

# 不同渗透加工方式对冷贮藏芒果粒的硬度影响

张岩, 吴继军, 张友胜, 徐玉娟, 傅曼琴

(广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东广州 510610)

**摘要:** 本研究以早熟台农芒果品种果粒加工为研究对象, 运用质构仪检测超高压渗透加工对商业酶制剂前处理液浸渍冷储藏芒果粒的硬度, 分析果胶甲酯酶、钙含量组成处理液和超高压相结合对芒果粒品质属性硬度的影响, 且进行相关性分析; 在不同压力渗透加工操作单元过程中探讨经预处理的低温储藏果粒硬度变化。主要研究结果如下: 添加果胶酯酶有助于提升果粒的质构, 有效降低了机械加工果粒硬度的损失。芒果粒经过果胶甲酯酶 PME 和 0.5% (*m/m*)  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  组成预处理液及 0.09 MPa, 15 min 真空协助渗透, 结合 450 MPa, 15 min 超高压压力渗透, 经 TPA 检测真空协助超高压渗透加工预处理组的果粒硬度比水渗透组的变化显著增加, 冷藏果粒硬度从水渗透组的 358.5 g 上升至预处理组的 1111.7 g, 预处理组果粒硬度比水渗透组提高 83.7%, 且前处理技术果粒硬度比鲜果组提高 18%, 得到果粒的质构特性最好, 有助于产品品质的提升。

**关键词:** 冷贮芒果果粒; 渗透; 硬度

文章编号: 1673-9078(2013)9-2230-2234

## Effect of Pectinmethylesterase Infusion Methods and Processing Techniques on Mangoes Firmness

ZHANG Yan, WU Ji-jun, ZHANG You-sheng, XU Yu-juan, FU Man-qing

(Sericulture & Farm Produce Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

**Abstract:** Focusing on the pre-matured variation of mangoes in Hainan province of south China, tainong cultivar of mangoes grains during cooling temperature storage were used as tested samples. The firmness property of mangoes cubes, with pressure and thermal infusion of pectinmethylesterase, were compared by TA Texturer. It was found that vacuum assistant pressure infusion with PME and calcium chloride could improve the portion of firmness loss due to pressure treatment. TA Texturer showed that firmness of mangoes grains was significantly affected by vacuum-assisted impregnation (holding for 15 min at 0.09 MPa) solution with 0.5% (*m/m*)  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and PME preparation before high-pressure-treated infusion (holding for 15 min at 450 MPa), being increased by 83.7% compared with that of control water infused samples. And the hardness was increased from 358.5 g to 1111.7 g, being 18% compared with for non-pretreated fresh fruits.

**Key words:** cool-chain mangoes cubes; infusion; texture property; firmness

芒果 (*Mangifera indica* L.) 为漆树科芒果属植物, 为浆果状核果, 与柑橘、香蕉、葡萄、苹果并称世界五大水果, 素有“热带果王”之美誉。芒果果实发育过程中, 苹果酸脱氢酶 (MDH)、苹果酸酶 (MH)、柠檬酸合酶 (CS)、磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶 (PEPC) 等酶活性变化影响品质<sup>[1]</sup> 感官品质及质构变化较快。由于成熟季节多为高湿季节, 且在呼吸跃变高峰时达到食用风味品质, 因而不宜贮藏<sup>[2]</sup>。芒果整果保鲜贮藏的研究报道较多, 传统水果固形物硬化工艺环节以海藻酸钠与氯化钙对果肉包埋硬化处理而使果粒硬

化, 刘绍军研究固形物硬化发现对草莓进行 80~90 °C 热烫处理, 时间超过 20 min 对草莓果肉的硬度影响最大<sup>[3]</sup>。但水果热加工不可避免果肉的营养成分、功能成分和风味上的损失, 在人们健康观念日益加强的形势下, 越来越难以受到消费者的认可, 近年来超高压冷加工对食品品质影响引起了许多研究者的重视<sup>[4]</sup>, 食品超高压可在 100~600 MPa 的高压作用, 较短的时间 5~10 min 及较低初始温度 40 °C, 可以使用一般的细菌和酵母、霉菌数减少, 直至完全杀灭<sup>[5]</sup>, 同时较好地避免在质构、色泽及风味损失, 如黄桃<sup>[6]</sup>、杨桃<sup>[7]</sup>、蜜桔<sup>[8]</sup>等。一般而言, 霉菌、乳酸菌和酵母可引起酸性水果腐败, 如苹果、橘子、浆果等, 中性果蔬腐败, 由能产生降解植物细胞壁的果胶酶造成的, 基于目前商品芒果粒产品中芒果块软化、硬度欠佳、果肉剥落等问题, 目前

收稿日期: 2013-05-18

基金项目: 现代化农业食品加工关键技术集成创新与示范项目 (2011A0902000780)

作者简介: 张岩 (1970-), 女, 副研究员, 研究方向: 农产品深加工

国内外冷贮藏芒果粒结合食品品质酶预处理及超高压加工方面的报道尚少,因此探讨果胶酶、钙含量对冷贮藏芒果粒硬度的影响,以及结合超高压渗透处理技术及避免热加工过程导致芒果果粒硬度等品质属性的变化,以改善果粒质构有助于产品品质的提升。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

芒果购自广州市天平架市场,果胶甲酯酶购自DenmarkSigma公司。

### 1.2 主要仪器设备

RLGY-600 超高压杀菌机购自温州贝诺机械有限公司, VUS-B2V 真空干燥箱购自德国 MMM 集团, TA.XTplus 物性测试仪购自英国 Stable Micro System。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 芒果粒预处理

芒果去核取均一果肉为半球形粒状,早熟品种台农芒在-7℃、储藏10d。商业酶制剂果胶甲酯酶为酶源配制预处理液,100 U/mL PME and 0.5% (m/m) CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 组成预处理渗透液,果粒与液体比(1:3),再进行真空及压力渗透。所有渗透操作执行两次。

#### 1.3.2 芒果粒温度应激处理

采用配制预处理液,水溶液浸果方式,进行温度55℃、15min热应激处理。接着进行真空辅助渗透,测试果粒硬度:室温,不同真空度0.05 Pa、0.09 Pa不同时间真空渗透时,用表面皿压住芒果粒使其完全浸入溶液中。

#### 1.3.3 芒果粒压力渗透

一组采用预处理浸果方式另一组未经预处理液浸果,浸果液去离子水溶液,预处理10min后在不同压力静态超高压(HHP)及真空渗透条件和时间下和进行渗透处理。

进行超高压渗透时,果粒与液体质量比(1:3)使芒果粒其完全浸于铝薄袋中浸透溶液,不同压力125 MPa、300 MPa、305 MPa,不同时间5 min、10 min、15 min,进行HHP渗透。

进行真空渗透时,以表面皿压住芒果粒使其完全浸入溶液中,不同压力0.05 Pa、0.09 Pa,不同时间5 min、10 min、15 min,及室温下真空渗透。

#### 1.3.4 芒果粒真空辅助超高压(HHP)压力渗透

一组采用预处理浸果方式另一组未经预处理液浸

果,预处理后在优化真空辅助渗透:0.090 Pa,时间15min,再进行不同压力305 MPa、420 MPa不同时间下0 min、5 min、10 min、15 min进行渗透处理。采用TPA测定果肉硬度<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.5 芒果粒硬度测定

对渗透加工后的芒果粒在渗透液置1.5 h沥干后进行质构测试,TA.XTplus 物性测试仪可以有效测定果粒的硬度(Hardness),具有良好的灵敏度和重复性。每个样品平行测定8次。将测试条件设定为:探头型号P/50,测前速度1 mm/s,测试速度1 mm/s,测后速度10 mm/s,压缩程度60%,触发力5 g。样品形状,(小半球形)。

#### 1.3.6 芒果粒贮藏实验

配制两组14°Brix, pH=3.5 砂糖水渗透液及100 U/mL 果胶甲酯酶PME and 0.5% (m/m) CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 组成预处理液渗透,芒果果粒与预处理液体比(1:3),经0.09 MPa、15 min真空处理后,加入纯净水及预处理液中的样品一半分别加入二甲基二碳酸盐,使其浓度达到200~250 mg/L,并混合均匀;对高阻隔膜BOPP进行热封及进行芒果粒超高压450 MPa、15 min压力渗透。透光室温放置1~2个月进行观察。

## 1.4 数据统计

利用统计软件SPSS 12对试验数据进行统计工作分析,并用邓肯氏(Duncan's)多重比较差异显著性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 PME 反应时间对果粒的硬度影响

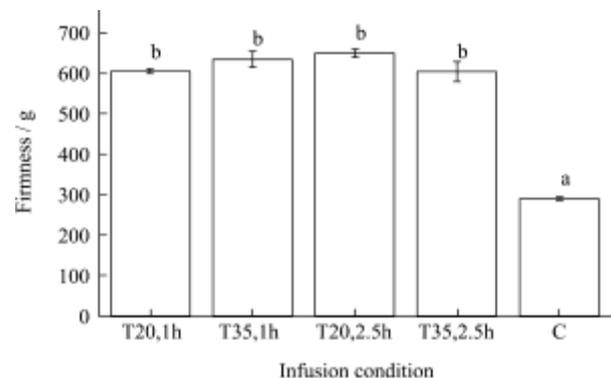


图1 PME 反应时间对果粒的硬度影响经渗透液处理后的芒果粒硬度

Fig.1 The influence of reaction time on cubes hardness

注:相同小写字母表示果粒硬度同反应时间、反应温度无显著性差异(duncan's test: P<0.05)。

由图1可知,水溶液与PME及Ca<sup>2+</sup>离子渗透液处理的冻果粒硬度差异显著(p<0.05)。不同时间渗透

(1 h、2.5 h) PME 及 Ca<sup>2+</sup>离子预处理冻贮藏芒果粒硬度差异不显著 (p<0.05); 果胶酯酶处理果粒在进行加工操作单元后可进行硬度比较。

### 2.2 温度的热激处理对果粒硬度的影响

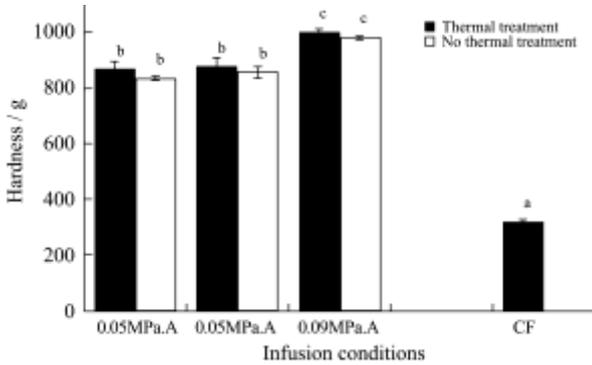


图2 PME 热激处理对果粒硬度的影响

Fig.2 The influence of thermal activation on cubes hardness

注: 相同小写字母表示热激处理方式果粒硬度无差异 (duncan's test: P<0.05)。

由图2可知, 水溶液 (CF) 与 PME 及 Ca<sup>2+</sup>离子渗透液处理的冻果粒硬度差异显著 (p<0.05), 从果粒 318.86 g 提高到 833.27 g (0.05 Pa、5 min), 0.09 Pa, 15 min 真空渗透协助热激处理为 1002.5 g。0.09 Pa 与 0.05 Pa 真空压力渗透果粒硬度差异显著 (p<0.05), 热激处理 (A) 与未热激处理的真空压力渗透对果粒硬度影响不显著 (p<0.05)。压力渗透真空越高, 芒果粒硬度更高与报道一致。常压渗透处理(CF)对经 PME 及 CaCl<sub>2</sub> 预处理的果粒硬度影响不大, 果粒硬度的改善不明显。与常压渗透相比真空渗透可让酶制剂渗透到果粒细胞间隙<sup>[9]</sup>。一般研究认为, 热激温度与 PME 活性相关, 可能是本实验 PME 商业酶制剂阈值过高, 对冻贮藏芒果粒热激温度 55 °C 及 15 min 不足以充分反应。P. DEGRAEVE 的研究, 认为 PME 最终的活性及钙浓度对草莓片最大硬度影响不太显著, PME 渗透液的活性阈值取决于渗透的热激时间<sup>[10]</sup>。

### 2.3 压力渗透条件下果粒硬度变化

由图3可知, 125 MPa、305 MPa 压力渗透果粒硬度差异显著 (p<0.05), Kim 等人对胡萝卜汁的研究发现, 在 100~600 MPa 的压力范围内处理 10 min, PME 活性随着压力的上升而上升<sup>[11]</sup>。预处理液与水渗透液果粒硬度差异显著。

由图4可知, 125 MPa 超高压压力渗透 20 min 内时间增加与冻果粒硬度变化没有显著性 (P<0.05)。但与常压渗透(froze mango)相比超高压渗透可让酶制剂渗透到果粒细胞间隙。改善渗透作用<sup>[12]</sup>, 适于果粒质

构的保持。

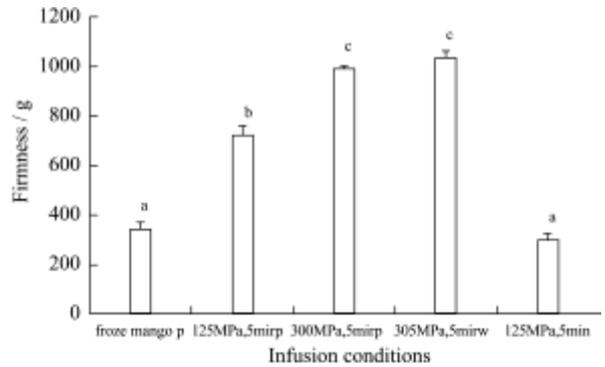


图3 压力渗透对芒果粒硬度的影响

Fig.3 The influence of pressure infusion on cubes hardness

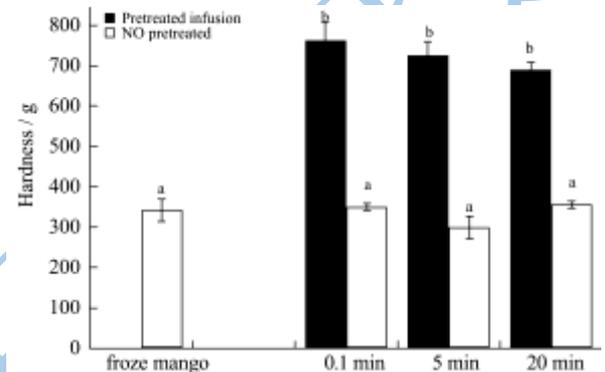


图4 经相同压力渗透置 1.5 h 后的芒果粒在室温 (30 °C) 硬度  
Fig.4 Cubes hardness by the same pressure infusion for 1.5 h at 30 °C

注: 不同小写字母表示压力渗透处理方式果粒硬度有显著性差异 (duncan's test: P<0.05)。

### 2.4 真空协助热激渗透时间加工条件对果粒硬度的影响

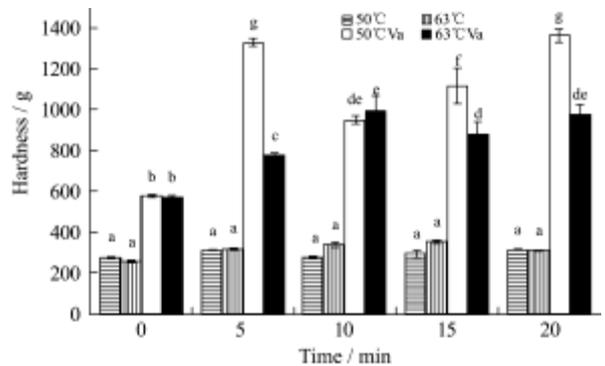


图5 真空渗透结合热激处理对果粒硬度的影响  
Fig.5 The influence of vacuum-pretreated aviation on cubes hardness

注: 不同小写字母表示渗透处理方式果粒硬度有显著性差异 (duncan's test: P<0.05)。

芒果全果保鲜的前处理方法研究表明, 出口芒果

采用热水浸果方式：50~55 ℃热水浸果 15 min，进行防腐处理。广州的夏芒果采用 52 ℃处理液的真空渗透法，氯化钙的安全浓度为 4%，都可延贮藏期<sup>[13]</sup>，由图 5 可知，水渗透液与 PME 及 Ca<sup>2+</sup>离子预处理液果粒硬度差异显著 (p<0.05)。50 ℃与 63 ℃不同时间热激处理对预处理冷藏果粒硬度表现波动，在真空渗透时间为 0 min、10 min，真空渗透结合热激处理(53 ℃ Va) 与 (63 ℃ Va) 的处理对果粒硬度影响差异不显著 (p<0.05)；渗透时间 5 min、15 min、20 min 芒果粒硬度差异显著 (p<0.05)。

### 2.5 真空协助压力渗透加工条件与果粒硬度的影响

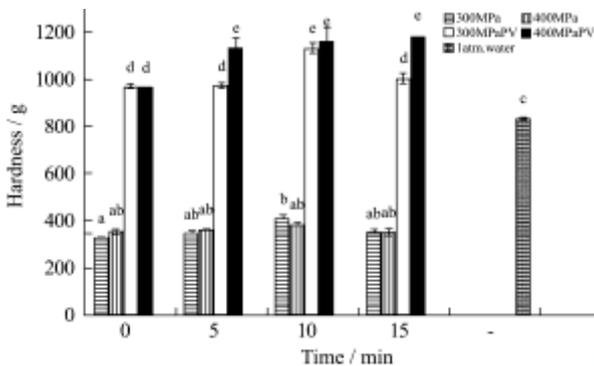


图 6 真空协助压力渗透 (300Mpa、400Mpa) 对芒果粒硬度的影响

Fig.6 The influence of vacuum-assisted HHP on cubes hardness

注：不同小写字母表示渗透处理方式果粒硬度有显著性差异。(duncan's test: P<0.05)。

由 6 图可知，芒果粒在室温 (30 ℃) 经真空辅助超高压渗透置 1.5 h 后的硬度与保压时间的关系，渗透压力、保压时间对果粒硬度总的没有显著性差异。在加工过程中冷藏果粒硬度下降显著，下降了 65.7%，从新鲜果粒中的 900 g 下降至 309.312 g；而真空协助的超高压加工渗透的处理液果粒硬度比水渗透液显著增加，从水渗透液的冷藏果粒中的 358.5 g 上升 1111.7 g，上升了 83.7%，前处理技术果粒硬度比鲜果组提高 18%。

### 2.6 芒果粒贮藏实验

透光室温放置 2 个月，加入二甲基二碳酸盐 450 MPa 压力渗透的预处理组芒果粒没胀包，果粒硬化、色泽良好。未加入二甲基二碳酸盐预处理组芒果粒没胀包，果粒硬化及色泽良好。加入二甲基二碳酸盐进行超高压 450 MPa 压力渗透的糖水组芒果粒没胀包，有可溶性固形物溶出，果粒硬度较软。未加入二甲基二碳酸盐的糖水组芒果粒出现胀包现象。

## 3 结论

3.1 果胶甲基酯酶 (PME) 是引起食品变质的重要食品品质酶，且 PME 和 PL 之间的协同作用可完全降解植物细胞壁上的果胶，使 Ca<sup>2+</sup>渗入水果可以强化细胞壁结构，提高采后对软腐细菌的抗性<sup>[13]</sup>。通过压力辅助渗透加工方式强化 PME 及 CaCl<sub>2</sub> 预处理液在果肉组织的渗透，有效减少冷藏果粒的硬度损失。

3.2 而真空协助压力渗透加工在芒果冷藏粒的加工工艺，得到果粒的质构特性最好。添加 PME 及 CaCl<sub>2</sub> 有助于提升果粒的质构，有效降低了压力渗透机械加工果粒硬度的损失<sup>[14]</sup>。PME 利用果胶会降低果粒可溶性固形物含量，芒果粒可溶性固形物含量在加工后降低了 2 Brix，PME 分解了果胶<sup>[14]</sup>，Ca<sup>2+</sup>硬化，果粒的硬度改善。超高压渗透加工加深酶制剂渗透到果粒细胞间隙细胞，且真空协助加工，进一步改善细胞渗透的通透性，有助于 PME 利用更多果胶，预处理液芒果粒硬度比水渗透液显著增加。

3.3 本研究热激时间对果粒硬度影响不大，而 P. DEGRAEVE 认为 PME 最终的活性及钙浓度对草莓片最大硬度影响不太显著，PME 渗透液的活性阈值取决于渗透的热激时间<sup>[10]</sup>，可能真空协助热激处理对商业酶制剂 PME 的影响随冷冻贮藏芒果粒与草莓片材料不同则表现出较大的差异。

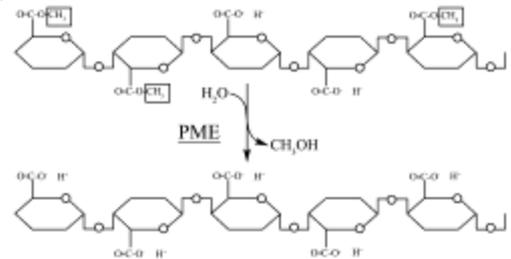


图 7 果胶酯酶机理示意图

Fig.7 Mechanism for Pectinmethyl-esterase reaction

### 参考文献

[1] 赵家桔. 芒果品质及其发育规律的研究[D]. 海南省: 海南大学园艺学院, 2010  
Zhao Jia ju. Study on the Development of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit quality characteristics [D]. Hainan Province: College of Agronomy, Hainan University, 2010

[2] 杨寿清, 李儒荀, 喻亚仙. 食品杀菌和保鲜技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005  
Yang Shouqing, Li Ruxun, Yu Yaxian, et al. Food Sterilization and Preservaion Technology [M]. Peking: Chemical Industry Press, 2005

- [3] 刘绍军,潘廷发,曹志刚,等.草莓罐头固形物硬化的研究[J].河北职业技术师范学院学报,2000,14(4):9-11  
Liu Shao jun, Pan Yan fa, Chao zhigang, et al. Study on the Hardening Technology of Canned Strawberry [J]. Journal of Hebei Vocation-Technical Teachers College, 2000, 14(4): 9-11
- [4] JUTATIP POUBOL, HIDE MI IZUMI. Shelf Life and Microbial Quality of Fresh-cut Mango Cubes Stored in High CO<sub>2</sub> Atmospheres [J]. Journal of food science, 2005, 70(Nr.1): m69-74
- [5] Smelt J, et al. Recent advances in the microbiology of high pressure processing [J]. Trends Food Science Technology, 1999, 9: 152-158
- [6] 张甫生,赵君,陈芳,等.高静压加工对黄桃罐头品质的影响[J].农业工程学报.2011,27(6):337-343  
Zhang Fushen, Zhao Jun, Chen Fang, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing on quality of yellow peaches in pouch [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(6):37-343
- [7] B B BOYTON, C ADIMS, S SARGENT, et al. Quality and Stability of Precut Mangos and Carambolas Subjected to High-Pressure Processing [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(Nr.1): c410-415
- [8] Takahashi Y, Ohta H, Yonei H, et al. Microbial effect of hydrostatic pressure on satsuma mandarin juice [J]. Journal of Food Science Technology, 1993, 28: 95-102
- [9] Baker RA, Wicker L, et al. Current and potential applications of enzyme infusion in the food industry [J]. Trends Food Sci Technol, 1996, 7:279-284
- [10] P DEGRAEVE, R SAUREL, Y COUTEL, et al. Vacuum Impregnation Pretreatment with Pectinmethylesterase to Improve Firmness of Pasteurized Fruits [J]. Journal of food science, 2003, 68(Nr.2): c718-721
- [11] 黄丽,孙远明,潘科,等.超高压处理对荔枝果肉中两种酶和可溶性蛋白的影响[J].高压物理学报,2005,19(2):179-182  
Huang Li, Sun Yuanmin, Pan Ke, et al. Influence of Ultra High Pressure on Peroxidase Pectin Methyl Esterase and Soluble Protein in Litchi Fruit [J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 2005, 19(2): 179-182
- [12] 潘科,孙远明,黄丽.超高压加工对食品品质酶的影响[J].食品科学,2003,24(3):142-146  
Pan Ke, Sun Yuanmin, Huang Li, et al. The Effect of Ultra High Pressure Processing on Enzymes Related to Food Quality [J]. Food Science. 2003, 24(3): 142-146
- [13] Wiley R C, Varoquaux P, et al. Biological and biochemical changes in Fresh-cut refrigerated fruits and vegetables. In: R. C. Wiley (Ed.), Fresh-cut Refrigerated Fruits and Vegetables [J]. New York: Chapman & Hall, 1994: 226-268
- [14] Gordone anton L b, Diane M Barrett. Improved Firmness in Calcified Diced Tomatoes by Temperature Activation of Pectin Methylesterase [J]. Food Chemistry and Toxicology, 2005, 70(Nr.5): C342-347

## 欢迎订阅 EI 收录期刊、中文核心期刊 《现代食品科技》

邮发代号：46-349 刊号：ISSN 1673-9078/CN 44-1620

每期定价 15 元，全年 12 期仅 180 元。欢迎食品及相关行业的机构和科学工作者到各地邮局订阅，并踊跃投稿或建立广告宣传和产学研合作关系。

地址：广州五山华南理工大学轻工与食品学院麟鸿楼 508，邮编：510640

电话：020-87112373, 87113352, 87112532

E-mail: xdspkj9@qq.com