

雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣工艺优化研究

谢乐^{1,2,3}, 赵良忠^{1,2,3*}, 李化强^{1,2,3}, 吴菲菲^{1,2,3}, 周晓洁^{1,2,3}, 伍桃英^{1,2,3},
李海涛^{1,2,3}, 孙菁^{1,2,3}, 李明^{1,2,3}, 龙艳珍^{1,2,3}, 巢玲^{1,2,3}

(1. 邵阳学院食品与化学工程学院, 邵阳 422000; 2. 豆制品加工技术湖南省应用基础研究基地, 邵阳 422000;
3. 湖南省果蔬清洁加工工程技术研究中心, 邵阳 422000)

摘要: 目的 研究雪峰蜜橘真空脉冲自动分瓣法, 解决橘片罐头生产过程中人工分瓣法生产效率低、工人劳动强度大和产品质量不稳定等问题。**方法** 以雪峰蜜橘为研究对象, 通过真空脉冲处理, 进行单因素试验和正交试验, 以感官评分为主要考察指标, 对真空度、脉冲次数、脉冲时间和预热温度 4 个因素进行研究。**结果** 在真空度为 80 kPa、脉冲次数为 20 次、脉冲时间为 4 min 和预热温度为 30 °C 的条件下分瓣效果最好, 感官评分达(13.67±0.58)分。各因素对分瓣效果的影响次序为: 真空度 > 脉冲次数 > 脉冲时间 > 预热温度, 其中, 真空度和脉冲次数对雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣工艺影响显著。**结论** 该方法可以得到分瓣完全、无汁胞损伤、色泽鲜亮且口感爽脆的样品, 适用于雪峰蜜橘的分瓣。

关键词: 雪峰蜜橘; 真空脉冲法; 分瓣工艺

Optimization of segment technology of 'Xuefeng' tangerine by vacuum pulse method

XIE Le^{1,2,3}, ZHAO Liang-Zhong^{1,2,3*}, LI Hua-Qiang^{1,2,3}, WU Fei-Fei^{1,2,3}, ZHOU Xiao-Jie^{1,2,3},
WU Tao-Ying^{1,2,3}, LI Hai-Tao^{1,2,3}, SUN Jing^{1,2,3}, LI Ming^{1,2,3}, LONG Yan-Zhen^{1,2,3}, CHAO Ling^{1,2,3}

(1. Department of Food and Chemical Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China;
2. Soybean Processing Techniques of the Application and Basic Research in Hunan Province, Shaoyang 422000,
China; 3. Hunan Provincial Engineering Research Center for Fruits and Vegetables Cleaning Processing,
Shaoyang 422000, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the automatic segment technology of 'Xuefeng' tangerine by vacuum pulse treatment so as to solve the problems such as low production efficiency, high labor intensity and instable product quality in the production of canned orange. **Methods** Using 'Xuefeng' tangerine as materials, experiments were carried out by vacuum pulse treatment. With sensory evaluation score as the main examine index, the vacuum degree,

基金项目: 邵阳学院豆制品加工技术湖南省应用基础研究基地项目(2013TP4067)、湖南省果蔬清洁加工工程技术研究中心项目(2015TP2022)、湖南省科技厅重点项目(2015GK2065)、湖南省自然科学基金青年项目(2017JJ3284)、湖南省教育厅科学研究一般项目(17C1433)和优秀青年项目(17B241)、邵阳学院研究生科研创新项目(CX2016SY026)

Fund: Supported by Soybean Processing Techniques of the Application and Basic Research Base in Hunan Province, Shaoyang University (2013TP4067), Hunan Provincial Engineering Research Center for Fruits and Vegetables Cleaning Processing Project (2015TP2022), the Key Program of Hunan Provincial Science and Technology Department (2015GK2065), Natural Science Foundation of Hunan Provincial (2017JJ3284), General Project (17C1433) and Outstanding Youth Project (17B241) of Hunan Provincial Education Department, and the Postgraduate Research and Innovation Project of Shaoyang University (CX2016SY026)

***通讯作者:** 赵良忠, 教授, 主要研究方向为食品科学技术。E-mail: sys169@163.com

***Corresponding author:** ZHAO Liang-Zhong, Professor, Department of Biological and Chemical Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China. E-mail: sys169@163.com

vacuum pulse frequency, vacuum pulse time and preheating temperature were optimized by the single factor and orthogonal experiment. **Results** The best segment conditions were as the follows: the vacuum degree was 80 kPa, the vacuum pulse frequency was 20, the vacuum pulse time was 4 min, the preheating temperature was 30 °C, and the sensory evaluation score was 13.67±0.58. The orthogonal experiment results showed that, the influencing order of various factors on segment efficiency was: vacuum degree>vacuum pulse frequency>vacuum pulse time>preheating temperature. The vacuum degree and vacuum pulse frequency had significant effects on 'Xuefeng' tangerine segment. **Conclusion** After vacuum pulse treatment, tangerine are completely segmented with no juice sac damage, bright color and crisp taste, which is suitable for segment of 'Xuefeng' tangerine.

KEY WORDS: 'Xuefeng' tangerine; vacuum pulse method; segment technology

1 引言

柑橘营养价值高^[1,2], 是世界上最重要的经济作物、农产品及加工品之一^[3,4]。我国是世界柑橘的起源地之一, 也是世界柑橘生产大国^[5]。我国柑橘产业主要分布在湖南、广东、江西、广西、四川、湖北、福建、浙江、重庆, 其中, 湖南为我国柑橘产业的优势产区^[6,7]。在湖南的柑橘品种中, 雪峰蜜橘以其丰富的营养价值和优良的风味最受消费者的青睐^[8,9]。

目前, 橘瓣罐头为我国柑橘加工的主导产品, 占柑橘加工量的80%以上^[10]。橘瓣罐头的加工流程包括: 清洗、预处理、果皮剥离、分瓣、去囊衣等工序^[11]。在这些工序中, 柑橘的分瓣完全依赖人工进行, 属于劳动密集型环节。在柑橘上市的季节, 为了满足市场需求, 需要投入大量的人力, 不仅生产效率低, 劳动强度大, 而且不利于保障产品的质量。随着劳动力成本的逐渐提高及消费者对食品安全越来越严格的要求, 代替人工操作方式, 实现柑橘分瓣的机械化和自动化是柑橘加工业亟待解决的问题^[12]。

因此, 本研究拟采用真空脉冲处理的方法使柑橘橘瓣间结合力降低, 再用流水冲洗, 实现柑橘的自动分瓣, 以解决现有的人工柑橘分瓣效率低下、工人劳动强度大、破损率高、分瓣后橘片质量不稳定、生产效率低的技术问题。

2 材料和方法

2.1 试验材料

2.1.1 材料与试剂

雪峰蜜橘: 邵阳市洞口县雪峰蜜橘园艺场(立地条件: 海拔500~600 m, 土壤粘沙适中、疏松肥沃、pH值6.5至7.0, 有机质含量≥1.5; 树体年龄: 12年; 采收日期: 2016年11月中旬; 果实成熟度: ≥80%; 采收数量: 1000个)。

墨汁: 北京一得阁墨业有限责任公司。

2.1.2 试验仪器与设备

DJ-3002型电子天平(福州华志科学仪器有限公司); SY-1210型恒温水浴槽(金坛市中大仪器厂); MFY-01型真空脉冲处理装置(济南辰驰试验仪器有限公司); FB-280/7

型无油空气压缩机(上海捷豹压缩机制造有限公司丹崖分公司)。

2.2 研究方法

2.2.1 工艺流程

选果→热烫→去皮→预热→真空脉冲处理→流水冲洗

2.2.2 操作要点

(1)选果: 选取质量在80~90 g范围内, 大小基本相同的果实, 每3个果实为一组, 每组试验平行10次, 进行单因素试验。

(2)热烫: 将果实在90 °C的水浴中热烫50 s^[13]。

(3)去皮: 热烫后的样品进行手工去皮, 将去皮全果置于已加入10 mL墨汁的200 mL清水中。

(4)预热: 将盛有样品的体积为500 mL的烧杯放入恒温水浴槽中, 预热至设定温度。

(5)真空脉冲处理: 将烧杯置于真空箱内, 利用空气压缩机进行真空脉冲处理。

(6)流水冲洗: 将处理后的样品在水流速度为1~1.5 m/s的流水下冲洗1~2 min。

2.2.3 检测方法

(1)渗透程度: 以墨汁作为染色剂^[14,15], 测定水渗透入橘瓣间的程度。

$$\text{渗透程度} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\%$$

式中, L_1 为橘瓣腰部最宽处长度, cm; L_2 为橘瓣腰部未被染色部分长度, cm。

(2)感官评分: 分别从染色程度、分瓣效果和汁胞质地进行感官评分, 满分15分, 最低分0分, 评分标准见表1。

3 结果与分析

3.1 单因素试验及其结果

3.1.1 真空度对分瓣效果的影响

固定预热温度为50 °C, 分别在真空度为50、60、70、80和90 kPa的条件下进行15次真空脉冲处理, 每次脉冲时间3 min, 通过渗透程度和感官评分进行综合评定, 每组试验平行10次, 取数学平均值。

表1 感官评分表
Table 1 Sensory evaluation standard

项目	满分	评价标准	分值
染色程度	5分	橘瓣间被染色部分达2/3以上	4~5
		橘瓣间被染色部分达1/3以下	2~3
		橘瓣间极少部分被染色	0~1
分瓣效果	5分	橘瓣分开	4~5
		橘瓣间部分分开	2~3
		橘瓣间粘结紧密	0~1
汁胞质地	5分	汁胞无损伤	4~5
		汁胞无明显损伤	2~3
		处理过度致汁胞损伤	0~1

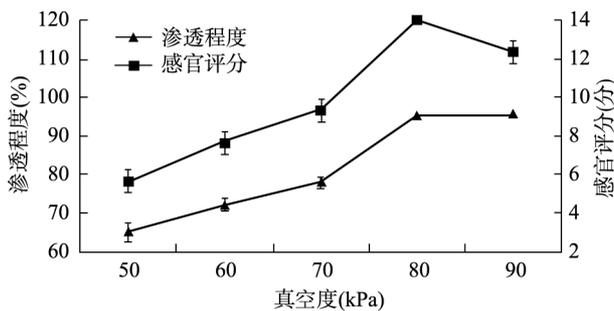


图1 真空度对分瓣效果的影响($n=10$)

Fig. 1 Effect of vacuum degree on segment efficiency ($n=10$)

由图1可知,随着真空度的提高,渗透程度与感官评分均大幅上升。当真空度为80 kPa时,渗透程度为95.03%,感官评分达到最大值;当真空度为90 kPa时,渗透程度可达到95.33%,但感官评分有所下降。经分析,负压过大造成去分瓣后的果实汁胞质地变软,并且外层汁胞有受损现象,影响其感官品质,因此选择80 kPa为适宜真空度。

3.1.2 脉冲次数对分瓣效果的影响

固定预热温度为50℃,真空度为80 kPa,分别进行5、10、15、20和25次真空脉冲处理,每次脉冲时间3 min,通过渗透程度和感官评分进行综合评定,每组试验平行10次,取数学平均值。

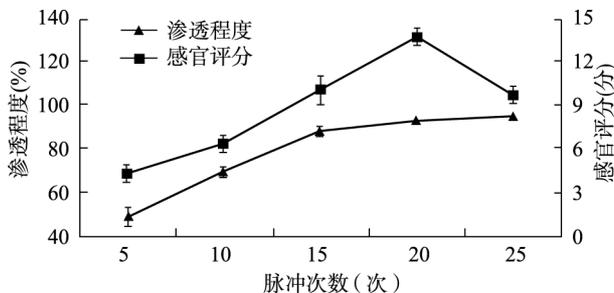


图2 脉冲次数对分瓣效果的影响($n=10$)

Fig. 2 Effect of vacuum pulse frequency on segment efficiency ($n=10$)

由图2可知,渗透程度随着脉冲次数的增加呈升高趋势,感官评分随着脉冲次数的增加呈先升高后降低的趋势。即相同时间间隔的情况下,脉冲次数越多,分瓣效果越好,但脉冲次数过多时,反而降低分瓣的效果。当脉冲次数为20次时,感官评分达到最大值,当脉冲次数达25次时,虽然渗透程度稍高于20次,但感官评分大幅降低。经分析,适宜的真空脉冲处理可促进液体的渗透及橘瓣间结合力的减小,但真空脉冲处理次数过多时,汁胞质地受到一定影响,且有明显汁胞受损现象出现,故选择20次脉冲次数为好。

3.1.3 脉冲时间对分瓣效果的影响

固定预热温度为50℃,真空度为80 kPa,脉冲次数为20次,每次真空脉冲时间分别为1、2、3、4和5 min,通过渗透程度和感官评分进行综合评定,每组试验平行10次,取数学平均值。

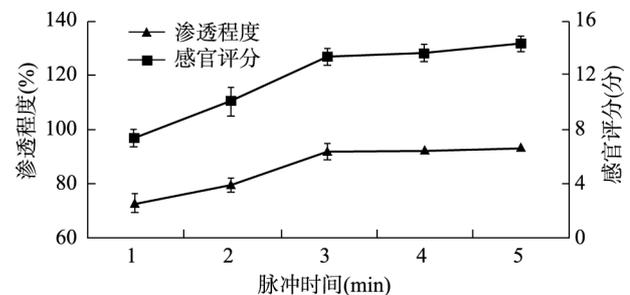


图3 脉冲时间对分瓣效果的影响($n=10$)

Fig. 3 Effect of vacuum pulse time on segment efficiency ($n=10$)

由图3可知,渗透程度与感官评分随脉冲时间变化趋势一致,脉冲时间延长利于果实分瓣。当脉冲时间为3 min时,渗透程度和感官评分都较高,脉冲时间为4 min、5 min时,渗透程度和感官评分虽有升高,但幅度较小,并逐渐趋于稳定。因此,选择脉冲时间3 min作为较优水平。

3.1.4 预热温度对分瓣效果的影响

分别预热至 30、40、50、60 和 70 °C 后, 在 80 kPa 的真空条件下进行 20 次真空脉冲处理, 每次脉冲时间 3 min, 通过渗透程度和感官评分进行综合评定, 每组试验平行 10 次, 取数学平均值。

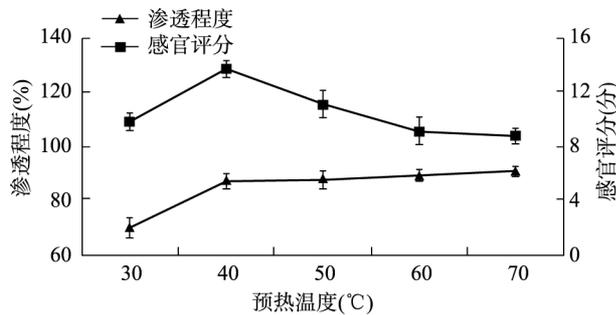


图 4 预热温度对分瓣效果的影响(n=10)

Fig. 4 Effect of preheating temperature on segment efficiency (n=10)

由图 4 可知, 渗透程度随预热温度的增加而逐渐增加, 感官评分则随预热温度的增加先上升再逐渐降低。当预热

温度为 40 °C 时, 渗透程度较高且感官评分最高。这是因为温度增加, 热处理降低了果胶的粘度, 从而促进分瓣的效果。继续升温, 渗透程度稍有增加, 但感官评分明显降低。原因是过高的温度影响汁胞的质地, 使汁胞变软, 降低产品的风味。综合分析得出合适的预热温度为 40 °C。

3.2 正交试验及其结果

根据单因素试验, 确定真空度、脉冲次数、脉冲时间、预热温度为变量, 进行 $L_9(3^4)$ 正交试验, 以感官评分为分瓣效果的指标, 探讨雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣的最优工艺参数。正交试验设计见表 2, 正交试验结果及极差分析见表 3。

由表 3 极差分析可以看出, $R_A > R_B > R_C > R_D$, 表明, 对雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣工艺影响较大的是真空度, 其次是脉冲次数, 再次是脉冲时间和预热温度, 即 $A > B > C > D$ 。从 K 值看, 较优水平为 $A_2B_2C_3D_1$, 即真空度为 80 kPa, 脉冲次数为 20 次, 脉冲时间为 4 min, 预热温度为 30 °C。对正交试验数据进行方差分析, 结果见表 4。

表 2 $L_9(3^4)$ 正交试验设计
Table 2 Orthogonal test design of $L_9(3^4)$

水平	因素			
	A (真空度/kPa)	B (脉冲次数/次)	C (脉冲时间/min)	D (预热温度/°C)
1	70	15	2	30
2	80	20	3	40
3	90	25	4	50

表 3 正交试验结果分析
Table 3 Results of the orthogonal test and data analysis

试验号	A (真空度/kPa)	B (脉冲次数/次)	C (脉冲时间/min)	D (预热温度/°C)	感官评分/分
1	1	1	1	1	8.75
2	1	2	2	2	10.50
3	1	3	3	3	8.75
4	2	1	2	3	11.50
5	2	2	3	1	13.25
6	2	3	1	2	9.50
7	3	1	3	2	8.25
8	3	2	1	3	9.00
9	3	3	2	1	7.50
K_1	28.00	28.50	27.25	29.50	
K_2	34.25	32.75	29.50	28.25	
K_3	24.75	25.75	30.25	29.25	
k_1	9.33	9.50	9.08	9.83	
k_2	11.42	10.92	9.83	9.42	
k_3	8.25	8.58	10.08	9.75	
R	9.50	7.00	3.00	1.25	
优水平	A_2	B_2	C_3	D_1	
主次顺序			$A > B > C > D$		
综合优水平			$A_2B_2C_3D_1$		

表4 正交试验方差分析
Table 4 Valance analysis of the orthogonal test

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F 值	临界 F_{α}	显著性
A(真空度)	15.54	2	7.77	53.23	$F_{0.05}(2,2)=19$	*
B(脉冲次数)	8.29	2	4.15	28.40	$F_{0.01}(2,2)=99$	*
C(脉冲时间)	1.63	2	0.82	5.57		
D(预热温度)	0.29	2	0.15	1.00		
误差 e	0.29	2	0.15			

表5 不同分瓣方法的对比
Table 5 Comparison of different segment methods

分瓣方法	破损率(%)	人力(人)	耗时(h)	耗水(t)	设备	加工成本(元)	产品稳定性
人工分瓣法	≥ 5	5	12	≤ 5	无	550~600	不稳定
真空脉冲法	≤ 2	2	4	20~25	设备简单、易操作	280~330	稳定

注: 破碎率、人力、耗时、耗水等均以生产 1 t 产品来计算。

由表4可知, $F_{0.05} < F_A < F_{0.01}$ 且 $F_{0.05} < F_B < F_{0.01}$, 即真空度和脉冲次数对雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣工艺影响显著; $F_C < F_{0.05} < F_{0.01}$, $F_D < F_{0.05} < F_{0.01}$, 即脉冲时间和预热温度对分瓣工艺没有显著影响。因此, 在生产工艺过程中, 要注重真空度和脉冲次数, 以保障分瓣效果和产品质量。

3.3 最佳分瓣工艺的验证

3.3.1 正交实验结果的验证

验证上述分析得出的最佳方案, 预热至 30 °C, 在真空度 80 kPa 条件下进行 20 次 4 min 脉冲处理, 感官评分为 (13.67±0.58)分, 经流水冲洗后, 可以得到分瓣完全、无汁胞受损现象、色泽鲜亮且口感爽脆的样品。

3.3.2 不同分瓣方法的对比

参考湖南省邵阳市某日产 100 t 橘片罐头出口企业的人工分瓣过程, 将本研究正交试验所得的真空脉冲法最佳分瓣工艺条件与人工分瓣法相比较。通过破损率、人力、耗时、耗水、设备、成本和产品稳定性等方面的对比, 由表5可知, 真空脉冲法分瓣具有明显优势。

4 结论与讨论

在单因素试验基础上, 采用正交试验设计, 优化雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣工艺, 得出雪峰蜜橘分瓣的最佳工艺参数为: 真空度为 80 kPa, 脉冲次数为 20 次, 脉冲时间为 4 min, 预热温度为 30 °C。在此条件下的感官评分为 (13.67±0.58)分, 经流水冲洗后, 可以得到分瓣完全、无汁胞受损现象、色泽鲜亮且口感爽脆的样品。

本研究通过优化雪峰蜜橘真空脉冲法分瓣工艺, 实现柑橘的自动分瓣。为解决现有的人工柑橘分瓣效率低下、工人劳动强度大、分瓣后橘片质量不稳定的技术问题提供可靠的理论依据和试验基础。而通过该方法分瓣后, 产品

营养保持的效果有待进一步的研究。

为缩短分瓣时间, 提高分瓣效率, 可考虑在真空脉冲处理的过程中辅以振荡、搅拌等机械外力作用, 而对于如何保证振荡、搅拌等机械外力不会影响处理效果以及橘片的果肉汁胞质地, 有待进一步研究。

参考文献

- [1] 尹锦辉, 吴菲菲, 赵良忠, 等. 柑橘果肉饮料生产中去皮和脱囊衣技术研究进展[J]. 食品工业, 2016, (05): 254-256.
Yin JH, Wu FF, Zhao LZ, et al. Progress on technology of dehull and removal of endocarp in citrus pulp beverage processing [J]. Food Ind, 2016, (05): 254-256.
- [2] 单杨. 柑橘全果榨汁及果粒饮料的产业化开发[J]. 中国食品学报, 2012, 12(10): 1-9.
Shan Y. Industrialization development of pure citrus and its pulp drink [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2012, 12(10): 1-9.
- [3] 陆胜民. 世界柑橘生产、贸易、加工的历史、现状与发展趋势[J]. 食品与发酵科技, 2010, (06): 63-68, 71.
Lu SM. The history, current status and development trend of world citrus plantation, trade and processing [J]. Food Ferment Technol, 2010, (06): 63-68, 71.
- [4] 龙艳珍, 吴菲菲, 赵良忠, 等. 微切助互作技术提取橘皮精油研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(10): 4045-4049.
Long YZ, Wu FF, Zhao LZ, et al. Extraction method of essential oil by press-shear assisted interaction technology from citrus peel [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(10): 4045-4049.
- [5] 单杨. 中国柑橘工业的现状、发展趋势与对策[J]. 中国食品学报, 2008, 8(1): 1-8.
Shan Y. Present situation, development trend and countermeasures of citrus industry in China [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2008, 8(1): 1-8.
- [6] 单杨. 我国柑橘工业现状及发展趋势[J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2014, (4): 13-17.
Shan Y. Present situation and development trend of citrus industry in

- China [J]. *Agric Eng Technol*, 2014, (4): 13–17.
- [7] 李杰, 吴厚玖, 马亚琴, 等. 酶法真空间歇处理脱除脐橙果皮和囊衣的条件优化[J]. *食品科学*, 2014, 35(2): 18–22.
Li J, Wu HJ, Ma YQ, *et al.* Optimization of enzymatic peeling of navel orange under intermittent vacuum conditions [J]. *Food Sci*, 2014, 35(2): 18–22.
- [8] 夏湘, 赵良忠, 袁其丽, 等. 雪峰蜜橘果皮色素的稳定性研究[J]. *食品科学*, 2008, 29(12): 102–106.
Xia X, Zhao LZ, Yuan QL, *et al.* Study on stability of pigment from ‘Xuefeng’ tangerine peel [J]. *Food Sci*, 2008, 29(12): 102–106.
- [9] 陈玲娟, 赵良忠, 林亲录, 等. 超临界 CO₂ 萃取雪峰蜜橘橘皮精油的中试条件研究[J]. *食品科学*, 2011, 32(2): 120–123.
Chen LJ, Zhao LZ, Lin QL, *et al.* Optimization of process conditions for pilot-scale supercritical Carbon dioxide extraction of essential oil from ‘Xuefeng’ tangerine peel [J]. *Food Sci*, 2011, 32(2): 120–123.
- [10] 单杨, 李高阳, 张菊华, 等. 柑橘生物酶法脱囊衣技术研究[J]. *食品科学*, 2009, (3): 141–144.
Shan Y, Li GY, Zhang JH, *et al.* A method of taking off citrus fruit mesocarp using compound enzyme preparation in a self-made device [J]. *Food Sci*, 2009, (3): 141–144.
- [11] 程绍南. 我国柑橘加工业发展现状及趋势[J]. *农产品加工*, 2007, (11): 15–17.
Cheng SN. Present situation and development trend of citrus industry in China [J]. *Acad Period Farm Prod Process*, 2007, (11): 15–17.
- [12] 卢敏. 宽皮柑橘剥皮方法的试验研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
Lu M. Experimental study of citrus reticulata peel method [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [13] 王业福, 蒋路翔. 柑桔酶法脱囊衣工艺研究[J]. *中国南方果树*, 2011, (04): 61–63.
Wang YF, Jiang LX. Technology of citrus membrane segment peeling [J]. *South China Fruits*, 2011, (04): 61–63.
- [14] Pretel MT, Botella MA, Aoros A, *et al.* Obtaining fruit segments from a traditional orange variety (*Citrus sinensis* L.) Osbeck cv. Sangrina by enzymatic peeling [J]. *Eur Food Res Technol*, 2007, (225): 783–788.
- [15] Pretel MT, Botella MA, Amoros A, *et al.* Optimization of vacuum infusion and incubation time for enzymatic peeling of ‘Thomson’ and ‘Mollar’ oranges [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2007, 40(1): 12–20.

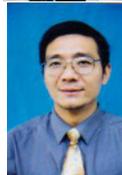
(责任编辑: 姚 菲)

作者简介



谢 乐, 硕士, 主要研究方向为果蔬清洁加工。

E-mail: 332482421@qq.com



赵良忠, 教授, 主要研究方向为食品科学技术。

E-mail: sys169@163.com