

文章编号:1001-6880(2016)10-1526-08

# 葡萄糖氧化酶和柠檬汁对甘蔗汁保鲜效果的研究

沈王庆<sup>1,2\*</sup>,陈 蓉<sup>1</sup>,赵秀蓉<sup>1</sup>,杨 帆<sup>1</sup><sup>1</sup>内江师范学院化学化工学院; <sup>2</sup>“果类废弃物资源化”四川省高等学校重点实验室,内江 641100

**摘要:**为了研究甘蔗汁的保鲜,在鲜甘蔗汁中添加葡萄糖氧化酶和柠檬汁。利用单因素考察了葡萄糖氧化酶的量(A)、酶解温度(B)、酶解时间(C)和柠檬汁的量(D)对甘蔗汁保鲜效果的影响,在此基础上设计L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交实验,得出最优组合,并利用紫外光谱和红外光谱进行表征。实验结果表明在室温20℃下40 mL甘蔗汁保鲜的最优组合为:葡萄糖氧化酶的量为0.060 mg、酶解温度为30℃、酶解时间为10 min和柠檬汁的量为1 mL,因素的主次关系依次为柠檬汁的量、酶解温度、葡萄糖氧化酶的量和酶解时间,在最优组合条件下甘蔗汁能有效地保鲜12 d,保鲜12 d的样品和新鲜甘蔗汁的紫外光谱基本相同,红外光谱中都具有醌类物质吸收峰,而变质后的样品紫外发色基团C=C、C≡C和共轭多烯遭到了破坏,没有明显的醌类物质红外吸收峰。

**关键词:**甘蔗汁;保鲜;葡萄糖氧化酶;柠檬汁

中图分类号:TS255.44

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.10.005

## Preservative Effect of Glucose Oxidase and Lemon Juice on Sugarcane Juice

SHEN Wang-qing<sup>1,2\*</sup>, CHEN Rong<sup>1</sup>, ZHAO Xiu-rong<sup>1</sup>, YANG Fan<sup>1</sup><sup>1</sup> Key Laboratory of Fruit Waste Treatment and Resource Recycling of Sichuan Provincial College;<sup>2</sup> College of Chemistry and Chemical Engineering, Neijiang Normal University, Neijiang 641100, China

**Abstract:** In order to study the preservation of sugarcane juice, lemon juice and glucose oxidase were added into fresh sugarcane juice. By single factor experiments, the amount of glucose oxidase (A), enzymolysis temperature (B), enzymolysis time (C) and lemon juice volume (D), on preservative effect of sugarcane juice, were investigated. On the basis of single factor experiments, the L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) orthogonal tests were designed. The optimal combination were confirmed and the sample was characterized by UV and FT-IR. The result showed that at 20℃, the optimal conditions for preservation were: sugarcane juice of 40 mL, the amount of glucose oxidase of 0.060 mg, enzymolysis temperature of 30℃, enzymolysis time of 10 min and lemon juice volume of 1 mL. The relationship between primary and secondary factors were lemon juice volume, enzymolysis temperature, amount of glucose oxidase and enzymolysis time. Under the optimal conditions, sugarcane juice can effectively keep preservation for 12 days. The UV spectra of the samples of 12 days and fresh sugarcane juice was basically the same, and the IR spectra all had the absorption peak of quinones. Ultraviolet color group C = C, C≡C and conjugated polyene of the samples after modification was destroyed and had no infrared quinone absorption peaks.

**Key words:** sugarcane juice; preservation; glucose oxidase; lemon juice

甘蔗汁以其丰富的营养和甘甜的风味而深受广大消费者的喜爱,但甘蔗汁极易受微生物的侵染等而引起变质<sup>[1]</sup>。使用变质的甘蔗汁不仅容易对人体造成危害,而且还会造成资源浪费。因此需要寻求一种简便而又有效的保鲜方法来贮藏甘蔗汁。传统的果汁保鲜方法有防腐剂保存法、浓缩保存法、热杀菌法、冷藏法等<sup>[2-4]</sup>,而目前世界各国都已广泛使

用化学保鲜剂来抑制或破坏微生物的生长繁殖,从而防止果汁变质<sup>[5-8]</sup>。化学保鲜剂虽然能起到保鲜的效果,但也会给人体健康带来一些危害。近年来,随着人类生活水平的不断提高,天然无副作用的果汁保鲜剂越来越成为研究的热点,除了国标规定可以使用的天然防腐剂茶多酚、乳酸链球菌素和乳酸菌之外,现在还有报道可以应用于果汁的天然防腐剂有:柠檬汁、柠檬烯、苦瓜提取物、竹叶提取物等<sup>[9,10]</sup>,张莉等人研究了柠檬汁对甘蔗汁的保鲜工艺,在一定条件下甘蔗汁能有效地保鲜8天<sup>[11]</sup>。

现在食品行业的一些领域已经运用酶技术保

鲜<sup>[12,13]</sup>。葡萄糖氧化酶(GOD)是从特异青霉等霉菌和蜂蜜中发现的酶,是一种天然的食品添加剂,对人体没有副作用。葡萄糖氧化酶可以除去食品和容器中的氧,从而有效地防止食物变质<sup>[14]</sup>。葡萄糖氧化酶使用条件温和,具有专一性和高效性,对别的物质不易造成影响,容易控制终点,且价格便宜,所需添加量少等优点。甘蔗汁含有一定量的葡萄糖和果糖等还原糖,利用葡萄糖氧化酶不仅能对甘蔗汁起到保鲜作用,还能抑制还原糖的分解和美拉德反应<sup>[15]</sup>。柠檬汁中含有丰富的维生素,是美容养颜的天然佳品,可以消除皮肤色素沉着,有美白的功效。柠檬汁不仅具有消炎、杀菌的作用,对果汁的褐变也具有抑制作用,还能降血压、抗氧化和抗癌等功效<sup>[16,17]</sup>。在甘蔗汁中添加葡萄糖氧化酶和柠檬汁较在甘蔗汁中添加竹叶乙醇提取液和柠檬汁不仅能起到更好的保鲜作用,且形成的甘蔗汁风味也有所不同,更有利于扩大甘蔗汁的销售范围,从而可更有效地促进甘蔗业的发展<sup>[18]</sup>。

在经离心、灭菌后的甘蔗汁中添加葡萄糖氧化酶和鲜榨柠檬汁,利用理化性质(pH、Vc、糖度及透光率)和感官评价分别研究了葡萄糖氧化酶的用量、酶解时间、酶解温度和柠檬汁的量对甘蔗汁保鲜效果的影响。在单因素基础上采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交实验得出甘蔗汁保鲜的最优工艺、因素的主次关系及显著性,并利用紫外光谱和红外光谱对其进行表征,研究分析变质机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与材料

#### 1.1.1 材料与试剂

柠檬和甘蔗均来自四川内江;磷酸、氯化铜、冰

表1 鲜榨甘蔗汁的理化性质和感官评价

Table 1 The main physical and chemical indicators of sugarcane juice

pH	Vc 含量 Vc content (μg/mL)	糖度 Sugar content (%)	透光率 Transmittance (%)	感官评价 Sensory evaluation
5.40	48.74	20.6	19.8	清香、浅黄色透明无沉淀、未粘稠

### 1.4 葡萄糖氧化酶的用量对保鲜效果的影响

分别称取0.045、0.060、0.075、0.090、0.105 mg葡萄糖氧化酶至于带有编号并经高温干燥的150 mL锥形瓶中,分别加入经离心、灭菌后的甘蔗汁40 mL,混合均匀后在温度为20 ℃下、水浴10 min。冷却后用苗洁牌聚乙烯保鲜膜密封贮存,在室

乙酸、抗坏血酸均为分析纯,成都金山化学有限公司;葡萄糖氧化酶(50 U/mL),分析纯,上海源叶生物科技有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器设备

紫外可见分光光度计:752型,北京谱析;手持式糖度计:XTY5102132型,杭州路恒生物科技有限公司;离心机:TGL-10c,上海安亭科学仪器;数显恒温水浴锅:HH-S<sub>2</sub>,金坛市医疗仪器厂;pH计:PHS-3E型,上海仪电科学仪器股份有限公司;红外分光光度计:TJ270-30型,天津市光学仪器厂.

### 1.2 柠檬汁和甘蔗汁的制备

柠檬汁的制备:挑选合格的柠檬洗净,去皮,去核,用刀切成薄片,放入榨汁机榨汁后,用两层灭菌纱布进行粗过滤,所得滤液再用5000 rpm的离心机离心10 min,制得的汁液用密封瓶装好,放入5 ℃冰箱中冷藏备用。

甘蔗汁的制备:选择新鲜的甘蔗,洗净,去皮用小刀破碎后放入榨汁机中榨汁,在5000 rpm的离心机中离心10 min,取上层清液,在微波功率为200 W下,灭菌7 min后<sup>[18]</sup>备用。

### 1.3 甘蔗汁保鲜效果的评定

以鲜榨甘蔗汁的总偏移值和感官评价作为对甘蔗汁保鲜效果的评价指标。总偏移值为甘蔗汁的理化性质(pH、Vc含量、糖度和透光率)的测量值与鲜甘蔗汁相应值之差的绝对值之和,感官评价包括样品的口感、色泽、沉淀和粘度。由表1可知鲜榨甘蔗汁的感官评价:清香、黄色透明、无沉淀和未粘稠。利用总偏移值和感官评价作为保鲜程度参考,感官评价越接近新鲜甘蔗汁且样品的总偏移值越小表明保鲜效果越好。

表1 鲜榨甘蔗汁的理化性质和感官评价

Table 1 The main physical and chemical indicators of sugarcane juice

温20 ℃条件下保存6 d,测定其理化性质和感官评价的变化,确定最佳的葡萄糖氧化酶用量。

### 1.5 酶解时间对保鲜效果的影响

称取0.075 mg的葡萄糖氧化酶至于带有编号并经高温干燥的150 mL锥形瓶中,分别加入经离心、灭菌后的甘蔗汁40 mL,混合均匀后在温度为30

℃下、分别水浴 10、15、20、25、30 min。冷却后用苗洁牌聚乙烯保鲜膜密封贮存,在室温 20 ℃条件下保存 6 d, 测定其理化性质和感官评价的变化, 确定最佳的反应时间。

### 1.6 酶解温度对保鲜效果的影响

称取 0.075 mg 的葡萄糖氧化酶至于带有编号并经高温干燥的 150 mL 锥形瓶中, 分别加入经离心、灭菌后的甘蔗汁 40 mL, 混合均匀后分别在温度为 20、30、40、50、60 ℃下、水浴 15 min。冷却后用苗洁牌聚乙烯保鲜膜密封贮存, 在室温 20 ℃条件下保存 6 d, 测定其理化性质和感官评价的变化, 确定最佳的反应时间。

### 1.7 柠檬汁的量对保鲜效果的影响

称取 0.075 mg 的葡萄糖氧化酶至于带有编号

并经高温干燥的 150 mL 锥形瓶中, 分别加入经离心、灭菌后的甘蔗汁 40 mL, 混合均匀后在温度为 30 ℃下、水浴 15 min。冷却后再分别加入 1、2、3、4、5 mL 的柠檬汁, 用苗洁牌聚乙烯保鲜膜密封贮存, 在室温 20 ℃条件下保存 6 d, 测定其理化性质和感官评价的变化, 确定最佳的反应时间。

### 1.8 正交试验设计

利用葡萄糖氧化酶的量、酶解时间、酶解温度和柠檬汁的量为因素, 设计  $L_9(3^4)$  正交实验如表 2 所示。研究在室温 20 ℃下保存 12 d 后 40 mL 甘蔗汁的理化性质和感官评价, 得出最优组合, 利用紫外光谱和红外光谱进行表征, 并对最优组合的理化性质和感官评价进行了分析。

表 2 保鲜因素与水平表

Table 2 Factors and levels of  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment

水平 Level	葡萄糖氧化酶的量 Amount of glucose oxidase (A/mg)	酶解温度 Enzymatic hydrolysis temperature (B/℃)	酶解时间 Enzymatic hydrolysis time (C/min)	柠檬汁的量 Amount of lemon juice (D/mL)
1	0.060	20	10	1
2	0.075	30	15	2
3	0.090	40	20	3

表 3 葡萄糖氧化酶的用量对样品理化性质的影响

Table 3 Effect of glucose oxidase amount on the physicochemical properties of samples

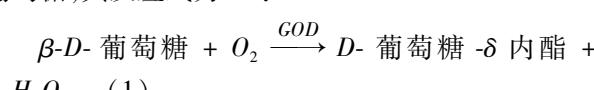
理化性质 Physical and chemical properties	0 mg	0.045 mg	0.060 mg	0.075 mg	0.090 mg	0.105 mg
pH	3.67	4.68	4.72	4.76	4.72	4.71
V <sub>c</sub> 含量 V <sub>c</sub> content (mg/mL)	26.36	38.12	42.25	46.39	46.40	46.40
总糖度 Sugar content (%)	16.5	18.5	18.2	17.8	17.6	17.5
透光率 Transmittance (%)	8.9	12.8	13.4	16	15.8	15.7
总偏移值 Total offset	39.11	20.44	15.97	9.59	10.02	10.23

## 2 结果与讨论

### 2.1 葡萄糖氧化酶的用量对保鲜效果的影响

表 3 是葡萄糖氧化酶的用量对样品理化性质的影响。由表 3 可知随着葡萄糖氧化酶用量的增加, 样品的 pH 值先增加, 当用量为 0.075 mg 后减小; V<sub>c</sub> 含量先增大, 当用量为 0.075 mg 后基本不变; 透光率开始增加很明显, 当用量为 0.075 mg 后反而有所下降; 总糖度不断减小, 当用量为 0.075 mg 后减小不明显。这是由于葡萄糖氧化酶主要作用于  $\beta$ -D

葡萄糖, 其反应式为<sup>[19]</sup>:



开始时随葡萄糖氧化酶用量的不断增加, 消耗甘蔗汁中 O<sub>2</sub> 和  $\beta$ -D-葡萄糖的量也不断增加, 保鲜效果不断变好, 因而此时的 pH 值、V<sub>c</sub> 含量和透光率不断增大, 总糖度有所减小, 总偏移值不断减小, 当酶用量超过 0.075 mg 后, 40 mL 甘蔗汁中 O<sub>2</sub> 的有效反应基本完成, 再增加酶用量的反应效果不明显, 因而 pH 值、V<sub>c</sub> 含量、总糖度和透光率变化不明显,

由于酶用量的增加,溶液浓度变大,反而导致透光率有所下降,因而偏移值也不断增加。

表 4 葡萄糖氧化酶的用量对样品感官评价的影响  
Table 4 Effect of glucose oxidase amount on the sensory evaluation of samples

Sensory evaluation	0 mg	0.045 mg	0.060 mg	0.075 mg	0.090 mg	0.105 mg
口感(分)Taste ( score )	1	5	8	16	15	15
色泽(分)Color ( score )	3	8	12	15	14	13
粘度(分)Viscosity ( score )	2	6	10	15	15	15
沉淀(分)Deposition ( score )	3	5	9	14	13	13

注:口感总计 25 分,腐酸 0~10 分,清香 10~25 分,口感越接近新鲜甘蔗汁分数越高;色泽 0~25 分,颜色越深分数越低;粘度:0~25 分,粘度越大分数越低;沉淀:0~25 分,沉淀越少分数越高。下同。

Note: The highest of taste, color, viscosity and deposition were all 25, same as below.

表 4 为葡萄糖氧化酶的用量对样品感官评价的影响。由表 4 可知在 40 mL 的甘蔗汁中加入葡萄糖氧化酶的用量为 0.075 mg 后,感官评价基本接近新鲜甘蔗汁。综合表 3 和表 4 可知,每 40 mL 的甘蔗汁取 0.075 mg 为宜。

## 2.2 酶解时间对保鲜效果的影响

表 5 和表 6 分别为酶解时间对样品理化性质和感官评价的影响。由表 5 和表 6 可知随酶解时间的延长,样品的 pH、V<sub>c</sub> 含量、总糖度和总偏移值开始时均先增加当反应时间超过 15 min 后又不断减小,加热时间少于 15 min 的样品都出现腐酸味,且粘

稠。这是由于开始时随酶解时间的延长,样品中的氧不断被消耗,因而样品中的 pH、V<sub>c</sub> 含量和总糖度开始时都先不断增加,总偏移值不断减小,保鲜效果不断变好;当酶解时间超过 15 min 后,因为酶解是在 30 ℃下进行的,随加热时间的延长,甘蔗汁中的一些组分被破坏,因而样品中的 pH、V<sub>c</sub> 含量和总糖度又不断减小,总偏移值不断增大,产生的沉淀也较多,保鲜效果反而不断变差;酶解时间少于 15 min 的样品都出现了明显的变质。综上表 5 和表 6 可知酶解时间取 15 min 为宜。

表 5 酶解时间对样品理化性质的影响  
Table 5 Effect of enzymolysis time on the physicochemical properties of samples

Physical and chemical properties	0 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
pH	3.76	4.18	4.24	4.22	4.21	4.19
V <sub>c</sub> 含量 Vc content ( mg/mL )	25.45	36.88	43.92	42.44	41.44	40.34
总糖度 Sugar content ( % )	15.8	17.1	18.5	18.4	18.3	17.6
透光率 Transmittance ( % )	8.9	15.2	26.3	26.8	27.8	28.2
总偏移值 Total offset	40.63	21.18	14.58	16.68	18.79	21.01

表 6 酶解时间对样品感官评价的影响  
Table 6 Effect of enzymolysis time on the sensory evaluation of samples

Sensory evaluation	0 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
口感(分)Taste(score)	3	8	18	16	14	14
色泽(分)Colour(score)	4	11	19	19	17	16
粘度(分)Viscosity(score)	5	13	19	18	18	17
沉淀(分)Deposition(score)	5	12	18	13	14	15

## 2.3 酶解温度对保鲜效果的影响

表7和表8为酶解温度对样品理化性质和感官评价的影响。由表7和8可知随酶解温度的升高pH不断升高;V<sub>c</sub>含量、总糖度和透光率先不断增加,总偏移值不断减小,保鲜效果不断变好,到30℃后V<sub>c</sub>含量、总糖度和透光率又不断减小,保鲜效果不断变差,酶解温度为20、50℃和60℃的样品明显

出现了腐酸、粘稠等变质现象。这是由于开始时随温度的升高酶的活性不断增强,反应效果不断变好,因而保鲜效果不断变好,当反应温度超过30℃后,随着温度的不断升高,酶的活性不断变弱,甘蔗汁中的糖类、V<sub>c</sub>不断遭到破坏,因而偏移值也不断增大,加热50℃和60℃的样品明显变质。综合表7和表8可知酶解温度取30℃为宜。

表7 酶解温度对样品理化性质的影响

Table 7 Effect of enzymolysis temperature on the physicochemical properties of samples

理化性质 Physical and chemical properties	20 ℃	30 ℃	40 ℃	50 ℃	60 ℃
pH	3.61	3.66	3.75	3.89	4.27
V <sub>c</sub> 含量 V <sub>c</sub> content (mg/mL)	30.64	37.28	32.36	27.28	26.8
总糖度 Sugar content (%)	18.1	18.4	18.2	17.5	17
透光率 Transmittance(%)	13.6	15.1	13.5	9.8	9.3
总偏移值 Total offset	28.69	20.5	26.93	36.07	37.17

表8 酶解温度对样品感官评价的影响

Table 8 Effect of enzymolysis temperature on the sensory evaluation of samples

感官评价 Sensory evaluation	20 ℃	30 ℃	40 ℃	50 ℃	60 ℃
口感(分)Taste(score)	8	21	17	8	5
色泽(分)Colour(score)	11	20	16	15	13
粘度(分)Viscosity(score)	13	20	20	16	14
沉淀(分)Deposition(score)	12	19	18	13	12

## 2.4 柠檬汁的量对保鲜效果的影响

表9和表10为酶解温度对样品理化性质和感官评价的影响。由表9和10可知随柠檬汁的量不断增加pH不断减小,V<sub>c</sub>含量、总糖度和透光率开始时不断增大,总偏移值不断减小,保鲜效果不断变好,当柠檬汁的量超过2mL后,V<sub>c</sub>含量、总糖度和透光率反而不断减小,总偏移值不断增大,保鲜效果不断变差;甘蔗汁经过6d的保存后,颜色都成黄色,加入1、3、4、5mL柠檬汁的样品明显的出现了变

质,产生的沉淀也较多。这是由于柠檬汁具有杀死甘蔗汁中细菌的作用<sup>[20]</sup>,因而开始时随柠檬汁的量的增加,保鲜效果不断变好,因而V<sub>c</sub>含量、总糖度和透光率不断增加,感官评价也不断变好;当柠檬汁的量超过2mL后,由于柠檬汁的酸度较大,所以随柠檬汁的量的增加,pH也不断减小,对甘蔗汁的一些组织结构可能造成破坏,同时也使葡萄糖氧化酶的活性也有所减小<sup>[21]</sup>,因而保鲜效果不断变差。

表9 柠檬汁的量对样品理化性质的影响

Table 9 Effect of lemon juice volume on the physicochemical properties of samples

理化性质 Physical and chemical properties	1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL
pH	3.51	3.28	3.14	3.06	2.94
V <sub>c</sub> 含量 V <sub>c</sub> content (mg/mL)	27.68	33.88	29.2	28.93	28.97
总糖度 sugar content (%)	16.5	17	16.8	16.2	15.4
透光率 transmittance(%)	29.3	29.8	29.7	29.1	28.6
总偏移值 Total offset	36.55	30.58	35.5	35.85	36.23

表 10 柠檬汁的量对样品感官评价的影响

Table 10 Effect of lemon juice volume on the sensory evaluation of samples

Sensory evaluation	1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL
口感(分)Taste(score)	9	21	8	6	6
色泽(分)Colour(score)	18	19	18	17	17
粘度(分)Viscosity(score)	16	22	15	14	14
沉淀(分)Deposition(score)	15	22	16	15	14

## 2.5 正交实验

实验方案及结果如表 11 所示。

表 11 正交实验方案及结果

Table 11 Results of the  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment

实验号 No.	A	B	C	D	总偏移值 Total offset
1	1	1	1	1	42.42
2	1	2	2	2	38.98
3	1	3	3	3	32.95
4	2	1	2	3	34.67
5	2	2	3	1	38.27
6	2	3	1	2	34.46
7	3	1	3	2	36.04
8	3	2	1	3	36.03
9	3	3	2	1	37.22
$k_1$	38.12	37.71	37.64	39.30	
$k_2$	35.80	37.76	36.96	36.49	
$k_3$	36.43	34.88	35.75	34.55	
R	2.31	2.88	1.88	4.75	

表 12 样品的感官评价

Table 12 The sensory evaluation of samples

Sensory evaluation	1	2	3	4	5	6	7	8	9
口感(分)Taste(score)	4	5	18	9	4	15	9	8	7
色泽(分)Colour(score)	10	13	16	13	11	14	14	13	13
粘度(分)Viscosity(score)	7	10	18	13	8	15	11	11	10
沉淀(分)Deposition(score)	9	8	19	12	7	14	8	7	9

由表 11 中  $k$  值可知, 因素的最优组合为  $A_1B_2C_1D_1$ , 即葡萄糖氧化酶的量为 0.060 mg、酶解温度为 30 ℃、酶解时间为 10 min 和柠檬汁的量为 1 mL。此条件下通过 3 次平行实验得到总偏移值的

平均值为 31.05, 比实验方案中编号 3 的总偏移值 32.95 要小, 因而实验因素的最优组合为  $A_1B_2C_1D_1$ 。由表 11 中的 R 值可知因素的主次关系依次为柠檬汁的量、酶解温度、葡萄糖氧化酶的量、

酶解时间。由表 12 可知正交表中仅 3 号和 6 号感官接近鲜甘蔗汁,其余样品均以变质。

表 13 方差分析表

Table 13 Variance analysis

方差来源 Sources of variation	偏差平方和 S Sum of squares of deviations	自由度 f Freedom	F 值 F-measure	F 临界值 F critical value	显著性 Significant
A	8.6	2	0.5	4.5	
B	16.3	2	1.0	4.5	
C	5.5	2	0.3	4.5	
D	34.3	2	2.1	4.5	

表 13 为方差分析表,由表 13 可知无因素具有显著性。

表 14 最优组合样品的理化性质和感官评价

Table 14 The sensory evaluation of optimal combination samples

pH	Vc 含量 Vc content ( $\mu\text{g/mL}$ )	糖度 Ssugar content (%)	透光率 Transmittance (%)	感官评价 Sensory evaluation
4.26	36.62	17.6	22.8	淡清香、黄色多沉淀、未粘稠

表 14 为最优组合的理化性质和感官评价。由表 14 可知,在室温下保存 12 d 的最优组合样品的平均 pH 值、 $V_c$  和糖度较鲜甘蔗汁出现了下降,透光率增加,感官评价除产生沉淀较多外,其余基本接近鲜甘蔗汁。

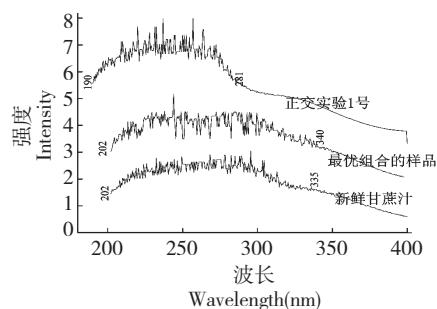


图 1 样品的紫外光谱

Fig. 1 UV spectrum of samples

图 1 为样品的紫外光谱。由图 1 可知最优组合下的样品和新鲜甘蔗汁紫外光谱基本相同,这说明最优组合下的样品的保鲜效果基本接近鲜甘蔗汁。经保留 12 d 的正交实验 1 号样品在 281 ~ 340 nm 处基本没有吸收峰,表明发色基团 C=C、C≡C 和共轭多烯遭到了破坏,导致 1 号样品发生了变质。

图 2 为样品的红外光谱。由图 2 可知新鲜甘蔗汁在  $3419 \text{ cm}^{-1}$  处的吸收峰表明含有-OH 伸缩振动峰;  $2938 \text{ cm}^{-1}$  处的峰为  $\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_2$  的不对称伸缩振动峰; 在  $2360 \text{ cm}^{-1}$  处的吸收峰表明鲜甘蔗汁中可能溶有具有一定抑菌作用的  $\text{CO}_2$  成份; 在  $1652 \text{ cm}^{-1}$  附近

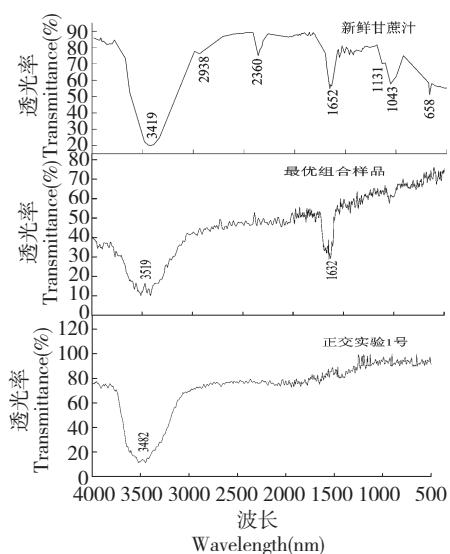


图 2 样品的红外光谱

Fig. 2 IR spectra of samples

出现了醌类吸收峰;最优实验组合样品中在  $1632 \text{ cm}^{-1}$  也出现了明显的醌类吸收峰,而正交实验 1 号不明显,表明该样品中的一些醌类物质已还原成酚类物质,发生了褐变,与表 11、12 和图 2 分析一致。新鲜甘蔗汁的红外光谱图形比最优组合和正交实验 1 号样品的光滑,表明新鲜甘蔗汁的成分相对简单一些。

### 3 结论

在加热除菌的甘蔗汁中加入适量的葡萄糖氧化

酶和柠檬汁,经一定的酶解温度和酶解时间后,能有效地保鲜甘蔗汁。甘蔗汁保鲜的最优组合为:葡萄糖氧化酶的量为0.060 mg、酶解温度为30℃、酶解时间为10 min 和柠檬汁的量为1 mL,即实验因素的最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>。因素的主次关系依次为柠檬汁的量、酶解温度、葡萄糖氧化酶的量和酶解时间,没有因素具有显著性,在最优组合下甘蔗汁能有效地保鲜12 d。最优组合下的样品和新鲜甘蔗汁的紫外光谱基本相同,且都具有醌类物质吸收峰,而变质后的正交实验1号在281~340 nm处基本没有紫外吸收峰,发色基团C=C、C≡C和共轭多烯遭到了破坏,没有明显的醌类物质红外吸收峰,样品中的一些醌类物质已还原成酚类物质,发生了褐变。

## 参考文献

- Yang F(杨帆),Wei XJ(魏锡均),Shen WQ(沈王庆). Study on clarification technology of sugarcane juice. *J Henan Agric Sci*(河南农业科学),2015,44:151-155.
- Singh P,Shahi HN,Suman A,*et al*. Sugarcane juice concentrate -Preparation,preservation and storage. *J Food Sci Technol*,2002,39:96-98.
- Gabriela A,Silvia Q,Ana MP,*et al*. Pasteurization of blackberry juice preserves polyphenol-dependent inhibition for lipid peroxidation and intracellular radicals. *J Food Compos Anal*,2015,42:56-62.
- Mauro DS,Rui PQ,Liliana GF,*et al*. Preservation of a highly perishable food,watermelon juice,at and above room temperature under mild pressure (hyperbaricstorage) as an alternative to refrigeration. *LWT -Food Sci Technol*,2015,62:901-905.
- Muhammad A,Javid U,Ali M,*et al*. Evaluation of strawberry juice preserved with chemical preservatives at refrigeration temperature. *Int J Nutr Metab*,2010,2(2):27-32.
- Kanishk R,Shourya P. Preservation of Sugarcane Juice Using Hurdle Technology. *Int J Sci Eng Technol*,2014,12:1455-1458.
- Bibhuti BM,Satyendra G,Arun S. Shelf life extension of sugarcane juice using preservatives and gamma radiation processing. *J Food Sci*,2011,76:M573-M578.
- Chauhan OP,Singh D,Tyagi SM. Studies on preservation of sugarcane Juice. *Int J Food Prop*,2002,5:217-219.
- Betanzos-Cabrera G,Montes-Rubio PY,Fabela-Illésicas HE,*et al*. Antibacterial activity of fresh pomegranate juice against clinical strains of *Staphylococcus epidermidis*. *Food Nutr Res*,2015,59:27620.
- Oliveira M,Viñas I,Colàs P,*et al*. Effectiveness of a bacteriophage in Reducing *Listeria monocytogenes* on fresh-cut fruits and fruit juices. *Food Microbiol*,2014,38:137-142.
- Zhang L(张莉),Wang M(王森),Du DJ(杜德俊),*et al*. Study on technology of sugarcane juice preservation with lemon juice. *Food Res Dev*(食品研究与开发),2016,37:201-205.
- Wang SQ(王树庆),Liu XH(刘秀华). Glucose oxidase and its application on food industry. *Food Sci Technol*(食品科技),2001,3:30-31.
- Lan R,Wu ZM,Zhang LQ. Effect of glucose oxidase on the preservation of raspberries. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技),2014,35:308-311.
- Ge L,Zhao YS,Mo T,*et al*. Immobilization of glucose oxidase in electrospun nanofibrous membranes for food preservation. *Food Control*,2012,26:188-193.
- Huang KL(黄康宁). Study on the effect of improvement of sugar cane juice clarification by enzymatic. Nanling:Guangxi University(广西大学),PhD. 2000.
- Enver BB,Omer C,Karlo M. Effect of lemon juice on the survival of *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* in Cig Kofte (Raw meatball). *Brit Food J*,2011,113:1183-1194.
- Hajimahmoodi MMG,Mousavi SM,Sadeghi N,*et al*. Total antioxidant activity, and hesperidin, diosmin, eriocitrin and quercetin contents of various lemon juices. *Trop J Pharm Res*,2014,13:951-956.
- Shen WQ(沈王庆),Wei XJ(魏锡均). Preservation effect of bamboo leaves ethanol extract and lemon juice on sugarcane juice. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发),2016,28:341-349.
- Ma QH(马清河),Hu CY(胡常英),Liu LN(刘丽娜),*et al*. Application of GOD in keeping fresh of fruit juice. *China Food Addit*(中国食品添加剂),2005,1:83-85.
- Chen ZY(陈子叶),Wang J(王静),Li RJ(李仁杰),*et al*. Effect of high hydrostatic pressure and high temperature short time on quality of cloudy and clear sugarcane juice. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技),2015,36:131-141.
- Ren TY(任婷月),Zhou WL(周万里),Zhang LQ(张利群),*et al*. The new technology for detecting glucose oxidase activity. *Food Ferment Ind*(食品与发酵工业),2015,41:212-214.