

# 响应面法优化大麦苗面包的加工工艺

侯贺丽, 黄卉卉, 耿书宝, 施丽丽, 朱静\*

(信阳农林学院 食品学院, 河南 信阳 464000)

**摘要:** 为了提高面包的营养价值和应用价值, 本试验以大麦苗为主要原料, 结合高筋粉制作混合粉, 以感官、比容、膳食纤维和蛋白质含量为主要评价指标, 以大麦苗粉、酵母、发酵时间、烘烤温度和烘烤时间为单因素变量, 综合选取最佳单因素添加量。进而采用响应面法分析大麦苗粉对面包品质的影响, 最终得到大麦苗面包的最佳工艺配方。试验结果表明: 以高筋面粉 100 g 为基准, 大麦苗粉添加量 3.00 g, 酵母的添加量 1.50 g, 发酵时间 95 min, 烘烤温度 180℃, 烘烤时间 23 min, 面包比容为 4.37 mL/g, 蛋白质含量和膳食纤维含量分别为 12.29 g/100g 和 3.33 g/100g, 比普通对照面包分别高出 9.91% 和 22.4%, 面包口感松软, 内部组织细腻有弹性, 具有大麦苗的清香, 符合当代人的健康需求。

**关键词:** 大麦苗粉; 响应面法; 工艺优化; 面包; 品质分析

**中图分类号:** TS213.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-8978(2022)02-0108-07

大麦是我国重要的粮食来源之一, 主要产地是长江流域、黄河流域和青藏高原<sup>[1]</sup>。大麦中富含蛋白质、膳食纤维、矿物质、氨基酸、抗氧化酶、维生素、叶绿素等多种成分, 其中蛋白质含量高达 28.2 g/100 g<sup>[2]</sup>, 能够增强体质、加快伤口愈合速度, 优化机体; 大麦苗中膳食纤维含量为 45 g/100 g, 高于其它普通果蔬的几十倍, 具有润肠通便、预防便秘, 减肥美容的作用<sup>[3-4]</sup>。除此以外, 大麦苗还有助于改善睡眠质量, 提高记忆力, 缓解疲劳, 解毒抗癌、抗氧化、抗炎症等功效<sup>[5-7]</sup>。随着对大麦苗的营养价值和药用价值研究的深入, 其功效渐渐为大众所知。

利用大麦苗粉制作相关的食品也越发常见, 市场现有的产品有大麦苗蛋糕、大麦苗馒头、大麦苗饼干、大麦苗面条、大麦苗酸奶、大麦苗茶以及大麦苗布丁等<sup>[8-11]</sup>, 不同程度地提升了产品中的膳食纤维、矿物质等营养成分, 同时改善了产品的色泽和品质。这些食品符合人们对于营养健康食品的消费需求, 很受人们喜爱, 具有良好的发展前景。目前, 有关大麦苗面包的研究较少。

本试验以大麦苗为主要原料, 通过单因素试验和响应面法对大麦苗面包的加工工艺进行优化, 对比不同条件下大麦苗粉的品质, 最终得出大麦苗面包的最佳工艺。本试验方法能生产出营养更加丰富、风味独特、质地柔软大麦苗面包, 不仅丰富了面包的种类, 也为以后的大麦苗的开发利用提供一定参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

富强高筋小麦粉, 廊坊金沙河面业有限公司; 大麦苗粉, 亳州鸿硕生物科技有限公司; 全脂甜奶粉, 多美滋婴幼儿食品有限公司; 黄油, 欧洲妙可蓝多; 安琪高活性干酵母, 安琪酵母股份有限公司; 精纯碘盐, 孝感广盐华源制盐有限公司; 白砂糖, 杭州卓达食品有限公司; 鸡蛋购于超市。

### 1.2 仪器与设备

XYF-3D 力嘉电热烤箱, 广州市番禺区石楼盛世食品机械厂; ST-04 凯氏定氮仪, 山东盛泰仪器有

收稿日期: 2021-12-01

基金项目: 信阳农林学院青年教师科研基金资助项目(2018LG002, 2019LG009); 2019 年度河南省高等学校青年骨干教师培养计划项目(2019GGJS264); 河南省留学人员科研择优资助项目; 河南省高等学校重点科研项目(21B210008)。

作者简介: 侯贺丽(1988—), 女, 河南驻马店人, 助教, 研究方向: 功能食品加工及活性成分分析。

\* 通信作者: 朱静(1983—), 女, 陕西西安人, 副教授, 博士, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: 250665021@qq.com。

限公司;ST-08C 数显消化炉,山东盛泰仪器有限公司;F30420210 膳食纤维测定仪,意大利 VELP 公司;TMS-PRO 美国 FTC 质构仪,北京盈盛恒泰科技有限责任公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 大麦苗面包的制作工艺流程 参考尤香玲等<sup>[12]</sup>甜面包的加工工艺流程,具体如下:

原辅料预处理→称量→面团的搅拌→发酵→整形排气制作→醒发→烘烤→面包的冷却与包装。

操作要点如下:

(1)原料预处理:将高筋面粉、大麦苗粉称量后过 80 目筛,再加入白砂糖、酵母等辅料,混合均匀。

(2)面团的搅拌:将干性原辅料混合、搅拌均匀,再加入鸡蛋和水,高速搅拌直至形成面筋,最后加入黄油继续搅拌至面筋伸展完全。

(3)醒发:将搅拌好的面团放入温度为 30℃,湿度为 80%的发酵箱里,醒发 60 min。

(4)整形:取出发酵好的面团,用擀面杖排出面团中的气泡,分成等份,整形。

(5)二次醒发:将整形后的面包胚放入模具,放入温度为 30℃,湿度为 80%的发酵箱里,再次醒发 30 min。

(6)烘焙:在面包胚表面刷一层蛋液,放入烤箱,上下火温度设置 180℃,烘烤时间 15 min<sup>[13]</sup>。

1.3.2 基础配方 高筋面粉 95.00 g、大麦苗粉 5.00 g、奶粉 4.00 g、糖 20.00 g、盐 1.00 g、鸡蛋 15.00 g、酵母 1.50 g、黄油 10.00 g、温水 50.00 g。

1.3.3 单因素试验 以 100 g 高筋面粉为基础,结合大麦苗面包的感官评分、面包比容、蛋白质含量和膳食纤维含量为评价指标,评价大麦苗粉添加量、酵母添加量、面团发酵时间、面包烘烤温度与烘烤时间五个单因素对大麦苗面包品质的影响。大麦苗粉的添加量:2.00、3.00、4.00、5.00、6.00 g;酵母的添加量:0.50、1.00、1.50、2.00、2.50 g;面团发酵时间:40、60、80、100、120 min;面包烘烤温度:160、170、180、190、200℃;面包的烘烤时间:10、15、20、25、30 min。

1.3.4 响应面试验 为优化大麦苗面包的加工工艺,在单因素试验设计的基础上,以大麦苗面包的感官评分、面包比容、蛋白质含量与膳食纤维含量为响应值,通过对单因素结果的比较分析,选取对大麦苗面包感官品质影响较大的三个因素三个水平作为响应区域,使用 Box-behnken 模型设计方法进行实验<sup>[14]</sup>。响应面设计因素水平如表 1 所示。

表 1 响应面试验因素与水平设计

水平	因素		
	A 大麦苗粉添加量/g	B 发酵时间/min	C 烘烤时间/min
-1	2.00	60	15
0	3.00	80	20
1	4.00	100	25

1.3.5 大麦苗面包的品质指标测定

1.3.5.1 感官评价 参照 GB/T 20981—2021 面包质量通则中的面包评分要求制作感官评分表,对面包的滋味与口感、表面色泽、组织结构、形态以及杂质等指标进行感官评鉴,评分标准见表 2。

1.3.5.2 面包指标测定 大麦苗面包中蛋白质的含量测定(按照 GB 5009.5—2016 中的凯氏定氮法测定),膳食纤维含量(按照 GB 5009.88—2014 中的酶重量法测定);比容(按照 GB/T 20981—2007 测定)。测定面包的理化指标的酸价、过氧化值(按照 GB 5099—2016 进行测定)。卫生指标测定包括菌落总数测定(按照 GB 4789.2—2016),大肠菌群测定采用大肠菌群平板计数法(按照 GB 4789.3—2016 中第二法),霉菌测定(按照 GB 4789.5—2016)。

1.4 数据处理

采用 Design-Expert 8.0.6 Trial 和 SPSS 软件进行数据处理和分析。

表 2 大麦苗面包感官评价表

评分项目	评分标准
外观形态 (20 分)	形态完整、表面光洁有弹性、无开裂:14~20 分 比较完整、表面较光洁且有弹性、无明显开裂:9~13 分 较少缺损、断裂或有明显开裂:0~8 分
色泽气味 (20 分)	表面浅绿色,颜色分布均匀,无烤焦现象,有麦苗粉清香和面包香味:14~20 分 表面呈绿色或浅绿色,颜色相对均匀,有轻微烤焦现象:9~13 分 颜色接近深绿,部分分布不均匀,较多烤焦:0~8 分
组织结构 (20 分)	内部组织细腻有弹性,气孔均匀无大气泡,切片纹理清晰且不断裂:14~20 分 组织细腻,弹性稍差,气孔分布均匀,切片和纹理分析较好:9~13 分 内部组织较硬,弹性较差,气孔分布不均匀:0~8 分
口感滋味 (30 分)	柔软度、甜度可口,软绵可口,无粘牙现象:23~30 分 柔软度适中,软绵可口,轻微粘牙现象:14~22 分 柔软度稍差,过甜或过淡,口感尚可,有较严重的粘牙现象:0~13 分 无任何可见杂质异物:8~10
异物杂质 (10 分)	有杂质,但几乎可以忽略不计:5~7 分 有较多杂质:0~4 分

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 大麦苗粉的添加量对大麦苗面包品质的影响 试验结果见图 1。由图 1 可知,随着大麦苗粉的添加量增多,其蛋白质和膳食纤维含量也逐渐增加,面包比容和感官评分先上升后下降。当大麦苗粉的添加量为 3.00 g 时感官评分最高,此时的大麦苗面包表面呈现均匀的浅绿色,内部组织细腻,气孔分布均匀,软绵可口。当大麦苗粉添加量过多时,面包比容持续下降,主要是因为大麦苗里的膳食纤维会破坏面团中的面筋蛋白,导致面包的硬度增加,弹性与比容变小,感官评分下降<sup>[15]</sup>,且大麦苗气味过重,影响面包的口感。综上所述,大麦苗粉最佳添加量为 3.00 g。

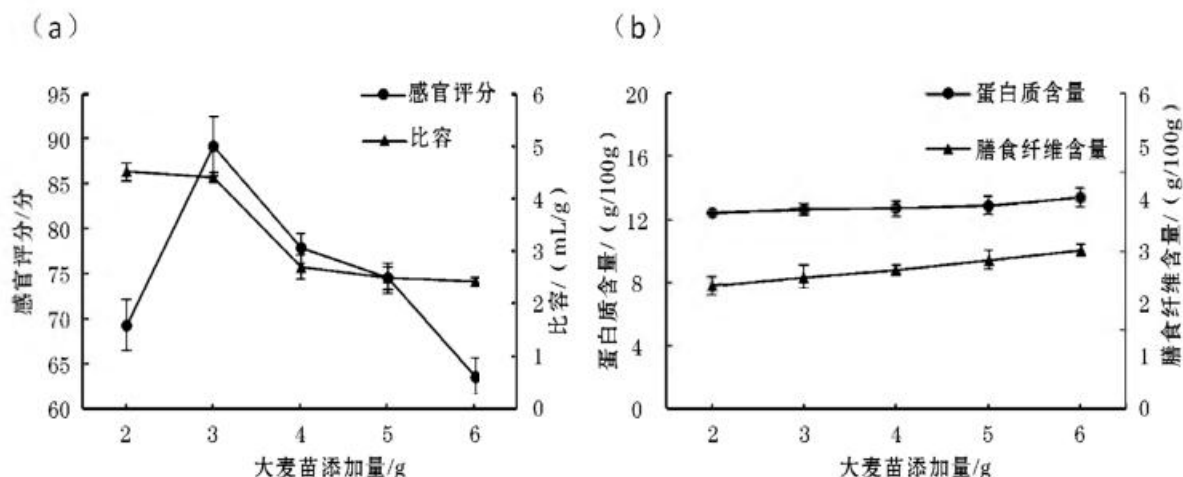


图 1 大麦苗粉添加量对面包品质的影响

2.1.2 酵母添加量对大麦苗面包品质的影响 由图 2 可知,随着酵母添加量的增加,大麦苗面包的感官评分先上升后降低,比容随着酵母量的添加持续增加,速度先快后慢,蛋白质含量和膳食纤维含量无明显变化。当酵母量为 1.50 g 时,大麦苗面包的感官评分最高,此时面包组织均匀,口感细腻可口,有浅淡的大麦苗粉清香混合着面包发酵后的香甜。当酵母添加过少时,大麦苗面包组织结构与弹性较差,主要是因为没发酵完全,酵母产生的  $\text{CO}_2$  气体较少,无法使面团膨胀充分,导致面包体积较小,口感较硬。酵母添加过量时,面团过度膨胀,使其口感粗糙,组织弹性降低,酸味加重。因此,酵母最佳添加量为 1.50 g。

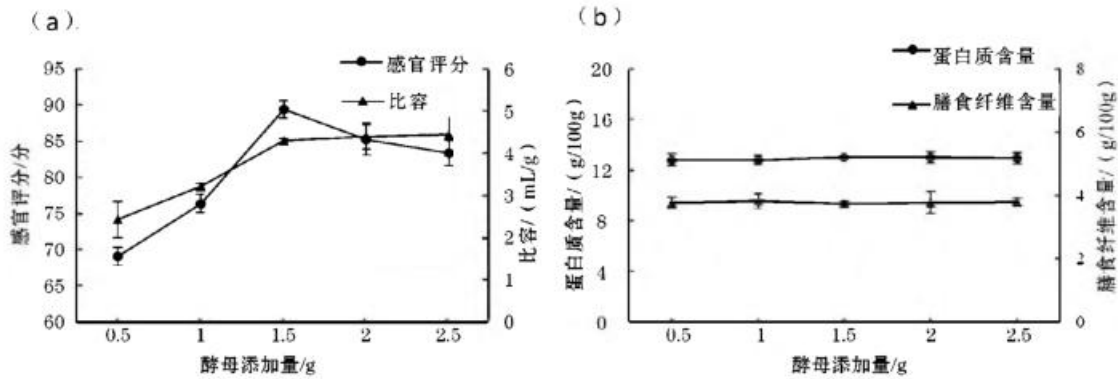


图2 酵母添加量对面包品质的影响

2.1.3 发酵时间对大麦苗面包品质的影响 由图3可知,面团发酵时间对大麦苗面包的体积、口感和组织结构等有明显影响,感官评分变化明显,面包比容以先快后慢的速度持续增长;但对蛋白质含量和膳食纤维含量的影响不明显。当发酵时间为80 min时,大麦苗面包的感官评分最高,此时面包表面完整,颜色分布均匀,组织细腻且柔软可口,有大麦苗的清香。当发酵时间过短时,面包内部气孔会比较小,弹性较差,口感较硬。当发酵时间大于80 min时,面包的酸味增加,气孔较大,分布不均匀,组织弹性受到影响。综上所述,大麦苗面包的最佳发酵时间为80 min。

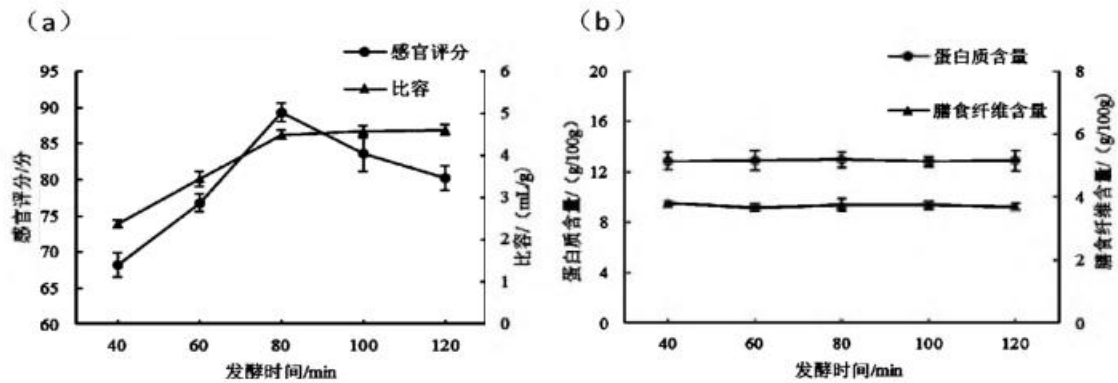


图3 发酵时间对面包品质的影响

2.1.4 烘烤温度对大麦苗面包品质的影响 由图4可知,烘烤温度对大麦苗面包的感官评分影响较大,对蛋白质含量和膳食纤维含量无太大影响,面包比容随着温度的上升先上升后下降,但幅度较小。烘烤温度主要对大麦苗面包的外形颜色影响明显,温度160℃~180℃,感官评分增加缓慢。温度低时大麦苗面包表皮颜色浅,内部组织由于温度较低而不易成熟,容易发粘;温度在180℃时,大麦苗面包感官评分最高,外观最佳,组织细腻。当大麦苗面包的温度继续升高时,感官评分下降,原因是过高的温度,使面包表面焦黄干裂,内部水分蒸发较快,面包整体变硬,口感降低。综合分析,大麦苗面包的烘烤温度在180℃时品质最佳。

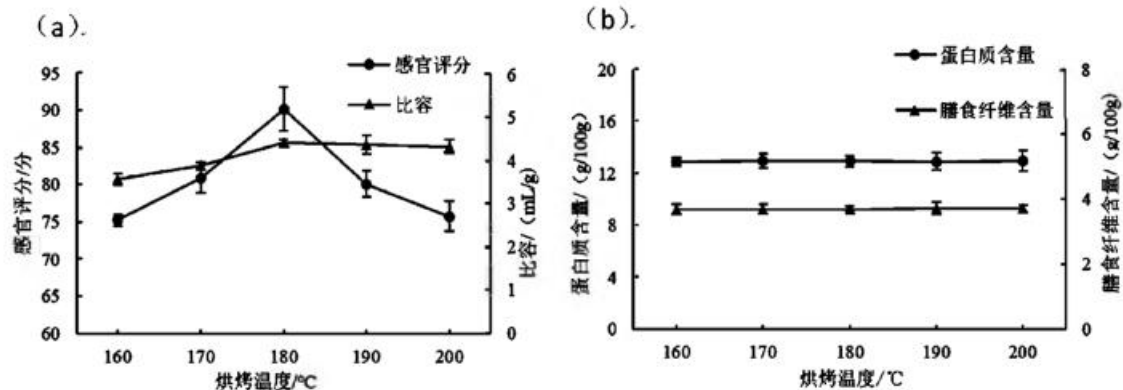


图4 烘烤温度对面包品质的影响

2.1.5 烘烤时间对大麦苗面包品质的影响 由图5可知,烘烤时间对大麦苗面包品质的影响较大,面包比

容先升高后降低,但对蛋白含量和膳食纤维含量没有较大影响。当烘烤时间为 20 min 时,面包的感官评分达到最高,此时面包形态完整无开裂,颜色浅绿,分布均匀,组织松软,口感细腻有弹性,有大麦苗粉的清香与面包的香甜。当烘烤时间过短时,其内部组织没有完全烤熟,会出现湿软粘牙现象,影响口感。当烘烤时间过长,面包表面颜色过深、表皮开裂,口感较硬。综上分析,大麦苗面包最佳烘烤时间为 20 min。

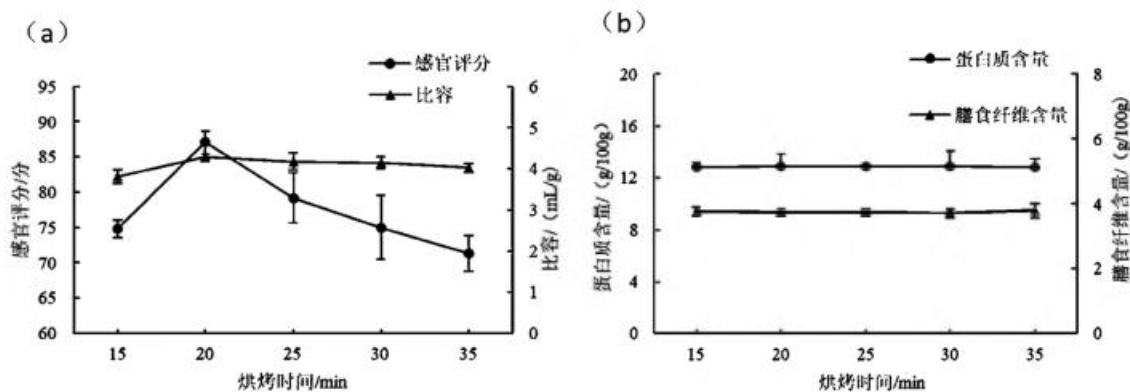


图 5 烘烤时间对面包品质的影响

## 2.2 响应面试验设计结果与分析

2.2.1 响应面试验设计及结果 由单因素结果可知,大麦苗粉添加量、发酵时间和烘烤时间对大麦苗面包品质的影响较大,酵母添加量与烘烤温度对面包品质的影响没有其它三个单因素明显,故选取大麦苗粉添加量、发酵时间和烘烤时间作为响应面的三水平。在暂定的四个响应值中,大麦苗面包的感官评分相对面包比容、蛋白质含量与膳食纤维含量的影响变化更加明显,所以选取大麦苗面包的感官评分作为响应值,采用 Design-Expert 软件对响应面结果数据进行分析,大麦苗面包的具体感官评分数据见表 4。

表 4 响应面试验设计及结果

序号	因素			感官评分
	A 大麦苗粉添加量	B 发酵时间	C 烘烤时间	
1	-1	-1	0	75.8 ± 3.33
2	1	-1	0	80.3 ± 3.13
3	-1	1	0	79.4 ± 4.86
4	1	1	0	83.6 ± 3.34
5	-1	0	-1	66.6 ± 3.98
6	1	0	-1	70.6 ± 4.45
7	-1	0	1	79.0 ± 4.08
8	1	0	1	82.0 ± 4.06
9	0	-1	-1	70.0 ± 3.43
10	0	1	-1	72.3 ± 6.67
11	0	-1	1	81.3 ± 2.41
12	0	1	1	83.7 ± 3.27
13	0	0	0	88.3 ± 3.33
14	0	0	0	88.5 ± 2.88
15	0	0	0	88.4 ± 2.89
16	0	0	0	89.2 ± 3.26
17	0	0	0	87.4 ± 3.98

2.2.2 回归模型拟合及方差分析 对表 4 得出的数据进行二次多项式回归拟合,可得到这样一个预测模型:  $Y=88.36+1.96A+1.45B+5.81C-0.075AB-0.25AC+0.025BC-5.43A^2-3.16B^2-8.38C^2$ 。

根据表 5 分析可知,由回归方差分析模型显著性,因  $P<0.0001$ ,达到极其显著,所以判定该模型为显著性,且失拟项不显著,为 0.5144。该模型  $R^2=0.9967$ ,  $R^2 \text{ Adj}=0.9923$ ,所以该模型与实际试验有很好的拟合性,设计可行。自变量和指标之间的线性关系显著,该模型可以用于准确分析与预测大麦苗面包配方的感官评分。影响大麦苗面包感官评分各个因素中,其作用大小依次为烘烤时间(C)>大麦苗粉添加量(A)>发酵时间(B)。



表5 回归方程方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P	显著性
模型	824.56	9	91.62	231.57	<0.0001	**
A	30.81	1	30.81	77.88	<0.0001	**
B	16.82	1	16.82	42.51	0.0003	**
C	270.28	1	270.28	683.14	<0.0001	**
AB	0.02	1	0.02	0.06	0.8183	
AC	0.25	1	0.25	0.63	0.4528	
BC	0.0025	1	0.0025	0.0063	0.9389	
A <sup>2</sup>	124.15	1	124.15	313.79	<0.0001	**
B <sup>2</sup>	41.91	1	41.91	105.93	<0.0001	**
C <sup>2</sup>	295.68	1	295.68	747.34	<0.0001	**
残差	2.77	7	0.40			
失拟项	1.12	3	0.37	0.90	0.5144	
纯误差	1.65	4	0.41			
合计	827.33	16				

注:\*\*表示极显著 $P<0.01$ ,其中 $R^2=0.9967$ , $R^2\text{Adj}=0.9923$ 。

2.2.3 响应面交互作用分析 根据回归模型的方差分析,使用 Design-Expert 软件绘制出大麦苗粉添加量(A)、发酵时间(B)和烘烤时间(C)对大麦苗面包感官评分影响的响应面图与等高线图,见图6-8。

由图6知,大麦苗粉添加量和发酵时间对面包的感官评分影响明显,但两者的交互作用等高线接近于圆形,其交互作用不显著。再根据等高线疏密程度可以判断,大麦苗面包感官评分的影响顺序为 $A>B$ 。

由图7知,感官评分受到大麦苗粉添加量和烘烤时间的影响较大,先升高后降低,两者相互作用的等高线为椭圆形,为交互作用显著。根据等高线疏密程度判断大麦苗面包感官评分的影响程度为 $C>A$ 。

由图8知,大麦苗面包的感官评分受到烘烤时间和发酵时间的影响,两者相互作用的等高线为椭圆形,判定其交互作用显著。由等高线疏密程度判断大麦苗面包感官评分的影响顺序为 $C>B$ 。

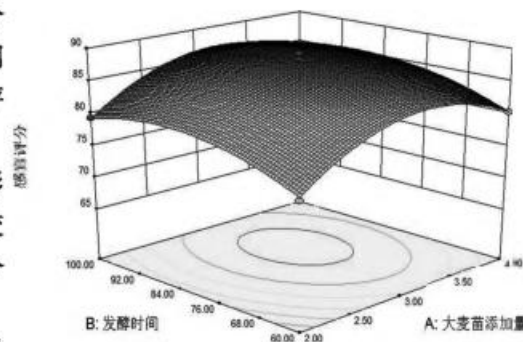


图6 大麦苗粉添加量和发酵时间对面包感官评分的响应面图

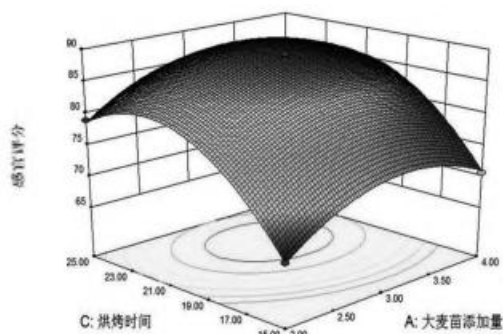


图7 大麦苗粉添加量和烘烤时间对面包感官评分的响应面图

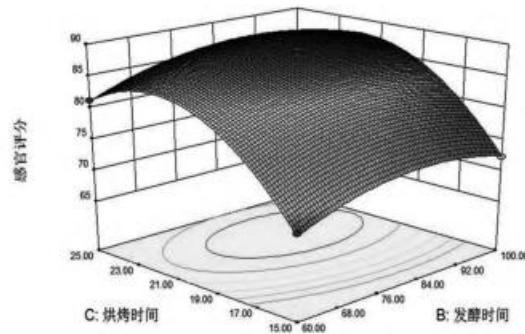


图8 发酵时间和烘烤时间对面包感官评分的响应面图

根据本次的响应面实验,使用 Design-Expert 软件进行大麦苗面包工艺的优化分析,得出理论最佳工艺为:大麦苗粉添加量 3.00 g,发酵时间 95.49 min,烘烤时间 22.97 min,感官评分为 88.0951 分。考虑实际情况,经调整将工艺参数设定为:大麦苗粉添加量 3.00 g,发酵时间 95 min,烘烤时间 23 min。用此工艺参数进行验证试验,重复试验 3 次,取平均感官评分为 87.60 分,发现实际与理论值接近,说明该数学模型可靠,可用于大麦苗面包最佳工艺的预测,本次试验成立。

### 2.3 大麦苗面包的品质测定

2.3.1 营养指标 以感官评分为响应值优化得出的最佳配方与普通面包(不添加大麦苗粉的面包)的营养

指标对比,见表6。本文研制面包中蛋白质比普通面包高9.91%,膳食纤维含量比普通面包高22.4%,比容较普通面包低,但此条件下的大麦苗面包组织均匀,富有弹性,且具有大麦苗清香,营养也更加丰富。

表6 大麦苗面包与普通面包营养对比结果

测定项目	蛋白质含量/ $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$	膳食纤维含量/ $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$	感官评分/分	比容/ $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$
大麦苗面包	$12.31 \pm 0.06$	$3.33 \pm 0.05$	$87.60 \pm 2.08$	$4.37 \pm 0.02$
普通面包	$11.20 \pm 0.04$	$2.72 \pm 0.03$	$82.00 \pm 2.00$	$4.39 \pm 0.03$

2.3.2 卫生指标 利用最佳工艺参数制得的面包卫生指标检测见表7。

表7 麦苗面包卫生指标检测

测定项目	过氧化值/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	酸价/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	菌落总/ $\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$	霉菌/ $\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$	大肠菌/ $\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$
大麦苗面包	0.12	1.09	380	8	0
标准	$\leq 0.25$	$\leq 5$	$\leq 10000$	$\leq 150$	$\leq 10$

由表7可知,该面包的卫生指标均符合国标限值范围。

### 3 结论

本文通过单因素试验分析,确定对大麦苗面包品质影响最大的三个因素:大麦苗粉添加量、发酵时间、烘烤时间;再结合响应面分析法对大麦苗面包的工艺进行优化,得到最佳工艺为:大麦苗粉添加量3.00g,发酵时间95min,烘烤时间为23min。在最优工艺下面包的比容为4.37mL/g,蛋白含量为12.31g/100g,膳食纤维含量为3.33g/100g,感官评分为87.6分。蛋白质含量高出普通对照面包9.91%,膳食纤维高出普通对照面包22.4%。该条件下生产出来的面包形态完整,表面呈浅绿色,内部组织细腻有弹性,气孔均匀,松软可口,拥有面包发酵后香甜与大麦苗粉的清香。大麦苗面包比普通面包营养价值更加丰富,且口感较好,更符合当代人的健康需求,相信将会有十分广阔的前景。

### 参考文献:

- [1] 张琳. 中国大麦供给需求研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [2] 李鹭, 李平, 王志才. 大麦苗粉的制粉工艺优化及护色工艺[J]. 农产品加工(学刊), 2013(4): 38-41.
- [3] 段琼辉, 李永, 葛竹兴, 等. 大麦苗粉营养成分分析及评价[J]. 现代中药研究与实践, 2014, 28(3): 55-57.
- [4] YEONG Y, YEUN W, LEE M, et al. Lutonarin from Barley Seedlings Inhibits the Lipopolysaccharide-Stimulated Inflammatory Response of RAW 264.7 Macrophages by Suppressing Nuclear Factor- $\kappa$ B Signaling. [J]. *Molecules* (Basel, Switzerland), 2021, 26(6): 1571.
- [5] 鲜瑶, 张雷, 宋戈, 等. 大麦苗粉营养保健功能的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(11): 73-76.
- [6] 郑慧敏, 王军, 王梦竹. 大麦苗的营养价值及应用[J]. 大麦与谷类科学, 2017, 34(2): 20-22+27.
- [7] Lamia Lahouar, Safia El-Bok, Lotfi Achour. Therapeutic Potential of Young Green Barley Leaves in Prevention and Treatment of Chronic Diseases: An Overview[J]. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2015, 43(7): 1311-1329.
- [8] 粟立丹, 何洁, 彭德川, 等. 响应面优化大麦苗粉馒头配方及营养成分分析[J]. 粮食加工, 2022, 47(1): 37-41.
- [9] 潘冬梅, 史莲莲, 刘颜, 等. 大麦苗粉蒸蛋糕的研制[J]. 湖南城市学院学报, 2020, 29(1): 70-74.
- [10] 高飞虎, 李中林, 袁林颖, 等. 微粉营养面条加工研究[J]. 西南园艺, 2006, 34(2): 16-17+22.
- [11] 徐春. 麦苗汁营养酸奶的研制[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(2): 21-23.
- [12] 尤香玲, 徐向波. 甜面包制作工艺研究[J]. 江苏调味副食品, 2018(3): 25-27.
- [13] 张二芳, 邢君尧. 响应面法优化燕麦黄豆粉杂粮面包工艺配方[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(20): 168-173+192.
- [14] 沈燕萍, 王琪, 刘琨毅, 等. 基于响应面法优化咖啡乳酒发酵工艺[J]. 中国酿造, 2019, 38(2): 203-207.
- [15] 马森, 汪桢, 王晓曦. 麦麸膳食纤维对面团特性影响的研究进展[J]. 河南工业大学学报, 2020, 41(1): 124-131.

(编辑: 严佩峰)

(下转第119页)

- [18] 雷昊,谢晶,乔永祥,等.臭氧水清洗结合气调包装对鲜切杭白菜保鲜效果的研究[J].食品与机械,2017,33(6):110-113,175.
- [19] 卢影.鲜切果品保鲜技术研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [20] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [21] 张引成,雷云,王志英,等.二氧化碳气调包装对鲜切结球莴苣贮藏品质和生理的影响[J].食品科学,2012,33(8):318-322.
- [22] 高红豆,胡文忠,张艳慧,等.酚类物质对鲜切果蔬品质和生理代谢的影响[C].中国食品科学技术学会第十五届年会,青岛,2018.
- [23] 范林林,高丽朴,王清,等.预冷方式对豇豆采后生理特性的影响[J].北方园艺,2016(3):518-522.

(编辑:严佩峰)

## Effect of Low Concentration Hydrogen Peroxide Combined with Ultrasonic on the Quality of Fresh—Cut Dangshan Pear

ZHANG Lei, MA Xiaomin, FENG Chengcheng, WANG Min

(School of Biological and Food Engineering, Suzhou University, Suzhou 234000, China)

**Abstract:** To study the effect of low concentration hydrogen peroxide combined with ultrasonic on the quality of Dangshan pear. **Methods:** The fresh—cut pear was treated with low concentration hydrogen peroxide and ultrasonic wave separately or in combination. **Results:** Using 3% concentration of hydrogen peroxide and 250 W ultrasonic treatment separately or in combination, compared to untreated as control group, hydrogen peroxide combined ultrasound can effectively restrain the loss of ascorbic acid, reduce hardness, delay the browning rate, and maintain its good color and sensory quality; however, the inhibition effect on soluble solids was not obvious. **Conclusion:** 3% hydrogen peroxide combined with ultrasonic treatment can prolong the shelf life of fresh—cut pear for a certain period of time, effectively maintain the quality of fresh—cut pear, and maintain good sensory quality.

**Keywords:** hydrogen peroxide; ultrasonic; fresh—cut pear; preservation; the shelf life

(上接第 114 页)

## Optimization of Processing Technology of Barley Seedling Bread by Response Surface Method

HOU Heli, HUANG Huihui, GENG Shubao, SHI Lili, ZHU Jing\*

(School of Food Sciences, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China)

**Abstract:** To increase the nutrition of common bread, improve taste and color, in this paper, high gluten flour and barley seedling powder used as the main raw materials, a new type bread of barley seedling powder was prepared by fermentation and baking. According to the sensory score and physical and chemical indexes of bread, the test effect of single factors including barley seedling powder, yeast, fermentation time, baking temperature and baking time, on the quality of wheat seedling bread was studied, on this basis, the response surface analysis method was used to optimize the processing technology of wheat seedling bread. Based on 100 g of high gluten flour, the optimum processing technology of barley seedling bread was as followed: barley seedling powder 3.00 g, yeast 1.50 g, fermentation time 95 min, baking degree 180℃, baking time 23 min. Under this condition, the sensory score of wheat seedling bread was best, its taste was soft, its internal tissue was delicate and elastic, and it has the fragrance of wheat seedling. The specific volume of bread was 4.37 mL/g, the contents of protein and dietary fiber were 12.29 g/100g and 3.33 g/100g, which were 9.91% and 22.4% higher than that of common bread, respectively. The wheat seedling bread made with this formula could meet the health demand of people.

**Keywords:** barley seedling powder; response surface method; process optimization; bread; quality analysis