

网络出版时间:2016-04-07 09:00

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.05.025

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160407.0900.050.html>

普冰 9946 小麦粉面包加工工艺的优化

孙 茹^a, 张正茂^a, 邢沁浚^a, 胡新娟^a, 刘苗苗^a, 卓武燕^b

(西北农林科技大学 a 食品科学与工程学院, b 农学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**研究大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉的添加量对普冰 9946 小麦品种面包烘烤品质的影响,确定比较理想的加工工艺参数,为普冰 9946 小麦及类似小麦品种的优质面包加工提供理论依据。**【方法】**以面包感官评价和质构仪分析结果指标,探讨大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉不同添加量(质量分数)对面包品质的影响,通过单因素试验和二次正交旋转组合设计试验得到添加物对面包品质改良的最佳配比。**【结果】**各种添加物使用量的变化对面包的感官评分有显著影响,3 种添加物对面包感官评分影响的主次作用依次为:小麦胚芽粉>谷朊粉>大豆粉末磷脂。面包制作优化工艺参数范围为:大豆粉末磷脂添加量 0.574%~0.755%,谷朊粉添加量 3.059%~3.398%,小麦胚芽粉添加量 3.286%~3.539%,在此参数范围内,面包的感官评分均大于 84.39。**【结论】**通过在面包中添加一定比例的大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉,可制得质量较好的面包。

[关键词] 普冰 9946;面包加工;面包改良剂;工艺优化

[中图分类号] TS213.21

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)05-0185-08

Optimization of bread processing technology for flour of wheat Pubing 9946

SUN Ru^a, ZHANG Zheng-mao^a, XING Qin-hui^a, HU Xin-juan^a,

LIU Miao-miao^a, ZHUO Wu-yan^b

(a College of Food Science and Engineering, b College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The effect of soybean phospholipids powder, wheat active protein and wheat germ powder adding amounts on Pubing 9946 bread were studied to obtain optimal processing parameters and provide basis for making high quality bread using flour of Pubing 9946 and similar wheat varieties. **【Method】** Sensory evaluation and structure analyzer results were combined to analyze the effects of different indexes and single factor tests and quadratic orthogonal rotating combination design were used to obtain optimal conditions. **【Result】** Various additives had significant influences on sensory scores of bread. The effects of factors were in the order of wheat germ powder>wheat active protein>soybean phospholipids powder. The optimal conditions for bread were: soybean phospholipids powder 0.574%~0.755%, wheat active protein 3.059%~3.398%, and wheat germ powder 3.286%~3.539%. Under these conditions, the sensory evaluation of steamed bread was >84.39. **【Conclusion】** The good quality of bread can be obtained by adding nutrients based on the optimization results.

Key words: Pubing 9946; bread processing; bread improver; process optimization

[收稿日期] 2014-09-26

[基金项目] 陕西省科技统筹创新工程项目(2011KTZB02-01)

[作者简介] 孙 茹(1988—),女,陕西蒲城人,在读硕士,主要从事粮油食品品质分析检测与加工研究。
E-mail: sunruhappylife@gmail.com

[通信作者] 张正茂(1961—),男,陕西户县人,研究员,硕士生导师,主要从事小麦育种与加工研究。
E-mail: zhzhm@nwsuaf.edu.cn

面包营养丰富,易消化,便于吸收,作为点心食品,其早已传入我国^[1-2]。面包的制作与小麦粉的品质要求息息相关,由于面包基础粉的特性很难满足烘焙食品的需要,故制作面包时在面包基础粉中添加小麦粉品质改良剂是十分必要的^[3]。大豆粉末磷脂是大豆磷脂经丙酮脱去油脂后的高纯度磷脂产品,是一种性能良好的纯天然表面活性剂,由于其在防治心血管病、脂肪肝、高血压和老年痴呆症等方面具有一定作用,所以越来越受到人们的关注^[4]。因其具有乳化、润湿、稳定、脱膜、抗氧化和防止淀粉老化等作用而广泛用于食品工业中,将其添加到面包中,可以起到很好的保健作用^[5]。谷朊粉亦称小麦活性面筋,是从小麦中提取的粉状蛋白质,将其应用在焙烤食品中,可以改善成品的质地、韧性和风味,并且提高产品的吸水率^[6]。小麦胚芽是制粉工业的副产物,富含多种营养成分及一些微量生理活性组分,被营养学家们誉为“人类天然的营养宝库”,但小麦胚芽的转化利用率较低,大部分胚芽被当作麸皮来处理,造成优良资源的极大浪费^[7-9]。在焙烤制品中添加小麦胚芽粉,可提高焙烤制品的营养和保健作用,同时可提高麦胚的综合利用水平^[10]。

目前,有关面包品质改良方面的研究比较多。杨春玲等^[11]研究了酶的不同添加量对面粉理化指标、烘焙特性的影响,发现添加合理比例的葡萄糖氧化酶能够增强面筋弹性,增大面包体积。刘海燕等^[12]探讨了海藻酸钠不同添加量对面包烘焙特性的影响,表明海藻酸钠的引入能增大面包的比容,对面包品质有较好的改良效果,且有较好的抗老化作用,并能延长面包的货架期。朱姐等^[13]将香菇菌柄粉添加到面粉中制作面包,使产品具有香菇特有的香气,且膳食纤维丰富,营养价值高于普通面包。孙素玲等^[14]通过试验得出花生粕面包的最佳配方和发酵时间,该工艺条件下面包体积较大,组织细腻,口感好,综合品质佳。目前,国内关于小麦胚芽粉对面包品质影响的研究较少,对面包的主要评价方式局限于感官评定,未能结合现代评价手段对产品进行评价,且试验因素比较单一^[15]。

普冰 9946 小麦品种为西北农林科技大学与中国农科院作物科学研究所合作选育的抗旱节水小麦新品种,针对这一优良小麦新品种的开发利用,孙茹等^[16-17]研究了普冰 9946 小麦粉的馒头、面条加工工艺参数及通过添加物优化的工艺参数,刘玉秀等^[18]研究了普冰 9946 小麦粉的面包加工工艺参数,但其研究未对面包的营养成分进行强化。为此,本研究

以普冰 9946 小麦粉为材料,在获得其面包基本加工工艺参数的基础上,探讨了大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉对其面包品质的改善作用,将传统的感官评价与现代的质构仪分析相结合,以期优化普冰 9946 小麦粉加工面包的工艺参数,为普冰 9946 小麦及类似小麦品种的开发利用提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

小麦粉:普冰 9946 小麦于 2013 年 6 月收获后,放置 4 个月,利用 LSM20 型实验磨制粉,小麦粉放置 14 d 后使用。

辅料:谷朊粉、小麦胚芽粉,陕西老牛面粉有限公司;大豆粉末磷脂,北京昌平维尔健康食品有限公司;酵母、面包改良剂,安琪酵母股份有限公司;黄油,内蒙古呼和浩特市天美华乳食品有限责任公司;食盐、白糖,市购商品。

1.2 试验仪器

FX-11 新南方面包发酵箱、新南方电热食品烘炉,广州市赛思达机械设备有限公司;WG-71 电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;电子分析天平,南京东迈科技仪器有限公司;TA-XT Plus 物性测试仪,英国 Stable Micro Systems Ltd。

1.3 试验方法及指标测定

1.3.1 面包制作方法 面包制作参照直接发酵法(GB/T 14611—2008)进行。根据预试验结果,得出面包制作的基本配料为:面粉 100 g、糖 20 g、食盐 0.5 g、面包改良剂 0.5 g、黄油 6 g、酵母 1.2 g、水 54 g。

1.3.2 面包比容的测定 参考文献^[19]进行。

1.3.3 面包高径比的测定 参考文献^[20]进行。

1.3.4 面包品质的评价 面包品质的评价采用感官评价和质构测试 2 种方法。感官评价由具有食品专业知识和感官评价理论及经验的老师、学生组成评价小组,评分标准参照 GB/T 14611—2008 确定;质构测试采用英国 TA-XT Plus 物性测试仪进行,TPA 模式,压盘式探头 36R 测试前、测试中和测试后的速度均为 1.0 mm/s,接触用力为 5 g,压缩变形程度为 50%,停留间隔 5 s,测试温度 25 ℃。试验重复 3 次,取平均值。

1.4 试验设计

1.4.1 单因素试验 以大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉添加量为单因素进行试验。大豆粉末磷脂的添加量(质量分数,下同)分别设置为 0.3%,0.6%,0.9%和 1.2%;谷朊粉的添加量设置为 1%,

2%,3%和4%;小麦胚芽粉添加的质量分数设置为3%,6%,9%和12%。以馒头的感官评价和质构测试为评价指标。每个处理重复3次,结果取均值。

1.4.2 二次正交旋转组合设计 参照单因素试验

结果,以制作面包的感官评分为指标,根据二次正交旋转组合试验设计原理,选取大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉的添加量进行优化组合,正交试验的因素、水平及编码见表1。

表 1 二次正交旋转试验因素、水平及其编码

Table 1 Factors and levels of orthogonal rotation combination design

编码值 Coded value	大豆粉末磷脂/% Soybean phospholipids powder	谷朊粉/% Wheat active protein	小麦胚芽粉/% Wheat germ flour
−1.682	0.2	2.0	2
−1	0.362 2	2.405 5	2.405 5
0	0.6	3.0	3
1	0.837 8	3.594 0	3.594 5
1.682	1.0	4.0	4

1.5 数据分析

数据采用 Excel 2003 和 DPS v7.05 数据处理软件进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 大豆粉末磷脂对面包品质的影响

根据预试验结果,添加3%谷朊粉和3%小麦胚

芽粉,以普冰 9946 小麦粉面包为对照(CK),考察大豆粉末磷脂添加量对面包品质的影响。

2.1.1 对烘烤品质的影响 由表2可知,随着大豆粉末磷脂添加量的增大,面包的体积、比容、高径比、感官评分均先升高后降低。当大豆粉末磷脂的添加量为0.6%时面包的体积最大,比容和高径比最好,感官评分也取得最高分(84±3)分。

表 2 大豆粉末磷脂对面包烘焙品质的影响

Table 2 Effect of soybean phospholipids powder on baking quality of bread

大豆粉末磷脂/% Soybean phospholipids powder	体积/mL Volume	比容 Specific volume	高径比 Height-diameter ratio	感官评分 Sensory score
CK	225±6	3.53±0.12	0.47±0.01	79±2
0.3	243.5±5	3.82±0.24	0.47±0.02	81±2
0.6	247±6	3.84±0.17	0.48±0.01	84±3
0.9	246±4	3.81±0.15	0.47±0.03	82±2
1.2	241±5	3.74±0.16	0.45±0.02	78±2

2.1.2 对质构特性的影响 表3显示,面包的硬度随着大豆粉末磷脂添加量的增大先降低后升高,弹性却表现出先升高后降低的趋势,黏聚性、胶着性、咀嚼度、回复性呈现出波浪式变化。方差分析表明:大豆粉末磷脂对面包的硬度、黏聚性、胶着性、咀嚼度的影响达极显著水平($P<0.01$);面包弹性在大豆粉末磷脂添加量为1.2%时与对照间差异达到显著水平($P<0.05$),与其余处理间均达到极显著水

平($P<0.01$);面包回复性仅在大豆粉末磷脂添加量为0.6%与1.2%间差异不显著($P>0.05$),在其他各处理间差异均达极显著水平($P<0.01$)。当大豆粉末磷脂的添加量为0.6%时,面包的硬度、胶着性、咀嚼度最好,弹性、黏聚性、回复性也较好。综合质构分析和感官分析的结果,大豆粉末磷脂最适添加量以0.6%最佳,因此以0.6%的添加量作为正交试验中大豆粉末磷脂0水平添加量。

表 3 大豆粉末磷脂对面包质构特性的影响

Table 3 Effect of soybean phospholipids powder on texture parameters of bread

大豆粉末 磷脂/% Soybean phospholipids powder	硬度/g Hardness	弹性 Springiness	黏聚性 Cohesiveness	胶着性/g Gumminess	咀嚼度/g Chewiness	回复性/(g·s ⁻¹) Resilience
CK	1 072.465±23.123 aA	0.866±0.032 dC	0.702±0.024 dD	751.753±6.123 aA	651.148±6.125 aA	0.303±0.016 cC
0.3	967.425±9.241 dD	0.893±0.024 aA	0.720±0.017 aA	695.735±5.524 dD	621.186±7.324 cC	0.317±0.023 aA
0.6	912.604±7.124 eE	0.881±0.017 bB	0.714±0.034 bB	649.694±5.341 eE	571.861±6.132 eE	0.308±0.041 bB
0.9	1 071.039±12.132 bB	0.853±0.021 eD	0.698±0.026 eE	745.719±7.325 bB	636.267±3.254 bB	0.292±0.028 dD
1.2	1 007.322±11.135 cC	0.870±0.013 cC	0.709±0.034 cC	713.566±2.164 cC	620.015±2.275 dD	0.309±0.061 bB

注:表中同列数据后的大、小写字母分别表示差异极显著($P<0.01$)和显著($P<0.05$)。下同。
Note:Capital and small letters represent significant difference at the $P=0.01$ and $P=0.05$ levels, respectively. The same below.

2.2 谷朊粉对面包品质的影响

根据预试验结果,添加 3%小麦胚芽粉和 0.6%大豆粉末磷脂,考察谷朊粉添加量对面包品质的影响。

2.2.1 对烘焙品质的影响 表 4 结果表明,随着谷

朊粉添加量的增大,面包的体积逐渐增大,面包的比容及高径比都有所改善,感官评分有所提高。当谷朊粉的添加量为 3%时,面包的感官评分取得最大值(84±1)分。之后,随着谷朊粉添加量的继续增大,面包的感官评分开始降低。

表 4 谷朊粉对面包烘焙品质的影响

Table 4 Effect of wheat active protein on baking quality of bread

谷朊粉/% Wheat active protein	体积/mL Volume	比容 Specific volume	高径比 Height-diameter ratio	感官评分 Sensory score
CK	225±6	3.53±0.17	0.47±0.02	79±2
1	232±9	3.68±0.23	0.49±0.01	81±3
2	245±9	3.84±0.54	0.51±0.01	82±2
3	248±8	3.84±0.34	0.53±0.02	84±1
4	250±11	3.85±0.27	0.48±0.01	78±2

2.2.2 对质构特性的影响 由表 5 可知,随着谷朊粉添加量的增大,面包的硬度逐渐增大,弹性、黏聚性、咀嚼度、回复性先增大后降低,胶着性呈现波浪式变化。方差分析表明:除弹性外,谷朊粉添加量对各质构参数均有极显著影响($P<0.01$)。弹性在谷朊粉添加量为 1%~2%时与对照相比无显著性差

异($P>0.05$),在其他各处理间差异达极显著水平($P<0.01$)。当谷朊粉添加量为 3%时,面包的胶着性适中,弹性、黏聚性最好,回复性较好。综合质构分析和感官分析结果认为,谷朊粉的添加量以 3%为宜,因此以 3%的添加量作为正交试验中谷朊粉 0 水平添加量。

表 5 谷朊粉对面包质构特性的影响

Table 5 Effect of wheat active protein on texture parameters of bread

谷朊粉/% Wheat active protein	硬度/g Hardness	弹性 Springiness	黏聚性 Cohesiveness	胶着性/g Gumminess	咀嚼度/g Chewiness	回复性/ (g·s ⁻¹) Resilience
CK	1 022.245±22.178 eE	0.861±0.021 bB	0.662±0.023 dD	750.046±21.145 bB	659.043±13.521 eE	0.270±0.032 dD
1	1 051.178±33.582 dD	0.862±0.015 bB	0.676±0.031 cC	742.300±19.327 cC	665.617±24.121 dD	0.279±0.019 cC
2	1 081.216±23.672 cC	0.863±0.014 bB	0.679±0.024 bB	785.766±17.423 aA	766.636±19.281 aA	0.290±0.047 aA
3	1 138.257±30.558 bB	0.880±0.023 aA	0.686±0.017 aA	695.655±23.152 dD	719.746±16.245 bB	0.286±0.024 bB
4	1 161.467±19.261 aA	0.856±0.019 cC	0.656±0.012 eE	683.151±20.232 eE	712.068±19.163 cC	0.257±0.014 eE

2.3 小麦胚芽粉对面包品质的影响

根据预试验结果,添加 3%谷朊粉和 0.6%大豆粉末磷脂,考察小麦胚芽粉添加量对面包品质的影响。

2.3.1 对烘焙品质的影响 表 6 表明,面包的体

积、比容、高径比均随着小麦胚芽粉添加量的增大而降低。当小麦胚芽粉的添加量为 3%时,所得面包均具有小麦胚芽特有香味,色泽较对照组有所改善,因此感官评分增加。之后随着小麦胚芽粉添加量的进一步增大,面包的口感下降,感官评分降低。

表 6 小麦胚芽粉对面包烘焙品质的影响

Table 6 Effect of wheat germ flour on baking quality of bread

小麦胚芽粉/% Wheat germ flour	体积/mL Volume	比容 Specific volume	高径比 Height-diameter ratio	感官评分 Sensory score
CK	225±6	3.53±0.21	0.47±0.01	79±3
3	209±5	3.26±0.14	0.42±0.02	81±2
6	193±5	3.06±0.26	0.35±0.02	79±1
9	189±3	3.01±0.15	0.32±0.01	75±2
12	186±3	2.99±0.17	0.31±0.01	71±3

2.3.2 对质构特性的影响 小麦胚芽粉对面包质构特性的影响见表 7。随着小麦胚芽粉添加量的增大,面包的硬度逐渐增大,弹性先降低后升高,黏聚性和回复性逐步降低,胶着性和咀嚼度先升高后降低。方差分析表明:小麦胚芽粉的添加对面包各质构参数有显著影响($P<0.05$),且除弹性外,对各指

标的影响均达到极显著水平($P<0.01$)。弹性在小麦胚芽粉各添加量之间差异显著($P<0.05$)。当小麦胚芽粉的添加量为 3%时,面包的硬度适中,黏聚性、回复性、胶着性、咀嚼度均较好。综合质构分析和感官分析结果认为,小麦胚芽粉的添加量以 3%为宜,因此以 3%的添加量作为正交试验中小麦胚

芽粉 0 水平添加量。

表 7 小麦胚芽粉对面包质构特性的影响

Table 7 Effect of wheat germ flour on texture parameters of bread

小麦胚芽粉/% Wheat germ flour	硬度/g Hardness	弹性 Springiness	黏聚性 Cohesiveness	胶着性/g Gumminess	咀嚼度/g Chewiness	回复性/(g·s ⁻¹) Resilience
CK	1 010.930±24.125 eE	0.948±0.032 bB	0.785±0.021 aA	792.929±3.125 eE	751.255±3.425 eE	0.384±0.021 aA
3	1 324.249±13.251 dD	0.921±0.024 eD	0.765±0.032 bB	1 013.890±6.135 dD	933.425±4.126 dD	0.363±0.013 bB
6	1 545.176±12.342 cC	0.924±0.019 dD	0.737±0.015 cC	1 140.322±4.637 cC	1 051.875±3.452 cC	0.337±0.018 cC
9	1 848.023±24.421 bB	0.938±0.022 cC	0.719±0.024 dD	1 328.469±2.248 aA	1 244.763±13.425 aA	0.320±0.023 dD
12	1 861.226±19.224 aA	0.964±0.034 aA	0.672±0.017 eE	1 250.516±4.325 bB	1 205.588±20.143 bB	0.277±0.020 eE

2.4 添加物对面包品质影响的二次正交旋转组合设计

在单因素试验的基础上,根据二次正交旋转组合设计,以大豆粉末磷脂添加量 X_1 、谷朊粉添加量

X_2 和小麦胚芽粉添加量 X_3 为自变量,以面包的感官评分为因变量(试验指标),建立回归模型。试验结果见表 8。

表 8 添加物对面包品质影响的二次正交旋转组合设计试验方案与结果

Table 8 Orthogonal rotation combination design scheme and results of the effect of additive on bread

序号 Number	大豆粉末磷脂/% Soybean phospholipids powder X_1	谷朊粉/% Wheat active protein X_2	小麦胚芽粉/% Wheat germ flour X_3	感官评分 Sensory score
1	1	1	1	86
2	1	1	-1	82
3	1	-1	1	85
4	1	-1	-1	83
5	-1	1	1	85
6	-1	1	-1	84
7	-1	-1	1	82
8	-1	-1	-1	81
9	-1.682	0	0	83
10	1.682	0	0	87
11	0	-1.682	0	80
12	0	1.682	0	85
13	0	0	-1.682	79
14	0	0	1.682	85
15	0	0	0	86
16	0	0	0	87
17	0	0	0	85
18	0	0	0	86
19	0	0	0	87
20	0	0	0	86
21	0	0	0	85
22	0	0	0	86
23	0	0	0	86

2.4.1 回归模型的建立与检验 采用 DPS 数据处理系统对表 8 试验结果进行二次多项式逐步回归分析,得到面包感官评分(Y)与大豆粉末磷脂(X_1)、谷朊粉(X_2)、小麦胚芽粉(X_3)的回归模型为:

$$Y=85.989\ 12+0.785\ 48X_1+1.055\ 07X_2+1.324\ 67X_3-0.248\ 80X_1^2-1.132\ 68X_2^2-1.309\ 46X_3^2-0.750\ 00X_1X_2+0.500X_1X_3+0.250\ 00X_2X_3。$$

对回归模型的方差分析结果见表 9。由表 9 可

知,回归方程极显著,显著性概率 $P=0.000\ 2<0.01$,失拟性检验不显著, $P=0.07>0.05$ 。检验结果表明,所建回归模型具有统计学意义,可用于预测和控制。对回归系数显著性进行检验,在 $\alpha=0.1$ 显著水平剔除不显著项后,得到优化后的回归方程为:

$$Y=85.989\ 12+0.785\ 48X_1+1.055\ 07X_2+1.324\ 67X_3-1.132\ 68X_2^2-1.309\ 46X_3^2-0.750\ 00X_1X_2。$$

表 9 回归模型的显著性检验

Table 9 Variance analysis of experimental results

变异来源 Source of variation	平方和 Quadratic sum	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	偏相关 Partial correlation	比值 F Specific value F	P 值 P value	显著性 Significance
X_1	8.426	1	8.426	0.663	10.215	0.007	* *
X_2	15.203	1	15.203	0.766	18.431	0.000 9	* *
X_3	23.964	1	23.964	0.831	29.053	0.000 1	* *
X_1^2	0.984	1	0.984	-0.290	1.192	0.294 7	
X_2^2	20.386	1	20.386	-0.810	24.714	0.000 3	* *
X_3^2	27.245	1	27.245	-0.847	33.031	0.000 1	* *
X_1X_2	4.5	1	4.5	-0.544	5.456	0.036 2	*
X_1X_3	2	1	2	0.397	2.425	0.143 4	
X_2X_3	0.5	1	0.5	0.211	0.606	0.450 2	
回归 Orthogonal	102.755	9	11.417	$F_2=13.842$		0.000 2	
剩余 Residual	10.723	13	0.825				
失拟 Simulant	6.723	5	1.345	$F_1=2.690$		0.07	
误差 Error	4	8	0.5				
总和 Sum	113.478	22					

注：* 表示显著($P<0.05$)；* * 表示极显著($P<0.01$)。
Note: * significant ($P<0.05$)；* * extremely significant ($P<0.01$).

2.4.2 因素效应分析 由各因素主效应影响的 P 值可以反映出各因素对试验指标的重要性, P 值越小, 表明该因素对试验结果影响越大, 即重要性越大^[21-22]。由表 9 可知, 3 个因素对面包感官评分影响的主次大小为小麦胚芽粉(X_3)>谷朊粉(X_2)>大豆粉末磷脂(X_1), 即小麦胚芽粉添加量对面包感官评分影响最大, 谷朊粉影响次之, 大豆粉末磷脂影响相对较小, 但均达到极显著水平($P<0.01$)。各因素与面包感官评分的关系见图 1。由图 1 可知, 在各因素处于 $-1.682\sim1.682$ 水平时, 大豆粉末磷脂添加量与面包感官评分的关系接近线性, 谷朊粉和小麦胚芽粉添加量对面包感官评分的影响趋势先增大后减小, 其中小麦胚芽粉的变化趋势最为明显, 说明小麦胚芽粉对面包的感官评分影响最大。

2.4.3 优化方案的确定 为了得出优化工艺参数, 对通过优化回归方程得到的数据进行频数分析。选取感官评分大于 84.39 的 41 个方案进行频数分析, 得到 95% 的置信区间及各成分的添加量如表 10 所示。

表 10 大豆粉末磷脂(X_1)、谷朊粉(X_2)、小麦胚芽粉(X_3)取值频率分布
Table 10 Probability distribution of soybean phospholipids powder(X_1), wheat active protein(X_2), and wheat germ flour(X_3)

水平 Level	X_1		X_2		X_3	
	个数 Number	频率 Frequency	个数 Number	频率 Frequency	个数 Number	频率 Frequency
-1.682	6	0.146	2	0.049	0	0
-1	7	0.171	5	0.122	1	0.024
0	8	0.195	14	0.342	16	0.390
1	8	0.195	14	0.342	16	0.390
1.682	12	0.293	6	0.146	8	0.195
95% 置信区间 95% Reliable area	-0.109~0.650		0.098~0.669		0.481~0.907	
添加量 % Scope of factor	0.574~0.755		3.059~3.398		3.286~3.539	

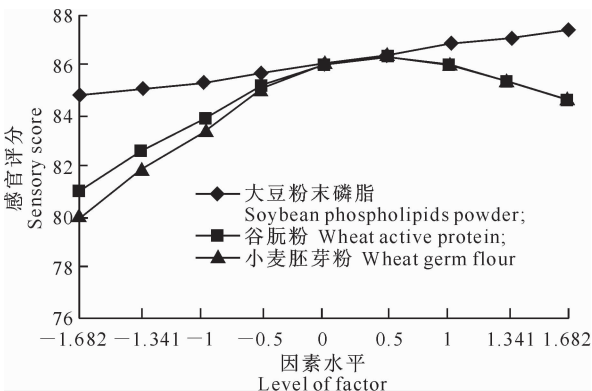


图 1 各因素与面包感官评分的关系
Fig.1 Relationship between each variable and sensory evaluation of bread

由表 10 可知, 面包制作优化工艺参数范围为: 大豆粉末磷脂添加量 0.574%~0.755%, 谷朊粉添加量 3.059%~3.398%, 小麦胚芽粉添加量 3.286%~3.539%。在此参数范围内, 面包的感官评分均大于 84.39。

2.4.4 验证试验 从优化参数范围内随机选择 3 个组合进行验证试验,结果见表 11。由表 11 可知,3 次验证试验的面包感官评分理论值平均为 86.6,实际值平均为 87.5。3 次验证试验的实际感官评分

值与根据模型计算得到的理论值误差均小于 5%,说明模型可以较好地反映面包感官评分的实际情况,在试验中可以根据所设定的因素添加水平用模型计算出面包的感官评分。

表 11 普冰 9946 小麦面包制作工艺验证试验的结果
Table 11 Results of validation experiments for Pubing 9946 bread

序号 Number	X_1	X_2	X_3	Y		误差/% Error
				理论值 Theoretical value	实际值 Actual value	
1	0	0.100	0.500	86.4	87.2	0.93
2	0.200	0.400	0.620	86.8	87.8	1.15
3	0.500	0.520	0.800	86.6	87.5	1.04

注: X_1 、 X_2 、 X_3 为编码值。
Note: X_1 、 X_2 、 X_3 were coded value.

3 讨 论

本研究结果表明,在制作面包时,添加适量的大豆粉末磷脂、谷朊粉、小麦胚芽粉,可制得品质较好的面包。在面包制作中添加质量分数 0.6%的大豆粉末磷脂,可显著改善面包的感官性状,适量的大豆粉末磷脂对面包品质的改善可能是大豆粉末磷脂的乳化亲水基结合了麦胶蛋白,亲油基结合了麦谷蛋白,从而使面筋蛋白分子变大、面筋网络的机械强度提高和持气性增强^[11]。谷朊粉的单因素试验结果表明,当谷朊粉的添加量为 3%时,面包的感官评分最好。添加谷朊粉可显著改善面包的品质,可能是由于添加谷朊粉能够增强面粉的筋力,形成较强的网络结构,从而提高面团的产气能力和持气性能,使面包体积、比容、高径比增大^[23];同时也使面包内部的结构变得细腻、面包心柔软而有弹性,进而使口感得到一定程度的改善^[5]。但当谷朊粉的添加量进一步增大时,面包的体积增加幅度变小,口感变差,且面包表面有褶皱。当在小麦粉中添加 3%的小麦胚芽粉时,所制得的面包具有小麦胚芽特有的清香味且面包外观色泽改善,此时面包的感官评分也较对照组有所提高。当小麦胚芽粉的添加量超过 3%时,面包的品质和口感较对照组明显下降,说明小麦胚芽粉用量不宜过大,这是因为小麦胚芽粉取代了部分面粉,小麦胚芽粉中麦胶蛋白、麦谷蛋白含量较低,麦胚添加量的增加导致面团的延伸性和弹性都有所降低,从而影响面包的烘焙品质^[24]。

由二次正交旋转组合设计试验结果得出:面包的感官评分(Y)与大豆粉末磷脂(X_1)、谷朊粉(X_2)、小麦胚芽粉(X_3)的添加量之间的优化数学模型为:

$$Y=85.989\ 12+0.785\ 48X_1+1.055\ 07X_2+1.324\ 67X_3-1.132\ 68X_2^2-1.309\ 46X_3^2-$$

$$0.750\ 00X_1X_2。$$

此模型高度显著,能较准确地预测面包的感官评分。各因素对面包感官评分影响的强弱顺序依次为小麦胚芽粉>谷朊粉>大豆粉末磷脂。采用频数分析法得到普冰 9946 小麦粉面包加工的工艺参数范围为:大豆粉末磷脂添加量 0.574%~0.755%,谷朊粉添加量 3.059%~3.398%,小麦胚芽粉添加量 3.286%~3.539%,在此参数范围内,面包的感官评分均大于 84.39。

[参考文献]

[1] Škrbic B, Filipčev B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed [J]. Food Chemistry, 2008, 108(1): 119-129.

[2] 李永海. 浅谈面包工业的发展方向 [J]. 粮食与食品工业, 2005 (2): 167-169.

Li Y H. Introduction to bread industry development direction [J]. Cereal and Food Industry, 2005(2): 167-169. (in Chinese)

[3] 张滢滢,侯忍忍,陈海华,等. 谷朊粉对面包基础粉品质特性的影响 [J]. 粮油食品科技, 2014, 22(2): 85-88.

Zhang Y Y, Hou R R, Chen H H, et al. Effects of wheat gluten on quality of foundational flour for bread [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2014, 22(2): 85-88. (in Chinese)

[4] 何雅蕾,马铁明,王凤成,等. 大豆粉末磷脂对面团流变学特性和馒头品质的影响研究 [J]. 粮食与饲料工业, 2007(1): 25-27.

He Y Q, Ma T M, Wang F C, et al. The effects of soybean phospholipid flour on rheological behavior of wheat flour dough and quality of steamed bread [J]. Cereal & Feed Industry, 2007 (1): 25-27. (in Chinese)

[5] 马铁明,戚广艳,何雅蕾,等. 大豆粉末磷脂对面团流变学性质和面包品质影响研究 [J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2007, 28(1): 36-38.

Ma T M, Qi G Y, He Y Q, et al. Effects of soybean lecithin flour on rheological properties of wheat flour dough and quality of bread [J]. Journal of Henan University of Technology(Nat-

- ural Science Edition), 2007, 28(1): 36-38. (in Chinese)
- [6] 魏本军. 谷朊粉在面包专用粉中应用研究 [J]. 粮食与油脂, 2002(6): 7-8.
Wei B J. The research of wheat active protein applied in bread special powder [J]. Cereals & Oils, 2002(6): 7-8. (in Chinese)
- [7] Rizzello C G, Nionelli L, Coda R, et al. Effect of sourdough fermentation on stabilisation, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ [J]. Food Chemistry, 2010, 119(3): 1079-1089.
- [8] Gelmez N, Kincal N S, Yener M E. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of antioxidants from roasted wheat germ based on yield, total phenolic and tocopherol contents, and antioxidant activities of the extracts [J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2009, 48(3): 217-224.
- [9] Sjövall O, Virtalaine T, Lapveteläinen A, et al. Development of rancidity in wheat germ analyzed by headspace gas chromatography and sensory analysis [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(8): 3522-3527.
- [10] 高翔. 小麦胚芽面包的工艺探讨 [J]. 四川食品与发酵, 2005, 41(1): 44-46.
Gao X. Study on the production process of the wheat embryo bread [J]. Sichuan Food and Fermentation, 2005, 41(1): 44-46. (in Chinese)
- [11] 杨春玲, 杨路加. 葡萄糖氧化酶在改良面包粉中的应用 [J]. 粮食储藏, 2013, 42(5): 41-43.
Yang C L, Yang L J. Application of glucose oxidase in modified bread flour [J]. Grain Storage, 2013, 42(5): 41-43. (in Chinese)
- [12] 刘海燕, 张娟娟, 王晓梅, 等. 海藻酸钠对面包烘焙特性的影响研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(20): 319-322.
Liu H Y, Zhang J J, Wang X M, et al. Effect of sodium alginate on baking performance of bread [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(20): 319-322. (in Chinese)
- [13] 朱姐, 吴丽萍. 香菇面包的制作工艺研究 [J]. 包装与食品机械, 2013, 31(4): 24-27.
Zhu N, Wu L P. Study on production technology of mushroom bread [J]. Packing and Food Machinery, 2013, 31(4): 24-27. (in Chinese)
- [14] 李素玲, 石柳娟, 刘世旺. 花生粕面包的加工工艺优化研究 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(22): 5546-5549.
Sun S L, Shi L J, Liu S W. Optimization of processing technology of bread with peanut meal [J]. Hubei Agriculture Sciences, 2013, 52(22): 5546-5549. (in Chinese)
- [15] 李永平. 小麦胚芽面包的制作及其品质研究 [J]. 黑龙江粮食, 2013(9): 53-54.
Li Y P. The production and quality of bread made from wheat germ [J]. Heilongjiang Grain, 2013(9): 53-54. (in Chinese)
- [16] 孙茹, 张正茂, 胡新娟, 等. 普冰 9946 小麦粉馒头加工工艺研究 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(19): 214-219.
Sun R, Zhang Z M, Hu X J, et al. Processing technology of steamed bread using wheat flour of Pubing 9946 [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(19): 214-219. (in Chinese)
- [17] 孙茹, 梁灵, 张正茂, 等. 不同添加剂对普冰 9946 小麦粉面条品质特性的影响 [J]. 食品科技, 2014, 39(11): 152-158.
Sun R, Liang L, Zhang Z M, et al. Effect of different additives on noodle quality of wheat Pubing 9946 [J]. Food Science and Technology, 2014, 39(11): 152-158. (in Chinese)
- [18] 刘玉秀, 张正茂, 杨军丽, 等. 普冰 9946 小麦面包工艺研究 [J]. 食品工业, 2013, 34(12): 130-133.
Liu Y X, Zhang Z M, Yang J L, et al. Studies on the technology of Pubing 9946 wheat bread [J]. The Food Industry, 2013, 34(12): 130-133. (in Chinese)
- [19] 钟京, 王凤, 刘娜, 等. 乳酸菌发酵麸皮酸面团对高纤维面包面团流变发酵学及烘焙特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 49-54.
Zhong J, Wang F, Liu N, et al. Effect of bran fermented by lactobacillus on the rheofermentation and baking properties of high-fiber bread dough [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(9): 49-54. (in Chinese)
- [20] 陈海华, 王雨生, 吕春莹. 不同活性木聚糖单酶对面包基础粉品质影响的评价研究 [J]. 中国粮油学报, 2013, 28(11): 6-12.
Chen H H, Wang Y S, Lü C Y. Evaluation of the effect of xylanase on the quality of foundation powder for bread [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(11): 6-12. (in Chinese)
- [21] 张泽炎, 张瑞妮, 张海生, 等. 二次回归旋转正交组合设计对红枣多酚提取工艺的优化 [J]. 农产品加工(学刊), 2013(9): 21-23, 26.
Zhang Z Y, Zhang R N, Zhang H S, et al. Optimization extraction of jujube polyphenols using quadratic orthogonal rotation combination design [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2013(9): 21-23, 26. (in Chinese)
- [22] 徐位力, 罗焕亮, 范恩友, 等. 二次正交旋转组合设计对马占相思组培增殖培养基的优化 [J]. 广西植物, 2002, 22(6): 517-520, 508.
Xu W L, Luo H L, Fan E Y, et al. Optimize the multiplication medium of acacia mangium through the quadratic orthogonal rotation combination design [J]. Guihaia, 2002, 22(6): 517-520, 508. (in Chinese)
- [23] 孙辉, 吴玉凯. 谷朊粉对我国小麦粉品质改良的研究 [J]. 粮油食品科技, 2000, 8(3): 15-17.
Sun H, Wu Y K. The research of wheat active protein on wheat flour quality improvement in our country [J]. Science and Technology of Cereals, Oils And Foods, 2000, 8(3): 15-17. (in Chinese)
- [24] 孙小凡, 曾庆华. 小麦胚芽粉保健面包工艺研究 [J]. 食品研究与开发, 2010, 31(1): 96-100.
Sun X F, Zeng Q H. Wheat germ nutritional and health bread processing [J]. Food Research and Development, 2010, 31(1): 96-100. (in Chinese)