

# 一种富含美拉德风味肽的牛肉芝麻酱的 工艺研究

刘淑芸<sup>1</sup>, 刘仪茹<sup>1</sup>, 曹慧芳<sup>1</sup>, 孙汉巨<sup>1\*</sup>, 何述栋<sup>1</sup>, 金日生<sup>1</sup>, 沈阳<sup>2</sup>, 沈源<sup>2</sup>

<sup>1</sup>合肥工业大学食品与生物工程学院, 农产品生物化工教育部工程研究中心, 安徽 合肥

<sup>2</sup>安徽达园粮油有限公司, 安徽 宿州

Email: sallyliushuyun@163.com, \*sunhanju@163.com

收稿日期: 2021年4月6日; 录用日期: 2021年5月14日; 发布日期: 2021年5月21日

## 摘要

以牛肉、豆瓣酱、芝麻、花生及美拉德风味肽为主要原料, 枸杞、香叶、八角、辣椒等为辅料, 开发一种风味层次丰富且氧化稳定性较高的牛肉芝麻酱。以感官质量作为评价指标, 通过单因素试验, 确定了芝麻、豆瓣酱、美拉德风味肽、复合香料、牛肉及枸杞的添加量。在此基础上, 采用四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验, 优化了产品的最佳配方, 其结果为: 豆瓣酱35%, 芝麻8%, 花生5.75%, 复合香料3%, 美拉德风味肽0.4%, 牛肉10%, 枸杞1.05%。当美拉德风味肽添加量为0.4%时, 芝麻酱在110℃下的氧化诱导时间从8.7 h升高至14.8 h, 提高了6.1 h, 添加美拉德风味肽可以显著提高产品的氧化稳定性。本研究结果将为美拉德风味肽在芝麻酱的产业化开发中的应用提供技术支持。

## 关键词

牛肉, 豆瓣酱, 芝麻酱, 美拉德风味肽, 氧化稳定性

# Study on the Technology of Beef Tahini Rich in Maillard Flavor Peptides

Shuyun Liu<sup>1</sup>, Yiru Liu<sup>1</sup>, Huifang Cao<sup>1</sup>, Hanju Sun<sup>1\*</sup>, Shudong He<sup>1</sup>, Risheng Jin<sup>1</sup>, Yang Shen<sup>2</sup>, Yuan Shen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engineering Research Center of Bio-Process, Ministry of Education, School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui

<sup>2</sup>Anhui Dayuan Co., Ltd., Suzhou Anhui

Email: sallyliushuyun@163.com, \*sunhanju@163.com

Received: Apr. 6<sup>th</sup>, 2021; accepted: May 14<sup>th</sup>, 2021; published: May 21<sup>st</sup>, 2021

\*通讯作者。

文章引用: 刘淑芸, 刘仪茹, 曹慧芳, 孙汉巨, 何述栋, 金日生, 沈阳, 沈源. 一种富含美拉德风味肽的牛肉芝麻酱的工艺研究[J]. 食品与营养科学, 2021, 10(2): 101-113. DOI: 10.12677/hjfn.2021.102014

## Abstract

Beef, bean paste, sesame, peanut and Maillard flavor peptides as main raw materials, Chinese wolfberry, geraniums, star anise and other spices as auxiliary materials, a beef sesame paste with rich flavor levels and high oxidation stability was developed. In terms of sensory quality, the supplemental amounts of sesame, bean paste, peanut, Maillard flavor peptide, compound spices, beef and Chinese wolfberry were determined in single factor tests. On this basis, the formula was optimized in an orthogonal test of  $L_9(3^4)$ . The results were bean paste 40%, sesame 8%, peanut 5.75%, compound spices 3%, Maillard flavor peptide 0.4%, beef 10% and Chinese wolfberry 1.05%. The oxidation induction time of the tahini at 110°C increased from 8.7 h to 14.8 h with an increase of 6.1 h, when the addition of Maillard flavor peptide was 0.3%. The addition of the Maillard flavor peptides could significantly improve the oxidation stability of beef tahini. The results will provide technical support for the industrialization development of Maillard flavor peptides and sesame paste.

## Keywords

Beef, Bean Sauce, Sesame Paste, Maillard Flavor Peptide, Oxidation Stability

Copyright © 2021 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

芝麻，又名脂麻、胡麻，一年生直立草本植物，是中国主要油料作物之一。芝麻中油脂、不饱和脂肪酸和蛋白质含量较高，还有芝麻素、芝麻酚、维生素 A、维生素 E、卵磷脂、钙、铁、铬等营养成分。芝麻常被加工成芝麻油、芝麻糊、芝麻酱等产品，其中芝麻酱因其浓香醇厚的独特风味而深受消费者喜爱[1] [2]。目前，市场上的芝麻酱产品口感单一，不能满足多样化的市场需求[3]。另外，芝麻及其深加工产品在储存过程中油脂容易出现氧化哈败等现象，影响产品的保质期[4] [5]。对于芝麻酱制品来说，这一现象严重影响了芝麻酱的货架寿命，降低了芝麻酱的品质，制约了芝麻酱行业的发展[6]。

牛肉，指从牛身上获得的肉，为常见的肉品之一。牛肉含有丰富的营养价值，其中最突出的是蛋白质、铁、钙、锌、肌氨酸、维 A、维 B1 的含量，具有滋养脾胃、降胆固醇、提高机体免疫力等功效，其味道鲜美，具有“肉中骄子”的美称[7]。2017 年，全球牛肉消费量为 5936.2 万吨，中国的年消费量为 798.5 万吨，位于第 4 位。中国虽然是牛肉进出口大国以及消费大国，却不是牛肉加工强国[8]。我国牛肉的附加值非常低，且多为中低端产品，发达国家牛肉加工附加值高达 30%~40%，而我国仅为 3%~4% [9]。

美拉德反应是指氨基化合物(氨基酸、肽及蛋白质)与羰基化合物(糖类)之间的非酶褐变反应经过一系列的复杂历程，最终生成含各种小分子和高分子的棕色甚至黑色的混合物。这些混合物称为美拉德反应产物(Maillard Reaction Products, 简写 MRPs) [10]。美拉德风味肽是 MRPs 中一类具有风味特征的短肽类化合物。在食品的加热或储存过程中，美拉德反应产物对香气和颜色有所影响，如：为面包提供金黄的颜色和诱人的香味；对茶叶的香气、色泽、滋味及品质的形成具有重要作用[11]-[16]。文献[17]以谷氨酸和木糖为起始原料，通过美拉德反应制备美拉德反应中间体，从反应物配比、初始反应 pH 及真空脱水方法等方面进行优化，提高了水相中反应中间体转化率，显著提高了桃酥中吡嗪、吡咯的含量，丰富了

焙烤风味。另外，美拉德反应产物还具有各种生物活性，能降低胃肠对蛋白质或氨基酸的消化性，从而增加其进入大肠并被肠道微生物发酵和利用的可能性[18]。美拉德反应产物还具有抗氧化活性。麦芽在焙焦过程中产生的类黑精等物质，在黑啤酒中的抗氧化能力可以达到 95%，较麦芽本身含有的酚类抗氧化物质的抗氧化性更强。因此，美拉德反应产物可被作为啤酒中的主要抗氧化剂[19] [20]。

本研究以芝麻粕为原料制得美拉德风味肽，加入以牛肉、豆瓣酱、芝麻、花生和复合调料为主的牛肉芝麻酱中，拟开发一种既有牛肉与芝麻的鲜香，豆瓣的香辣，又有美拉德风味肽所带来的浓厚和鲜香味的牛肉芝麻酱。并且，通过添加美拉德风味肽，提升产品的氧化稳定性。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 试验材料

豆瓣酱(成都兆丰和食品有限公司)、料酒(湖州老恒和酿造有限公司)、金龙鱼调和油(上海嘉里食品工业有限公司)、芝麻粕(安徽达园粮油有限公司)、牛肉、芝麻、花生、大葱、小葱、生姜、蒜、干辣椒、香叶、花椒、肉蔻、枸杞、八角、白砂糖、食盐(购于合肥市照山农贸市场)、碱性蛋白酶( $2 \times 10^5$  U/g, 邢台万达生物工程有限公司)、中性蛋白酶( $3 \times 10^5$  U/g, 邢台万达生物工程有限公司)、风味蛋白酶( $5 \times 10^4$  U/g, 邢台万达生物工程有限公司)、木瓜蛋白酶( $6 \times 10^4$  U/g, 邢台万达生物工程有限公司)、氢氧化钠(分析纯, 上海梯希爱化成工业发展有限公司)、D-木糖(上海梯希爱化成工业发展有限公司)、半胱氨酸(上海梯希爱化成工业发展有限公司)。

### 2.2. 仪器及设备

电子天平(JZC-1000MSE, 福州科迪电子技术有限公司)、电热锅(C21-SN2105T, 美的集团有限公司)、组织破碎机(BL-010, 广州铂飞厨房设备有限公司)、中药粉碎机(FW100, 天津市泰斯特仪器有限公司)、水浴锅(HH-6, 上海力辰仪器科技有限公司)、油浴锅(HH-6, 上海力辰仪器科技有限公司)、台式高速离心机(HT190, 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司)、高温灭菌锅(LDZX-50KBS, 南京晓晓仪器设备有限公司)、Rancimat 氧化酸败仪(743, 北京联合科力科技有限公司)、冷冻干燥机(FD-1A-50, 上海争巧科学仪器有限公司), 以及量筒、烧杯、铝锅、药匙、移液管、菜刀及菜板等。

### 2.3. 试验方法

#### 2.3.1. 工艺流程

牛肉芝麻酱工艺流程如图 1 所示。

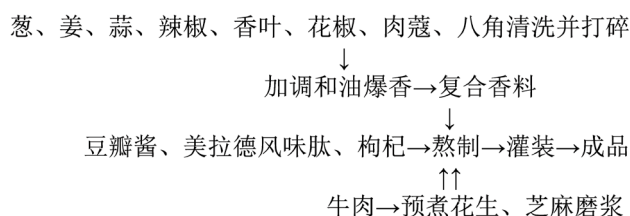


Figure 1. Process flow of beef tahini

图 1. 牛肉芝麻酱工艺流程

#### 2.3.2. 操作要点

##### 1) 原料预处理

牛肉洗净，去血水，剔除筋腱，切成  $1 \text{ cm}^3$  的正方体肉块，添加 3~5 倍体积的纯净水，添加 0.2% 木

瓜蛋白酶, 调节 pH 为 6, 在 40℃~60℃下, 酶解 1 h。葱、姜、蒜清理除杂, 用水洗净后, 用组织破碎机打两分钟备用。辣椒、香叶、花椒、肉蔻、八角、枸杞清理去杂后, 用中药粉碎机粉碎两分钟成粉状备用。

#### 2) 牛肉的预煮

将预处理后的 125 g 牛肉(组织破碎机打 5 分钟)加入电热锅中, 同时加入 500 ml 纯净水, 放入辣椒 2 g、香叶 2 g、八角 5 g、花椒 2 g、肉蔻 10 g、白砂糖 1 g, 食盐 3 g, 料酒 15 ml, 小火边搅拌边焖煮, 使肉与汁液均匀受热, 并除去浮沫, 煮沸后保持 40~60 min。将煮好的牛肉捞出, 用组织破碎机将其打碎成肉末备用。

#### 3) 复合调料的制备

在电热锅中加入 250 ml 调和油, 点火加热, 使油温快速上升至 220℃~230℃, 调小火焰, 将大蒜 20 g、生姜 5 g、葱段 50 g 依次加入, 将其炸干炸香。关掉火, 将大蒜、生姜、葱段捞出弃去, 将辣椒 5 g 加入, 利用锅中油的余温将其炸香后捞出弃去。调味油经过过滤装入烧杯中, 待用。

#### 4) 芝麻、花生预处理

芝麻预处理: 芝麻分选后水洗, 干燥后 170℃烘烤 20 min。冷却后芝麻磨浆。

花生预处理: 花生分选后水洗, 干燥后 140℃烘烤 30 min, 冷却后将花生脱皮破碎为小粒花生碎并磨浆。

#### 5) 美拉德风味肽的制取

参考余敏等[21]的美拉德风味肽制备方法, 在此基础上进行修改制取美拉德风味肽。

芝麻多肽制取工艺: 芝麻粕粉碎后过 100 目筛, 按质量比 1:10 加入超纯水并搅拌均匀, 并于 80℃下预煮 30 min。用 4 mol/L 的 NaOH 溶液调 pH 至 9.5, 搅拌浸提 4 h 后, 离心(8000 r/min)取上清液即为芝麻蛋白液。将芝麻蛋白液初始 pH 调至 9.5, 添加质量分数为 1%碱性蛋白酶在 50℃下酶解 2 h 后, 90℃加热 15 min 灭酶。再用 4 mol/L 的 HCl 溶液调 pH 至 6.5, 添加 0.8%的木瓜蛋白酶、0.8%的中性蛋白酶和 0.5%的风味蛋白酶于 55℃下酶解 3 h 后, 90℃加热 15 min 灭酶。离心(8000 r/min)取上清液, 冷冻干燥后粉碎过 60 目筛, 即为芝麻多肽。

美拉德风味肽的制取工艺: 取 10 ml 超纯水, 加入 0.1 g 芝麻多肽、0.1 g 半胱氨酸和 0.2 g 木糖混匀后, 置于螺旋密封管中, 于 180℃油浴反应 90 min 后, 反应物置于冰水中快速冷却至室温, 冷冻干燥后粉碎过 60 目筛, 即为美拉德风味肽。

#### 6) 牛肉芝麻酱的制备

将制备好的复合调料(计量)加入电热锅中开火加热, 调节开关控制火焰, 油温升至 180℃左右, 放入制备好的豆瓣酱(计量)进行炒制, 关小火后倒入牛肉末(计量), 枸杞粉(计量), 芝麻酱(计量), 花生(计量), 美拉德风味肽(计量)和 44.8%水, 翻炒至浓稠状, 使各种原辅料充分混合、渗透和熟化, 制得的成品酱中水分含量:  $\leq 28\%$ 。

#### 7) 灌装

根据不同产品包装形式的要求, 用天平校准产品净含量, 调整灌装机灌装精度, 进行灌装, 灌装后及时封口, 放入灭菌锅中, 在 120℃~130℃杀菌 30 min, 冷却后贴标, 即为成品。

### 2.3.3. 单因素试验

#### 1) 豆瓣酱的添加量对感官品质的影响

固定添加芝麻 7.75%、复合香料 4%、花生 5.75%、美拉德风味肽 0.3%、牛肉粒 10%、枸杞 0.95%, 分别加入 30、35、40、45 及 50%的豆瓣酱。以色泽、风味、口感和组织状态为指标, 确定豆瓣酱的最适添加量。

### 2) 芝麻添加量对感官品质的影响

固定添加豆瓣酱 40%、复合香料 4%、花生 5.75%、美拉德风味肽 0.3%、牛肉 10%、枸杞 0.95%，分别加入 3.75、5.75、7.75、9.75 及 11.75% 的芝麻。以色泽、风味、口感和组织状态为指标，确定芝麻的最适添加量。

### 3) 花生的添加量对感官品质的影响

固定添加豆瓣酱 40%、芝麻 7.75%、复合香料 4%、美拉德风味肽 0.3%、牛肉 10%、枸杞 0.95%，分别加入 4.75、5.75、6.75、7.75 及 8.75% 的花生。以色泽、风味、口感和组织状态为指标，确定花生的最适添加量。

### 4) 复合香料的添加量对感官品质的影响

固定添加豆瓣酱 40%、芝麻 7.75%、花生 5.75%、美拉德风味肽 0.3%、牛肉 10%、枸杞 0.95%，分别加入 2、3、4、5 及 6% 的复合香料。以色泽、风味、口感和组织状态为指标，确定复合调料的最适添加量。

### 5) 美拉德风味肽的添加量对感官品质的影响

固定添加豆瓣酱 40%、芝麻 7.75%、复合香料 4%、花生 5.75%、牛肉 10%、枸杞 0.95%，分别加入 0.1、0.2、0.3、0.4 及 0.5% 的美拉德风味肽。以色泽、风味、口感和组织状态为指标，确定美拉德风味肽的最适添加量。

### 6) 牛肉的添加量对感官品质的影响

固定添加豆瓣酱 40%、芝麻 7.75%、复合香料 4%、花生 5.75%、美拉德风味肽 0.3%、枸杞 0.95%，分别加入 4、6、8、10 及 12% 的牛肉。以色泽、风味、口感和组织状态为指标，确定牛肉的最适添加量。

### 7) 枸杞的添加量对感官品质的影响

固定添加豆瓣酱 40%、芝麻 7.75%、复合香料 4%、花生 5.75%、美拉德风味肽 0.3%、牛肉 10%，分别加入 0.85、0.95、1.05、1.15 及 1.25% 的枸杞。以色泽、风味、口感和组织状态为指标，确定枸杞的最适添加量。

## 2.3.4. 产品配方正交试验

在单因素试验结果基础上，筛选出对牛肉芝麻酱感官质量影响较大的 4 个因素(分别是芝麻、豆瓣酱、美拉德风味肽、枸杞)，进行 L9 (34)正交试验。以色泽、口感、组织形态、香气和滋味为评价指标，根据感官质量，确定芝麻、豆瓣酱、美拉德风味肽和枸杞对牛肉芝麻酱感官质量影响的主次顺序和最优组合。因素水平表如表 1 所示。

**Table 1.** Orthogonal test factors and level table of product formula

**表 1.** 产品配方正交试验因素及水平表

水平	因素			
	A	B	C	D
	芝麻 (%)	豆瓣酱 (%)	美拉德风味肽 (%)	枸杞 (%)
1	5.75	35	0.2	0.85
2	7.75	40	0.3	0.95
3	9.75	45	0.4	1.05

组织 8 个人的感官评定小组对牛肉芝麻酱进行感官评定，评定满分为 100 分，评价指标包括色泽(25 分)、香气与滋味(25 分)、口感(30 分)、组织形态(20 分)4 个方面，感官评分标准如表 2 所示。



**Table 2.** Sensory evaluation criteria for beef tahini  
**表 2.** 牛肉芝麻酱感官评分标准表

项目	评分标准	分值
色泽(25)	色泽饱满, 呈深褐色	16~20
	颜色暗淡, 呈深黄色	10~15
	颜色暗淡, 呈浅黄色	<10
风味(25)	肉和芝麻香完好的融合, 较香	16~25
	香气较淡, 有微微腥味	5~15
	无肉和芝麻的香气	<5
口感(30)	肉质细腻, 唇齿留香	26~30
	产品流动性大, 掩盖了原有风味	15~25
	口感粗糙, 无酱香味道	<15
组织状态(20)	质地均匀, 较浓稠	16~25
	分布不均匀	5~15
	相对松散, 较油腻	<5

### 2.3.5. 牛肉芝麻酱稳定性分析

参考刘玉兰等[22]的氧化诱导时间测定方法。准确称取 5 g 牛肉芝麻酱, 分离出油脂, 将其置于 Rancimat 氧化酸败仪中, 控制空气流速为 20 L/h, 分别在 110、120、130 及 140℃ 下, 测定氧化诱导时间。

### 2.3.6. 牛肉芝麻酱水分、氨基酸态氮的测定

参照《GB/T 5009.3-食品安全国家标准食品中水分的测定》[23]。采用直接干燥法测定水分含量。参照《GB5009.235-2016-食品安全国家标准食品中氨基酸态氮的测定》[24], 采用酸度计法测定氨基酸态氮含量。

### 2.3.7. 统计分析

所有试验重复三次。采用 ORIGIN 2021 软件处理数据, 结果以平均值±标准差表示。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 单因素试验

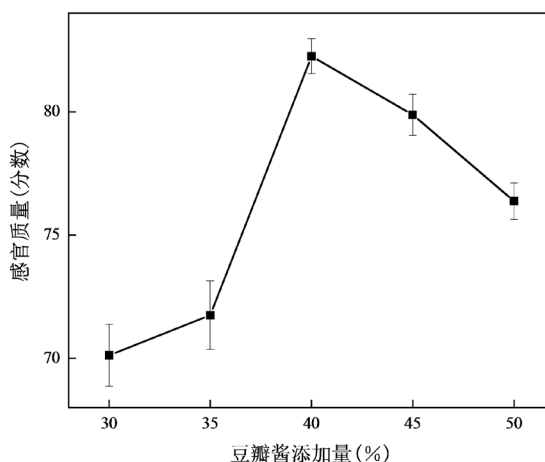
#### 3.1.1. 豆瓣酱的添加量对产品感官品质的影响

考察不同豆瓣酱添加量(30%~50%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 2 所示。随着豆瓣酱添加量的增加, 感官质量呈现明显的上升趋势。添加量达到 40%时, 感官评分最高, 达到 82.25 分。随后豆瓣酱添加量继续增加, 感官评分却逐渐下降。整个变化过程可以分析如下: 一方面, 发酵过程中产生的多肽、氨基酸和脂肪酸等, 使豆瓣酱具有独特的风味特性, 可以提高产品的酱香。因此, 随着豆瓣酱添加量的增加, 产品感官质量明显上升。另一方面, 豆瓣酱本身呈深褐色且制作过程中添加盐等调味品。随着豆瓣酱添加量的增加, 产品颜色过深过暗且口味过咸, 导致感官质量逐渐下降。故选择豆瓣酱添加量为 40%。

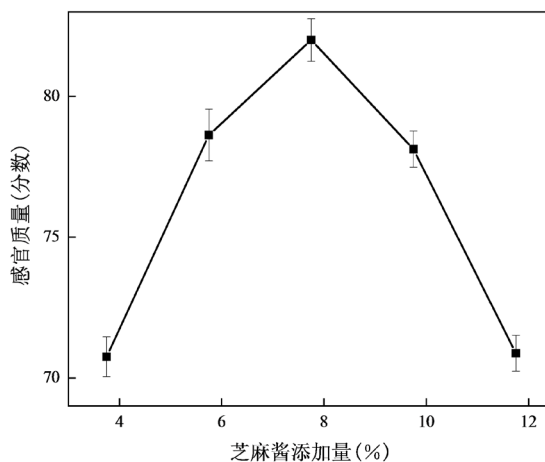
#### 3.1.2. 芝麻添加量对产品感官品质的影响

考察不同芝麻添加量(3.75%~11.75%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 3 所示。随着芝麻添加量的增加, 感官质量先呈现上升趋势, 并且在添加量为 8%时感官评分最高, 达到 82.00 分。随后芝麻

添加量继续增加, 感官质量明显下降。这种现象可分析如下: 首先, 由于芝麻酱在制作过程中会产生吡嗪类、醛类、呋喃类、醇类等挥发性风味物质, 使产品带有芝麻高温烘烤过后的特殊香气, 风味层次更加丰富。因此, 在添加量小于 8% 时, 随着豆瓣酱添加量的增加, 产品感官质量明显上升。其次, 芝麻酱本身呈土黄色。随着芝麻酱添加量的增加, 造成产品颜色过浅, 影响感官评定员的食欲, 导致感官质量逐渐下降。故选择芝麻添加量为 8%。



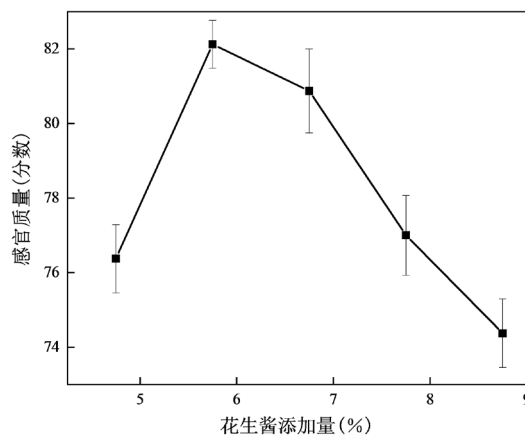
**Figure 2.** Effect of bean paste addition on sensory quality  
**图 2.** 豆瓣酱添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响



**Figure 3.** Effect of sesame paste addition on sensory quality  
**图 3.** 芝麻酱添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响

### 3.1.3. 花生的添加量对感官品质的影响

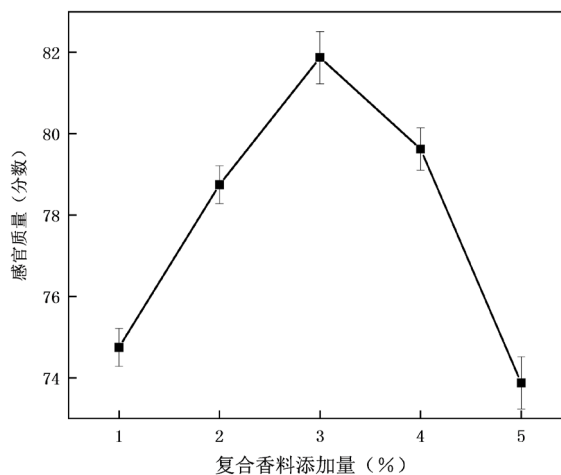
考察不同花生添加量(4.75%~8.75%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 4 所示。当花生添加量小于 5.75% 时, 随花生添加量的增加感官质量有显著上升趋势, 并且在添加量为 5.75% 时感官评分最高, 达到 82.12 分。而当花生添加量大于 5.75% 时, 感官评分有较为明显的下降趋势, 并且在添加量为 8.75% 时感官分数最低, 为 74.37 分。出现这种现象是由于, 花生预处理后带有浓郁炒花生香味, 丰富了产品的风味层次。因此, 在添加量小于 5.75% 时, 随着豆瓣酱添加量的增加, 产品感官质量明显上升。然而花生口感和香气较于芝麻更为明显, 当添加量继续增加时, 酱体呈现明显的土黄色, 且花生香气过重, 并非牛肉芝麻酱所需要的滋味与色泽, 导致产品感官质量下降。故选择花生的添加量为 5.75%。



**Figure 4.** Effect of peanut paste addition on sensory quality  
**图 4.** 花生添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响

### 3.1.4. 复合香料的添加量对感官品质的影响

考察不同复合香料添加量(1%~5%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 5 所示。当复合调料的添加量小于 3%时, 产品感官评分随复合调料的添加而迅速上升, 并且在添加量为 3%时感官评分最高。而复合调料添加量超过 3%时, 产品感官评分明显下降。可能是由于添加少量复合调料时, 酱体色泽较暗无光泽, 产品滋味较为平涩, 当复合调料添加量过多时, 酱体与复合调料出现分层, 口感较为油腻。当复合调料的添加量为 3%时, 酱体有光泽且不易出现分层, 产品口感顺滑不涩口, 感官得分最高。故选择复合调料的添加量为 3%。



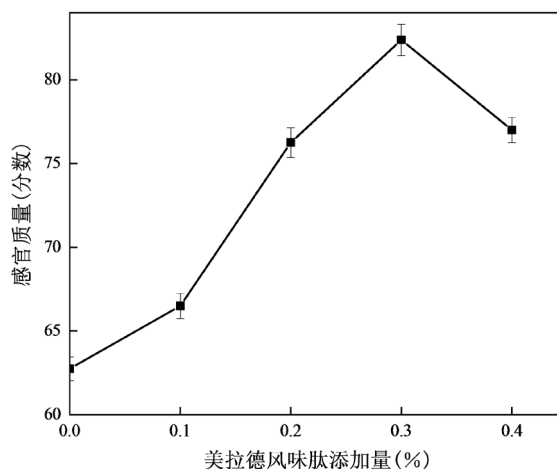
**Figure 5.** Effect of spices addition on sensory quality  
**图 5.** 复合香料添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响

### 3.1.5. 美拉德风味肽的添加量对感官品质的影响

考察不同美拉德风味肽添加量(0%~0.4%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 6 所示。随美拉德风味肽的增加, 牛肉芝麻酱感官评分逐渐上升。在添加量为 0.3%时, 感官评分达到最高, 为 82.37 分。然而添加量高于 0.3%后, 产品感官质量出现下降趋势, 感官评分在添加量为 0.4%时下降至 77.00 分。可能是由于美拉德反应的过程中吡嗪类、吡咯类、嘧啶类、含硫类、酚类物质的产生, 美拉德风味肽带有浓郁肉香。所以适量的添加美拉德风味肽可以赋予牛肉芝麻酱浓郁的肉香味和烧烤味。但添



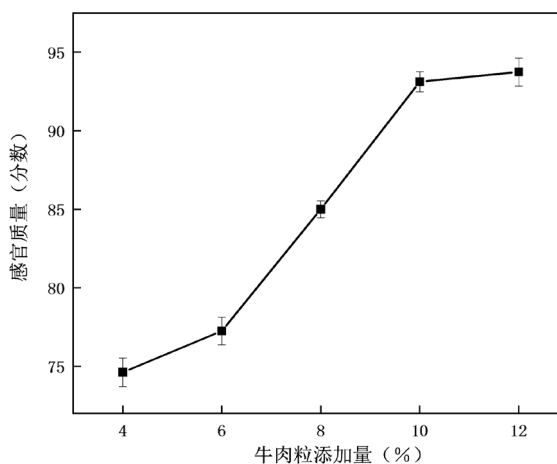
加量超过 0.3%时, 其风味过于突出, 掩盖了其他原辅料香气, 使得整体香气不协调。当美拉德风味肽的添加量为 0.3%时, 产品风味层次丰富且整体气味协调, 感官质量最高。故选择美拉德风味肽的添加量为 0.3%。



**Figure 6.** Effect of Maillard flavor peptide addition on sensory quality  
**图 6.** 美拉德风味肽添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响

### 3.1.6. 牛肉的添加量对感官品质的影响

考察不同牛肉添加量(4%~12%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 7 所示。随牛肉的增加, 牛肉芝麻酱感官评分逐渐上升。当牛肉添加量为 12%时, 产品感官评分最高(93.75 分)。但添加量超过 10%后, 产品感官评分上升趋势逐渐平缓。这种结果是由于, 适量的添加牛肉可以提高牛肉芝麻酱的肉香味和口感, 但添加量超过 10%后, 对牛肉芝麻酱整体的感官质量影响不大。所以基于成本的考虑, 选择牛肉的添加量为 10%。



**Figure 7.** Effect of beef addition on sensory quality  
**图 7.** 牛肉粒添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响

### 3.1.7. 枸杞的添加量对感官品质的影响

考察不同枸杞添加量(0.85%~1.05%)对牛肉芝麻酱感官质量的影响, 结果如图 8 所示。当枸杞添加量小于 0.95%时, 随枸杞添加量的增加感官评分有显著上升趋势。当添加量为 0.95%时, 产品在香辣的同时

带有一丝甘甜, 感官得分最高(87.87 分)。而当添加量大于 0.95%时, 感官评分有较为明显的下降趋势。可能是由于当添加量过多时, 芝麻酱入口虽然甘甜但带有酸涩味。故选择枸杞的添加量为 0.95%。

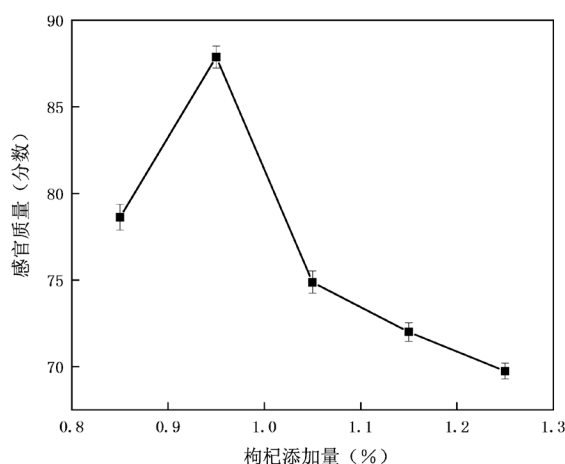


Figure 8. Effect of Chinese wolfberry addition on sensory quality

图 8. 枸杞添加量对牛肉芝麻酱感官质量的影响

### 3.2. 产品配方的正交试验

单因素试验的结果为: 豆瓣酱 40%、芝麻 7.75%、花生 5.75%、复合香料 6.5%、美拉德风味肽 0.3%、牛肉 10%和枸杞 0.95%。选取对产品感官质量影响较大的芝麻酱、豆瓣酱、美拉德风味肽及枸杞添加量来进行四因素三水平的 L9(3<sup>4</sup>)正交试验。选择各因素水平为芝麻添加量(5.75、7.75 及 9.75%)、豆瓣酱添加量(35、40 及 45%)、美拉德风味肽添加量(0.2、0.3 及 0.4%)及枸杞添加量(0.85、0.95 及 1.05%)。其他因素固定为: 花生 5.75%、复合香料 3%及牛肉 10%。结果由表 3 所示。因素 A、B、C、D 对应的极差 R 分别为 4.72、2.90、2.70、6.68, 故可得对牛肉芝麻酱感官品质影响因素的主次顺序为: D > A > B > C。在芝麻酱的添加量因素中 K1 最高, 说明在芝麻酱添加量因素中选取 A1 水平; 在豆瓣酱的添加量因素中 K1 最高, 说明在豆瓣酱添加量因素中选取 B1 水平; 在美拉德风味肽的添加量因素中 K3 最高, 说明在美拉德风味肽添加量因素中选取 C3 水平; 在枸杞的添加量因素中 K3 最高, 说明在枸杞添加量因素中选取 D3 水平。故由极差分析可得芝麻酱、豆瓣酱、美拉德风味肽、枸杞的最优配方组合为 A1B1C3D3, 即芝麻酱 5.75%、豆瓣酱 35%、美拉德风味肽 0.4%、枸杞 1.05%。并在此条件下, 进行 3 次平行验证试验, 验证值与预测值的误差在允许误差 5%内, 说明该模型合理可靠。

Table 3. Experimental results of orthogonal design

表 3. 正交试验结果分析

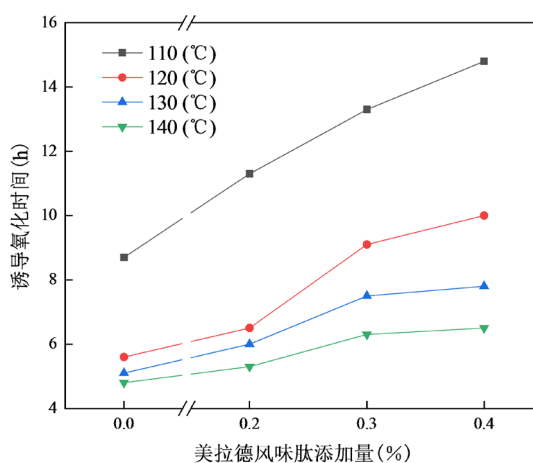
试验序号	因素				感官质量(百分制)
	A	B	C	D	
	芝麻(%)	豆瓣酱(%)	美拉德风味肽(%)	枸杞(%)	
1	1 (5.75)	1 (35.00)	1 (0.20)	1 (0.85)	91.58 ± 1.66
2	1	2 (40.00)	2 (0.30)	2 (0.95)	95.99 ± 2.23
3	1	3 (45.00)	3 (0.40)	3 (1.05)	98.72 ± 1.95
4	2 (7.75)	1	2	3	98.08 ± 2.40
5	2	2	3	1	89.88 ± 3.12

Continued

6	2	3	1	2	92.56 ± 2.14
7	3 (9.75)	1	3	2	94.92 ± 1.50
8	3	2	1	3	90.63 ± 2.51
9	3	3	2	1	85.92 ± 2.33
K1	95.21	95.07	91.59	89.12	
K2	93.72	92.16	93.54	94.49	
K3	90.49	92.18	94.29	95.81	
R	4.72	2.90	2.70	6.68	
主次顺序			D > A > B > C		
最优组合			A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>		

### 3.3. 氧化诱导时间

为了提高牛肉芝麻酱氧化稳定性, 加入不同添加量(0.2%、0.3%及 0.4%)的美拉德风味肽并研究其对牛肉芝麻酱的诱导氧化时间的影响, 结果如图 9 所示。添加了美拉德风味肽的牛肉芝麻酱的氧化诱导时间均随氧化温度的升高而减少, 这与温度越高油脂越容易发生氧化反应的原理是一致的。同时, 不添加美拉德风味肽的芝麻酱初始氧化诱导时间为 8.7 h, 添加美拉德风味肽的样品中, 添加 0.4%的初始氧化诱导时间最长, 为 14.8 h, 比不添加的样品的氧化诱导时间延长了 6.1 h, 说明美拉德风味肽的添加有利于增强芝麻酱抗氧化性。在 140℃的加速氧化条件下, 不添加美拉德风味肽的样品氧化诱导时间由初始的 8.7 h 缩短至 4.8 h, 添加 0.4%美拉德风味肽的氧化诱导时间由初始的 14.8 h 缩短至 6.5 h, 添加 0.4%和添加 0.3%的样品氧化诱导时间在 140℃时差别较小, 说明添加 0.3%和添加 0.4%的抗氧化作用趋于相近。考虑到添加 0.4%美拉德风味肽时感官质量得分较高, 选择美拉德风味肽添加量 0.4%较为合适。



**Figure 9.** Effects of Maillard flavor peptide supplement allelevelon oxidation induction time  
**图 9.** 美拉德风味肽添加量对氧化稳定性的影响

### 3.4. 产品水分及氨基酸态氮含量

在实验室测定最佳方案产品的水分含量为 26.8%, 氨基酸态氮含量为 0.58 g/100ml, 满足国家标准, 为合格产品。

## 4. 结论

本文以豆瓣酱、花生、芝麻、美拉德风味肽、牛肉及枸杞为主要原料,以感官质量为评价指标,依次通过单因素和四因素三水平  $L_9(3^4)$  正交试验,得到一种风味层次丰富且氧化稳定性较高的牛肉芝麻酱。产品最佳的配方为:牛肉 10%,枸杞 1.05%,豆瓣酱 35%,芝麻 8%,花生 5.75%,复合香料 3%,美拉德风味肽 0.4%。此配方所得的牛肉芝麻酱既有牛肉与芝麻的鲜香,豆瓣的香辣,又有美拉德风味肽所带来的浓厚和鲜香味。并且,当美拉德风味肽的添加量达到 0.4%时,产品在 110℃下的氧化诱导时间从 8.7 h 提高至 14.8 h,提高了 6.1 h,表明添加美拉德风味肽后牛肉芝麻酱的储存稳定性显著提高。本研究可为芝麻酱产品进一步的开发与利用提供理论依据。

## 基金项目

1) 国家自然科学基金项目“基于分子修饰的黑米花青素对肠道益生菌的增殖作用及构效关系研究,项目编号:31771974”;

2) 2019 年度安徽省科技重大专项项目“芝麻高值化加工关键技术研究及产业化”,项目编号:201903a06020024。

## 参考文献

- [1] 张海洋. 芝麻加工技术[M]. 郑州: 河南人民出版社, 2012: 1-5.
- [2] 刘国群, 张淼, 黄晓琴, 邵雪梅, 文芬. 我国传统调味品芝麻酱掺假技术研究现状[J]. 中国调味品, 2017, 42(4): 174-177.
- [3] 劳鑫. 复合调味品发展趋势展望[J]. 技术与市场, 2009, 16(2): 64.
- [4] Aloui, F., Maazoun, B., Gargouri, Y. and Miled, N. (2016) Optimization of Oil Retention in Sesame Based Halva Using Emulsifiers and Fibers: An Industrial Assay. *Journal of Food Science and Technology*, **53**, 1540-1550. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2116-5>
- [5] Gills, L.A. and Resurreccion, A.V.A. (2000) Sensory and Physical Properties of Peanut Butter Treated with Palm Oil and Hydrogenated Vegetable Oil to Prevent Oil Separation. *Journal of Food Science*, **65**, 173-180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15975.x>
- [6] Gorrepati, K., Balasubramanian, S. and Pitam, C. (2015) Plant Based Butters. *Journal of Food Science and Technology*, **52**, 3965-3976. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1572-7>
- [7] 麻海峰, 常征, 杨光辉. 牛肉的营养价值及排酸、速冻工艺研究[J]. 农业科技与装备, 2010(7): 34-36.
- [8] 李芳, 肖广江, 张金鸽, 万忠, 杨利国. 2013 年广东肉牛产业发展形势与对策建议[J]. 广东农业科学, 2014, 41(7): 1-3, 7.
- [9] 丁君辉, 周萍芳, 杨眉. 我国肉牛产业的发展现状[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2012(2): 6-8.
- [10] Van Boekel, M.A.J.S. (2005) Formation of Flavour Compounds in the Maillard Reaction. *Biotechnology Advances*, **24**, 230-233. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.11.004>
- [11] 祁岩龙, 冯怀章, 于洋, 张俊, 张忆洁, 徐艳文. 美拉德反应研究进展及在食品工业中的应用[J]. 食品工业, 2018, 39(3): 248-252.
- [12] 章银良, 蔡亚玲, 李鑫. 美拉德反应产物功能特性应用研究进展[J]. 中国调味品, 2018, 43(1): 195-200.
- [13] 王辉, 雷攀登, 刘亚芹, 周汉琛, 黄建琴. 茶叶加工中美拉德反应对品质形成与安全的影响分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 291-294, 299.
- [14] 陈泉宾, 陈键, 王丽丽, 邬龄盛, 王振康. 烘焙工艺对乌龙茶糖氨 Maillard 反应及风味的影响[J]. 茶叶学报, 2018, 59(1): 33-37.
- [15] 程传玲, 杨艳勤, 刘仕民, 宋辉, 李瑞丽, 杨若嵩. 美拉德反应产物在烟草工业中的应用[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2014, 29(1): 59-62.
- [16] 王荣浩, 李林林, 陈栋, 贾宝顺, 李猛, 时向东. 美拉德反应在烟草加工中的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 345-350, 356.

- 
- [17] 徐慢, 孙福犁, 崔和平, 于静洋, 张晓鸣. 谷氨酸-木糖美拉德中间体的水相制备及其在桃酥中的应用[J]. 食品与机械, 2019, 35(4): 7-13.
- [18] 韩凯宁, 董士远, 姚焯, 杨宇鸿, 靳卫亚. 美拉德反应产物对肠道微生物影响的研究进展[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 265-270.
- [19] 王楠楠. 美拉德反应对芝麻油氧化稳定性的影响[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南工业大学粮油食品学院, 2019.
- [20] 戚繁. 美拉德反应在食品工业中的研究进展[J]. 现代食品, 2020, 10(19): 44-46.
- [21] 余敏. 酶解豆粕制备美拉德风味增强肽的研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学食品与生物工程学院, 2018.
- [22] 刘玉兰, 麻梦含, 徐彦辉, 刘燕, 刘华敏. 天然抗氧化剂对芝麻酱储存稳定性的影响[J]. 中国油脂, 2019, 44(12): 139-142.
- [23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB5009.3-2016 食品安全国家标准食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB5009.235-2016 食品安全国家标准食品中氨基酸态氮的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.