

甜玉米馒头的加工工艺优化

张康逸¹, 王慧洁^{1,2}, 张国治², 康志敏¹, 宋江峰³

(1. 河南省农业科学院农副产品加工研究中心, 河南郑州 450002)

(2. 河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001) (3. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014)

摘要: 本文将甜玉米粒进行热风干燥处理后打粉, 将甜玉米粉与麦芯粉混合制作馒头, 对其进行工艺优化。本文以质构、感官以及比容为评价指标, 进行单因素试验。选取三因素三水平进行 Box-Behnken 响应面实验。结论表明: 通过研究添加不同比例的甜玉米粉制作馒头, 发现, 当甜玉米粉添加量大于 25% 时, 甜玉米馒头的比容明显降低, 且感官评价指标已不足 60 分。依据此标准, 选取甜玉米粉添加量为 25% 时进行进一步的优化实验。最终得出添加量为 25% 的甜玉米馒头最佳工艺条件为: 发酵时间为 78.19 min, 醒发时间为 19.51 min, 搅拌时间为 9.98 min, 酵母添加量为 1.02%。在此条件下, 甜玉米馒头具有良好的感官品质为 79.17 分, 比优化前增长 9.64 分; 比容增加 0.05 mL/g; 质构指标有所改善, 并且面筋网络结构更加紧致。

关键词: 甜玉米粉; 馒头; 工艺

文章编号: 1673-9078(2020)07-209-217

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.7.1100

Optimization of Processing Technology of Sweet Corn Buns

ZHANG Kang-yi¹, WANG Hui-jie^{1,2}, ZHANG Guo-zhi², KANG Zhi-min¹, SONG Jiang-feng³

(1.Center of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

(2.College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

(3.Institute of Farm Product Processing Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: In this work, sweet corn kernels were subjected to hot-air drying treatment, and the sweet corn flour was mixed with wheat core flour to produce steamed buns. The process of steamed buns was optimized. The texture, sensory and specific volume were used as evaluation indicators, the single factor experiments were carried out. Three factors and three levels were selected for the Box-Behnken response surface experiment. The different proportions of sweet corn flour was added to produce steamed bread. The results showed that the addition ratio reaches 30% (sweet corn flour: wheat cob flour=3:7) could lead to decrease of the texture and specific volume index and its sensory score dropped sharply, which was less than 60 points. Therefore the sweet corn addition amount of 25% was selected, and the response surface was optimized. Finally, the optimal process conditions for sweet corn steamed buns with 25% addition were as follows: fermentation time was of 78.19 min, proofing time was of 19.51 min, stirring time was of 9.98 min, and yeast addition was of 1.02%. Under these conditions, sweet corn steamed buns had a good sensory quality of 79.17 points, which was higher 9.64 points than that before optimization. The specific volume increased by 0.05 ml/g. The texture indicators had improved, and the gluten network structure was more compact.

Key words: fresh corn flour; steamed buns; technology

引文格式:

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

ZHANG Kang-yi, WANG Hui-jie, ZHANG Guo-zhi, et al. Optimization of processing technology of sweet corn buns [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 209-217

近年来,随着生活水平的日益提高,人们对营养健康越来越重视,对主食产品的要求也越来越高。食

收稿日期: 2019-11-11

基金项目: 河南省重大科技专项 (151100111300); 河南省农科院“四优四化”科技支撑项目 (SYSH20190103008)

作者简介: 张康逸 (1981-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品加工

通讯作者: 张国治 (1964-), 男, 教授, 研究方向: 食品资源开发与利用

品从以前的单一化走向多样化。馒头是我国的传统主食食品, 杂粮馒头在近几年来得到了广泛的应用, 这主要是由于杂粮粉中比面粉的营养价值丰富。魏春红等^[1]研制了以玉米粉、黑米粉以及黑豆粉代替部分中筋面粉的杂粮馒头, 得出其杂粮馒头是可以制作的, 但大批量生产还需进一步研究; 畅晓洁等^[2]利用二次发酵法对马铃薯馒头进行工艺优化, 得出了最佳工艺; 胡云峰等^[3]对青稞粉进行营养成分的分析并且研制出

了高膳食纤维的青稞馒头。

甜玉米的别名为水果玉米^[4],属于禾本科玉米属。甜玉米的营养价值丰富,含有高蛋白、多种矿物质、以及高含量的膳食纤维等^[5]。其中膳食纤维能够有效地预防便秘,促进人体肠胃的蠕动消化。甜玉米的多种不饱和脂肪酸含量丰富,具有降低胆固醇以及预防冠心病等的作用^[6]。甜玉米中的硒元素比普通玉米高出 8~10 倍,能够抑制人体癌细胞的生长^[7];甜玉米早已被应用于饭桌上。比如,甜玉米被作为蔬菜水果沙拉的配菜、加工成饮料^[8]以及罐头^[9]等产品。甜玉米因含水量多,货架期时间短,不易保存且易老化。对甜玉米脱水加工对延长甜玉米的保质期是一项很有利的发展前景。本文以速冻甜玉米粒为原材料,将其进行热风干燥处理并将其打粉过筛得到甜玉米粉。将甜玉米粉加到馒头中去,并进行单因素优化以及响应面优化,并进行验证实验,开发出新型的营养健康的主食馒头,为杂粮主食化做一些贡献。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

金龙鱼麦芯粉,益海嘉里(郑州)食品工业有限公司;甜玉米粉,实验室自制;安琪酵母;饮用纯净水。

和面机,如东嘉华食品机械有限公司;FX-ST 醒发箱,广州优连食品加工机械有限公司;质构仪,TMS-Pro, Food Technology Corporation of English。

1.2 试验方法

1.2.1 甜玉米馒头的制作

馒头的制作方法参考汪皎^[10]的方法,并稍做修正。具体步骤为(1)和面:分别称取混合粉和酵母(总粉的 1%),将 85%的混合粉及一定比例的水放入和面机和面 10 min。(2)第 1 次发酵:将面团放入醒发箱发酵 65 min,设定湿度为 80%,温度为 35 ℃。(3)成型:将剩余的 15%的混合粉及发酵好的面团放入和面机中面和 3 min,然后将面团分割成 100 g,揉制成型。(4)第 2 次醒发:将成型后的面团放入醒发箱进行 2 次醒发,醒发温度为 30 ℃,醒发湿度为 60%,醒发时间为 15 min。(5)蒸制及冷却:将面团放入沸水锅中蒸制 25 min 后取出冷却,包装。

1.2.2 馒头比容的评定

参照马标^[11]的方法对馒头进行比容的测定。

1.2.3 馒头质构的评定

馒头出锅后冷却 30 min,切成 15 mm 的馒头片,

取中心部位进行质构的测定。质构测定条件为:测试速度为 60 mm/min,触发力为 5 N,压缩百分比为 60%^[12]。

1.2.4 甜玉米馒头感官的评定

将蒸制好的馒头冷却 30 min,选择 15 名专业感官评价员对馒头进行感官评定,参考王慧洁等^[13]评分标准。

1.2.5 甜玉米粉添加量的确定

按照 1.2.3 馒头的制作方法,酵母添加量为 1%,发酵时间为 65 min,醒发时间为 15 min,搅拌时间为 10 min,设置甜玉米粉的添加量分别为:0%、5%、10%、15%、20%、25%、30%,研究不同甜玉米粉的添加量对馒头品质的影响。

1.2.6 甜玉米馒头工艺参数的单因素试验

发酵时间分别为:50、65、80、95、110、125 min,研究不同发酵时间对甜玉米馒头品质的影响。

醒发时间分别为:10、15、20、25、30、35 min,研究不同醒发时间对甜玉米馒头品质的影响。

搅拌时间分别为:5、10、15、20、25、30 min,研究不同搅拌时间对甜玉米馒头品质的影响。

酵母的添加量分别为:0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%,研究不同酵母添加量对甜玉米馒头品质的影响。

1.2.7 响应面试验

在单因素试验的基础上,合理选取因素水平,利用 Box-Behnken 原理,以馒头感官评分为响应值设计响应面试验来进一步优化。

1.2.8 甜玉米馒头面筋网络结构激光共聚焦显微镜(CSLM)

使用激光共聚焦显微镜观察甜玉米馒头的面筋网络结构,参照^[14]的方法并稍作修改。将蒸制好的甜玉米馒头冷却至室温,分割成 1.5 cm 正方体,迅速冷冻,用冷冻切片切片,厚度为 10 μm。用罗丹明 B (0.025%) 进行染色 2 min,用去离子水去除多余的染液,于显微镜下观察。

1.3 数据处理

用 Excel 2010 以及 Origin 8.6 软件对数据进行统计分析,三组平行。

2 结果与分析

2.1 添加不同比例甜玉米粉对馒头品质的影响

经研究表明,馒头的硬度值、咀嚼性与其品质呈负相关性,馒头的硬度值及咀嚼性越大,馒头的品质

越差；馒头的弹性与其呈正相关，弹性越大，馒头的口感越柔软^[15]。

如表 1 所示，随着甜玉米粉添加量的增加，馒头的硬度显著增加($p<0.05$)，当甜玉米粉添加到 20%后，

甜玉米粉添加量对馒头的硬度无显著影响；馒头的弹性随着甜玉米粉的增加呈下降的趋势，当甜玉米粉添加量达到 30%时，馒头的弹性显著性降低，馒头的品质变差。

表 1 甜玉米粉的添加量对馒头质构特性的影响

甜玉米粉添加量/%	硬度	弹性	胶黏性	咀嚼性
0	97.63±13.17 ^a	8.23±0.09 ^d	54.95±4.17 ^a	451.32±19.25 ^a
5	114.33±10.05 ^{ab}	8.14±0.17 ^{cd}	58.37±3.84 ^{ab}	473.93±13.89 ^a
10	121.63±11.7 ^b	8.07±0.22 ^{cd}	57.94±3.50 ^{ab}	576.13±38.23 ^b
15	132.47±11.05 ^b	7.88±0.17 ^{bc}	64.21±3.05 ^b	631.84±33.14 ^c
20	167.17±6.80 ^c	7.73±0.15 ^b	72.51±2.48 ^c	666.53±12.31 ^c
25	179.37±8.91 ^c	7.58±0.13 ^b	81.69±7.19 ^d	737.21±24.93 ^d
30	179.93±8.91 ^c	7.21±0.21 ^a	86.44±4.97 ^d	748.11±16.56 ^d

注：表中数字表示平均值±标准偏差，字母代表在 0.05 水平上的差异显著性。

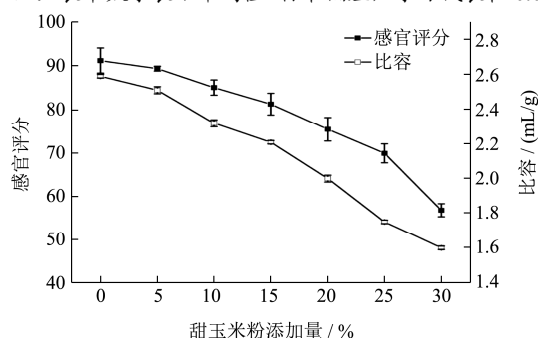


图 1 甜玉米粉的添加量对馒头感官品质的影响

Fig.1 Effect of the addition amount of sweet corn flour on the sensory quality of steamed bread

如图 1 所示，甜玉米馒头的感官评分呈下降的趋势，当甜玉米粉的添加量增加到 30%时，甜玉米馒头的感官评分急剧下降，主要是因为甜玉米粉含量过多会导致馒头的色泽变暗，口感粗糙。馒头的比容从 2.59 mL/g 降到 1.59 mL/g，甜玉米粉添加量小于 10%时，比容变化不明显；当甜玉米粉的量达到 30%时，馒头的比容下降很明显。造成这种现象的主要原因是，甜玉米粉中不含有能够形成面筋蛋白网络结构的面筋蛋白^[16]，甜玉米粉中的膳食纤维含量高，膳食纤维能够破坏面筋蛋白网络结构的形成^[17]。从而导致馒头的硬度变大，比容降低。由于甜玉米粉的成本较高，并且综合馒头的质构、比容以及馒头的感官评分，最终选取甜玉米粉的添加量为 25%的甜玉米馒头进行工艺优化。

2.2 单因素试验

2.2.1 发酵时间对鲜食甜玉米馒头品质的影响

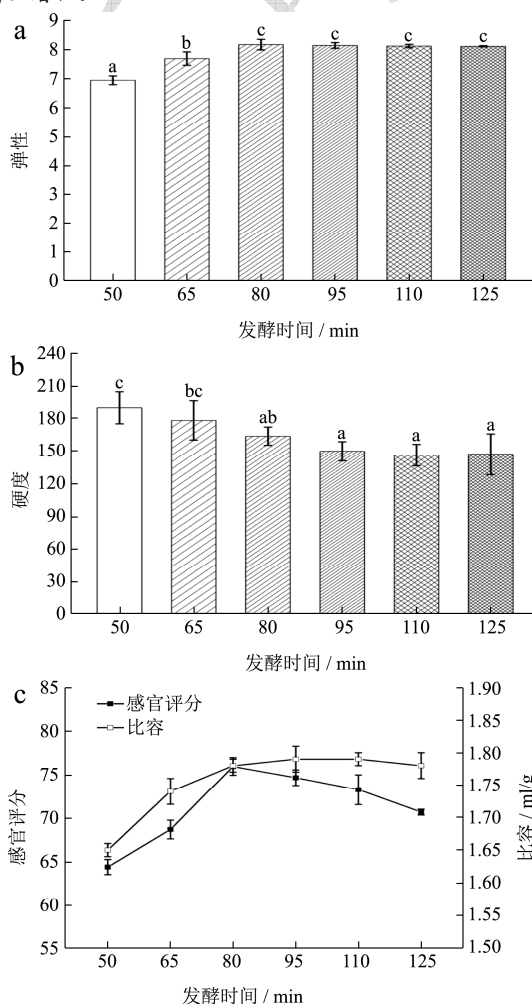


图 2 发酵时间对甜玉米馒头品质的影响

Fig.2 Effect of fermentation time on the quality of sweet corn taro

注：不同字母代表在 0.05 水平上的差异显著性，下同。

如图2(a、b)所示,随着发酵时间的增加,甜玉米馒头的硬度呈下降的趋势,当发酵时间达到80 min时,馒头的硬度无显著性变化。甜玉米馒头的弹性呈先上升后下降的趋势,当发酵时间达到80 min时,馒头的弹性变化不明显。

如图2(c)所知,随着发酵时间的增加,甜玉米馒头的比容呈先上升后逐渐降低的趋势,主要是因为随着发酵时间的延长,酵母产气逐渐增加,面团的持气能力逐渐增强,馒头的比容逐渐上升^[18]。当达到一定时间后,面团发酵过度,面筋网络结构遭到破坏,馒头的内部结构崩塌使得馒头的比容降低^[19]。馒头的感官评分呈先上升后降低的趋势,这主要是因为随着发酵时间的增加,馒头的硬度降低,蓬松度变好,馒头的口感松软,不黏牙,表面光滑,当发酵过度时,馒头有酸味产生,口感变差。综合质构及感官评分最后可得出:当发酵时间为80 min时,馒头的质量相对较好。选取65 min、80 min、95 min三个水平做响应面实验。

2.2.2 醒发时间对馒头品质的影响

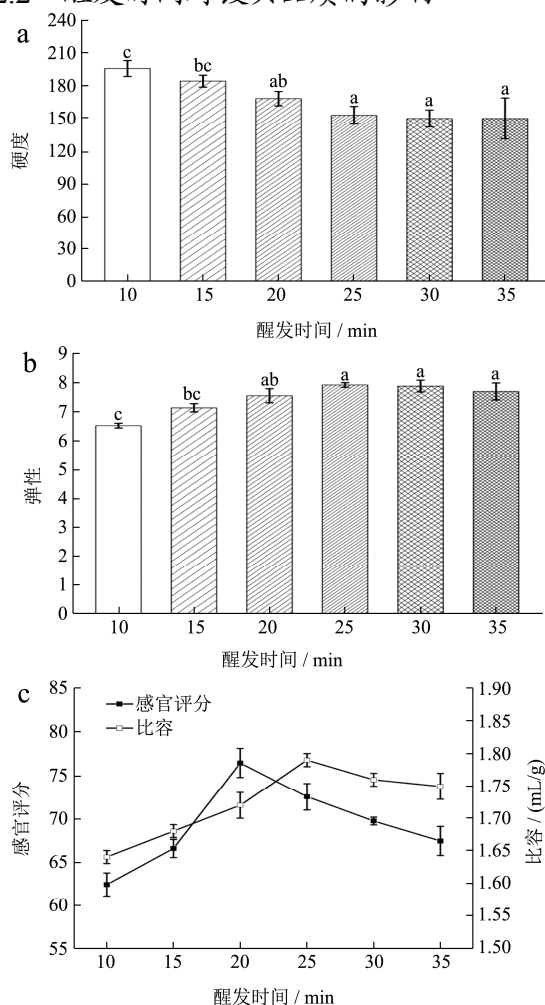


图3 醒发时间对甜玉米馒头品质的影响

Fig.3 Effect of proofing time on the quality of sweet corn taro

如图3(a、b)所示,随着醒发时间的增加,馒头的硬度呈下降的趋势,醒发10 min时与醒发20 min相比有着显著性的变化($p < 0.05$);当醒发时间达到20 min时,馒头的硬度变化不显著($p > 0.05$)。馒头的弹性随着醒发时间的增加先逐渐增加后平缓升高,醒发时间达到20 min后,馒头的弹性变化不显著。

如图3(c)所示,随着醒发时间的增加,馒头的比容呈先上升后下降的趋势。主要是因为,已经成型的面团在醒发过程中由于酵母的产气使得面团在逐渐的增大,同时被打乱的面筋蛋白网络在逐渐的形成,馒头的比容在逐渐的增大^[20]。当醒发时间过长时,酵母继续产气,面团会塌陷,导致馒头的比容降低^[21]。甜玉米馒头的感官评分呈先上升后下降的趋势,当醒发时间为20 min时,甜玉米馒头的感官评价价值最高。选取15 min、20 min、25 min三个水平做响应面实验。

2.2.3 搅拌时间对馒头品质的影响

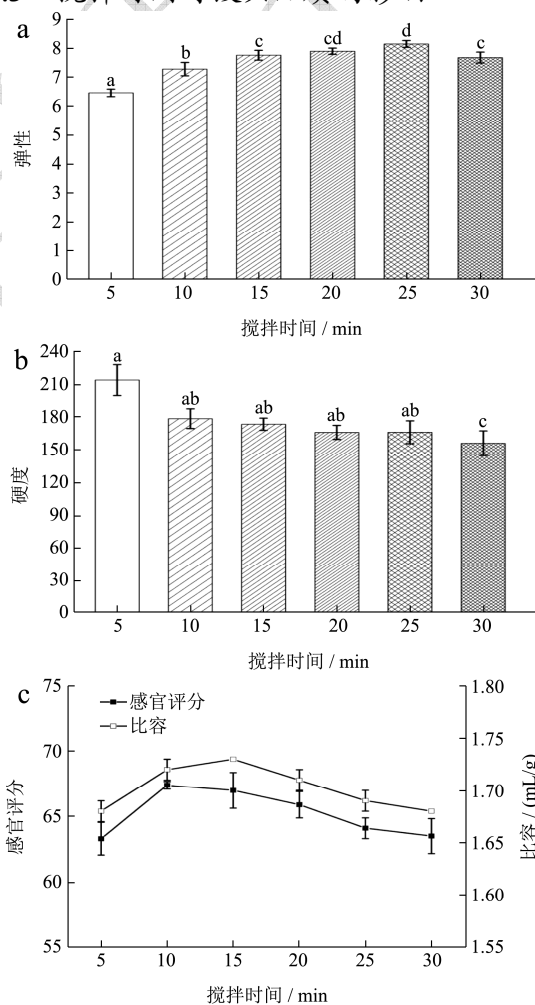


图4 搅拌时间对甜玉米馒头品质的影响

Fig.4 Effect of stirring time on the quality of sweet corn taro

如图4(a、b)所示,随着搅拌时间的增加,馒头的硬度变化不显著。馒头的弹性随着搅拌时间先增加后降低,当搅拌时间达到15 min后,馒头的弹性变

化趋势不显著。这可能是因为搅拌对面团筋网络有影响,搅拌时间较短时,酵母产气不足,面筋网络没有完全形成,导致馒头的硬度较大,弹性较小^[22];过渡搅拌后,面筋网络结构被破坏,馒头的弹性降低。

如图4(c)所示,随着搅拌时间的增加,馒头的比容变化趋势较平缓,当搅拌时间达到15 min时,馒头的比容最大;馒头的感官评分呈先上升后下降的趋势,当搅拌时间为10 min时,感官评分达到最大值。这可能是因为搅拌时间短,面筋网络没有充分形成,面团的体积小,导致馒头的比容降低,馒头的口感较硬,以至于感官评分较低;当搅拌时间过长时,面团的面筋网络结构被破坏,馒头的比容减小,外表粗糙,感官评分降低。最后得出,最优搅拌时间为10 min。选取5 min、10 min、15 min三个水平做响应面实验。

2.2.4 酵母添加量对馒头品质的影响

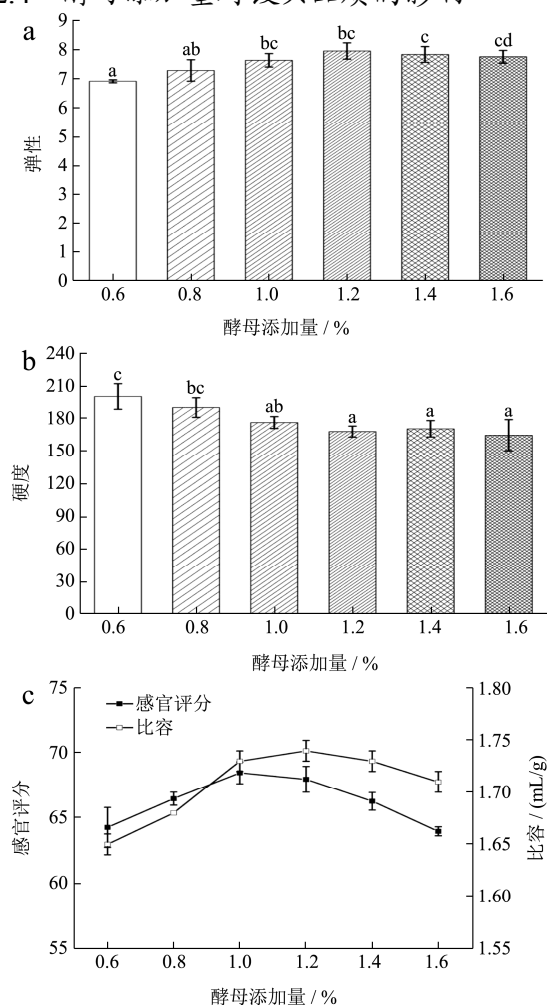


图5 酵母添加量对甜玉米馒头品质的影响

Fig.5 Effect of yeast addition on the quality of sweet corn taro

由图5(a、b)可得,随着酵母添加量的增加,馒头

的硬度呈先降低后升高的趋势,当酵母的添加量达到1%后,馒头的硬度无显著性的变化;馒头的弹性先增加后降低。这可能是因为,随着酵母添加量的增加,酵母的产气能力逐渐增大,使得馒头的体积增大,馒头的硬度降低,弹性增加。当酵母添加量达到一定值后,酵母继续增加产气量,面团的面筋网络被打破,出现坍塌的现象,导致馒头的硬度增加,弹性降低。

如图5(c)所示,随着酵母的增加甜玉米馒头的感官及比容呈先升高后降低的趋势。当酵母的添加量为1.2%时,馒头的比容达到最大值;感官评分在酵母的添加量为1%时最大。

由于酵母添加量的增加,酵母的产气速度加快,在面团的发酵过程中,充足的二氧化碳使得面团的体积增大,使得馒头的比容增加,当酵母过多时,产气过多,破坏了面团中面筋蛋白的二硫键,面团的内部结构崩塌,导致馒头的比容减少。当酵母的添加量超过1%时,馒头的有明显的酵母味,并且馒头的外观有裂缝,导致馒头的感官评分降低。综上可得出,最佳酵母的添加量为1%。选取0.5%、1%、1.5%三个水平做响应面实验。

2.3 响应面优化

2.3.1 响应面法优化甜玉米馒头加工工艺

由单因素试验结果可知,四个因素对鲜食甜玉米馒头感官品质有着很大的影响,因此以发酵时间、醒发时间、搅拌时间以及酵母添加量为单因素,以甜玉米馒头的感官评价值为响应值设计四因素三水平的响应面优化的实验。如表2所示。

表2 响应面实验因素水平表

Table 2 Response surface experimental factors level table

水平	A 发酵时间 /min	B 醒发时间 /min	C 搅拌时间 /min	D 酵母添加量 /%
-1	65	15	5	0.8
0	80	20	10	1.0
1	95	25	15	1.2

2.3.2 响应面回归方程的建立与结果分析

以感官评分值为因变量,以搅拌时间、发酵时间、酵母添加量、醒发时间四个因素进行响应面优化实验。对实验结果进行二次多元回归拟合,得到方程:

$$Y = 81.98 - 2.28 \times A - 1.21 \times B - 0.21 \times C + 0.067 \times D - 7.15 \times A \times B - 1.43 \times A \times C - 1.03 \times A \times D - 1.55 \times B \times C - 6.22 \times B \times D - 1.60 \times C \times D - 6.94 \times A^2 - 4.82 \times B^2 - 4.00 \times C^2 - 4.11 \times D^2$$

表 3 响应面实验设计与结果

Table 3 Response surface experiment design and results

实验编号	A 发酵时间/min	B 醒发时间/min	C 搅拌时间/min	D 酵母添加量/%	感官评分 Y
1	80	20	5	0.8	73.3
2	95	20	5	1.0	70.2
3	65	20	15	1.0	74.8
4	80	20	10	1.0	82.2
5	80	15	15	1.0	76.8
6	80	25	15	1.0	71.0
7	80	25	10	1.2	65.8
8	95	20	15	1.0	67.0
9	80	20	10	1.0	82.3
10	80	20	10	1.0	81.2
11	95	15	10	1.0	76.8
12	80	15	10	1.2	80.6
13	80	20	5	1.2	76.0
14	80	15	10	0.8	67.9
15	95	25	10	1.0	60.3
16	65	25	10	1.0	77.5
17	80	20	10	1.0	82.2
18	80	25	10	0.8	78.0
19	65	20	5	1.0	72.3
20	80	20	10	1.0	82
21	80	20	15	1.2	70.8
22	65	15	10	1.0	65.4
23	95	20	10	1.2	67.5
24	80	20	15	0.8	74.5
25	65	20	10	0.8	72.7
26	80	15	5	1.0	72.6
27	95	20	10	0.8	68.9
28	80	25	5	1.0	73.0
29	65	20	10	1.2	75.4

表 4 响应面二次模型的变量回归分析

Table 4 Variable Regression Analysis of Response Surface Quadratic Model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P	
Model	925.23	14	66.09	79.11	<0.0001	significant
A-发酵时间	62.56	1	62.56	74.89	<0.0001	
B-醒发时间	17.52	1	17.52	20.97	0.0004	
C-搅拌时间	0.52	1	0.52	0.62	0.4429	
D-酵母添加量	0.053	1	0.053	0.064	0.8042	
AB	204.49	1	204.49	244.78	<0.0001	
AC	8.12	1	8.12	9.72	0.0076	
AD	4.2	1	4.2	5.03	0.0416	
BC	9.61	1	9.61	11.5	0.0044	

转下页

接上页

BD	155	1	155	185.54	<0.0001	
CD	10.24	1	10.24	12.26	0.0035	
A ²	312.04	1	312.04	373.52	<0.0001	
B ²	150.91	1	150.91	180.64	<0.0001	
C ²	103.7	1	103.7	124.13	<0.0001	
D ²	109.61	1	109.61	131.21	<0.0001	
残差	11.7	14	0.84			
失拟项	10.89	10	1.09	5.39	0.0594	not significant
纯误差	0.81	4	0.2			
总误差	936.93	28				

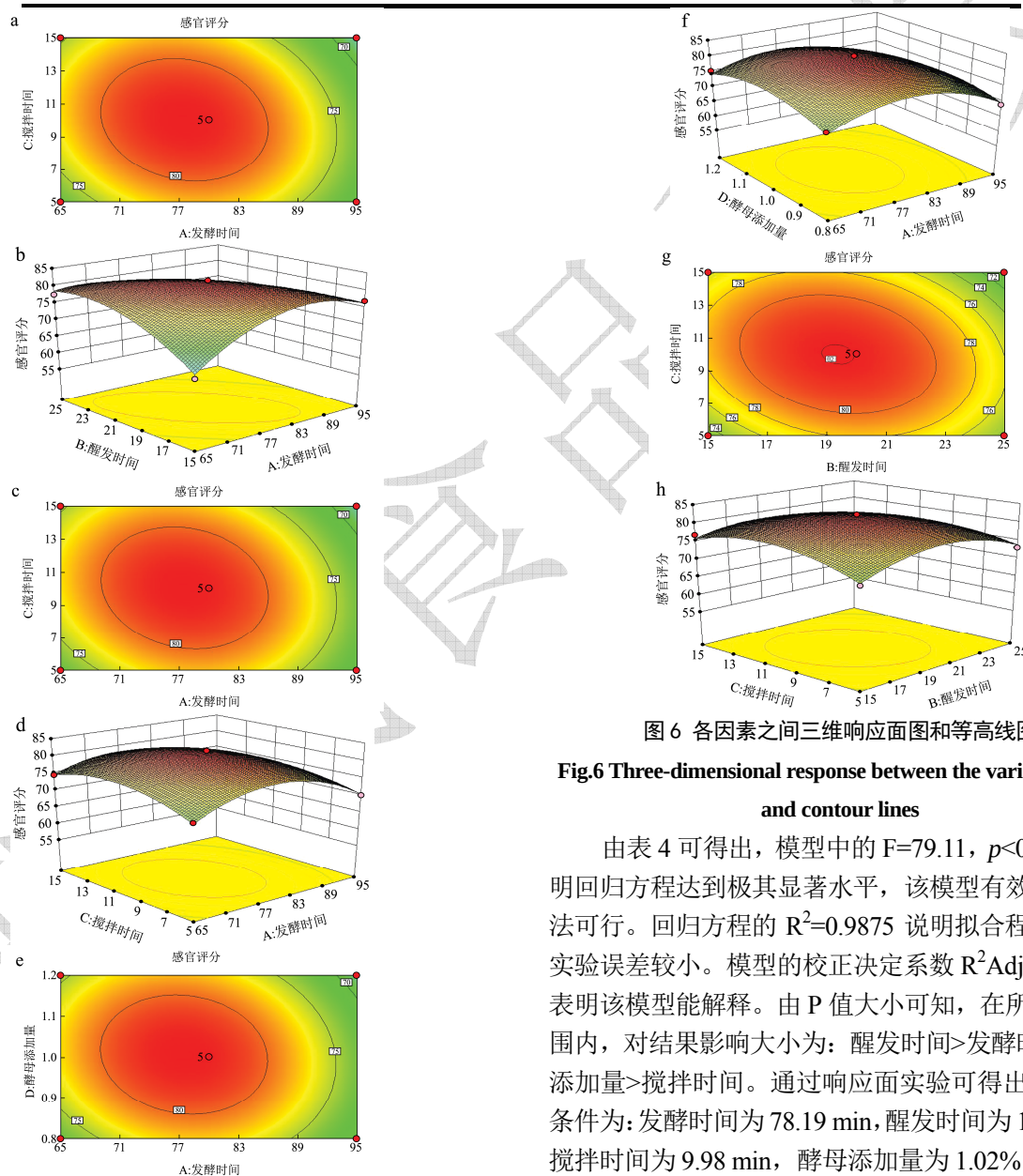


图6 各因素之间三维响应面图和等高线图

Fig.6 Three-dimensional response between the various factors and contour lines

由表4可得出,模型中的 $F=79.11$, $p<0.0001$,表明回归方程达到极其显著水平,该模型有效,实验方法可行。回归方程的 $R^2=0.9875$ 说明拟合程度良好,实验误差较小。模型的校正决定系数 $R^2_{Adj}=0.9750$,表明该模型能解释。由P值大小可知,在所选定的范围内,对结果影响大小为:醒发时间>发酵时间>酵母添加量>搅拌时间。通过响应面实验可得出最佳工艺条件为:发酵时间为78.19 min,醒发时间为19.51 min,搅拌时间为9.98 min,酵母添加量为1.02%。

表5 优化前后甜玉米馒头品质指标的变化

Table 5 Changes of sweet corn bun quality index before and after optimization

样品	感官评分	比容/(mL/g)	硬度	弹性
未优化甜玉米馒头	69.53±0.93	1.75±0.01	183.77±16.91	7.58±0.13
已优化甜玉米馒头	79.17±0.31	1.80±0.01	164.69±5.98	7.52±0.27
市售普通白面馒头	90.50±0.85	2.24±0.02	99.02±10.17	8.14±0.09

2.3.3 验证试验

2.3.3.1 优化前后甜玉米馒头品质指标的变化

由表5可得,优化后的甜玉米馒头的感官评分较优化前提高了9.64分,且比容增大了0.05 mL/g,质构品质也得到了相应的改善,但与市面上的普通白面馒头相比品质略差,这可能是因为甜玉米粉中缺少了面筋蛋白使得口感不及白面馒头,由此可以通过添加改良剂来进一步改善甜玉米馒头的品质指标。

2.3.3.2 CSLM 观察优化前后甜玉米馒头面筋蛋白微观结构的影响

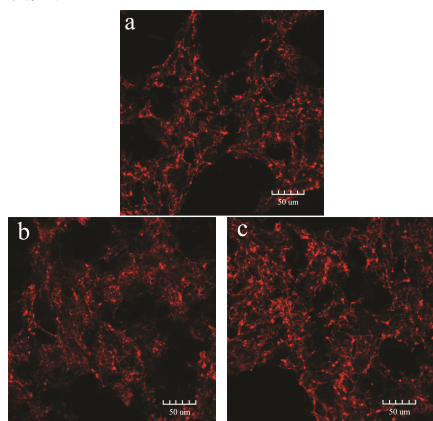


图7 面筋蛋白微观结构

Fig.7 Microstructure of gluten protein

注: a: 未优化甜玉米馒头; b: 已优化甜玉米馒头; c: 市售普通白面馒头。

图7为优化前后甜玉米馒头以及市售普通白面馒头面筋蛋白的微观结构,图中的蛋白质被罗丹明溶液染成红色。从图中可以看出面筋蛋白的网络结构^[23],面筋蛋白之间相互交联成复杂的网状结构。由于馒头经过高温蒸制使得淀粉糊化,并且馒头的孔洞相对较大。图a为未优化甜玉米馒头,面筋网络结构断裂严重,孔洞大,严重破坏了面筋蛋白的网络结构;图b为已优化甜玉米馒头,面筋网络结构相对清晰,结构相对紧密。图c为市售普通白面馒头,其面筋网络结构比甜玉米馒头结构更加紧致,孔洞相对较小。由此得出通过优化后的甜玉米馒头的蛋白网络结构得到了一定的改善,从而改善了甜玉米馒头的品质指标。

3 结论

3.1 本文对甜玉米进行处理后制作馒头,通过单因素

实验,响应面法优化实验分析。结果表明:当甜玉米粉添加量大于25%(甜玉米粉:麦芯粉=25:75)时,甜玉米馒头的品质指标急剧下降,且感官评价指标已不足60分。依据此标准,选取甜玉米添加量为25%时进行单因素及响应面的优化,最终得到最佳工艺条件为:发酵时间为78.19 min,醒发时间为19.51 min,搅拌时间为9.98 min,酵母添加量为1.02%。优化后的甜玉米馒头具有良好的感官品质为79.17分,比优化前增加9.64分;比容增加至1.80 mL/g;质构指标有所改善;通过CSLM观察得出优化前的甜玉米馒头的面筋蛋白网络结构更加紧致。

3.2 本实验旨在研究甜玉米馒头制作的可行性,以及通过工艺优化改良甜玉米馒头的品质。结果证实营养健康的甜玉米馒头可以制作,并且可使人接受。但是杂粮馒头的口感以及质构相比于市面上的普通白面馒头相对较差。所以要生产出更加美味的甜玉米馒头可进一步适当添加在使用标准内的添加剂改良甜玉米馒头的品质。

参考文献

- [1] 魏春红,郭道博,包智颖,等.3种粗杂粮混合粉馒头最佳工艺配方的研究[J].食品研究与开发,2017,38(9):103-107
WEI Chun-hong, GUO Dao-bo, BAO Zhi-ying, et al. Study on the optimum process formula of three kinds of coarse grain mixed flour steamed bread [J]. Food Research and Development, 2017, 38(9): 103-107
- [2] 畅晓洁,畅阳,侯佳慧.二次发酵法制作马铃薯馒头的工艺优化[J].现代食品,2016,12:64-68
CHANG Xiao-jie, CHANG yang, HOU Jia-hui. Process optimization of making potato steamed buns by secondary fermentation [J]. Modern Food, 2016, 12: 64-68
- [3] 胡云峰,王晓彬,路敏.高膳食纤维青稞馒头的研究[J].粮食与油脂,2019,32(5):43-47
HU Yun-feng, WANG Xiao-bin, LU Min. Study on the steamed buns with high dietary fiber [J]. Cereals and Oils, 2019, 32(5): 43-47
- [4] 李爱群,梁彬霞.甜玉米食品的国内外加工技术分析[J].农产品加工,2016,22:56-59
LI Ai-qun, LIANG Bin-xia. Analysis of domestic and foreign

- processing technology of sweet corn food [J]. Processing of Agricultural Products, 2016, 22: 56-59
- [5] Cutulle M A, Armel G R, Kopsell D A, et al. Several pesticides influence the nutritional content of sweet corn [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2018, 66(12): 3086-3092
- [6] Song J, Chen J, Li D, et al. Thermal isomerization and degradation behaviours of carotenoids in simulated sweet corn juice [J]. Food & Bioprocess Technology, 2018, 11(3): 836-844
- [7] 吴婕,王磊,杨柳.甜玉米发酵酒液化工艺的研究[J].粮食与油脂,2019,32(11):70-73
WU Jie, WANG Lei, YANG Liu. Study on liquefaction process of sweet corn fermented wine [J]. Cereals and Oils, 2019, 32(11): 70-73
- [8] Song J, Chen J, Li D, et al. Thermal isomerization and degradation behaviours of carotenoids in simulated sweet corn juice [J]. Food & Bioprocess Technology, 2018, 11(3): 836-844
- [9] 侯艳菲.甜玉米保鲜与加工技术研究[J].农业技术与装备, 2016,8:49-50-53
HOU Yan-fei. Study on fresh corn fresh-keeping and processing technology [J]. Agricultural Technology & Equipment, 2016, 8: 49-50, 53
- [10] 汪姣.杂粮馒头的制作及其品质特性分析[D].合肥:安徽农业大学,2012
WANG Jiao. The production of quality grain bread and its quality characteristics [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2012
- [11] 马栎,李逸鹤,杨婷婷.糙米豆粉馒头制作工艺研究[J].农业科技与装备,2014,10:40-44
MA Li, LI Yi-he, YANG Ting-ting. Study on the manufacturing technology of brown rice bean flour steamed bun [J]. Agricultural Science and Technology, 2014, 10: 40-44
- [12] Renzetti S, Dalbellof, Arendtek. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours reated with a microbial transglutaminase [J]. Journal of Cereal Science, 2008, 48(1): 33-45
- [13] 王慧洁,张国治,张雨.鲜食甜玉米粉对面团特性及馒头品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2019,6:19-25
WANG Hui-jie, ZHANG Guo-zhi, ZHANG Yu. Effects of fresh sweet corn flour on dough characteristics and steamed bread quality [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 6: 19-25
- [14] Jekel M, Becker T. Dough microstructure: Novel analysis by quantification using confocal laser scanning microscopy [J]. Food Research International, 2011, 44: 984-991
- [15] 吕军仓,席小艳.质构分析仪在面制品品质评价中的应用[J].现代面粉工业,2006,4:58-58
LYU Jun-cang, XI Xiao-yan. Application of texture analyzer in quality evaluation of noodle products [J]. Modern Flour Industry, 2006, 4: 58-58
- [16] Wei Z S, Hua-Li L I, Zhang X, et al. Optimization of extracting the dietary fiber from corn bran [J]. Journal of Hunan Agricultural University, 2009, 35(1): 100-103
- [17] 张国治,王慧洁,刘忠思,等.小麦面筋蛋白的组成、功能特性及产业化应用[J].粮食加工,2019,44(3):1-4
ZHANG Guo-zhi, WANG Hui-jie, LIU Zhong-si, et al. Composition, functional characteristics and industrial application of wheat gluten protein [J]. Cereals Processing, 2019, 44(3): 1-4
- [18] 王小鹤,于淼,王锋.玉米馒头制备工艺条件对其感官品质的影响[J].食品工业科技,2016,37(18):271-276
WANG Xiao-he, YU Miao, WANG Feng. Effects of processing conditions of corn buns on their sensory quality [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(18): 271-276
- [19] 唐佳,白霞,郑萌,等.复合膳食纤维在面包中的应用[J].粮食加工,2010,4:74-76
TANG Jia, BAI Xia, ZHENG Meng, et al. Application of compound dietary fiber in bread [J]. Cereals Processing, 2010, 4: 74-76
- [20] Liu Xingli, Mu Taihua, Sun Hongnan, et al. Effect of ingredients on the quality of gluten-free steamed bread based on potato flour [J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56: 2863-2873
- [21] Hemdane S, Langenaeken N A, Jacobs P J, et al. Study of the role of bran water binding and the steric hindrance by bran in straight dough bread making [J]. Food Chemistry, 2018, 253(1): 262-268
- [22] Xu X, Xu Y, Wang N, et al. Effects of superfine grinding of bran on the properties of dough and qualities of steamed bread [J]. Journal of Cereal Science, 2018, 81: 76-82
- (下转第 156 页)