟, 蔡文超, 等. 动态超高压微射流技术对红枣酒品质的影响[J]. 中国酿造, 2024, 43(9): 147-151.

Effect of dynamic ultra-high pressure microfluidization technology on the quality of jujube wine

ZHAO Jiayu^{1,2}, YI Zongwei^{1,2}, CAI Wenchao³, MA Jiajia^{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, China; 2. Xiangyang Sauce-flavor Baijiu Solid State Fermentation Enterprise and School Joint Innovation Center, Xiangyang 441053, China; 3.College of Food, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: In this study, the jujube wine was treated with homogenization pressure of 150 MPa by dynamic ultra-high pressure microfluidization technology (DHPM). Meanwhile, using the untreated jujube wine as control, the influence of DHPM treatment on the quality of jujube wine was analyzed from four aspects: physical and chemical indexes, color, volatile flavor substances and taste. The results showed that compared with the untreated group, the soluble solids content and alcohol content of jujube wine in the DHPM treatment group reduced significantly ($P<0.05$). The L^* value (luminance) reduced significantly ($P<0.05$), while the b^* value (yellow-blue value) increased significantly ($P<0.05$). The alcohols and aromatic compounds contents increased significantly ($P<0.05$). The relative strength of bitterness, astringency and aftertaste A reduced significantly ($P<0.05$), while the relative strength of saltiness and abundance increased significantly ($P<0.05$). The results of principal component analysis (PCA) showed that there were obvious differences in the overall quality structure between the two. Thus, the DHPM could effectively reduce the content of defective taste substances and increase the content of aromatic compounds, thereby significantly improving the overall quality of jujube wine.

Key words: dynamic ultra-high pressure microfluidization technology; jujube wine; physical and chemical indexes; color; volatile flavor substances; taste

红枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)是一种原产于中国的药食同源的水果^[1], 已有4 000多年的历史, 富含矿物质、蛋白质、有机酸、酚酸、类胡萝卜素、维生素和类黄酮等, 具有预防心血管疾病和疲劳的药用价值^[2]。多年来, 红枣因其丰富的营养、独特的风味和较高的利用价值等特点, 越来越受到消费者的青睐。然而, 新鲜的红枣在收获后存在保存困难、易腐烂变质和营养成分易流失等问题, 不仅给果农造成了巨大的损失, 还极大地影响了红枣产业的可持续发展^[3]。因此, 与新鲜水果相比, 红枣常以干枣的形式进行消

费^[4], 此外, 红枣产品的深加工和增值升级对红枣产业的发展起着至关重要的作用。红枣酒是一种以全部红枣为原料制成的发酵饮料, 具有浓郁的枣香气和宜人的酒味, 同时其还保留了红枣的营养价值和药用价值^[5]。然而, 红枣酒传统的生产方式主要依赖于经验传承, 导致产品质量不稳定, 进而限制了其产业化规模生产^[1]。因此, 积极探讨提升红枣酒品质的加工技术是极为必要的。

动态超高压微射流(dynamic high pressure microfluidization, DHPM)技术是一种新型的高压加工技术, 其利

收稿日期: 2023-10-11

修回日期: 2023-12-26

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

作者简介: 赵佳宇(2004-), 男, 本科生, 研究方向为食品生物技术。

*通讯作者: 郭 壮(1984-), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品生物技术。

用高速冲击、高频振动、瞬时降压、强烈剪切和空化等作用力可形成高达200 MPa的超高压合力^[6],从而具有较好的超微化、微乳化和均一化效果。有研究表明,经DHPM技术处理后发酵酒的品质可以得到提升^[7];黄丽萍等^[8]研究表明,该技术可以有效防止火龙果汁沉淀和控制其理化特性稳定;刘丹丹等^[9]研究亦发现使用该技术处理的猕猴桃果酒自身缺陷型气味有效减少,同时其鲜味有效增加。电子鼻(E-nose)和电子舌(E-tongue)作为模拟人类嗅觉和味觉系统的新型食品质量检测方法,两者具有可移植性好、价格低廉、可重复性好和适应性强等特点^[10],黎婷玉等^[11]联合使用两种技术对中国十二大香型白酒的风味和滋味品质进行了评价,实现了各香型白酒的感官品质特征的数字化评价。由此可见,使用DHPM技术处理红枣酒对红枣酒品质的提升可能具有积极意义,同时使用电子鼻和电子舌联用技术对DHPM处理前后红枣酒的品质变化进行数字化评价亦具有较强的可行性。

本研究使用动态超高压微射流技术对红枣酒进行150 MPa均质压力处理,并以未处理红枣酒为对照,通过对两者的理化指标、色泽、挥发性风味物质和滋味品质测定来解析动态超高压微射流技术对红枣酒品质的影响,以期对红枣酒品质的稳定与改善提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

LA-BA、LA-RA、LA-DE、LA-FR、LA-PE、LA-MA、LA-AU、LA-EC和CR1高活性商业果酒酵母:法国OENOFrance公司;BV818、RV171和RV002高活性商业果酒酵母:安琪酵母股份有限公司。

新疆骏枣:昌吉市金品成商贸有限公司;白砂糖:市售;偏重亚硫酸钾(分析纯):国药集团化学试剂有限公司;果胶酶(50 000 U/g):和氏璧生物技术有限公司;酒石酸(分析纯):天津市致远化学试剂有限公司;参比溶液、阴阳离子溶液和内部溶液:日本INSENT公司。

1.2 仪器与设备

Ah-2010超高压微射流均质机:安拓思纳米技术(苏州)有限公司;CR21N高速冷冻离心机:日本日立(HI-TACHI)公司;SA 402B电子舌:日本INSENT公司;PEN3电子鼻:德国Airsense公司;Ultra Scan PRO色度仪:美国Hunter Lab公司;PHS-25型数显pH计:上海仪电科学仪器股份有限公司;Abbemat 350折光仪:德国Anton Paar公司。

1.3 实验方法

1.3.1 红枣酒的制备

参照崔梦君等^[12]的工艺流程进行红枣酒的制备,并稍作调整。挑选个头饱满的红枣进行清洗、沥干与去核,并与水按照1:5的料液比进行混合打浆,同时加入60 mg/L偏重亚硫酸钾,静置30 min后,加入0.3%的果胶酶进行酶解(45 ℃、

2 h),同时添加白砂糖和酒石酸分别将红枣汁的可溶性固形物和pH值调节至22 °Bx和3.90后分装于12个发酵罐中,继而按照0.025%的质量比分别将12种高活性商业果酒发酵剂接入红枣汁中并封口,于22 ℃恒温培养箱中发酵,待所有红枣酒样品的糖度保持稳定且连续3 d不再下降时表示红枣酒发酵完成^[13],最后使用纱布袋进行初步过滤,再于4 ℃条件下10 000 r/min离心10 min,取上清液于样品瓶中,4 ℃低温下保存备用。

1.3.2 动态超高压微射流技术处理红枣酒

本研究使用12个高活性商业果酒发酵剂共制备了12份红枣酒样品,每份样品均等分为2份,其中一份设置为未处理组不做任何技术处理,另一份则使用动态超高压微射流均质机对样品进行150 MPa均质压力处理^[14]。

1.3.3 红枣酒理化指标的测定

参照GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》对红枣酒的pH值、总酸含量、总糖含量和酒精度进行测定。使用全自动折光仪测定红枣酒的可溶性固形物含量。

1.3.4 红枣酒感官品质的测定

色度的测定:参照CAI W C等^[15]使用多功能色度仪在全透射模式下对红枣酒的各个色度指标进行测定。其中, L^* 值表示明亮度(暗→亮:0→100), a^* 值表示红绿值(绿→红+), b^* 值表示黄蓝值(蓝→黄+).

挥发性风味物质的测定:参照周书楠等^[16]使用电子鼻对红枣酒的挥发性风味物质特征进行数字化测定。其中,传感器W1S、W5S和W6S主要作用于环境中甲烷、氮氧化合物和氢气的检测,因而本研究对其进行了屏蔽。

滋味的测定:参照解云等^[17]的方法对红枣汁滋味品质评价,准确吸取80 mL红枣酒于电子舌专用样品杯中,使用电子舌对红枣酒的5个基本味(酸、苦、涩、咸和鲜味)和3个回味(苦、涩和鲜味回味)进行数字化测定。

1.3.5 数据处理

使用SPSS 26.0软件进行配对t检验以评估2个组别间各指标的显著性差异。整个数据处理均在Excel 2016中进行,使用R软件进行主成分分析(principal component analysis, PCA)和挥发性风味物质品质分析,使用GraphPad Prism 9.0软件绘制小提琴图,使用Origin 2017软件绘制双箱型图。

2 结果与分析

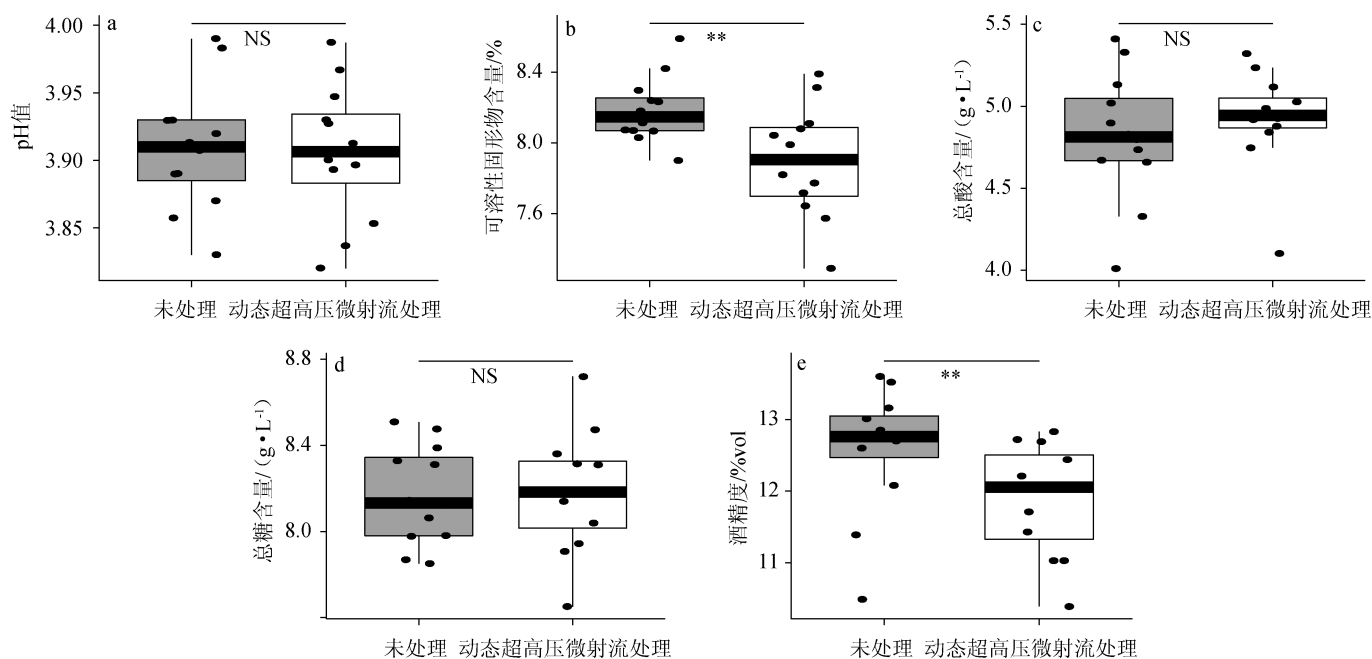
2.1 动态超高压微射流处理对红枣酒理化指标的影响

对未处理组和DHPM组红枣酒的pH值、可溶性固形物含量、总酸含量、总糖含量和酒精度5个理化指标进行了比较分析,结果见图1。

由图1a可知,未处理组和DHPM组红枣酒平均pH值均为3.91,两者差异不显著($P>0.05$)。由图1b可知,DHPM组红枣酒平均可溶性固形物含量非常显著低于未处理组($P<0.01$),分别为7.90%和8.18%。由图1c可知,未处理组和

DHPM组红枣酒平均总酸含量分别为4.82 g/L和4.92 g/L,两者差异不显著($P>0.05$)。由图1d可知,未处理组和DHPM组红枣酒平均总糖含量分别为8.17 g/L和8.19 g/L,两者差异亦不显著($P>0.05$)。由图1e可知,DHPM组红枣酒平均酒

精度非常显著低于未处理组($P<0.01$),分别为11.88%vol和12.58%vol。由此可见,经动态超高压微射流处理后,红枣酒的可溶性固形物含量和酒精度均呈现明显下降趋势,而其他理化指标无明显变化。



“NS”表示差异不显著($P>0.05$);“*”表示差异显著($P<0.05$);“**”表示差异非常显著($P<0.01$);“***”表示差异极显著($P<0.001$)。下同。

图1 动态超高压微射流处理对红枣酒理化指标的影响

Fig. 1 Effect of dynamic ultra-high pressure microfluidization treatment on physical and chemical indexes of jujube wine

有研究指出,可溶性固形物含量的高低可直接影响果蔬汁的感官品质^[18]。黄丽萍等^[18]使用超高压微射流技术对火龙果汁进行了均质压力处理,发现其可溶性固形物含量与对照组相比亦呈现显著下降趋势,这与本研究结果一致。有研究指出,果酒在超高压微射流技术的处理下,其内含的可溶性蛋白质等大分子发生变性并沉淀,故而可溶性固形物含量降低^[19]。除此之外,酒精度是衡量酒精饮品品质的关键指标之一,由于动态超高压微射流在工作过程中会产生高速撞击、高频振荡、膨爆和气穴等一系列强大能量^[20],

这一系列综合作用力可能导致红枣酒在处理过程中酒精度在高压状态下会挥发损耗一部分,故而红枣酒的酒精度下降。

2.2 动态超高压微射流处理对红枣酒感官特征的影响

食品本身的外观、香气和味道决定了消费者对食品的喜好度^[21]。基于此,本研究进一步对未处理组和DHPM组红枣酒的感官特征进行了比较分析,其中,红枣酒的颜色更多来源于发酵过程中红枣果肉和果皮内色素化合物的浸出,包括花色苷、多酚和黄酮等^[22]。色泽品质分析结果见图2。

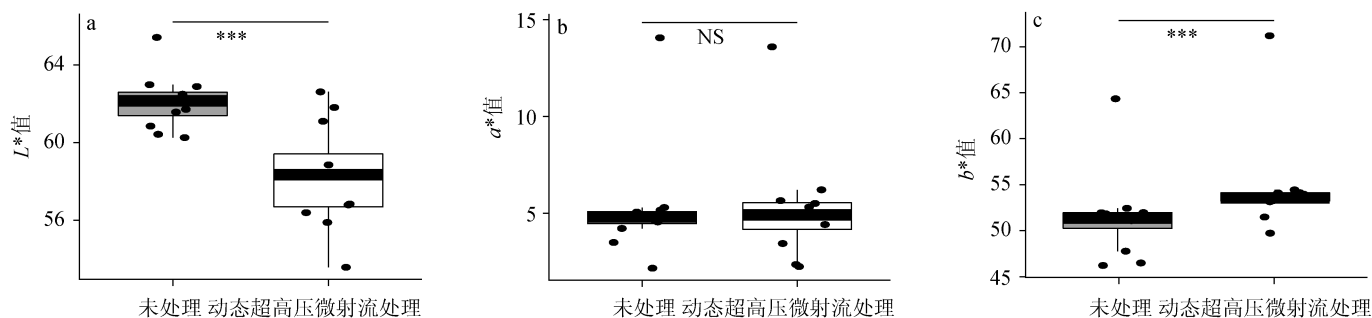


图2 动态超高压微射流处理对红枣酒颜色参数的影响

Fig. 2 Effect of dynamic ultra-high pressure microfluidization treatment on color parameters of jujube wine

由图2可知,未处理组和DHPM组红枣酒平均 L^* 值(明亮度)分别为62.10和58.25,平均 a^* 值(红绿值)分别为5.26和5.28,平均 b^* 值(黄蓝值)分别为51.50和54.67。与未处理组相比,DHPM组红枣酒的 L^* 值极显著降低($P<0.001$), b^* 值极显著升高($P<0.001$),而 a^* 值无显著变化($P>0.05$)。由此可见,经动态超高压微射流处理后,红枣酒整体颜色较暗偏黄偏红,造成该现象的原因可能是经动态超高压微

射流处理后色素结构被破坏,促使红枣中的色素化合物更加容易释放,除此之外,还可能与红枣中酶的钝化和美拉德反应有关^[23]。有研究指出,红色和黄色是红枣酒可被消费者接受的重要参数^[24]。由此可见,动态超高压微射流处理可明显改善红枣酒的整体色泽品质。

进一步使用电子鼻技术对未处理组和DHPM组红枣酒的挥发性风味物质品质进行评价,结果见图3。

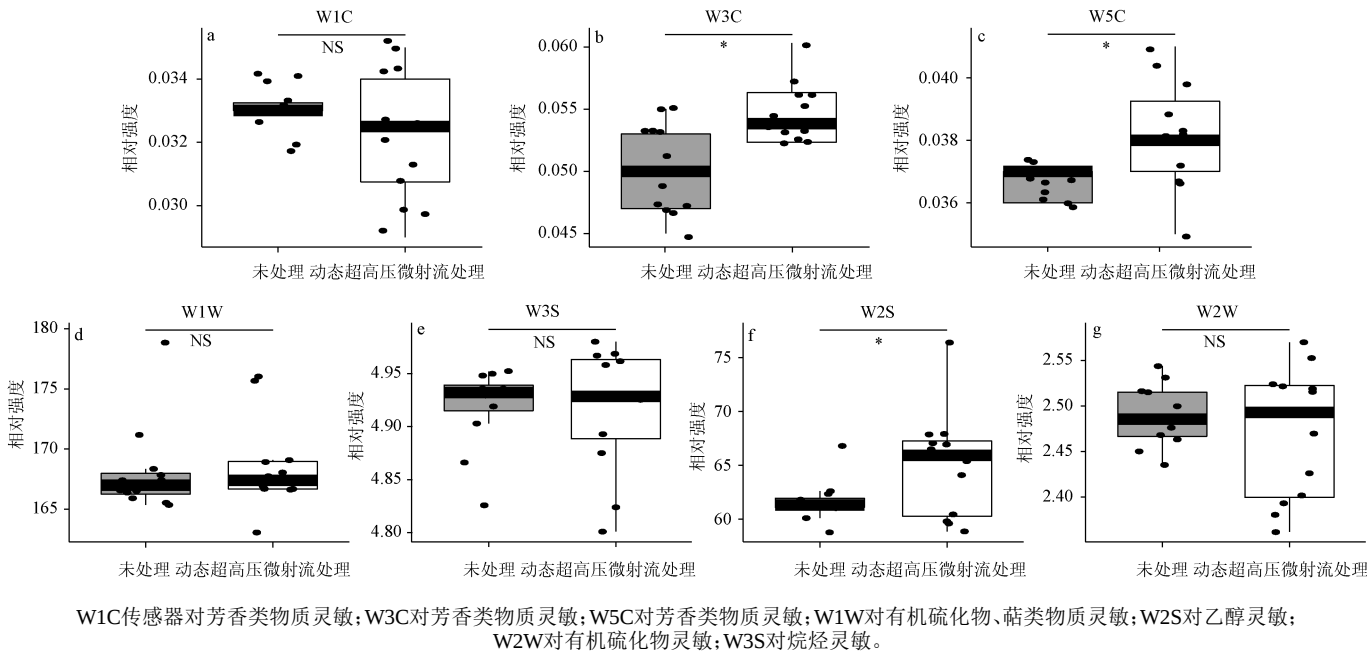


图3 动态超高压微射流处理对红枣酒挥发性风味物质的影响
Fig. 3 Effect of dynamic ultra-high pressure microfluidization treatment on volatile flavor compounds in jujube wine

由图3可知,与未处理组相比,仅传感器W3C、W5C和W2S对DHPM组红枣酒的响应值显著偏大($P<0.05$),分别为0.054、0.038和65.069,而其他4个传感器对DHPM组红枣酒的响应值均无显著变化($P>0.05$)。由此可见,动态超高压微射流处理可明显提升红枣酒的挥发性风味物质品质,究其原因可能在于动态超高压微射流处理可使酶被激活或者钝化,从而影响酶在香气物质合成途径中的作用,进而影响香气前体物质的转化,最终使红枣酒整体挥发性风味物质得到改善^[25]。综上可知,动态超高压微射流处理可使红枣酒产生更多的芳香类化合物,从而显著提高红枣酒的整体香气品质。

进一步使用电子舌技术对未处理组和DHPM组红枣酒的滋味品质进行评价,结果见图4。

由图4可知,与未处理组相比,DHPM组红枣酒的苦味、涩味和后味A(涩味的回味)这3个滋味指标的相对强度均显著降低($P<0.05$),而其咸味和丰度这2个滋味指标的相对强度均极显著增加($P<0.001$)。有研究指出,肽与氨基酸是产生食品滋味的重要来源,动态超高压微射流处理对红枣酒滋味的影响,可能是由于压力处理改变了其呈味氨基酸和滋味肽的含量而引起^[26]。由此可见,动态超高压微

射流处理可明显降低红枣酒中缺陷型滋味物质的含量,从而改善红枣酒整体滋味品质。

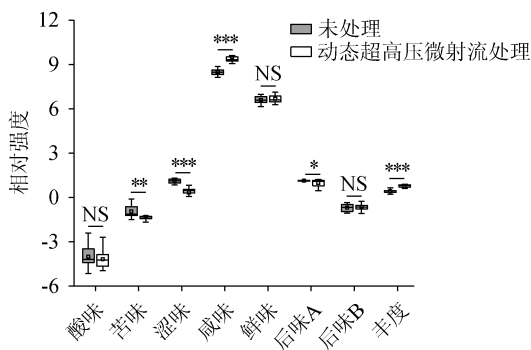


图4 动态超高压微射流处理对红枣酒滋味品质的影响
Fig. 4 Effect of dynamic ultra-high pressure microfluidization treatment on the taste quality of jujube wine

2.3 基于主成分分析动态超高压微射流处理对红枣酒品质的影响

通过上述分析发现,经动态超高压微射流处理后,红枣酒的品质在理化指标、色泽、挥发性风味物质和滋味4个方面均出现了较大差异。基于此,本研究使用主成分分析

(PCA)对未处理组和DHPM组红枣酒的整体品质结构进行了分析,结果见图5。

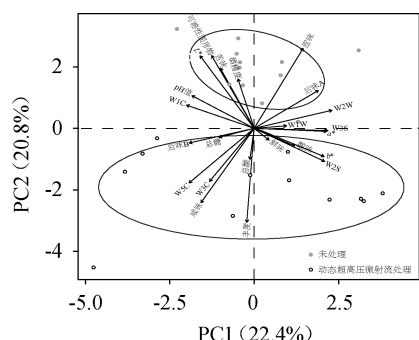


图5 基于主成分分析超高压微射流处理对红枣酒整体品质的影响

Fig. 5 Effect of dynamic ultra-high pressure microfluidization treatment on the overall quality of jujube wine based on principal component analysis

由图5可知,第一主成分和第二主成分的累计方差贡献率为43.2%,未处理组和DHPM组的所有样品具有明显的分离趋势,其中,未处理组的12个红枣酒样品主要分布于Y轴正半轴,而DHPM组的12个红枣酒样品主要分布于Y轴负半轴。由此可见,未处理组和动态超高压微射流处理组红枣酒在整体品质结构上存在明显差异。由图5亦可知,对芳香类化合物敏感的W3C和W5C传感器、咸味、鲜味、 a^* 值和 b^* 值等指标主要在DHPM组红枣酒中富集,而 L^* 值、可溶性固形物和酒精度等指标主要在未处理组红枣酒中富集,这与上述本研究对两者理化指标、色度、挥发性风味物质和滋味指标的分析结果基本保持一致。由此可见,经动态超高压微射流处理后,红枣酒的整体品质得到了明显的提升。

3 结论

经动态超高压微射流150 MPa均质压力处理后,红枣酒的可溶性固形物含量和酒精度显著降低($P<0.05$), L^* 值(明亮度)显著降低($P<0.05$),苦味、涩味和后味A(涩味的回味)的相对强度显著降低($P<0.05$),而 b^* 值(黄蓝值)显著提高($P<0.05$),芳香类化合物含量显著增加($P<0.05$),咸味和丰度的相对强度显著增加($P<0.05$)。由此可见,动态超高压微射流技术可以有效降低缺陷滋味物质的含量和提升芳香类物质的含量,从而明显改善红枣酒的整体品质。

参考文献:

- [1] TANG F, CAI W, SHAN C, et al. Dynamic changes in quality of jujube wine during fermentation[J]. J Food Process Pres, 2020, 44(9): e14704.
- [2] HERNÁNDEZ F, NOGUERA-ARTIAGA L, BURLÓ F, et al. Physico-chemical, nutritional, and volatile composition and sensory profile of Spanish jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruits[J]. J Sci Food Agr, 2016, 96(8): 2682-2691.
- [3] CAI W C, TANG F X, SHAN C H, et al. Changes in volatile compounds of fermented mixed drink using commercial yeast strain[J]. Przem Chem, 2018, 97(8): 1398-1405.
- [4] HAN H J, LEE J S, PARK S A, et al. Extraction optimization and na-

- noencapsulation of jujube pulp and seed for enhancing antioxidant activity[J]. Colloid Surface B, 2015, 130: 93-100.
- [5] XU L F, TANG Z S, WEN Q H, et al. Effects of pulsed electric fields pretreatment on the quality of jujube wine[J]. Int J Food Sci Tech, 2019, 54(11): 3109-3117.
- [6] LIU W, LIU J, XIE M, et al. Characterization and high-pressure microfluidization-induced activation of polyphenoloxidase from Chinese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai)[J]. J Agr Food Chem, 2009, 57(12): 5376-5380.
- [7] 王正荣,李玮,杨丽,等.超高压技术在酒类生产中的研究进展[J].中国酿造,2016,35(10):22-26.
- [8] 黄丽萍,靳学远,谭演清,等.超高压微射流处理对火龙果汁微生物指标及理化特性的影响[J].食品安全质量检测学报,2022,13(20):6563-6568.
- [9] 刘丹丹,李昕沂,罗晶晶,等.超高压微射流均质技术对猕猴桃果酒品质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(8):165-169.
- [10] DI NATALE C, PAOLESSE R, MACAGNANO A, et al. Electronic nose and electronic tongue integration for improved classification of clinical and food samples[J]. Sensor Actuat B-Chem, 2000, 64(1-3): 15-21.
- [11] 黎婷玉,李文鹏,田龙新,等.基于仿生学技术对中国十二大香型白酒品质差异的研究[J].中国酿造,2022,41(11):39-44.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 刘梦培,郭晓君,赵光远,等.超高压微射流均质技术对铁棍山药汁营养成分的影响[J].食品工业科技,2017,38(17):24-27.
- [15] CAI W C, TANG F X, SHAN C H, et al. Pretreatment methods affecting the color, flavor, bioactive compounds, and antioxidant activity of jujube wine[J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(9): 4965-4975.
- [16] 周书楠,杨成聪,郭志鹏,等.基于主成分和聚类分析的不同乳酸杆菌制备酸浆水品质评价[J].食品工业科技,2019,40(23):242-246.
- [17] 解云,陈邵德望,蔡文超,等.基于电子鼻和电子舌技术对不同品种红枣香气和滋味的差异分析[J].中国酿造,2022,41(12):178-182.
- [18] 朱金艳,赵雪梅,王殿夫,等.超高压和热杀菌的蓝莓果汁饮料贮藏期品质的变化及货架期预测模型[J].食品工业科技,2021,42(20):320-327.
- [19] SZCZEPAŃSKA J, SKAPSKA S, MARSZAŁEK K. Continuous high-pressure cooling-assisted homogenization process for stabilization of apple juice[J]. Food Bioproc Tech, 2021, 14(3): 1101-1117.
- [20] GUO X, CHEN M, LI Y, et al. Modification of food macromolecules using dynamic high pressure microfluidization: a review[J]. Trends Food Sci Tech, 2020, 100(6): 223-234.
- [21] JUDACEWSKI P, LOS P R, LIMA L S, et al. Perceptions of Brazilian consumers regarding white mould surface-ripened cheese using free word association[J]. Int J Dairy Technol, 2019, 72(4): 585-590.
- [22] 李帆,邵佩兰,韩娅婷,等.干燥方式对红枣色素活性成分含量及抗氧化活性的影响[J].食品科技,2019,44(1):120-124.
- [23] 陈美丽,许艳华,纵伟,等.超高压微射流对石榴汁品质的影响[J].食品研究与开发,2017,38(3):81-85.
- [24] CAI W, TANG F, GUO Z, et al. Effects of pretreatment methods and leaching methods on jujube wine quality detected by electronic senses and HS-SPME-GC-MS[J]. Food Chem, 2020, 330(11): 127330.
- [25] 刘德讲,陈计密,裴龙英.超高压和热处理对果蔬中四种香气合成酶活性与结构的影响[J].食品工业科技,2020,41(8):82-89.
- [26] 刘康玲,吴楠,王玉荣,等.超高压杀菌处理对鲜驼乳品质的影响[J].食品研究与开发,2020,41(5):158-163.