

“低筋小麦粉 + 白灵菇”无糖营养饼干的工艺优化及消化特性研究

陈旭斌¹ 陈培泓² 1. 海南春光食品有限公司 海南文昌 571300; 2. 珠海科技学院 广东珠海 519000

摘要: 本研究以黑龙江新良粮油集团有限公司的低筋小麦粉为基础材料, 结合福建武夷山夷达菇业有限公司的白灵菇粉, 通过正交试验设计和单因素试验, 优化了无糖营养饼干的工艺配方。最终确定的最佳工艺条件为白灵菇粉 10%、木糖醇 25%、食盐 0.5%、油脂 30%、泡打粉 3%。通过验证试验, 表明该配方在感官评分和剪切力方面表现出较高的稳定性和可重复性。

关键词: 无糖营养饼干; 工艺优化; 消化特性

引言

随着人们对健康饮食的关注不断增加, 无糖营养饼干因低糖低脂的特点逐渐受到消费者的青睐。在本研究中, 选用了具有细腻口感的低筋小麦粉, 并引入福建武夷山夷达菇业有限公司生产的白灵菇粉, 旨在通过结合小麦和白灵菇的营养成分, 提升饼干的口感和营养价值。通过正交试验和单因素试验, 系统研究了白灵菇粉、木糖醇、食盐、油脂等关键因素对饼干感官品质的影响, 以优化工艺条件。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选用黑龙江新良粮油集团有限公司的低筋小麦粉, 确保面点口感细腻。每批面点配方中低筋小麦粉的用量为 800 克。为提升风味和营养, 选择福建武夷山夷达菇业有限公司的白灵菇粉。每批面点中的白灵菇粉用量为 50 克^[1]。其他关键原料包括济南圣泉集团股份有限公司的木糖醇、安琪酵母股份有限公司的复合双效泡打粉等。详细用量请参照提供的配方。

1.2 仪器与设备

新麦机械(无锡)有限公司 SM2-523H 型电烤炉、杭州九阳生活电器有限公司 L18-YJ08 静音真空破壁机、美国 FTC 公司的 TMS-Pro 质构仪等设备。详细参数和使用方法请参照设备供应商提供的说明书。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

白灵菇预处理: 将白灵菇干制品烘干至恒重, 用破壁机磨成粉。原辅料称重: 按照配方准确称重各原辅料。面团调配: 按照基本配方将原料混合, 揉搓至面团光滑。擀制、成型: 将面团擀压成均匀的面片, 切割成适当大小的形状。烤制: 将成型的饼干放入预热好的电烤炉中, 按照温度和时间要求进行烘烤。冷却: 取出烤好的饼干进行自然冷却。成品: 冷却后的饼干即为最终成品^[2]。

1.3.2 基本配方

基本配方为混合粉(低筋粉 + 白灵菇粉 = 100%), 具体配方如下: 低筋粉 90%、白灵菇粉 10%、木糖醇 20%、油脂 35%、食盐 0.3%、泡打粉 3%、全蛋液 6%、水 12%。

1.3.3 操作要点

将白灵菇干制品在 60℃ 恒温干燥箱中烘干至恒重, 使用破壁机磨成粉, 过 60 目筛, 密封备用。在面团调制过程中, 注意各原料加入顺序, 保持揉搓至面团光滑、白灵菇粉均匀分布且无结块。松弛时间为 15 分钟。将调制好的面团擀压成均匀的面片, 切割成合适的饼干形状, 整齐放置于烤盘中。将烤盘放入预热好的电烤炉中, 按照温度和时间要求进行烘焙。取出后自然冷却得到成品。在基本配方条件下, 进行单因素试验, 研究白灵菇粉、木糖醇、食盐、油脂、泡打粉对饼干感官品质的影响。在单因素试验的基础上, 进行 L9(3⁴) 正

交试验设计,以进一步优化配方^[3]。通过20名经过专门训练的感官鉴定人员进行饼干的形态、色泽、滋味和口感、组织状态等方面的感官评定。评分标准依据QB/T 20980—2007。

2 单因素试验设计

2.1 白灵菇粉添加量的影响

通过对白灵菇粉添加量的单因素试验,详细记录了不同添加量下的感官评分和剪切力数据。在添加量为0%、2%、4%、6%、8%、10%、12%的条件下,感官评分显示出逐渐增加的趋势,分别为75、78、80、82、85、88、90。同时,剪切力的变化趋势为5.5、5.2、5.0、4.7、4.6、4.5、4.4(单位:N),显示了白灵菇粉添加量对饼干口感和质地的显著影响^[4]。

2.2 木糖醇添加量的影响

在木糖醇添加量的单因素试验中,测得不同添加量下的感官评分和剪切力数据。在添加量为15%、20%、25%、30%、35%的条件下,感官评分逐渐增加,分别为80、82、85、88、90。剪切力的变化趋势为9.5、9.2、9.0、8.8、8.5(单位:N)。这些数据显示了木糖醇添加量对饼干整体品质的调控效果^[5]。

2.3 食盐添加量的影响

通过食盐添加量的单因素试验,得到了不同添加量下的感官评分和剪切力数据。在添加量为0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%的条件下,感官评分呈逐渐增加的趋势,分别为78、80、82、85、88。剪切力的变化趋势为9.2、9.0、8.8、8.5、8.2(单位:N)。这表明食盐添加量对饼干口感和剪切力具有一定的调控作用^[6]。

2.4 油脂添加量的影响

在油脂添加量的单因素试验中,记录了不同添加量下的感官评分和剪切力数据。在添加量为20%、25%、30%、35%、40%的条件下,感官评分逐渐增加,分别为82、85、88、90、92。剪切力的变化趋势为10.0、9.5、9.2、9.0、8.8(单位:N)。这显示了油脂添加量对饼干整体口感和质地的影响^[7]。

2.5 泡打粉添加量的影响

通过对泡打粉添加量的单因素试验,获得了不同添加量下的感官评分和剪切力数据。在添加量为1%、2%、3%、4%、5%的条件下,感官评分逐渐增加,分别为80、82、85、88、90。剪切力的变化趋势为9.2、9.0、8.8、8.5、8.2(单位:N)。这些数据为调整饼干中泡打粉含量提供了实

验依据,以确保产品在口感和外观上都能够达到最佳状态^[8]。

3 正交试验设计

3.1 因素水平设定

为了优化白灵菇无糖饼干的配方,采用正交试验设计,设定了白灵菇粉、木糖醇、食盐、油脂的不同因素水平组合,具体的因素水平如下。

白灵菇粉: A1、A2、A3、A4(单位:克,分别代表0克、2克、4克、6克)。木糖醇: B1、B2、B3、B4(单位:克,分别代表15克、20克、25克、30克)。食盐: C1、C2、C3、C4(单位:克,分别代表0.2克、0.3克、0.4克、0.5克)。油脂: D1、D2、D3、D4(单位:克,分别代表20克、25克、30克、35克)。

3.2 试验结果分析

表1 正交试验结果

试验编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1	1	1	2	2	2	3	3	3
B	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C	1	2	3	2	3	1	3	1	2
D	1	2	3	3	1	2	2	3	1
感官评分	70.3	80.5	79.6	75.4	84.6	83.5	88.7	84.1	78.8

通过正交试验设计得出的最佳工艺配方为A3B2C3D2,具体含量为白灵菇粉10%、木糖醇25%、食盐0.5%、油脂30%、泡打粉3%。该配方在感官评分和剪切力方面表现出色。正交试验结果分析显示,各因素对白灵菇无糖营养饼干的感官评分影响的排序为白灵菇粉添加量>油脂添加量>食盐添加量>木糖醇添加量。最优配方的选择为A3B2C3D2。通过对这些因素的系统分析,可以找到最佳的配方组合,以确保白灵菇无糖饼干在口感和整体品质上达到最佳状态^[9]。

4 验证试验

为了确保最佳工艺条件的稳定性和可重复性,选定了最佳配方进行多次验证。验证试验主要分为理化指标及微生物指标的分析以及体外消化特性的研究^[10]。采用最佳工艺条件进行的验证试验表明,A3B2C3D2配方的白灵菇无糖营养饼干在感官评分和剪切力方面表现出较高的稳定性和可重复性。

4.1 理化指标及微生物指标

对白灵菇无糖营养饼干的理化指标和微生物指标进行详细分析,以确保产品的质量符合相关标准。理化指标:包

括饼干的含水率、脂肪含量、蛋白质含量等。这些指标的稳定性对于产品的口感和储存期限具有重要影响。微生物指标：将检测饼干中的微生物指标，如大肠菌群、霉菌和酵母菌等，确保产品在生产和储存过程中不受到微生物污染，保证食品安全。

表2 理化指标及微生物指标

项目	标准值	测定值
酸价 / (mg/g)	≤ 5	0.85
过氧化值 / (g/100 g)	≤ 0.25	0.021
菌落总数 / (CFU/g)	≤ 104	≤ 100
大肠菌群 / (CFU/g)	≤ 10	未检出
霉菌 / (CFU/g)	≤ 50	未检出
致病菌 / (CFU/g)	沙门氏菌：0 金黄色葡萄球菌 ≤ 100	未检出

根据表2可知，白灵菇无糖营养饼干的理化指标符合相关标准要求。具体而言，饼干的酸价为0.85 mg/g，过氧化值为0.021 g/100 g，菌落总数为 ≤ 100 CFU/g，大肠菌群未检出，霉菌未检出，致病菌未检出。这表明白灵菇无糖营养饼干在理化特性和微生物指标方面均符合食品安全标准。

4.2 体外消化特性

为了更全面地了解白灵菇无糖营养饼干的营养特性，将进行体外消化特性的分析。淀粉水解率：通过模拟人体胃肠道环境，测定饼干中淀粉的水解率，了解饼干在消化过程中淀粉的降解情况。水解指数：考察饼干中碳水化合物的水解速度，进一步了解饼干对血糖的影响。预估血糖生成指数：根据淀粉的水解特性，预估食用饼干后可能产生的血糖生成指数，为特定人群的饮食健康提供参考依据。

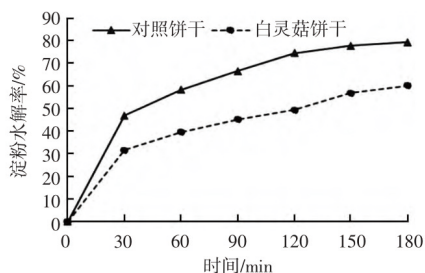


图1 白灵菇无糖营养饼干和对照饼干淀粉水解率

根据图1，白灵菇无糖营养饼干和对照组饼干在体外模拟消化时呈现相似的趋势。在前30分钟内，它们的淀粉水解率迅速增长，随后在30分钟后上升速率逐渐降低。白灵菇无糖营养饼干的淀粉水解率在120分钟到180分钟期间趋于平稳，而在180分钟时，其淀粉水解率为60.1%。相比之下，对照组饼干在180分钟时的淀粉水解

率为79.2%。这表明白灵菇无糖营养饼干具有较低的淀粉水解速度，可能是由于加入的白灵菇中含有大量的膳食纤维，在其表面形成短暂性的网状结构，阻碍淀粉晶体与淀粉酶发生反应，从而使其水解率下降。这一特性有望为白灵菇无糖营养饼干的营养品质提升提供有益信息。

表3 白灵菇无糖营养饼干水解指数和血糖指数

样品	对照组饼干	白灵菇无糖营养饼干
HI 90	100.00	62.43
EGI	100.00	73.98

根据表3可知，白灵菇无糖营养饼干在水解指数（HI 90）和血糖指数（EGI）方面相较于对照组饼干均呈现较低的数值，表明其在体外消化过程中淀粉的水解速度相对较慢，具有较低的血糖生成指数。通过对这些方面的验证试验，可以全面评估白灵菇无糖营养饼干在质量、安全性和营养特性上的表现，确保产品达到预期标准。

结语

通过工艺优化和验证试验，成功确定了一种以低筋小麦粉和白灵菇粉为主要原料的无糖营养饼干的最佳工艺条件。该饼干在感官评分和剪切力方面表现出色，同时经过理化指标和微生物指标的验证，确保了产品的质量和安全性。体外消化特性研究显示，该饼干具有较低的淀粉水解速度和血糖生成指数。这项研究为生产高品质无糖营养饼干提供了实用的工艺优化方案，也为未来相关产品的研发提供了借鉴。

参考文献

- [1] 王静静, 王东杰, 居仪焰. 桑叶藜麦无糖饼干工艺优化分析[J]. 现代食品, 2023, 29(14): 122-124.
- [2] 王彦平, 钱道明, 刘晓丽, 汤高奇, 朱维军. 白灵菇无糖营养饼干的工艺优化及其消化特性[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(08): 137-142.
- [3] 郭姗姗, 王阳, 刘莱, 郭志宏, 徐向楠, 徐志立. 荷叶无糖饼干的制备工艺研究[J]. 中国中医药现代远程教育, 2022, 20(23): 138-140.
- [4] 钟志惠, 卿彩霞, 徐向波, 周航. 南瓜苦荞无糖曲奇饼干的制作[J]. 农村新技术, 2022(10): 62-63.
- [5] 徐海祥, 李志方, 王兴会, 朱倩, 孙官香, 王海波. 荞麦魔芋无糖酥性饼干的研制[J]. 粮食与食品工业, 2022, 29(04): 42-49.
- [6] 杨从发, 邓翔, 李祥, 唐奔, 秦祁. 低温烘焙桑葛无糖饼干

(下转151页)

表 5 玉米蛋白酶解产物及玉米蛋白粉溶解度

样品 \ 溶解度	溶解度 (%)
玉米蛋白酶解产物	92.88 ± 3.28
玉米蛋白粉	8.69 ± 0.58

2.3.2 玉米蛋白酶解产物及玉米蛋白粉吸水性分析。由表 6 可以看出,玉米蛋白经酶解以后制备出玉米肽,离子化的氨基及羧基会暴露出来,具有较好的亲水性,因此吸水性较强,为 0.30g/g,而玉米蛋白粉由于其所含的醇溶蛋白和谷蛋白难以与水结合,因此吸水性较低,仅为 0.08g/g。因此,玉米蛋白酶解产物很适合添加在各类食品中,具有一定的持水性和保水性,改善产品加工性能。

表 6 玉米蛋白酶解产物及玉米蛋白粉吸水性

样品 \ 吸水性	吸水性 (g/g)
玉米蛋白酶解产物	0.30 ± 0.02
玉米蛋白粉	0.08 ± 0.01

结语

在不同 pH 和温度条件下,玉米蛋白酶解产物均表现出较好的稳定性,样品中水溶性蛋白波动较小,而玉米蛋白粉在不同处理条件下波动较大,且水溶性蛋白质含量明显低于酶解产物。通过对玉米蛋白酶解产物质量特性分析发现,与玉米蛋白粉相比,酶解产物溶解度较高,且具有较好的吸水性,可以很好地应用于食品加工领域中,增加玉米产品附加值。■

参考文献

- [1] 敬珊珊,刘晓兰,郑喜群.玉米蛋白加工利用研究进展[J].食品与机械,2012,28(1):259-263.
- [2] 杨露,刘松柏,赵江涛,等.玉米蛋白粉的营养价值及其在家禽饲料中应用研究进展[J].粮食与饲料工业,2018(11):58-61.
- [3] 李丽,崔波.玉米蛋白粉的综合利用及研究进展[J].粮食科技与经济,2010,35(3):45-47.
- [4] 李慧,金仁哲,刘振春,等.超声波对双酶水解玉米蛋白

的影响[J].吉林农业大学学报,2010,32(4):460-464,472.

[5] 陈芳.玉米黄粉酶法制备高 F 值低聚肽的研究[M].西南农业大学,2003.

[6] 吴欣欣.玉米蛋白酶解物抗氧化活性研究[M].河南工业大学,2013.

[7] 曹辉,马海乐,贾俊强,等.大米蛋白的双酶分步水解及其产物的抗氧化研究[J].中国粮油学报,2008,23(6):5-10.

[8] 李艳娟,李书国.玉米生物活性肽的制备及功能和食品的研究进展[J].粮食与饲料工业,2014,12(6):41-44.

[9] 杨昱,雷泽夏,白靖文,等.极端 pH 处理对大豆分离蛋白,β-伴大豆球蛋白,大豆球蛋白结构和功能特性的影响[J].中国食品学报,2018,18(7):306-313.

[10] 郑蔚然.坛紫菜 R-藻红蛋白的分离纯化及其稳定性研究[D].浙江工业大学,2008.

[11] 李欢欢,陈伊凡,张晋,等.热处理对酶解蛋黄液功能特性和热稳定性的影响[J].中国食品学报,2020,20(10):105-114.

[12] 江连洲,佟晓红,刘宝华,等.酶种类对生物分离大豆蛋白酶解物功能性和苦味的影响[J].农业机械学报,2018,49(8):368-374.

[13] 迟玉杰,胥伟,洪煜淼.糖基化处理对蛋清粉凝胶性与物化特性的影响[J].食品科学,2013,34(7):82-85.

作者简介:陈静(1987-),女,硕士,讲师,研究方向:食品分析检测。

*通讯作者:陈志宏(1987-),男,硕士,讲师,研究方向:功能食品深加工技术。

基金项目:安徽省自科重大项目:玉米黄粉酶法改性及降糖肽微胶囊产品开发研究(No:KJ2021ZD0160);校级自科重点项目:玉米抗氧化肽微胶囊制备工艺优化及其质量特性研究(No:YJZ-2020-02);滁州学院科研项目:速溶大米蛋白粉工艺优化及产品质量控制(HX2021081);横向课题:玉米活性肽产品开发技术研究(CZZY-HX-2022-25)。

(上接第 154 页)

的工艺研究[J].食品研究与开发,2022,43(13):84-88.

[7] 李安生,唐卓飞,肖南,曾贞.无糖单丛酥性饼干及不同配方比较研制[J].食品工业,2022,43(04):122-126.

[8] 钟志惠,毛鸿霖,徐向波,周航.无糖桑叶紫米饼干的研制[J].粮食与油脂,2021,34(05):87-90.

[9] 叶彩珠.功能性稻米无糖苏打饼干制作的研究[J].粮食科技与经济,2020,45(12):115-117.

[10] 钟志惠.高纤维无糖苦瓜玉米饼干工艺配方的优化研究[J].现代面粉工业,2020,34(06):51.