

# 螺旋藻压缩饼干配方优化及感官品质评价

李 佳<sup>1</sup>, 韩 鹏<sup>1</sup>, 梅兴国<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>湖北科技学院医学部药学院, 湖北 咸宁

<sup>2</sup>咸宁市康健医药产业研究院有限公司, 湖北 咸宁

收稿日期: 2026年3月25日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月12日

## 摘 要

本论文旨在研制开发一款营养均衡、感官品质优良的螺旋藻压缩饼干, 探究螺旋藻添加量、油脂添加量、糖粉添加量及烘烤温度对螺旋藻压缩饼干感官品质的影响。以感官评定为指标, 通过单因素和正交试验及其分析, 最终确定螺旋藻压缩饼干的最佳制备工艺为: 在小麦粉53%的基准下, 添加螺旋藻3%、糖粉10%、植物油13%, 180°C烘烤9 min, 按此工艺制作的螺旋藻压缩饼干感官评分最高。微生物指标符合GB 7100-2015要求。本研究为螺旋藻在压缩食品中的应用提供了重要的参考依据和技术支持。

## 关键词

螺旋藻, 压缩饼干, 工艺配方, 感官评价

# Optimization of Spirulina Compressed Biscuit Recipe and Sensory Quality Evaluation

Jia Li<sup>1</sup>, Peng Han<sup>1</sup>, Xingguo Mei<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Pharmacy, Medical Department, Hubei University of Science and Technology, Xianning Hubei

<sup>2</sup>Xianning Kangjian Pharmaceutical Industry Research Institute Co., Ltd., Xianning Hubei

Received: March 25, 2026; accepted: April 29, 2026; published: May 12, 2026

## Abstract

This study aimed to develop a nutritionally balanced and visually appealing spirulina compressed biscuit, investigating the effects of spirulina dosage, oil content, sugar powder addition, and baking temperature on sensory quality. Using sensory evaluation as the primary metric, single-factor experiments

\*通讯作者。

and orthogonal design analyses were conducted to determine the optimal production process: wheat flour (53% base weight), spirulina (3%), sugar powder (10%), vegetable oil (13%), with baking at 180°C for 9 minutes. The biscuit prepared under this protocol achieved the highest sensory scores. Microbial indicators complied with GB 7100-2015 standards. This research provides critical technical references and support for the application of spirulina in compressed food products.

## Keywords

Spirulina, Compressed Biscuit, Process Formula, Sensory Evaluation

Copyright © 2026 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

螺旋藻作为一种呈现螺旋或球状形态的绿色微藻，是自然界中营养组成最为丰富且均衡的生物资源。螺旋藻蛋白质含量高达 60%~70%，并富含藻蓝蛋白、多酚、类胡萝卜素、维生素及多种矿物质[1] [2]。鉴于其卓越的营养价值，该生物被联合国粮农组织(FAO)认定为“21 世纪最理想的食品资源”，同时获得世界卫生组织“21 世纪人类最佳保健食品”的高度评价。

压缩饼干作为一种高能量密度、便于携带和长期储存的方便食品，在军事行动、户外探险及应急救援等场景中具有重要的应用价值。传统压缩饼干多以谷物粉为主要原料，存在蛋白质含量偏低、营养结构单一等问题，将螺旋藻添加入压缩饼干中可显著提升产品的营养价值。已有专利技术表明[3]，利用螺旋藻粉与植物油脂等原料可制备富营养压缩饼干。然而，螺旋藻固有的腥味及深绿色限制了其添加量，如何在保证营养强化的同时维持良好的感官品质，成为螺旋藻压缩饼干开发的关键技术问题。

目前，国内外关于螺旋藻在饼干中应用的研究已取得一定进展。Hussein 等人[4]将 3%、6%、9%的螺旋藻粉添加至藜麦粉饼干中，发现添加量增加使饼干颜色加深，3%和 6%添加量的产品感官特性最佳，且营养价值显著提升。Abd El Baky 等人[5]的研究表明，添加 0.3%~0.9%螺旋藻生物质的饼干在感官上可被接受，且具有良好的抗氧化稳定性。另有研究将 5%~15%螺旋藻粉添加至无麸质米饼干中，发现螺旋藻改善了饼干的外观、脆性、硬度等质构特性[6]。此外，临床试验证实，含 2.5 g 螺旋藻的饼干对餐后血糖和胰岛素反应具有调节作用[7]。

综上所述，本研究以螺旋藻粉和小麦粉为主要原料，以感官评分为评价指标，通过单因素试验和正交试验优化螺旋藻压缩饼干的配方，考察螺旋藻添加量、油脂添加量、糖粉添加量及烘烤温度对产品感官品质的影响，以期为螺旋藻在压缩食品中的精深加工提供技术参考。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料与设备

#### 2.1.1. 材料

螺旋藻；白糖；植物油；奶粉；小苏打；食盐；小麦粉。

#### 2.1.2. 仪器设备

实验仪器与设备来源如下：PT4003 烤箱；HTP-312 型电子秤，上海花潮实业有限公司产品；ME104

电子天平, 梅特勒-托利多; TU-1901 双光速紫外可见分光光度计, 北京谱析通用仪器有限责任公司; DHG-9140A 鼓风干燥箱, 惠科电子有限公司; HHS-4 数显恒温水浴锅, 北京谱析通用仪器有限责任公司; 多功能粉碎机, 永康市铂欧五金制品有限公司; 压片成型模具, 粤美力五金制品有限公司; 所有仪器设备均经过校准并在有效使用期内。

## 2.2. 试验方法

### 2.2.1. 工艺流程

原料称量→混合调粉→和面→压片→烘烤→冷却粉碎→二次加料→压片成型。

### 2.2.2. 操作要点

#### 1) 预处理

面粉过筛; 烤箱进行预热; 新鲜螺旋藻低温真空烘干处理, 粉碎成粉末, 80 目过筛。

#### 2) 原辅料的混合

称量好的全麦粉、糖粉、全脂奶粉混合成均匀粉状; 称量好的水、食盐、小苏打混合为均匀液状, 将两者混合后加入称量好的植物油, 和面成团。

#### 3) 分割揉圆

将揉搓好的面团分割为大小均匀的面团, 备用。

#### 4) 辊压成型

将面团辊压成均一的薄片(0.5 cm 厚)。

#### 5) 烘烤

将饼坯均匀摆放在烤盘中入预热 3 min 的烤箱内焙烤。

#### 6) 冷却粉碎

饼坯焙烤完成后, 于室温下冷却, 用粉碎机进行粉碎, 进而得到饼干粉末。

#### 7) 二次加料

将处理后的螺旋藻与饼干粉末混合。

#### 8) 压缩包装

将磨制后的粉末状饼干均匀倒入模具内, 在压片机上压缩成型, 将饼干放入真空袋中抽真空密封即为成品。

### 2.2.3. 工艺论证

传统工艺将螺旋藻与面粉等原料混合后一次烘烤成型, 存在局限性: 螺旋藻中的藻蓝蛋白、多不饱和脂肪酸等热敏性成分在 150℃~180℃高温下大量降解, 营养损失严重; 不饱和脂肪酸氧化产生己醛等小分子挥发性物质, 导致腥味加剧; 叶绿素脱镁后产品色泽由鲜绿变为暗褐色, 感官品质下降。上述问题制约了产品的营养强化潜力。

本研究采用的“先烘烤后粉碎压缩、二次加料”工艺, 将热加工与功能组分分离, 有效解决了上述问题。首先, 将不含螺旋藻的面团单独烘烤, 获得酥脆的饼干基体, 充分发展美拉德反应和烘焙香气; 冷却粉碎后, 在室温下将螺旋藻粉与饼干粉末混合均匀, 再压片成型。该工艺使螺旋藻全程不接触高温, 藻蓝蛋白保留率可达 95%以上, 天然绿色得以完整保存, 同时避免了热氧化诱导的腥味物质生成。

### 2.2.4. 单因素试验设计

#### 1) 螺旋藻添加量对螺旋藻压缩饼干品质的影响[8]

全麦粉 100 g、奶粉 16 g、盐 1 g、小苏打 1 g、水 20 g、白砂糖 10 g、植物油 25 g 为基础配方, 180℃

烘烤 9 min, 以面粉质量百分比计, 考察螺旋藻(2%, 4%, 6%, 8%, 10%)的添加量对感官评分的影响, 每个处理重复 3 次。

#### 2) 白砂糖添加量对螺旋藻压缩饼干品质的影响

全麦粉 100 g、奶粉 16 g、盐 1 g、小苏打 1 g、水 20 g、螺旋藻 6 g、植物油 25 g 为基础配方, 180℃ 烘烤 9 min, 以面粉质量百分比计, 考察白砂糖(5%, 10%, 15%, 20%, 25%)的添加量对感官评分的影响, 每个处理重复 3 次。

#### 3) 植物油添加量对螺旋藻压缩饼干品质的影响

全麦粉 100 g、奶粉 16 g、盐 1 g、小苏打 1 g、水 20 g、螺旋藻 6 g、白砂糖 15 g 为基础配方, 180℃ 烘烤 9 min, 以面粉质量百分比计, 考察植物油(15%, 20%, 25%, 30%, 35%)的添加量对感官评分的影响, 每个处理重复 3 次。

#### 4) 烘焙温度对螺旋藻压缩饼干品质的影响

全麦粉 100 g、奶粉 16 g、盐 1 g、小苏打 1 g、水 20 g、螺旋藻 6 g、白砂糖 15 g、植物油 25 g 为基础配方, 考察烘烤温度(150℃, 160℃, 170℃, 180℃, 190℃) 9 min 对感官评分的影响, 每个处理重复 3 次。

### 2.2.5. 正交试验优化

基于前期探究, 以螺旋藻、植物油、白砂糖的添加量以及烘烤时间为考察因素进行四因素三水平正交试验, 以感官评分为主要指标确定最优组合。本实验因素水平见“表 1”。

**Table 1.**  $L_9(3^4)$  orthogonal test for spirulina compressed cookies factor level table

**表 1.**  $L_9(3^4)$ 螺旋藻压缩饼干正交试验因素水平表

水平	因素			
	A 螺旋藻添加量(%)	B 白砂糖添加量(%)	C 植物油添加量(%)	D 烘焙温度(℃)
1	4	10	20	160
2	6	15	25	170
3	8	20	30	180

## 2.3. 分析方法

### 2.3.1. 感官品质评价

#### 1) 评价员的筛选与培训

选取 10 名感官功能正常、无食品过敏史、且在焙烤类食品研发或品控领域具有至少 1 年工作经验的评价员组成评定小组。所有评价员在正式实验前接受统一培训, 内容包括: ① 熟悉螺旋藻压缩饼干的感官评分细则(见表 2); ② 对照标准样品理解形态、色泽、口感、组织状态各分值的典型特征; ③ 进行预实验, 确保个体评分一致性(组内相关系数  $ICC > 0.75$ )。培训结束后通过模拟测试, 考核合格者方可参与正式评价。

#### 2) 评价环境与样品呈现方式

感官评价在符合 GB/T 13868-2009 标准的感官分析实验室内进行, 环境温度控制在  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 相对湿度 50%~60%, 采用白光照明, 评价区域独立隔间, 避免相互干扰。每个样品统一使用白色无味一次性餐盘盛装, 随机分配 3 位随机数字编码。样品呈现顺序采用完全随机化设计, 评价员及样品制备人员均不知晓编码对应的样品身份(双盲)。每个样品重复评价 3 次, 每次评价前以纯净水漱口, 每两个样品间隔至少 2 分钟。

#### 3) 空白对照组的设立

为消除基料对感官评分的干扰, 另设空白对照组: 按相同工艺制备不含螺旋藻粉的压缩饼干(其余配

料及比例与最优配方的基础部分一致)。空白对照组与实验组样品同时呈现、同批次评价,用于比较螺旋藻添加对形态、色泽、口感及组织状态的影响。

#### 4) 评分与数据处理

按形态(25分)、色泽(25分)、口感(40分)、组织状态(10分)四个维度进行评分,各维度具体评分标准见表2。每份样品的最终得分为10名评价员评分的算术平均值(每名评价员对每份样品的3次重复评分先取平均,再计算组间平均值)。

#### 5) 感官评分标准制定

挑选10名在食品领域拥有丰富经验的专家组成评定小组,按形态(25分)、色泽(25分)、口感(40分)、组织状态(10分)进行评分,取平均值。详细的评分细则请参见“表2”。

**Table 2.** Sensory evaluation table for sensory evaluation table for spirulina compressed biscuits

**表 2.** 螺旋藻压缩饼干感官评价表

项目	评分标准	分值(分)
形态(25分)	形态完整、厚薄均一、纹路清晰、不变形、不起泡、无明显凹底	20~25
	形态较完整、厚薄均匀、纹路较清楚、有少许起泡或变形、凹底较少	6~19
	外形破损严重、气泡或变形明显、纹路不清楚	<6
色泽(25分)	表面呈绿色或墨绿色、无焦糊且色泽均匀	20~25
	色泽不均匀、有少许焦糊	6~19
	色泽不均匀、焦糊现象明显	<6
口感(40分)	口感酥脆、硬度适中、不黏牙、香味浓郁,无异味	20~40
	口感较酥脆、较硬、不黏牙、香味较淡	11~20
	口感不酥脆、太硬、黏牙、香味很弱、异味严重	<11
组织状态(10分)	断面呈多孔状、气孔细密且大小均一	7~10
	断面呈多孔状、气孔大小程度不一	4~6
	断面具有大裂缝或大气孔	<4

### 2.3.2. 理化指标测定

蛋白质含量测定参考 GB5009.83-2016;水分含量测定参考 GB5009.3-2016;过氧化值测定参考 GB5009.227-2023。

### 2.3.3. 微生物指标测定

依照相关标准严格执行。菌落总数的测定参照 GB/T4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》;大肠菌群的测定参考 GB4789.3-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》。

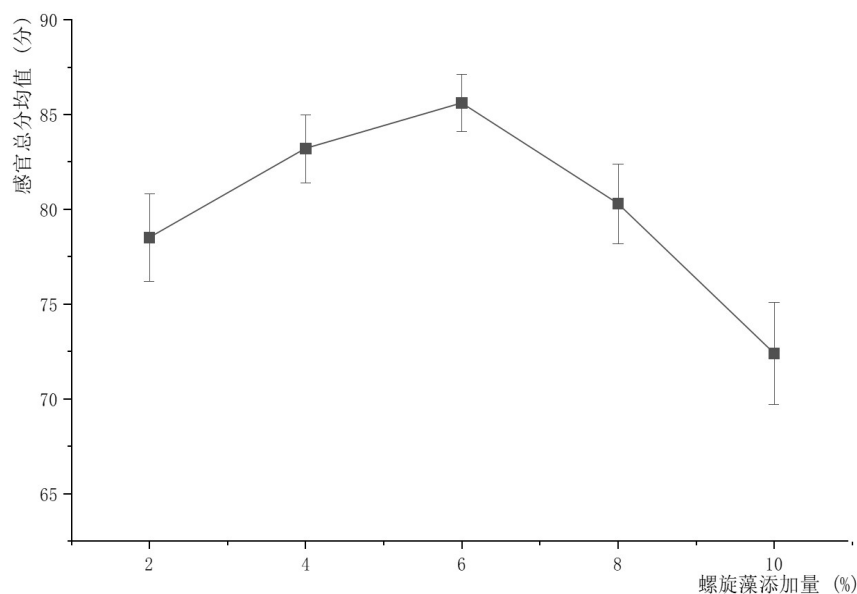
## 3. 结果分析

### 3.1. 单因素试验结果

#### 3.1.1. 螺旋藻添加量对品质的影响

如图1所示,随着螺旋藻添加量的增加,压缩饼干的感官总分呈先升高后降低的趋势。当添加量为2%时,感官评分为78.5分,饼干色泽偏浅,螺旋藻风味不足;添加量增至4%时,感官评分上升至83.2分,产品风味协调性改善;添加量为6%时感官评分达到最高值85.6分,此时饼干色泽呈均匀墨绿色,螺旋

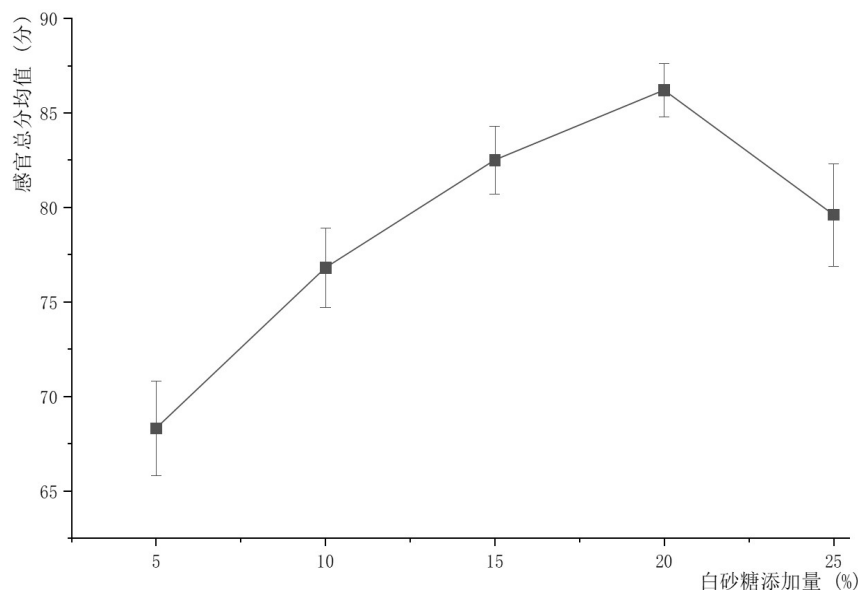
藻清香与谷物风味平衡良好, 口感酥脆适中; 继续增加添加量至 8% 和 10% 时, 感官评分下降。螺旋藻蛋白含量高, 在烘烤过程中易发生美拉德反应与 Strecker 降解, 生成吡嗪、噻唑等烤香风味物质, 适量添加可增强饼干香气; 但添加量过高时, 螺旋藻自身的藻蓝蛋白降解产物(如绿色卟啉类化合物)及不饱和脂肪酸氧化产物(如己醛、2,4-癸二烯醛)积累, 导致腥味、青草味突出, 感官评分下降。综合考虑, 选择螺旋藻添加量 4%~8% 进入正交试验。



**Figure 1.** Effect of spirulina addition amount on quality of spirulina compressed biscuits  
**图 1.** 螺旋藻添加量对螺旋藻压缩饼干品质的影响图

### 3.1.2. 白砂糖添加量对品质的影响

如图 2 所示, 白砂糖添加量对压缩饼干感官品质的影响显著。当添加量为 5% 时, 感官评分为 68.3 分,



**Figure 2.** Effect of white sugar addition amount on quality of spirulina compressed biscuits  
**图 2.** 白砂糖添加量对螺旋藻压缩饼干品质的影响图

饼干甜度不足, 风味平淡; 添加量增至 10% 和 15% 时, 感官评分分别上升至 76.8 分和 82.5 分, 甜度逐渐提升, 口感改善; 添加量为 20% 时感官评分达到最高值 86.2 分, 此时甜度适中, 与螺旋藻风味协调良好, 口感酥脆且不腻; 继续增加至 25% 时, 感官评分下降至 79.6 分, 产品过甜, 甜腻感掩盖了螺旋藻特有风味, 且口感偏粘。白砂糖在烘烤过程中参与焦糖化反应和美拉德反应, 生成呋喃、麦芽酚等甜香物质; 糖粉添加量增加可提高体系渗透压, 抑制水分迁移, 促进饼干表面形成均匀的玻璃态结构, 增强酥脆感; 但添加过量时, 糖的吸湿性导致产品在贮藏过程中易回潮, 口感变粘, 且甜度过高会掩盖螺旋藻特征风味。综合考虑, 选择白砂糖添加量 10%~20% 进入正交试验。

### 3.1.3. 植物油对品质的影响

如图 3 所示, 随着植物油添加量增加, 压缩饼干的感官总分升高后降低。当添加量为 15% 时, 感官评分为 72.5 分, 饼干口感干硬, 酥脆度不足; 添加量增至 20% 时, 感官评分上升至 79.8 分, 油脂的润滑作用使口感明显改善; 添加量为 25% 时感官评分达到最高值 86.5 分, 此时饼干酥脆度最佳, 口感滋润且无油腻感, 螺旋藻风味与油脂香气协调良好; 继续增加至 30% 和 35% 时, 感官评分分别下降至 81.2 分和 74.6 分, 产品出现明显油腻感, 且成型性变差, 口感偏软粘牙。油脂在面团中包裹面筋蛋白和淀粉颗粒, 阻碍连续面筋网络形成, 降低面团弹性, 使饼干质地更酥松; 适量油脂还可促进螺旋藻中脂溶性色素( $\beta$ -胡萝卜素、叶黄素)的分散, 使色泽更均匀; 但油脂添加过多时, 面团的塑性过强, 压片成型困难, 烘烤后油脂析出表面, 产生油腻感, 并加速自动氧化, 产生哈败味。综合考虑, 选择植物油添加量 20%~30% 进入正交试验。

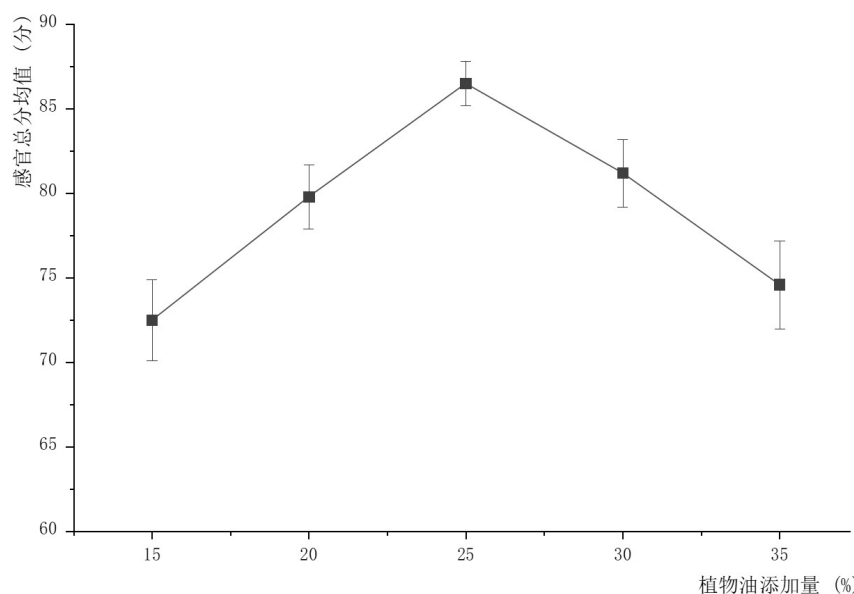
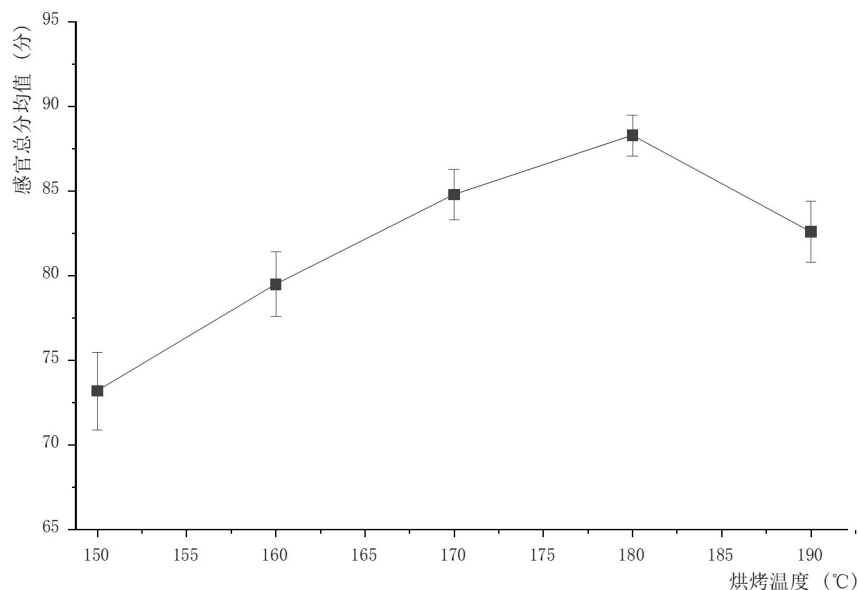


Figure 3. Effect of vegetable oil addition amount on quality of spirulina compressed biscuits  
图 3. 植物油添加量对螺旋藻压缩饼干品质的影响图

### 3.1.4. 烘烤温度对品质的影响

如图 4 所示, 当温度为 150℃ 时, 感官评分为 73.2 分, 饼干水分残留较多, 口感偏软不酥脆; 温度升至 160℃ 和 170℃ 时, 感官评分分别上升至 79.5 分和 84.8 分, 水分蒸发充分, 酥脆度明显改善, 色泽渐趋均匀; 温度为 180℃ 时感官评分达到最高值 88.3 分, 此时饼干表面呈均匀浅绿色, 酥脆度最佳, 螺旋藻清香与烘烤香气协调, 无焦糊味; 继续升温至 190℃ 时, 感官评分下降至 82.6 分, 饼干边缘出现焦糊, 颜色过深。在 180℃ 条件下, 美拉德反应与焦糖化反应的速率适中, 一方面生成吡嗪、呋喃、麦芽酚



**Figure 4.** Effect of baking temperature on quality of spirulina compressed biscuits

**图 4.** 烘烤温度对螺旋藻压缩饼干品质的影响图

等特征香气物质，增强了产品的烘焙风味；另一方面，叶绿素在适度受热下发生部分降解但仍保留一定绿色，使产品呈现理想的浅绿色泽。当温度偏低时，反应程度不足，水分残留导致质构缺陷，香气物质生成量少，产品风味平淡。当温度偏高时，叶绿素发生脱镁反应生成褐色的脱镁叶绿素，导致产品颜色变暗；同时，糖类和氨基酸的过度反应产生焦糊味和苦味物质，掩盖了螺旋藻的特征风味。因此，适宜的烘烤温度为 180°C。

### 3.2. 正交试验结果

根据单因素试验结果进行分析，通过 L9(3<sup>4</sup>)正交表优化螺旋藻压缩饼干的加工工艺参数。每组试验重复进行 3 次取平均值。详见表 3。

**Table 3.** Results of the orthogonal test

**表 3.** 正交试验结果

试验号	A 螺旋藻(%)	B 白砂糖(%)	C 植物油(%)	D 烘烤温度(°C)	感官总分/分
1	1	1	1	1	74.2
2	1	2	2	2	78.5
3	1	3	3	3	81.3
4	2	1	2	3	85.7
5	2	2	3	1	82.4
6	2	3	1	2	84.6
7	3	1	3	2	73.9
8	3	2	1	3	77.2
9	3	3	2	1	80.8
K1	234	233.8	236	237.4	
K2	252.7	238.1	245	237	

续表

K3	231.9	246.7	237.6	244.2
K1	78	77.9	78.7	79.1
K2	84.2	79.4	81.7	79
K3	77.3	82.2	79.2	81.4
R	7.2	4.3	3	2.4
影响顺序	A > B > C > D			
最优组合	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub> D <sub>3</sub>			

根据表 3 的极差分析结果,各因素对螺旋藻压缩饼干感官品质的影响主次顺序为:螺旋藻添加量(A) > 白砂糖添加量(B) > 植物油添加量(C) > 烘烤温度(D)。最优工艺组合为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>,即螺旋藻添加量 6%、白砂糖添加量 20%、植物油添加量 25%、烘烤温度 180℃。最佳配方 3 次验证试验反映,该条件下制得的饼干感官评分平均达 88.6 分。

### 3.3. 产品质量指标

#### 3.3.1. 感官指标

经优化工艺制得的螺旋藻压缩饼干色泽均匀,呈墨绿色,表面光滑无裂纹;具有螺旋藻特有的清香,无腥苦味及焦糊味;口感酥脆适中,质地均匀,无粘牙感;整体风味协调,具有良好的感官接受度。

#### 3.3.2. 理化指标

产品各项理化指标均符合《食品安全国家标准 饼干》(GB 7100-2015)的规定。其中蛋白质含量达 13.5 g/100 g,较未添加螺旋藻的对照组(11.7 g/100 g)提高了 15%,体现了螺旋藻的营养强化效果。详见表 4。

Table 4. Physicochemical test results of spirulina compressed biscuits

表 4. 螺旋藻压缩饼干理化指标检测结果

检测项目	测定结果	国家标准要求(GB7100-2015)
蛋白质(g/100 g)	13.5	-
水分(%)	4.2	≤6.5
过氧化值(g/100 g)	0.02	≤0.25

#### 3.3.3. 微生物指标

产品微生物指标符合《食品安全国家标准 饼干》(GB 7100-2015)的规定,菌落总数 ≤ 104 CFU/g,大肠菌群、霉菌、致病菌均未检出。

## 4. 结论与展望

本研究以螺旋藻和小麦粉为核心原料,研制出一款兼具螺旋藻特有风味与良好感官品质的压缩饼干。通过单因素实验和正交试验,确定了影响产品感官品质的因素为螺旋藻添加量 > 白砂糖添加量 > 植物油添加量 > 烘烤温度,其中螺旋藻添加量对产品品质影响最为显著。优化得到的最佳工艺参数为:螺旋藻添加量 6%、白砂糖添加量 20%、植物油添加量 25%、烘烤温度 180℃。在此条件下制备的产品色泽均匀,风味协调,蛋白质含量达 13.5 g/100 g,各指标均符合《食品安全国家标准 饼干》(GB 7100-2015)的要求。

本研究仍存在一定局限性,未来可从以下方面深入探索:贮藏稳定性方面,可开展加速货架期试验,研究螺旋藻压缩饼干在不同贮藏条件下的品质变化规律,已有研究表明螺旋藻基烘焙产品在加速贮藏 35 天后仍可保持可接受的感官品质[9];脱腥护色技术方面,可采用微胶囊化等预处理技术改善螺旋藻的腥味及色泽问题,研究表明微胶囊化可有效掩蔽不良风味并提高产品稳定性[10];深加工技术方面,可探索螺旋藻小分子肽、藻蓝蛋白等高附加值成分在压缩饼干中的应用,解决目前螺旋藻产品形式单一的技术瓶颈[11]。后续研究可着力于工业化生产的工艺适应性验证,推动螺旋藻压缩饼干的产业化应用。

## 参考文献

- [1] Spínola, M.P., Mendes, A.R. and Prates, J.A.M. (2024) Chemical Composition, Bioactivities, and Applications of Spirulina (*Limnospira Platensis*) in Food, Feed, and Medicine. *Foods*, **13**, Article 3656. <https://doi.org/10.3390/foods13223656>
- [2] Khushala, A., Bobby, M.N. and Balasubramanian, M. (2025) Spirulina: Morphology, Cultivation, Harvesting as a Supplement and Its Therapeutic Properties. In: *Industrial and Biotechnological Applications of Algae*, Springer, 179-198. [https://doi.org/10.1007/978-981-96-1844-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-96-1844-6_9)
- [3] 陆伟. 含螺旋藻粉、魔芋粉、芝麻粉、植物复合粉的富营养食品[P]. 中国专利, CN101548775A. 2009-04-15.
- [4] Hussein, A.M.S., Mostafa, S., Ata, S.M., Hegazy, N.A., Abu-Reidah, I.M. and Zaky, A.A. (2025) Effect of Spirulina Microalgae Powder in Gluten-Free Biscuits and Snacks Formulated with Quinoa Flour. *Processes*, **13**, Article 625. <https://doi.org/10.3390/pr13030625>
- [5] El Baky, A., Hanaa, H., Baroty, E., et al. (2015) Functional Characters Evaluation of Biscuits Sublimated with Pure Phycocyanin Isolated from Spirulina and Spirulina Biomass. *Nutrición Hospitalaria*, **32**, 231-241.
- [6] Şeren, E. and Çelekli, A. (2025) Functional Biscuits with Alternative Protein Sources. <https://aperta.ulakbim.gov.tr/records/274323>
- [7] Shouk, A.A., Yaseen, A.A., Fouda, K., Marrez, D.A., Shedeed, N.A. and Mohammad, A.A. (2025) Hepatoprotective Effect of Functional Biscuits Enriched with Spirulina. *Food & Function*, **16**, 5059-5075. <https://doi.org/10.1039/d5fo00349k>
- [8] Ali, H.A.M. (2026) Physicochemical and Sensory Properties of Potato Snacks Fortified with Spirulina (*Arthrospira platensis*). *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, **14**, 246-255. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v14i1.246-255.8313>
- [9] Montevicchi, G., Riggio, A., Gammaitoni, M., et al. (2025) Sustainable Micro- and Macro-Algae to Enhance Quality of Baked Goods. <https://hdl.handle.net/11380/1389312>
- [10] Atubukha, B., Liu, K., Huang, Z., Jakab, I., Kóczán-Manninger, K. and Badak-Kerti, K. (2026) Microalgae Techno-functional Properties in Bread, Cookies, and Pasta Products: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **25**, e70428. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70428>
- [11] 谢金鉴, 谢新辞. 一种螺旋藻小分子肽饼干及制备方法[P]. 中国专利, CN114342975A. 2022-04-12.