

# 速冻苹果冻藏品质变化及冻藏工艺优化

张海燕

(甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 以速冻苹果为研究对象, 研究了冻藏温度、冻藏时间和包装材料对速冻苹果冻藏品质的影响, 并采用正交试验对其工艺进行优化。结果表明, 速冻苹果最佳冻藏工艺条件为: 冻藏温度 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、冻藏时间180 d、采用铝箔袋包装。此条件下速冻苹果感官品质、色泽和硬度最高, 干耗、可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、Vc损失率均最低。干耗为1.55%,  $\Delta\text{E}$ 值为8.86, 品质损失较小。

**关键词:** 速冻苹果; 冻藏; 品质变化; 工艺优化

**中图分类号:** TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)07-0018-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.07.007

## Quality Change of Frozen Apple during Frozen Storage and Its Optimization of Frozen Storage Process

ZHANG Haiyan

(Institute of Agricultural Product Storage and Processing, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In this paper, the effects of frozen storage temperature, frozen storage time and packaging materials on quality and optimization of frozen storage process of frozen apple by Orthogonal array design are studied. The result shows that the frozen storage temperature is  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , frozen storage time is 180 days, and packaging materials is aluminum foil film, the sensory quality, color and firmness are highest, the loss rate of soluble sugar, loss rate of soluble protein, loss rate of vitamin C are lowest, the loss of moisture, the loss rate of soluble solid, the loss rate of titratable acid, the loss rate of vitamin C are lowest. Under the conditions, the loss of moisture is 1.55%,  $\Delta\text{E}$  value is 8.86, the frozen apple loss rate of quality is less.

**Key words:** Frozen apple; Frozen storage; Quality change; Processing optimization

我国是苹果栽培面积最大和产量最高的国家, 分别占世界总面积和总产量的 42.5%和 48.4%<sup>[1]</sup>。但由于产后加工能力滞后, 新产品、新工艺研发不足, 苹果产业的规模化效益还没有完全体现出来, 延伸产业链, 提高产品附加值成为苹果产业做大做强关键环节。速冻果蔬作为近年来迅速兴起的新型果蔬加工制品, 较好地保持了果蔬的色、香、味等感官品质, 易于贮藏和运输, 解冻后保持良好的质地、颜色及风味, 而且不受季节的限制, 是一种具有发展前景的方便食品<sup>[2-3]</sup>。冻藏是指将果蔬的温度降至冰点以下, 使其在冻结状态下保藏的一种方式, 是保持速冻产品品质的必要手段, 可以在较长的时间里保持其理化品质, 冻藏温度、冻藏时间以及包装材料等是影响冻藏期间速冻果蔬品质的主要因素<sup>[4-5]</sup>。近年来, Giampaolo Blanda 等研究了冻藏对真空浸渍处理速冻

苹果酚类物质含量的影响<sup>[6]</sup>, Cihat Türkben 等对冻藏期间树莓和黑莓酚类物质的变化进行了研究<sup>[7]</sup>, A. Patricia Bartolomé M 等研究了冻结速率和冻藏对菠萝质地和感官品质的影响<sup>[8]</sup>, Pilar Cano 等报道了冻藏期间猕猴桃片色泽及其稳定性的变化<sup>[9]</sup>, 国内学者对草莓、树莓、蓝莓、荔枝、芒果、西兰花等果蔬产品冻藏期间品质的变化进行了大量的研究<sup>[10-16]</sup>, 但对速冻苹果冻藏期间品质变化及冻藏工艺优化研究的研究尚未见报道。笔者拟采用色差计、质构仪和正交试验法等现代测定分析设备及方法, 研究速冻苹果冻藏期间品质变化, 并优化其冻藏工艺, 以期速冻苹果新产品开发和推广应用提供理论参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

苹果品种为富士, 采自天水昌盛食品有限公司

收稿日期: 2015-04-23

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-28), 甘肃省科技重大专项计划资助项目(1203NKDA016-4)

作者简介: 张海燕(1981—), 女, 甘肃陇西人, 助理研究员, 主要从事果蔬精深加工研究。联系电话: (0)15193113704。

司苹果基地。D-异抗坏血酸钠为食品级(中瑞化学试剂公司),氯化钠为食品级(中瑞化学试剂公司)。

## 1.2 试验方法

1.2.1 速冻苹果加工工艺流程 原料→分选→清洗→去皮去核→切分→护色(抽真空)→漂烫→冷却→速冻→包装→冷藏

1.2.2 样品制备 取经过清洗、去皮、去核处理的新鲜苹果切分为 1.0 cm × 1.0 cm × 1.0 cm 的小丁,按护色液与苹果丁的质量为 10 : 12 的比例,将苹果丁浸入配制好的 20 g/kg 氯化钠 +3 g/kg D-抗坏血酸钠护色液中,在 0.7 MPa 下进行抽真空前处理 20 min,经 90 °C 漂烫 4.5 min、2~6 °C 冰水冷却,沥干水分,-31 °C 下速冻,样品中心温度 -19 °C。然后根据试验设计进行冻藏处理,冻藏样品解冻至中心温度达到 -5 °C(以刀能切断为准)时测定各项指标。

1.2.3 冻藏期间速冻苹果品质的变化 测定冻藏期间速冻苹果的感官品质、色泽(ΔE)、干耗、硬度以及可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、Vc 损失率等,观察不同冻藏温度(-21 °C、-18 °C、-15 °C)、冻藏时间(180 d、240 d、300 d)和包装材料(自封袋为 PE、真空袋为 PA/PE、铝箔袋为 PET/BOPA/AL/PP)下速冻苹果品质的变化。

1.2.4 速冻苹果冻藏工艺优化 以冻藏温度、冻藏时间和包装材料为影响因素,采用 3 因素 3 水平 $L_9(3^4)$ 正交试验设计,以速冻苹果冻藏期间色泽和干耗为评价指标,优化速冻苹果冻藏工艺条件。试验因素水平见表 1。

表 1 试验因素水平

水平	因素		
	A冻藏温度(°C)	B冻藏时间(d)	C包装材料
1	-21	180	真空袋
2	-18	240	自封袋
3	-15	300	铝箔袋

1.2.5 感官品质评价 根据 NY/T 1406-2007《绿色食品 速冻蔬菜》、Q/XLY 0003 S-2012《速冻水果》、GB 19295-2011《速冻面米制品》等标准<sup>[17-19]</sup>,由从事本领域工作的科研和生产人员制定出速冻苹果感官评定标准如表 2。10 人组成一个鉴定小组,各样品随机抽样,解冻后打开包装将样品置于洁净白色瓷盘中,在自然光线下品尝鉴评,每评定 1 个样品后,用清水漱口并间隔 10 min 再行鉴定。

1.2.6 色泽测定 采用色差计法测定。选择 ΔE 值代表速冻苹果的色泽,ΔE 值越小,代表产品色泽越好,与鲜样色泽越接近。

1.2.7 干耗测定 取包装后的样品分别称重,冻藏结束后样品解冻至中心温度达 -5 °C 时再次称重,计算干耗,每个样品 3 个重复,取平均值。

干耗(%)=[(包装后质量-解冻后质量)/包装后质量]×100

1.2.8 硬度的测定 参照朱丹实、Missang C E 等的方法<sup>[20-21]</sup>。

1.2.9 可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、维生素 C(Vitamin C, Vc)损失率测定 参照曹健康等方法<sup>[22]</sup>,可溶性固形物采用手持折光仪法测定;可滴定酸采用酸碱滴定法测定;Vc 采用 2, 6-二氯靛酚法测定。

表 2 速冻苹果感官品质评定标准

评价	色泽(30分)		组织形态(30分)		口感及风味(30分)		滋味和气味(10分)	
	分值	标准	分值	标准	分值	标准	分值	标准
好	24~30	色泽一致,果肉呈淡黄色或黄白色,无褐变现象	24~30	丁状、形状规则,大小一致,冷冻良好、无粘连、结块,结霜和风干现象	24~30	硬度较好,弹性较好,酸甜适中,风味纯正	8~10	具有速冻苹果应有之滋味和气味,无异味
一般	18~24	色泽较一致,果肉呈淡黄色或黄白色,轻微褐变	18~24	丁状、形状较规则,大小较一致,冷冻良好、有轻微粘连、结块、结霜和风干现象	18~24	硬度较好,弹性一般,酸甜适中,风味纯正	6~8	具有速冻苹果应有之滋味和气味,微异味
差	<18	果肉发绿,色泽尚一致,明显褐变	<18	丁状、形状不规则,大小不一致,有明显粘连、结块,结霜和风干现象	<18	硬度较低,弹性较差,风味较淡	<6	具有速冻苹果应有之滋味和气味,异味较重

损失率(%)=[(原料中该物质含量-速冻苹果中该物质含量)/原料中该物质含量]×100

## 2 结果与分析

### 2.1 冻藏期间速冻苹果品质的变化

2.1.1 冻藏温度对速冻苹果品质的影响 冻藏温度越低,产品品质越好,保藏期越长,但从产品价值和经济考虑,产品不能无限低温、无限贮藏。由表 3 可以看出,当采用铝箔袋包装、冻藏 180 d 时,随着冻藏温度的升高,速冻苹果感官评分和硬度逐渐降低,ΔE 值、干耗、可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、Vc 损失率均逐渐升高。冻藏温度为 -21 ℃和 -18 ℃时各指标变化不显著,冻藏温度为 -15 ℃时各指标显著低于 -21 ℃和 -18 ℃。-18 ℃时速冻苹果的品质最好,感官评分为 86.25,ΔE 值为 16.19,干耗为 6.18%,硬度为 913.85 g,可溶性固形物损失率为 0.21%,可滴定酸损失率为 0.17%,Vc 损失率为 1.15%。

2.1.2 冻藏时间对速冻苹果品质的影响 由表 4 可以看出,当速冻温度为 -18℃、采用铝箔袋包装时,随着冻藏时间的延长,速冻苹果感官评分和硬度逐渐降低,ΔE 值、干耗、可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、Vc 损失率均逐渐升高。试验时间内,冻藏时间为 180 d 时,各指标变化与 240 d 和 300 d 的相比差异显著,因此选择 180 d 为适宜冻藏时间,此时速冻苹果的感官评分为 88.02,ΔE 值为 12.58,干耗为 5.92%,硬度为

832.33 g,可溶性固形物损失率为 1.05%,可滴定酸损失率为 1.65%,Vc 损失率为 1.11%,即冻藏 180 d 时速冻苹果品质较好。

2.1.3 包装材料对速冻苹果品质的影响 包装是保证速冻果蔬冻藏品质的重要步骤<sup>[23]</sup>。由表 5 可以看出,当速冻温度为 -18 ℃,冻藏 180 d 时,自封袋包装的速冻苹果品质最差,真空袋次之,铝箔袋包装的速冻苹果各指标变化与自封袋和真空袋包装的差异均显著,因此选择铝箔袋为适宜包装材料,此时速冻苹果的感官评分为 86.56,ΔE 为 15.06,干耗为 2.17%,硬度为 922.36 g,可溶性固形物损失率为 1.08%,可滴定酸损失率为 1.26%,Vc 损失率为 1.13%,即铝箔袋包装的速冻苹果品质与质量损失较小。

### 2.2 速冻苹果冻藏工艺优化

2.2.1 正交试验法优化速冻苹果冻藏工艺 干耗和色泽是体现速冻果蔬品质的重要方面,冻藏期间温湿度的变化造成速冻苹果产品质量下降,在失水的同时伴随着色泽发生变化。在单因素试验的基础上,以速冻苹果干耗和ΔE 值为评价指标,采用正交试验法优化速冻苹果冻藏工艺,正交试验结果见如表 6、表 7,方差分析结果见表 8。

如表 7 所示,速冻苹果冻藏工艺最佳组合是 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>,即冻藏温度 -18 ℃、冻藏时间 180 d、包装材料为铝箔袋,但该处理组合未经试验,需经试验验证。极差值(r 值)的大小表明,影响速冻苹

表 3 冻藏温度对速冻苹果品质的影响

冻藏温度(℃)	感官评分	ΔE 值	干耗(%)	硬度(g)	可溶性固形物损失率(%)	可滴定酸损失率(%)	Vc 损失率(%)
-21	85.90 a	16.38 a	5.60 a	902.03 a	0.25 a	0.19 a	1.15 a
-18	86.25 a	16.19 a	6.18 a	913.85 a	0.21 a	0.17 a	1.15 a
-15	70.71 b	28.86 b	17.82 b	842.33 b	1.27 b	2.62 b	4.26 b

表 4 冻藏时间对速冻苹果品质的影响

冻藏时间(d)	感官评分	ΔE 值	干耗(%)	硬度(g)	可溶性固形物损失率(%)	可滴定酸损失率(%)	Vc 损失率(%)
180	88.02 a	12.58 a	5.92 a	832.33 a	1.05 a	1.65 a	1.11 a
240	78.58 b	15.22 b	12.32 b	717.00 b	2.68 b	2.71 b	3.06 b
300	70.21 c	25.58 c	23.47 c	686.25 c	3.57 c	3.86 c	5.28 c

表 5 包装材料对速冻苹果品质的影响

包装材料	感官评分	ΔE 值	干耗(%)	硬度(g)	可溶性固形物损失率(%)	可滴定酸损失率(%)	Vc 损失率(%)
自封袋	66.58 a	34.02 a	12.32 a	721.65 a	5.02 a	4.83 a	5.93 a
真空袋	72.03 b	22.90 b	6.18 b	814.33 b	2.58 b	3.01 b	3.14 b
铝箔袋	86.56 c	15.06 c	2.17 c	922.36 c	1.08 c	1.26 c	1.13 c

表 8 速冻苹果冷藏工艺正交试验结果方差分析

变异来源	干耗				ΔE值			
	偏差平方和	自由度	F 比	显著性	偏差平方和	自由度	F 比	显著性
A	36.139	2	184.383	**	453.107	2	49.218	*
B	1.937	2	9.883		28.277	2	3.072	
C	95.391	2	486.689	**	967.207	2	105.063	**
误差	0.20	2			9.21	2		

表 6 速冻苹果冷藏工艺正交试验结果

试验号	A	B	C	干耗 (%)	ΔE
1	1	1	1	5.55 ± 0.13 I	21.85 ± 0.89 a
2	1	2	2	10.34 ± 0.09 H	42.26 ± 0.97 b
3	1	3	3	3.55 ± 0.14 E	15.15 ± 0.88 d
4	2	1	2	9.29 ± 0.18 C	32.58 ± 0.77 g
5	2	2	3	1.72 ± 0.01 B	9.10 ± 0.45 h
6	2	3	1	5.19 ± 0.33 A	18.33 ± 0.67 f
7	3	1	3	5.84 ± 0.03 G	23.49 ± 0.88 e
8	3	2	1	9.26 ± 0.16 F	39.66 ± 1.30 c
9	3	3	2	15.16 ± 0.09 D	48.75 ± 0.73 e

表 7 速冻苹果冷藏工艺正交试验极差分析

	干耗 (%)			ΔE		
	A	B	C	A	B	C
$k_1$	6.480	6.893	6.667	26.420	25.973	26.513
$k_2$	5.400	7.107	11.597	20.003	30.240	41.197
$k_3$	10.087	7.767	3.703	37.200	27.410	15.913
$r$	4.687	1.074	7.864	17.197	4.267	25.284

果冻藏期间干耗和色泽的主次因素顺序为 C>A>B, 即包装材料>冻藏温度>冻藏时间。

如表 8 所示, 方差分析结果表明, 冻藏温度和包装材料对速冻苹果冻藏期间干耗的影响极显著( $P<0.01$ ), 冻藏温度对色泽的影响显著( $P<0.05$ ), 包装材料对色泽的影响极显著( $P<0.01$ ), 冻藏时间对干耗和色泽的影响均不显著( $P>0.05$ )。

2.2.2 最佳处理组合的验证试验 为了确保正交试验结果的准确性, 采用最优冻藏工艺条件与正交试验设计中最佳组合  $A_2B_2C_3$  进行试验验证, 其结果见表 9。通过验证试验得到的最佳冻藏工艺组合为  $A_2B_1C_3$ , 与表 6 中试验结果一致, 即采用正交试验法得到速冻苹果最佳冻藏工艺条件为冻藏温度  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 、冻藏时间 180 d、包装材料为铝箔袋。

表 9 最佳组合的验证试验与结果

试验组合	干耗 (%)	ΔE值
$A_2B_2C_3, A_2B_1C_3$	1.72, 1.55	-
$A_2B_2C_3, A_2B_1C_3$	-	9.10, 8.86

### 3 小结

试验结果表明, 冻藏温度  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 、冻藏时间 180 d、铝箔袋包装的速冻苹果品质较好, 感官品质和硬度最高, ΔE 值和干耗最低, 可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、Vc 损失率最小。通过正交试验及极差分析得到, 速冻苹果最佳冻藏工艺条件为冻藏温度  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 、冻藏时间 180 d、包装材料为铝箔袋, 此条件下速冻苹果干耗为 1.55%, ΔE 值为 8.86。

### 参考文献

- [1] Food and agriculture organization of the United Nations [EB/OL]. [2013-08-08]. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- [2] 张 魁, 程新峰. 对我国速冻食品行业加工深度及安全性的思考[J]. 江南大学学报(人文社会科学版), 2014, 13(1): 114-117.
- [3] 文连奎, 冯永巍, 韩安军. 速冻果蔬加工制品质量及其控制[J]. 农产品加工·学刊, 2006(4): 19-21.
- [4] 魏天军, 邓西民. 水果速冻冻藏研究进展[J]. 果树学报, 2002, 19(5): 356-361.
- [5] 蔡 莹, 董芬丽. 速冻果蔬包装技术[J]. 机电信息, 2005, 94(10): 24-26.
- [6] GIAMPAOLO BLANDA, LORENZO CERRETANI, A-LESSANDRA BENDINI, et al. Effect of frozen storage on the phenolic content of of vacuum impregnated Granny Smith and Stark Delicious apple cvv[J]. Eur. Food. Res. Technol., 2008, 227(3): 961-964.
- [7] CIHAT TÜRK BEN, ESRA SARIBURUN, CEVDET DEMIR, et al. Effect of freezing and frozen storage on phenolic compounds of raspberry and blackberry cultivars[J]. Food Anal. Methods, 2010, 3(3): 144-153.
- [8] A PATRICIA BARTOLOMÉ, PILAR RUPÉREZ, CARMEX FÜSTEN Effect of freezing rate and frozen storage on the texture and sensory analysis of two pineapple fruit cultivars[J]. Z. Lebensm Unters Forsch, 1995, 201(4): 365-370.
- [9] M PILAR CANO, M ANTONIA MARÍN, BEGOÑA DE ANCOS. Pigment and colour stability of frozen kiwi-fruit slices during prolonged storage [J]. Z. Lebensm Unters Forsch, 1993, 197(4): 346-352.
- [10] 胡丽菊, 孟宪军, 孙希云, 等. 不同预处理方式对

# 白银市沿黄灌区胡麻3414肥效试验研究

李雨阳

(甘肃省白银市农业科学研究所, 甘肃 白银 730900)

**摘要:** 在白银沿黄灌区进行了胡麻氮、磷、钾肥配合施用效果研究。建立了胡麻籽粒产量及粗脂肪产量与氮、磷、钾施量之间的回归方程, 得出胡麻的最大施肥量为N 151.05~151.20 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 130.20~130.95 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 64.05~69.60 kg/hm<sup>2</sup>, 该施肥水平下胡麻产量可达(2 971.5±10.9) kg/hm<sup>2</sup>, 粗脂肪产量可达(1 075.5±4.7) kg/hm<sup>2</sup>。最佳施肥量为N 131.10~135.75 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 113.40~118.20 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 33.15~44.25 kg/hm<sup>2</sup>, 该水平下胡麻产量可达(3 018.0±10.9) kg/hm<sup>2</sup>, 粗脂肪产量可达(1 066.5±4.7) kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 沿黄灌区; 胡麻; 3414; 配方施肥; 白银市

**中图分类号:** S565.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)07-0022-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.07.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2015.07.008)

胡麻是甘肃省的主要油料作物之一<sup>[1-3]</sup>, 年种植面积在 17 万 hm<sup>2</sup> 左右, 占全省油料作物总面积的 60%以上<sup>[4-5]</sup>。胡麻在白银市辖区县均有种植, 常年播种面积约 2 万 hm<sup>2</sup>, 平均产量旱地约 300 kg/hm<sup>2</sup>, 水地约 2 100 kg/hm<sup>2</sup>, 年产胡麻 3 万 t 左右, 是白银市重要的经济作物之一。为了摸清白银市沿黄灌区胡麻需肥规律, 实现科学施肥和节本增效, 2012 年, 笔者对白银沿黄灌区胡麻氮、

磷、钾肥适宜的施用量进行了研究, 现将结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试氮肥为尿素(含N 46%), 中国石油兰州化学工业公司生产; 磷肥为普通过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%), 甘肃白银虎豹化工有限公司生产; 钾肥为硫酸钾(含K<sub>2</sub>O 21%), 白银丰宝农化科技有限公司

收稿日期: 2015-03-23

作者简介: 李雨阳(1985—), 女, 甘肃会宁人, 助理农艺师, 主要从事农业技术推广工作。联系电话:(0)13893029315。

- 冻藏草莓品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 293-296.
- [11] 刘升, 金同铭. 不同冻藏时间对速冻草莓营养品质的影响[J]. 制冷学报, 2006, 27(5): 48-50.
- [12] 刘畅, 孟宪军, 孙希云, 等. 不同树莓品种冻藏品质变化及适宜冻藏品种筛选[J]. 食品工业科技, 2014, 35(20): 354-357.
- [13] 韩斯, 孟宪军, 汪艳群, 等. 氯化钙处理对速冻蓝莓冻藏期品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 310-314.
- [14] 蔡长河, 欧良喜, 陈洁珍, 等. 速冻荔枝果肉冻藏期间营养成分及色泽的变化研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(11): 1 434-1 436.
- [15] 赵金红, 温馨, 彭郁, 等. 渗透压脱水前处理对芒果冻藏中品质变化的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(5): 225-231.
- [16] 张素文. 玻璃态下冻结、冻藏及其后续解冻对西兰花品质的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [17] 王富华, 王守国, 李建锋, 等. NY/T 1406-2007 绿色食品速冻蔬菜[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [18] 刘绍龙, 胡子云, 刘绍扬. Q/XLY 0003 S-2012 速冻水果[S]. 昆明: 祥云县龙云经贸有限公司, 2012.
- [19] 中华人民共和国卫生部. GB 19295-2011 速冻面米制品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [20] 朱丹实, 李慧, 曹雪慧, 等. 质构仪器分析在生鲜食品品质评价中的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 264-267.
- [21] MISSANG C E, MAINGONNAT J F, RENARDCM G C, *et al.* Texture variation in apricot: intra-fruit heterogeneity, impact of thinning and relation with the texture after cooking[J]. Food Research International, 2011, 44(1): 46-53.
- [22] 曹健康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬菜后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 101-103.
- [23] 魏天军, 邓西民. 水果速冻保藏研究进展[J]. 果树学报, 2002, 19(5): 356-361.
- [24] 郭卫芸, 杜冰, 程燕锋, 等. 冷冻处理对果蔬的影响及其应用[J]. 食品与机械, 2007, 23(2): 118-121.

(本文责编: 陈珩)