

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.01.011

文章编号:2095-6002(2019)01-0072-06

引用格式:马越,王欢欢,王宇滨,等.贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁品质的影响[J].食品科学技术学报,2019,37(1):72-77.



MA Yue, WANG Huanhuan, WANG Yubin, et al. Effect of storage time on qualities of high pressure treated fresh tomato juice[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(1):72-77.

贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁品质的影响

马越¹, 王欢欢^{1,2}, 王宇滨^{1,3}, 白冰², 赵晓燕^{1,4}, 张超^{1,5,*}

(1.北京市农林科学院蔬菜研究中心,北京 100097; 2.沈阳农业大学食品学院,辽宁沈阳 110866; 3.果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室,北京 100097; 4.农业部蔬菜产后处理重点实验室,北京 100097; 5.农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室,北京 100097)

摘要:以热处理(100℃处理5 min)作为对照,评价超高压处理(25℃和400 MPa处理30 min)鲜榨番茄汁贮藏3个月期间的品质和风味变化规律。结果显示超高压处理的鲜榨番茄汁在2个月的贮藏期内,菌落总数、霉菌和酵母菌数量均在国家食品卫生标准以内;pH值、PPO和POD活性逐渐降低;维生素C含量降低约24%,而热处理的鲜榨番茄汁中维生素C含量降低约96%;超高压处理的鲜榨番茄汁风味更加接近于番茄的原有香气,而热处理引起风味的显著性变化。因此,超高压处理的鲜榨番茄汁在2个月的贮藏期内品质和风味均优于传统热处理番茄汁。

关键词:超高压;热处理;鲜榨番茄汁;货架期;多酚氧化酶;过氧化物酶

中图分类号:TS255.44

文献标志码:A

鲜榨果汁,也被称为非浓缩还原汁(NFC),是将水果破碎、压榨、过滤后,直接进行灭菌和包装生产的一种工业化产品,具有果实原有的香气和营养,受到消费者青睐^[1-2]。目前,橙汁、苹果汁、仙人掌汁、西瓜汁、桑葚汁、菠萝汁、芒果汁和草莓汁等已经使用超高压技术进行灭酶和灭菌,起到了良好的效果,处理后产品的微生物指标符合国家食品和饮料标准,维生素C和多酚等营养成分有效保留,风味更加接近果实的原始香气^[2-8]。

番茄中含有胡萝卜素、维生素、碳水化合物、矿物质和有机酸等成分^[9],具有健胃消食、清热解毒、生津止渴、凉血平肝的功效^[10]。目前,鲜榨番茄汁通过超高压技术或高压脉冲电场技术处理,品质和风味获得有效保留^[8,11-12]。但是,鲜榨番茄汁货架

期内品质和风味的变化规律尚缺少研究。因此,研究以热处理为对照,评价货架期内超高压处理鲜榨番茄汁菌落总数、关键酶的活性、营养组分含量及其风味的变化规律,以期鲜榨番茄汁的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

番茄,北京市果香四溢蔬菜超市曙光花园店;营养琼脂,北京奥博星生物技术有限责任公司;氯化钠、焦性没食子酸、愈创木酚、偏磷酸,国药集团化学试剂有限公司;福林酚、抗坏血酸,美国Sigma公司;碳酸钠、氢氧化钠、过氧化氢、硫酸、冰醋酸、草酸,北京化工厂。

收稿日期:2018-04-17

基金项目:科技部重点研发计划项目(2016YFD0400302-5);现代农业产业技术体系资助项目(CARS-23 & 25);北京市自然科学基金资助项目(6172013);果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室资助项目(Z141105004414037)。

第一作者:马越,女,副研究员,硕士,主要从事农产品加工方面的研究。

*通信作者:张超,男,副研究员,博士,主要从事果蔬深加工方面的研究。

1.2 仪器与设备

UV-1800型紫外可见分光光度计,日本岛津公司;全破碎打浆机,Philips公司;台式分光测色仪,日本柯尼卡美能达公司;恒温恒湿培养箱,德国MMM集团;G154DW型高压灭菌锅,美国致微公司;超净工作台,北京东联哈尔仪器制造有限公司;BDS200FL型超高压设备,英国 Stansted Fluid Power 有限公司;S-50型胶体磨,廊坊通用机械制造有限公司;滴定仪,德国肖特仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 超高压处理和热处理

将2 kg番茄用超纯水清洗外表皮,切瓣去梗,用打浆机对番茄打浆30 s,然后用一层纱布过滤,滤出皮籽,过滤后的番茄汁使用胶体磨磨碎,然后使用高压均质机在3.0 MPa压力下均质,获得鲜榨番茄汁,使用铝箔袋进行包装,每袋质量100 g。

热处理:将铝箔袋置于100℃水中处理5 min,然后在冰水浴中迅速冷却至4℃。

超高压处理:将铝箔袋置于压力仓内,25℃、400 MPa处理30 min,迅速降低压力,时间约为10 s。

CK为未经过热处理和超高压处理的样品。

将热处理和超高压处理后的样品贮藏于4℃冷柜,分别在第1、2、3个月评价样品的品质和风味。

1.3.2 微生物检测

根据国标方法测定样品中菌落总数、霉菌和酵母总数^[13-14]。

1.3.3 可溶性固形物和酸度测定

可溶性固形物采用手持便携式阿贝折光仪在室温下进行测定。pH值在室温下使用酸度计直接测定。

酸度采用滴定法测定,通过式(1)计算可滴定酸含量。

$$TA = \frac{cV_2K}{V_1W} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中:TA为可滴定酸含量,%;c为NaOH标准液的浓度,mol/L;V₀为番茄汁样品总体积,mL;V₁为滴定所用样品的体积,mL;V₂为消耗NaOH的标准体积,mL;W为样品质量,g;K为折算系数,以柠檬酸计为0.070。

1.3.4 风味测定

分别量取样品10 mL置于顶空进样瓶中,室温25℃下,平衡5 min后直接将进样针头插入样品瓶,采用顶空吸气法进行电子鼻分析实验。测定条件:

传感器清洗时间100 s、传感器归零时间5 s、样品准备时间5 s、进样流量400 mL/min、检测时间60 s。完成1次检测后系统进行清零和标准化,然后再进行第2次顶空采样。统计分析10个不同选择性传感器的G/G₀值。采用主成分分析表征样品之间的差别。

1.3.5 维生素C含量的测定

采用钼蓝比色法测定番茄汁中维生素C含量。取10 mL样品加入25 mL草酸-EDTA,经过滤后,吸取1 mL上清液加入0.5 mL偏磷酸-醋酸溶液,再加入质量浓度0.05 g/mL浓硫酸1 mL,加入钼酸铵2 mL用蒸馏水定容至25 mL,15 min后在705 nm处测吸光值。

1.3.6 总酚含量的测定

样品总酚含量采用Folin-Ciocalteu法测定。吸取1 mL样品,加入蒸馏水5 mL,Folin-Ciocalteu显色剂1 mL,质量浓度0.075 g/mL碳酸钠溶液3 mL,显色,放置2 h后,用分光光度计在765 nm处测定吸光值。

1.3.7 PPO和POD活性测定

PPO和POD活性测定参照Ortuño等^[15]的方法并做部分修改。称取5 g样品,5 mL提取液(1 mol/L聚乙二醇6000,质量浓度0.01 g/mL聚乙烯吡咯烷酮,质量浓度0.01 g/mL Triton X-100),4℃、10 000 r/min离心10 min,收集上清液即为酶提取液,低温保存备用。PPO活性测定:将2 mL乙酸乙酸钠缓冲液、1 mL 50 mmol/L邻苯二酚、0.2 mL粗酶液加入比色皿中,迅速混合均匀,在酶动力扫描状态下用紫外分光光度计于410 nm处测定吸光值130 s。POD活性测定:将3 mL愈创木酚溶液、0.2 mL酶液、0.2 mL H₂O₂加入比色皿中,迅速混合均匀,在酶动力扫描状态下用紫外分光光度计于470 nm处测定吸光值,测130 s。酶活性计算见式(2)。

$$\text{PPO/POD酶活} = \frac{\Delta A}{\Delta t \times 0.001} \times f \quad (2)$$

式(2)中:ΔA为410 nm或470 nm波长下吸光值的变化差,Δt为410 nm或470 nm波长下时间的变化差,f为样品的稀释倍数。

1.4 数据处理与统计

实验所有数据均有3次重复,计算平均值和标准偏差,使用统计分析软件DPS v7.05进行处理,Duncan's新复极差法进行显著性分析(P≤0.05)。图像绘制采用Origin 8.0软件(美国Origin Lab Corporation公司)。

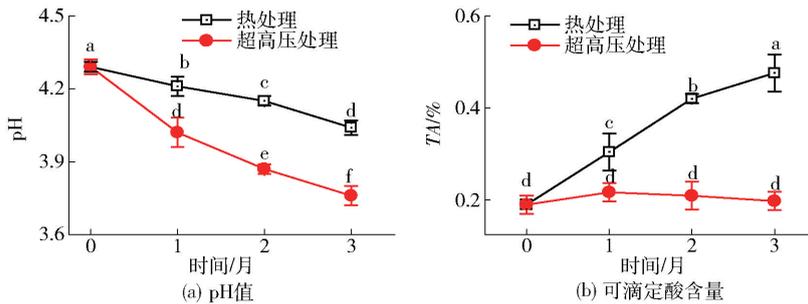
2 结果与讨论

2.1 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁菌落总数的影响

果汁类饮料中微生物的国家食品卫生标准是菌落总数小于 100 CFU/mL,霉菌和酵母菌不得检出。检测结果显示鲜榨番茄汁中未检出霉菌和酵母菌,货架期内鲜榨番茄汁中菌落总数的变化规律见图 1。热处理后,番茄汁中未检出菌落;超高压处理显著降低了鲜榨番茄汁中的菌落总数,但是菌落总数随着贮藏时间延长而增加,在第一和第二个月,菌落总数低于 100 CFU/mL,在第三个月高于 100 CFU/mL。因此,采用 400 MPa 压力灭菌 30 min 可以保证鲜榨番茄汁 2 个月的货架期。相关的研究显示超高压处理的番茄汁在 4 °C 贮藏 35 d,可以保持较好的感官品质,微生物学指标符合国家食品卫生标准^[8],与本文结论相似。

2.2 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁 pH 值和可滴定酸含量的影响

贮藏时间对鲜榨番茄汁 pH 值和可滴定酸含量



不同字母代表差异显著。

图 2 贮藏时间对鲜榨番茄汁 pH 值和可滴定酸含量的影响

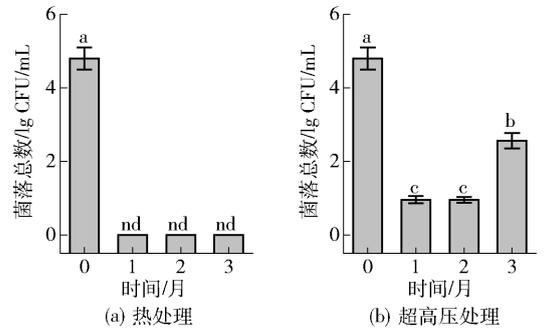
Fig. 2 Effect of storage time on pH value and titratable acid content of fresh tomato juice

2.3 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁可溶性固形物含量的影响

贮藏时间对鲜榨番茄汁可溶性固形物含量的影响见图 3。随着贮藏期的延长,鲜榨番茄汁的可溶性固形物含量未发生显著性变化。与柳青^[17]的研究结果相似,超高压处理的西瓜汁在 16 周的贮藏过程中,可溶性固形物含量有所提高,但未发生显著性变化。

2.4 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁维生素 C 含量的影响

贮藏时间对鲜榨番茄汁维生素 C 含量的影响

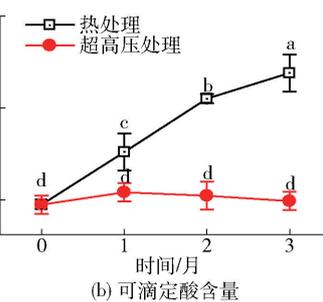


不同字母代表差异显著,nd 代表未检出。

图 1 贮藏时间对鲜榨番茄汁菌落总数的影响

Fig. 1 Effect of storage time on total colony of fresh tomato juice

的影响见图 2。结果显示随着贮藏时间延长,鲜榨番茄汁的 pH 值逐渐降低,超高压处理的番茄汁 pH 值变化更加明显。朱瑞^[16]研究发现超高压处理和热处理的胡萝卜汁的 pH 值也随着贮藏时间延长而降低,与本研究的结论一致。与 pH 值的变化规律相关,鲜榨番茄汁中可滴定酸含量随着贮藏时间延长而提高,值得注意的是,热处理的番茄汁可滴定酸含量增加更明显。



不同字母代表差异显著。

图 2 贮藏时间对鲜榨番茄汁 pH 值和可滴定酸含量的影响

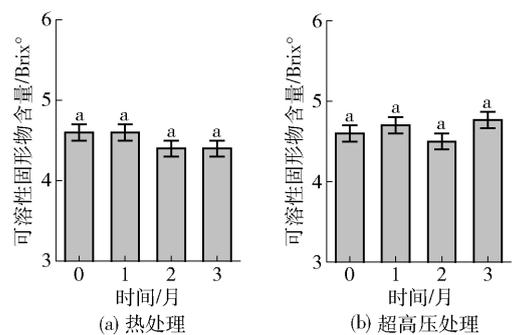
Fig. 2 Effect of storage time on pH value and titratable acid content of fresh tomato juice

2.3 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁可溶性固形物含量的影响

贮藏时间对鲜榨番茄汁可溶性固形物含量的影响见图 3。随着贮藏期的延长,鲜榨番茄汁的可溶性固形物含量未发生显著性变化。与柳青^[17]的研究结果相似,超高压处理的西瓜汁在 16 周的贮藏过程中,可溶性固形物含量有所提高,但未发生显著性变化。

2.4 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁维生素 C 含量的影响

贮藏时间对鲜榨番茄汁维生素 C 含量的影响

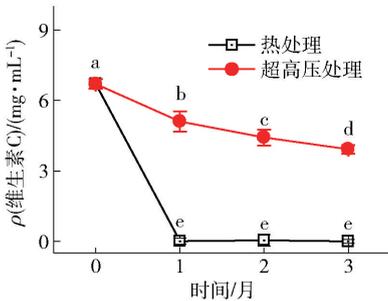


不同字母代表差异显著。

图 3 贮藏时间对鲜榨番茄汁可溶性固形物含量的影响

Fig. 3 Effect of storage time on total soluble solid content of fresh tomato juice

见图4。随着贮藏时间延长,热处理和超高压处理番茄汁中的维生素C含量均发生显著性降低,超高压处理的番茄汁在第二个月降低约24%,在第三个月降低约28%;而热处理的番茄汁维生素C含量在第一个月降低约95%,随后继续降低,在到第三个月降低97%。因此,超高压处理能更加有效延缓鲜榨番茄汁中维生素C含量的降低。猕猴桃作为富含维生素C的果实,其超高压加工的果汁在贮藏过程中维生素C含量也显著性降低^[16],与本研究的结论一致。



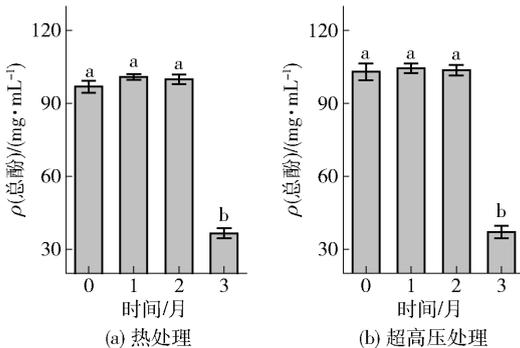
不同字母代表差异显著。

图4 贮藏时间对鲜榨番茄汁维生素C含量的影响

Fig. 4 Effect of storage time on vitamin C content of fresh tomato juice

2.5 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁总酚含量的影响

贮藏时间对鲜榨番茄汁总酚含量的影响见图5。可以发现热处理和超高压处理的番茄汁在前2个月中,总酚含量未发生显著性变化,在第三月均发生显著性降低,约降低61%,而且超高压处理与热处理的保存率无显著性差别。同样的结论在尤菊^[2]关于苹果汁的实验中得到了证实,超高压的苹果汁总酚含量随着贮藏时间的延长而降低,原



不同字母代表差异显著。

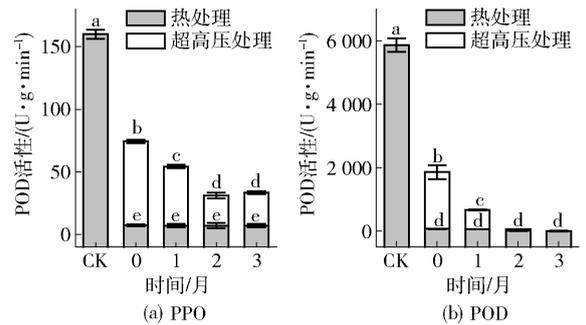
图5 贮藏时间对鲜榨番茄汁总酚含量的影响

Fig. 5 Effect of storage time on total phenolic content of fresh tomato juice

因可能是由于多酚氧化及聚合反应,使基于福林酚检测方法的游离羟基数量减少,从而检测到总酚含量降低。

2.6 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁PPO和POD活性的影响

PPO和POD在果实发育过程中均发挥着重要的作用,它们的共同点在于均可以以酚类化合物为底物,催化其生成醌类物质,而醌类物质多为橙色、紫色,乃至褐色,宏观上会引起产品的褐变^[18-20]。因此,钝化PPO和POD活性有利于维持产品中总酚含量,从而有利于维持产品的原色。贮藏时间对鲜榨番茄汁PPO和POD活性的影响见图6。热处理和超高压处理均显著降低产品中PPO活性,而热处理组PPO活性显著低于超高压处理组,因此,热处理和超高压处理均有效钝化PPO,其中热处理钝化PPO的能力更强。在贮藏过程中,热处理样品的PPO活性没有显著性变化;而超高压处理PPO活性在第二和第三个月显著低于第一个月,因此PPO活性随着贮藏时间的延长而进一步降低。该结论与超高压处理的草莓汁中PPO变化规律相似,草莓汁中PPO在贮藏过程中也发生显著性降低^[21]。



不同字母代表差异显著。

图6 贮藏时间对鲜榨番茄汁PPO活性和POD活性的影响

Fig. 6 Effect of storage time on PPO activity and POD activity of fresh tomato juice

与PPO活性变化规律相似,热处理和超高压处理均显著降低产品中POD活性,而热处理组POD活性显著低于超高压处理组,因此,热处理和超高压处理均有效钝化POD,其中热处理钝化POD的能力更强。在贮藏过程中,热处理样品的POD活性没有显著性变化;而超高压处理POD活性在第二和第三个月显著低于第一个月,因此POD活性随着贮藏时间的延长而进一步降低。与本研究结论相似,超高压处理也降低茭白中POD活性,从而抑制其木质化进程^[22]。

2.7 贮藏时间对超高压处理鲜榨番茄汁风味的影响

风味是影响产品品质的主要特征,贮藏期间鲜榨番茄汁风味的变化规律见图7。主成分1和主成分2对风味的贡献率分别为90.40%和9.10%,合计达到99.50%,可以反映样品风味的差异。超高压处理组与CK在主成分1上有一些差别,在主成分2上差别极小;热处理组与CK在主成分1和主成分2上具有显著性差别,因此,超高压处理的鲜榨番茄汁风味更加接近于CK。随着贮藏时间的延长,超高压处理组的鲜榨番茄汁未见显著性差别,而热处理组的番茄汁相互均有差别。结果说明超高压处理的鲜榨番茄汁风味更加接近于番茄的原有香气,而热处理引起风味的变化,并且风味的稳定性较低。与该结论一致,超高压处理鲜榨草莓汁的风味与新鲜草莓的风味更加相似^[6,23]。

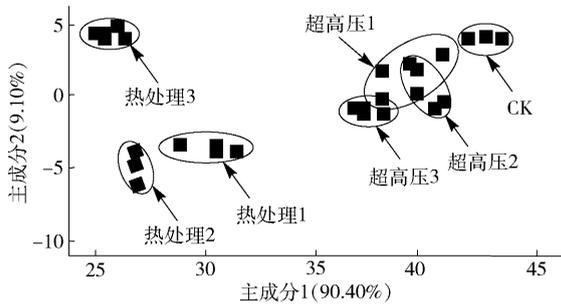


图7 贮藏时间对鲜榨番茄汁风味的影响

Fig. 7 Effect of storage time on aroma of fresh tomato juice

3 结论

采用超高压处理(25℃和400 MPa处理30 min)可以保证鲜榨番茄汁在2个月的贮藏期内微生物指标满足国家食品卫生标准。在2个月贮藏过程中,超高压处理鲜榨番茄汁的pH值、PPO和POD活性逐渐降低;维生素C含量降低约24%,而热处理的番茄汁维生素C含量降低约96%;总酚含量未发生显著性变化;超高压处理的鲜榨番茄汁风味更加接近于番茄的原有香气,而热处理引起风味的变化,并且风味的稳定性较低。因此,经过超高压处理的鲜榨番茄汁在2个月的贮藏过程中,品质和风味均优于热处理番茄汁。

参考文献:

[1] 陈志明. 我国鲜榨果汁消费与发展趋势[J]. 农产品加工, 2005(1): 12-14.
[2] 尤菊. 非热加工技术对鲜榨苹果汁品质的影响[D].

合肥:合肥工业大学, 2017.

[3] 殷浩, 雷波, 蔺毅, 等. 超高压静态杀菌处理对桑果汁品质的影响初探[J]. 西南农业学报, 2011, 24(5): 1934-1938.
YIN H, LEI B, LIN Y, et al. Effect of static ultra-high-pressure sterilization on quality of mulberry juice [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2011, 24(5): 1934-1938.
[4] ZHANG C, TRIERWEILER B, LI W, et al. Comparison of thermal, ultraviolet-C, and high pressure treatments on quality parameters of watermelon juice [J]. Food Chemistry, 2011, 126: 254-260.
[5] MOUSSA-AYOUB T E, JÄGER H, KNORR D, et al. Impact of pulsed electric fields, high hydrostatic pressure, and thermal pasteurization on selected characteristics of *Opuntia dillenii*, cactus juice [J]. LWT- Food Science and Technology, 2016, 79: 534-542.
[6] 张波波. 超高压对草莓汁杀菌钝酶效果及风味影响的研究[D]. 晋中:山西农业大学, 2014.
[7] 张微. 超高压和热处理对热带果汁品质影响的比较研究[D]. 广州:华南理工大学, 2010.
[8] 赵斌. 超高压番茄汁加工、贮藏和体外消化性研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2015.
[9] 邓用川, 邓博一, 杨杰, 等. 耐盐番茄营养成分的比较分析[J]. 食品科技, 2014(1): 73-77.
DENG Y C, DENG B Y, YANG J, et al. Comparing the nutritional ingredients of salt tolerance tomato with others [J]. Food Science and Technology, 2014(1): 73-77.
[10] MÜLLER L, CARIS VEYRAT C, LOWE G, et al. Lycopene and its antioxidant role in the prevention of cardiovascular diseases—a critical review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016, 56(11): 1868-1879.
[11] AGUILÓ-AGUAYO I, SOLIVA-FORTUNY R, MARTÍN-BELLOSO O. Comparative study on color, viscosity and related enzymes of tomato juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat [J]. European Food Research and Technology, 2008, 227(2): 599-606.
[12] AGUILÓ-AGUAYO I, SOLIVA-FORTUNY R, MARTÍN-BELLOSO O. Avoiding non-enzymatic browning by high-intensity pulsed electric fields in strawberry, tomato and watermelon juices [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 92(1): 37-43.
[13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789. 2—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品

- 安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数: GB 4789.15—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [15] ORTUÑO C, DUONG T, BALABAN M. Combined high hydrostatic pressure and carbon dioxide inactivation of pectin methylesterase, polyphenol oxidase and peroxidase in feijoa puree [J]. *Journal of Supercritical Fluids*, 2013, 82(10): 56–62.
- [16] 朱瑞. 脉冲式超高压处理对食品的杀菌和贮藏期品质的影响[D]. 杭州:浙江大学, 2012.
- [17] 柳青. 超高压技术对西瓜汁品质影响的研究[D]. 晋中:山西农业大学, 2015.
- [18] ZHAN L, LI Y, HU J, et al. Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2012(14): 70–76.
- [19] AGUILÓ-AGUAYO I, SOLIVA-FORTUNY R, MARTÍN-BELLOSO O. Color and viscosity of watermelon juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2010, 11(2): 299–305.
- [20] ZHAN L J, FONTANA E, TIBALDI G, et al. Qualitative and physiological response of minimally processed garden cress (*Lepidium Sativum* L.) to harvest handling and storage conditions [J]. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2009, 7(3/4): 43–50.
- [21] 张波波, 王丹, 马越, 等. 超高压和 UHT 对草莓汁中多酚氧化酶活性的影响[J]. *食品与机械*, 2014, 31(1): 145–148.
- ZHANG B B, WANG D, MA Y, et al. Effect of ultra high pressure and ultra high-temperature treatment on polyphenol oxidase activity in strawberry beverage[J]. *Food and Machinery*, 2014, 31(1): 145–148.
- [22] 王庆新. 超高压处理对微加工茭白货架期影响的研究[D]. 无锡:江南大学, 2008.
- [23] 张波波, 王丹, 马越, 等. 超高压技术对草莓汁果胶甲酯酶钝化作用的研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(24): 314–316.
- ZHANG B B, WANG D, MA Y, et al. Study on high pressure (HP) treatments on pectin methylesterase (PME) activity in strawberry beverage [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(24): 314–316.

Effect of Storage Time on Qualities of High Pressure Treated Fresh Tomato Juice

MA Yue¹, WANG Huanhuan^{1,2}, WANG Yubin^{1,3}, BAI Bing², ZHAO Xiaoyan^{1,4}, ZHANG Chao^{1,5,*}

(1. *Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;*

2. *Food Science Department, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China;*

3. *Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing, Beijing 100097, China;*

4. *Key Laboratory of Vegetable Postharvest Processing of Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China;*

5. *Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China) of Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)*

Abstract: The qualities and aroma of fresh tomato juice treated by a high pressure treatment (25 °C and 400 MPa for 30 min) and a thermal treatment (100 °C for 5 min) were compared after 3 months storage. The total number of colonies, mold and yeast of fresh tomato juice treated with the high pressure treatment met the National Food Safety Criteria after two month storage. During the two months storage, the pH value, PPO activity, and POD activity of high pressure treated fresh tomato juice decreased while the vitamin C content decreased by about 24%. However, the vitamin C content of fresh tomato juice treated by the thermal treatment was reduced by about 96%. After the high pressure treatment, the aroma of the fresh tomato juice was similar to that of the original tomato aroma, while that was deteriorated after the thermal treatment. Therefore, the high pressure treatment maintained the qualities and aroma of the fresh tomato juice after 2 months storage.

Keywords: high pressure treatment; thermal treatment; fresh tomato juice; shelf life; polyphenol oxidase; peroxidase

(责任编辑:张逸群)