

# 南非橙果酱的工艺优化及代糖研究

邵媛玲<sup>1</sup>, 徐志香<sup>1</sup>, 杭婷<sup>1</sup>, 许玉东<sup>1</sup>, 亓英<sup>1</sup>, 于爱文<sup>1</sup>, 徐馨怡<sup>1</sup>, 韦涛<sup>2</sup>, 于士军<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>滁州学院生物与食品工程学院, 安徽 滁州

<sup>2</sup>安徽金禾实业股份有限公司, 安徽 滁州

Email: [yushijun@outlook.com](mailto:yushijun@outlook.com)

收稿日期: 2020年9月4日; 录用日期: 2020年9月18日; 发布日期: 2020年9月25日

## 摘要

为开发更加健康且符合消费者需求的果酱产品, 本研究利用单因素和响应面试验研究了南非橙果酱的制作工艺和代糖试验。先以蔗糖、柠檬酸、果胶添加量进行单因素试验, 以感官评分确定蔗糖、柠檬酸和果胶的最佳量; 然后以三氯蔗糖和甜菊糖苷添加量进行单因素代糖试验, 确定其最佳添加量; 最后通过响应面试验回归分析优化果酱加工工艺条件。实验结果表明南非橙果酱的最佳制作工艺条件为: 蔗糖溶液质量浓度为55.49%, 果胶浓度为1.60%、柠檬酸浓度为0.10%、甜菊糖苷(0.055 g, 替代12.95%的蔗糖)和三氯蔗糖(0.829 mg, 替代1.03%的蔗糖), 再与橙汁按1:1混合, 加热浓缩。

## 关键词

果酱, 南非橙, 三氯蔗糖, 甜菊糖苷

# Research on Process Optimization and Sugar Substitution of South African Orange Jam

Yuanling Shao<sup>1</sup>, Zhixiang Xu<sup>1</sup>, Ting Hang<sup>1</sup>, Yudong Xu<sup>1</sup>, Ying Qi<sup>1</sup>, Aiwen Yu<sup>1</sup>, Xinyi Xu<sup>1</sup>, Tao Wei<sup>2</sup>, Shijun Yu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Biology and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou Anhui

<sup>2</sup>Anhui Jinhe Industrial Co., Ltd., Chuzhou Anhui

Email: [yushijun@outlook.com](mailto:yushijun@outlook.com)

Received: Sep. 4<sup>th</sup>, 2020; accepted: Sep. 18<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

In order to develop a healthy jam product that meets the needs of consumers, the production

\*通讯作者。

**文章引用:** 邵媛玲, 徐志香, 杭婷, 许玉东, 亓英, 于爱文, 徐馨怡, 韦涛, 于士军. 南非橙果酱的工艺优化及代糖研究[J]. 生物过程, 2020, 10(3): 27-38. DOI: [10.12677/bp.2020.103005](https://doi.org/10.12677/bp.2020.103005)

process of South African orange jam and the sugar substitute test were studied using the single-factor method and the response surface method. Firstly, the single factor experiment was performed to determine the optimal amount of sucrose, citric acid and pectin with sense evaluation. Secondly, sugar substitute experiment was carried out to determine the optimal amount of sucralose and stevia sugar by the single factor experiment. And then response surface experiments were performed optimize the production process of orange jam. The results indicated that the optimal process conditions were as following: 55.49% sucrose, 1.60% pectin, 0.10% citric acid, stevia sugar (0.055 g, replacing 12.95% sucrose) and sucralose (0.829 mg, replacing 1.03% sucrose), which then are mixed with orange juice at a ratio of 1:1 and concentrated.

## Keywords

Jam, South African Orange, Sucralose, Stevia Sugar

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

南非橙，果皮呈黄色，果汁酸甜可口，香气浓郁。南非橙含有丰富的糖、有机酸、氨基酸及维生素C，另外含有黄酮、内脂、生物碱以及钙、磷、铁等[1]。优质的南非橙，果肉甜而多汁，具有调中开胃，燥湿化痰之功效。传统果酱是以水果为原料，加入糖和其它酸度调节剂后熬制而成。不仅可以丰富水果的食用方式，而且可提高水果的经济价值[2]。

甜菊糖苷的甜度是蔗糖的130倍。天然甜菊糖苷具有无毒副作用、食用安全和热量极低的特点，经常食用可以预防高血压、糖尿病、肥胖症、心脏病、龋齿等[3]。三氯蔗糖甜度高，为蔗糖的600倍；成分安全，不会对人体产生副作用。三氯蔗糖可用于不能食用营养型甜味剂的人群，如肥胖症患者、糖尿病人等。同时不会引起龋齿，有益牙齿健康。其稳定性好，可以长期储存，甜味纯正，与蔗糖甜味相似。经济方面，其价格便宜，相同甜度下为蔗糖价格的1/3~1/2[4]。

果酱口味香甜怡人，用途多样，既可以食用，也可以搭配其他食品食用以改善风味，符合人们生活和消费需求。由果酱的制作可知，一般果酱含有较多的糖。而使用甜菊糖苷和三氯蔗糖制作低糖果酱研究，目前国内外鲜有报道。本实验以南非橙为原料，通过单因素和响应面试验研究优化了低糖南非橙果酱的制作工艺。以期得到酸甜可口、酱体细腻均匀且热量低的鲜橙果酱。

## 2. 材料与方法[5] [6] [7]

### 2.1. 材料

原料和试剂：南非橙、蔗糖、果胶(食品级，河南糖柜食品有限公司)、无水柠檬酸(食品级，湖北糖柜食品有限公司)、三氯蔗糖(食品级，湖北糖柜食品有限公司)、甜菊糖苷(食品级，w/% ≥ 75.0，曲阜圣仁制药有限公司)。

仪器：榨汁机(功率：25 w，广东美的生活电器制造有限公司)、电磁炉(额定功率：2100 w，广东美的生活电器制造有限公司)、JA2003N 电子天平(上海菁海仪)、LH-Q20 折光仪(杭州陆恒生物科技有限公司)、灭菌锅(功率：1200 w，宁波金鑫)、pH计(型号：pH-25，上海越平)、包装瓶(玻璃材质)等。

## 2.2. 工艺流程

挑选→清洗→去皮→去籽→打浆→融糖调配→搅拌浓缩→装罐→灭菌→冷却→成品。

## 2.3. 操作要点

挑选南非橙：挑选色泽较好、新鲜饱满、无病虫害、无腐烂的南非橙。

清洗：用清水冲洗掉南非橙表面上的污渍，然后沥干清理干净的南非橙上的水分。

去皮去籽：采用人工的方法去除果皮及果肉中的籽，避免影响果酱的风味。

榨汁：每 1.00 kg 果酱中要用 1.33 kg 的橙子打浆。

融糖调配：根据糖与水和糖的质量比[糖质量/(糖质量 + 水质量)]，在热水中配制不同浓度的蔗糖溶液；代糖时固定水的量，改变糖的替换比配制糖溶液。在 90~100℃的热糖水中，加入果胶搅拌至果胶完全溶解，果胶溶解过程大概需 5~6 min，用电磁炉烧沸水维持温度，最后加入柠檬酸溶解获得调配糖液。

搅拌浓缩：将调配好的糖液与去皮去籽后打浆的橙汁按 1:1 混合倒入锅中，开始计时。使用电磁炉加热、浓缩过程中不断地搅拌，避免糖炭化及物料混合不均匀。浓缩 9 分钟后，装罐。

灭菌：由于果酱中糖浓度高、pH 较低，所以当浓缩装罐后，立刻封口放入杀菌锅中，在 100℃条件下加热杀菌 20 min，取出后分别用 80℃、60℃、40℃的水进行分段冷却[8]。

## 2.4. 方法

### 2.4.1. 检测方法

可溶性固形物的测定：采用阿贝折光仪测定；pH 的测定：采用笔式 pH 计法。

### 2.4.2. 单因素试验

先以蔗糖、柠檬酸、果胶添加量进行单因素试验，以感官评分初步确定蔗糖、柠檬酸和果胶的最佳添加量；然后再以三氯蔗糖和甜菊糖苷添加量进行单因素代糖试验，通过感官评分进一步确定三氯蔗糖和甜菊糖苷的最佳添加量[9]。然后以果胶、蔗糖、三氯蔗糖和甜菊糖苷 4 因素开展响应面试验，优化果酱加工工艺条件[10]。

果胶单因素试验：称取占总量 45%的蔗糖、0.3%的柠檬酸和 100 g 果汁，在 500 w 的电磁炉温度下浓缩 9 分钟，设置果胶浓度为 0.1%、0.6%、1.1%、1.6%、2.1% 的 5 个水平，研究果胶浓度对南非橙果酱感官评价得分的影响，每个水平设置 3 个重复。

蔗糖单因素试验：称取上述试验确定的果胶最佳添加量，并称取 100 g 果汁、0.3%的柠檬酸，在 500 w 的电磁炉温度下浓缩 9 分钟，设置蔗糖浓度为 35%、45%、55%、65%、75% 的 5 个水平，研究蔗糖浓度对南非橙果酱感官评价得分的影响，每个水平设置 3 个重复。

柠檬酸单因素试验：称取上述试验确定的果胶、蔗糖最佳添加量，并称取 100 g 果汁，在 500 w 的电磁炉温度下浓缩 9 分钟，设置柠檬酸浓度为 0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30% 的 5 个水平，研究柠檬酸浓度对南非橙果酱感官评价得分的影响，每个水平设置 3 个重复。

三氯蔗糖单因素试验：称取上述试验确定的果胶、蔗糖、柠檬酸最佳添加量(柠檬酸量对感官评分无显著性差异，选最小浓度)，称取果汁 100 g，在 500 w 的电磁炉温度下浓缩 9 分钟，设置三氯蔗糖替代蔗糖的比例为 0%、20%、40%、60%、80%、100% 的 6 个水平，并根据计算得出的糖水量和果汁量的总和，重新计算果胶和柠檬酸的量，研究三氯蔗糖替代比对南非橙果酱感官评价得分的影响，每个水平设置 3 个重复。

甜菊糖苷单因素试验：称取上述试验确定的果胶、蔗糖、柠檬酸最佳添加量(柠檬酸量对感官评分无显著性差异，选最小浓度)，称取果汁 100 g，在 500 w 的电磁炉温度下浓缩 9 分钟，设置甜菊糖苷替代

蔗糖的比例为 0%、20%、40%、60%、80%、100% 的 6 个水平，并根据计算得出的糖水量和果汁量的总和，重新计算果胶和柠檬酸的量，研究甜菊糖苷替代比对南非橙果酱感官评价得分的影响，每个水平设置 3 个重复。

#### 2.4.3. 响应面试验设计[11] [12] [13]

在单因素试验的基础上，以感官评价得分为响应值，以果胶、蔗糖、甜菊糖苷、三氯蔗糖的添加量为自变量，采用 Box-Behnken4 因素 3 水平进行试验设计，进行制作工艺条件优化。试验因素水平和编码见表 1。

**Table 1.** Experimental factors and level table of RSM

**表 1.** 响应面试验因素水平表

水平	因素			
	A: 果胶/%	B: 蔗糖/%	C: 甜菊糖苷/%	D: 三氯蔗糖/%
-1	0.6	55	0	0
0	1.1	65	20	20
1	1.6	75	40	40

#### 2.4.4. 感官评定方法

组织 12 名经过培训的人员组成评分小组，从色泽、风味口感和组织状态 3 方面对果酱进行感官评定，评判标准结合南非橙自身特点和有关文献制定[14] [15]，评分标准见表 2。

**Table 2.** Sense evaluation standard of South African orange jam

**表 2.** 南非橙果酱感官评分标准

评分项目	评分标准	分值
色泽(20 分)	均匀的金黄色、富有光泽	16~20
	黄色、无光泽	8~15
	淡黄色、无光泽	1~7
风味口感(40 分)	酸甜适中、无苦味和涩味，充满浓郁的橙子香味和水果清香，回味悠长	32~40
	偏酸或偏甜，稍有苦味和涩味	24~31
	酸味重或甜味重，有苦味和涩味	1~23
	酱体均匀细腻、黏度适中、流动性较好	32~40
组织状态(40 分)	酱体均匀，黏度稍稠或稍稀、流动性较好	24~31
	酱体浓稠，流动性差	1~23

#### 2.4.5. 数据处理方法

试验采用 IBM-SPSS-Statistics 19 软件进行单因素方差分析；利用 Design-Expert 8.0 软件进行响应面分析。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 果酱最佳配方的确定

##### 3.1.1. 果胶添加量的选择

试验通过添加不同浓度的果胶改变果酱的组织状态，并按照表 2 的标准进行评价，结果见表 3。

**Table 3.** Additive amount of pectin  
**表 3. 果胶添加量**

含量/%	感官评得分
0.1	69.60 ± 9.78A
0.6	76.70 ± 6.20A
1.1	76.70 ± 7.29A
1.6	72.80 ± 7.32A
2.1	71.50 ± 11.15A

注: 同列不同字母表示在  $P < 0.01$  水平差异极显著, 下同。

由表 3 可知, 不同果胶添加量对果酱组织状态的影响无显著性差异, 浓度为 1.1% 的果胶的感官得分相对较高, 因此选择浓度为 1.1% 的果胶添加到果酱中。

### 3.1.2. 柠檬酸添加量的选择

试验通过添加不同量的柠檬酸改善南非橙果酱的风味, 按表 2 的标准进行感官评价, 结果见表 4。

**Table 4.** Additive amount of citric acid  
**表 4. 柠檬酸添加量**

含量/%	果酱 pH	感官评价得分
0.10	3.47	81.25 ± 5.44A
0.15	3.33	77.90 ± 4.84A
0.20	3.31	82.80 ± 5.47A
0.25	3.29	78.90 ± 9.15A
0.30	3.26	75.85 ± 10.04A

由表 4 可知, 不同柠檬酸的添加量对果酱风味的影响无显著性差异, 选择耗量最少的添加量为 0.10% 添加到果酱中。

### 3.1.3. 蔗糖添加量的选择

试验通过添加不同量的蔗糖来改善南非橙果酱的风味及可溶性固形物含量, 按表 2 的标准进行感官评价, 结果见表 5。

**Table 5.** Additive amount of sucrose  
**表 5. 蔗糖添加量**

含量/%	可溶性固形物/%	感官评价得分
35	38.5	75.70 ± 6.50B
45	46.0	79.00 ± 4.29AB
55	54.0	80.60 ± 4.22AB
65	57.0	83.00 ± 8.33A
75	63.0	67.00 ± 9.76C

通过表 5 可知, 随着蔗糖浓度的升高, 可溶性固形物也逐渐升高。不同蔗糖的添加量对鲜橙果酱的

风味影响有显著性差异, 感官评分呈现先升高后降低的变化趋势, 当蔗糖添加量为 65% 时, 其感官评价的分最高, 但与 45% 和 55% 含量的蔗糖无显著性差异。而当蔗糖的添加量为 75% 时, 其感官评价的分值最低, 与其他含量的蔗糖差异显著。加入 65% 质量浓度的全蔗糖时制作的果酱的口感最好, 粘稠度适中, 略低于丘比竞品; 甜度低于丘比竞品, 且比丘比更受欢迎。说明 65% 是蔗糖的适宜添加量。

### 3.1.4. 甜菊糖苷添加量的选择

根据资料可知, 甜菊糖苷的甜度是蔗糖的 130 倍。本次单因素试验通过用甜菊糖苷来代替部分的蔗糖, 选取不同量的甜菊糖苷加入到果酱中, 再进行感官评价以获得甜菊糖苷的最佳替代量, 结果见表 6。

**Table 6.** Additive amount of stevia sugar

**表 6. 甜菊糖苷添加量**

含量/%	可溶固形物含量/%	感官评价得分
0	51.7	79.40 ± 6.55AB
20	45.7	85.00 ± 5.31A
40	41.7	77.60 ± 8.96BC
60	35.0	72.40 ± 7.20CD
80	28.0	70.40 ± 6.74D
100	18.0	60.90 ± 8.67E

由表 6 可知, 不同的甜菊糖苷的替代量对果酱的风味影响有显著性差异。当甜菊糖苷添加量为 20% 时, 果酱口感最好, 最受欢迎, 但是与 0% 含量甜菊糖苷无显著性差异。随着其添加量的增加, 感官评分越来越低, 果酱的口感和风味逐渐变差。故选择 20% 含量的甜菊糖苷来替代蔗糖添加到果酱中。

### 3.1.5. 三氯蔗糖添加量的选择

经查阅资料知三氯蔗糖的甜度约为蔗糖的 600 倍。本试验用三氯蔗糖来代替部分蔗糖, 以降低蔗糖的使用量, 试验通过添加不同量的三氯蔗糖到果酱中, 进行感官评价选取三氯蔗糖的最佳替代量, 结果见表 7。

**Table 7.** Additive amount of sucralose

**表 7. 三氯蔗糖添加量**

含量/%	可溶性固形物/%	感官评价得分
0	54.0	66.70 ± 6.27CD
20	46.7	78.60 ± 5.66A
40	37.3	71.40 ± 6.32BC
60	33.7	71.90 ± 3.73BC
80	27.7	75.40 ± 4.09AB
100	18.0	61.40 ± 10.53D

通过表 7 可知, 不同量的三氯蔗糖的替代对果酱的风味影响有显著性差异。三氯蔗糖添加量为 20% 时感官评价得分最高, 80%、60%、40%、0% 含量的三氯蔗糖次之, 100% 的评价得分最低。选择 20% 含量的三氯蔗糖来代替蔗糖添加到果酱中。

### 3.2. 响应面试验结果与分析

利用 Design-Expert 8.0 软件对表 8 中的数据进行回归分析, 建立果胶含量、蔗糖含量、甜菊糖苷含量、三氯蔗糖含量与果酱感官评价得分之间的回归模型, 得到回归方程:

$$\text{感官得分} = 24.82761 + 54.00567A + 0.76354B - 0.072313C + 0.38350D - 0.38500AB + 0.037500AC - 0.43000AD + 9.37500E - 004BC + 3.75000E - 004BD - 7.18750E - 004CD - 10.78667A2 - 3.40417E - 003B2 - 2.17917E - 003C2 + 8.05208E - 004D2$$

**Table 8.** Experimental methods and results of RSM

**表 8.** 响应面试验方案与结果

标准序号	实验序号	果胶/%	蔗糖/%	甜菊糖苷/%	三氯蔗糖/%	感官得分测定值	感官得分预测值
12	1	1.6	65	20	40	67.50	68.44
19	2	0.6	65	40	20	73.80	73.28
20	3	1.6	65	40	20	74.00	71.43
21	4	1.1	55	20	0	78.00	79.12
2	5	1.6	55	20	20	76.60	75.71
26	6	1.1	65	20	20	78.00	77.36
25	7	1.1	65	20	20	75.90	77.36
28	8	1.1	65	20	20	78.40	77.36
15	9	1.1	55	40	20	75.70	75.29
24	10	1.1	75	20	40	76.00	75.71
18	11	1.6	65	0	20	72.20	73.55
1	12	0.6	55	20	20	75.00	74.46
8	13	1.1	65	40	40	72.70	74.14
13	14	1.1	55	0	20	79.30	78.53
17	15	0.6	65	0	20	73.50	76.9
9	16	0.6	65	20	0	74.40	72.93
16	17	1.1	75	40	20	73.90	74.14
6	18	1.1	65	40	0	74.80	76.61
3	19	0.6	75	20	20	76.20	76.79
22	20	1.1	75	20	0	78.10	77.45
11	21	0.6	65	20	40	81.10	79.64
7	22	1.1	65	0	40	79.70	77.59
5	23	1.1	65	0	0	80.65	78.90
27	24	1.1	65	20	20	78.00	77.36
23	25	1.1	55	20	40	75.60	77.08
29	26	1.1	65	20	20	76.50	77.36
10	27	1.6	65	20	0	78.00	78.93
14	28	1.1	75	0	20	76.75	76.63
4	29	1.6	75	20	20	70.10	70.34

当  $P < 0.05$  时，则表示判定指标是显著的。运用二次模型的变异分析，由表 9 结果可知，建立的南非橙果酱感官评价的模型中二次多项失拟项不显著，模型极显著( $P < 0.01$ )。一次项 A 显著，C 显著，B 不显著，D 不显著；二次项  $A^2$  极显著， $B^2$  不显著， $C^2$  不显著， $D^2$  不显著；交互项 AD 极显著，AB、AC、BC、BD、CD 不显著。由 F 值可以看出影响南非橙果酱感官评价的主次因素：C 甜菊糖苷 > A 果胶 > D 三氯蔗糖 > B 蔗糖。

**Table 9.** Analysis results of regression statistics  
**表 9.** 回归统计分析结果

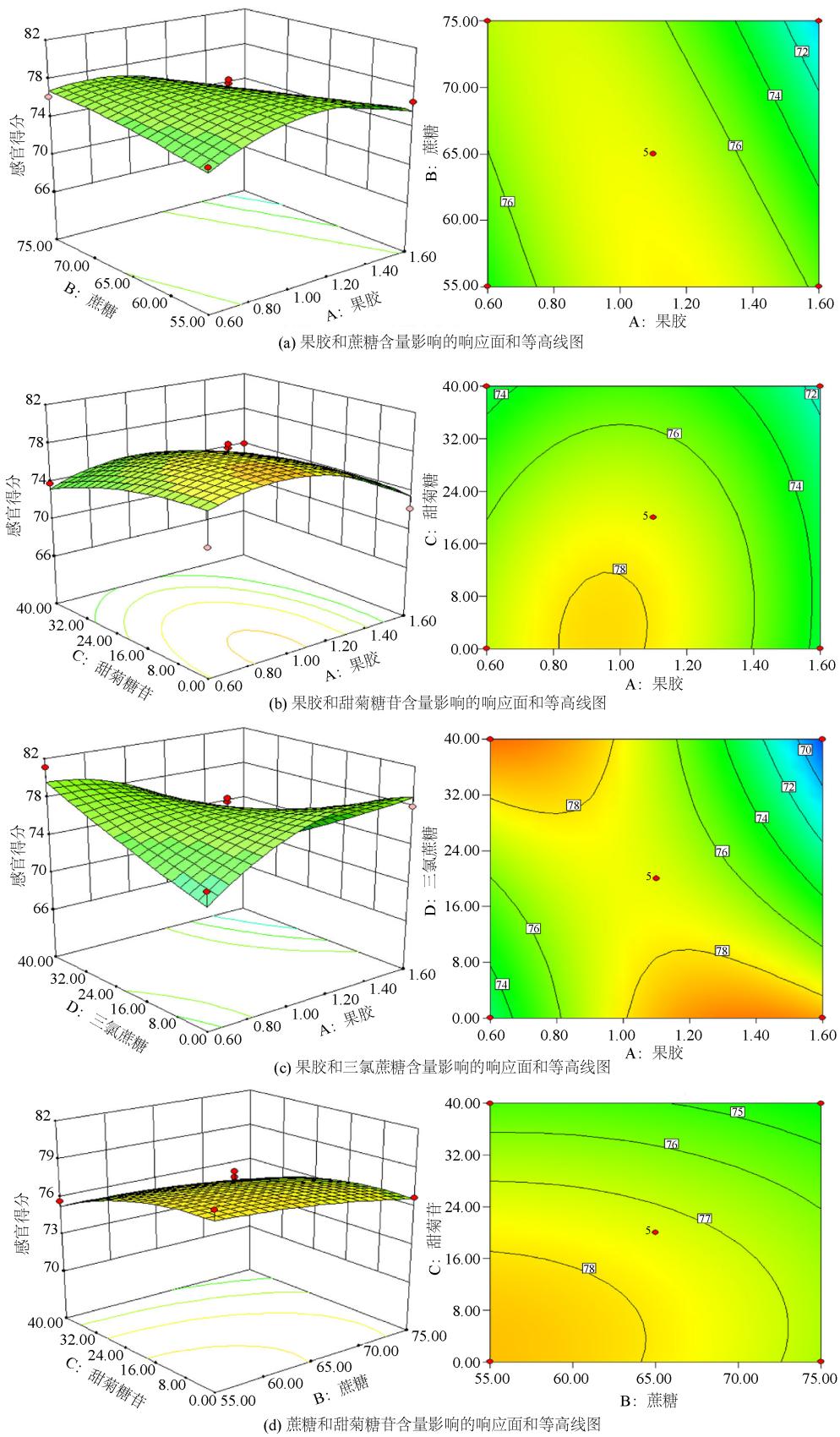
误差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	
模型	206.08	14	14.72	4.10	0.0062**	显著
A-果胶	20.28	1	20.28	5.65	0.0322*	
B-蔗糖	6.98	1	6.98	1.94	0.1849	
C-甜菊糖苷	24.65	1	24.65	6.87	0.0201*	
D-三氯蔗糖	10.74	1	10.74	2.99	0.1056	
AB	14.82	1	14.82	4.13	0.0615	
AC	0.56	1	0.56	0.16	0.6981	
AD	73.96	1	73.96	20.62	0.0005**	
BC	0.14	1	0.14	0.039	0.8459	
BD	0.023	1	0.023	0.006	0.9380	
CD	0.33	1	0.33	0.092	0.7659	
$A^2$	47.17	1	47.17	13.15	0.0028**	
$B^2$	0.75	1	0.75	0.21	0.6542	
$C^2$	4.93	1	4.93	1.37	0.2607	
$D^2$	0.67	1	0.67	0.19	0.6715	
残差	50.22	14	3.59			
失拟项	45.45	10	4.55	3.81	0.1046	不显著
纯误差	4.77	4	1.19			
总和	256.30	28				

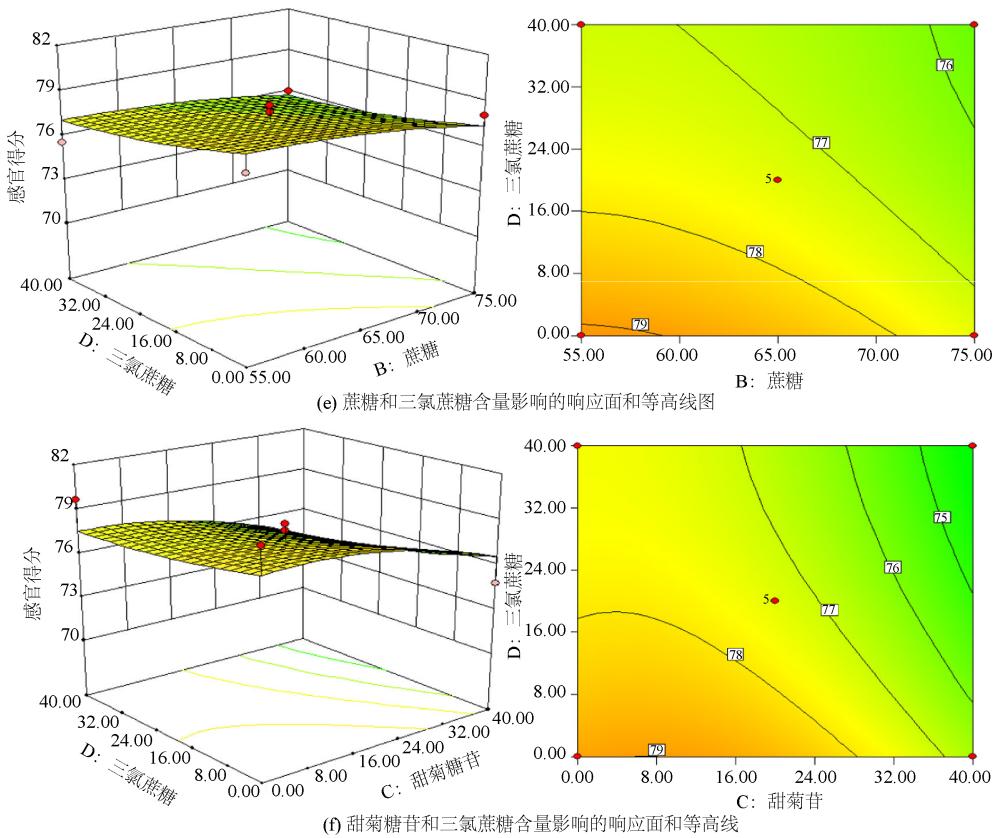
注：\*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )；\*表示差异显著( $P < 0.05$ )。

果胶、蔗糖、甜菊糖苷、三氯蔗糖对南非橙果酱感官评价得分的影响的响应面和等高线见图 1。

用 Design-Expert 软件得到响应面和等高线图，分析不同因素对南非橙果酱感官评价得分的交互影响。响应面图中图的坡度越大则表明南非橙果酱感官评价得分变化的幅度越大，也即改因素对南非橙果酱感官评价得分的影响更为显著。而等高线图中可更直观地反应各因素对南非橙果酱感官评价得分的影响，从而可以更好的得出最佳工艺参数；等高线中最小椭圆的中心即为响应面的最高点，且等高线的形状可以反映交互影响的强弱，椭圆即为影响显著，圆形即为不显著。

由图 1(a)可知，果胶和蔗糖添加量对南非橙果酱感官评价得分的交互影响呈抛物线形，等高线图为椭圆。说明果胶和蔗糖添加量的交互作用对南非橙感官评价得分影响显著。当果胶量低于 1.0%~1.2% 之间某固定值、蔗糖量低于 50%~58% 之间某固定值时，南非橙感官评价得分随果胶量与蔗糖量的增加而增大；当果胶量高于 1.0%~1.2% 之间某固定值、蔗糖量高于 50%~58% 之间某固定值时，南非橙感官评价得分随果胶量与蔗糖量的增加而降低。





**Figure 1.** Effects of sucrose, pectin, sucralose and stevia sugar on sensory scores of South African orange jam

**图 1.** 蔗糖、果胶、三氯蔗糖和甜菊糖苷的添加量对南非橙果酱感官评价得分的影响

由图 1(b)可知, 果胶和甜菊糖苷添加量对南非橙果酱感官评价得分的交互影响呈抛物线形, 等高线图为接近圆。说明果胶含量和甜菊糖苷含量的交互作用对南非橙感官评价得分影响较显著。当果胶含量高于 0.8%~1.1% 之间某固定值、甜菊糖苷含量高于 0%~8% 之间某固定值时, 南非橙感官评价得分随果胶量与蔗糖量的增加而降低。

由图 1(c)可知, 果胶含量和三氯蔗糖含量对南非橙果酱感官评价得分的交互影响呈抛物线形, 等高线图无规则。说明果胶含量和蔗糖含量的交互作用对南非橙感官评价得分影响不显著。当果胶含量低于 1.0%~1.2% 之间某固定值、三氯蔗糖含量低于 16%~24% 之间某固定值时, 南非橙感官评价得分随果胶量与三氯蔗糖量的增加而增大; 当果胶含量高于 1.0%~1.2% 之间某固定值、三氯蔗糖含量高于 16%~24% 之间某固定值时, 南非橙感官评价得分随果胶量与三氯蔗糖量的增加而降低。当果胶含量低于 1.0%~1.2% 之间某固定值、三氯蔗糖含量高于 16%~24% 之间某固定值时, 南非橙感官评价得分随果胶量的减少和三氯蔗糖量的增加而增大; 当果胶含量高于 1.0%~1.2% 之间某固定值、三氯蔗糖含量低于 16%~24% 之间某固定值时, 南非橙感官评价得分随果胶量的增加和三氯蔗糖量的减少而增大。

由图 1(d)可知, 甜菊糖苷含量和蔗糖含量对南非橙果酱感官评价得分的交互影响呈抛物线形, 等高线图为椭圆。说明甜菊糖苷含量和蔗糖含量的交互作用对南非橙感官评价得分影响显著。当甜菊糖苷含量低于 0%~8% 之间某固定值、蔗糖含量低于 55%~60% 之间某固定值时, 南非橙感官评价得分随甜菊糖苷量与蔗糖量的增加而降低。

由图 1(e)可知, 当南非橙感官评价得分随三氯蔗糖量与蔗糖量的增加而降低。

由图 1(f)可知, 甜菊糖苷含量和三氯蔗糖含量对南非橙果酱感官评价得分的交互影响呈抛物线形, 等高线图为椭圆。说明甜菊糖苷含量和三氯蔗糖含量的交互作用对南非橙果酱感官评价得分影响显著。当甜菊糖苷含量高于 0%~16% 之间某固定值、三氯蔗糖含量高于 0%~8% 之间某固定值时, 南非橙果酱感官评价得分随甜菊糖苷量与三氯蔗糖量的增加而降低。

### 3.3. 最佳配方的验证

由 Design-Expert 模拟获得的最优组合为果胶量为总量的 1.60%、蔗糖量为总量的 55.49%、甜菊糖苷替代蔗糖量为 12.95%、三氯蔗糖替代蔗糖量为 1.03%, 感官评价得分的预测值为 81.18。为验证模型的准确性, 在最优条件下做 3 个平行实验, 得到南非橙果酱感官评价得分的平均值为 81.50, 与预测值无显著性异差( $P > 0.05$ )。表明实验得到的工艺参数是可靠的。

### 3.4. 实验产品(南非橙果酱)与市场其他橙类果酱的对比分析

组织上述评价小组对本次实验按最佳配方制作的南非橙果酱和市场其他橙类果酱(丘比香橙果酱)进行感官评价, 根据表 2 的感官评价标准评分, 并将 12 份评价结果取平均值, 然后对比分析两种产品在感官特性方面的差异。

由表 10 可以看出, 南非橙果酱感官评价的平均得分略高于丘比香橙果酱, 主要是由于南非橙果酱的风味口感比丘比香橙果酱更好。南非橙果酱的色泽和组织状态的感官得分要略低于丘比香橙果酱, 但是差异不显著。总体上南非橙果酱的代糖配方制作的果酱不逊于市场上的竞品, 部分感官指标还优于竞品。

**Table 10. Comparative analysis of South African orange jam and other orange jam in market**

**表 10. 南非橙果酱与市场其他橙类果酱的对比分析**

果酱	色泽	风味口感	组织状态	感官评价得分
南非橙果酱	17.56 ± 2.61A	34.52 ± 2.75A	33.81 ± 3.44A	84.55 ± 5.65A
丘比香橙果酱	18.35 ± 1.94A	27.96 ± 2.18B	35.28 ± 2.95A	80.38 ± 4.93A

## 4. 结论

本文研究了三氯蔗糖和甜菊糖苷替代蔗糖的南非橙果酱制作配方和工艺, 在单因素试验基础上, 采用响应面法优化了南非橙果酱的制作工艺参数。结果表明最佳参数为: 先配制质量浓度为 55.49% 蔗糖溶液, 然后将 1.60% 的果胶、0.10% 柠檬酸、甜菊糖苷(0.055 g, 替代 12.95% 的蔗糖)和三氯蔗糖(0.829 mg, 替代 1.03% 的蔗糖)溶于其中。再与去皮去籽后打浆的橙汁按 1:1 混合, 加热浓缩。果酱产品可溶性固形物含量 49.33%, pH 为 3.47; 甜菊糖苷和三氯蔗糖的代糖果酱可溶性固形物低于全糖, pH 差异不显著。在最佳工艺下, 得到的南非橙果酱的感官评价得分为 81.50。与市场上仅加入蔗糖的果酱相比, 用三氯蔗糖和甜菊糖苷代替部分蔗糖, 可大大降低蔗糖的使用量。甜菊糖苷和三氯蔗糖无毒副作用, 食用安全、热量低, 可以预防和降低高血压、糖尿病、肥胖症、心脏病、龋齿等疾病的发生。

## 基金项目

滁州学院横向课题(HX2020002-2), 滁州学院大学生创新创业训练项目(2020CXXL032), 国家级大学生创新创业训练计划项目(201910377026)。

## 参考文献

[1] 郭孝辉, 孙思胜, 李培睿, 张飓祥. 香橙果酱的研制[J]. 许昌学院学报, 2019, 38(5): 101-105.

- [2] 杨颖. 甜橙全果微粉碎及新型果酱加工工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2019.
- [3] 伏军芳. 甜菊糖苷的提取纯化工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2010.
- [4] 吴红英, 鲍宗必, 张治国, 任其龙, 邢华斌, 杨亦文. 甜味剂三氯蔗糖合成法的最新进展[J]. 化工进展, 2016, 35(1): 227-238.
- [5] 向延菊. 红枣番茄复合低糖果酱制作工艺的研究[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(6): 32-36.
- [6] 张娜. 低糖果酱加工中问题研究[J]. 食品安全导刊, 2020(9): 139.
- [7] 崔志强. 低糖果酱开发现状与工艺要点研究[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(4): 38-43+47.
- [8] 杨颖, 付复华. 赣南脐橙果酱生产工艺研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(11): 74-77.
- [9] 卫娜, 徐曼. 利用乳酸菌发酵生产脐橙果酱的工艺研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(6): 667-669.
- [10] 梁婷, 王蕊, 张冬梅, 施晓敏, 杨昕妍, 贡晨光, 孙丰梅, 丁培峰. 响应面法优化低糖南果梨果酱的配方[J]. 中国酿造, 2019, 38(4): 203-207.
- [11] 袁利鹏, 杨君. 低糖柚子皮菠萝复合果酱的工艺研究[J]. 中国酿造, 2009, 28(6): 182-185.
- [12] 李为康, 景卓然, 黄思真, 刘一鸣, 马若茜, 康永锋. 响应面法优化小球藻果酱的研制[J]. 现代食品, 2020(7): 69-73+76.
- [13] 周雨, 王凤忠, 孟胜亚, 胡赟, 于翠翠, 普布多吉, 格桑. 响应曲面法优化西藏亚东野生草莓果酱的配方研究[J]. 农产品加工, 2019(3): 40-44.
- [14] 林玉桓. 全柳橙营养果酱的研制[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 475-477.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T22474-2008 果酱[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008.