商亚芳, 蔡华珍, 操珍. 荞麦苗粉面包的配方和工艺优化 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(15): 177-182. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020110092

SHANG Yafang, CAI Huazhen, CAO Zhen. Formula of Buckwheat Seedlings Powder Bread and Optimization of Production Technology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(15): 177-182. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020110092

· 工艺技术 ·

荞麦苗粉面包的配方和工艺优化

商亚芳¹, 蔡华珍^{2*}, 操 珍²

(1. 滁州学院博士后工作站, 安徽滁州 239000;

2. 滁州学院生物与食品工程学院, 安徽滁州 239000)

摘要: 为了提高面包的营养价值, 扩大具有活性成分的植物在膳食中的应用, 本研究以荞麦苗粉为面包辅料, 探讨了荞麦苗粉面包的最佳制作工艺。采用单因素实验、正交试验等方法, 以比容、质构、感官评价等为指标, 进行了荞麦苗粉营养面包的配方改良和工艺优化, 研制出荞麦苗粉保健面包。结果表明, 面包辅料最佳配方及工艺(以面粉质量计): 荞麦苗粉 2%, 酵母 1.0%, 荞麦苗粉直接加入面粉中, 面团一次发酵时间 20 min, 中间发酵 50 min, 醒发时间 90 min, 烘烤温度上火 170 ℃, 下火 190 ℃。研制的荞麦苗粉营养面包产品具有面团发酵和烘烤后的荞麦苗粉的面包纤维, 外形完整, 组织细致光滑, 松软有弹性, 气孔均一, 纹理清晰, 气孔壁细薄, 松软可口, 面包比容 3.72 mL/g, 粗纤维 1.15%~1.20%, 粗蛋白含量 11.8%~13.1%, 弹性值为 0.920, 黏聚性为 0.570, 硬度值为 338.15 g, 咀嚼性值为 176.61 g·s, 感官评分为 80.5 分。

关键词: 荞麦苗粉面包, 配方改良, 工艺优化, 正交试验

中图分类号: TS213.21

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2021)15-0177-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020110092

Formula of Buckwheat Seedlings Powder Bread and Optimization of Production Technology

SHANG Yafang¹, CAI Huazhen^{2*}, CAO Zhen²

(1. Postdoctoral Workstation of Chuzhou University, Chuzhou 239000, China;

2. School of Biological Science and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

Abstract: The objective of this study was to improve the nutritional value of bread and expand the application of plant that with active ingredients in diet. Buckwheat seedlings powder used as bread supplementary materials to investigate the best production technology of buckwheat seedlings powder bread. Using single factor experiment and orthogonal experiment, taking specific volume, texture and sensory evaluation as indexes, the formula improvement and process optimization of buckwheat seedlings powder nutritional bread were carried out to produce health bread of buckwheat seedlings. The results showed that the optimal formula and processing of bread was as follows: buckwheat 2%, yeast 1.0%, the buckwheat flour was directly added into the flour, the dough was fermented for 20 min once, fermented for 50 min in the middle, and awakened for 90 min. The nutritional bread product of buckwheat seedlings powder developed had the bread fiber of the buckwheat seedlings after dough fermentation and baking, the shape was complete, the organization was meticulous and smooth, soft and elastic, the stoma was uniform, the grain was clear, the stoma wall was fine and thin, soft and delicious. The specific volume was 3.72 mL/g, the crude fiber was 1.15%~1.20%, the crude protein content was 11.8%~13.1%, the elastic value was 0.920, the viscosity was 0.570, the hardness was 338.15 g, the masticatory value was 176.61 g·s. The sensory score was 80.5.

Key words: buckwheat seedlings powder bread; modification of formula; optimization of production technology; orthogonal experiment

收稿日期: 2020-11-11

基金项目: 安徽省博士后科研工作站基金(滁州学院)(2020BSH003)。

作者简介: 商亚芳(1984-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 天然产物化学, Email: yafangshang19@hfut.edu.cn。

* 通信作者: 蔡华珍(1964-), 女, 硕士, 教授, 研究方向: 食品科学, Email: chz229@126.com。

荞麦(*Fagopyrum tataricum*)是蓼科荞麦属的栽培农作物,学名也称为“鞑靼荞麦”^[1]。荞麦种子中含有维生素 E、可溶性膳食纤维、黄酮、多糖等营养成分^[2-5],具有降血糖血脂、调节糖尿病性肾病、防便秘、抗血栓等作用^[6-10]。荞麦苗是指荞麦种子发芽长成 15~30 cm 的茎叶,荞麦苗与荞麦种子均属药食同源,古代李时珍在《本草纲目》中记载荞麦苗主要治疗炎热中暑,可以解酒消毒,消除人体心烦气闷,退去膈肌以上热气,疏通肠道等作用^[11]。与其他芽菜的营养成分相比,荞麦苗粉中淀粉、可溶性的膳食纤维、生物类黄酮、亚油酸等不饱和脂肪酸含量较高^[12],是良好的蔬菜资源。

荞麦苗已被开发成多种食品,如荞麦固体饮料,苦荞精华含片,发酵荞麦苗汁等^[13-14]。然而,尚未见荞麦苗在烘焙食品中的应用。面包是日常生活中不可或缺的一部分,老少皆可食用,营养丰富,携带方便。在面包中添加荞麦苗粉可以扩大荞麦苗在食品中的应用,改善面包的口感、风味,提供营养保健功能。

本实验拟开发以荞麦苗粉为辅料的营养面包,探究辅料荞麦苗粉、酵母等对面包品质的影响,以面包的比容、质构及感官评价等为评价指标,确定荞麦面包的最佳配方与工艺。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

高筋面粉 新乡市新良粮油加工有限责任公司;荞麦苗粉 衡水山枝保健饮料有限公司;奶粉 天津伊利乳业有限责任公司;白砂糖 苏果超市购;鸡蛋、盐 99 广场超市购;黄油 嘉吉粮油(南通)有限公司;活性安琪干酵母 安琪酵母股份有限公司。

SM-101 打蛋和面厨师机新麦机械(中国)有限公司;SPR-18S 发酵箱 江苏三麦食品机械有限公司;CKTF-32GS 长帝电烤箱 佛山市伟仕达电器实业有限公司;TA-XT plus 食品质构-物性测试仪 英国 Stable Micro Systems 公司;M-20B 水分含量测定仪 杭州科博仪器有限公司;PH-HP290A 恒温恒湿培养箱 上海培因实验仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 面包的制备

1.2.1.1 面包制作工艺流程

面粉、荞麦苗粉 水、鸡蛋 黄油
↓ ↓ ↓

原料称取→面团混合→搅拌→一次发酵→切割→搓圆→中间发酵→成型→最后醒发→烘烤→冷却→包装→成品

1.2.1.2 操作要点 a.面团搅拌:将称好的原料倒入和面机中搅拌均匀,加入一定比例的水和鸡蛋,搅拌;待形成稳定的均匀面团后,加入黄油搅拌,取出一小块面团,用手拉取面团有良好的延伸性和弹性,并

且能拉出均匀的面筋膜,之后再行慢速搅拌松弛,若未达到要求,则继续搅拌。b.一次发酵:发酵前需要测量面团的温度。一般面团的温度在 26~30 ℃ 左右。c.分割、搓圆:将面团进行切割搓圆操作。d.中间发酵:将搓好的小面团送入发酵箱内发酵一定的时间,发酵好后压成饼状,翻卷呈桶状,再发酵。e.成形:将发酵后的面团用擀面杖压平,用手轻轻拍打四周以除去多余的气泡,卷起后放入发酵箱内。f.最后醒发:将面包放置醒发箱中继续醒发,至膨胀到烤后体积的 80%;若醒发程度不够,可继续进行醒发。g.烘烤:对面包进行最后的烘烤。h.冷却:待面包室温冷却到 38 ℃ 左右进行切片成片状吐司。i.包装、成品:将冷却后的面包进行包装得到成品。

1.2.2 单因素实验 以面包比容、质构和感官品质为评价指标,综合确定荞麦苗粉及酵母的添加量范围。面包的基本配方(下同):以高筋面包粉为基准:高筋面包粉 300 g、50% 水、16% 糖、2% 奶粉、0.8% 酵母、1.6% 盐、10% 鸡蛋、6% 黄油。各添加物的水平如下:以 0、1%、2%、3%、4%、5% 的荞麦苗粉替换相应质量的面包粉;活性干酵母的添加量分别为 0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%。因发酵及醒发时间会明显影响面包的比容以及口感等感官指标,而对面包质构方面影响不大,因此,以比容和感官评价为检测指标确定面包最佳发酵及醒发时间,各水平如下:固定醒发时间为 80 min,改变工艺流程中的一次和中间发酵时间,总时间为 40、50、60、70、80 min,其中,一次发酵时间为 5、10、15、20、25 min,中间发酵时间为 35、40、45、50、55 min。固定发酵时间为 60 min,醒发时间水平梯度设置为 60、70、80、90、100 min。

1.2.3 正交试验 根据上述单因素实验确定的发酵时间、醒发时间、荞麦苗粉添加量、酵母添加量四个影响因素的范围,各设定 3 个水平的添加量,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计确定面包的最佳加工工艺(表 1),面包基本配方如 1.2.2。根据罗登林等^[15]的方法,以面包的比容和感官评价为指标对荞麦苗粉面包进行综合评定。设定最大比容为 100 分,其他组得分=该组比容值/最大比容值×100,其权重系数为 0.5,将最大感官评价分设为 100 分,其他组得分=该组感官评价分/最大感官评价分×100,其权重系数为 0.5,最后确定面包的最佳加工工艺。

表 1 正交试验因素水平表

水平	因素			
	A 荞麦苗粉添加量 (%)	B 酵母添加量 (%)	C 发酵时间 (min)	D 醒发时间 (min)
1	2	1	50	70
2	3	1.2	60	80
3	4	1.4	70	90

$$\text{综合评分} = T_1/T_{1\max} \times 50 + T_2/T_{2\max} \times 50 \quad \text{式 (1)}$$

式中: T_1 为该组面包的比容, T_{1max} 为实验组最大的比容数值; T_2 为该组感官评价分, T_{2max} 为实验组最大感官评价分。

1.2.4 面包品质的分析方法

1.2.4.1 保质期实验 采用食品储存期加速测试(ASLT)进行面包保质期实验^[16]。用食品级的塑料袋包装少许面包样品,密封;分别放入温度为 37 和 47 °C,相对湿度 60% 的恒湿恒温箱中;47 °C 下所存储的面包 1 d 检测 1 次,37 °C 下所存储的面包 2 d 检测 1 次,参照 GB 5009.3-2016 检测水分含量和 GB 4789.15-2016 测定霉菌总数,并记录数据,观察其保质期。同时设置一个常温对照组。根据式(2)计算出面包在温度为 37 °C 与 47 °C 下的货架期后,再利用 ASLT 法预测面包在室温 20 °C 的保质期。

$$\theta_{s(T_1)} = \theta_{s(T_2)} \times Q_{10}^{AT/10} \quad \text{式 (2)}$$

式中, θ_s 为指定温度下的的货架寿命, Q_{10} 为温差为 10 的 2 个温度下的储存期的比率, T_1 为最高试验温度, T_2 为较低试验温度。

1.2.4.2 质构分析 使用 TA-XT Plus 物性测试仪对面包进行质构分析^[17]。采用圆柱探头 P/36R,将整体面包切成 2 cm×2 cm×2 cm 的小面包,切去外表皮,测定面包的中心瓤的弹性、黏聚性、回复性、硬度等特性参数。测前速度 1 mm/s,测中测后速度均为 3 mm/s,50% 形变量,5 g 感应力,两次压缩时间间隔为 5 s。

1.2.4.3 比容的测定 采用小黄米置换法测定面包的比容^[18]。

1.2.4.4 面包蛋白质含量的测定 面包中的粗蛋白直接使用杜马斯定氮仪测得。

1.2.4.5 霉菌的测定 依据 GB 4789.15-2016《食品微生物学检验霉菌和酵母计数》方法进行霉菌的测定。

1.2.4.6 总膳食纤维的测定 采用半自动纤维测定仪和马弗炉结合测量荞麦苗粉营养面包中的总膳食纤维含量。

1.2.4.7 荞麦苗粉营养面包的感官评价 按照上述工艺流程制作面包,待面包冷却后,随机选定 10 个人组成评定小组,并告知评定小组面包感官评定的项

目指标和评分标准,对荞麦苗粉面包的外部与内部不同方面进行评分^[19],评分标准见表 2。

表 2 荞麦苗粉面包感官评价的评分标准

Table 2 Scoring criteria for sensory evaluation of buckwheat seedlings bread

项目指标	评分标准	分值(分)
面包芯色泽(20分)	面包芯色泽呈灰绿色,颜色均匀一致,有光泽	15~20
	面包芯灰绿色较适中,较均匀	8~14
	面包芯灰绿色过深或过浅,不均匀	0~7
	完整丰满,无裂纹,无黑泡或明显焦斑	15~20
外观(20分)	形态较为完整饱满,无明显裂纹,无明显的黑泡或焦斑	8~14
	有塌陷现象,有明显裂纹,有黑泡或有明显的焦斑	0~7
	面包芯细致光滑滑,松软、有弹性	11~15
面包芯质地(15分)	面包芯组织较粗糙,具有较差的弹性	6~10
	面包芯粗糙、变硬,弹性差	0~5
	面包芯气孔细密,纹理清晰,呈丝绵状、不掉渣	15~20
面包芯纹理结构(20分)	面包芯气孔基本均匀,纹理较清晰,	6~14
	面包芯气孔大小不一,且大孔洞较多,纹理差,容易掉渣	0~5
	具有特殊的麦苗香味,柔软适口,无异味	18~25
滋味与口感(25分)	面包青麦苗香气较浓重,口感较柔软,无异味	9~17
	面包香气淡或没有,口感发硬或有异味	0~8

1.3 数据分析

实验平行测定三次,数据书写形式为“平均数±标准差”,利用 SPSS24 软件将数据进行显著性分析,以 $P<0.05$ 表示显著差异,并对数据进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 荞麦苗粉添加量对面包品质的影响 根据预实验发现,荞麦苗粉对质构的影响主要体现在:硬度、弹性、黏聚性、回复性,以此为面包品质的质构衡量指标。不同荞麦苗粉添加量对面包品质影响结果见表 3。由表 3 可知,随着荞麦苗粉添加量增加,面包比容逐渐减少,由 3.73 mL/g 下降到 3.35 mL/g,荞麦苗粉添加量增加,与对照组之间差异越显著 ($P<0.05$)。

面包硬度随荞麦苗粉添加量的增大而增大,弹性则呈下降的趋势,可能是由于荞麦苗粉中的膳食纤维

表 3 不同荞麦苗粉添加量对面包比容、质构、感官的影响

Table 3 Effects of the addition of different amount buckwheat seedlings on the specific volume, texture and senses of bread

荞麦苗粉添加量(%)	比容(mL/g)	质构				感官评价(分)
		硬度(g)	弹性(mm)	黏聚性	回复性	
0	3.73±0.04 ^{Aa}	303.70±59.47 ^{Bc}	0.900±0.019 ^{Aa}	0.697±0.010 ^{Aa}	0.285±0.015 ^{Aa}	84.80±3.90 ^{Aa}
1	3.71±0.05 ^{Aa}	315.21±43.09 ^{Bc}	0.866±0.027 ^{ABab}	0.624±0.078 ^{ABab}	0.194±0.029 ^{Bb}	73.20±7.22 ^{BCbc}
2	3.64±0.04 ^{ABa}	378.55±48.44 ^{Bbc}	0.843±0.024 ^{ABb}	0.574±0.012 ^{Bb}	0.173±0.020 ^{Bbc}	78.20±6.11 ^{ABb}
3	3.45±0.11 ^{Cb}	437.09±87.43 ^{ABb}	0.852±0.036 ^{ABb}	0.566±0.042 ^{Bb}	0.185±0.008 ^{Bbc}	74.50±3.03 ^{BCbc}
4	3.41±0.09 ^{BCb}	442.69±29.5 ^{ABb}	0.837±0.022 ^{BCb}	0.554±0.103 ^{Bb}	0.169±0.038 ^{Bbc}	69.20±5.01 ^{Cd}
5	3.35±0.13 ^{Cb}	483.77±152.22 ^{Aa}	0.792±0.030 ^{Cc}	0.538±0.029 ^{Bb}	0.155±0.012 ^{Bc}	68.80±7.07 ^{Cd}

注: 同列中相同字母表示无差异 ($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$); 表 4~表 6 同。

维影响了面包的品质。已有研究表明,高膳食纤维食品能破坏面筋三维网络结构中的面筋蛋白,且膳食纤维会阻碍酵母的发酵,导致面包的持气率逐渐降低,延缓面团发酵过程,从而影响面包比容、硬度等^[20-21]。当荞麦苗粉的添加量增大到3%以后,面包的比容、硬度、黏聚性无明显差异。随着荞麦苗粉的添加量增加,感官评价分先增大后减小,可能是荞麦苗粉添加过多,影响色泽、滋味与口感方面。硬度越小,弹性越大的面包品质越好,当添加量为2%时,感官评价分值最高,综合面包比容、质构和感官考虑,荞麦苗粉的最佳添加量为2%。

2.1.2 酵母添加量对面包品质的影响 酵母是发酵食品的主要原料之一,其添加量将会影响面团发酵、醒发工艺。根据预实验发现,酵母添加量对面包品质的影响,主要体现在:硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性,以此为指标研究酵母添加量对面包品质的影响。由表4可知,面包的比容、感官评价随着酵母添加量的增加均先增大后减小,可能是由于酵母添加量增多,面团产气量增多,面团内的气孔壁变薄,增大了面包体积。然而,酵母使用过多,会使面团中含有过量气体,破坏面包气孔结构,支架崩塌,影响面包体积,同时会使面团过于柔软而带黏性,失去延伸能力,面团发酸,影响咀嚼性和感官评价^[22-23]。实验发现,当酵母添加量为1.2%时,面包的质构、比容与感官评价得分最佳。

2.1.3 面包发酵、醒发工艺的设计 发酵时间可影响面包品质,发酵不足的面团,面包组织壁厚、坚实而粗糙,气孔不规则或有孔洞,发酵过度的面团,面包组织壁薄,过软,易破裂,多呈圆形。两次发酵时间对面包品质均有影响,作为整体发酵时间进行考虑。实验结果显示,两次总体发酵时间由40 min增加到80 min时,面包的比容也随之呈增大现象,面包的硬

度表现出先减小后增大、咀嚼性整体呈现降低趋势,且具有一定的差异性($P < 0.05$);弹性和咀嚼性在发酵时间为60 min时趋于平缓,感官评价分值先增大后减小(表5),可能是由于面团发酵时间过短,酵母不能完全发挥发酵作用,体积小,但是随着发酵时间过长,会有酒味,变酸等现象,从而影响烘烤后面包的滋味与口感等^[24]。综合分析可得,最佳发酵时间为60 min,此时发酵烘烤后的面包品质优于其他组。

醒发时间可影响面团中面筋的网络结构,成形时间不足,会导致面包的体积过小,内部组织不良,而成形时间过长,则面包发酵过度,面包口感变酸。研究表明(表6),当醒发时间由60 min增加到100 min时,面包的比容随之变大,硬度却随之减小,且实验组之间有显著差异($P < 0.05$),面包弹性增大,而粘聚性和咀嚼性无明显差异性;感官评价分值随着醒发时间的增加先增大后减小;酵母发酵时间的长短影响着面包的形状、滋味与口感,适宜的醒发时间可以使面筋网络结构紧实、面包内部结构变得均匀,柔软有弹性。当醒发时间增到80 min以上时,面包的比容、硬度、弹性等无明显差异,趋于稳定,且感官评价分值最大。综上所述可得,最佳醒发时间为90 min。

2.2 正交试验结果

通过单因素实验结果,选取荞麦苗粉添加量、酵母添加量、发酵时间、醒发时间为主要影响因素,采用 $L(3^4)$ 进行正交试验,预实验发现各变量对面包质构的统计学数据几乎没有差异,此处以面包比容和感官评价为指标,结果如表7。影响面包比容和感官因素大小依次是:醒发时间、荞麦苗粉的添加量、发酵时间以及酵母添加量,按比容以及感官分析的最佳实验组合为 $A_1B_1C_3D_3$;由于正交实验数据不在实验组里,做验证性实验进行验证。由表8验证性实验可以看出, $A_1B_1C_3D_3$ 与 $A_1B_3C_3D_3$ 两组工艺中存在显

表4 不同酵母添加量对面包比容、质构、感官的影响

Table 4 Effects of different yeast additions on bread specific capacity, texture and senses

酵母添加量(%)	比容(mL/g)	质构				感官评价(分)
		硬度(g)	弹性(mm)	黏聚性	咀嚼性(g·sec)	
0.8	3.48±0.06 ^{Bc}	571.70±78.80 ^{Aa}	0.748±0.145 ^{ABbc}	0.620±0.077 ^{Bcd}	289.96±24.33 ^{Ab}	75.1±4.58 ^{Ab}
1.0	3.69±0.04 ^{Ab}	492.64±97.54 ^{ABab}	0.871±0.042 ^{ABab}	0.642±0.018 ^{Bc}	282.79±65.56 ^{Ab}	77.3±5.91 ^{Aa}
1.2	3.78±0.04 ^{Aa}	462.80±94.81 ^{ABabc}	0.914±0.020 ^{Aa}	0.746±0.103 ^{Ab}	272.82±42.57 ^{Ab}	76.3±7.74 ^{Aa}
1.4	3.59±0.05 ^{ABb}	434.31±93.89 ^{Bbc}	0.886±0.028 ^{ABab}	0.801±0.039 ^{Aa}	229.19±94.54 ^{Ab}	74.9±5.67 ^{Ab}
1.6	3.63±0.04 ^{ABab}	362.29±176.35 ^{Cc}	0.882±0.068 ^{ABab}	0.811±0.033 ^{Aa}	238.70±63.93 ^{Ab}	69.4±8.11 ^{Ab}

表5 不同发酵时间对面包比容、质构、感官的影响

Table 5 Effects of different fermentation time on specific capacity, texture and senses of bread

发酵时间(min)	比容(mL/g)	质构				感官评价(分)
		硬度(g)	弹性(mm)	粘聚性	咀嚼性(g·sec)	
40	2.97±0.09 ^{Bc}	516.58±78.88 ^{Aa}	0.731±0.061 ^{Bb}	0.508±0.051 ^{Ab}	269.03±37.23 ^{Aa}	68.6±6.71 ^{Bc}
50	3.11±0.10 ^{Bb}	481.42±65.81 ^{Aab}	0.820±0.111 ^{ABab}	0.585±0.043 ^{Ab}	254.57±81.50 ^{Ab}	72.5±5.82 ^{Bbc}
60	3.44±0.12 ^{Aa}	457.01±91.20 ^{ABab}	0.870±0.030 ^{Aa}	0.589±0.061 ^{Ab}	236.18±19.33 ^{ABCab}	79.5±5.04 ^{Aa}
70	3.52±0.06 ^{Aa}	352.14±68.76 ^{Bc}	0.888±0.043 ^{Aa}	0.606±0.113 ^{Ab}	193.76±57.63 ^{ABbc}	74.7±4.16 ^{ABab}
80	3.58±0.04 ^{Aa}	399.66±32.48 ^{ABbc}	0.867±0.039 ^{Aa}	0.633±0.103 ^{Aa}	160.78±39.98 ^{Bc}	75.2±4.29 ^{ABab}

表 6 不同醒发时间对面包品质的影响
Table 6 Effect of different wake-up time on bread quality

醒发时间(min)	比容(mL/g)	质构				感官评价(分)
		硬度(g)	弹性(mm)	粘聚性(g·sec)	咀嚼性	
60	3.40±0.07 ^{Cc}	317.51±57.25 ^{Aa}	0.885±0.038 ^{Bb}	0.584±0.053 ^{Aa}	167.73±31.08 ^{Aa}	75.4±4.53 ^{Bc}
70	3.54±0.05 ^{BCbc}	286.58±52.80 ^{ABab}	0.909±0.017 ^{ABab}	0.623±0.071 ^{Aa}	162.80±37.94 ^{Aa}	77.2±6.74 ^{ABbc}
80	3.62±0.05 ^{ABb}	252.38±18.94 ^{Bb}	0.918±0.022 ^{ABa}	0.625±0.032 ^{Aa}	144.56±26.67 ^{Aa}	81.5±4.03 ^{ABab}
90	3.74±0.07 ^{Aa}	243.31±18.06 ^{Bb}	0.921±0.028 ^{ABa}	0.631±0.087 ^{Aa}	138.77±14.36 ^{Aa}	83.4±4.30 ^{Aa}
100	3.76±0.04 ^{Aa}	240.05±43.44 ^{Bb}	0.930±0.167 ^{Aa}	0.631±0.026 ^{Aa}	138.60±18.77 ^{Ab}	79.8±3.88 ^{ABabc}

表 7 正交试验设计及结果
Table 7 Design and results of orthogonal experiment

试验号	因素				比容(mL/g)	感官评价(分)	综合评分(分)
	A荞麦苗粉添加量(%)	B酵母添加量(%)	C发酵时间(min)	D醒发时间(min)			
1	2	1.0	50	70	3.57	75.9	91.58
2	2	1.2	60	80	3.64	81.7	95.99
3	2	1.4	70	90	3.92	80.3	98.72
4	3	1.0	60	90	3.77	82.4	98.08
5	3	1.2	70	70	3.57	73.1	89.88
6	3	1.4	50	80	3.69	75	92.56
7	4	1.0	70	80	3.66	79.5	94.92
8	4	1.2	50	90	3.59	74	90.63
9	4	1.4	60	70	3.45	69.1	85.92
k ₁	95.430	94.860	91.590	89.127			
k ₂	93.507	92.167	93.330	94.490			
k ₃	90.490	92.400	94.507	95.810			
R	4.94	2.693	2.917	6.683			
因素主次					D>A>C>B		
最佳组合					A ₁ B ₁ C ₃ D ₃		

表 8 最佳工艺的验证性实验
Table 8 Validation experiments under the best processing technology

组别	因素				比容(mL/g)	感官评价(分)	综合评分(分)
	荞麦苗粉添加量(%)	酵母添加量(%)	发酵时间(min)	醒发时间(min)			
A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	2	1.0	70	90	3.72±0.02 ^{Aa}	80.5±6.16 ^{Aa}	96.29±1.05 ^{Aa}
A ₁ B ₃ C ₃ D ₃	2	1.4	70	90	3.61±0.04 ^{Ab}	75.3±6.32 ^{Aa}	91.74±3.25 ^{Aa}

著差异 ($P<0.05$), 且组合 A₁B₁C₃D₃ 比容和感官较高, 故面包的最佳工艺组合为 A₁B₁C₃D₃。

2.3 保质期实验

面包的保质期实验结果如表 9 所示。由表 9 可知, 样品在 47 °C 下的保质期为 1 d, 在 37 °C 的保质期为 2 d。应用 ASLT 法估算出面包在常温 20 °C, 湿度 60% 下的室温货架期为 6.5 d。

2.4 产品的质量指标

在最佳生产配方和工艺下, 产品的质量指标如下: 具有面团发酵和烘烤后的荞麦苗粉面包香味, 外形完整, 组织细致光滑, 松软有弹性, 气孔均一, 纹理清晰, 气孔壁细薄, 松软可口。面包比容 3.72 mL/g, 粗纤维 1.15%~1.20%, 粗蛋白 11.8%~13.1%, 弹性 0.920, 黏聚性 0.570, 硬度 338.15 g, 咀嚼性 176.61 g·s, 霉菌含量为 30 cfu/g 远小于国标 (≤ 100) (生产后第 2 d 测定), 符合 GB-T20981-2007 面包中对面包各项指标的要求及 GB 4789.15-2016 食品安全国家标准

表 9 面包样品在 37 和 47 °C 下的检测结果

Table 9 Results of bread sample test under 37 and 47 °C

保存温度(°C)	保藏时间(d)	霉菌(cfu/g)	水分含量(%)
47	1	45±13	35.10±0.58
	2	158±5(超标)	35.81±0.41
37	2	58±10	35.12±0.34
	4	189±9(超标)	34.69±0.53

食品微生物学检验 霉菌和酵母技术中 对面包中霉菌的限量要求, 面包的感官评分为 80.5 分。

3 结论

面包的最佳配方和工艺为: 以面包高筋粉为基准, 添加 2% 荞麦苗粉、16% 糖、1.0% 活性干酵母、1.6% 盐、2% 奶粉、10% 鸡蛋、水 50%, 搅拌和面 5 min 左右, 再加入 6% 起酥油, 继续和面 4 min 左右; 待面团能出筋膜状即可转入发酵室发酵, 时间为 70 min, 温度 27 °C, 湿度 85%, 取出面坯整形, 再转入醒发室完成最后醒发阶段, 时间为 90 min, 温度

37 ℃, 湿度 80%, 最后烤炉中烘烤, 温度 170/190 ℃, 时间 27 min, 待面包室温冷却到 38 ℃ 左右进行切片成片状吐司, 最后包装即成品。本研究开发的荞麦苗粉面包, 提高了面包的营养价值, 扩大了植物活性成分在膳食中的应用。

参考文献

- [1] 时政, 韩承华, 黄凯丰. 苦荞种子中硒含量的基因型差异研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 102-104.
- [2] Francis Raguindin P, Adam Itodo O, Stoyanov J, et al. A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat[J]. *Food Chemistry*, 2021, 338: 127982.
- [3] Sim U, Sung J, Lee H, et al. Effect of calcium chloride and sucrose on the composition of bioactive compounds and antioxidant activities in buckwheat sprouts[J]. *Food Chemistry*, 2020, 312: 126075.
- [4] Kalinová J P, Vrchotová N, Triska J, et al. Phenolics levels in different parts of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) achenes[J]. *Journal of Cereal Science*, 2019, 85: 243-248.
- [5] Ji X, Han L, Liu F, et al. A mini-review of isolation, chemical properties and bioactivities of polysaccharides from buckwheat (*Fagopyrum Mill*) [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 127: 204-209.
- [6] 韩淑英, 吕华, 朱丽莎, 等. 荞麦种子总黄酮降血脂、血糖及抗脂质过氧化作用的研究[J]. *中国药理学通报*, 2001, 17(6): 694-696.
- [7] Tang Y, Li T, Peng L, et al. Dose-response regulation system for improving renal injury in diabetic nephropathy by buckwheat hull flavonoids[J]. *Journal of Functional Foods*, 2019, 62: 103561.
- [8] Li P C, Piao C H, Zhang L, et al. Antidiabetic effect and mechanism of flavonoids extracted from buckwheat hulls in type 2 diabetic rats[J]. *Food Science*, 2017, 38(5): 244-250.
- [9] 刘小娜, 王兰英, 彭建霞. 荞麦黄酮对大鼠糖尿病肾病的保护作用[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2015, 21(2): 142-145.
- [10] 白静, 吕华, 韩淑英, 等. 荞麦糠皮提取物对糖尿病大鼠肾损伤的抑制作用研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(7): 276-279.
- [11] 李时珍. 本草纲目[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002.
- [12] Mansur A R, Kim K J, Kim D B, et al. Matrix solid-phase dispersion extraction method for HPLC determination of flavonoids from buckwheat sprouts[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 133: 110121.
- [13] 刘秀凤, 常学东, 蔡金星, 等. 苦荞麦苗提取物微胶囊化固体饮料的研制[J]. *河北科技师范学院学报*, 2004, 18(3): 28-31.
- [14] 周光朝. 一种黑苦荞精华含片及其加工方法: CN105394546A [P]. 2016.
- [15] 罗登林, 赵影, 徐宝成, 等. 天然菊粉对面团发酵流变学和面包品质的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(6): 26-31.
- [16] 任亚妮, 车振明, 靳学敏, 等. 应用 ASLT 法预测软面包的货架期[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(2): 156-158.
- [17] 魏超昆, 赵宇慧, 刘敦华, 等. 鸡油基起酥油对面包感官、风味及老化特性的影响[J]. *食品科学*, 2017, 38(3): 101-106.
- [18] GB/T 20981-2007 面包[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [19] 徐超宇, 马晓军. 面包改良剂对红薯面包面团流变特性的影响及改良剂的优化分析[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(19): 267-274.
- [20] 宋欢. 添加膳食纤维对面团特性及面包品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [21] 王晓艳, 王宏兹, 黄卫宁, 等. 高膳食纤维面团热机械学及面包的烘焙特性[J]. *食品科学*, 2011(13): 78-83.
- [22] 肖涛. 酶和酵母在面包制造过程中的作用研究[J]. *现代食品*, 2019, 10(20): 116-119.
- [23] 孙银凤, 徐岩, 黄卫宁, 等. 不同发酵基质的酸面团对酵母面团体系面包烘焙及老化特性的影响[J]. *食品科学*, 2015, 13: 37-42.
- [24] 张月巧, 陈龙, 卢可可, 等. 添加不同粉碎香菇粉对面团发酵特性及面包品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(2): 211-220.