

文章编号:1671-1513(2011)03-0028-05

高压脉冲电场对鲜榨胡萝卜汁的品质和 内源酶活力影响

陈晨¹, 赵伟², 杨瑞金²

(1. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214122;

2. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要: 对比研究了高压脉冲电场(PEF)处理和高温短时巴氏杀菌(HTST)对鲜榨胡萝卜汁品质和内源酶活力的影响。两种杀菌处理方式对胡萝卜汁的pH值、总酸度、可溶性固形物含量、还原糖含量影响不显著。在PEF(30 kV/cm, 500 μs)条件处理下,胡萝卜汁色泽、黏度均未发生显著变化,而总酚和类胡萝卜素总量均有所提高。在HTST(98 ℃, 21 s)条件处理下,胡萝卜汁会发生褐变,黏度显著变大,总酚含量显著下降。结果表明PEF处理后的胡萝卜汁理化性质、营养成分比高温短时巴氏杀菌更接近新鲜胡萝卜汁。随着脉冲场强增加至30 kV/cm和PEF处理时间延长至800 μs,胡萝卜汁中的脂肪氧化酶(LOX)和过氧化物酶(POD)相对酶活(RA)最低分别降至23.22%和46.97%,LOX对PEF参数变化更为敏感。经HTST处理后,LOX和POD相对酶活分别降至19.21%和48.08%。

关键词: 高压脉冲电场; 胡萝卜汁; 品质; 酶**中图分类号:** TS201.2⁺5; TS255.44**文献标志码:** A

胡萝卜含有多种营养成分,且药用价值极高,其中胡萝卜素是维生素A的前体,可以清除体内的氧自由基,抗御自由基引起的内源性损伤,缓解关节症状,减少突变细胞的发生,降低肿瘤的发生率。我国胡萝卜种植面积广泛,产量高,开发营养丰富且保持原有天然特性的胡萝卜汁必会受到重视^[1]。

目前传统的热杀菌方式能够有效地杀灭果蔬汁中的致病菌、腐败菌及钝化酶,延长保质期,但热杀菌对营养物质、挥发性风味物质、天然色泽及生理活性成分等会不同程度地产生一些不利的影 响。因此,非热杀菌技术应运而生。高压脉冲电场(high intensity pulsed electric field, PEF)是目前最有工业前

景的非热杀菌技术之一^[2]。目前有关PEF技术的研究主要集中在PEF的杀菌效果以及对食品组分及品质影响等方面。如以金黄色葡萄球菌(*S. aureus*)、枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*)、大肠杆菌(*E. coli*)、霉菌和酵母等作为PEF杀菌试验的指示微生物,研究结果表明,PEF处理对这些微生物的营养体细胞均有较好的杀灭作用,但芽孢表现出较强的耐受性^[3-5]。钟葵等研究了PEF对鲜榨苹果汁贮藏期品质的影响^[6],殷涌光等研究了PEF对桃汁的杀菌效果及对桃汁品质的影响^[7]。研究结果表明,PEF处理后的果蔬汁能较好地保持原有天然特性,可以延长货架保存期。

收稿日期: 2011-04-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31000829); 国家“863”计划项目(2007AA100405); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(JUSRP20910)。

作者简介: 陈晨,女,硕士研究生,研究方向为食品非热加工技术;

杨瑞金,男,教授,博士,博士生导师,主要从事食品化学和食品非热加工技术方面的研究。通讯作者。

内源酶是影响食品质量的一个重要因素. 脂肪氧化酶(LOX)和过氧化物酶(POD)广泛存在于植物体内, LOX会通过空气氧对不饱和脂肪酸的催化, 造成氧化酸败^[8-9]; POD会催化果汁发生氧化, 造成果汁发生褐变, 形成不良风味, 营养物质流失^[10]. 因此控制酶活性是果蔬汁加工过程的目的之一. 本文研究了PEF对鲜榨胡萝卜汁的品质和内源酶活力的影响.

1 材料与方法

1.1 实验材料与杀菌设备

1.1.1 实验材料

市售新鲜胡萝卜, 按料液比为1:2, 用果汁机榨汁, 制得胡萝卜汁冷藏使用. 胡萝卜汁电导率约为 $4\ 500\ \mu\text{s}/\text{cm}$ 左右, pH值约6.4左右.

1.1.2 PEF杀菌设备

采用OSU-4L型实验室规模连续处理设备, 美国俄亥俄州立大学, PEF的结构见图1.

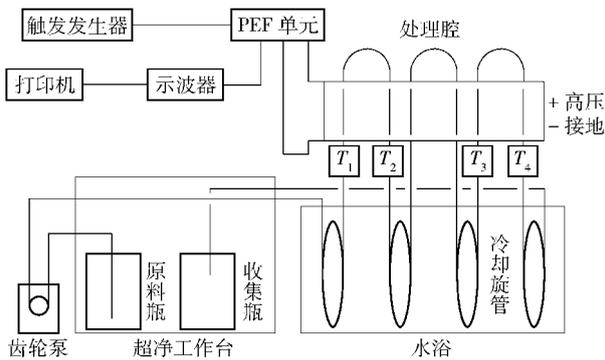


图1 实验室规模连续处理设备示意

Fig. 1 Diagram of bench-scale Pulsed Electric Field (PEF) continuous processing unit

1.2 实验方法

1.2.1 理化指标的测定

1.2.1.1 pH值的测定

采用pH计测定.

1.2.1.2 总酸度的测定

采用滴定法^[11].

1.2.1.3 可溶性固形物含量的测定

采用阿贝折光仪.

1.2.1.4 色差分析

用WSC-S型测色色差计(上海精密仪器公司)

测定. 其中: L^* 值表示亮度, L^* 值越大亮度越大; a^* 值表示有色物质的红绿偏向, 正值越大偏向红色的程度越大, 负值绝对值越大偏向绿色的程度越大; b^* 值表示有色物质的黄蓝偏向, 正值越大偏向黄色的程度越大, 负值绝对值越大偏向蓝色的程度越大.

1.2.1.5 黏度的测定

采用流变仪TA-AR550^[12].

1.2.2 营养成分的测定

1.2.2.1 还原糖的测定

采用3,5-二硝基水杨酸比色法^[13].

1.2.2.2 总酚的测定

采用福林-酚法^[14].

1.2.2.3 类胡萝卜素含量的测定

提取胡萝卜汁中的类胡萝卜素^[15], 然后用C30-HPLC-PDA检测技术测定类胡萝卜素总量.

色谱条件: 色谱柱, YMC Carotenoid S-5 (4.6 mm × 250 mm); 流动相 A, 乙腈-甲醇(25:75, V/V); 流动相 B, MTBE; 流动相 A 与 B 中分别加入 0.05% (V/V) 三乙胺; 线性梯度洗脱, B 在 20 min 内由 0 增加至 80%; 流速, 1.0 mL/min; 检测波长, 450 nm; PDA 光谱收集范围为 260 ~ 700 nm; 进样量, 20 μL . 定量方法采用峰面积归一化相对定量.

1.2.3 酶活的测定

1.2.3.1 过氧化物酶的测定

在比色皿中加入 2.6 mL pH = 7.0 的磷酸缓冲液, 0.1 mL 邻苯二胺-乙醇溶液, 0.2 mL 过氧化物溶液, 然后加入 0.1 mL 待测样品, 并立即搅匀计时, 在 430 nm 下测定反应混合物的吸光值随时间的变化.

1.2.3.2 脂肪氧化酶的测定

在比色皿中加入 0.3 mL 底物亚油酸溶液 (60 μL 亚油酸溶液, 120 μL Tween20, 4 mL 去离子水, 混合溶液, 再加入 60 μL 5 mol/L NaOH, 充分振荡至溶液澄清, 定容至 25 mL, 放置 4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏待用), 2.4 mL 0.05 mol/L 硼酸溶液 (pH = 9.0), 然后加入 0.3 mL 待测样品, 并立即搅匀计时, 在 234 nm 下测定反应混合物的吸光值随时间的变化.

2 结果讨论

2.1 不同杀菌处理方式对胡萝卜汁理化性质的影响

pH 值、总酸度、可溶性固形物含量、色差和黏度

是衡量果汁品质的重要理化指标,表1对比了PEF及HTST处理后胡萝卜汁的理化指标.

从表1可以看出,不同杀菌处理方式对胡萝卜汁的pH值、总酸度、可溶性固形物含量影响不显著($P > 0.05$).经过PEF和HTST处理后,代表亮度的 L^* 值均下降,说明了处理后的胡萝卜发生了不同程度的褐变,但方差分析发现PEF处理对代表亮度

L^* 值、代表红绿偏向的 a^* 值、黄蓝偏向的 b^* 值影响不显著($P > 0.05$),而HTST对胡萝卜汁色泽影响显著($P < 0.05$).通过在剪切速率 $7 \sim 66S^{-1}$ 扫描下,发现PEF处理后的胡萝卜汁黏度变化不显著,而HTST处理对胡萝卜汁的黏度影响显著($P < 0.05$),可能是由于细胞壁上果胶的溶解,经加热发生了凝结.

表1 不同杀菌处理方式对胡萝卜汁理化性质的影响

Tab.1 Influence of different treatments on physical-chemical properties of carrot juice

处理方式	pH值	总酸度 ($mg \cdot L^{-1}$)	可溶性固形物 含量(%)	L^* 值	a^* 值	b^* 值	黏度 ($m pa \cdot s$)
原样	6.55 ± 0.05^a	0.53 ± 0.02^a	4.97 ± 0.02^a	35.63 ± 0.51^a	3.26 ± 0.05^a	14.99 ± 0.24^a	1.09 ± 0.02^a
PEF样品 ¹	6.53 ± 0.04^a	0.54 ± 0.02^a	4.95 ± 0.04^a	34.81 ± 0.56^a	3.03 ± 0.08^a	15.69 ± 0.21^a	1.13 ± 0.01^a
HTST样品 ²	6.45 ± 0.03^a	0.67 ± 0.04^a	4.95 ± 0.03^a	32.31 ± 0.72^b	1.99 ± 0.12^b	14.62 ± 0.02^b	1.53 ± 0.01^b

¹ PEF (4 °C, 30 kV/cm, 500 μs), ² HTST (98 °C, 21 s)

2.2 不同杀菌处理方式对胡萝卜汁中营养成分的影响

胡萝卜汁具有强效的抗氧化能力,其中类胡萝卜素可以在人体内分解为维生素A,酚类物质可以

清除自由基,糖含量相对较少.表2对比了PEF不同场强条件下和HTST对胡萝卜汁中营养物质的影响.

表2 不同杀菌处理方式对胡萝卜汁中营养成分的影响

Tab.2 Influence of different treatments on nutrients in carrot juice

	原样	PEF(处理时间500 μs ,水浴温度10 °C)场强/($kV \cdot cm^{-1}$)				HTST (98 °C, 21 s)
		15	20	25	30	
还原糖含量(mg/mL)	1.26 ± 0.03^a	1.27 ± 0.02^a	1.27 ± 0.01^a	1.27 ± 0.02^a	1.28 ± 0.02^a	1.18 ± 0.03^a
总酚含量($mg/100 mL$)	14.81 ± 0.04^a	15.01 ± 0.07^b	15.11 ± 0.01^b	15.07 ± 0.13^b	15.17 ± 0.08^b	12.79 ± 0.65^c
类胡萝卜素总量($mg/100 mL$)	4.66 ± 0.01^a	4.73 ± 0.03^a	4.83 ± 0.02^a	5.09 ± 0.03^a	5.04 ± 0.03^a	4.67 ± 0.02^a

从表2中可以看出,不同杀菌处理方式对胡萝卜汁中还原糖影响不显著($P > 0.05$),Garde-Cerdan^[13]等研究也发现PEF处理对葡萄汁中还原糖含量几乎无影响.新鲜胡萝卜汁中总酚含量为 $14.81 mg/(100 mL)$,PEF处理对总酚含量影响显著($P < 0.05$),而HTST处理后,总酚含量下降至 $12.79 mg/(100 mL)$,保留率为86.4%.酚类物质的变化是个较为复杂的过程,目前研究未能阐述其影响机理.PEF处理后类胡萝卜素总量略微提高,但经过方差分析,影响不显著($P > 0.05$),可能是因为电场作用在胡萝卜组织上产生多变细胞膜电位临界值,以致细胞膜产生裂解,膜质上的类胡萝卜素就会溶出.

2.3 PEF处理对胡萝卜汁中脂肪氧化酶和过氧化物酶的影响

在PEF杀菌处理中,脉冲电场强度和处理时间是影响酶活力的两个重要的因素,本实验施加了一系列的场强(15, 20, 25, 30 kV/cm)和处理时间(100 ~ 800 μs),研究PEF处理的场强和处理时间对胡萝卜汁中脂肪氧化酶和过氧化物酶的影响,分别见图2,图3.

从图2中可以看出,随着脉冲场强的增加,LOX和POD的RA均有所下降.当电场强度升至20 kV/cm 后,对胡萝卜汁中的LOX活性有显著影响($P < 0.05$),而只有当电场强度达到30 kV/cm ,POD的RA才显著下降($P < 0.05$),PEF的电场强度对LOX

的活性影响较大. 当达到电场强度 30 kV/cm, 处理时间 500 μ s 时, LOX 和 POD 的 RA 达到最低, 分别减少了 49.35% 和 24.24%.

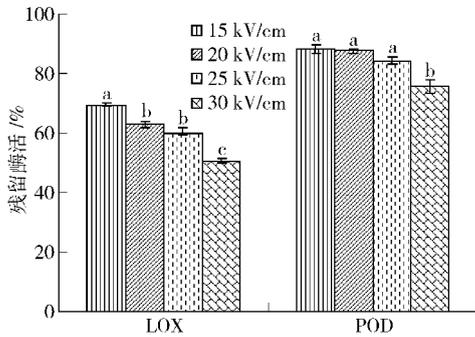


图2 脉冲场强对胡萝卜汁中 LOX 和 POD 的影响
Fig. 2 Effects of electric field strength on LOX and POD activity in carrot juice

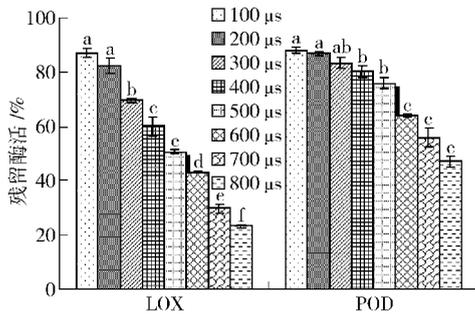


图3 PEF 处理时间对胡萝卜汁中 LOX 和 POD 的影响
Fig. 3 Effects of treatment time on LOX and POD activity in carrot juice

从图3中可以看出,随着 PEF 处理时间的延长,LOX 和 POD 的 RA 均有所下降. 当处理时间达到 300 μ s 后,对胡萝卜汁中的 LOX 活性影响显著 ($P < 0.05$),随着处理时间的延长,LOX 的 RA 降至 23.22%. 而对于胡萝卜汁中的 POD 活性,只有当处理时间达到 400 μ s 时,RA 才显著下降 ($P < 0.05$),PEF 处理时间延长至 800 μ s,RA 达到 46.97%. PEF 处理时间对 LOX 活性影响较大.

钟葵^[16-17]等研究了在模拟体系中 PEF 对 LOX 和 POD 的影响,PEF 处理对 LOX 二级结构中 α -螺旋影响显著 ($P < 0.05$),含量明显降低,PEF 破坏其二级结构和三级结构,研究也同样发现 PEF 处理对 POD 的二级结构有破坏作用. 因此,LOX 对 PEF 参数变化更为敏感,可能是由于其二、三级结构更易被破坏.

3 结论

PEF 处理对胡萝卜汁理化指标和营养成分影响同经 HTST 处理相比较小,较大程度地保留了鲜榨胡萝卜汁色泽、营养成分等天然特性. 电场强度和脉冲处理时间均为影响酶活力的主要因素,随着脉冲场强的增加和处理时间的延长,活性均下降. 当参数分别达到 20 kV/cm 和 300 μ s,参数变化开始对 LOX 影响显著,而只有当达到 30 kV/cm 和 400 μ s 时,POD 的 RA 才会显著下降. 当达到电场强度 30 kV/cm,处理时间 800 μ s 时,LOX 和 POD 的 RA 分别达到 23.22% 和 46.97%. 经 HTST 处理后,LOX 和 POD 的 RA 分别降至 19.21% 和 48.08%. 综上,LOX 对 PEF 参数变化更为敏感. 而经 HTST 处理后,LOX 和 POD 的 RA 分别降至 19.21% 和 48.08%.

参考文献:

- [1] 赵景联. 胡萝卜的营养价值及其产品开发[J]. 河南科技, 1993(4): 11-12.
- [2] 殷涌光, 郝桂丹, 丁筠. 高压电场(PEF)新技术[J]. 农产食品科技, 2007(1): 11-14.
- [3] 廖小军, 钟葵, 王黎明, 等. 高压脉冲电场对酵母和大肠杆菌的杀灭效果[J]. 食品与发酵工业, 2003(10): 19-22.
- [4] 钟葵, 李玉杰, 廖小军, 等. 高压脉冲电场对酿酒酵母杀菌效果影响和模型分析研究[J]. 食品工业科技, 2007(5): 66-70.
- [5] 方婷, 严志明, 王仁丽, 等. 高压脉冲电场处理时间对啤酒酵母大肠杆菌和青霉的致死动力学研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 11-14.
- [6] 钟葵, 廖小军, 梁楚霖, 等. 脉冲电场和热处理对鲜榨苹果汁贮藏期品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2004(8): 49-54.
- [7] 殷涌光, 闫琳娜, 李玉娟. 用高压脉冲电场对桃汁非热杀菌的研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 89-92.
- [8] Cabibel M, Nicolas J. Lipoxygenase from tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* L.) partial purification, some properties and in vitro cooxidation of some carotenoid pigments[J]. Sciences des Aliments, 1991, 11: 277-290.
- [9] Whitaker J R. Oxidative enzymes in foods[M] // Oxida-

- tive Enzymes in Foods. London; Elsevier Applied Science, 1991; 175 - 215.
- [10] Robinson. Peroxidases and catalases in foods[M]//Oxidative Enzymes in Foods. London; Elsevier Applied Science, 1991; 1 - 47.
- [11] 张水华, 许安邦, 林维宜, 等. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005; 82.
- [12] Zhou L. Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juices [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009(10): 321 - 327.
- [13] Garde-Cerdan T, Margaluz A, Marselles-Fontanet A R, et al. Effects of thermal and non-thermal processing treatments on fatty acids and free amino acids of grape juice [J]. Food Control, 2007, 18(5): 473 - 479.
- [14] Singleton, Orthofer, Lamuela-Raventos. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent [J]. Methods in Enzymology, 1999, 299: 152 - 178.
- [15] 仇丹, 陈志荣, 李浩然. β -胡萝卜素异构体的定性分析[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 50 - 55.
- [16] 钟葵, 胡小松, 陈芳, 等. 高压脉冲电场对脂肪氧化酶二级和三级构象的影响效果[J]. 光谱学与光谱分析, 2009(29): 765 - 768.
- [17] Zhong K, Wu J, Wang Z, et al. Inactivation kinetics and secondary structural change of PEF treated POD and PPO [J]. Food Chemistry, 2007, 100(1): 115 - 123.

Effects of Pulsed Electric Fields on Quality and Endogenous Enzymes Activity of Freshly-squeezed Carrot Juice

CHEN Chen¹, ZHAO Wei², YANG Rui-jin²

(1. State Key Laboratory of Food Science & Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The effects of pulsed electric fields (PEF) and high temperature short time pasteurization (HTST) on quality characteristics and endogenous enzyme activity of freshly-squeezed carrot juice were investigated. There is no significant change in pH, total acidity, °Brix, reducing sugar content after PEF and HTST. With PEF treatment at 30 kV/cm for 500 μ s, color and viscosity of carrot juice were stable. However, total phenolic content and total carotenoid content increased by different extents. Nevertheless, HTST (98 °C, 21 s) caused color deterioration and significant increase in juice viscosity ($P < 0.05$) but a significant decrease in total phenolic content ($P < 0.05$). Compared with HTST-Pasteurized carrot juice, the quality properties of PEF-treated carrot juice were closed to those of untreated carrot juice. With pulsed electric intensity increased to 30 kV/cm and extending treatment time to 800 μ s, residual activity of lipoxidase (LOX) and peroxidase (POD) decreased to 23.22% and 46.97%, respectively. LOX was susceptible to PEF treatment. With HTST treatment, residual activity (RA) of LOX and POD decreased to 19.21% and 48.08%, respectively.

Key words: high intensity pulsed electric field; carrot juice; quality properties; enzymes

(责任编辑:檀彩莲)