

蛹虫草玉米馒头加工工艺及品质

刘莹莹¹, 李嘉豪¹, 胡燕¹, 胡舰¹, 王荣兰¹, 朱云龙^{1*}, 何志贵^{2*}

(1. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127; 2. 桂林旅游学院 休闲与健康学院, 广西 桂林 541006)

摘要:以玉米粉和蛹虫草粉作为添加物制作蛹虫草玉米馒头,并对其加工工艺和品质特性进行探究。基于单因素试验,探究玉米粉添加量、蛹虫草粉添加量、酵母添加量及水添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响,并通过响应面试验优化其加工工艺。得到蛹虫草玉米馒头的最佳工艺条件为以中筋面粉 100 g 为基准,玉米粉添加量 26 g、蛹虫草粉添加量 8 g、酵母添加量 2 g、水添加量 75 g。在此工艺下制作的蛹虫草玉米馒头表面完整光滑,结构均匀,爽口不粘牙,风味清香,感官评分为 89.35±0.23。对其理化指标进行测定,均符合国家标准。优化后的蛹虫草玉米馒头与普通小麦馒头相比,在质构特性和理化指标方面无显著性差异,风味更为独特,营养价值更高。

关键词:玉米;蛹虫草;馒头;品质特性;加工工艺

Processing Technology and Quality of *Cordyceps militaris* Corn Steamed Bread

LIU Ying-ying¹, LI Jia-hao¹, HU Yan¹, HU Jian¹, WANG Rong-lan¹, ZHU Yun-long^{1*}, HE Zhi-gui^{2*}

(1. College of Tourism and Cooking, Yangzhou University, Yangzhou 225127, Jiangsu, China; 2. College of Leisure and Health, Guilin Tourism University, Guilin 541006, Guangxi, China)

Abstract: To prepare corn steamed bread with *Cordyceps militaris* powder and corn flour as additives, and further investigate its processing technology and quality characteristics. The effects of corn flour, *C. militaris* powder, yeasts and water on the quality of corn steamed bread were investigated based on single factor tests, while the processing technology was optimized by response surface test. The processing conditions of *C. militaris* corn steamed bread were optimized as follows: 100 g medium gluten flour, 26 g corn flour, 8 g *C. militaris* powder, 2 g yeasts and 75 g water. The steamed bread made with *C. militaris* and corn using this technology had complete and smooth surface, uniform structure, refreshing taste without sticking to teeth, and a delicate flavor. The sensory score was 89.35±0.23. Moreover, the physicochemical indexes were also in line with the national standards. Compared with common wheat steamed bread, the optimized steamed bread made of *C. militaris* had no significant difference in texture characteristics and physicochemical indexes, but unique flavor and higher nutritional value.

Key words: corn; *Cordyceps militaris*; steamed bread; quality characteristic; processing technology

引文格式:

刘莹莹, 李嘉豪, 胡燕, 等. 蛹虫草玉米馒头加工工艺及品质[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(11): 175-180.

LIU Yingying, LI Jiahao, HU Yan, et al. Processing Technology and Quality of *Cordyceps militaris* Corn Steamed Bread[J]. Food Research and Development, 2023, 44(11): 175-180.

蛹虫草是一种虫草属真菌^[1],其富含氨基酸、多糖、虫草素等活性物质,具有免疫调节、抑菌消炎、保肝解毒、抗肿瘤等作用,一直以来被人们视为珍贵的滋补品^[2-4]。目前,它被广泛应用于食品、保健品、药品^[5]。玉米

富含蛋白质、维生素及多种矿物质,能够有效提高机体细胞的免疫功能、延缓衰老,也能预防并辅助治疗心脑血管疾病和癌症。它是粗粮中不可多得的佳品,经常食用有益于人体健康^[6-7]。

基金项目:广西重点研发计划(2018AB49021);四川省哲学社会科学重点研究基地-川菜发展研究中心科研项目(CC21Z17)

作者简介:刘莹莹(1999—),女(汉),在读硕士,研究方向:营养与食品卫生学、食品加工。

*通信作者:朱云龙(1962—),男(汉),教授,本科,研究方向:食品科学;何志贵(1980—),男(汉),教授,博士,研究方向:植物与功能食品。

馒头作为以小麦为基础的传统发酵食品,在中国已有两千多年的历史。将蛹虫草和玉米结合,开发一款营养馒头,不仅符合大众对健康化、营养化、多元化食品的需求,也为蛹虫草和玉米的经济价值及食用价值开发提供新的思路。本文通过试验优化蛹虫草玉米馒头的加工工艺,为其规模化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验原料

蛹虫草干制品:江门市山海堂虫草有限公司;玉米粉:江苏新禾润世家食品有限公司;小麦粉(中筋粉):益海嘉里金龙鱼粮油股份有限公司;泡打粉、干酵母:安琪酵母股份有限公司;绵白糖:南京甘汁园糖业有限公司。

1.2 主要仪器与设备

1000Y 高速多功能粉碎机:浙江省永康市铂欧五金制品有限公司;STX622ZH 电子天平:上海奥豪斯仪器有限公司;SHM02 和面机:浙江苏泊尔股份有限公司;JK-1215 奥朗达料理机:迈豹科技(深圳)有限公司;浙江苏泊尔股份有限公司;QJCK-350 恒温箱:上海倾技仪器仪表科技有限公司;SCD39-Z2M7 电蒸箱:宁波方太厨具有限公司;TMS-PRO 质构仪:美国 FTC 公司;CR-400 色差计:日本柯尼卡美能达公司;FE28 台式 pH 计:梅特勒-托利多仪器国际贸易有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

原料预处理→调制面团→面团发酵→成型→醒发→蒸制→冷却→成品。

1.3.2 操作要点

原料预处理:将蛹虫草干制品用粉碎机粉碎,然后过 140 目筛备用。

调制面团:将面粉、蛹虫草粉、泡打粉拌匀后倒入和面机,然后将干酵母和绵白糖放入(30±4)℃温水中溶解后再倒入和面机,慢速和面至成团,且表面光滑有弹性。

面团发酵:将调制好的面团放入盆中,封上保鲜膜,于恒温箱 40℃发酵 30 min。

成型:将发好的面团揉至内部气体排出且揉匀揉光,分成 60 g 的面剂,并制成大小一致的半球形生坯。

醒发:将成型的面团生坯继续放在恒温箱中发酵,30℃发酵 15 min。

蒸制:将醒发后的馒头置于 100℃的电蒸箱中蒸制 20 min。

冷却、成品:蒸制结束后静置 5 min 后再取出冷却,即为成品。

1.3.3 蛹虫草玉米馒头单因素试验

在预试验的基础上,确定蛹虫草玉米馒头基础配方为中筋面粉 100 g,玉米粉 20 g,蛹虫草粉 6 g,酵母 2 g,泡打粉 1.7 g,白糖 4 g,温水 70 g。参考文献[8-9]的方法,选定影响馒头品质的玉米粉添加量、蛹虫草粉添加量、酵母添加量、水添加量为试验因素。在配方中的其他条件不变的情况下,分别设置玉米粉添加量(10、20、30、40、50 g)、蛹虫草粉添加量(3、6、9、12、15 g)、酵母添加量(0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 g)、水添加量(60、65、70、75、80 g),评定蛹虫草玉米馒头的感官品质,并测定其质构特性。

1.3.4 蛹虫草玉米馒头响应面设计试验

基于单因素试验的结果,以玉米粉添加量、蛹虫草粉添加量、水添加量作为影响因素,以感官评分作为响应值,优化设计响应面试验。采用 Box-Behnken 试验方法,试验设计因素与水平见表 1。

表 1 响应面设计因素与水平

Table 1 Factors and levels of response surface design

水平	因素		
	A 玉米粉添加量/g	B 蛹虫草粉添加量/g	C 酵母添加量/g
-1	20	6	1.5
0	30	9	2.0
1	40	12	2.5

1.3.5 感官评价

邀请 10 位感官品评员对蛹虫草玉米馒头进行感官评定,参考文献[10]制定评分标准,评分细则如表 2 所示。

表 2 蛹虫草玉米馒头感官评分细则

Table 2 Rules for sensory score of *C. militaris* corn steamed bread

项目	感官描述	得分
外观形态 (20 分)	形态完整,表面光滑	15~20
	形态较完整,表面局部有塌陷或皱缩	8~<15
	形态不完整,表面大部分有塌陷或皱缩	0~<8
成品色泽 (10 分)	颜色均匀一致,有光泽	8~10
	颜色较均匀,无光泽	4~<8
	颜色不均,大面积发暗	0~<4
组织结构 (30 分)	内部组织均匀,呈海绵状结构,有弹性	21~30
	内部组织较均匀,呈海绵状结构,弹性较小	11~<21
	内部组织不均,没有弹性	0~<11
成品口感 (20 分)	无生感,咀嚼爽口,不粘牙,无粗糙感	15~20
	存在生感,局部粘牙,有略微粗糙感	8~<15
	大部分有生感和粗糙感,咀嚼不爽口,大部分粘牙	0~<8
成品风味 (20 分)	具有蒸制后馒头香味,蛹虫草和玉米特有的清香,无异味	15~20
	蒸制后馒头香味较淡,蛹虫草和玉米特有气味较淡或较浓,无异味	8~<15
	蒸制后馒头香味过于清淡,没有蛹虫草和玉米特有气味,有异味	0~<8

1.3.6 质构特性测定

参考文献[10-11]的方法,利用质构仪测定馒头的质构特性,将冷却后的馒头切成厚度 25 mm 的薄片,测定程序为 TPA32,采用 P25 探头对样品进行两次压缩试验。测前速率 1 mm/s,测中速率 60 mm/min,间隔时间 15 s,每次循环目标位移 20 mm,压缩程度 50%,起始力为 0.5 N。通过仪器分析,获得硬度(N)、黏附性(N·s)、内聚性、弹性(mm)、咀嚼性(N)参数,平行试验 3 次后取平均值。

1.3.7 理化指标及主要营养成分含量测定

1.3.7.1 比容测定

根据 GB/T 21118—2007《小麦粉馒头》规定的方法对馒头的比容进行测定,体积采用小米置换法测量^[12]。

1.3.7.2 色差的测定

在馒头芯部取约 0.5 cm 厚度的馒头块,使用色差计进行馒头色差的测定。平行试验 3 次,记录 L^* 、 b^* 值的平均值。

1.3.7.3 pH 值测定

参考文献[13]的方法,称取 50 g 馒头样品,将其撕碎后放入料理机中,加入 150 mL 蒸馏水(经煮沸后冷却),打成均一的糊状,用 pH 计测其 pH 值。

1.3.7.4 主要营养成分含量测定

水分、蛋白质、脂肪、灰分含量均依据 GB 5009—2016《食品安全国家标准 食品理化检验方法》中的规定进行测定^[14];膳食纤维含量参考 GB/T 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》的中性洗涤和酶解法进行测定;碳水化合物含量通过差减法计算,即碳水化合物=100-(蛋白质+脂肪+水分+灰分+膳食纤维)^[15]。

1.4 数据处理

使用 SPSS 22.0 对数据进行分析,通过 Graphpad Prism8.0 进行单因素作图,并利用 Design-Expert 8.0.6 软件对 Box-Behnken Design 响应面试验进行分析。

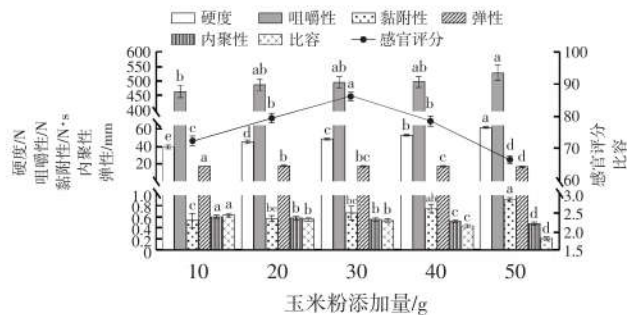
2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 玉米粉添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

玉米粉添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响见图 1。

由图 1 可知,随着玉米粉添加量的增加,馒头的硬度、咀嚼性、黏附性逐渐增大,弹性、内聚性和比容逐渐减小,其硬度和感官评分具有显著性差异($P<0.05$)。当玉米粉添加量为 30 g 时,蛹虫草玉米馒头的感官品质最好,成品外形完整,口感松软,弹性好,具有玉米特有的清香气味。玉米粉的添加会影响馒头的口感风味、组织结构和弹性。主要因玉米粉不含有面筋蛋白,缺少黏



不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

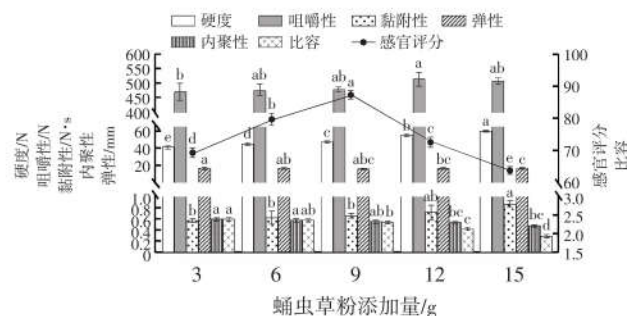
图 1 玉米粉添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

Fig.1 Effects of corn flour addition on the quality of *C. militaris* corn steamed bread

弹性而严重阻碍面团面筋网络的形成^[16],致使蒸出来的馒头体积小、弹性小、质地不均,馒头硬度和咀嚼性增加^[17]。综合考虑,选取玉米粉添加量 30 g 为下一步响应面试验的中心点。

2.1.2 蛹虫草粉添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

蛹虫草粉添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响见图 2。



不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

图 2 蛹虫草粉添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

Fig.2 Effects of *C. militaris* powder addition on the quality of *C. militaris* corn steamed bread

由图 2 可知,当蛹虫草粉添加量不超过 9 g 时,黏附性、内聚性、弹性和咀嚼性无显著差异($P>0.05$)。馒头的感官评分先上升后下降,当蛹虫草粉添加量为 9 g 时,蛹虫草玉米馒头感官评分最高。添加量超过 9 g 时,感官评分逐渐降低。一方面是因为蛹虫草粉颜色较深,添加量过多会影响成品色泽。另一方面是因为蛹虫草粉没有面筋蛋白,难以形成面筋蛋白的网络结构,致使面团的产气与持气能力降低,影响了馒头的结构和弹性,从而使馒头的感官评分降低^[18-19]。因此,选取蛹虫草粉添加量 9 g 为下一步响应面试验的中心点。

2.1.3 酵母添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

酵母添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响见图 3。

由图 3 可知,酵母添加量为 0.5 g~2.0 g 时,馒头的硬度、黏附性和咀嚼性呈现下降趋势,原因在于酵母量增多,面团的产气速率加快,面筋网络得到延展,

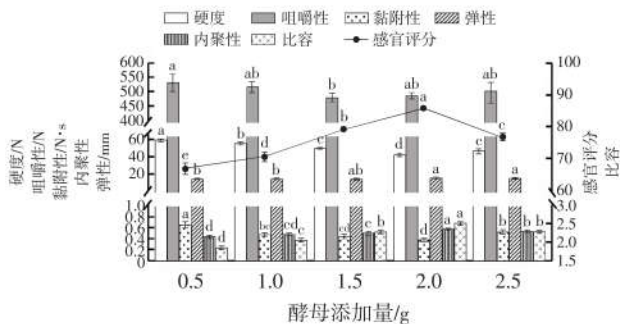


图3 酵母添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

Fig.3 Effects of yeast addition on the quality of *C. militaris* corn steamed bread

馒头体积变大,使得馒头硬度和咀嚼性逐渐减小,感官评分也逐渐增高^[20]。当酵母添加量超过2.0 g时,酵母产气量持续增加使面团发酵过度,面筋网络破裂,进而导致馒头内部组织结构变硬、黏附性和咀嚼性增加,馒头外观形态较差,弹性降低,感官评分下降^[21]。当酵母粉添加量在2.0 g时,蒸制出来的馒头感官评分较高,质构特性较好。因此,选择酵母添加量2 g为下一步响应面试验的中心点。

2.1.4 水添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

水添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响见图4。

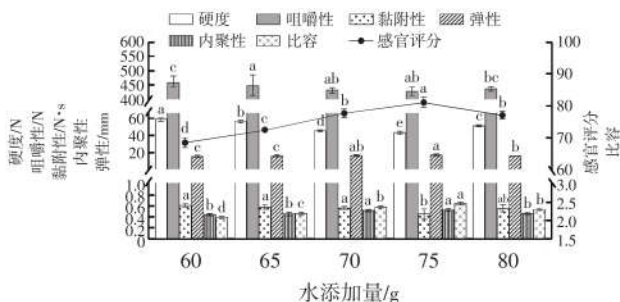


图4 水添加量对蛹虫草玉米馒头品质的影响

Fig.4 Effects of water addition on the quality of *C. militaris* corn steamed bread

由图4可知,随着水添加量的增加,馒头的硬度、黏附性、咀嚼性先降低后增加,弹性、内聚性、比容及感官评分先增加后降低。当水添加量为75 g时,馒头的硬度和咀嚼性较小、内聚性、弹性和比容较大,色泽鲜亮,内部气孔细小均匀,感官品质最好;当水添加量为60 g时,馒头的硬度、黏附性和咀嚼性最大,面团较硬,馒头体积较小,内部组织结构粗糙;当水添加量为80 g时,馒头硬度增大、黏度增加,制作过程中面困难以成型,且馒头成熟后表皮易塌陷,外观不完整,口感也较差^[22]。与图1~图3进行对比,馒头质地受水添加量影响的幅度最小,可认为其影响不如其他3个因素显著,故不将其列入响应面试验^[23]。

2.2 响应面试验结果与分析

2.2.1 试验结果

响应面设计方案及试验结果见表3。

表3 响应面设计方案及试验结果

Table 3 Scheme and results of response surface design

试验号	A 玉米粉添加量/g	B 蛹虫草粉添加量/g	C 酵母添加量/g	Y 感官评分
1	40	9	1.5	63
2	30	12	2.5	72
3	30	6	2.5	76
4	30	6	1.5	82
5	30	9	2.0	88
6	20	12	2.0	75
7	30	9	2.0	86
8	30	9	2.0	87
9	30	9	2.0	88
10	30	12	1.5	75
11	30	9	2.0	88
12	40	9	2.5	75
13	20	9	2.5	70
14	40	12	2.0	63
15	20	9	1.5	85
16	20	6	2.0	79
17	40	6	2.0	73

2.2.2 试验分析

对响应面的试验结果进行分析,回归模型的方差分析见表4。

表4 回归模型的方差分析

Table 4 Variance analysis of the regression model

来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	1107.99	9	123.11	96.29	<0.000 1	**
A	153.12	1	153.12	119.76	<0.000 1	**
B	78.12	1	78.12	61.10	0.000 1	**
C	18.00	1	18.00	14.08	0.007 1	**
AB	9.00	1	9.00	7.04	0.032 8	*
AC	182.25	1	182.25	142.54	<0.000 1	**
BC	2.25	1	2.25	1.76	0.226 3	
A ²	337.27	1	337.27	263.79	<0.000 1	**
B ²	149.06	1	149.06	116.59	<0.000 1	**
C ²	113.85	1	113.85	89.05	<0.000 1	**
残差	8.95	7	1.28			
失拟项	5.75	3	1.92	2.40	0.208 9	
纯误差	3.20	4	0.80			
总和	1116.94	16				

注:**表示差异极显著, $P<0.01$; *表示差异显著, $P<0.05$ 。

由表4可知,回归模型的F值为96.29, P 值<0.000 1,相关性极显著,且方程失拟项不显著,相关系数 $R^2=0.992 0$,说明该模型与实际结果的拟合度较高,试验可靠有效。模型中一次项A、B、C显著性较高($P<0.01$);交互项AB作用显著($P<0.05$),交互项AC影响极显著($P<0.01$),BC交互项不具有显著性($P>0.05$);A、B、C的二次项均具有极显著差异($P<0.01$)。

依据 Design-Expert 8.0.6 软件的优化处理,对馒头

的感官品质和加工工艺进行回归与拟合,所得标准方程为 $Y=87.40-4.37A-3.12B-1.50C-1.50AB+6.75AC+0.75BC-8.95A^2-5.95B^2-5.20C^2$ 。

2.2.3 交互因素对蛹虫草玉米馒头感官品质的影响

利用 Design-Expert 8.0.6 软件对数据的处理,得到响应面三维曲面图,见图 5~图 7。

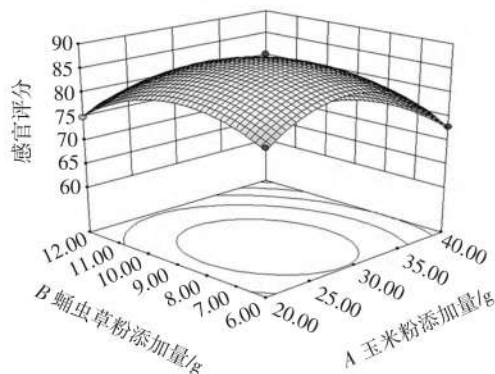


图5 玉米粉添加量和蛹虫草粉添加量对馒头感官品质的影响

Fig.5 Effects of corn flour and *C. militaris* powder addition on sensory quality of steamed bread

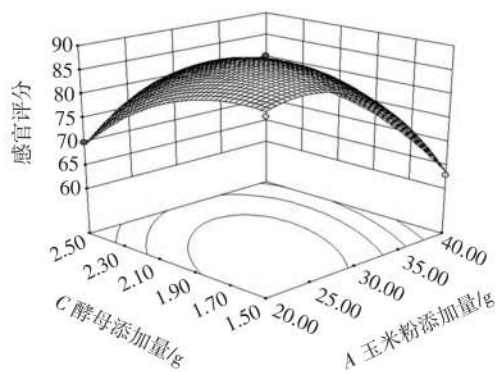


图6 玉米粉添加量和酵母添加量对馒头感官品质的影响

Fig.6 Effects of corn flour and yeast addition on sensory quality of steamed bread

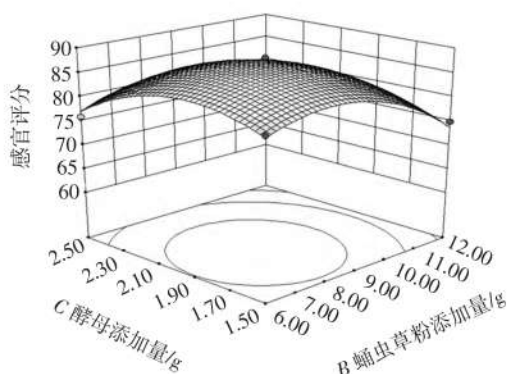


图7 蛹虫草粉添加量和酵母添加量对馒头感官品质的影响

Fig.7 Effects of *C. militaris* powder and yeast addition on sensory quality of steamed bread

由图 5~图 7 可知,交互项 BC 的响应曲面图坡度较为均匀平缓,等高线图接近圆形,说明 B 和 C 的交互作用不明显,即交互项 BC 对蛹虫草玉米馒头的感官

品质影响较小。交互项 AB、AC 响应曲面图坡度较为陡峭,等高线图呈椭圆形,表明 A 和 B、A 和 C 的交互作用更明显,对蛹虫草玉米馒头的感官品质影响较大。在一定范围内,蛹虫草粉的添加量随着玉米粉添加量的增加而增加,使得成品风味更浓,避免玉米风味过于突出。随着玉米粉添加量的增加,酵母的添加量也要增加,成品才能发酵完全,质地均匀,蓬松绵软。否则馒头体积较小,成品内部气孔小,口感较差。

2.2.4 最佳工艺结果的确定及验证

经 Design-Expert 8.0.6 软件处理可得,方程的极值为玉米粉添加量为 26.23 g、蛹虫草粉添加量为 8.28 g、酵母添加量为 1.80 g,此时的感官评分为 88.907。根据实际情况调整参数,进行试验验证。在玉米粉添加量为 26 g、蛹虫草粉添加量为 8 g、酵母添加量为 2 g 的工艺条件下,重复试验 3 次,得到蛹虫草玉米馒头的感官评分为 89.35 ± 0.23 ,与理论预测结果基本相同。

2.2.5 理化指标及主要营养成分含量测定结果

2.2.5.1 理化指标测定结果

蛹虫草玉米馒头和普通小麦馒头的理化指标测定结果见表 5。

表5 馒头的理化指标测定结果

Table 5 Determination result of physicochemical indexes of steamed bread

组别	质构特性			色度值		pH 值	比容/(mL/g)
	硬度/N	弹性/mm	内聚性	L*	b*		
普通小麦馒头	42.34±0.30	17.82±0.15	0.59±0.01	82.67±0.61	17.24±0.11	5.65±0.16	2.40±0.02
蛹虫草玉米馒头	43.84±0.68	17.63±0.29	0.57±0.02	68.21±0.68	47.63±0.29	5.83±0.16	2.37±0.03

由表 5 可知,普通小麦馒头与蛹虫草玉米馒头在以上理化指标方面无显著性差异。虽然蛹虫草玉米馒头的 L* 值低于普通小麦馒头,但其色泽亮度仍在可接受范围内,且颜色偏黄。蛹虫草玉米馒头的比容和 pH 值均符合国家标准 GB/T 21118—2007《小麦粉馒头》对小麦粉馒头的要求,也说明成品馒头的松软程度较好,此工艺具有可操作性。

2.2.5.2 主要营养成分含量测定结果

蛹虫草玉米馒头和普通小麦馒头的主要营养成分含量测定结果见表 6。

表6 馒头主要营养成分含量测定结果

Table 6 Determination result of major nutritional ingredients in steamed bread

样品	水分/g	蛋白质/g	脂肪/g	灰分/g	膳食纤维/g	碳水化合物/g
普通小麦馒头	44.48±0.21	7.53±0.04	1.04±0.02	0.25±0.00	1.38±0.02	45.33±0.24
蛹虫草玉米馒头	42.47±0.19	9.15±0.02	1.92±0.04	0.68±0.00	2.82±0.05	42.95±0.14

根据表6可知,蛹虫草玉米馒头的水分含量为42.47%,小于45.0%,符合国家标准GB/T 21118—2007《小麦粉馒头》要求。且相比于普通小麦馒头,蛹虫草玉米馒头的蛋白质、脂肪和膳食纤维的含量更加丰富,馒头的营养价值更高。

3 结论

通过单因素试验和响应面试验,得到影响蛹虫草玉米馒头感官品质的因素顺序依次为玉米粉添加量>蛹虫草粉添加量>酵母添加量。其最佳工艺配方为中筋面粉100 g、玉米粉26 g、蛹虫草粉8 g、酵母2 g、泡打粉1.7 g、白糖4 g、水75 g。制得的成品形态完整,表面光洁,色泽明亮,内部气孔均匀,风味清香,爽口不粘牙。蛹虫草玉米馒头的开发不仅丰富了馒头的种类,也提高了馒头的营养价值,为菌菇在主食方面的应用提供新的思路和方法。

参考文献:

- [1] ZHAO K, LI Y J, ZHANG H. Role of Dongchongxiacao (*Cordyceps*) in prevention of contrast-induced nephropathy in patients with stable angina pectoris[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2013, 33(3): 283–286.
- [2] WU W T, HSU T H, LO H C. Antihyperglycemic and antioxidant activities of submerged culture mycelia and broth of caterpillar mushroom *Cordyceps militaris* (ascomycetes) in diabetic rats[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2021, 23(1): 67–77.
- [3] 许玉君, 刘星含, 厉怡, 等. 蛹虫草菌粉胶囊抑制肺部炎症及缓解肺纤维化的研究[J]. 菌物学报, 2021, 40(7): 1820–1832.
- [4] YU J, LIU X, LI Y, et al. *Cordyceps militaris* capsules inhibit pulmonary inflammation and relieve pulmonary fibrosis[J]. Mycosystema, 2021, 40(7): 1820–1832.
- [5] YOON S Y, PARK S J, PARK Y J. The anticancer properties of cordycepin and their underlying mechanisms[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2018, 19(10): 3027.
- [6] LI Y Y, YANG H D, YANG H L, et al. Assessment of drying methods on the physicochemical property and antioxidant activity of *Cordyceps militaris*[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2019, 13(1): 513–520.
- [7] CUTULLE M A, ARMEL G R, KOPSELL D A, et al. Several pesticides influence the nutritional content of sweet corn[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(12): 3086–3092.
- [8] SONG J F, CHEN J Q, LI D J, et al. Thermal isomerization and degradation behaviours of carotenoids in simulated sweet corn juice[J]. Food and Bioprocess Technology, 2018, 11(4): 836–844.
- [9] 王腾飞, 冯越, 霍梅俊, 等. 南瓜馒头加工工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(11): 36–39.
- [10] WANG Tengfei, FENG Yue, HUO Meijun, et al. Research on processing technology of pumpkin steamed buns[J]. Cereals & Oils, 2020, 33(11): 36–39.
- [11] 孙莹, 王立强, 江连洲, 等. 发芽糙米馒头的工艺优化研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(21): 74–80.
- [12] SUN Ying, WANG Liqiang, JIANG Lianzhou, et al. Optimization of technology germinated brown rice steamed bread[J]. Food Research and Development, 2021, 42(21): 74–80.
- [13] 付丽红, 刘璐婕, 张茹, 等. 小米混合面团特性及馒头制作工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(20): 63–70.
- [14] FU Lihong, LIU Lujie, ZHANG Ru, et al. Characteristics of millet mixed dough and processing technique for producing steamed bread[J]. Food Research and Development, 2021, 42(20): 63–70.
- [15] 吕萍, 王凤成, 郭大江, 等. 不同种类馒头的软硬度及其测试研究[J]. 现代面粉工业, 2011, 25(4): 30–35.
- [16] LÜ Ping, WANG Fengcheng, WU Dajiang, et al. Study on hardness and hardness of different kinds of steamed bread and its test[J]. Modern Flour Milling Industry, 2011, 25(4): 30–35.
- [17] 武建峰, 吴瑞阁, 刘洋, 等. 馒头和面包的比容测定方法探讨[J]. 粮食科技与经济, 2019, 44(2): 46–48.
- [18] WU Jianfeng, WU Ruige, LIU Yang, et al. Discussion on the method of measuring the specific volume of steamed bread and bread[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2019, 44(2): 46–48.
- [19] 赵玲玲, 王文亮, 王月明, 等. 香菇超微全粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(3): 36–40.
- [20] ZHAO Lingling, WANG Wenliang, WANG Yueying, et al. Effect of superfine whole lentinus edodes powder on properties of dough and quality of steamed bread[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2018, 26(3): 36–40.
- [21] 张巧仙. 响应面法优化红枣沙棘馒头的加工工艺[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(8): 237–244.
- [22] ZHANG Qiaoxian. Optimization of red date and sea-buckthorn steamed bread by response surface methodology[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(8): 237–244.
- [23] 张爱霞, 张佳丽, 赵巍, 等. 复配杂粮馒头营养分析及稳定人体血糖效果研究[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(5): 23–28, 87.
- [24] ZHANG Aixia, ZHANG Jiali, ZHAO Wei, et al. Analysis of nutrition and blood glucose stability in Chinese people of steamed bread with compound flours[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(5): 23–28, 87.
- [25] 冯世德, 孙太凡. 玉米粉对小麦面团和馒头质构特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(1): 101–104.
- [26] FENG Shide, SUN Taifan. Effect of corn flour on textural properties of wheat dough and Chinese steamed bread[J]. Food Science, 2013, 34(1): 101–104.
- [27] LI S H, ZHAO W, LI P L, et al. Effects of different cultivars and particle sizes of non-degermed millet flour fractions on the physical and texture properties of Chinese steamed bread[J]. Cereal Chemistry, 2020, 97(3): 661–669.
- [28] 王慧, 王鑫. 茶树菇粉馒头的加工工艺研究[J]. 食用菌, 2021, 43(5): 69–72.
- [29] WANG Hui, WANG Xin. Study on processing technology of steamed bun with *Agrocybe cylindracea* powder[J]. Edible Fungi, 2021, 43(5): 69–72.
- [30] MONTHE O C, GROSMIRE L, NGUIMBOU R M, et al. Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours[J]. LWT—Food Science and Technology, 2019, 101: 575–582.
- [31] 张康逸, 王慧洁, 张国治, 等. 甜玉米馒头的加工工艺优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 209–217, 156.
- [32] ZHANG Kangyi, WANG Huijie, ZHANG Guozhi, et al. Optimization of processing technology of sweet corn buns[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 209–217, 156.
- [33] 李少辉, 赵巍, 张爱霞, 等. 响应面优化小米馒头工艺及品质特性相关分析[J]. 食品科技, 2020, 45(10): 162–168.
- [34] LI Shaohui, ZHAO Wei, ZHANG Aixia, et al. Optimization of millet steamed bread processing by response surface method and its quality characteristics correlation analysis[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(10): 162–168.
- [35] 吕常旭, 李颖, 贺金涛, 等. 豌豆蛋白粉馒头加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(14): 142–146.
- [36] LÜ Changxu, LI Ying, HE Jintao, et al. Study on processing technology of pea protein powder steamed bread[J]. Food Research and Development, 2020, 41(14): 142–146.
- [37] 胡舰, 朱正洁, 梁潇滢, 等. 无花果沙棘复合果醋发酵工艺优化[J]. 中国调味品, 2021, 46(8): 127–131, 136.
- [38] HU Jian, ZHU Zhengjie, LIANG Xiaoying, et al. Optimization of fermentation technology of fig and sea-buckthorn compound fruit vinegar[J]. China Condiment, 2021, 46(8): 127–131, 136.