

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.26.006

超声处理对鲜切马铃薯中营养成分的影响*

王宁馨 赵 彤 王雅蓉 乔俊杰 朱传合[△]

(山东农业大学食品科学与工程学院 山东 泰安 271000)

摘要 目的:研究不同超声处理对鲜切马铃薯中的营养成分产生的影响,旨在阐明超声处理技术应用到鲜切马铃薯保鲜的中可行性。**方法:**分别采用 Folin-Ciocalteu 比色法、考马斯亮蓝法、直接滴定法、指示剂滴定法、紫外分光光度计法测定总酚、蛋白质、还原糖、可滴定酸和 Vc 含量。**结果:**超声处理能够抑制贮藏后期的鲜切马铃薯的总酚升高、有利于还原糖和 Vc 的保留,而对蛋白质、可滴定酸含量变化的作用效果不明显。其中,25℃ 下 300 Hz 超声处理 8 min 的鲜切马铃薯效果较好。**结论:**超声处理能有效保持鲜切马铃薯的营养成分。

关键词:超声处理;鲜切马铃薯;营养成分

中图分类号:TS255.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1673-6273(2014)26-5023-04

Effects of Ultrasonic Processing on Nutritional Compositions of Fresh-cut Potatoes*

WANG Ning-xin, ZHAO Tong, WANG Ya-rong, QIAO Jun-jie, ZHU Chuan-he

(College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Shandong, Tai'an, 271000, China)

ABSTRACT Objective: In order to apply ultrasonic processing technology for fresh-cut potatoes, the changes of nutritional compositions of fresh-cut potatoes processed by different ultrasonic processing was investigated. **Methods:** the contents of total phenol, protein, reducing sugar, titratable acidity and vitamin C were analyzed using the relevant detection method. **Results:** Ultrasonic Processing could efficiently reduce the contents of total phenol, increasing the content reducing sugar, and vitamin C. Protein and titratable acidity were affected rarely. According to the results, the effects of ultrasonic processing on fresh-cut potato were slightly better under 300 Hz ultrasonic treatments which continued 8 min at 25℃. **Conclusion:** Ultrasonic processing could efficiently keep the nutritional compositions of fresh-cut potatoes.

Key words: Ultrasonic processing; Fresh-cut potatoes; Nutritional compositions

Chinese Library Classification(CLC): TS255.3 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)26-5023-04

前言

马铃薯其块根富含糖、蛋白质等营养物质,具有很高的营养价值和药用价值,是日常生活中经常食用的一种果蔬产品。鲜切马铃薯是指经清洗、整修、去皮、切分等步骤,最后用塑料薄膜袋或以塑料托盘盛装外覆塑料膜包装的半加工的果蔬产品^[1]。鲜切马铃薯以其新鲜、方便、营养等特点,近年来的消费量增加迅速。然而,马铃薯经切制后呼吸作用和代谢反应急剧活化,鲜切表面易受到微生物侵害而引起腐败,失水速率也显著增加,营养品质迅速下降,货架期比完整的马铃薯大大缩短^[2]。目前,国内外研究者采用物理、化学以及生物等方法对鲜切马铃薯品质裂变进行了广泛研究。相关研究在很大程度上促进了鲜切马铃薯行业的发展,但仍然存在很多不足。加热和漂烫易导致产品的感官及营养价值降低,且易被微生物污染^[3]。气

调、辐射等物理方法虽对产品品质保持有一定作用,但因应用局限性、设备比较复杂、费用高等方面原因限制其广泛的应用^[4]。可食性涂膜保鲜技术目前还停留在理论阶段^[5]。化学保鲜方法因化学物获取不易、价格昂贵,剂量太大、本身毒性、效率不高、或法律问题等原因限制其广泛应用^[1,5-9]。因此,开发新的鲜切马铃薯保鲜技术是鲜切马铃薯加工业亟待解决的问题。

超声技术是近年来发展起来的高新技术,具有处理条件温和、操作方便、省时、能耗低、效率高、对环境友好等特点,已在食品工业中得到广泛应用^[10]。相关研究表明超声处理对鲜切果蔬品质保持具有良好效果^[11]。目前,还未见超声处理技术对鲜切马铃薯保鲜研究。因此,本实验以鲜切马铃薯作为研究对象,探究不同超声处理的条件下,马铃薯中总酚、蛋白质、还原糖、可溶性固形物和可滴定酸的含量的变化,为鲜切马铃薯品质裂变控制提供理论基础及实践经验。

* 基金项目:国家“十二五”科技支撑项目(2012BAK17B 05);山东省自然科学基金项目(ZR2012CM038);

国家大学生创新计划(201210434024)

作者简介:王宁馨(1991-),女,主要研究方向:食品安全

[△]通讯作者:朱传合, E-mail: chhzhzhu@sdau.edu.cn

(收稿日期:2014-01-19 接受日期:2014-02-16)

1 材料与方法

1.1 实验材料

选择无机械伤、无病虫害、同等大小和成熟度的新鲜荷兰马铃薯 12 号。

1.2 实验设备

UV-2100 紫外分光光度计: 上海优尼柯仪器有限公司; DK-S26 型电热恒温水浴锅: 上海精宏试验设备有限公司; 电子天平: 上海梅特勒-托利多仪器有限公司; SK15 型高速冷冻离心机: 德国 sigma 有限公司。

1.3 实验方法

新鲜马铃薯经洗涤、削皮, 加工成约 0.3 cm 厚度的片状, 随机平均分为 8 组, 分别进行以下超声处理: 25 °C 下 300 Hz 超声处理 8 min; 25 °C 下 300 Hz 超声处理 4 min; 25 °C 下 300 Hz 超声处理 12 min; 20 °C 下, 300 Hz 超声处理 8 min; 35 °C 下 300 Hz 超声处理 8 min 和 25 °C 下不进行超声处理, 沥干后用 PE 保鲜膜进行包装, 4 °C 下的冷库中贮藏, 每天随机抽取各袋中的样品进行测定。总酚采用 Folin-Ciocalteu 法^[8]测定; 蛋白质采用考马斯亮蓝法^[9]; 还原糖采用直接滴定法^[8]; 可滴定酸采用指示剂滴定法^[9]; Vc 采用紫外分光光度计法^[9]。

1.4 数据处理

所有数据均为 3 次重复试验的平均值, 各实验组数据采用 DPS7.05 进行 T 检验及分析。

2 结果与分析

2.1 不同超声处理对鲜切马铃薯总酚含量的影响

采用 Folin-Ciocalteu 法跟踪测试鲜切马铃薯贮藏期间总酚含量变化, 其测定结果见图 1。

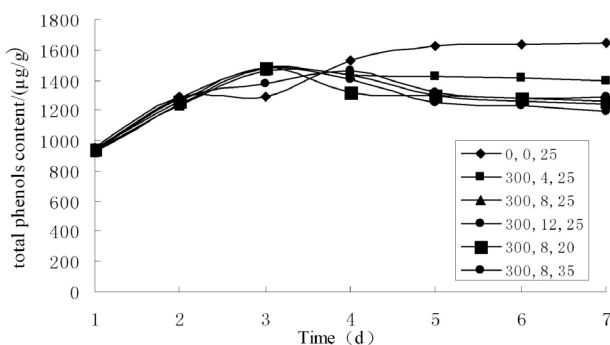


图 1 不同超声处理下鲜切马铃薯总酚含量的变化

Fig. 1 The changes of total phenol content in fresh-cut potato under different ultrasonic processing ways

由图 1 可知, 除对照及 300 Hz, 20 °C 下处理 8 min 样品外, 超声处理组呈现先升高后降低的趋势。300 Hz, 25 °C 处理条件下, 随着处理时间的延长, 总酚含量出现下降的趋势, 处理 8 min 样品与处理 12 min 样品总酚差异不明显 ($P>0.05$)。在 300 Hz 处理 8 min, 样品随着处理温度升高, 其总酚含量呈现增大的现象。这是可能由于超声抑制苯丙氨酸解氨酶的活性, 从而抑制了酚类物质的合成, 苯丙氨酸解氨酶的活性不同造成酚类物质合成量不同^[3,12]。

2.2 不同超声处理对鲜切马铃薯蛋白质含量的影响

采用考马斯亮蓝法跟踪测试各处理组在贮藏期间蛋白质变化, 其结果见图 2。

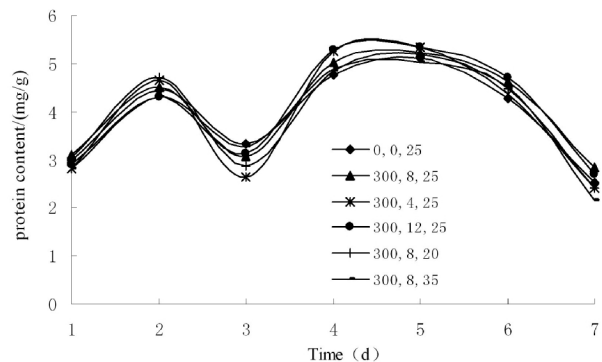


图 2 不同超声处理下鲜切马铃薯蛋白质含量的变化

Fig. 2 The changes of protein content in fresh-cut potato under different ultrasonic processing ways

由图 2 可以看出, 不同超声处理条件下, 鲜切马铃薯蛋白质含量呈波浪式曲线变化。在贮藏前期, 蛋白质含量先升后降, 原因可能是切割造成的机械损伤刺激一些细胞迅速合成蛋白质来修复伤害, 而后由于伤害造成的反应导致蛋白质的代谢加快, 蛋白质含量下降^[3]。由图可知, 对照样品和超声处理样品的蛋白质含量变化趋势相似, 没有明显差别 ($P<0.05$), 因此, 超声处理未对蛋白质的含量变化造成明显影响。

2.3 不同超声处理对鲜切马铃薯还原糖含量的影响

还原糖是果蔬主要营养物质, 本研究采用直接滴定法测定贮藏期间鲜切马铃薯还原糖含量, 其随时间变化结果见图 3。

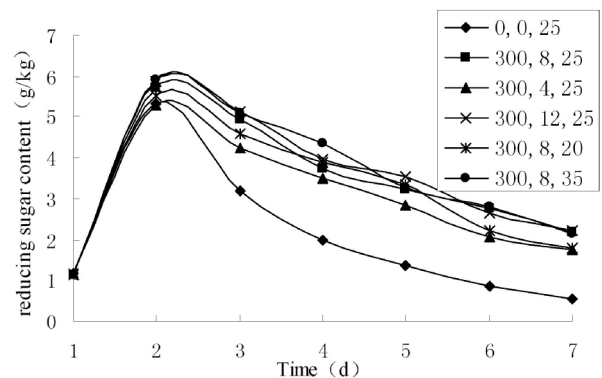


图 3 不同超声处理下鲜切马铃薯的还原糖含量的变化

Fig. 3 The changes of reducing sugar content in fresh-cut potato under different ultrasonic processing ways

如图 3 所示, 鲜切马铃薯中还原糖的含量随贮藏时间的增加呈先上升后下降的趋势。贮藏初期, 鲜切马铃薯还原糖的含量明显上升, 这可能是因为贮藏前期马铃薯中的大分子物质分解使糖含量上升, 随着贮藏时间的增加, 还原糖的含量下降, 这可能是由于鲜切马铃薯的呼吸作用增强, 逐渐开始消耗其内部储存的养分, 引起还原糖含量的下降^[13]。在同一贮藏时间段, 鲜切马铃薯还原糖含量随着超声时间的延长, 还原糖含量较高; 随着超声温度的升高, 还原糖含量也较高。对比 25 °C 下, 300 Hz 超声处理 8 min 与 12 min 两个样品, 还原糖的变化差异不明显 ($P<0.05$)。从还原糖变化速率可知, 超声处理在一定程度

上能够抑制鲜切马铃薯的呼吸作用,从而延长了鲜切产品的保质期。

2.4 不同超声处理对鲜切马铃薯可滴定酸含量的影响

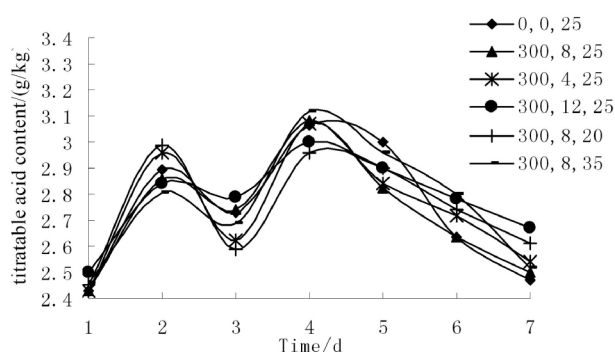


图4 不同超声处理下鲜切马铃薯的可滴定酸含量的变化

Fig. 4 The changes of titratable acid content in fresh-cut potato under different ultrasonic processing ways

如图4所示,鲜切马铃薯中可滴定酸的含量较少且各组样品间差异不明显。随着贮藏时间的增加,鲜切马铃薯中可滴定酸度的含量的变化曲线有起伏,至贮藏后期均有所下降。造成这种变化趋势的原因可能是马铃薯经切割后产生机械伤,影响了其内部组织结构的正常的生理代谢,导致部分有机物消耗,而可滴定酸作为直接的氧化底物不断被分解,导致其含量下降^[9]。

2.5 不同超声处理对鲜切马铃薯 Vc 含量的影响

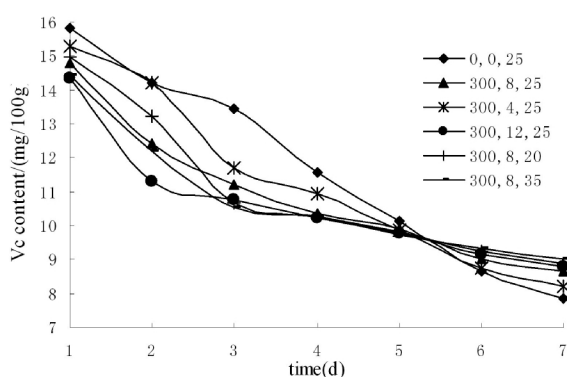


图5 不同超声处理下鲜切马铃薯的 Vc 含量的变化

Fig. 5 The changes of titratable acid content in fresh-cut potato under different ultrasonic processing ways

图5所示,超声处理能够导致样品中的 Vc 含量下降,在前4 d,随着超声处理时间的延长,其 Vc 损失率高;随着超声温度提高,Vc 损失率提高。但4 d后,超声处理有利于贮藏后期 Vc 的保持,随着处理时间延长,Vc 保留率提高。这个可能与超声处理有利于果蔬保藏,从而导致后期 Vc 损失率降低^[9]。因此,超声处理可有效提高鲜切马铃薯中 Vc 保留量,在贮藏期间,8 min 处理与 12 min 处理样品 Vc 保留率差异不明显($P < 0.05$)。

3 讨论

本文研究了以马铃薯为实验材料,经洗涤、削皮,加工成约0.3 cm厚度的片状,随机平均分为8组,设计不同超声处理方案进行超声处理,沥干后用PE保鲜膜进行包装,在4℃下的冷

库中贮藏,每天随机抽取各袋中的样品进行总酚、蛋白质、还原糖、可滴定酸度、Vc等指标,以探讨超声处理对马铃薯营养成分影响。从而为超声保鲜技术进一步的研究和应用而奠定基础。通过实验证实:超声处理能够影响鲜切马铃薯酚类物质积累,呈现先升高后下降的趋势;有利于鲜切马铃薯贮藏期间还原糖及Vc的保留;超声处理对蛋白质及总酸的变化影响不显著。最优的鲜切马铃薯品质保留超声处理措施为25℃、300 Hz超声处理8 min。

Rocculi研究结果证实,L-半胱氨酸、柠檬酸和Vc能够促进鲜切马铃薯的新陈代谢,抑制鲜切马铃薯褐变,影响组织中糖含量,一定量的柠檬酸常与抗坏血酸联合能够较好的抑制鲜切马铃薯的多酚氧化酶(PPO)引起的果蔬褐变^[2]。众多研究证实壳聚糖、维生素、有机弱酸、无机弱酸(硼酸)、亚硫酸、二氧化氯等化学能够提高鲜切产品品质^[1]。高浓度二氧化碳能够引起鲜切产品的厌氧呼吸,从而导致品质下降,但Angó s等人研究证表明高氧高二氧化碳(80kPa/20kPa)在一定程度上对鲜切马铃薯的呼吸强度和褐变较好的抑制效果^[14]。虽然对于鲜切马铃薯品质控制技术有着众多的研究,但这些方法存在不同程度的缺点,如化学试剂残留、效果不明显、费用高、设备要求高等,从而限制这些方法的广泛应用。超声技术是近年来发展起来的高新技术,已引起俄罗斯、美国、德国、加拿大、日本、瑞士和中国等很多国家科技工作者的广泛关注。超声技术在食品工业中的应用及研究多集中在食品的提取、干燥、过滤、结晶、乳化、灭菌及食品体系的检测等方面^[10,15,16]。有关超声对鲜切果蔬的营养品质的影响研究相对较少。Jang J H、Cao S F、Fava J Q、Valdramidis V P等人分别研究证明合适的超声处理可以改善西芹、新鲜豆角、高鸭梨、樱桃番茄、“大久保”桃、“八月脆”桃、鲜切芹菜、草莓、葡萄、橙汁、鲜切苹果等产品的感官品质,控制相关产品的酶促褐变^[11,15,20]。本实验以鲜切马铃薯作为研究对象,探究不同超声处理对鲜切马铃薯中营养成分的影响,研究证实超声处理有利于鲜切马铃薯品质保留,是一种切实可行的、潜在的鲜切果蔬保鲜技术。

参考文献(References)

- [1] Ricoa D, Martí n-Diana A B., Barat J M, et al. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18: 373-386
- [2] Rocculi P, Galindo F G., Mendoza F. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43(1): 151-157
- [3] Sasaki Tamaki Doris, Perez Karin, Himoto J C. Effects of reconditioning on the quality of different processing potato cultivars after low temperature storage[J]. Food preservation Science, 2004, 30 (3): 129-135
- [3] Koukounaras A, Diamantidis G, Sfakiotakis S. The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(1): 30-36
- [4] Allothman M, Bhat R, Karim A A. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(4): 512-516
- [5] Pietro R, Federico G G, Fernando M, et al. Effects of the application of

- anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 43(1): 151-157
- [6] Cacace J E, Delaquis P J, Mazza G. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes [J]. *Journal of Food Quality*, 2002, 3(25): 181-195
- [7] Altunkaya A, Gomen V. Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*) [J]. *Food Chemistry*, 2009, 117(1): 122-126
- [8] Zhao C, Zhu C H. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on nutritional components and shelf-life of mulberry fruit (*Morus alba* L.) [J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2011, 111 (6): 675-681
- [9] Veltman R H, Kho R M, Schaik A C R, et al. Ascorbic acid and tissue browning in pears under controlled atmosphere conditions [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 19(2): 129-137
- [10] Mizrach, A. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 48(9): 315-330
- [11] Cao S F, Hu Z C, Pang B, et al. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest [J]. *Food Control*, 2010, 4(21): 529-532
- [12] Emma S, Juan C E, Francisco A. Effect of Wounding on Phenolic Enzymes in Six Minimally Processed Lettuce Cultivars upon Storage [J]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2001, 49(1): 322-330
- [13] 许卫锋, 陈云. 抗坏血酸、谷胱甘肽参与的信号转导途径在提高植物食品营养品质中的作用 [J]. *广州食品工业科技*, 2003, 19(4): 113-115
- Xu Wei-feng, Chen Yun. Prospects for Enhancement of Ascorbate and Glutathione in Plant Foods [J]. *Guangzhou food industry science and technology*, 2003, 19(4): 113-115
- [14] Angó s I, Vírveda P, Fernández T. Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 48(3): 422-430
- [15] Yang Z F, Cao S F, Cai Y T, et al. Combination of salicylic acid and ultrasound to control postharvest blue mold caused by *Penicillium expansum* in peach fruit [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2011, 3(12): 310-314
- [16] Jang J H, Moon K D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid [J]. *Food Chemistry*, 2011, 124(2): 444-449
- [17] Jang J H, Kim S T, Moon K D. Inhibitory effects of ultrasound in combination with ascorbic acid on browning and polyphenol oxidase activity of fresh-cut apples [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2009, 18(6): 1417-1422
- [18] Cao S F, Hu, Z C, Pang, B. Optimization of postharvest ultrasonic treatment on strawberry fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 55(3): 150-153
- [19] Fava J Q, Karina H, Andrea N. Structure (micro, ultra, nano), color and mechanical properties of *Vitis labrusca* L. (grape berry) fruits treated by hydrogen peroxide, UV-C irradiation and ultrasound [J]. *Food Research International*, 2011, 44(9): 2938-2948
- [20] Valdramidis V P, Cullen P J, Tiwari B K, et al. Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing [J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 96(3): 449-454