

超高压微射流均质技术 对铁棍山药汁营养成分的影响

刘梦培 郭晓君 赵光远 铁珊珊 纵 伟*

(郑州轻工业学院食品与生物工程学院 河南郑州 450002)

摘要: 为了探讨超高压微射流均质技术(HPM)对铁棍山药汁营养成分的影响,将山药汁分别在80、120、160 MPa压力下,依次进行2次处理和4次处理,分析铁棍山药汁中氨基酸、还原糖、总酸、总酚、黄酮以及抗氧化活性的变化。结果表明:随着微射流压力的增大,氨基酸增加;还原糖、总酸和黄酮呈较小幅度降低;总酚与抗氧化活性变化趋势一致,80 MPa有增加趋势,但120、160 MPa有降低趋势。结论:80 MPa压力4次的处理的效果最佳,超压微射流处理能较好的保持山药汁中的营养成分,可作为新型加工方法在铁棍山药产业中加以应用。

关键词: 超高压微射流均质技术 铁棍山药汁 营养成分 抗氧化活性

Effect of high-pressure microfluidization technology on nutritional ingredients and antioxidant activity of iron yam juice

LIU Meng-pei, GUO Xiao-jun, ZHAO Guang-yuan, TIE Shan-shan, ZONG Wei*

(School of Food and Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to explore the influence of high-pressure microfluidization technology (HPM) on nutritional ingredients of iron yam juice, this research analysed the change of amino acid, reducing sugar, total acid, total phenolic, flavone and the antioxidant activity under the different pressure (80, 120, 160 MPa) and passes (2 time and 4 time) of HPM. The results showed the amino acid increased and reducing sugar, total acid, flavone decreased smaller with the HPM pressure increases. The change of total phenol agreed with antioxidant activity trends, with 80 Mpa increasing and 120, 160 Mpa decreasing. Conclusion: the best effect was 80 Mpa pressure with 4 time, so the HPM can keep better the nutritional ingredients of iron yam juice, and could be used as a new processing method in the applications of iron yam industry.

Key words: high-pressure microfluidization technology; iron yam juice; nutritional ingredients; antioxidant activity

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)17-0024-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.17.005

铁棍山药是众多山药品种之一,种植基地主要集中在河南焦作、温县、博爱和山东菏泽市等地。它富含蛋白质、淀粉、多糖、脂肪酸及其他营养物质,具有调节肠胃、抗氧化、降血糖、降血脂和抗肿瘤等作用^[1]。近年来,果蔬汁作为一种新型的保健饮料,越来越得到消费者的喜爱,如苹果汁、西瓜汁、胡萝卜汁等^[2-3]。铁棍山药具有丰富的营养价值,山药汁的开发无疑会增加铁棍山药的附加值。国内学者对此也有相关研究,如张小妮^[6]等以山药汁、豆奶以及全脂奶粉为主要原料,添加山药汁研究的山药汁饮料;陈颖^[7]以山药和红枣为原料,研制的红枣山药饮料等。目前以铁棍山药开发的果蔬饮料相对较少。然而铁棍山药汁的加工过程中,如何避免铁棍山药营

养价值的损失是加工过程中需要解决的问题。

超高压微射流均质技术(High-pressure Microfluidization Technology, HPM)是一种新兴的加工技术,与传统高压均质不同,超高压微射流处理过程中,物料受压时间短,压力变化率大,能在相对较低的压力下达到高压均质的效果。目前,超高压微射流对果蔬汁的研究已有报道,如在香蕉、番茄汁上的研究^[8-9]。作者前期研究表明,铁棍山药汁经超高压微射流处理后粒径、色泽浊度等得以改善^[10],但未对铁棍山药汁营养成分进行研究,因此,本文以铁棍山药汁为对象,应用高压微射流技术对山药汁进行处理,研究不同压力和次数处理对铁棍山药汁营养成分和抗氧化能力的影响,以期对铁棍山药汁最大程

收稿日期: 2017-01-19

作者简介: 刘梦培(1984-),女,博士,讲师,研究方向: 果蔬保鲜与加工利用, E-mail: mengpei0402@126.com。

* 通讯作者: 纵伟(1965-),男,博士,教授,研究方向: 果蔬加工, E-mail: zongwei1965@126.com。

基金项目: 河南省创新型科技团队(C20150024); 河南省高校科技创新团队(16IRTSTHN010); 河南省科技创新杰出人才(174200510002); 博士科研基金项目(2015BSJJ037)。

度的保存营养价值提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

铁棍山药 河南省焦作市铁棍山药种植基地; 水合茛三酮(纯度 98%) 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; DPPH(纯度 96%) 西亚试剂; 芦丁标准品(纯度 98%) 上海士峰生物科技有限公司; Folin-Ciocalteu 试剂 北京索莱宝科技有限公司; 其他试剂均为分析纯。

SFP “Bench-top” 高压纳米均质机 英国 SFP 公司; 752 紫外分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司; KYH-777 多功能食品料理机 佛山市顺德区乐创科技有限公司; JMS-300 胶体磨 廊坊市廊通机械有限公司; HC-3618R 高速冷冻离心机 安徽中科中佳科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 铁棍山药汁的制备 选择同一品种且无机械损伤的铁棍山药, 清洗、削皮, 切成 3~5 cm 厚度的片段, 放入护色溶液(0.5% 柠檬酸和 0.5% 抗坏血酸) 里浸泡, 以减弱铁棍山药的褐变程度, 1 h 后, 将铁棍山药表面用蒸馏水冲洗干净, 然后按山药: 水 = 1:9 (g/g) 的比例放入打浆机中打浆, 然后过 3 次磨隙为 20 μm 胶体磨, 6000 r/min 离心 5 min, 得山药汁。

1.2.2 超高压微射流处理 山药汁在高压纳米均质机中以不同的压力(80、120、160 MPa) 和不同次数(2、4 次) 处理, 同时以未经 HPM 处理的铁棍山药汁做对照。

1.3 指标及测定方法

1.3.1 氨基酸含量的测定 采用茛三酮法测氨基酸含量^[11]。

1.3.2 还原糖的测定 采用 DNS 法测还原糖含量^[12]。

1.3.3 总酸含量的测定 采用 NaOH 滴定法测定。

1.3.4 总酚含量的测定 采用 Folin-Ciocalteu 法测总酚含量^[13], 以没食子酸为标准品。

1.3.5 黄酮 采用硝酸铝比色法^[14], 以芦丁为标准品。

1.3.6 抗氧化活性的测定 采用 DPPH 自由基清除法^[15], 以不同处理山药汁对 DPPH 自由基的清除率来表示山药汁的抗氧化活性。

1.4 数据处理

采用 Origin92 软件作图, DPS7.0.5.8 软件进行方差分析, SPSS Pearson 法进行相关性分析, 每项指标重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 超高压微射流对铁棍山药汁氨基酸含量的影响

由图 1 可知, 相比对照组, 铁棍山药汁经过超高压微射流处理后, 4 次处理氨基酸含量呈现增加趋势, 且有显著差异($p < 0.05$)。相同的压力下, 4 次比 2 次处理铁棍山药汁中含量高。对照组氨基酸的含量为 735.69 μg/mL, 160 MPa 下 4 次处理后氨基酸含量为 823.51 μg/mL, 相比对照组, 氨基酸的含量增加

了 11.94%。劭懿等^[16] 研究发现超高压处理后鳗鱼氨基酸总量增加, 楼雄珍^[17] 研究高压引起氨基酸含量增加, 可能是高压破坏了粘性蛋白中蛋白质与多糖之间的结合键, 使多糖与蛋白质分离, 促进糖蛋白水解, 导致氨基酸总量上升。氨基酸是蛋白质的基本组成单位, 也是人体必需的营养物质, 氨基酸含量的增加, 显著提高山药汁营养成分。

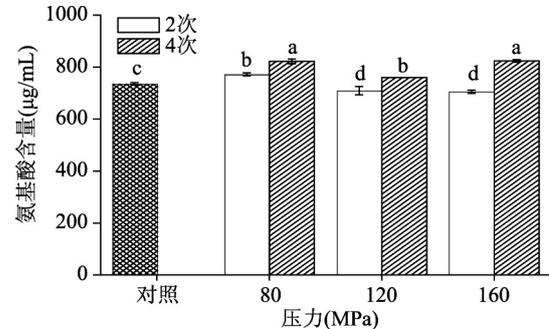


图 1 HPM 处理对铁棍山药汁氨基酸含量的影响

Fig.1 Effect of HPM treatment

on amino acid content of iron yam juice

注: 对照为未经 HPM 处理的铁棍山药汁, 不同字母表示差异显著($p < 0.05$) 图 2~图 6 同。

2.2 超高压微射流对铁棍山药汁还原糖含量的影响

由图 2 可知, 相比对照组, 铁棍山药汁经超高压微射流处理后, 各组还原糖的含量均有减少, 其中相同处理次数下, 不同压力处理对铁棍山药汁还原糖含量影响较大, 且各组间差异显著($p < 0.05$)。120 MPa、2 次处理还原糖含量减少较多, 相比对照组减少 10.3%。同时, 相同压力下, 不同处理次数处理对还原糖含量影响也呈现显著差异($p < 0.05$)。还原糖含量减少可能是因为超高压微射流处理时, 外界氧气被压入山药汁中, 增加山药铁棍药汁中溶解氧的含量, 使糖类营养物质氧化分解为小分子^[18]。还原糖含量的降低可以使铁棍山药汁更加具有保健功能。

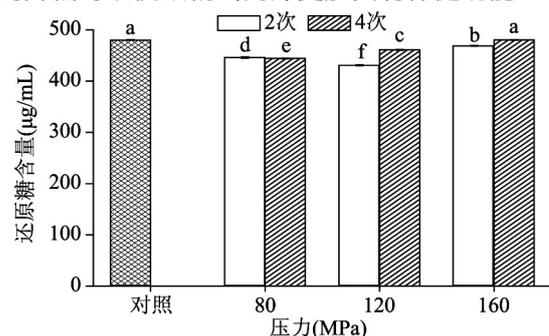


图 2 HPM 处理对铁棍山药汁还原糖含量的影响

Fig.2 Effect of HPM treatment on the content of reducing sugar of iron yam juice

2.3 超高压微射流对铁棍山药汁总酸的影响

食品中存在的酸类物质对食品的色、香、味、成熟度和稳定性都有影响。由图 3 可知, 与对照组相比, 铁棍山药汁经超高压微射流处理后可滴定酸含量呈减少趋势, 其中, 160 MPa、2 次处理酸度降低程度较高, 相比对照组减少 13.6%。相同压力下, 2、4

次处理之间,铁棍山药汁酸度差异不显著($p > 0.05$),相同处理次数下,压力之间的总酸含量也不显著($p > 0.05$)。总酸含量的降低将抑制微生物的生长^[19],更有利于铁棍山药汁的贮藏。

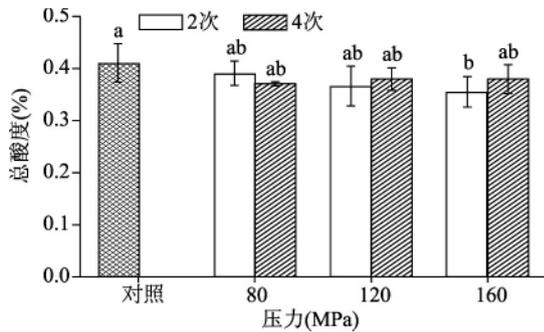


图3 HPM处理对铁棍山药汁总酸的影响

Fig.3 Effect of HPM treatment on total acid of iron yam juice

2.4 超高压微射流对铁棍山药汁总酚含量的影响

从图4中可以看出,总酚含量呈现先增加后减少的趋势。80 MPa下处理的铁棍山药汁总酚含量增加,但与对照组差异不显著($p > 0.05$)。Patras^[20]等人研究发现高静水压处理草莓酱后,总酚含量升高。酚类物质为果蔬中的重要组成成分,总酚含量升高,对果蔬汁的色泽和口感有一定影响。120、160 MPa下处理山药汁,相比对照组,总酚含量有减少趋势。Gündüz^[21]等人研究的草莓汁也得到相应的结果。总酚含量的减少,可能与PPO和POD活性有关,Cao^[22]、Terefe^[23]等人研究发现高压能使大量的过氧化物酶失活,Cano^[24]研究发现压力能使PPO、POD活性降低。因此,总酚含量降低可能是由于酶活性降低所致,总酚含量的降低造成了铁棍山药营养价值的损失。

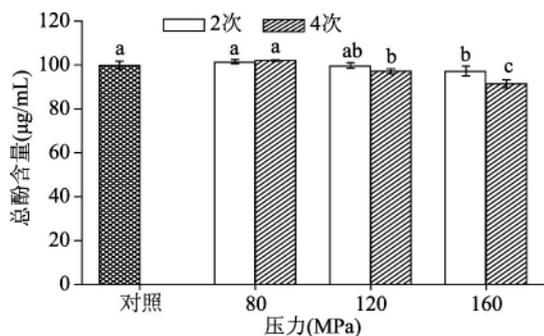


图4 HPM处理对铁棍山药汁总酚含量的影响

Fig.4 Effect of HPM treatment on total phenolic content of iron yam juice

2.5 超高压微射流对铁棍山药汁黄酮含量的影响

如图5所示,铁棍山药汁经过超高压微射流处理后,黄酮含量呈降低趋势。对照组黄酮含量为26.97 µg/mL,相比对照组,经超高压微射流处理后,山药汁黄酮含量变化差异显著($p < 0.05$)。其中,160 MPa、4次处理酸度降低程度较高,相比对照组减少13.6%。虽然低压促使细胞破裂,促进黄酮扩散到体外,但较大的压力导致山药细胞破碎的小颗粒

过多,阻碍活性成分的溶出,同时破碎细胞吸附部分黄酮,导致黄酮含量降低^[25]。

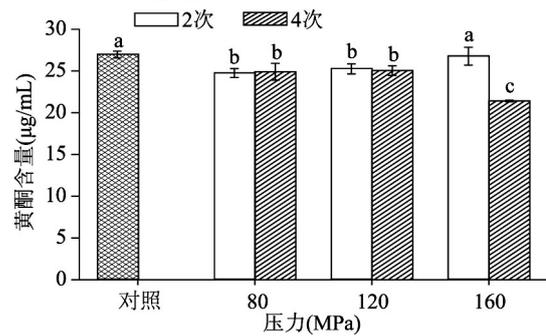


图5 HPM处理对铁棍山药汁黄酮含量的影响

Fig.5 Effect of HPM treatment on flavone content of iron yam juice

2.6 超高压微射流对铁棍山药汁DPPH自由基清除率的影响

从图6中可以看出,80 MPa下2、4次处理的DPPH自由基清除率相比对照组有所升高,分别提高了6.41%、9.02%,但差异不显著($p > 0.05$)。120 MPa、160 MPa下2、4次处理的DPPH自由基清除率有一定程度降低,与对照相比,差异不显著($p > 0.05$)。该研究结果与HPM对多酚的影响较为一致,说明多酚含量与DPPH自由基清除率存在一定的相关性。另外,与Velázquez-Estrada^[26]等人研究的橙汁的结果一致,HPM处理后DPPH自由基清除率的降低也可能是山药汁存在一些营养物质本身不稳定的原因。

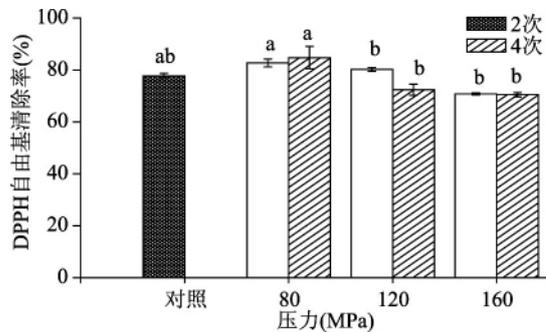


图6 HPM处理对铁棍山药汁DPPH自由基清除率的影响

Fig.6 Effect of HPM treatment on DPPH radical-scavenging rate of iron yam juice

2.7 铁棍山药汁中总酚、黄酮含量与DPPH自由基清除率相关分析

由表1可知,总酚含量和DPPH自由基清除率在0.05水平显著正相关,黄酮含量和DPPH自由基清除率之间无相关性。表明铁棍山药汁中抗氧化活性主要成分是总酚,而与黄酮含量不呈明显相关性。曾佑炜等^[27]分析不同花卉黄酮含量和DPPH自由基清除率的关系,也发现与黄酮含量没有明显相关性。可能是因为不同品种中含有的黄酮类物质不同,具有抗氧化的黄酮物质含量和种类不尽相同,因此具有不同的抗氧化活性。

3 结论

超高压微射流处理后的铁棍山药汁氨基酸的含

表1 铁棍山药汁中总酚、黄酮含量
与 DPPH 自由基清除率相关分析

Table 1 Correlation between total phenolic content flavonoids
content and DPPH radical-scavenging rate of iron yam juice

指标	总酚含量 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	黄酮含量 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	DPPH 自由基清除率 (%)
总酚含量	1		
黄酮含量	0.637	1	
DPPH 自由基清除率	0.861*	0.188	1

注: * 显著相关($p < 0.05$)。

量升高,总酸、总酚含量基本保持不变。总体比较而言,80 MPa 压力4次的处理的效果最佳。此外,超高压微射流基本上保留了铁棍山药汁的 DPPH 自由基清除率,80 MPa 压力处理 DPPH 自由基清除率有所提高,显示总酚含量与 DPPH 自由基清除率之间具有相关性。而还原糖、黄酮含量略有降低,但是选择合适的压力和处理次数可以有效解决这一问题。总体来说,超高压微射流均质技术能较好的保存铁棍山药汁原有的营养品质,是加工铁棍山药汁是较佳的选择。

参考文献

- [1] 倪丽莎. 山药功能性食品工艺与储藏稳定性研究[D]. 河南(郑州): 河南工业大学粮油食品学院, 2012.
- [2] 潘见, 林春铭, 王莉, 等. 西瓜汁超高压均质的杀菌效果研究[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 93-96.
- [3] 吴奕兵. 超高压均质对胡萝卜汁理化性质及酶和微生物的影响[D]. 江苏(南京): 南京农业大学, 2009.
- [4] Suárez-Jacobo G, Gervilla R, Guamis B, et al. Effect of UHPH on indigenous microbiota of apple juice: A preliminary study of microbial shelf-life [J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 136(3): 261-267.
- [5] Augusto Ped, Ibarz A, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the rheological properties of tomato juice: Time-dependent and steady-state shear [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 111(4): 570-579.
- [6] 张小妮, 梁治军, 韩甜甜. 怀山药豆奶复合蛋白饮料的工艺及稳定性研究[J]. 饮料工业, 2016, 19(1): 43-46.
- [7] 陈颖. 红枣山药复合饮料的研制[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2014, 35(4): 102-104.
- [8] Calligaris S, Foschia M, Bartolomeoli I, et al. Study on the applicability of high-pressure homogenization for the production of banana juices [J]. Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie, 2012, 45(1): 117-121.
- [9] Kubo M T K, Augusto P E D, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the physical stability of tomato juice [J]. Food Research International, 2013, 51(1): 170-179.
- [10] 郭晓君, 纵伟, 赵光远, 等. 超高压微射流对铁棍山药汁物理稳定性的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(17): 125-128, 133.
- [11] 姜平, 母冬梅, 李兴军. 粮食游离氨基酸总量测定方法研究[J]. 粮食科技与经济, 2014, 39(1): 28-31.
- [12] 李环, 陆佳平, 王登进. DNS 法测定山楂片中还原糖含量的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 75-77.
- [13] 弓志青, 刘春泉, 李大婧. 不同品种板栗贮藏过程中总酚与抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11(1): 45-50.
- [14] 杨润亚, 明永飞, 王慧. 无花果叶中总黄酮的提取及其抗氧化活性测定[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 78-82.
- [15] 郭芳言, 朴美子. 杜香叶提取物清除 DPPH 能力的研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(7): 123-125.
- [16] 邵懿, 薛长湖, 李兆杰, 等. 超高压对鳀鱼蛋白水解的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(06): 41-44.
- [17] 楼雄珍, 王允祥, 吴峰华, 等. 超高压处理对双孢菇蛋白质量的影响[J]. 现代农业科技, 2008(3): 5-6.
- [18] 武金霞, 张贺迎, 杨睿, 等. 双孢蘑菇子实体多糖的提取及单糖组成[J]. 中国食用菌, 2003, 22(1): 31-32.
- [19] 姜斌, 胡小松, 廖小军, 等. 超高压对鲜榨果蔬汁的杀菌效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 234-238.
- [20] Gündüz K, Özdemir E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry [J]. Food Chemistry, 2014, 155(11): 298-303.
- [21] Patras A, Brunton N P, Pieve S D, et al. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(3): 308-313.
- [22] Cao X, Bi X, Huang W, et al. Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2012, 16(39): 181-190.
- [23] Terefe N S, Matthies K, Simons L, et al. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (Fragaria × ananassa) [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(3): 297-307.
- [24] Cano M P, Hernandez A, Ancos B D. High Pressure and Temperature Effects on Enzyme Inactivation in Strawberry and Orange Products [J]. Journal of Food Science, 1996, 62(1): 85-88.
- [25] 孙协军, 李秀霞, 冯彦博, 等. 山楂黄酮超高压提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 291-295.
- [26] Velázquez-estrada R M, Hernández-herrero M M, Rüfer C E, et al. Influence of ultra high pressure homogenization processing on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 18(18): 89-94.
- [27] 杨利军, 田迪英. 11 种中草药抗氧化活性与黄酮含量相关性研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(1): 119-120.