

# 不同热力灭菌条件对锦橙汁品质的影响及其DNA稳定性分析

李星鑫, 付一帆, 周 宇, 李 骥, 潘思轶\*  
(华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070)

**摘 要:** 为探讨不同的热力杀菌条件对锦橙汁品质的影响, 采用高温瞬时(93℃、30s), 低温长时(70℃、15min)以及目前国内工厂常用的杀菌条件(80℃、10min)对鲜榨锦橙汁进行处理, 测定锦橙汁理化性质(色度、pH值、可溶性固形物含量、总酸含量、VC含量、有机酸含量和还原糖含量)的变化及其杀菌效果, 并对其DNA的稳定性进行探究。结果表明, 温度过高或加热时间过长均对橙汁品质产生不好的影响, VC和有机酸含量大量降解, DNA完整性被破坏。最后得出80℃、10min灭菌的橙汁在品质上表现出较强的优势。

**关键词:** 灭菌条件; 橙汁; 品质; 理化性质; DNA降解

Effects of Different Heat Sterilization Treatments on Jincheng Orange Juice Quality and Its DNA Stability

LI Xing-xin, FU Yi-fan, ZHOU Yu, LI Ji, PAN Si-yi\*  
(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Fresh Jincheng orange juice was treated by high-temperature instantaneous method (93 °C, 30 s), low-temperature and long-time method (70 °C, 15 min) and the method (80 °C, 10 min) commonly used by domestic enterprises in order to study the effects of different heat sterilization methods on the quality of orange juice. Physio-chemical characteristics including juice color, pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), VC, organic acids, reducing sugars and microbiological indexes of Jincheng orange juice were determined. At the same time DNA integrity was preliminarily studied. The results showed that both high temperature and long heating time had an unfavorable effect on orange juice, the contents of VC and organic acids decreased and genomic DNA integrity was significantly impaired. Based on the data obtained, it can be concluded that treatment at 80 °C for 10 min is better than the other two in maintaining the quality of orange juice.

**Key words:** sterilization method; orange juice; quality; physio-chemical characteristics; DNA degradation

中图分类号: TS255.44

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)05-0109-05

柑橘类水果是世界最重要的果蔬之一, 在食品工业中有很高的价值<sup>[1]</sup>。橙汁是用于果汁加工工业的主要柑橘类水果<sup>[2-3]</sup>。鲜榨橙汁的货架期相对较短(< 20d, 1℃), 并且由于生产过程中对卫生要求严格因此生产成本相对较高<sup>[4]</sup>。

为了延长市售橙汁的货架期, 灭菌成为橙汁加工过程中不可缺少的关键工艺操作。而灭菌过程总是会或多或少的改变鲜榨橙汁原有的性质。为了最大限度地保持产品的特征, 近几年开始运用一些冷杀菌技术<sup>[5]</sup>, 如超高压<sup>[6-7]</sup>、高压脉冲电场<sup>[8-9]</sup>、辐照灭菌等。但果汁杀菌技术仍以热力杀菌为主<sup>[10]</sup>。

现在大多数的研究都是针对不同灭菌方式之间的比

较<sup>[11]</sup>, 而对于同种灭菌方式的灭菌条件研究相对较少, 作为生产中主要灭菌方式之一的热力灭菌, 对其灭菌条件的评价则更值得去探究。关于果汁品质的研究基本上都建立在感官评定和理化特征的基础上<sup>[12-15]</sup>, 几乎没有将其与分子水平联系起来。但是果肉DNA的损害同样反映了外在条件对果汁的作用程度, 特别是对于热力灭菌处理来说, 由于DNA具有热不稳定性, 因此在加热条件下造成了果肉DNA的大量降解, 这也可以反映热力灭菌对于橙汁的影响。同时较之理化特性相比, 从分子水平研究更少受到季节、地理环境以及气候等外界条件的影响, 因此提供的信息更为稳定。

收稿日期: 2011-05-21

作者简介: 李星鑫(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: starlxx520@yahoo.com.cn

\* 通信作者: 潘思轶(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为农产品加工。E-mail: pansiyi@mail.hzau.edu.cn

锦橙作为我国橙汁加工工业的常用品种之一,由于果形大,出汁率高,锦橙汁色泽明亮,酸甜适中,微具香气,受到了广大商家和消费者的喜爱。本实验以我国的锦橙为材料,比较3种不同热力杀菌条件下锦橙汁理化指标的变化及其DNA完整性,更系统地评价热力灭菌条件对锦橙汁品质的影响。为锦橙汁加工的热力加工条件提供理论依据,同时根据各种组成成分的变化为锦橙汁鉴别领域中快速鉴别加工与鲜榨橙汁提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

锦橙(*Citrus sinensis* Osbeck.cv.Jincheng)采收自湖北松滋,采收时间为2010年12月11日。

2000 JP 离心式榨汁机 南通金承机械有限公司; Orion 410A 型酸度计 美国 Thermo 公司; Hunterlab Ultrascan XE 型色度测定仪 美国 Hunterlab 公司; 手持糖度仪 成都光学厂; Waters e2695 高效液相色谱仪 美国 Waters 公司。

### 1.2 样品制备及处理

锦橙果实采收后清水洗去表面灰尘,将橙子切成4瓣,置于离心式榨汁机榨汁,用滤布过滤后将果汁分装于玻璃瓶中,每瓶装200mL。取3瓶样品不作任何处理,作为鲜榨锦橙汁样品;另取9瓶样品分为3组,每组3瓶,进行实验室热力灭菌处理,即将果汁样品分别置于70℃水浴加热15min,80℃水浴加热10min,93℃水浴加热30s,取出后迅速冷却至30~40℃。

### 1.3 理化指标测定

#### 1.3.1 pH 值

采用酸度计对鲜橙汁、3种热力灭菌条件的果汁进行pH值测定。

#### 1.3.2 可溶性固形物含量

采用手持糖度仪直接进行测定。

#### 1.3.3 总酸含量

采用0.1mol/L NaOH 滴定,酚酞作为指示剂。

#### 1.3.4 色度

采用色度测定仪的透射光模式进行测定。测定结果用 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 色彩系统表示。 $L^*$ 为亮度变量,测量范围0~100,表示由暗到亮的程度; $a^*$ 和 $b^*$ 是色度坐标, $a^*$ 呈正值时偏红色,负值时偏绿色; $b^*$ 呈正值时偏黄色,负值时偏蓝色。

#### 1.3.5 VC 含量

采用高效液相色谱法测定,准确量取5mL果汁,流动相定容至50mL,过滤,滤液用0.45  $\mu$ m 滤膜过滤,取10  $\mu$ L 滤液进样分析。

色谱条件:色谱柱为 Global Chromatograph 柱(4.6mm  $\times$  250mm, 5  $\mu$ m),紫外检测器,检测波长:254nm,柱温:(26  $\pm$  2)℃,流动相:0.1g/100mL 草酸溶液,流速:0.8mL/min,进样体积:10  $\mu$ L。

#### 1.3.6 有机酸含量

采用高效液相色谱法,准确量取10mL果汁,加入30mL 流动相,水浴超声波提取20min后,定容至50mL,过滤,用0.45  $\mu$ m 滤膜过滤,取10  $\mu$ L 滤液进样分析。

色谱条件:流动相为水-甲醇(体积比为97:3),超纯水用磷酸调pH2.6。流速0.5mL/min, Global Chromatograph 柱(4.6mm  $\times$  250mm, 5  $\mu$ m),紫外检测器,检测波长210nm。以保留时间和峰面积测定锦橙汁中富马酸、苹果酸和柠檬酸的含量。

#### 1.3.7 还原糖含量

采用高效液相色谱法,准确量取10mL果汁,加入30mL 蒸馏水,水浴超声波提取20min后,定容至50mL,过滤,取5mL 滤液,用0.45  $\mu$ m 滤膜过滤,取10  $\mu$ L 滤液进样分析。

色谱条件:Agilent Zorbax Carbohydrate 柱(4.6mm  $\times$  250mm, 5  $\mu$ m);柱温:(25  $\pm$  2)℃,检测池温度:35℃,流动相:乙腈-水(体积比80:20);流速:1mL/min;用示差折光检测器检测。

### 1.4 细菌菌落总数和酵母、霉菌菌落总数

采用平板计数法,取10mL 锦橙汁样品放入含有90mL 0.85g/100mL 生理盐水的玻璃瓶内,经充分振摇制成10倍的稀释液。将上述样品稀释液以10倍梯度稀释到合适的稀释度,每个做2个平行。细菌培养基为营养琼脂培养基,于37℃条件下培养24h,霉菌和酵母培养基为孟加拉红培养基,酵母菌在28℃条件下培养72h,霉菌在28℃条件下培养72h后开始观察,并持续1周。

### 1.5 DNA 的提取及扩增

#### 1.5.1 锦橙汁 DNA 提取

采用改进的CTAB法,量取3mL果汁14000  $\times$  g 离心1min弃上清液,量取1mL CTAB 缓冲液(20g/L CTAB, 1.4mol/L NaCl, 0.1mol/L Tris 和 20mmol/L EDTA)加入沉淀65℃水浴1h后加氯仿-异戊醇(体积比24:1)混匀,14000  $\times$  g 离心10min,取800  $\mu$ L 上清液于新的离心管中,加1.6mL CTAB 沉淀缓冲液(5g/L CTAB, 0.04mol/L NaCl),反应40min后14000  $\times$  g 离心10min,取沉淀加入500  $\mu$ L 1.2mol/L NaCl,溶解后再加入500  $\mu$ L PCI (苯酚、氯仿、异戊醇体积比为25:24:1)混匀,14000  $\times$  g 离心10min,取300  $\mu$ L 上清液加入80  $\mu$ L 异丙醇于一80℃静置30min后14000  $\times$  g 离心10min,用75%乙醇清洗沉淀,自然晾干,加40  $\mu$ L 蒸馏水溶解<sup>[16]</sup>。

### 1.5.2 PCR 扩增

高等植物中高度保守的叶绿体基因 *rbcL* (约 1300bp) 用于 PCR 反应。PCR 反应体系共 50  $\mu$ L, 40  $\mu$ L 灭菌双蒸水, 5  $\mu$ L 10  $\times$  Buffer, 1  $\mu$ L 2.5 mmol/L dNTP, 1  $\mu$ L 20  $\mu$ mol/L 引物, 1.5  $\mu$ L DNA 模板, 0.5  $\mu$ L *Taq* 酶。引物 *rbc104* 和 *rbcL* 用于 PCR 反应(表 1)。104bp *rbcL* 片段的扩增条件为 94 $^{\circ}$ C 预变性 5min; 94 $^{\circ}$ C 变性 45s, 50 $^{\circ}$ C 复性 45s, 72 $^{\circ}$ C 延长 30s, 循环 40 次; 72 $^{\circ}$ C 延长 10min。1300bp *rbcL* 扩增片段在 53 $^{\circ}$ C 条件下复性, 72 $^{\circ}$ C 延长 100s, 其余条件与 104bp *rbcL* 片段相同。

表 1 实验所用 PCR 扩增引物  
Table 1 Primers used in this study

引物	引物序列
<i>rbc104</i>	F: 5'-GGAGTTCCTATCGTAATGC-3'
	R: 5'-CGGTGGATGTGAAGAAGTA-3'
<i>rbcL</i>	F: 5'-ATGTCACCACAAACAGAACTAAAGCAAGT-3'
	R: 5'-CTTCACAAGCAGCAGCTAGTTCAGGACTCC-3'

## 2 结果与分析

### 2.1 不同热力灭菌条件下锦橙汁的 pH 值、可溶性固形物、总酸含量和固 / 酸比

果汁的可溶性固形物含量和固 / 酸比已经与商业果汁的该指标的可容许范围之间建立了良好的相关性<sup>[17]</sup>。因此, 果汁的可溶性固形物含量与固 / 酸比值一直是评价果汁品质的重要指标。

表 2 不同热力灭菌样品的 pH 值、可溶性固形物含量、总酸含量和固 / 酸比结果

Table 2 pH values, TSS and TA content, and TSS/TA ratio of different heat sterilized samples

灭菌条件	pH	可溶性固形物含量/Brix	总酸含量/%	固/酸比
鲜汁(未灭菌)	3.91	9.3	2.46	3.78
70 $^{\circ}$ C 15min	3.95	9.0	2.19	4.11
80 $^{\circ}$ C 10min	3.93	9.0	2.25	4.00
93 $^{\circ}$ C 30s	3.90	8.5	2.32	3.66

从表 2 可以看出, 经过不同热力灭菌条件处理后的锦橙汁 pH 值变化差异不大, 均在 3.90~3.95 之间, 这可能与锦橙汁本身的缓冲体系有关。然而可溶性固形物含量和固 / 酸比从低温长时(70 $^{\circ}$ C、15min)到高温瞬时(93 $^{\circ}$ C、30s)呈现出递减的趋势, 且在各灭菌条件下变化趋势明显( $P < 0.05$ ), 因此最后得出经 93 $^{\circ}$ C、30s 处理后的锦橙汁的固 / 酸比值最接近于鲜榨的橙汁。

### 2.2 不同热力灭菌条件下锦橙汁色度比较

表 3 显示出, 经过不同条件的热力灭菌以后,  $L^*$  和  $b^*$  值均大于鲜汁, 但是  $a^*$  值却明显小于鲜汁, 其中,  $a^*$  和  $b^*$  值变化差异显著( $P < 0.05$ )。因此得出,

93 $^{\circ}$ C、30s 处理后的橙汁  $a^*$ 、 $b^*$  值较接近于鲜汁, 而 70 $^{\circ}$ C、15min 处理的橙汁  $L^*$  值与鲜汁接近。从色差值 ( $\Delta E$ ) 可以看出, 70 $^{\circ}$ C、15min 处理后与鲜汁的色差值相差最大, 其余两种处理条件的锦橙汁与鲜汁相差较小, 且 80 $^{\circ}$ C、10min 与 93 $^{\circ}$ C、30s 处理的锦橙汁其色差值相差也并不大。

表 3 不同热力灭菌锦橙汁色度及色差值比较

Table 3 Color parameter values of different heat sterilized samples

灭菌条件	$L^*$	$a^*$	$b^*$	色差( $\Delta E$ )
鲜汁(未灭菌)	29.04	-2.80	3.88	0
70 $^{\circ}$ C 15min	29.74	-4.21	6.22	2.82
80 $^{\circ}$ C 10min	30.28	-3.63	5.14	1.95
93 $^{\circ}$ C 30s	30.61	-3.37	4.68	1.85

### 2.3 不同热力灭菌条件对锦橙汁 VC 含量的影响

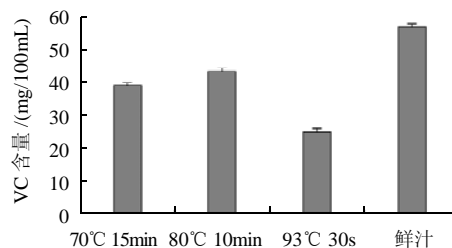


图 1 不同热力灭菌条件下锦橙汁的 VC 含量

Fig.1 VC content in different heat sterilized Jincheng orange juice

由图 1 可知, 经过不同热力条件灭菌后, 锦橙汁的 VC 含量均呈现出下降的趋势。其中 93 $^{\circ}$ C、30s 处理时, VC 含量损失最多, 与鲜汁比较, 损失率达到了 58.28%。然而 70 $^{\circ}$ C、15min 处理的锦橙汁 VC 含量也仅有 38.9mg/100mL, 损失率最小的为 80 $^{\circ}$ C、10min 的热力灭菌条件, VC 损失率仅有 23.9%。因此可以看出处理温度过高以及处理时间过长都会使果汁中的 VC 造成大量损失。

### 2.4 不同热力灭菌条件对锦橙汁有机酸含量的影响

橙汁中的苹果酸、柠檬酸、富马酸等有机酸对于评价果汁的质量非常重要。苹果酸在加热条件下会形成富马酸<sup>[18]</sup>, 霉菌利用果实中的葡萄糖会产生富马酸, 微生物自身代谢也会产生富马酸。若在果汁中检测出大量的富马酸, 则表明是掺假或加工过度。

由图 2 可知, 有机酸的测定结果与 VC 含量相似。热灭菌处理以后的锦橙汁柠檬酸和苹果酸含量均有所下降, 其中 93 $^{\circ}$ C、30s 处理时变化最为明显, 柠檬酸损失率达到了 19.9%, 苹果酸损失率为 31.7%。而 80 $^{\circ}$ C、10min 处理的橙汁有机酸的含量均与鲜汁相当。在鲜汁

及3个不同热处理的锦橙汁中,测得的富马酸含量极少( $< 0.01\text{mg/mL}$ ),因此认为这3种不同的热力灭菌条件均没有引起过度加工。

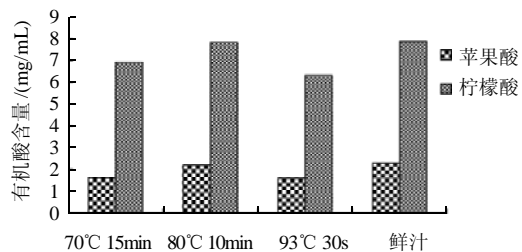


图2 不同热力灭菌条件下锦橙汁的有机酸含量

Fig.2 Organic acid concentration in different heat sterilized Jincheng orange juice

## 2.5 不同热力灭菌条件对锦橙汁还原糖含量的影响

表4 3种热力灭菌条件锦橙汁与鲜汁还原糖含量的比较

Table 4 Reducing sugars in Jincheng orange juice prepared by 3 different heat sterilization methods

灭菌条件	果糖含量/ (mg/mL)	葡萄糖含量/ (mg/mL)	蔗糖含量/ (mg/mL)	果糖/ 葡萄糖	葡萄糖/ 总糖	蔗糖/ 总糖
鲜汁(未灭菌)	12.66	9.65	22.04	1.31	0.22	0.50
70°C 15min	11.87	10.36	21.61	1.15	0.24	0.49
80°C 10min	16.50	14.05	13.30	1.17	0.32	0.30
93°C 30s	8.26	4.33	11.36	1.90	0.18	0.47

糖类是影响果汁风味和质量的重要物质,由表4可知,除80°C、10min处理锦橙汁的果糖含量外,经过热力灭菌以后的锦橙汁其蔗糖和果糖的含量均有所下降。经过93°C、30s处理的锦橙汁3种还原糖含量均明显低于鲜汁水平,可能是由于温度过高造成了糖类物质的降解。80°C、10min处理的锦橙汁其果糖和葡萄糖的含量都有明显的增加,蔗糖的含量相对减少。针对这一结果推测,可能是加热条件下致使大分子的糖类物质水解为葡萄糖,同时蔗糖与果糖之间的转化也可能发生,从而使得果糖的含量相对增高。

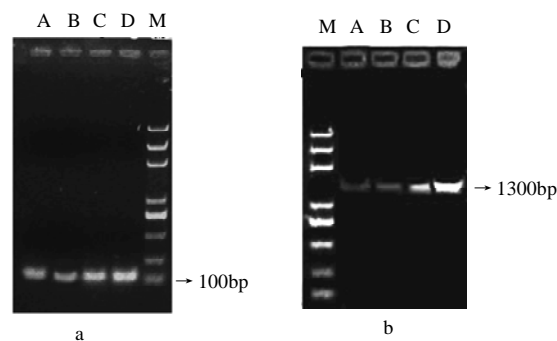
## 2.6 不同热力灭菌条件对锦橙汁中微生物的影响

通过对微生物检测发现,鲜汁中的细菌总数为1900CFU/mL,酵母及霉菌总数为780CFU/mL,而3种热处理后的锦橙汁均没有检测出细菌、酵母和霉菌。结果表明,这3种热力灭菌条件已经符合商业要求水平。对于这一结果除热力杀菌的原因外,锦橙汁本身的酸性条件也不适合大多数微生物的生长。但从鲜汁的检测结果表明,在未经灭菌的锦橙汁里仍然有大量细菌存在,初步预计为一些嗜酸性的微生物,因为已有相关

的报道称这些嗜酸性的微生物为橙汁的主要污染物<sup>[19]</sup>。

## 2.7 不同热力灭菌条件下锦橙汁的DNA稳定性分析

分子水平能够更为直观的表现出不同热力灭菌条件对果汁的影响,并且不受地理和果汁本身原料的影响,大大降低了评价的误差。同时通过对热力灭菌条件下果汁稳定性的分析,可以更为快速地鉴别加工与鲜榨果汁。



a. *rbcL*104 扩增条带; b. *rbcL* 扩增条带; M. trans2k plus DNA Marker; A. 93°C、30s; B. 80°C、10min; C. 70°C、15min; D. 鲜汁。

图3 不同热力灭菌条件下锦橙汁 *rbcL* 基因扩增条带

Fig.3 Amplification of *rbcL* gene from Jincheng orange juice prepared by 3 different heat sterilization methods

由图3可知,鲜汁和经不同的热力灭菌后的锦橙汁均能够检测出PCR反应条带。4种锦橙汁的100bp扩增片段无明显的差别(图3a),均有明显的亮带。而3种热力灭菌条件下锦橙汁的1300bp扩增片段琼脂糖检测的条带逐渐减弱(图3b),其中93°C、30s处理的锦橙汁条带最暗。结果表明热力灭菌对橙汁的DNA造成了破坏,当扩增的片段越长时其DNA的完整性越低,而扩增长度较短时各个样品间的差异并不明显。其中高温条件下DNA的稳定性最差,发生了大量的降解(表5)。

表5 不同热力灭菌条件对锦橙汁基因组DNA完整性的影响

Table 5 Effect of sterilization methods on genomic DNA integrity of Jincheng orange juice

扩增片段	热力灭菌条件			
	70°C 15min	80°C 10min	93°C 30s	鲜汁(未灭菌)
100bp	++++	++++	++++	++++
1300bp	+++	++	+-	++++

注: +.条带亮的强度,越亮则越多; +-.条带亮的强度介于+与++之间。

## 3 结 论

经过热力灭菌以后,锦橙汁的各项理化指标均发生了变化,其中以VC含量的变化最为显著。而pH值和可溶性固形物的变化却不明显,这可能与锦橙汁本身的

缓冲体系有关。总酸的含量较鲜汁中均有下降,估计这与加热过程致使VC降解有一定的联系。在还原糖测定中,蔗糖及果糖含量均有降低,加热水解以及蔗糖与果糖的相互转化在这一过程中均有可能发生。

本实验最后对3种热力灭菌条件对锦橙汁DNA的稳定性做了研究,得出热力灭菌极大程度地造成了基因组DNA的损害。有研究表明加热温度越高对DNA的损害程度越大<sup>[14]</sup>。目前在加工中关于DNA方面的研究还较少,而本实验只是初步探究,还需要对其做进一步的深入研究,为锦橙汁加工及品质评价提供理论支持。

从3个热力灭菌的条件对锦橙汁的影响可以看出,高温短时(93℃、30s)处理后VC含量和还原糖含量,还有基因组DNA均受到了很大程度的损害,虽然低温长时(70℃、15min)的各项指标均优于93℃、30s处理的锦橙汁,但较80℃、10min处理的锦橙汁来说,在VC含量和还原糖含量上还是有所欠缺,因此综合各个方面的因素考虑,时间太长或是温度过高都对锦橙汁的品质不利,目前国内通用的80℃、10min的灭菌方式对锦橙汁损害较小,在各项理化指标以及DNA完整性上都表现出了优势。

#### 参考文献:

- [1] 杜鹏. 果蔬汁饮料工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 38-49.
- [2] WALTER R, HERBERT J W, LEON D B. The citrus industry[D]. California: University of California, 1967.
- [3] NIU Liying, WU Jihong, LIAO Xiaojun, et al. Physicochemical characteristics of orange juice samples from seven cultivars[J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(1): 41-47.
- [4] MANAS P, BARSOTTI L, CLAUDE C J. Microbial inactivation by pulsed electric field in a batch treatment chamber: effects of some electrical parameters and food constituents[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2001, 2(4): 239-249.
- [5] GOMS M R A, LEDWARD D A. Effect of high-pressure treatment on the activity of some polyphenoloxidases[J]. Food Chemistry, 1996, 56(1): 1-5.
- [6] POLYDERA A C, STOFOROS N G, TAOUKIS P S. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navelorange juice: nutritional parameters and shelf life[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2005, 6(1): 61-69.
- [7] BAXTER I A, EASTON K, SCHNEEBELI K, et al. High pressure processing of Australian navel orange juices: sensory analysis and volatile flavor profiling[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2005, 6(4): 372-387.
- [8] YEOM H W, STRECKER C B, ZHANG Q H, et al. Effects of pulsed electric fields on the quality of orange juice and comparison with heat pasteurization[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2000, 48(10): 4597-4605.
- [9] AYHAN Z, HYE W Y, HOWARD Z Q, et al. Flavor, color, and vitamin C retention of pulsed electric field processed orange juice in different packaging materials[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2001, 49(2): 669-674.
- [10] 方婷, 严志明, 赵剪, 等. 不同杀菌方式对鲜橙汁品质的影响及其感官评价[J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2008, 9(1): 75-79.
- [11] 乔宇, 范刚, 潘思轶, 等. 锦橙汁辐照和巴氏灭菌处理后相关品质的分析[J]. 核农学报, 2010, 24(3): 562-568.
- [12] 周熏修, 白美娟. 鉴定果汁掺假之分析工具[J]. 食品工业, 1999, 31(11): 13-22.
- [13] DONER L, BRAUSE A, PETRUS D. <sup>18</sup>O measurements in water for detection of sugar beet-derived syrups in concentrated orange juice: a collaborative study[J]. Journal of AOAC International, 1992, 75(6): 1107-1111.
- [14] NG C C, CHANG C C, WU C, et al. Rapid molecular identification of freshly squeezed and reconstituted orange juice[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2006, 41(6): 646-651.
- [15] WIDMER W W, CANCALON P F, NAGY S. Methods for determining the adulteration of citrus juices[J]. Trends in Food Science and Technology, 1992, 3: 278-286.
- [16] TEL-ZUR N, ABBO S, MYSLABODSKI, et al. Modified CTAB procedure for DNA isolation from epiphytic cacti of the genera *Hylocereus* and *Selenicereus* (Cactaceae)[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 1999, 17: 249-254.
- [17] JORDAN R B, SEELYE R J, MCGLONE V A. A sensory based alternative to SSC/acid ratio[J]. Food Technology, 2001, 55(6): 36-44.
- [18] 阎晓莉, 马维君, 左荣, 等. 果汁中富马酸的来源检测及控制[J]. 西北农业大学学报, 2003, 10(5): 118-120.
- [19] ALWAZEER D, DELBEAU C, DIVIES C, et al. Use of redox potential modification by gas improves microbial quality, color retention and ascorbic acid stability of pasteurized orange juice[J]. International Journal of Food Microbiology, 2003, 89(1): 21-29.