

壳聚糖及柠檬汁对甘蔗汁保鲜效果的影响

Effect on preservation of sugarcane juice with chitosan and lemon juice

沈王庆^{1,2}

SHEN Wang-qing^{1,2}

(1. 内江师范学院化学化工学院, 四川 内江 641100;

2. “果类废弃物资源化”四川省高等学校重点实验室, 四川 内江 641100)

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641100, China;

2. Key Laboratory of Fruit Waste Treatment and Resource Recycling of Sichuan Provincial College, Neijiang, Sichuan 641100, China;)

摘要:利用单因素试验研究了壳聚糖质量分数、杀菌温度、杀菌时间和柠檬汁量对甘蔗汁保鲜的影响。通过 $L_9(3^4)$ 正交试验,以甘蔗汁的理化性质(pH、Vc 含量、糖度、酸度和可溶性固形物)的变化及其感官评价来确定保鲜效果,并利用紫外光谱对样品进行表征。结果表明:在室温条件下,甘蔗汁保鲜的最优组合:壳聚糖质量分数 1.5%,杀菌温度 90 °C,杀菌时间 25 min,柠檬汁量 3.0 mL。该条件下甘蔗汁能有效地保鲜 9 d,与新鲜甘蔗汁相比,口感和粘度基本无变化,且在 190~339 nm 时均有较强的吸收峰。在相同处理条件下保鲜效果好的甘蔗汁的紫外吸收峰范围较保鲜效果差的宽。

关键词:甘蔗汁;保鲜;壳聚糖;柠檬汁

Abstract: To study the effect on preservation of sugarcane juice with chitosan and lemon juice, the mass fraction of chitosan, sterilization temperature, sterilization time and dosage of lemon juice were studied by the single factor, then $L_9(3^4)$ was designed. The preservation effect were determined by the change of physicochemical characteristics (pH, Vc content, sugar content, acidity and soluble solids) and sensory evaluation of the sugarcane juice, meanwhile the samples were characterized by ultraviolet spectrum. The result showed that the best combination were the mass fraction of chitosan of 1%, the sterilization temperature of 90 °C, the sterilization time of 25 min and the dosage of lemon juice of 3.0 mL at room temperature. Under the conditions, the sugarcane juice could be preserved for 9 days. Compared with the fresh sugar cane juice, the texture and viscosity did not change, and they all had a strong absorption peak of

ultraviolet spectrum (UV) in the range of 190~339 nm. Under the same processing conditions, the UV absorption peak range of samples that the preservation effect was better and broader than the worse.

Keywords: sugarcane; preservation; chitosan; lemon juice

世界各国广泛使用化学保鲜剂来破坏或抑制微生物的生长繁殖,以防止果汁变质^[1]。随着人们生活水平的不断提高,天然无副作用的果汁保鲜剂成为研究的热点。目前对甘蔗汁保鲜的研究还主要是使用化学保鲜剂^[2-5],关于纯天然保鲜剂的研究还较少。

柠檬丰富的抗坏血酸、柠檬酸通过抑制醌类物质还原成酚类物质或者将酚类物质氧化成醌类物质来减轻褐变的发生程度,同时减少菌体对糖类的消耗,使得柠檬具有较好的杀菌作用。曾有报道^[6-7]称柠檬汁不仅能有效地消除大肠杆菌和肠炎沙门氏菌,还能保持产品的新鲜感,因此柠檬汁被广泛地用于果汁、食品的加工工艺中。张莉等^[8]研究得出在 40 mL 鲜甘蔗汁中加入 4 mL 柠檬汁,120 °C 温度下加热 25 min 时,可使甘蔗汁有效保鲜 9 d,但此工艺条件中加温度过高,容易造成甘蔗汁中 Vc、糖度和可溶性固形物等的破坏,降低甘蔗汁的营养价值。壳聚糖主要是从虾、蟹等甲壳类外壳中提取的天然多糖,是自然界中唯一的天然碱性多糖,且壳聚糖具有良好的抗菌性,在食品保鲜方面有广泛的应用前景^[9-10]。Ana B^[11]和 Manuel J G 等^[12]分别研究了壳聚糖对橙子汁和西红柿汁的保鲜,发现壳聚糖能较好地延长橙子汁和西红柿汁的保鲜时间。在鲜甘蔗汁中先后加入壳聚糖和柠檬汁的相关研究还未见相关报道。

本试验拟采用高温加热对鲜榨甘蔗汁进行杀菌处理,然后再添加壳聚糖溶液和鲜榨柠檬汁抑菌。在单因素基础上

基金项目:2013 年内江师范学院成果转化重大培育项目(编号:13CZ01)

作者简介:沈王庆(1974—),男,内江师范学院副教授,硕士。

E-mail: sqw7418@163.com

收稿日期:2015-12-20

利用 $L_9(3^4)$ 正交试验研究甘蔗汁理化性质(pH、Vc 含量、糖度、酸度和可溶性固形物)的变化,通过感官评价选出最优保鲜工艺,并利用紫外光谱进行表征,与单纯的柠檬汁保鲜进行比较,旨在进一步改善甘蔗汁保鲜的工艺条件,扩大其应用范围。

1 材料与方法

1.1 仪器与材料

1.1.1 材料与试剂

甘蔗和柠檬:产地四川内江;

壳聚糖:脱乙酰度>90%,成都科龙化工试剂厂;

冰醋酸、抗坏血酸、氯化铜、磷酸、氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾、酚酞、无水乙醇:分析纯,成都金山化学有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

紫外可见分光光度计:752型,北京谱析科技有限公司;

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型,上海安亭科学仪器;

数显恒温水浴锅:HH-S₂型,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。

1.2 试验方法

1.2.1 甘蔗汁、柠檬汁和的壳聚糖溶液制备

(1) 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,甘蔗汁经 5 000 r/min 离心 10 min,取上层清液,备用。

(2) 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,用两层杀菌纱布进行粗过滤,滤液经 5 000 r/min 离心 10 min,取上层清液装瓶、密封,于 5℃ 冰箱中冷藏备用。

(3) 壳聚糖溶液制备:取一定量的壳聚糖溶于 1% 醋酸溶液中,放入磁力搅拌器中搅拌至完全溶解且得到透明溶液即可。分别配制质量分数为 0.5%,1.0%,1.5%,2.0% 的壳聚糖溶液,备用。

1.2.2 甘蔗汁保鲜效果的评定 以鲜榨甘蔗汁的感官评价作为对甘蔗汁保鲜效果的评价指标,感官评价包括样品的口感、色泽、沉淀和粘度。当甘蔗汁出现腐败味和粘稠时即可认为是变质。以总偏移值作为保鲜程度参考,利用紫外光谱对相应的样品进行表征。总偏移值为甘蔗汁的 pH、Vc 含量、糖度、酸度和可溶性固形物的测量值与鲜甘蔗汁相应值之差的绝对值之和。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。鲜榨甘蔗汁的理化性质和感官评价见表 1。

1.2.3 壳聚糖质量分数对甘蔗汁保鲜效果的影响 准确移取 40 mL 甘蔗汁于有编号的经高温干燥的 150 mL 锥形瓶中,在 80℃ 杀菌 15 min 后,分别加入质量分数为 0.0%,0.5%,1.0%,1.5%,2.0% 的壳聚糖溶液 5 mL,在室温条件下密封保存,利用保鲜时间、总偏移值和紫外光谱,确定对甘蔗汁保鲜的影响,试验重复 3 次。

1.2.4 杀菌温度对甘蔗汁保鲜时间的影响 准确移取 40 mL 甘蔗汁于有编号的经高温干燥的 150 mL 锥形瓶中,

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/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	糖度/ %	酸度/ %	可溶性固 形物/%	感官评价
5.41	48.86	19.6	0.11	25.12	清香、黄色透明、 无沉淀、未粘稠

分别在 60,70,80,90,100℃ 下处理 15 min 后加入质量分数为 1.0% 壳聚糖溶液 5 mL,在室温条件下密封保存,利用保鲜时间、总偏移值和紫外光谱,确定对甘蔗汁保鲜的影响,试验重复 3 次。

1.2.5 杀菌时间对甘蔗汁保鲜效果的影响 准确移取 40 mL 甘蔗汁于有编号的经高温干燥的 150 mL 锥形瓶中,在 90℃ 下分别处理 15,25,35,45,55 min 后加入质量分数 1.0% 壳聚糖溶液 5 mL,在室温条件下密封保存,利用保鲜时间和总偏移值,确定对甘蔗汁保鲜的影响,试验重复 3 次。

1.2.6 柠檬汁添加量对甘蔗汁保鲜效果的影响 准确移取 40 mL 甘蔗汁于有编号的经高温干燥的 150 mL 锥形瓶中,经 90℃ 杀菌 25 min 后,加入质量分数为 1.0% 壳聚糖溶液 5 mL 后,再分别加入 1.0,2.0,3.0,4.0,5.0 mL 柠檬汁,在室温条件下密封保存,利用保鲜时间、总偏移值和紫外光谱,确定对甘蔗汁保鲜的影响,试验重复 3 次。

1.2.7 正交试验设计 利用壳聚糖的质量分数、杀菌温度、杀菌时间和柠檬汁的量为因素设计 $L_9(3^4)$ 正交试验,每组试验条件做 3 组平行。通过对其理化性质和感官评价的分析,研究在室温下的保鲜时间,并利用紫外光谱进行表征,选出保鲜的最优工艺组合和各因素的主次关系。

1.3 数据处理

利用 Excel 2007 进行试验数据处理,并利用 origin 7.5 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 壳聚糖质量分数对甘蔗汁保鲜效果的影响

由图 1 可知,开始时随壳聚糖质量分数的增加保鲜时间明显增加,当壳聚糖的质量分数为 1.0% 时,保鲜时间达到最大值 48 h(2 d),此后随质量分数的增加保鲜时间基本不变。

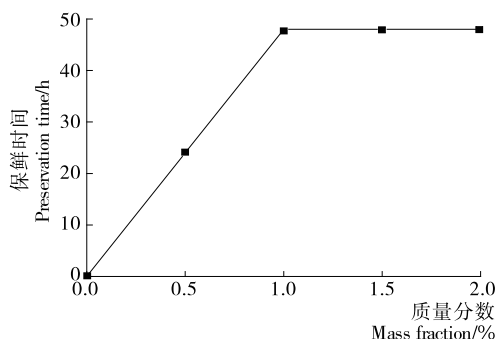


图 1 壳聚糖质量分数对甘蔗汁保鲜时间的影响
Figure 1 Effects of the mass fraction of chitosan on the preservation time of sugar cane juice

由表 2 可知,随壳聚糖质量分数的增加,样品的 pH、Vc 含量和糖度先增大后减小;酸度和总偏移值先减小后增加;可溶性固形物总体呈减小的趋势。表明开始时随壳聚糖质量分数的增加保鲜效果不断变好,当壳聚糖的质量分数为 1.0% 时总偏移值达到最小值,表明此时保鲜效果最好,与图 1 分析结果一致;之后随壳聚糖量的增加,总偏移值不断增加。这是因为开始时随壳聚糖的增加,杀菌效果不断变好,甘蔗汁中的 Vc、糖类和可溶性固形物等被细菌破坏程度不断减小,其含量与新鲜甘蔗汁相比变化较小,因而总偏移值不断减小;壳聚糖在甘蔗汁中的浓度不断增加,可能使溶液中的密度、粘度等物理化学性质发生了变化,导致溶液的 pH 值、Vc、酸度和可溶性固形物的含量也发生了一些改变,偏移值也有所增加,因而保鲜效果反而有所下降。

表 2 壳聚糖质量分数对样品理化性质的影响

Table 2 Effect of the mass fraction of chitosan on physical and chemical properties of samples

质量分数/%	pH 值	Vc 含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	糖度/ %	酸度/ %	可溶性固形物/%	总偏移值
0.00	4.05	35.16	15.41	0.24	21.34	23.51
0.50	4.63	35.64	17.26	0.21	21.23	20.62
1.00	4.64	38.66	18.83	0.20	20.51	16.48
1.50	4.43	36.45	18.62	0.22	20.22	19.62
2.00	4.41	35.68	18.51	0.23	19.62	21.52

由图 2 可知,与新鲜甘蔗汁相比,在 290~340 nm 时加入 0.0% 和 0.5% 的样品均没有出现吸收峰,加入 1.0%, 1.5%, 2.0% 的样品具有明显的吸收峰且与鲜甘蔗汁比较接近。这说明未加入或少量加入壳聚糖时,样品中的发色基团 C=C、C=C 和共轭多烯遭到了破坏,从而导致加入 0.0% 和 0.5% 的样品的总偏移值较大,感官评价差,因而保鲜效果也较差。综合图 1、2 和表 2 分析可知,对每 40 mL 甘蔗汁的保鲜,取 5 mL 质量分数为 1% 的壳聚糖为宜。

2.2 杀菌温度对甘蔗汁保鲜效果的影响

由图 3 可知,开始时随杀菌温度的升高,保鲜时间也呈增加的趋势,当杀菌温度达到 90 °C 时,保鲜时间最长达到 72 h (3 d),此后再增加保鲜温度保鲜时间基本不变。这是由

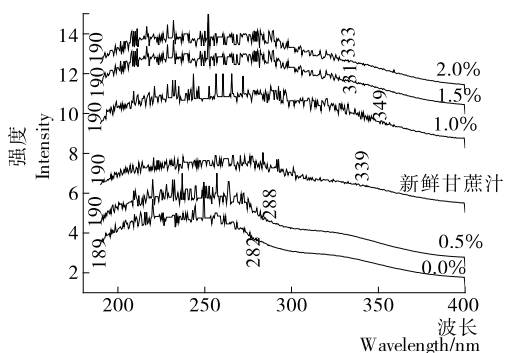


图 2 壳聚糖质量分数对样品紫外光谱的影响

Figure 2 Effect of the mass fraction of chitosan on the ultraviolet spectrum of samples

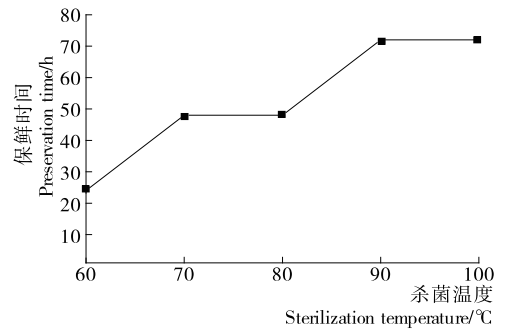


图 3 杀菌温度对甘蔗汁保鲜时间的影响

Figure 3 Effects of the sterilization temperature on the preservation time of sugar cane juice

于开始时随杀菌温度的升高,在相同的试验条件下杀菌越彻底,因而保鲜效果越好,保鲜时间越长;当杀菌温度超过 90 °C 时,细菌基本被杀死,因而再增加杀菌温度保鲜时间基本不变。

由表 3 可知,随杀菌温度的升高,样品的 pH、Vc 含量、糖度和可溶性固形物均先增加后减少;酸度与总偏移值先减小后增加。表明开始时杀菌温度越高,杀菌效果越好,样品的偏移值也不断减小,甘蔗汁的保鲜效果也就越好,当杀菌温度超过 90 °C 时,高温在杀死细菌的同时,也会对甘蔗汁的细胞组织和 Vc、糖度和可溶性固形物造成破坏,造成了 pH 值的减小和酸度的增大,因而甘蔗汁的总偏移值增加。

由图 4 可知,在波长 247~284 nm 时,杀菌温度 80 °C 的样品没有出现吸收峰,而 90 °C 的样品有明显吸收峰,表明 80 °C 的样品中的共轭多烯被分解变质,综合图 3、4 和表 3 分

表 3 杀菌温度对甘蔗汁理化性质的影响

Table 3 Effect of the sterilization temperature on physical and chemical properties of samples

杀菌温度/°C	pH 值	Vc 含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	糖度/ %	酸度/ %	可溶性固形物/%	总偏移值
60	4.05	36.60	18.1	0.28	19.0	21.41
70	4.14	38.16	18.2	0.26	19.5	19.14
80	4.24	38.56	18.6	0.24	19.8	18.22
90	4.66	42.17	18.7	0.29	20.5	13.84
100	4.58	40.80	18.4	0.33	19.5	15.93

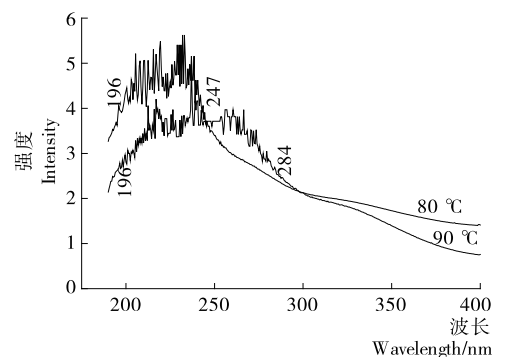


图 4 杀菌温度对样品紫外光谱的影响

Figure 4 Effect of the sterilization temperature on the ultraviolet spectrum of samples

析可知,甘蔗汁保鲜的杀菌温度取 90 ℃ 为宜。

2.3 杀菌时间对甘蔗汁保鲜效果的影响

由图 5 可知,随杀菌时间的不断增加保鲜时间不断延长,当杀菌时间为 25 min 和 35 min 时保鲜时间达到最大值 96 h(4 d),当杀菌时间超过 35 min 后保鲜时间不断减少。这是由于开始时随杀菌的延长,杀菌效果不断增强,因而保鲜时间不断延长,当杀菌时间为 25~35 min 时细菌基本被杀死,因而此时保鲜时间达到最大值 96 h(4 d),此后随杀菌时间的延长,甘蔗汁的细胞结构和 Vc 组分破坏也越重,因而保鲜时间也越短。

由表 4 可知,随杀菌时间的延长,样品的 pH 值、Vc 含量和可溶性固形物先增大后减小,糖度逐渐减小,酸度和总偏移值先减小后增大,说明适当的杀菌时间有利于保鲜,杀菌时间过长对样品中的 Vc 和可溶性固形物有一定的破坏作用,不利于保鲜,因而偏移值也是先减小后增加,与图 5 分析一致,当杀菌时间为 25 min 时,偏移值最小。综合图 5 和表 4 分析可知,甘蔗汁保鲜的杀菌时间取 25 min 为宜。

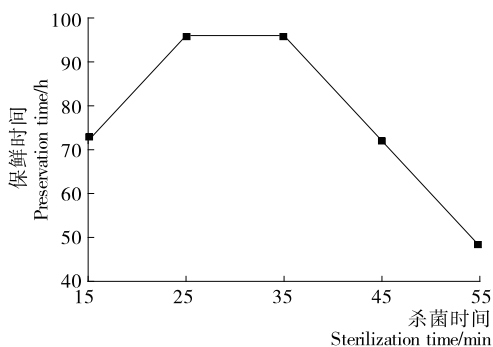


图 5 杀菌时间对甘蔗汁保鲜时间的影响

Figure 5 Effects of the sterilization time on the preservation time of sugar cane juice

表 4 杀菌时间对样品理化性质的影响

Table 4 Effect of the sterilization time on physical and chemical properties of samples

杀菌时间/min	pH 值	Vc 含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	糖度/ %	酸度/ %	可溶性固形物/%	总偏移值
15	4.56	40.15	18.5	0.30	20.0	15.97
25	4.76	42.76	18.0	0.25	21.0	12.61
35	4.68	41.47	17.8	0.28	21.0	14.21
45	4.58	38.58	16.4	0.30	19.5	20.12
55	4.54	38.36	16.2	0.33	19.0	21.11

2.4 柠檬汁添加量对甘蔗汁保鲜效果的影响

由图 6 可知,开始时随柠檬汁添加量的增加,保鲜时间不断延长,当添加量为 2 mL 和 3 mL 时保鲜时间达到最大值(8 d),此后随柠檬汁添加量的增加保鲜时间反而缩短。

由表 5 可知,随柠檬汁添加量的增加,样品中的 pH 逐渐减小,酸度和 Vc 含量逐渐增大;糖度和可溶性固形物先增大后减小;总偏移值先减小后增大;表明随柠檬汁添加量的增加保鲜效果先不断增强,当添加量为 2.0 mL 和 3.0 mL 时总偏移值基本相同,当添加量超过 3 mL 时,总偏移值反而变

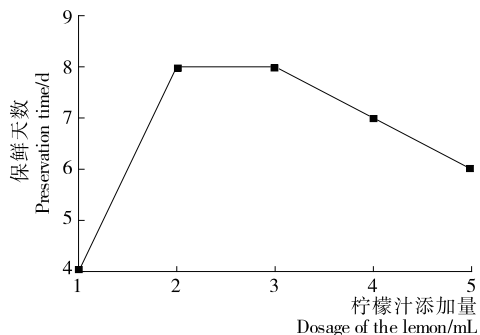


图 6 柠檬汁添加量对甘蔗汁保鲜时间的影响

Figure 6 Effects of the dosage of the lemon preservation time of sugar cane juice

表 5 柠檬汁添加量对样品理化性质的影响

Table 5 Effect of the dosage of lemon juice on physical and chemical properties of samples

柠檬汁添加量/mL	pH 值	Vc 含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	糖度/ %	酸度/ %	可溶性固形物/%	总偏移值
1	4.79	39.76	18.2	0.29	19.5	16.92
2	4.63	43.18	19.0	0.32	22.0	10.39
3	4.56	46.49	18.7	0.39	19.0	10.52
4	4.40	46.08	18.4	0.46	18.0	11.86
5	4.20	46.73	17.3	0.47	17.5	13.62

大,即保鲜效果减弱,与图 6 分析一致。随柠檬汁添加量的增加,由于柠檬汁柠檬酸和 Vc 含量丰富,因而样品的酸度和 Vc 含量逐渐增大,pH 值逐渐减小,因而偏移值不断增加。

由图 7 可知,在 270~330 nm 时 1 mL 和 4 mL 的样品没有明显的吸收峰,而 2 mL 和 3 mL 都有较强的吸收峰,这说明 1 mL 和 4 mL 样品中的助色团—NH₂、—OH 已经分解变质。1 mL 样品中由于加入柠檬汁的量较少,不能起到很好的抑菌保鲜作用;加入柠檬汁的量较多时,因柠檬汁本身具有很大的酸性,进入样品中的酸性物质较多。由表 5 可知,导致样品中的一些糖类和可溶性物质的结构被破坏,因而也可能加速甘蔗汁的变质。由图 6、7 和表 5 可知,每 40 mL 鲜甘蔗汁中加入 2 mL 的柠檬汁为宜。

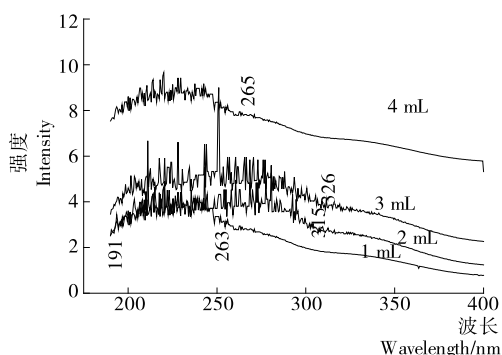


图 7 柠檬汁添加量对样品紫外光谱的影响

Figure 7 Effect of the dosage of the lemon juice on the ultraviolet spectrum of samples

2.5 正交试验

由表 7 可知,因素的最优组合为 $A_3B_2C_2D_3$,即壳聚糖质量分数 1.5%,杀菌温度 90 °C,杀菌时间 25 min 和柠檬汁添加量 3.0 mL,在最优组合条件下进行 3 次平行试验得到保鲜时间均为 9 d,高于表 7 中的 8 号(8 d),因素影响的主次顺序为:杀菌温度、柠檬汁添加量、杀菌时间、壳聚糖质量分数。

由图 8 可知,最优试验条件下的甘蔗汁与新鲜甘蔗汁在 190~339 nm 处均有较强的吸收峰。综上分析可知甘蔗汁保鲜的最优组合为 $A_3B_2C_2D_3$ 。

表 6 $L_9(3^4)$ 正交试验设计Table 6 $L_9(3^4)$ orthogonal experimental design

水平	A 壳聚糖质量分数/%	B 杀菌温度/°C	C 杀菌时间/min	D 柠檬汁添加量/mL
1	0.5	80	15	1.0
2	1.0	90	25	2.0
3	1.5	100	35	3.0

表 7 正交试验结果分析

Table 7 Factors and levels of experiment

编号	A	B	C	D	保鲜时间/d
1	1	1	1	1	3
2	1	2	2	2	7
3	1	3	3	3	4
4	2	1	2	3	6
5	2	2	3	1	5
6	2	3	1	2	4
7	3	1	3	2	5
8	3	2	1	3	8
9	3	3	2	1	5

k_1	4.7	4.7	5.0	4.3	
k_2	5.0	6.7	6.0	5.3	
k_3	5.7	4.3	4.7	6.0	
R	1.0	2.4	1.3	1.7	

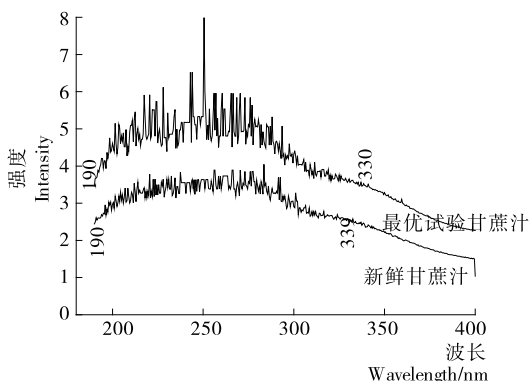


图 8 样品的紫外光谱

Figure 8 The ultraviolet spectrum of samples

3 结论

在杀菌温度 90 °C,杀菌时间 25 min,壳聚糖质量分数 1.5%和柠檬汁添加量 3.0 mL 时,甘蔗汁能有效地保鲜 9 d,与新鲜甘蔗汁相比,口感和粘度基本没变化,且在 190~339 nm 处均有较强的紫外吸收峰,保鲜效果好的甘蔗汁的紫外吸收峰范围较保鲜效果差的宽。与文献[8]相比,本研究降低了杀菌温度,且利用柠檬汁和壳聚糖复合保鲜剂进行保鲜,更有利于甘蔗汁中 V_C 等营养成分的保留,口感也有所改善。但本试验没有明显提高甘蔗汁的保鲜时间,甘蔗汁的保鲜机理分析也不全面,这将是下一步研究的课题。

参考文献

- [1] Ayub M, Ullah J, Muhammad A, et al. Evaluation of strawberry juice preserved with chemical preservatives at refrigeration temperature [J]. International Journal of Nutrition and Metabolism, 2010, 2(2): 27-32.
- [2] 李钟美, 黄和. 高良姜提取物抑菌活性及稳定性研究 [J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 55-59.
- [3] Bibhuti B M, Gautam S, Sharma A. Shelf life extension of sugarcane juice using preservatives and gamma radiation processing [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(8): M573-M578.
- [4] 孙树杰, 韩晓洁, 迟瑞苹, 等. 甘草、高良姜复合提取液对菠菜保鲜效果的研究 [J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 203-206.
- [5] 陈玉环, 彭旋, 陈楚英, 等. 桂枝提取液对新余蜜橘冷藏保鲜效果的影响 [J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 111-123.
- [6] Gonzalez M E, Dominguez P R, Moreno D A, et al. Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2010, 51(2): 327-345.
- [7] Wang Yuan-chuen, Chuang Yueh-chueh, Ku Yu-hua. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan [J]. Food Chemistry, 2007, 102(4): 1 163-1 171.
- [8] 张莉, 王森, 杜德俊, 等. 柠檬汁对甘蔗汁保鲜工艺的研究 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 201-205.
- [9] 张慧君, 宫春宇, 王文侠, 等. 壳聚糖涂膜保鲜菠菜研究 [J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 112-115.
- [10] Bingol E B, Cetin O, Muratoglu K. Effect of lemon juice on the survival of salmonella enteritidis and escherichia coli in cig kofte (raw meatball) [J]. British Food Journal, 2011, 113(9): 1 183-1 194.
- [11] Ana B, Rico D, Barat J M, et al. Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(4): 590-600.
- [12] Manuel J G, Vegara S, Lorena F, et al. Antimicrobial activity of food-compatible plant extracts and chitosan against naturally occurring micro-organisms in tomato juice [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2012, 92(9): 1 917-1 923.