

一种西瓜复合调配酱的工艺研究

董子祺^{1*}, 王倩倩^{1*}, 邓玉龙¹, 孙汉巨^{1#}, 刘淑芸¹, 孔令朔¹, 周雨昕¹, 何辛洲¹, 顾荣荧¹, 魏兆军²

¹合肥工业大学食品与生物工程学院, 安徽 合肥

²北方民族大学生物科学与工程学院, 宁夏 银川

收稿日期: 2025年6月1日; 录用日期: 2025年7月6日; 发布日期: 2025年7月16日

摘要

本文以西瓜皮、大豆、黄豆酱、低聚果糖、辣椒、紫薯、人参、黄精等为主要原料, 针对中老年人群, 开发一款西瓜复合调配酱, 并确定其生产工艺及配方。首先, 以感官质量、粘度、色差和水分含量作为评价指标, 通过单因素试验, 依次确定西瓜皮、黄豆酱、低聚果糖、辣椒和紫薯的添加量。在此基础上, 以产品的感官和理化质量为综合评价指标, 进行了产品配方的正交试验 $L_9(3^4)$, 其结果为: 西瓜皮40%、大豆10%、黄豆酱35%、辣椒4%、低聚果糖1%、紫薯2%、人参0.1%、黄精0.1%、肉苁蓉0.1%、食用油5%、熟白芝麻2.7%。开发的西瓜复合调配酱营养丰富, 风味独特。该研究不仅实现了西瓜皮的高效利用, 更为调配酱类食品的研发提供了新的思路和方法。

关键词

西瓜, 皮, 黄豆酱, 复合, 调配酱

Development of a Watermelon Composite Blending Sauce

Ziqi Dong^{1*}, Qianqian Wang^{1*}, Yulong Deng¹, Hanju Sun^{1#}, Shuyun Liu¹, Lingshuo Kong¹, Yuxin Zhou¹, Xinzhou He¹, Yingying Gu¹, Zhaojun Wei²

¹School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui

²School of Biological Science and Engineering, North Minzu University, Yinchuan Ningxia

Received: Jun. 1st, 2025; accepted: Jul. 6th, 2025; published: Jul. 16th, 2025

Abstract

In this paper, watermelon rind, soybean, soybean paste, oligofructose, chili, purple potato, ginseng,

*共同第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 董子祺, 王倩倩, 邓玉龙, 孙汉巨, 刘淑芸, 孔令朔, 周雨昕, 何辛洲, 顾荣荧, 魏兆军. 一种西瓜复合调配酱的工艺研究[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(4): 545-555. DOI: 10.12677/hjfn.2025.144060

and *Polygonatum* as main raw materials, a watermelon composite blended sauce for the middle-aged and elderly population was developed, and its production process and formula were also explored. First, the amounts of watermelon rind, soybean paste, oligofructose, chili, and purple potato were determined by single-factor tests, in terms of sensory quality, viscosity, color difference, and moisture content. On this basis, the product formulation was comprehensively optimized in an orthogonal test of $L_9(3^4)$, in terms of sensory and physicochemical quality. And the results were as follows: watermelon peel 40%, soybean 10%, soybean paste 35%, chili 4%, oligofructose 1%, purple potato 2%, ginseng 0.1%, *Polygonatum* 0.1%, *Cistanche* 0.1%, edible oil 5%, cooked white sesame seeds 2.7%. The flavor of the sauce was unique, while its nutrition was rich. The study not only realizes the efficient utilization of watermelon rind, but also provides a new idea and method for the research and development of sauce food.

Keywords

Watermelon, Rind, Soybean Paste, Composition, Blended Sauce

Copyright © 2025 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. 前言

西瓜(*Citrullus lanatus*)是葫芦科西瓜属一年生蔓生藤本植物,形态近似于球形或椭圆形,颜色有深绿、浅绿或带有黑绿条带或斑纹[1]。其自9世纪从西域传入中国,故名西瓜。西瓜可以鲜食,其营养丰富,具有清新甘甜的果香。西瓜皮占西瓜总重的30%左右,富含果胶、氨基酸、纤维素、维生素和微量元素等营养成分,具有抗氧化、清热、利尿等功能,常作为中药材[2][3]。目前,西瓜大部分是以瓜瓤为原料进行食用或深加工,其皮往往作为废弃物丢弃。我国民间一直有将西瓜皮作为辅料添加在食品中的做法。西瓜皮可以开发为酱咸菜、果脯等食品。这些深加工产品有助于提高西瓜的整体利用率,增加其附加值。张婷婷等[4]选用西瓜皮为原料,加入糖、盐、白醋等辅料,通过腌渍方法制作西瓜皮酱菜;王虹玲等[5]以西瓜皮和蜂蜜为原料,通过微生物发酵研制蜂蜜西瓜皮汁乳酸饮料。

大豆(*Glycine max*)是豆科大豆属的一年生草本植物。作为世界上三大油料作物之一,大豆的蛋白质含量为35%~40%,油脂含量为20%~25%,此外,其还含有异黄酮、卵磷脂及多肽等对人体健康非常有益的多种生物活性成分[6]。大豆异黄酮有类似雌激素的作用,有益于动脉健康,防止骨质丢失。此外,大豆能使蛋白营养功效放大,能够增加膳食中优质植物蛋白的摄入量。另外,大豆中含有丰富的维生素E,其不仅能够破坏自由基的化学活性,抑制皮肤衰老,更能防止色素沉着于皮肤[7]。

人参(*Panax ginseng*)是五加科人参属多年生草本植物,也是一种药食同源植物。其主要含人参皂苷Rg1等30多种人参皂苷、 α -人参烯等挥发油、人参酸等有机酸、人参黄酮苷等黄酮,以及木脂素、甾醇、氨基酸、多糖等成分[8]。其中,人参皂苷及多糖等为主要功能成分。此外,人参的肉质根为强壮滋补药,适用于调整血压、恢复心脏功能、神经衰弱及身体虚弱等症,也有祛痰、健胃、利尿、兴奋等功效[9]。

黄精(*Polygonatum sibiricum*)是天门冬科黄精属多年生草本,也是一种药食同源植物[10]。其含有多糖、皂苷、黄酮、木脂素、氨基酸、醌类化合物、维生素、生物碱及微量元素等多种成分。其中,多糖是其重要的活性成分,存在于黄精中的高异黄酮类更是在自然界中少见的天然产物[11]。黄精因其性平、味甘,入肺、脾、肾经,具有温润心肺、美容养颜及补肾益精等功效,用于治疗心肺气虚、脾胃虚衰、肾虚肺燥、身体倦怠乏力等症,也是多种中药复方的重要组成成分,在中国已有千年的应用历史。

肉苁蓉(*Cistanche deserticola* Ma)作为一种药食同源植物, 富含多种营养和功能活性成分, 其还含有松果菊苷、肉苁蓉皂苷、肉苁蓉醇以及木脂素类化合物等功能成分, 能够治疗肾阳虚衰、精血亏损、腰膝冷痛、耳鸣目花、带浊、尿频、崩漏、不孕不育和肠燥便秘等病症[12]。在民间传统中, 其常用来做药膳或药酒。肉苁蓉作为一种珍贵的中药材, 素有“沙漠人参”之美誉, 且具有一定的经济价值[13]。

紫薯(*Ipomoea batatas*)是旋花科番薯属一年生草本植物, 因其肉呈紫色至深紫色而得名。其富含花青素成分。花青素属于生物类黄酮物质, 其主要的生理活性功能是自由基清除能力和抗氧化能力。花青素是当今人类发现最有效的抗氧化剂之一, 也是最强效的自由基清除剂之一, 其抗氧化性能比维生素 E 高 50 倍, 比维生素 C 高 20 多倍。另外, 紫薯的蛋白质和氨基酸, 尤其是黏液蛋白, 极易被人体消化吸收。粘液蛋白能够有效预防肾脏和肝脏的结缔组织萎缩, 从而能够提高人体的免疫力。同时, 紫薯还含有丰富的微量元素, 有助于维持并调节人体的循环和分泌功能, 进而有助于进一步提升人体的免疫力[14]。

本研究以西瓜皮、黄豆酱、低聚果糖、辣椒和紫薯的添加量作为考察指标, 进行单因素试验, 以感官质量、粘度、色差和水分含量为综合指标, 确定各个单因素的最佳水平。在此基础上, 筛选影响最为显著的 4 个因素作为考察指标, 并选取各因素的 3 个最优水平, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验, 通过感官质量与理化质量的综合评价体系, 对酱的配方进行科学优化, 旨在开发出品质优良、营养丰富的西瓜复合调配酱产品。

2. 材料与方法

2.1. 材料与试剂

西瓜、大豆、食用油、干辣椒、紫薯(市售); 黄豆酱(食品级, 佛山市海天调味食品股份有限公司); 低聚果糖(食品级, 山东百龙创园生物科技股份有限公司); 熟白芝麻(食品级, 河北金谷粮油食品有限公司); 人参(食品级, 安徽盛农生物科技有限公司); 黄精(食品级, 广东逢春制药有限公司); 肉苁蓉(食品级, 宁夏杞里香枸杞有限责任公司); 包装容器(食品级 PP 材质, 温州市鸿佳利新材料有限公司)。

2.2. 仪器与设备

SY-010-1 型多功能料理机(广州政邦电器有限公司); FW100 型粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); HMB-701S 型超微粉碎机(弘荃机械企业有限公司); FA1104 型电子天平(常州市幸运电子设备有限公司); C22-RT22E01 型电磁炉(广东美的生活电器制造有限公司); DHG-9070A 型鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); TS7600 型色差仪(深圳市三恩时科技有限公司); NDJ-8S 型粘度计(海衡平仪器仪表有限公司); MP-CT30T01 型炒锅(广东美的生活电器制造有限公司)。

2.3. 方法

2.3.1. 工艺流程

西瓜复合调配酱的工艺流程如图 1 所示。

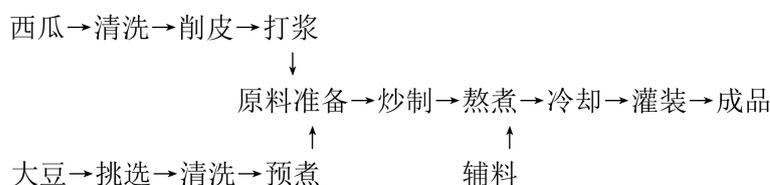


Figure 1. Product process flow diagram
图 1. 产品工艺流程图

2.3.2. 操作要点

1) 原辅料准备: 挑选新鲜西瓜, 将西瓜去瓤和去青皮。把西瓜皮切成 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的块状, 洗净沥干, 称取所需重量与水(西瓜皮:水 = 1:1.5, M:M), 用多功能料理机打浆 5 min。称取 500 g 大豆, 提前在室温下浸泡一夜, 洗净后置于锅中蒸煮 20 分钟至软烂。将人参、黄精、肉苁蓉切碎, 放入电热干燥箱中, 在 60°C 下干燥至水分含量 $\leq 10\%$ 为止。冷却后, 用粉碎机粗粉碎至 30 目左右。然后, 用超微粉碎机超微粉碎 10 min, 至平均粒径达 200 目。将干辣椒及干紫薯分别用粉碎机粉碎至 100 目。

2) 炒制: 向锅中倒入食用油, 加入预先处理好的西瓜皮与大豆, 150°C 炒制 5 min。加入干辣椒、人参、黄精、肉苁蓉, 在 120°C 下熬煮 10 min。加入黄豆酱并不断搅拌, 在 100°C 下熬煮 5 min。加入低聚果糖、紫薯浆(紫薯:水 = 1:8, M:M), 在 60°C 下熬煮 5 min。最后, 加入熟白芝麻, 炒制完毕。

3) 冷却: 炒制结束后, 将产品置于锅中自然冷却 5~10 min, 至其温度下降至 60°C 以下。

4) 装盒: 将冷却后的西瓜复合调配酱灌装至容器内。

2.3.3. 单因素试验设计

以产品净含量 200 g 为基准, 基础配方为西瓜皮 45%、大豆 11.5%、黄豆酱 25%、低聚果糖 1.5%、辣椒 6%、紫薯 3%、人参 0.1%、黄精 0.1%、肉苁蓉 0.1%、食用油 5%、芝麻 2.7%。在其他工艺条件和原料添加量相同的情况下, 以感官质量、粘度、色差和水分含量为评价指标, 分别探究西瓜皮、黄豆酱、低聚果糖、辣椒和紫薯添加量对产品质量的影响。

1) 西瓜皮添加量对产品质量的影响

配方条件中其他配料比例不变, 分别添加 35%、40%、45%、50% 和 55% 西瓜皮, 以感官质量、粘度和水分含量为评价指标, 考察不同西瓜皮添加量对酱的品质的影响。

2) 黄豆酱添加量对产品质量的影响

配方条件中其他配料比例不变, 分别添加 15%、20%、25%、30% 和 35% 黄豆酱, 以感官质量、粘度和色差为评价指标, 考察不同黄豆酱添加量对酱的品质的影响。

3) 低聚果糖添加量对产品质量的影响

配方条件中其他配料比例不变, 分别添加 0.5%、1%、1.5%、2% 和 2.5% 低聚果糖, 以感官质量和粘度为评价指标, 考察不同低聚果糖添加量对酱的品质的影响。

4) 辣椒添加量对产品质量的影响

配方条件中其他配料比例不变, 分别添加 2%、4%、6%、8% 和 10% 辣椒, 以感官质量和色差为评价指标, 考察不同辣椒添加量对酱的品质的影响。

5) 紫薯添加量对产品质量的影响

配方条件中其他配料比例不变, 分别添加 1%、2%、3%、4% 和 5% 紫薯, 以感官质量和粘度为评价指标, 考察不同紫薯添加量对酱的品质的影响。

2.3.4. 正交试验优化功能型西瓜皮黄豆酱配方

在 5 个单因素试验中选取对酱品品质影响最为显著的 4 个因素作为考察指标, 并从这 4 项因素中选取 3 个最佳水平进行正交试验, 通过感官质量和理化指标的评价, 确定酱品的最佳配方。参照正交试验表(表 1), 进行配方的正交试验。

2.3.5. 感官评价

西瓜复合调配酱的感官评价方法参照 QB/T 1386-2017 [15] 的感官要求, 从风味、滋味和口感、色泽以及组织状态四项因素, 分别对该酱进行评分。具体操作为: 将炒制并冷却的西瓜复合调配酱装入包装

容器中。然后选取 10 名具有食品专业知识背景的感官评价人员, 按照感官质量评分表(表 2), 对该酱进行感官评价, 评分采用百分制, 最终取平均值。

Table 1. An orthogonal experiment $L_9(3^4)$ of formula
表 1. 配方的正交试验 $L_9(3^4)$

水平	因素			
	A 西瓜皮 (%)	B 黄豆酱 (%)	C 低聚果糖 (%)	D 辣椒 (%)
1	35	25	1.0	2
2	40	30	1.5	4
3	45	35	2.0	6

Table 2. Sensory quality rating scale
表 2. 感官质量评分表

风味	滋味和口感	色泽	组织状态
(35 分)	(30 分)	(20 分)	(15 分)
酱香味浓郁, 辣味协调 (26 分~35 分)	咸味适中, 口感细腻, 柔和 (20 分~30 分)	有光泽, 色泽均匀 (11 分~20 分)	酱状均匀, 浓稠适宜 (9 分~15 分)
酱香味明显, 辣味较协调 (16 分~25 分)	口感细腻, 欠柔和 (10 分~19 分)	色泽暗淡, 无光泽 (6 分~10 分)	酱状基本均匀 (4 分~8 分)
酱香味淡薄, 辣味不协调 (0~15 分)	滋味不纯正, 口感较粗糙 (0~9 分)	色泽不均匀, 有杂色 (0~5 分)	酱状不均匀 (0~3 分)

2.3.6. 理化指标的测定

1) 粘度的测定

将经过炒制并冷却至室温的西瓜复合调配酱装入产品包装盒中, 利用粘度计 4 号转子, 以 12 r/min 的恒定转速对不同水平下的酱品进行粘度测定。每个水平随机取 3 个具有代表性的位置, 进行测量。最后, 取平均值作为粘度测定结果。

2) 色差的测定

将炒制完成并冷却的酱装入产品包装盒中, 然后使用色差仪贴紧透明盒底部, 保持稳定进行测量。分别记录不同水平下酱品的 L 、 a 、 b 值, 并与西瓜皮黄豆酱标准品($L^* = 29.76$ 、 $a^* = 7.02$ 、 $b^* = 6.37$)进行比较分析。根据公式(1)计算出 ΔE 值, 每个水平下测量并记录三组 ΔE 值。最后, 取平均值作为色差测定结果。

$$\Delta E = \sqrt{(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2} \quad (1)$$

式中, L 表示颜色的亮度, 取值范围在 0~100, 0 表示纯黑色, 100 表示纯白色; a 表示颜色的红绿色度, 取值范围在-128~+127, $a > 0$ 表示红色, $a < 0$ 表示绿色, 且数值的绝对值越大, 表示红绿色程度越强; b 表示颜色的黄蓝色度, 取值范围在-128~+127, $b > 0$ 表示黄色, $b < 0$ 表示蓝色, 且数值的绝对值越大, 表示黄蓝色程度越强。

3) 水分含量的测定

采用直接干燥法, 参照 GB 5009.3-2016 [16]。

2.3.7. 数据分析与处理

试验至少重复三次, 数值表示为平均值 \pm 标准差。当 $p < 0.05$ 时显著。

3. 结果与分析

3.1. 西瓜皮对酱品质量的影响

西瓜皮富含果胶、维生素 C、维生素 B6 和钾等许多营养成分, 能进一步提升酱料的营养价值, 且其中的膳食纤维有助于促进肠胃的蠕动, 改善消化功能, 使人体更好地吸收酱品中的营养成分。西瓜皮添加量对酱品感官质量的影响如图 2(a)所示。随着添加量的增加, 酱品的感官质量不断上升; 当添加量为 40%, 感官质量达到最大值(93.4 分); 之后, 尽管添加量进一步增加, 感官质量逐渐下降。整个过程可分析如下。当西瓜皮添加量较少, 其本身的清香味与黄豆酱的酱香味相结合, 能为酱品增添一些独特的清新风味, 使酱品的味道更加丰富; 然而, 西瓜皮添加量较多, 酱品中西瓜皮味过浓, 掩盖了产品中的酱香味, 且纤维感较重, 导致滋味较差。

西瓜皮富含的果胶是一种天然的增稠剂, 因此添加西瓜皮可以有效增加酱的粘度, 同时西瓜皮含有约 90%的水分, 在酱品的制作过程中其水分会不断释放。两者对酱品的粘度以及水分含量均会有一些影响, 其协同结果如图 2(b)所示。很显然, 随着添加量的增加, 粘度先不断上升; 然后当添加量大于 45%, 西瓜皮中的果胶在煮制过程中通过分子间相互作用形成的胶状“网络”达到近饱和状态[17], 粘度的上升幅度明显减缓。西瓜皮中的水分会直接影响酱品的水分含量, 因此, 在相同生产工艺条件下, 随着西瓜皮添加量增加, 酱品的水分含量也会增加, 但过多的水分可能会影响酱品的稳定性与保存性。综合考虑生产成本以及酱品质量, 选择西瓜皮添加量为 45%。

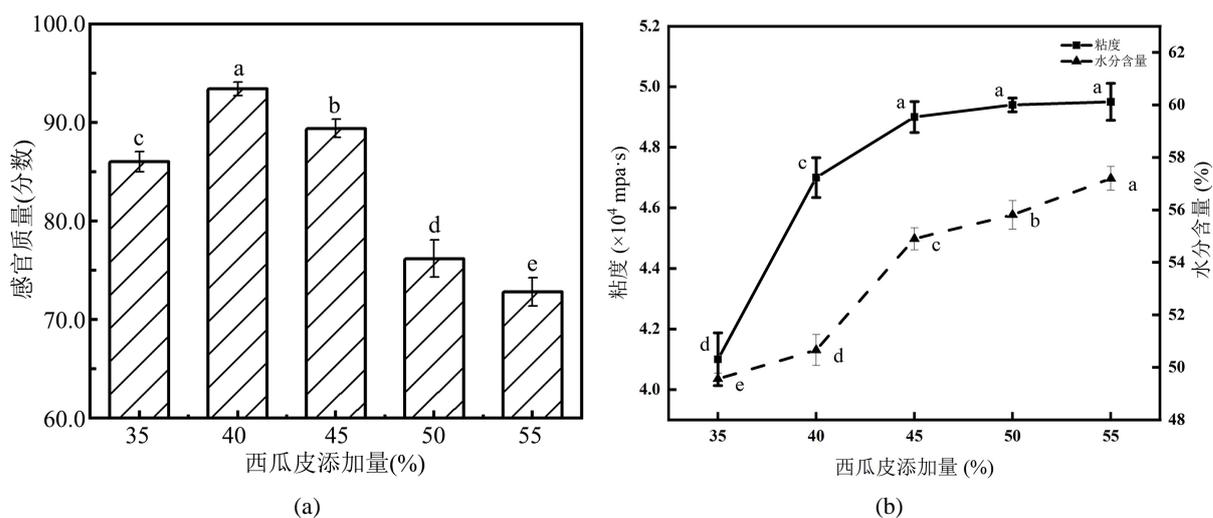


Figure 2. Effect of watermelon on product quality: (a) Effect of watermelon rind addition on product sensory quality; (b) Effect of watermelon rind addition on product viscosity and moisture content

图 2. 西瓜皮对酱品质量的影响: (a) 西瓜皮对酱品感官质量的影响; (b) 西瓜皮对酱品粘度和水分含量的影响

3.2. 黄豆酱对酱品质量的影响

为增加产品鲜味, 改善酱品的质地, 使其更加均匀、细腻, 配料中添加了黄豆酱。其添加量对酱品

感官质量的影响如图3(a)所示。随着该添加量的增加, 酱品的感官质量不断上升; 当黄豆酱添加量为25%, 感官质量达到最大值(95.4分); 之后, 随着添加量的进一步增加, 感官质量逐渐下降。黄豆酱呈现棕褐色, 酱香浓郁, 且氨基态氮含量丰富, 具有鲜味[18]。随着黄豆酱的增加, 复合酱的香味及鲜味逐渐增加。然而, 随着添加量进一步增加, 酱香过于浓郁, 掩盖了西瓜的香味。并且, 黄豆酱中含盐量较高($\geq 7\%$), 过多的黄豆酱会造成产品过咸。

进一步探究了黄豆酱添加量对酱品粘度以及色差的影响, 结果如图3(b)所示。由于黄豆酱本身含有淀粉、蛋白质等成分, 其天然呈现出一定的粘度。随着其添加量的增加, 粘度逐渐上升, 可能是因为黄豆酱中的固形物含量较高, 导致酱品体系中固体颗粒浓度增加, 进而使酱品的粘度增加, 表现为更加粗糙的组织状态和更高的粘度值。同时, 随着黄豆酱添加量的增加, 酱品的黄褐色不断加深, 色差不断下降。因此, 综合考虑酱的质量以及外观, 选择黄豆酱添加量为25%。

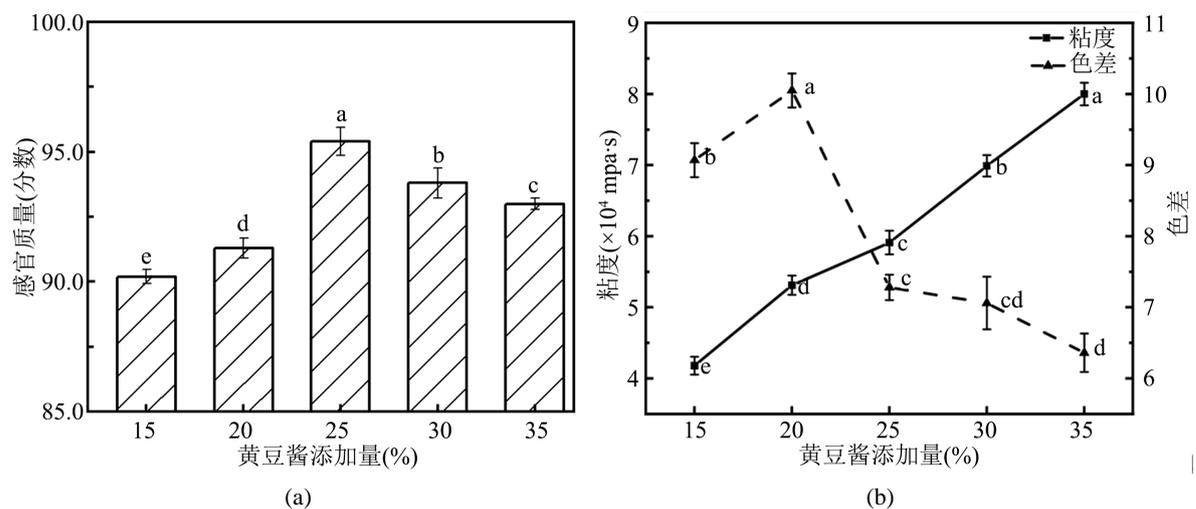


Figure 3. Effect of soybean paste on product quality: (a) Effect of soybean paste on sensory quality; (b) Effect of soybean paste on viscosity and color

图 3. 黄豆酱对酱品质量的影响: (a) 黄豆酱添加量对酱品感官质量的影响; (b) 黄豆酱添加量对酱品粘度和色差的影响

3.3. 低聚果糖对酱品质量的影响

低聚果糖具有一定的甜味和良好的溶解性, 其粘度比同浓度的蔗糖溶液略大, 在酱品中添加低聚果糖可以很好地改善酱品的口感与风味。同时, 低聚果糖作为一种益生元, 具有促进肠道健康等保健功能, 是功能性食品添加剂。因此, 为了增加酱品的甜度, 并赋予酱品益生元功效, 本产品采用低聚果糖作为甜味剂。低聚果糖添加量对酱品感官质量以及粘度的影响如图4所示。显而易见, 随着其添加量的增加, 感官质量不断上升; 当添加量为1.5%, 酱品鲜甜味适中, 且口感细腻柔和, 感官质量达到极值(93.4分); 之后, 随着该添加量的进一步增加, 酱品的口感过于甜腻, 影响了酱品的综合品质, 感官质量不断下降。与此同时, 随着其添加量的增加, 酱品的粘度不断上升, 这主要是因为糖分子较大且含有多个羟基, 能够与水分子形成大量的氢键, 从而在酱品中构建起致密的空间网状结构, 使产品粘度增加[19]。因此, 低聚果糖添加量选择为1.5%。

3.4. 辣椒对酱品质量的影响

为了增加产品的辣味, 配料中添加了辣椒, 其添加量对酱品感官质量以及色差的影响如图5所示。

随着添加量的增加, 感官质量不断上升; 当添加量为 6%, 感官质量达到极值(95.4 分); 之后, 随着辣椒进一步增加, 感官质量逐渐下降。这可能是因为辣椒添加量较少时, 酱品的辣味与酱香味不够协调, 滋味不够纯正[20]; 其添加量较多, 酱品的辣味过重, 掩盖了酱的香味, 使酱品的整体风味变得单一, 酱品感官质量变差。同时, 随着添加量的增加, 辣椒所特有的鲜红色逐渐显现, 使酱品的颜色逐渐偏离酱的黄褐色, 导致二者颜色差异较大, 即酱品的色差增加。因此, 选择辣椒添加量为 6%。

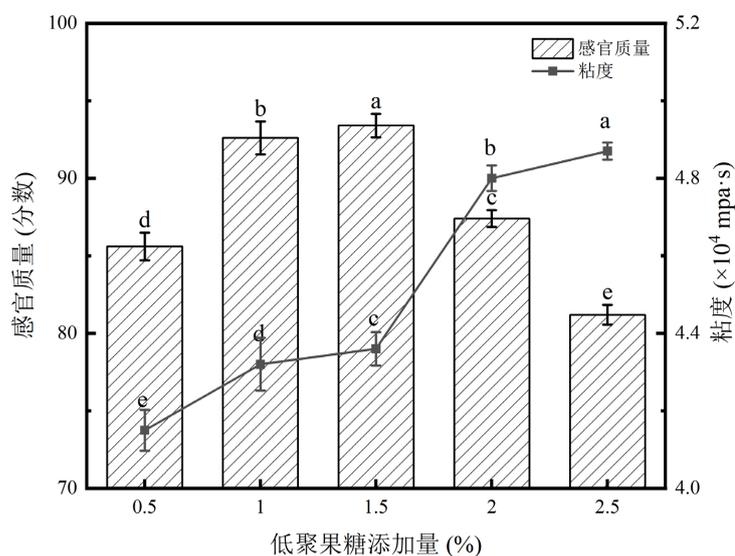


Figure 4. Effect of oligofructose on sensory quality and viscosity of products

图 4. 低聚果糖对酱品感官质量和粘度的影响

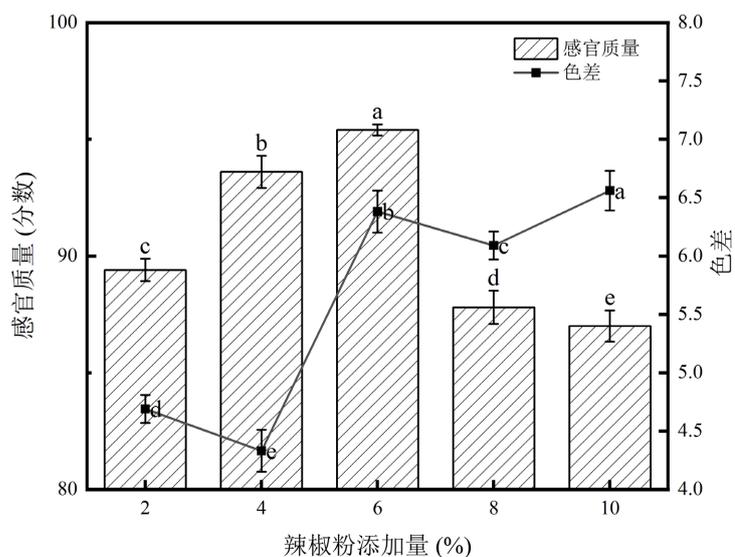


Figure 5. Effect of chili powder on sensory quality and viscosity of products

图 5. 辣椒对酱品感官质量和粘度的影响

3.5. 紫薯对酱品质量的影响

为了更好地赋予酱品抗氧化的功能作用, 配料中添加紫薯, 其添加量对酱品感官质量以及粘度的影响如图 6 所示。随着紫薯添加量的增加, 酱品的口感逐渐变得更加细腻, 质地逐渐均匀, 感官质量不断

上升; 当添加量为 2%, 感官质量达到最大值(96.2 分); 之后, 随着添加量的进一步增加, 酱品的甜度过高, 紫薯风味过于浓郁, 与酱香味的协调性失衡, 导致感官质量逐渐下降。同时, 随着紫薯的增加, 酱品粘度也呈现出持续上升的趋势, 这主要是因为紫薯的主要成分淀粉在炒制过程中, 随着温度的升高, 淀粉粒发生溶胀、崩溃, 其晶体结构逐渐消失, 体积膨大, 出现淀粉糊化的现象。这种糊化作用使得酱品中的淀粉分子与水分子之间的相互作用增强, 从而使酱品粘度增加[21]。因此, 紫薯的添加量确定为 2%。

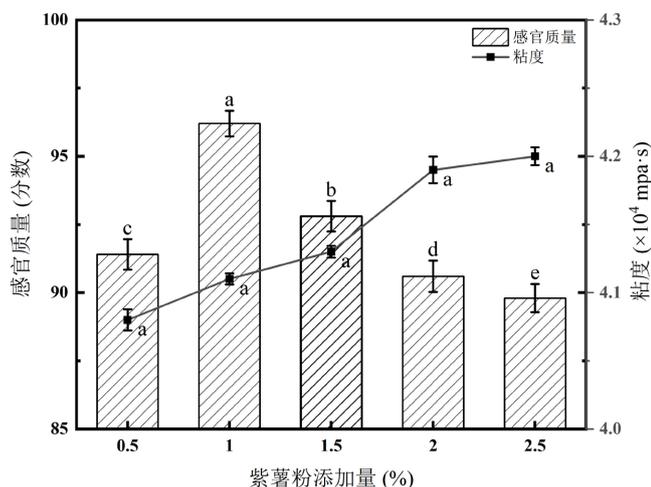


Figure 6. Effect of purple potato flour on sensory quality and viscosity of products
图 6. 紫薯对酱品感官质量和粘度的影响

3.6. 配方的正交试验

在上述单因素试验的基础上, 选取西瓜皮、黄豆酱、低聚果糖、辣椒这四个因素作为主要考察指标, 将紫薯添加量固定在 2% 这一先前试验确定的最佳水平。在此基础上, 通过感官质量和理化指标检测相结合的方法, 对酱品的配方进行四因素三水平正交试验。

由正交试验分析表(表 3)可知, 影响酱品的主次因素顺序为西瓜皮 > 黄豆酱 > 辣椒 > 低聚果糖。并且, 6 号样品的感官质量得分最高; 由理化指标检测分析表(表 4)可知, 6 号样品粘度适中, 水分含量适中, 色差较好。综合正交试验和理化指标测定分析的结果, 酱品的最佳配方为西瓜皮 40%、大豆 10%、黄豆酱 35%、辣椒 4%、低聚果糖 1%、紫薯 2%、人参 0.1%、黄精 0.1%、肉苁蓉 0.1%、食用油 5%、熟白芝麻 2.7%。

Table 3. An orthogonal experiment $L_9(3^4)$ of formula
表 3. 配方的 $L_9(3^4)$ 正交试验

序号	因素				感官质量 (分数)
	A 西瓜 (%)	B 黄豆酱 (%)	C 低聚果糖 (%)	D 辣椒 (%)	
1	1 (35)	1 (25)	1 (1.0)	1 (2)	87.12 ± 0.32^a
2	1	2 (30)	2 (1.5)	2 (4)	86.77 ± 0.44^a
3	1	3 (35)	3 (2.0)	3 (6)	87.54 ± 0.29^a
4	2 (40)	1	2	3	90.37 ± 0.83^c

续表

5	2	2	3	1	88.66 ± 0.35 ^b
6	2	3	1	2	96.42 ± 0.52 ^d
7	3 (45)	1	3	2	86.74 ± 0.74 ^a
8	3	2	1	3	90.03 ± 0.72 ^c
9	3	3	2	1	87.42 ± 0.56 ^a
K ₁	261.43	264.23	273.57	263.20	
K ₂	275.45	265.46	264.56	269.93	
K ₃	264.19	271.38	262.94	267.94	
R	14.02	7.15	1.62	4.74	
因素主次顺序	A > B > D > C				
最优组合条件	A₂B₃D₂C₁				

Table 4. Physical and chemical indicators of sauce**表 4.** 酱品理化指标

水平	指标		
	粘度(mpa·s)	色差	水分含量(%)
1	39933 ± 1388 ^a	6.68 ± 0.32 ^a	43.19 ± 0.65 ^a
2	47066 ± 1646 ^{bc}	7.54 ± 0.78 ^b	42.67 ± 0.96 ^a
3	49100 ± 912 ^{cd}	6.37 ± 0.53 ^{ac}	44.35 ± 0.29 ^b
4	50264 ± 1283 ^d	10.12 ± 0.31 ^d	47.98 ± 0.23 ^c
5	49950 ± 1172 ^d	5.73 ± 0.53 ^{ef}	49.85 ± 0.66 ^d
6	48036 ± 808 ^{bcd}	5.32 ± 0.21 ^e	49.78 ± 0.26 ^d
7	46098 ± 731 ^b	5.96 ± 0.30 ^{ef}	52.13 ± 0.54 ^e
8	53488 ± 2312 ^e	8.09 ± 0.13 ^j	50.08 ± 0.23 ^d
9	62879 ± 1259 ^f	4.68 ± 0.06 ^h	52.66 ± 0.31 ^e

4. 结论

本文以西瓜皮、大豆、黄豆酱、人参、黄精等为主要原料, 开发一款适于中老年人的能够调节机体机能并提高免疫力的西瓜复合调配酱。通过单因素试验, 确定了西瓜皮、黄豆酱、辣椒及低聚果糖的添加量。在此基础上, 进行了配方的正交试验, 以感官质量和理化指标为综合评价指标, 最终确定产品的配方, 即: 西瓜皮 40%、大豆 10%、黄豆酱 35%、辣椒 4%、低聚果糖 1%、紫薯 2%、人参 0.1%、黄精 0.1%、肉苁蓉 0.1%、食用油 5%、熟白芝麻 2.7%。该研究不仅为西瓜皮的加工利用开辟了新的途径, 实现了废弃物的高值化转化, 也为开发新型西瓜酱产品提供了坚实的技术支撑与理论依据, 有望推动相关食品产业的创新发展, 满足中老年人群对健康食品的多元化需求。

基金项目

宁夏回族自治区农业关键核心技术攻关项目资助(2024-20)。

参考文献

- [1] 程晓欣, 闫晋强, 翟许玲, 等. 葫芦科作物遗传多样性研究进展[J]. 中国瓜菜, 2024, 2(1): 1-21.
- [2] Méndez, D.A., Fabra, M.J., Gómez-Mascaraque, L., López-Rubio, A. and Martínez-Abad, A. (2021) Modelling the Extraction of Pectin Towards the Valorisation of Watermelon Rind Waste. *Foods*, **10**, 738-746. <https://doi.org/10.3390/foods10040738>
- [3] Hoque, M.M. and Iqbal, A. (2015) Drying of Watermelon Rind and Development of Cakes from Rind Powder. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*, **2**, 14-21.
- [4] 张婷婷, 董志超, 蒋汾芬. 西瓜皮酱菜的研制[J]. 中国调味品, 2021, 46(5): 107-110.
- [5] 王虹玲, 段笑影, 曹冬冬, 等. 蜂蜜西瓜皮汁乳酸发酵饮料的工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(3): 117-122.
- [6] 孙雅欣, 陈涤平. 大豆资源及其制品在中医食养食疗中的应用研究[J]. 生物资源, 2023, 45(3): 218-226.
- [7] Rani, R. and Badwaik, L.S. (2021) Functional Properties of Oilseed Cakes and Defatted Meals of Mustard, Soybean and Flaxseed. *Waste and Biomass Valorization*, **12**, 5639-5647. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01407-z>
- [8] Li, T., Yan, Y., Han, L., Li, M., Liu, S., Zhou, X., et al. (2024) Ginseng Fruit Rare Saponins (GFRS), a Promising Anti-Wrinkle Agent: Evidence of Its Antioxidant Effect and Its Capacity to Prevent Matrix Metalloproteinase (MMPs) Expression *in Vitro* and *in Vivo*. *Industrial Crops and Products*, **215**, Article ID: 118716. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118716>
- [9] Zhong, K., Huang, Y., Chen, R., Pan, Q., Li, J. and Xi, X. (2024) Author Correction: The Protective Effect of Ginsenoside RG1 against Sepsis-Induced Lung Injury through PI3K-Akt Pathway: Insights from Molecular Dynamics Simulation and Experimental Validation. *Scientific Reports*, **14**, 205-212. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71998-9>
- [10] Chen, N., Ding, Y., Li, X., Li, J., Cheng, Y., Tian, Y., et al. (2024) Chemical Structures and Immunomodulatory Activities of Polysaccharides from *Polygonatum kingianum*. *International Journal of Biological Macromolecules*, **279**, Article ID: 135406. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135406>
- [11] 汪成, 叶菊, 何旭光, 等. 黄精化学成分、药理作用研究进展及质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 16(1): 1-30.
- [12] Li, Z., Li, J., Li, Y., et al. (2024) The Role of Cistanches Herba and Its Ingredients in Improving Reproductive Outcomes: A Comprehensive Review. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, **12**, 176-181.
- [13] 郑玉玲, 李纳纳, 冯京, 等. 肉苁蓉苯乙醇苷类成分抗骨质疏松作用机制研究进展[J]. 天津中医药大学学报, 2022, 41(2): 265-272.
- [14] 陈彩云, 王若宇, 张家乐, 等. 紫薯花青素通过调节 p53-p21~(Waf1/Cip1)信号通路对辐射致造血干/祖细胞衰老的保护作用[J]. 食品科学, 2023, 44(21): 131-136.
- [15] 中国轻工业联合会. QB/T 1386-2017 果酱类罐头[S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2017.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2016.
- [17] Huang, P., Chiu, C., Chan, Y., Chen, S., Lu, W. and Li, P. (2023) Response Surface Analysis and Process Optimisation of Adzuki Bean (*Vigna angularis*) Food Paste Production. *Journal of Agriculture and Food Research*, **14**, Article ID: 100855. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100855>
- [18] Li, J., Sun, C., Zhang, M., He, J., Shen, Z., Geng, L., et al. (2024) Study on the Factors Affecting the Sauce-Flavor Compounds of Soybean Paste in Fermentation. *Food Bioscience*, **59**, Article ID: 103872. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103872>
- [19] 潘婷, 裴晓梅, 崔正刚, 等. 含酰胺基团的新型糖基表面活性剂的合成及乳化性能[J]. 应用化工, 2024, 53(7): 1549-1553.
- [20] 唐必美, 贺妍, 赵瑞华, 等. 滑子菇辣椒酱的制作及工艺优化[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2024, 43(1): 13-18.
- [21] 康志敏, 耿宁宁, 何梦影, 等. 砂仁多糖对小麦淀粉理化性质及消化特性的影响[J]. 食品与机械, 2024, 40(6): 19-24.