

新鲜螺旋藻吐司的研制及品质分析

吴瑜¹, 王力立¹, 梅兴国^{1,2*}

¹湖北科技学院医学部药学院, 湖北 咸宁

²咸宁市康健医药产业研究院有限公司, 湖北 咸宁

收稿日期: 2025年2月26日; 录用日期: 2025年4月30日; 发布日期: 2025年5月8日

摘要

本论文旨在研制一种将新鲜螺旋藻直接添加的新型吐司面包, 探究新鲜螺旋藻泥、高筋面粉、黄油、白砂糖对吐司面包品质的影响。以感官评定为指标, 通过单因素和正交试验及其分析, 最终确定新鲜螺旋藻吐司的最佳制备工艺为: 在高筋面粉51%的基准下, 添加新鲜螺旋藻泥12%、白砂糖10%、黄油5%, 发酵时间3 h。按此工艺制作的新鲜螺旋藻吐司感官评分最高, 为58分(满分60分)。营养成分分析显示, 产品蛋白质含量8.58 g/100g, 脂肪5.78%, 同时富含叶绿素(1.2 mg/g)、铁(8.7 mg/100g)和锌(3.5 mg/100g)。微生物指标符合GB 7099-2015要求。本研究为新鲜螺旋藻在烘焙食品中的功能性应用提供了重要的参考依据和技术支持。

关键词

新鲜螺旋藻, 吐司面包, 工艺配方, 营养价值

Development and Quality Analysis of Fresh Spirulina Toast

Yu Wu¹, Lili Wang¹, Xingguo Mei^{1,2*}

¹School of Pharmacy, Medical Department, Hubei University of Science and Technology, Xianning Hubei

²Xianning Kangjian Pharmaceutical Industry Research Institute Co., Ltd., Xianning Hubei

Received: Feb. 26th, 2025; accepted: Apr. 30th, 2025; published: May 8th, 2025

Abstract

This thesis aims to develop a new type of toast bread with the direct addition of fresh *Spirulina platensis*, and to explore the effects of fresh *Spirulina platensis* liquid, high-gluten flour, butter, and

*通讯作者。

white sugar on the quality of the toast bread. Taking sensory evaluation as the index, through single-factor and orthogonal tests and their analysis, the optimal preparation process of fresh *Spirulina platensis* toast is finally determined as follows: based on 51% of high-gluten flour, add 12% of fresh *Spirulina platensis* liquid, 10% of white sugar, 5% of butter, and the fermentation time is 3 hours. The fresh *Spirulina platensis* toast made according to this process has the highest sensory score, which is 58 points (out of a total of 60 points). The analysis of nutritional components shows that the product contains 8.58 g of protein per 100 g, 5.78% of fat, and is also rich in chlorophyll (1.2 mg/g), iron (8.7 mg/100g), and zinc (3.5 mg/100g). The microbial indicators meet the requirements of GB 7099-2015. This study provides important reference basis and technical support for the functional application of fresh *Spirulina platensis* in baked foods.

Keywords

Fresh *Spirulina*, Toast Bread, Process Formula, Nutritional Value

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. 引言

随着消费者对功能性食品需求的增长,螺旋藻因其高蛋白(60%~70%干重)、多不饱和脂肪酸(如 γ -亚麻酸)及抗氧化活性成分(藻蓝蛋白、类胡萝卜素)备受关注[1]。研究表明,螺旋藻粉添加可显著提升烘焙产品的营养价值,如蛋白质、矿物质含量及抗氧化能力[2][3]。然而,现有研究多集中于螺旋藻干粉,其加工过程中易导致热敏性成分损失[4],且过量添加(>10%)可能引发面团结构劣化[5]。

本研究创新性地采用新鲜螺旋藻泥替代传统干粉,通过优化配方与工艺,最大程度减少螺旋藻干粉功能性食品营养流失、螺旋藻干粉添加后面团延展性降低、发酵效率下降等问题[5]。通过感官评价明确关键工艺参数,并系统评估产品的营养特性与安全性,为螺旋藻在烘焙食品中的高值化应用提供新思路。

2. 材料与方法

2.1. 材料与设备

2.1.1. 材料

新鲜螺旋藻泥,咸宁市康健医药产业研究院有限公司;高筋面粉,新乡良润全谷物食品有限公司;耐高糖酵母,安琪酵母股份有限公司;黄油,徐州乐众商贸有限公司;白砂糖、鸡蛋及精制盐,均为市售。

2.1.2. 仪器设备

PT4003 烤箱;HTP-312 型电子秤,上海花潮实业有限公司产品;和面机,佳美艺洁和面机;擀面杖;吐司面包模具盒;WFF-26A 型发酵箱,广州市泓锋食品有限公司;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。

2.2. 试验方法

2.2.1. 吐司面包预实验

该配方以常规吐司配方为参照基准进行拟定[6]。调整新鲜螺旋藻泥和水的添加量,经过预实验确定

螺旋藻吐司的基础配方。

2.2.2. 吐司面包基础配方

根据预实验确定的吐司中普通面团配方和螺旋藻面团配方。以基础配方(高筋面粉 500 g、水 150 g、鸡蛋液 100 g)为对照,分别考察:新鲜螺旋藻泥(8%~16%,替代等量水分)、白砂糖(7%~12%)、黄油(4%~8%)以及发酵时间(1~5 h)。

2.2.3. 工艺流程[6]

面团调制:混合面粉、白砂糖、鸡蛋、水(、新鲜螺旋藻泥)→4℃冷藏 4~6 h→依次加入盐、黄油、耐高糖酵母,搅打面团→分团→静置松弛 10 min→擀面、排气、松弛 10 min→整形→发酵→烘烤→放凉切片→装袋。

2.2.4. 吐司制作操作要点

① 为制作出美观又美味的吐司,要分开制备主面团(不添加螺旋藻)、新鲜螺旋藻两种面团,再通过整形将两种面团卷起;

② 为促进面筋网络合成,揉面前要进行水合法处理,4℃冷藏 4~10 小时;

③ 揉面时面团表皮温度不能过高(30℃以下),避免酵母提前发酵影响酵母活性、削弱面团韧性和弹性;

④ 醒发时,要精准把控发酵箱参数,为酵母提供适宜的环境,促进面团体积膨胀,防止面团干裂,温度需维持在(35±1)℃,相对湿度应调控在 85%左右[7];

⑤ 烘烤前烤箱应提前预热好(170℃预热 5 分钟),并在 170℃、38 分钟温度烘烤完成后,立即取出放凉,避免吐司回缩。

2.2.5. 单因素试验设计

设计实验以高筋小麦粉 500 g,盐 4 g、耐高糖酵母 5 g、鸡蛋液 100 g、水 100 g 为基础配方,以面粉质量百分比计,对新鲜螺旋藻泥(8%、10%、12%、14%、16%)、白砂糖(8%、9%、10%、11%、12%)、黄油(4%、5%、6%、7%、8%)的添加量、发酵时间(1、2、3、4、5 h)进行单因素试验,考察各因素的最佳参数。

2.2.6. 正交试验设计

基于前期探究,以新鲜螺旋藻泥、黄油、白砂糖的添加量以及发酵时间为考察因素进行四因素三水平正交试验,本实验因素水平见“表 1”。

Table 1. $L_9(3^4)$ toast bread orthogonal test factor level table

表 1. $L_9(3^4)$ 吐司面包正交试验因素水平表

水平	因素			
	A 新鲜螺旋藻泥加入量(%)	B 黄油添加量(%)	C 白砂糖添加量(%)	D 发酵时间(h)
1	10	4	9	2
2	12	5	10	3
3	14	6	11	4

2.3. 分析方法

2.3.1. 面包感官品质评价

参照 GB/T 20981-2021,由 10 名评审员对形态、色泽、气味、口感、内部结构、纹理均匀度六个方面进行评分,评定标准见“表 2”,取平均值作为最终评分。

Table 2. Fresh spirulina toast bread sensory rating scale
表 2. 新鲜螺旋藻吐司面包感官评分表

项目	分值/分	评分标准
形态	10	形态规则、对称性好, 不塌陷
色泽	10	色泽均匀, 表皮金黄有光泽, 面包切面呈奶白色与墨绿色相间
气味	10	面包奶香味浓郁, 无特殊气味
口感	10	松软可口、无异味、不粘牙、有咀嚼性
内部结构	10	无大空洞、细腻平滑、柔软而富有弹性
纹理均匀度	10	面包芯气孔细密、均匀, 孔壁薄
总分	60	

2.3.2. 主要营养成分含量检测

蛋白质测定参考 GB5009.83-2016, 采用分光光度法检测蛋白质的含量; 脂肪含量测定参考 GB5009.6-2016; 铁锌测定参考 GB5009.90-201、GB5009.14-2017; 叶绿素含量测定 SN/T1113-2002。

2.3.3. 微生物指标的检测

依照相关标准严格执行。其中, 菌落总数的测定以 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》为参照依据; 而大肠菌群的测定, 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》开展。

2.3.4. 货架期的预测

采用加速测试法(ASLT)中的 Q_{10} 模型[8]。 Q_{10} 是指温度系数, 它反映了温度对化学反应速率或产品品质变化速率的影响。

其计算公式为:

$$Q_{10} = \frac{\text{在T温度下的货架期}}{\text{在(T+10)温度下的货架期}} \quad (1)$$

在本实验中, 将 ASLT 的环境条件设定为两组: 一组温度为 35℃, 相对湿度为 60%, 此湿度条件等同于市售产品的常规存储湿度; 另一组温度为 45℃, 相对湿度同样维持在 60%。将同批次生产的吐司面包, 以单个面包为单位, 分别装入样品袋并密封, 放置于能够精准控制温度与湿度的恒温、恒湿试验箱内。由于吐司面包富含油脂, 因此 45℃ 贮存环境下的面包需每日开展 1 次相关测定工作。该条件下的反应速率温度系数 Q_{10} 取值为 2。

测定时间间隔采用以下公式表示:

$$f_2 = f_1 Q_{10}^{\Delta T/10} \quad (2)$$

式中:

f_1 为试验温度为 T1 时的时间间隔;

f_2 为试验温度为 T2 时的时间间隔;

ΔT 为 T1 与 T2 的温度差。

采用下列公式进行货架期的测定:

$$S_2 = S_1 Q_{10}^{\Delta T/10} \quad (3)$$

式中:

S_1 为特定温度 T1 下的保存期;

S_2 为某一温度 T_2 下的保存期;

ΔT 为 T_1 与 T_2 的温度差。

3. 结果与分析

3.1. 单因素试验结果

3.1.1. 新鲜螺旋藻泥添加量

不同新鲜螺旋藻添加量的感官得分如图 1 所示, 当添加量在 8%~12% 范围内, 吐司整体评分呈上升趋势, 超过 12% 后逐渐下降。这一现象与螺旋藻本身的特性密切相关。螺旋藻富含蛋白质、多种维生素和矿物质, 适量添加可为吐司增添独特的风味和丰富的营养成分。然而, 过量添加时, 螺旋藻中的某些成分可能会干扰面团的形成与发酵过程。例如, 螺旋藻中的膳食纤维可能会影响面筋网络的形成, 导致面包组织结构变差, 出现较多空洞或气孔不均匀的情况[9]。此外, 过量的螺旋藻在烘烤后散发的浓重的特殊风味会掩盖面包本身的奶香味, 影响整体风味平衡, 进而降低感官评分。已有研究表明, 在其他烘焙产品中添加藻类成分时也存在类似现象, 如在饼干制作中, 过量添加海藻粉会使饼干质地变硬、口感变差[10]。这提示在食品开发中, 需精准控制功能性成分的添加量, 以实现营养强化与品质保持的平衡。

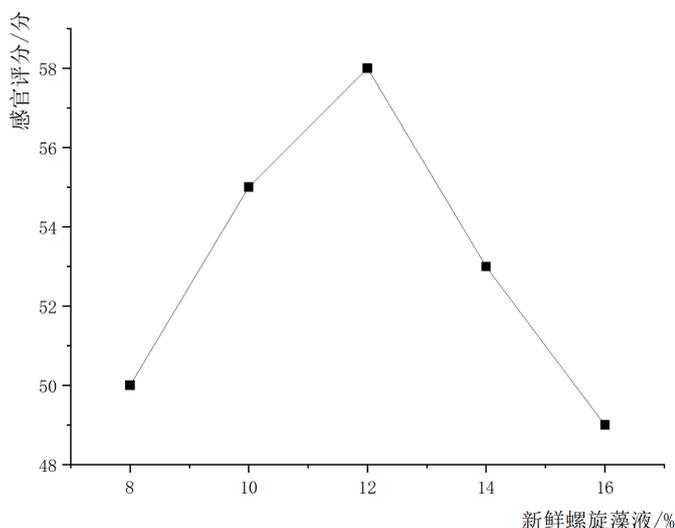


Figure 1. Sensory score map of different amounts of fresh spirulina solution added

图 1. 不同新鲜螺旋藻泥添加量的感官得分图

3.1.2. 白砂糖添加量

如图 2 所示, 在 7%~10% 的添加量范围内, 随着白砂糖增加, 感官综合评分持续升高, 在 10% 时达到最高。实际上, 白砂糖在吐司面包制作中扮演着多重角色, 一方面, 它为酵母发酵提供能量, 促进面团发酵, 使吐司质地更加均匀、松软。另一方面, 烘烤时, 白砂糖会历经美拉德反应, 这一反应能赋予面包独特诱人的色泽, 对面包感官品质的提升起到了关键作用[11]。若白砂糖含量处于较低水平, 酵母在发酵过程便难以充分展开。这会导致面包不能充分膨胀, 质地紧实, 缺少风味。随着白砂糖添加量逐步递增, 酵母发酵效率得到提升, 面包的体积、质地与风味等品质要素均呈现出显著的改善趋势。但过量添加白砂糖会带来一些问题, 如使面包过于甜腻, 影响口感的平衡, 还可能导致面包在烘焙过程中过度上色, 甚至产生焦糊味。此外, 从健康角度考虑, 摄入白砂糖过多与许多疾病发生密切相关, 如肥胖、糖尿

病等[12]。因此，在确定白砂糖添加量时，不仅要考虑面包的品质，还需兼顾消费者的健康需求。

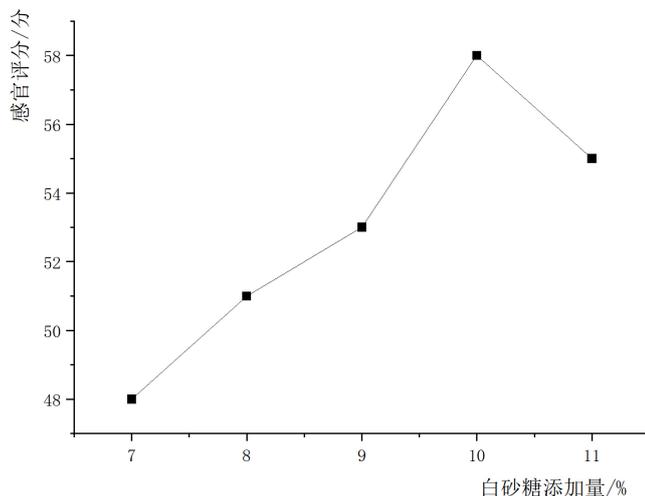


Figure 2. Sensory score map of different amounts of white sugar added
图 2. 不同白砂糖添加量的感官得分图

3.1.3. 黄油

不同黄油添加量对螺旋藻吐司感官评价的影响如图 3 所示，随着其添加量增加，评分先升后降，在 5% 时达到最高。黄油含有丰富的乳脂肪，能够为吐司面包增添浓郁的奶香味和细腻的口感。除此之外，它还可以改善面团的延展性和可塑性，使面包在发酵和烘焙过程中形成更均匀的气孔结构，从而提升面包的柔软度和弹性[13]。然而，过量添加黄油会使吐司油腻，口感厚重，且过多的油脂可能会降低酵母活性，影响发酵，导致吐司体积变小、质地变硬，影响外观、口感。另外，黄油中饱和脂肪酸含量丰富，当人体过量摄入时，会干扰正常脂质代谢，促使血液中胆固醇、甘油三酯等脂质成分升高，进而可能会提升心血管疾病等病症的发病风险[14]。如何在降低面包品质的前提下进行健康化改造，是未来研究的一个重要方向。

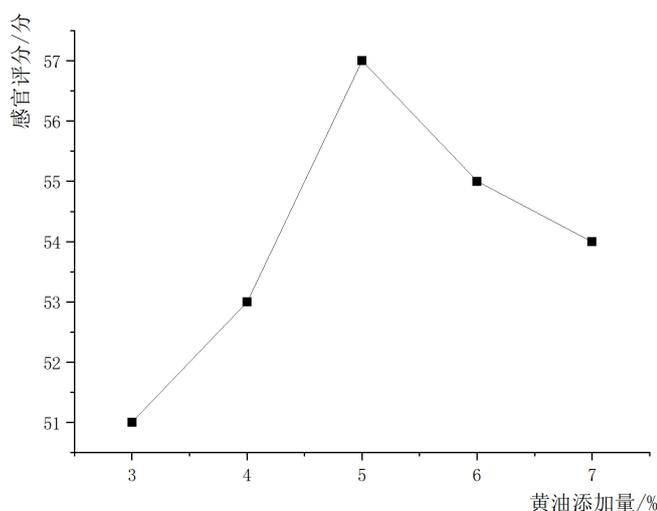


Figure 3. Sensory score map of different butter additions
图 3. 不同黄油添加量的感官得分图

3.1.4. 发酵时间

发酵时间是影响吐司品质的关键工艺参数之一。如“图 4”所示，在发酵过程中，吐司的感官评分呈现出先上升后下降的趋势。起初，适度延长发酵时间有利于面团充分膨胀，内部组织变得更为均匀细腻，进而提升感官评分；但当发酵时长过久，面团过度发酵，会导致面包酸味过重，还会形成较大的空洞，破坏面包的内部结构，容易塌陷，影响感官评分。实际上，不同的面粉种类、发酵温度等因素都会影响酵母最佳发酵时间[15]。因此在实际生产中，需要根据具体的原料和生产条件，精准控制发酵时间，以保证吐司面包的品质稳定。

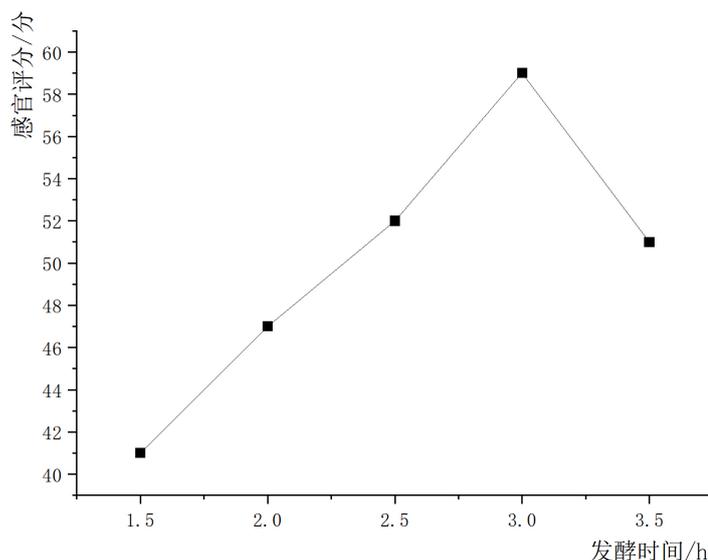


Figure 4. Sensory score map of different fermentation time

图 4. 不同发酵时间的感官得分图

3.2. 正交试验优化

根据单因素试验结果进行分析，通过 $L_9(3^4)$ 正交表优化吐司面包的加工工艺参数。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

实验号	A 新鲜螺旋藻泥添加量	B 白砂糖添加量	C 黄油添加量	D 发酵时间	感官评分/分
1	1	1	1	1	45.9
2	1	2	2	2	55.9
3	1	3	3	3	52.8
4	2	1	2	3	51.4
5	2	2	3	1	53.3
6	2	3	1	2	56.1
7	3	1	3	2	50.7
8	3	2	2	3	50.5
9	3	3	1	1	47.1

续表

K1	154.60	148.00	146.30	146.30
K2	160.80	159.70	157.80	162.70
K3	148.30	156.00	156.80	154.70
k1	51.53	49.33	48.77	48.77
k2	53.60	53.23	52.60	54.23
k3	49.43	52.00	52.27	51.57
R	4.17	1.23	3.83	5.47
影响顺序	D > A > C > B			
最优组合	A ₂ B ₂ C ₂ D ₂			

结果分析可知, 发酵时间(R = 15.2)对感官评分影响最大, 其次为螺旋藻泥(R = 12.8), 因素最优组合为 A₂B₂C₂D₂ (螺旋藻泥 12%、白砂糖 10%、黄油 5%、发酵 3 h)。最佳配方 3 次验证试验反映, 吐司面包切面组织均匀、无大孔洞、松软有奶香味、口感细腻、不黏牙, 感官评分平均达 58 分。

3.3. 营养成分含量检测结果

按照最佳配方所得螺旋藻吐司的营养物质含量如表 4 所示, 由表 4 可知: 产品中脂肪质量较低, 蛋白质质量较高, 较符合现代高蛋白低脂饮食理念。螺旋藻的添加为吐司面包提供了丰富的优质蛋白质, 有助于满足人体对蛋白质的需求。同时, 检测到的铁、锌等矿物质以及叶绿素, 进一步提升了面包的营养价值。

Table 4. Detection results of the main nutrient composition contents in fresh spirulina toast bread

表 4. 新鲜螺旋藻吐司主要营养成分含量检测结果

营养成分	含量
蛋白质(g/100g)	8.58
脂肪(%)	5.78
铁(mg/kg)	7.29
锌(mg/kg)	4.73
叶绿素(mg/100g)	6.94

3.4. 产品微生物指标分析

测定结果见表 5。经对表 5 数据的分析可知, 样品中的菌落数量以及大肠菌群数量均与国家相关标准的要求相符。这表明该配方在实现营养强化的同时, 能够维持面包的品质和安全性, 具有一定的市场应用潜力。

Table 5. Determination results of microbiological indicators

表 5. 微生物指标测定结果

微生物指标	测定结果	标准
菌落总数/(CFU·g ⁻¹)	2.7·10 ²	≤10 ⁴
大肠菌群/(CFU·g ⁻¹)	0	≤10
致病菌	未检出	不得检出

3.5. 新鲜螺旋藻吐司面包货架期预测

新鲜螺旋藻吐司面包在 35℃、45℃ 条件下检测结果见表 6、表 7。由表 6 可知, 在 35℃ 条件下保藏时间多于 4 d 后, 菌落总数及霉菌总数均多不可计, 微生物指标严重超标; 面包感官品质明显下降, 同时出现明显不良气味, 过氧化值达到临界值。因此, 新鲜螺旋藻吐司面包在 35℃ 条件下货架期预测为 4 d。从表 7 可以看出, 45℃ 条件下新鲜螺旋藻吐司贮存超过 2 d 时, 微生物指标超标, 此时面包已无法正常食用。因此, 在 45℃ 条件下面包的保藏时间为 2 d。因此, $Q_{10} = 4d/2d = 2$, $S_2 = S_1 \times 2 (T_1 - T_2)/10$, 在 35℃ 条件下, $S_1 = 4 d$, 当储存温度为 20℃ 时, $S_2 = 4 \times 2 (35 - 20)/10 \approx 11d$; 当储存温度为 25℃ 时, $S_2 = 4 \times 2 (35 - 25)/10 \approx 8d$ 。

Table 6. Sample test results under 35℃

表 6. 吐司面包在 35℃ 下的检测结果

储藏时间/d	理化指标			微生物指标		感官指标
	水分含量/(%)	酸价/(mg/g)	过氧化值/(g/100g)	菌落总数/(CFU/g)	霉菌/(CFU/g)	
2	23.54	2.78	0.18	328	60	气味、口味、外形不变
4	22.93	3.19	0.26	530	125	气味、口味、外形略变
6	22.15	3.82	0.39	多不可计	多不可计	有明显不良气味, 口感过硬
8	21.89	5.93	0.52	多不可计	多不可计	不能接受

Table 7. Sample test results under 45℃

表 7. 吐司面包在 45℃ 下的检测结果

储藏时间/d	理化指标			微生物指标		感官指标
	水分含量/(%)	酸价/(mg/g)	过氧化值/(g/100g)	菌落总数/(CFU/g)	霉菌/(CFU/g)	
1	22.83	2.84	0.22	412	70	气味、口味、外形不变
2	21.92	3.65	0.29	670	130	气味、口味、外形略变
3	20.51	4.72	0.38	多不可计	多不可计	有明显不良气味, 口感过硬
4	19.36	5.98	0.51	多不可计	多不可计	不能接受

因此, 在温度为 20℃, 湿度为 60% 时, 螺旋藻吐司面包保质期为 11 d; 温度为 25℃, 湿度为 60% 时, 面包保质期为 8 d, 比起市售普通面包的货架期(<7 d)有所提高, 可能是新鲜螺旋藻藻体具有一定的持水性, 能够帮助面包保持水分, 延缓淀粉的老化变硬, 从而在一定程度上延长面包的保存期。也有可能螺旋藻富含的抗氧化物质, 如类胡萝卜素、藻蓝蛋白等, 可以帮助减缓吐司面包中油脂等成分的氧化酸败过程, 在延长产品的保质期中起到了一定的作用。

4. 结论与展望

本研究成功开发出高蛋白、低脂的新鲜螺旋藻吐司, 其最佳工艺参数为: 螺旋藻泥 12%、白砂糖 10%、黄油 5%、发酵 3 h。

然而, 本研究也存在一定的局限性。在实验过程中, 虽然对新鲜螺旋藻泥、白砂糖、黄油添加量和发酵时间等主要因素进行了研究, 但未能考虑其他因素如面粉的筋度、鸡蛋的添加量以及不同的烘焙设备和烘烤的温度、时间等可能也会对吐司品质产生影响, 这些可在后续研究中进一步探讨。此外, 本研

究仅对吐司的感官品质和主要营养价值进行了分析, 对于螺旋藻在烘焙过程中的营养成分变化以及其抗氧化活性等功能特性的变化, 未进行深入研究。因此, 未来可以利用更先进的分析技术, 如高效液相色谱-质谱联用技术(HPLC-MS)等对螺旋藻在烘焙前后的营养成分和活性物质进行全面分析, 研究其变化规律, 为螺旋藻在烘焙食品中的应用提供更深入的理论依据。

从市场发展趋势剖析, 伴随消费者对健康食品需求的持续上升, 像螺旋藻吐司这种富含多种营养成分的功能性烘焙食品类, 在市场上展现出极为广阔的发展空间与潜力。新鲜螺旋藻存在不易保藏问题, 采收后的新鲜螺旋藻藻泥, 室温下 24 h 内就会因为微生物分解而产生难闻的气味, 直至腐败变质[16], 而将新鲜螺旋藻加入到吐司面包中既能延长保存期限, 又能提升营养价值。因此, 将新鲜螺旋藻添加至各类烘焙产品中是国内外螺旋藻食品发展的大趋势。当前, 国内消费者对螺旋藻的认知程度尚处于较低水平, 要推动新鲜螺旋藻产品实现长远发展, 还需强化市场宣传工作, 广泛普及其营养价值, 进而有效引导消费市场。

参考文献

- [1] 李雪贤, 刘洋, 皮杰, 桂雨婷, 陆娟娟. 螺旋藻的主要成分及生理功能研究进展[J]. 水产养殖, 2025, 46(2): 37-45.
- [2] Ak, B., Avsaroglu, E. and Ishik, O. (2016) Nutritional and Physicochemical Characteristics of Bread Enriched with Microalgae *Spirulina Platensis*. *International Journal of Engineering Research & Applications*, **6**, 30-38.
- [3] 魏艳丽, 姜国庆, 彭坚, 等. 螺旋藻的营养健康功能及在食品中应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 43(8): 407-412.
- [4] Luo, G.H., Liu, H.Y., Yang, S.H., Sun, Z.L., et al. (2024) Manufacturing Processes Additional Nutritional Value and Versatile Food Applications of Fresh Microalgae *Spirulina*. *Frontiers in Nutrition*, **11**, Article ID: 1455553.
- [5] 李平. 螺旋藻粉对面团特性及面条品质的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南工业大学, 2023.
- [6] 文瑜, 彭凌, 杨华进, 闵一超. 马铃薯吐司面包的配方研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(23): 137-138.
- [7] 魏春红, 姜云, 鹿保鑫, 曹龙奎. 杂粮吐司面包汤种及发酵工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 95-99.
- [8] 张伟, 张焕新. 糯小麦面包的研制及货架期预测[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(2): 60-64.
- [9] 李平, 吕莹果, 李雪琴, 陈洁. 螺旋藻粉对面团流变性质及面筋结构的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(14): 63-71.
- [10] Lafarga, T. and Hayes, M. (2017) Microalgae as a Source of Functional Ingredients for Baked Products. *Trends in Food Science & Technology*, **68**, 106-119.
- [11] 徐静, 张莉. 面包烘烤过程中表面褐变的影响因素[J]. 现代食品, 2018(18): 91-93, 97.
- [12] 李冰, 张立攀, 王俊朋, 赵梦瑶, 王法云. 低血糖生成指数面包配方优化及品质分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(22): 41-47.
- [13] 李萌, 朱科学, 周惠明. 不同油脂对面包品质及货架期的影响[J]. 食品科技, 2020, 45(12): 143-148.
- [14] 王然, 刘黎红, 孙晓玲, 杜金. O/W 型乳液制备油胶及其对面包烘焙品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(1): 27-30.
- [15] 张娜, 杨猛, 王乐凯, 刘长虹. 发酵时间和方式对面团中酵母代谢产物的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 63-68.
- [16] 李博生, 任昱灿, 李航. 一种新鲜螺旋藻泥的保鲜方法与流程[P]. 中国专利, CN202210716980. 2022-09-21.