

朱俊喆, 蔡文超, 张振东, 等. 超高压联合酶解处理对红枣汁品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(13): 39-44. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020070355

ZHU Junzhe, CAI Wenchao, ZHANG Zhendong, et al. Effect of Ultra-High Pressure Combined with Enzymatic Hydrolysis on the Quality of Red Jujube Juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(13): 39-44. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020070355

· 研究与探讨 ·

超高压联合酶解处理对红枣汁品质的影响

朱俊喆¹, 蔡文超², 张振东¹, 单春会², 郭 壮^{1,*}

(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. 石河子大学食品学院, 新疆石河子 832000)

摘要: 采用了 5 种不同强度的压强, 分别基于超高压再酶解、酶解再超高压及仅酶解进行了红枣汁的制备, 结合电子舌、电子鼻和色度仪等仿生设备和多元统计学等方法, 对制备的 33 个红枣汁样本的感官品质进行评价。并通过主成分分析、典范对应分析、聚类分析、冗余分析和多元方差分析等手段进行差异分析。结果表明, 超高压再酶解和酶解再超高压对红枣汁的品质影响大于压强, 经超高压处理后的红枣汁整体品质较为接近, 且两组与仅酶解之间的感官品质存在极显著差异 ($P < 0.001$)。冗余分析证明该差异主要是由芳香类物质、烷烃类物质和硫化物等风味指标造成的, 且以酶解后超高压制备的红枣汁品质为更佳, 同时研究发现超高压处理有助于提升红枣汁的非生物稳定性。由此可见, 超高压处理能明显改善红枣汁的品质。

关键词: 红枣, 超高压, 品质, 电子舌, 电子鼻

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)13-0039-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020070355

Effect of Ultra-High Pressure Combined with Enzymatic Hydrolysis on the Quality of Red Jujube Juice

ZHU Junzhe¹, CAI Wenchao², ZHANG Zhendong¹, SHAN Chunhui², GUO Zhuang^{1,*}

(1. Hubei Provincial Engineering and Technology Research Center for Food Ingredients,

Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, China;

2. The Food College of Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: Five different pressures were used to prepare red jujube juice based on ultra-high pressure (UHP) re-enzymolysis, enzymolysis re-UHP and enzymolysis only. Combined with bionic equipment such as electronic tongue, electronic nose and colorimeter and multivariate statistics, the sensory quality of 33 red jujube juice samples was evaluated. The differences were analyzed by principal component analysis, canonical correspondence analysis, cluster analysis, redundancy analysis and multivariate variance analysis. The above analysis methods showed that UHP re-enzymolysis and enzymatic hydrolysis re-UHP had more influence on the quality of red jujube juice than pressure, and the overall quality of red jujube juice after UHP treatment was close, and there was a significant difference in sensory quality between the two groups and enzymatic hydrolysis only ($P < 0.001$). Redundancy analysis proved the difference was mainly caused by flavor indexes such as aromatic substances, alkanes and sulfides, and the quality of jujube juice prepared by UHP after enzymolysis was better. Meanwhile, it was found that UHP treatment was helpful to improve the non-biological stability of jujube juice. Therefore, UHP treatment can obviously improve the quality of jujube juice.

Key words: red jujube; ultra-high pressure technology; quality; electronic tongue; electronic nose

收稿日期: 2020-07-29

基金项目: 新疆重点产业支撑计划项目 (2018DB002)。

作者简介: 朱俊喆 (2000-), 男, 本科, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: 2324685298@qq.com。

* 通信作者: 郭壮 (1984-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: guozhuang1984@163.com。

红枣是种原产于中国的传统名优特产^[1],含有丰富的蛋白质、脂肪、糖类和纤维素等营养物质^[2-3],在远古时期就被人们发现并利用。史书记载,西周时期红枣汁就被用来酿酒,作为上乘贡品备受人们喜爱。新疆和田地区所生长的和田红枣,营养和保健价值极高,维生素 C 和维生素 P 的含量在水果中名列前茅,被誉为“天然的维生素丸”^[4]。近年来,随着与红枣相关研究逐渐增多,人们发现红枣不仅口感松软、纯正香甜,还具有极强的药用价值^[5],在增强机体免疫力、抗肿瘤、保护肝脏和降血糖等方面均具有一定的作用^[6-7]。新鲜红枣的储藏期较短,且容易出现氧化变质等现象,不利于红枣的对外销售^[8]。因此,对新鲜红枣进行一定程度的深加工,并最大程度地保留其营养价值和延长储藏期就显得十分必要。

红枣汁作为红枣深加工利用的一种常见形式,通常由酶解法获得^[9],其不仅可以直接饮用,还可用于生产果酒、果醋和果冻等产品^[10]。在红枣汁的生产中,工艺条件优化对产品品质提升尤为重要。近年来,大多数关于红枣汁的研究主要集中在抗氧化活性^[11]、发酵工艺^[12]、复合饮料和澄清工艺等方面^[13],而针对提升红枣汁酶解效率和品质的研究相对较少。随着科学技术的逐渐发展,越来越多的设备被应用到食品领域中。崔艳敏等^[14]发现超高压处理复合苹果汁能显著改善其品质,邓红等^[15]发现超高压处理非浓缩苹果汁能明显提升其贮藏期。可见,超高压设备能辅助改善果汁品质。同时仿生设备的迅速发展也为其辅助效果的评价提供了必要手段。相关报道显示,电子舌^[16]、电子鼻^[17]和色度仪^[18]作为感官品质评价的主要设备已广泛应用于食品生产的各个领域,其不仅能准确对食品品质进行数字化的评价,还能排除人为因素的干扰,可重复性高。

本研究使用超高压技术辅助酶解,并结合电子舌、电子鼻和色度仪对红枣汁的感官品质进行数字化的评价,最后基于多元统计学分析对红枣汁的整体品质进行了研究,以期为我国新疆地区红枣汁加工产业的工艺改良和品质改良提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新疆骏枣 市售;果胶酶(酶活力 5 万 U/g) 湖北糖柜股份有限公司;氯化钠(分析纯) 国药集团化学试剂有限公司;蔗糖(食品级) 云南凌悦轩食品有限公司;阴离子溶液、阳离子溶液、内部溶液、参比溶液和预处理溶液(分析纯) 日本 Insent 公司;无水乙醇(分析纯) 天津市鼎盛鑫化工有限公司;硅藻土(食品级) 河南安然食品生物科技有限公司。

HPP.L2-700/1 型超高压设备 天津华泰森森生物工程股份有限公司;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;101-3B 恒温鼓风干燥箱 上海力辰邦西仪器科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 红枣汁制备工艺 首先将干红枣洗净去核,按红枣与水的比例为 1:4(125 g 骏枣,500 mL 纯水)进行混合,打浆机打浆 30 s 后取出备用(分别制作 33 份)^[19]。分别对打浆后的红枣浆进行处理,其处理步骤如下:(a)对照组(仅酶解),取 3 份红枣浆(编号为 CK1~CK3),加入 0.15 g 果胶酶在 45 °C 酶解 2 h;(b)先超高压再酶解组,取 15 份红枣浆(编号为 CM1~CM5)分别在 100、200、300、400 和 500 MPa 下进行 5 min 高压(每个压力 3 个平行),加入 0.15 g 果胶酶在 45 °C 酶解 2 h;(c)先酶解再超高压组,取 15 份红枣浆(编号为 MC1~MC5),加入 0.15 g 果胶酶在 45 °C 酶解 2 h,分别在 100、200、300、400 和 500 MPa 下进行 5 min 高压(每个压力 3 个平行)。所有样品 10000 r/min 离心 6 min 后抽滤得到澄清红枣汁。

1.2.2 稳定性试验

1.2.2.1 热处理试验 取澄清剂处理前后的样品各 10 mL,90 °C 水浴 6 h,冷却至室温,分别测定热处理前后的浊度(可见光分光光度计在波长 660 nm 处测定),计算浊度增加量((热处理后浊度-热处理前浊度)/热处理前浊度×100%)。

1.2.2.2 乙醇-浊度试验 取澄清剂处理前后的样品各 10 mL,加入 5 mL 无水乙醇,振荡混匀,2 h 后测定浊度,计算酒精添加前后浊度增加量。强制老化试验:取澄清剂处理前后的样品各 10 mL,0 °C 放置 12 h 后 80 °C 放置 12 h 为一个循环,3 个循环后冷却至室温测定浊度并计算浊度变化量^[20]。

1.2.3 红枣汁滋味品质评价 准确量取 50 mL 澄清红枣汁与 100 mL 蒸馏水混合均匀后 10000 r/min 离心 10 min,取上清液进行抽滤后,将滤液倒入电子舌专用测试杯中待测。参照杨成聪^[21]关于苏打水滋味品质测定的方法进行分析,选取 CK1 为对照值,每份样品平行测定 4 次,取后 3 次结果的平均值为本样品的最终测试值用于后续试验分析。

1.2.4 红枣汁风味品质评价 准确吸取 20 mL 澄清红枣汁于 10000 r/min 离心 8 min,取上清液装入电子鼻样品瓶中。样品瓶首先置于 50 °C 保温 30 min,并放置于室温平衡 15 min 后上机测试。具体参数设置参照代程洋等^[22]对泡菜水风味品质研究中所约束的条件。每份红枣汁的风味测定时间为 120 s,所用样品的风味曲线均在 40 s 后达到平台期,选取 69、70 和 71 s 时响应值的平均值为该样品的测试值进行后续分析。不同电极的性能描述如下:W1C(对芳香类物质灵敏)、W5S(对氮氧化物灵敏)、W3C(对氨

气、芳香类物质灵敏)、W6S(对氢气有选择性)、W5C(对烷烃、芳香类物质灵敏)、W1S(对甲烷灵敏)、W1W(对有机硫化物、萜类物质灵敏)、W2S(对乙醇灵敏)、W2W(对有机硫化物灵敏)和 W3S(对烷烃灵敏)。

1.2.5 红枣汁色泽品质评价 准确量取 250 mL 澄清红枣汁于 10000 r/min 离心 8 min 后进行抽滤, 取 150 mL 滤液于 10 mm×50 mm 色度仪专用比色皿中待测。首先使用白板和黑板对色度仪进行校准后进行红枣汁色泽品质的数字化测定。参考周书楠等^[23]对酸浆水色泽品质的测定条件进行设置, 本研究选择反射模式对每个样品不间断测定 3 次, 读数以 CIE1976 色度空间值 L^* (暗→亮: 0→100), a^* (绿→红+), b^* (蓝→黄+)表示。

1.3 数据处理

使用 Wilcoxon tests 对不同方式制备的红枣汁品质指标之间的差异进行分析; 采用主成分分析 (Principal component analysis, PCA)、Meta-Storm 距离分析、典范对应分析 (Canonical correspondence analysis, CCA)、聚类分析 (Cluster analysis, CA)、冗余分析 (Redundancy analysis, CA) 和多元方差分析 (Multivariate analysis of variance, MANOVA) 对不同方式制备的红枣汁品质差异进行分析; 除双序图使用 canoco4.5 软件绘制外, 其他图均由 Origin 2017 软件绘制。

2 结果与分析

2.1 红枣汁感官品质整体结构的差异性分析

本研究在使用电子舌、电子鼻和色度仪等仿生设备对红枣汁的多个感官指标进行评价的基础上, 首先采用了 PCA 对红枣汁品质的整体结构进行了分析。基于 PCA 红枣汁整体感官品质的因子得分图如图 1 所示。

由图 1 可知, 空白对照组 (CK)、先超高压再酶解组 (CM) 和先酶解再超高压组 (MC) 的红枣汁样品在空间分布上呈现出明显的分离聚类趋势。隶属于

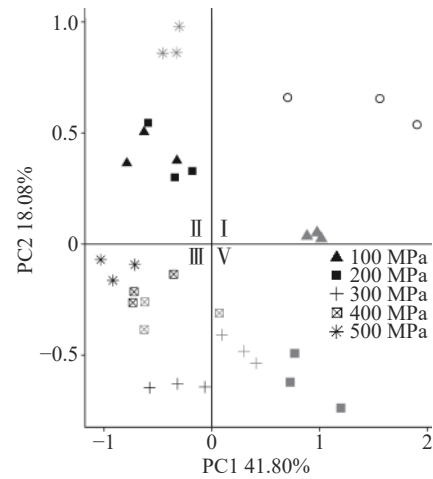


图 1 基于主成分分析的红枣汁整体感官品质评价

Fig.1 Evaluation of overall sensory quality of jujube juice based on principal component analysis

注: 空心圆代表 CK 组; 同一形状图例, 黑色为 MC 组, 灰色为 CM 组, 图 2 同。

CK 组的红枣样本之间差异较小, 全部位于第一象限; 隶属于 MC 组的红枣汁样本全部位于 X 轴左侧, 主要分布在第二象限和第三象限; 而隶属于 CM 组的红枣汁样本之间的差异较大, 其在所有象限中均有分布。值得注意的是, 尽管 CM 组和 MC 组的样本在空间排布上出现一定的重叠现象, 但两组与 CK 组之间仍然存在明显的差异, 这说明超高压辅助红枣汁的提取能明显改变红枣汁的感官品质。同时研究还发现, CM 组和 MC 组中在同一压强下的红枣汁样本似乎具有更小的组内距离, 这表明不同的压强亦能影响红枣汁的品质, 但影响相较于不同处理方式较小。

PCA 作为一种无监督的空间排布方法, 其在将所有样本在空间上进行排布时仅仅考虑了样本之间的相似性, 而忽略了样本的分组信息^[24]。因此, 本研究进一步使用 CCA 这一有监督的分析手段, 在考虑样品分组信息的基础上, 重新对 33 个红枣汁样本在空间上进行了排布, 其结果如图 2 所示。

由图 2 可知, 不同方式处理的红枣汁样本在空

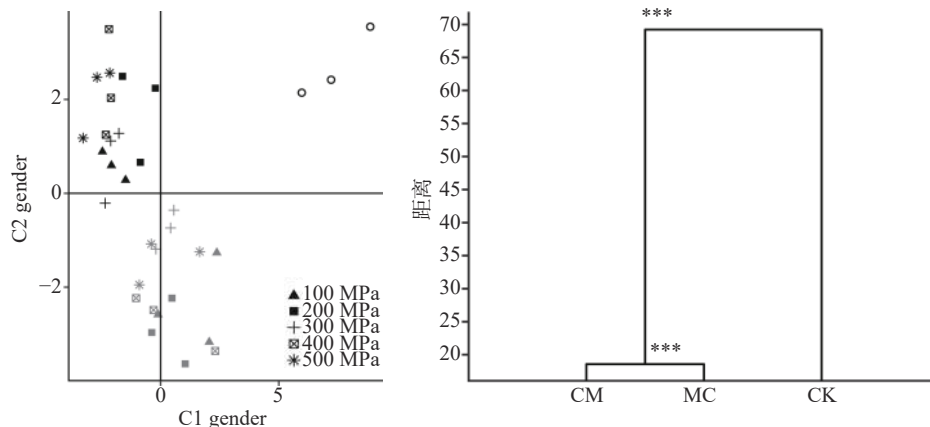


图 2 基于典范对应和聚类分析的红枣汁整体感官品质评价

Fig.2 Evaluation of overall sensory quality of jujube juice based on canonical correspondence and cluster analysis

间排布上呈现出明显的分离聚类趋势,隶属于CK组的红枣汁样本聚集在一起,全部位于第一象限;而隶属于CM组和MC组的红枣汁样本全部位于空间左侧,且两组亦分别位于空间的上侧和下侧,呈现出明显的分离趋势,这与PCA的结果相一致,证明了超高压辅助酶解能明显改变红枣汁的品质,且不同处理方式对红枣汁的品质亦有较大影响。同时,本研究进一步采用CA对红枣汁的整体感官品质验证,超高压辅助酶解后的红枣汁与空白组红枣汁存在极显著差异,而不同处理方式获得红枣汁品质差异相对较小。由此可见,超高压技术能明显改变红枣汁的品质,这亦进一步验证了PCA和CCA结果的正确。为了对上述定性分析结果进行验证,本研究进一步基于Meta-Storm距离对不同顺序和压强对红枣汁品质的影响进行了定量分析,其结果如图3所示。

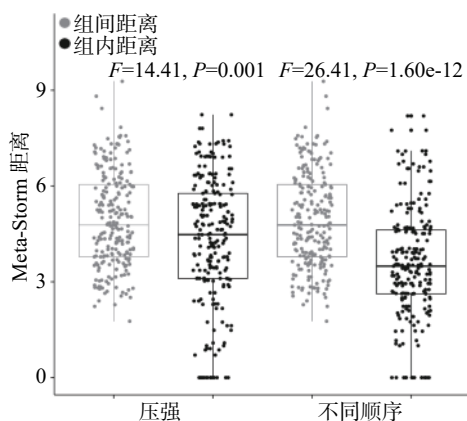


图3 Meta-Storms 距离分析
Fig.3 Meta-Storms distance analysis

由图3可知,不同压强制备的红枣汁样品感官品质之间存在极显著差异($P=0.001$),不同处理顺序制备的红枣汁感官品质亦差异极显著($P=1.60e-12$)。值得一提的是,处理顺序对红枣汁感官品质影响的 F 值要大于压强。由此可见,处理顺序和压强对红枣汁感官品质的均具有显著性影响,且不同处理方式对红枣汁感官品质的影响大于不同压强,这亦与PCA、CCA和CA等定性分析结果相一致。

2.2 不同处理方式制备红枣汁中关键感官指标的甄别

由上述分析可知,处理顺序和压强对于红枣汁的感官品质均存在较大的影响,且不同处理顺序的影响远大于压强。若进一步评价纳入本研究的5个压强对红枣汁感官品质的影响,其对于实际生产的意义有限,因此本研究后续分析中仅对不同处理方式对红枣汁品质的影响进行评价。基于PCA红枣汁整体感官品质的因子载荷图如图4所示。

由图4可知,PC1主要由风味指标构成,而PC2主要有滋味指标和色泽指标构成。在红枣汁中高度表达的变量将以高权重(远离原点)投射到该组样品的方向^[25],本研究亦发现了一些与原点距离较远的感官品质指标,且这些指标与不同处理方式对红枣

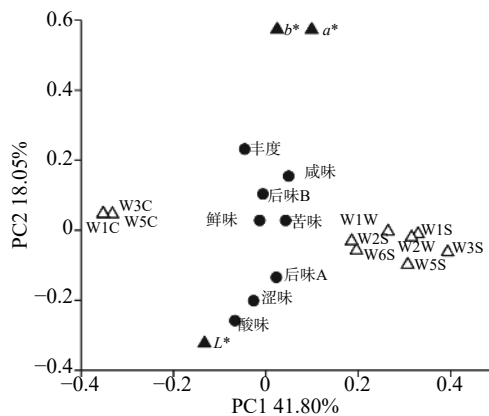


图4 基于主成分分析的红枣汁整体感官品质的因子载荷图
Fig.4 Loading diagram of overall sensory quality of jujube juice based on principal component analysis

汁的感官品质影响密切相关。将所有变量投影到同一空间,并结合因子得分图关联在相同方向上的变量和样本来观察每个数据集中与特定观测值最密切相关的变量。研究发现,造成不同提取方式之间红枣汁品质差异的主要感官指标分别为 a^* 、 b^* 、 L^* 、芳香型物质、烷烃类物质、酸味和涩味,其在X轴或Y轴的正负端具有较高的权重。而对照图1可知,相同象限内的样品和指标之间呈现明显的正相关性。由此可见,超高压辅助酶解能增加红枣汁中芳香型物质的相对强度,并减少烷烃等不良物质的含量;且不同顺序的超高压辅助亦会造成不同的影响,先超高压后酶解可能会造成红枣汁的 L^* 、酸味和涩味等强度的增加,而先酶解后超高压则会导致红枣汁的 a^* 和 b^* 强度上升。同时,本研究仍以不同处理顺序为分组依据对造成差异的关键性指标进甄别,结果如图5所示。

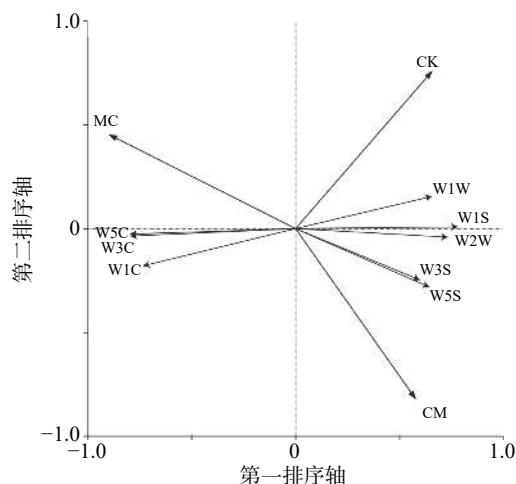


图5 RDA 双序图
Fig.5 RDA biplot

由图5可知,在全部21个感官指标中W1C、W3C、W5C、W1W、W2W、W1S、W3S和W5W等8个风味指标与RDA排序轴上的样本具有良好的赋值相关性,因而本研究认为正是这8个指标导致了CK组、CM组和MC组中红枣汁整体感官品质存在

表 1 不同处理方式红枣汁中关键指标的差异分析

Table 1 Difference analysis of key indicators in jujube juice with different treatment methods

电极	CK	CM	MC
W1C	0.32(0.31,0.31~0.34) ^b	0.34(0.34,0.32~0.36) ^b	0.35(0.35,0.34~0.36) ^a
W5S	4.06(3.98,3.91~4.28) ^a	3.93(3.94,3.68~4.20) ^a	3.69(3.66,3.53~3.99) ^b
W3C	0.44(0.43,0.42~0.46) ^b	0.46(0.46,0.43~0.48) ^b	0.48(0.48,0.47~0.49) ^a
W5C	0.47(0.47,0.45~0.49) ^b	0.49(0.49,0.46~0.52) ^b	0.52(0.52,0.51~0.53) ^a
W1S	24.55(25.35,22.09~26.23) ^a	21.34(21.27,18.91~23.49) ^a	19.22(19.05,18.27~20.71) ^b
W1W	25.27(26.28,21.60~27.94) ^a	22.29(22.30,19.36~25.32) ^a	20.75(20.54,19.21~23.16) ^b
W2W	1.62(1.62,1.58~1.66) ^a	1.56(1.56,1.52~1.61) ^a	1.52(1.52,1.50~1.56) ^b
W3S	1.53(1.53,1.52~1.53) ^a	1.49(1.51,1.44~1.54) ^b	1.46(1.46,1.45~1.48) ^b

注: 平均数(中位数, 最小值~最大值), 含有不同字母的同一行数据间差异显著($P<0.05$)。

较大的差异。由图 5 亦可知, 芳香型物质指标在 MC 组正方向上具有较大的投影值, 而在其他两组负方向上具有较大的投影值, 而其他风味指标则呈现相反的趋势, 这说明 MC 组中的红枣汁的芳香型要强于其他两组, 而其它如烷烃类和硫化物等物质的强度则相对较低。本研究亦进一步对关键指标在三组中的显著性进行了计算, 其结果如表 1 所示。

由表 1 可知, 除 W3S 外的所有 RDA 甄别出的关键指标在 MC 组和其他两组之间均存在显著性差异($P<0.05$), 且在 CM 组和 CK 组之间均不存在显著性差异($P>0.05$)。这不仅证明了 RDA 结论的正确性, 还说明了超高压技术能明显改变红枣汁的风味品质, 且先酶解后超高压处理能显著提升红枣汁中芳香型物质的强度。

2.3 超高压处理对红枣汁稳定性的影响

在植物蛋白饮料中, 稳定性一直是制约其发展的瓶颈。因此本研究在探讨了超高压技术对红枣汁品质影响的基础上, 进一步探究超高压处理是否能改变红枣汁的稳定性, 使其品质得到进一步的提升。结果如图 6 所示。

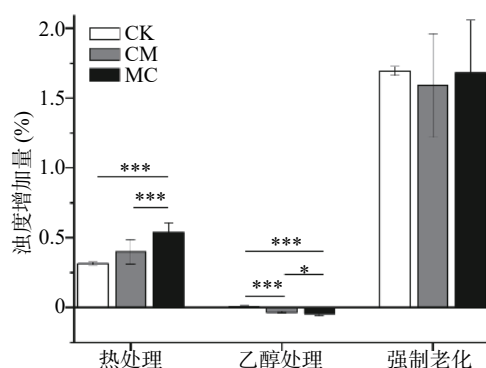


图 6 不同处理方式红枣汁的稳定性

Fig.6 Stability of jujube juice with different treatments

注: *表示“ $P<0.05$ ”; **表示“ $P<0.01$ ”; ***表示“ $P<0.001$ ”。

由图 6 可知, 本研究采用了 3 种方式对红枣汁的稳定性进行了分析, 结果发现在高温和乙醇环境下, 红枣汁的稳定性会发生较大的变化。在高温状态下, 所有红枣汁的稳定性均会下降, 且 MC 组红枣汁

的稳定性相较于其他两组下降的更为显著($P<0.001$); 而在乙醇处理后, 经超高压制备的红枣汁的稳定性显著上升($P<0.05$), 且先酶解后超高压处理得到的红枣汁的稳定性更好。由此可见, 经超高压制备得到的红枣汁可能在果酒的酿制方面具有较好的应用前景。

3 结论

不同处理方式和压强对红枣汁的感官品质均具有明显影响, 且不同处理方式对红枣汁感官品质的影响大于压强。芳香类物质、烷烃类物质和硫化物等风味指标是导致空白组、先超高压后酶解组和先酶解后超高压组红枣汁样品间感官品质存在显著差异的关键指标, 经超高压处理后的红枣汁整体感官品质较为接近, 并以先酶解后超高压制备的红枣汁品质为更佳, 其次为先超高压后酶解, 而未经超高压处理的红枣汁感官品质较差。同时, 超高压处理可以显著提升红枣汁的非生物稳定性。

参考文献

- [1] 蒋卉, 韩爱芝, 蔡雨晴, 等. 新疆引进红枣中微量元素和重金属含量的测定与聚类分析[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 199-203.
- [2] Souleymane A A. Potential benefits of jujube (*Zizyphus Lotus* L.) bioactive compounds for nutrition and health[J]. Journal of Nutrition and Metabolism, 2016, 12(7): 1-13.
- [3] Gao Q H, Wu C S, Wang M. The jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruit: A review of current knowledge of fruit composition and health benefits[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2013, 61(14): 3351-3363.
- [4] Li J W, Fan L P, Ding S D, et al. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube[J]. Food Chemistry, 2007, 103(2): 454-460.
- [5] 李树萍, 邱诗棋, 吴宛芹, 等. 气相色谱-嗅闻-质谱联用分析红枣白兰地风味成分[J]. 食品科学, 2017, 38(4): 187-191.
- [6] Hyun S H, Kim S W, Seo H W, et al. Physiological and pharmacological features of the non-saponin components in Korean Red Ginseng[J]. Journal of Ginseng Research, 2020, 44(4): 1-12.
- [7] 张越锋, 李福燕, 吴瑛. 红枣多糖及红枣硒多糖抗氧化活性的比较研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(3): 4-9.
- [8] 张艳. 红枣热风干燥工艺与技术研究[D]. 郑州: 中原工学院, 2018.

- [9] Xi Meili, LiZhixi, Wang Xiaotie, et al. Extraction technology of red jujube fruit juice by using of enzyme[J]. *Acta Agriculturae-Boreali-occidentalisSinica*, 2002, 11(4): 52-54.
- [10] 谢爱娣, 李从军, 张胜. 复合型桂花红枣酒生产工艺的研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(14): 113-118.
- [11] Jiang Minghua, Li Yi. Study on the antioxidation of the compound beverage of winter jujube and peanut meal[J]. *Chinese Food Science*, 2012, 1(2): 17-19.
- [12] 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.
- [13] 张如意, 宋志强, 刘银兰, 等. 红枣葡萄酒酿造工艺研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(5): 138-142.
- [14] 崔艳敏, 孟宪军, 王铭悦, 等. 超高压技术在苹果汁加工中应用的研究进展[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2019, 31(6): 52-57.
- [15] 邓红, 雷佳蕾, 杨天歌, 等. 超高压和高温短时杀菌对NFC苹果汁贮藏期品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(21): 3903-3923.
- [16] Zoltán Kovács, László Sipos, Dániel Szllsi, et al. Electronic tongue and sensory evaluation for sensing apple juice taste attributes[J]. *Sensor Letters*, 2011, 9(4): 1273-1281.
- [17] Qiu S, Wang J. The prediction of food additives in the fruit juice based on electronic nose with chemometrics[J]. *Food Chemistry*, 2017, 230(1): 208-214.
- [18] Pereira A L F, Maciel T C, Rodrigues S. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*[J]. *Food Research International*, 2011, 44(5): 1276-1283.
- [19] 郭文娟. 复合酶解法浸提红枣汁工艺研究[J]. *农产品加工*, 2017(13): 20-22.
- [20] 赵芸, 张连慧, 应欣, 等. 不同亲水胶体对芒果汁饮料稳定性的影响[J]. *粮油食品科技*, 2020, 28(4): 54-58.
- [21] 杨成聪, 蔡宏宇, 王玉荣, 等. 基于电子舌技术的市售苏打水滋味品质评价[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(10): 134-137.
- [22] 代程洋, 陈江红, 郭壮, 等. 枣阳酸浆水来源乳酸菌对泡菜及泡菜水发酵品质的影响[J]. *中国酿造*, 2019, 38(5): 54-58.
- [23] 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.
- [24] 王菲, 钟小丹, 戴彩霞, 等. 原料米和酒曲对米酒滋味品质影响的评价[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(20): 80-84.
- [25] 童红甘, 王武, 张华锋, 等. HPLC、GC-MS结合多元统计分析方法探究不同地区板鸭风味差异[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(12): 228-238.