

酶法脱囊衣工艺优化及对甜橙囊胞品质的影响

束俊霞, 周倩, 程丽萍, 李纪涛, 蒋一鸣, 杨梦花, 蒋和体*
(西南大学食品科学学院, 重庆 400715)

摘要:以甜橙为原料, 优化酶法脱囊衣工艺条件, 在此基础上比较研究酶法与酸碱法脱囊衣对甜橙囊胞品质的影响。结果表明, 酶法脱囊衣优化工艺参数为戊聚糖复合酶添加量0.35%、酶解温度50℃、酶解时间40 min。酸碱法脱囊衣后, 囊胞汁液中VC、总酸、还原糖、总糖和香气成分的保存率分别为78.71%、56.01%、75.17%、79.45%、82.72%; 酶法脱囊衣后, 囊胞汁液中主要营养成分的保存率均可达96%以上, 香气成分保存率也提高了15.46%。综合各项指标, 酶法脱囊衣效果优于酸碱法。

关键词:甜橙; 脱囊衣; 酶法; 酸碱法

Optimization of Enzymatic Removal of Endocarp from Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Segments Using Viscozyme and the Impact on Cystic Quality

SHU Jun-xia, ZHOU Qian, CHENG Li-ping, LI Ji-tao, JIANG Yi-ming, YANG Meng-hua, JIANG He-ti*
(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: The enzymatic removal of the endocarp from sweet orange (*Citrus sinensis*) segment using viscozyme was optimized in this study. Meanwhile, the effects of the enzymatic method and the traditional acid-alkali method for endocarp removal on orange cystic quality were compared. Results showed that the optimal enzymatic conditions were as follows: viscozyme concentration, 0.35%; temperature, 50℃ and hydrolysis time, 40 min. After acid-alkali treatment, the preservation rates of vitamin C, total acid, reducing sugar, total sugar and aroma components in cystic juice were respectively 78.71%, 56.01%, 75.17%, 79.45% and 82.72%. In contrast, the preservation rate of main nutritional components in cystic juice was more than 96% and the preservation rate of aroma components was increased by 15.46%. We conclude that the enzymatic method is superior to the acid-alkali method with respect to all the indicators.

Key words: *Citrus sinensis*; endocarp removal; enzymatic method; acid-alkali method

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)14-0030-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201414006

甜橙 (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) 是芸香科柑橘属植物, 含有丰富的维生素、有机酸、矿物质等多种对人体有益的生物活性物质, 能增强机体抵抗力, 增加毛细血管弹性, 降低血中胆固醇等, 具有较高的营养保健功能^[1-2]。甜橙酸甜适中, 清香爽口, 它既可鲜食, 又可加工成以果汁为主的各种饮料制品, 其中粒粒橙饮料是一种可直接饮用的具有保健作用的饮料。

粒粒橙也称带果肉橙汁饮料, 它是天然果汁或饮料中添加砂囊配制而成的, 其果汁含量为10%~100%, 砂囊含量为5%~30%; 而甜橙囊胞风味浓厚, 已成为生产高品质带肉产品的首选。近年来, 国内外的科研人员对生物酶法去皮^[3-4]在柑橘脱囊衣中

的应用特别关注。酶法脱囊衣是一种生产效率高、产品质量稳定、安全性高、不污染环境的柑橘橘瓣脱囊衣新技术^[5-7], 它是通过酶解作用分解橙瓣囊衣中纤维素和果胶质, 打破果胶质和纤维素的连接, 实现囊衣和囊胞分离^[8]。在国内, 酶法脱囊衣在柑橘罐头产业中虽已经投产, 但由于技术成本高, 酶质量存在差异等因素的限制^[9-10], 在柑橘饮料制品的实际生产中并没有得到推广。本实验通过对酶法脱囊衣的工艺条件进行优化, 并与传统的酸碱法脱囊衣进行比较, 研究其对甜橙囊胞品质的影响, 从而为酶法在柑橘脱囊衣生产中的应用和推广提供一些理论基础, 以期对实际生产能有一定的指导作用。

收稿日期: 2013-09-26

基金项目: “十二五”农村领域国家科技支撑计划项目(2012BAD31B10-5)

作者简介: 束俊霞(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品化学与营养。E-mail: shujunxia@126.com

*通信作者: 蒋和体(1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为农产品加工。E-mail: jheti@126.com

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

奥灵达(Olinda)夏橙,取自重庆市三峡建设集团有限公司忠县柑橘基地。

戊聚糖复合酶(酶活力100 FBG/g) 诺维信公司;酒石酸钾钠、硫酸铜·5H₂O、葡萄糖、2,6-二氯酚、抗坏血酸、草酸、氢氧化钠、柠檬酸、亚铁氰化钾、次甲基蓝、一缩二乙二醇(分析纯) 成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

JA2003A电子天平 上海精天电子仪器有限公司;电子万用炉 北京市光明医疗仪器有限公司;HR2027榨汁机 飞利浦电子香港有限公司;PHS-3C精密pH计 上海仪电科学仪器股份有限公司;722-P可见分光光度计 上海现科仪器有限公司;HH-1数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司;QP2010气相色谱-质谱联用仪 日本岛津公司。

1.3 方法

1.3.1 材料准备

挑选品质相同、大小相似的甜橙,经清洗后分两部分:一部分榨汁,在酶法脱囊衣时作为酶解液使用;另一部分手工剥皮分瓣,并将橙瓣上的白色网络结构除尽,待用。

1.3.2 酶法脱囊衣^[10-12]工艺的优化

在进行单因素试验的基础上,选择酶液添加量、酶解时间和酶解温度作为甜橙酶法脱囊衣工艺的试验因素。L₉(3⁴)正交试验因素水平设计见表1,以酶解后测得的酶解液中还原糖含量为指标,对最佳酶解条件进行优化。

表1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels used in orthogonal array design

水平	因素		
	A酶添加量/%	B酶解时间/min	C酶解温度/℃
1	0.25	20	45
2	0.30	30	50
3	0.35	40	55

1.3.3 酸碱法脱囊衣^[13]

取准备好的橙瓣,先按酸液与橙瓣1.3:1(mL/g)比例,于0.2%盐酸溶液中30℃酸解50 min,倒去酸液,用纯净水将橙瓣漂洗2次,沥干明水。然后再将橙瓣按碱液与橙瓣1.5:1(mL/g)比例,于0.5%NaOH溶液中45℃温浴3 min,倒去碱液,用纯净水将橙瓣漂洗3次,沥干明水。然后将得到的囊胞研磨,过滤取汁,测定橙汁的营养成分。

1.3.4 橙汁品质指标的分析测定

1.3.4.1 品质指标测定

可溶性固形物含量的测定:采用手持折光仪测定^[14];还原糖和总糖含量的测定:采用斐林试剂还原滴定法^[14];总酸含量的测定:采用电位滴定法^[14];VC含量的测定:采用2,6-二氯酚测定法^[15];总黄酮含量的测定:采用分光光度法^[16]。

1.3.4.2 香气成分提取方法

采用固相微萃取法。取6 mL待测样品置于25 mL固相微萃取专用样品瓶中,50℃水浴平衡10 min后,插入经老化的萃取头(250℃老化40 min),顶空萃取30 min后,将萃取头插入气相色谱-质谱联用仪进样口,220℃解吸6 min。

1.3.4.3 橙汁香气成分分析

采用气相色谱-质谱联用分析法^[17-18]。

色谱条件:色谱柱DB-5MS(30 m×0.25 mm,0.25 μm),进样口温度220℃;升温程序:35℃保持4 min;以10℃/min升至104℃,以35℃/min升至130℃,保持3 min;以5℃/min升至200℃,保持1 min;以8℃/min升至230℃,保持6 min;载气流量1.0 mL/min;采用不分流方式进样。

质谱条件:电子电离源;电子能源70 eV;灯丝发热电流0.25 mA;电子倍增器电压1 000 V;离子源温度230℃;接口温度230℃;质量扫描范围m/z 40~450。

1.4 数据分析方法

采用SPSS Statistics 20.0软件对结果进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 酶法脱囊衣工艺条件优化

2.1.1 工艺优化结果

表2 正交试验设计及结果

Table 2 Orthogonal array design and results for orange endocarp removal

试验号	A	B	C	还原糖含量/(g/100 mL)
1	1	1	1	4.801
2	1	2	2	5.693
3	1	3	3	5.362
4	2	1	3	5.734
5	2	2	1	6.054
6	2	3	2	6.572
7	3	1	2	7.372
8	3	2	3	6.142
9	3	3	1	6.002
K ₁	15.856	17.811	16.857	
K ₂	18.360	17.907	19.637	
K ₃	19.516	17.936	17.238	
R	3.660	0.125	2.780	

根据表2的结果,经极差分析可知,试验因素主次顺序为酶添加量>酶解温度>酶解时间,各因素的最佳组合为 $A_3B_3C_2$ 。即戊聚糖复合酶添加量0.35%、酶解时间40 min、酶解温度50℃。

表3 正交试验方差分析表

Table 3 Analysis of variance (ANOVA) for the experimental results of orthogonal array design

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
校正模型	4.234	6	0.706	3 764.624	<0.000 1
A	2.334	2	1.167	6 224.645	<0.000 1
B	0.386	2	0.193	1 029.877	0.01
C	1.514	2	0.757	4 039.349	<0.000 1
误差	<0.000 1	2	<0.000 1		
总和	325.026	9			

从方差分析表3可以看出,在酶添加量、酶解时间、酶解温度3个因素中,酶解时间为显著因素,而酶添加量和酶解温度为极显著性因素。

2.1.2 验证实验

以最佳组合 $A_3B_3C_2$ 为酶解条件进行多次脱囊衣实验,结果表明,在酶解温度50℃时,酶解时间达到40 min后,囊衣基本脱除完全且橘瓣完整质地紧实,酶解液中还原糖含量为7.633 g/100 mL。

2.2 不同方法脱囊衣对甜橙囊胞品质的影响

2.2.1 不同方法脱囊衣对甜橙橙汁主要营养成分的影响

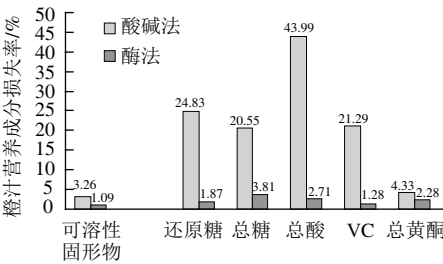


图1 两种方法处理后橙汁的主要营养成分损失率

Fig.1 Comparisons of losses of main nutrients in orange juice in response to endocarp removal enzymatic method and conventional acid-alkaline method

由图1可知,两种方法处理对甜橙囊胞汁液的主要营养成分造成了不同程度的损失。酸碱法脱囊衣得到的囊胞汁液中VC、总酸、还原糖、总糖的损失率分别为21.29%、43.99%、24.83%、20.55%;而酶法脱囊衣得到的囊胞汁液中VC、总酸、还原糖、总糖的损失率分别为1.28%、2.71%、1.87%、3.81%,比酸碱法处理分别提高了20.01%、41.28%、22.96%、16.74%;但两种方法处理对囊胞汁液的可溶性固形物和总黄酮含量的影响相差不大。

2.2.2 不同方法脱囊衣处理对甜橙橙汁香气成分的影响

不同处理橙汁总离子流图见图2~4。运用计算机谱库(NIST/Wiley)进行初步检索及资料分析,再结合文

献[19-21],确定了甜橙橙汁中主要香气成分,采用峰面积归一法定量分析,鉴定出不同处理橙汁中主要香气成分并计算出各组分的相对含量,结果见表4。

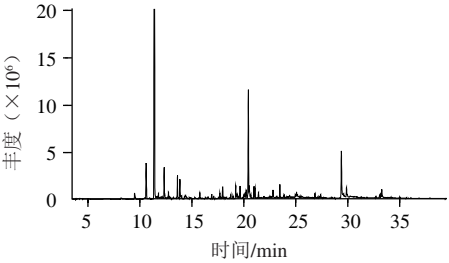


图2 鲜榨橙汁总离子流色谱图

Fig.2 Total ion current chromatogram of freshly squeezed orange juice

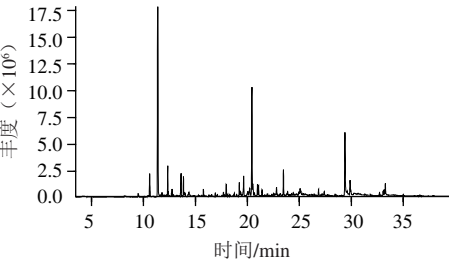


图3 酶法脱囊衣处理橙汁总离子流色谱图

Fig.3 Total ion current chromatogram of orange juice obtained from enzymatic removal of endocarp

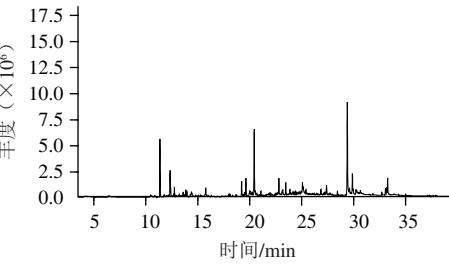


图4 酸碱法脱囊衣处理橙汁香气成分总离子流色谱图

Fig.4 Total ion current chromatogram of orange juice obtained from acid-alkaline removal of endocarp

表4 不同处理后橙汁主要香气成分种类和含量

Table 4 Main aroma compounds and contents of in orange juice obtained by different treatments

种类	化合物名称	含量/($\mu\text{g/mL}$)		
		鲜榨橙汁	酶法处理橙汁	酸碱法处理橙汁
烯萜类	α -蒎烯	1.31	2.49	0.79
	4-桉萜	0.05	—	—
	4-萜烯	0.25	0.06	—
	右旋柠檬烯/柠檬烯	46.15	40.79	7.28
	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	0.28	0.03	—
	2-甲基-5-乙基辛烷	0.26	0.10	—
	萜品烯/松油烯	0.52	0.22	—
	3-十四碳烯	0.35	—	—
	2,4,6-三甲基辛烷	0.31	—	—

续表4

种类	化合物名称	含量/($\mu\text{g/mL}$)		
		鲜榨橙汁	酶法处理橙汁	酸碱法处理橙汁
烯烃类	十四烷	0.14	0.16	0.41
	1-石竹烯	0.86	0.27	0.12
	δ -杜松烯	1.11	0.19	—
	2,6,10,14-四甲基十六烷	0.19	—	0.56
	β -芹子烯	0.93	0.96	—
	α -芹子烯	1.36	1.39	—
	香叶烯	0.41	0.38	—
	β -榄香烯	1.15	1.19	—
	巴伦西亚橘烯	9.49	10.38	9.91
	β -律草烯	0.28	—	1.13
	2-甲基十二烷	0.12	—	—
	2,6,10-三甲基十二烷	0.22	—	—
	十六烷	0.70	0.98	2.72
	三十一烷	0.40	—	—
	十七烷	0.56	—	2.07
	2,6,10,14-四甲基十五烷	0.43	0.56	2.07
	二十一烷	0.04	0.89	0.57
	9-环己基二十烷	0.15	0.06	—
	1-甲基-4-乙酰基-1-环己烯	0.15	0.14	—
	3-甲基-5-丙基壬烷	0.12	—	—
	萜澄茄烯	—	0.96	—
	2,6,10-三甲基十五烷	—	0.47	0.98
	β -金合欢烯	—	0.42	—
	4,5-二甲基-2-十一碳烯	—	0.11	—
	十五烷	—	—	0.41
	2,6,10-三甲基十五烷	—	—	0.98
醇类	异十三醇	0.14	0.07	0.11
	芳樟醇	1.92	1.88	2.75
	(S)-顺马鞭草烯醇	0.28	0.14	0.31
	β -松油醇	0.05	0.06	—
	α -松油醇	1.47	1.37	0.74
	3-癸烯醇	0.10	0.11	0.2
	4-萜品醇	1.59	1.55	0.5
	香茅醇	0.59	—	—
	白千层醇	0.45	0.47	—
	柏木脑	0.16	—	0.67
	蓝桉醇	0.25	0.33	—
	异辛醇	—	0.19	—
	薄荷醇	—	0.21	0.43
	3,7-二甲基-6-辛烯醇	—	0.67	—
	橙花醇	—	—	0.33
	乙酸橙花酯	0.28	0.19	—
	辛酸正丁酯	0.17	0.17	—
	4-(1-甲基烯基)-1-环己烯-1-甲醇乙酸酯	0.13	—	—
	辛酸己酯	0.09	0.16	—
	硬脂酸乙酯	0.18	0.22	—
酯类	肉豆蔻酸异丙酯	0.02	0.06	0.39
	邻苯二甲酸二异丁酯	0.10	0.15	0.57
	(Z)-十六烯酸甲酯	5.79	7.86	17.69
	棕榈酸甲酯/十六酸甲酯	1.02	1.58	3.53
	十六酸乙酯	0.06	0.08	0.33
	亚油酸甲酯	0.24	0.36	0.83
	油酸甲酯	0.88	1.09	0.11
	醋酸辛酯	—	0.12	—
	2-乙基己酸-2-乙基己酯	—	—	0.25
	乙酸香芹酯	—	—	0.14

续表4

种类	化合物名称	含量/($\mu\text{g/mL}$)		
		鲜榨橙汁	酶法处理橙汁	酸碱法处理橙汁
醛类	β -甜橙醛	0.36	—	—
	癸醛	0.25	0.27	0.64
	肉豆蔻醛	0.29	0.28	1.49
	顺-7-十四烯醛	0.04	—	0.74
	十八醛	0.19	0.04	5.14
酮类	辛醛	—	—	0.23
	香芹酮	0.09	0.07	0.14
	甲位紫罗兰酮	0.11	0.10	0.27
	香叶基丙酮	1.13	1.27	2.29
	2-甲基-5-异丙烯基环己酮	—	0.17	—
其他	13-十四碳烯酮	—	—	0.12
	丁醚脲	0.15	0.40	—
	棕榈酸	0.08	0.25	—
	十八烷基乙烯基醚	—	0.02	—
	棕榈油酸	—	—	0.99
	2,4-二叔丁基苯酚	—	—	0.32

注：—.未检出。

由表4可知,用不同方法处理得到的3种橙汁样品被检测出总的香气成分81种,烯烃类35种,醇类15种,酯类15种,醛类6种,酮类5种,其他物质5种。

3种橙汁样品的香气成分中被检测出种类最多的均为烯烃类,且共有的主要成分为柠檬烯、巴伦西亚橘烯、芳樟醇、(Z)-十六烯酸甲酯,但总的香气成分的种类和含量均有所不同。鲜榨橙汁经GC-MS分析鉴定出62种化合物,其中烯烃类29种,含量68.29 $\mu\text{g/mL}$ (78.64%);醇类11种,含量6.9 $\mu\text{g/mL}$ (7.95%);酯类12种,含量8.96 $\mu\text{g/mL}$ (10.32%);酮类3种,含量1.33 $\mu\text{g/mL}$ (1.53%);醛类5种,含量1.13 $\mu\text{g/mL}$ (1.30%);其他物质2种,含量0.23 $\mu\text{g/mL}$ (0.26%)。酶法脱囊衣处理得到囊胞汁液中香气总组成成分为57种,与鲜橙汁相比新增了11种,减少了16种,香气成分保存率为98.18%;酸碱法脱囊衣处理得到囊胞汁液香气总组成成分为43种,与鲜橙汁相比新增加了11种,减少了30种,香气成分保存率为82.72%。经两种不同方式的脱囊衣处理,甜橙汁中样品中挥发性风味组成发生了变化。但酶法脱囊衣处理得到的囊胞汁液与酸碱法脱囊衣相比,香气总组成成分多了14种,香气成分保存率提高了15.46%。

Tonder^[22]、Qiao Yu^[23]、Selli^[24]等研究鲜榨橙汁中挥发性风味物质表明,对其香气成分起主要作用的化合物中包含柠檬烯、月桂烯、 α -松油醇等。由表4可知,酸碱法脱囊衣得到的囊胞汁液中柠檬烯、月桂烯和 α -松油醇损失很大,保存率却只有15.78%、3.85%、50.34%;与之相比,酶法脱囊衣得到的囊胞汁液中柠檬烯、月桂烯和 α -松油醇的保存率却提高了72.61%、61.25%、42.86%。

表明传统的酸碱法脱囊衣会对橙汁香气成分造成较大的损害,严重影响产品的感官品质,相比酶解的方法却能够较好保留其香气成分。

实验中不同方法脱囊衣处理也使甜橙橙汁中一些香气成分发生了改变,如图5所示。

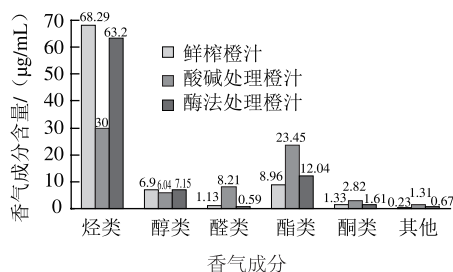


图5 不同处理方式橙汁主要香气变化

Fig.5 Effect of endocarp removal treatments on content of main aroma compounds in orange juice

由图5可知,两种方法脱囊衣处理后醇类、酮类总含量变化相对较小;烃类经酶法脱囊衣处理与鲜榨橙汁比较略有降低,而酸碱法脱囊衣处理与鲜榨橙汁比较减少了1倍多;醛类经酶法脱囊衣处理增加了6倍多,而酸碱法脱囊衣处理减少了47.79%;酯类、其他类物质经酶法脱囊衣处理后分别增加了1.62倍和4.70倍,而酸碱法脱囊衣处理后分别增加了34.38%和1.91倍。

3 结论

本实验采用酶法和酸碱法脱囊衣对甜橙囊胞品质的影响进行研究,得到单一复合酶——戊聚糖复合酶酶解脱囊衣的最佳酶解工艺:酶添加量0.35%、酶解时间40 min、酶解温度50℃。酸碱法脱囊衣处理时间长,并进行多次冲洗,对囊胞汁液中VC、总酸、还原糖、总糖营养成分造成的损失大;而酶法脱囊衣耗时较短,操作简单,得到的囊胞汁液中主要营养成分损失得很少,保存率均可达到96%以上。在香气成分方面,与酸碱法脱囊衣处理相比,酶法脱囊衣处理得到的囊胞汁液总香气成分多了15种,香气保存率提高了15.46%;一些特征香气物质,如柠檬烯、月桂烯和 α -松油醇含量也远高于酸碱法脱囊衣处理;两种方法脱囊衣处理后囊胞汁液总香气成分和鲜榨橙汁相比,含量和种类均有所改变。综合分析可知,与酸碱法脱囊衣相比,酶法脱囊衣的效果更好,可以极大地保留橙汁中的营养成分和香气成分,更适用于柑橘的实践加工应用。

参考文献:

[1] MOUFIDA S, MARZOUK B. Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange[J]. Phytochemistry, 2003, 62(8): 1283-1289.

[2] KELEBEK H, SELLI S, CANBAS A, et al. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan[J]. Microchemical Journal, 2009, 91(2): 187-192.

[3] GREWAL S, SURINDER P. Method and device for peeling citrus fruit: Japan, 2004159639[P]. 2004-06-10.

[4] PRETEL M T, BOTELLA M A, AMOROS A, et al. Obtaining fruits segments from a traditional orange variety (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Sangrina) by enzymatic peeling[J]. European Food Research and Technology, 2007, 225(5/6): 783-788.

[5] LIU F, OAMAN A, YUSOF S. Effects of enzyme-aided peeling on the quality of local mandarin (*Citrus reticulata* B.) segments[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2004, 28(5): 336-347.

[6] PAGAN A, CONDE J, IBARZ A, et al. Orange peel degradation and enzyme recovery in the enzymatic peeling process[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2006, 41(2): 113-120.

[7] CARLIOZ P. Domestic tool for peeling e.g. citrus fruit: France, 2867371[P]. 2005-09-16.

[8] 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, 30(3): 141-144.

[9] 周月桂, 张尚武. 酶法脱囊衣: 催生橘瓣罐头新“王国”[N]. 湖南日报, 2012-03-22(01).

[10] 张俊, 程绍南, 夏其乐, 等. 柑桔囊衣脱除技术进展[J]. 食品科技, 2008, 33(9): 42-43.

[11] 王业福, 蒋路翔. 柑橘酶法脱囊衣工艺研究[J]. 中国南方果树, 2011, 40(4): 61-63.

[12] 方修贵, 李嗣彪, 林媚, 等. 复合酶解法脱除柑橘囊衣工艺研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 203-204.

[13] 王士刚, 潘思铁. 柑橘罐藏酶法脱囊衣去囊衣试验研究[J]. 食品科学, 1992, 13(5): 16-21.

[14] 国家标准化管理委员会. GB/T 5009—2003 食品检验方法: 理化检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 627-628.

[15] PENG Bangzhu, YUE Tianli, YUAN Yahong. Quality evaluation of kiwi wine[J]. International Journal of Food Engineering, 2006, 2(4): 1-6.

[16] GB/T 12143—2008 饮料通用分析方法[S].

[17] JORDAN M J, GOODNER K L, LAENCINA J. Deaeration and pasteurization effects on the orange juice aromatic fraction[J]. LWT-Food Science and Technology, 2003, 36(4): 391-396.

[18] 乔宇, 谢笔钧, 张弛, 等. 顶空固相微萃取-气质联用技术分析3种柑橘果实的香气成分[J]. 果树学报, 2007, 24(5): 699-704.

[19] 郭莉, 吴厚玖, 王华, 等. 贮藏过程中甜橙汁香气成分变化[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 293-297.

[20] 郭莉, 吴厚玖, 王华, 等. 加工过程中夏橙汁香气成分的SPME-GC-MS分析[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 259-263.

[21] 张妍, 乔宇, 张韵, 等. 三种非浓缩还原橙汁香气成分分析[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 379-382.

[22] TONDER D, PESTERSEN M A, POLL L, et al. Discrimination between freshly made and stored reconstituted orange juice using GC odor profiling and aroma values[J]. Food Chemistry, 1998, 61(1): 223-229.

[23] QIAO Yu, XIE Bijun, ZHANG Yan, et al. Characterization of aroma active compounds in fruit juice and peel oil of jinchen sweet orange fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by GC-MS and GC-O[J]. Molecules, 2008, 13(6): 1333-1344.

[24] SELLI S, CABAROGLU T, CANBAS A. Volatile flavor components of orange juice obtained from the cv. Kozan of Turkey[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2004, 17(6): 789-796.