

响应面法优化蜂蜜甜面包制作工艺研究

解殿伟¹,王慧俐¹,吴祖芳^{2*}

(1. 浙江特殊教育职业学院,浙江 杭州 310023 2. 宁波大学 食品与药学学院,浙江 宁波 315800)

摘要:为提高甜面包营养价值,改善滋味,降低面包热量,用蜂蜜替换传统甜面包配方中的砂糖,并通过单因素试验与响应面法对甜面包工艺条件进行优化,确定蜂蜜甜面包的最佳工艺为:面团浸泡时间 50 min、发酵时间 80 min、烘烤温度 200 ℃、烘烤时间 45 min,在此工艺条件下生产的蜂蜜甜面包品质最佳。

关键词:蜂蜜;甜面包;响应面法;工艺优化;烘焙工艺

Optimization of Honey Sweet Bread Making Process by Response Surface Methodology

XIE Dian-wei¹, WANG Hui-li¹, WU Zu-fang^{2*}

(1. Zhejiang Special Education Vocational College, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. College of Food and Pharmaceutical Sciences, Ningbo University, Ningbo 315800, Zhejiang, China)

Abstract: In order to improve the nutritional value of sweet bread, improve the taste, reduce the calories of bread, replace the sugar in traditional sweet bread formula with honey, and optimize the processing conditions of sweet bread by single factor experiment and response surface method to determine the most honey sweet bread. The best process was: dough soaking time 50 min, fermentation time 80 min, baking temperature 200 ℃, baking time 45 min, the quality of honey sweet bread produced under this process condition is the best.

Key words: honey; sweet bread; response surface method; process optimization; baking process

引文格式:

解殿伟,王慧俐,吴祖芳. 响应面法优化蜂蜜甜面包制作工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(4): 95-100, 145

XIE Dianwei, WANG Huili, WU Zufang. Optimization of Honey Sweet Bread Making Process by Response Surface Methodology[J]. Food Research and Development, 2020, 41(4): 95-100, 145

随着居民生活品质的提高,烘焙行业迎来了快速发展期,近年来对面包的需求市场不断扩大^[1]。为了满足烘焙市场需求,国内研究面包制作的学者们对面包制备工艺进行了大量研究,主要集中在配方优化与工艺改良^[2]。寻找一种砂糖替代品,既能保持甜面包香甜的味觉感受,降低成品糖分成为目前企业需要解决的关键问题^[3]。

蜂蜜是由蜜蜂酿制而成的一种纯天然绿色食品,

容易被人体吸收利用,具有良好的保健功效^[4]。同质量的蜂蜜所含热量是蔗糖的 80%,蜂蜜的甜度约是蔗糖的 2 倍^[5]。在甜面包制作中用蜂蜜取代蔗糖可降低面包热量,增加各种营养素,增加面包的食用功能,而且也符合现代人健康饮食的习惯^[6]。蜂蜜可以分解发酵面团中的植酸,为酵母繁殖提供能量,缩短发酵时间,使制品更加香甜松软^[7]。

基于此,本研究在传统甜面包制作配方基础上,使用蜂蜜替代蔗糖,对面团搅拌、发酵、烘烤三大工艺采用不同时间、温度进行单因素试验,应用 JMP 软件设计响应面分析,研究面团搅拌浸泡、发酵时间、烘烤时间、烘烤温度等因素与感官评价之间建立响应关系,采用响应面设计试验,对数据进行分析,最终确定甜面包最优加工工艺。

基金项目:2018 年度浙江省自然科学基金-基础公益研究计划项目(LGF18F010003)

作者简介:解殿伟(1980—),男(汉),讲师,硕士,研究方向:食品加工与安全。

*通信作者:吴祖芳(1963—),男(汉),教授,博士生导师,研究方向:食品生物技术研究。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料

高筋面粉:江苏南顺食品有限公司;安佳黄油:新西兰恒天然集团;蜂蜜:北京百花蜂蜜有限公司;韩国幼砂糖:大韩制糖(株);盐:浙江盐业公司;脱脂奶粉:安徽达诺乳业有限公司;即发干酵母:英联马利食品(上海)有限公司;S500面包改良剂:广州焙乐道食品有限公司;鸡蛋:市售。

1.1.2 仪器与设备

SPC-40SP 喷雾醒发箱、SM25 双速双动面团搅拌机、SK2-633 烤箱:无锡新麦机械有限公司;JA2003A 电子天平:上海精密仪器仪表有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 配方确定

以行业甜面包制作配方为基础,通过预试验确定试验配方,高筋粉 1 000 g、蜂蜜 160 g、即发干酵母 14 g、水 380 g、盐 10 g、黄油 80 g、鸡蛋 70 g、面包改良剂 3 g。

1.2.2 制备工艺

1)面团浸泡:将高筋粉倒入搅拌机内,加入 300 g

水搅拌均匀 2 min,取出密封放置,进行面团浸泡^[9]。

2)面团成型:将浸泡过面团放入搅拌机内,加入改良剂、即发干酵母、蜂蜜、全蛋液、水,中速搅拌 5 min,再加入盐、黄油慢速搅拌 10 min,静置 20 min 后分割成 100 g/个,搓圆,放入烤盘备用^[10]。

3)面团发酵:将成型后的面团放入温度 30 ℃、湿度 85 %的醒发箱内进行面团发酵^[11]。

4)面包烘焙:将完成发酵的面包胚体放入烤箱,按设计温度与时间进行烘焙,即得蜂蜜甜面包。

1.2.3 面包体质比计算

面包出炉后放置 30 min,先测量面包质量,在将面包放入量筒中,加入色拉油并覆盖,测量体积,取出面包后测量剩余色拉油体积,二者差即为面包体积^[12]。计算公式如下:体质比=面包体积(mL)/面包质量(g)。

1.2.4 感官检验指标

依据美国烘焙学院设计的面包评价标准对面包进行外部感官和内部感官评价。面包出炉后放置 120 min,测量其重量、体积,面包体积采用油菜籽代替法测定,计算体质比。请 10 位具有食品背景专业人员进行感官评定,取 10 个人的平均值,评价标准见表 1。

表 1 感官评定标准表

Table 1 Sensory evaluation standard table

评分项目	感官标准	评分指标	分值 (总分 100)
外观评价指标 (40 分)	体质比	体质比在 5.6~6.0 之间; 体质比在 6.1~6.5 或 5.1~5.5 之间; 体质比在 4.6~5.0 或 6.6~7.1 之间; 体质比在 4.0~4.5; 体质比在 3.6~3.9。	14 分~15 分 12 分~13 分 10 分~11 分 7 分~9 分 0 分~8 分
	表皮色泽	正常的表皮颜色应是淡绿色,未带黄色,顶部较紧而四边较浅,无斑点、无条纹、有光泽。	优 8 分~10 分;良 6 分~7 分;中 4 分~5 分;差 0 分~3 分。
	外表形态	成品应规整,成品成型符合产品几何需求,大小、长短均匀。	优 5 分;良 4 分;中 3 分;差 0 分~2 分。
	烘烤均匀度	颜色均匀适中,四周颜色太浅,四周颜色不太深,底部颜色太深,有斑点。	优 5 分;良 4 分;中 3 分;差 0 分~2 分。
	表皮质地	薄而柔软计满分。表皮厚而坚韧。产生灰白而碎片的表皮等酌情扣分。	优 5 分;良 4 分;中 3 分;差 0 分~2 分。
	内部评价指标 (60 分)	颗粒和气孔	颗粒也较细小,且有弹性和柔软,以颗粒大小一致,而由颗粒所影响的整个面包内部组织应细柔而不规则的孔洞。粗糙、有气孔、纹理不匀酌情扣分。
		香味	具有独特的艾香味和发酵、烘烤后的面包香味、无陈腐味、生面味和其它不良气味。
		口感	而且面包咬入嘴内应很容易地嚼碎,且不黏牙,并容易嚼烂,含有微甜味和微苦味。
		组织结构	内部结构均匀,不含大小蜂窝状的孔洞,弹性好,呈海绵状,切片后不断裂。

1.2.5 单因素试验设计

以面团浸泡时间 50 min、发酵时间 70 min、烘烤温度 200 ℃、烘烤时间 45 min 为基础工艺条件,在其他工艺条件恒定情况下,分别分析不同的面团浸泡时间(0、10、20、30、40、50、60、70 min),不同的发酵时间(60、70、80、90、100、110 min)、不同的烘烤温度(170、180、190、200、210、220 ℃)、不同的烘烤时间(35、40、45、50、55、60 min)对蜂蜜甜面包的品质影响,根据结果确定最佳工艺因素。

1.2.6 响应面优化试验设计

根据单因素试验结果,以面团浸泡时间、发酵时间、烘烤温度、烘烤时间为试验因素,使用 JMP13 软件,设计四因素三水平响应面试验,根据软件设计进行 17 次独立试验,对蜂蜜甜面包制作工艺进行优化分析,响应面试验设计参数见表 2。

表 2 响应面因素水平
Table 2 Response surface factor level

水平	因素			
	A 浸泡时间/min	B 发酵时间/min	C 烘烤温度/℃	D 烘烤时间/min
-1	30	70	190	40
0	40	80	200	45
1	50	90	210	50

1.3 数据分析

单组别试验重复 3 次,通过 SPSS 软件进行数据分析, $P < 0.05$ ^[14] 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 浸泡时间对蜂蜜甜面包品质影响

浸泡时间对蜂蜜甜面包品质影响见图 1。

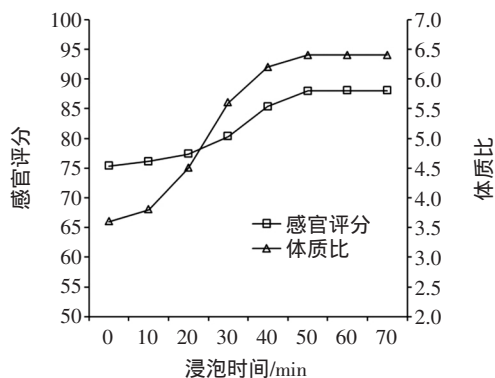


图 1 浸泡时间对蜂蜜甜面包品质影响

Fig.1 Effect of soaking time on the quality of honey sweet bread

由图 1 可知,在面团搅拌工艺增加面团浸泡环节对面感官得分影响明显。在面团浸泡 0 min 至 50 min 区间内,面包体质与感官评价分值成上升趋势,在面团浸泡 0 min 至 30 min 区间内,图像斜率平缓,制得的面包体积和感官评价分值相差较小,说明在此时间区间内浸泡时间对面团对面筋的影响较小,在 30 min 至 50 min 分区间内图像斜率大,增速较快,说明此时间区间内浸泡面团时间长短对面筋的影响较大,在面团浸泡 50 min 至 70 min 区间内,制作面包体积和感官评分变化不显著。综合分析,面团浸泡 50 min 品质最佳。

2.1.2 发酵时间对蜂蜜甜面包品质影响

发酵时间对蜂蜜甜面包品质影响见图 2。

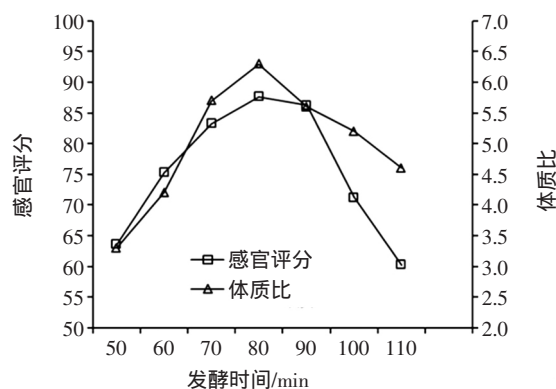


图 2 发酵时间对蜂蜜甜面包品质影响

Fig.2 Effect of fermentation time on the quality of honey sweet bread

根据图 2 分析,面团的发酵时间对蜂蜜甜面包的品质影响较大,直接影响面包的体积、组织、口感、味道、硬度、新鲜度等^[15]。在发酵 50 min 时感官得分较低,是因为面团发酵时间短,内部二氧化碳气体产生较少,面筋没有充分扩展,成品体积较小,组织粗糙、硬度大。在 50 min 至 80 min 区间,随着时间的增长,感官得分增速较快,发酵速度逐渐变快,面团内二氧化碳气体增速变快,体积膨胀增快,面筋逐渐扩展,硬度降低,弹性增强。在 70 min 至 80 min 区间随着时间的增长,对感官评分影响效果逐渐放缓,在 80 min 时达到最大值。原因是面团经过 70 min 发酵已达到合格标准,在此区间各项感官评分指标变化变较小,80 min 至 110 min 区间感官得分逐渐降低,下降速度呈加快趋势,原因是随着发酵时间的持续增长,酵母大量繁殖产生大量二氧化碳气体超出面胚承受能力,涨断面筋,体积减小,组织变得粗糙,气孔变大,硬度增强,酵母繁殖释放出的乳酸菌快速增加使成品变酸,食用价值降低^[16]。综合分析,蜂蜜甜面包发酵时间过长或过短对面包的品质影响很大,在 70 min 至 90 min 内较为适宜,发酵时

间为 80 min 品质最佳。

2.1.3 烘烤温度对蜂蜜甜面包品质影响

烘烤温度对蜂蜜甜面包品质影响见图 3。

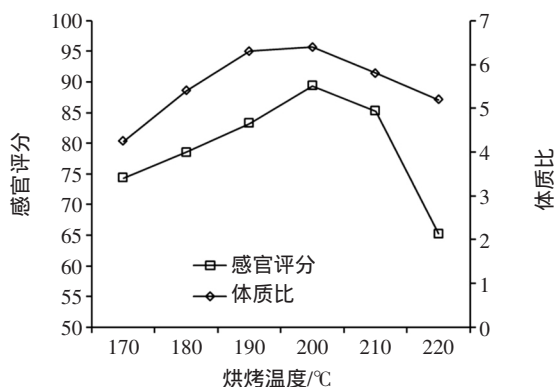


图 3 烘烤温度对蜂蜜甜面包品质影响

Fig.3 Effect of baking temperature on the quality of honey sweet bread

由图 3 可知,烘烤温度对蜂蜜甜面包的感官评分影响较大。以烘烤温度在 170 °C 为起点,蜂蜜甜面包感官评分随着烘烤温度的上升,以 200 °C 为最高值,先增加,后下降。烘烤温度在 170 °C 至 180 °C 区间内感官分值与体积增加缓慢,原因是此区间温度较低,面胚不易成熟,面包芯会发黏,受热膨胀不够明显,体积增长缓慢,缺少弹性,表皮颜色浅^[17];烘烤温度在 180 °C 至 190 °C 区间内感官分值增加明显,原因是随着区间温度升高胚体颜色加深,体积膨大效果变得明显,内芯成熟加快,弹性增强。烘烤温度在 190 °C 至 200 °C 区间内感官分值增加并不明显,原因是在 190 °C 时面包烘烤温度达到合格标准,烘烤胚体各项感官指标得分较好,故此区间感官得分提升较小;当温度超过 200 °C 后,随着温度持续升高,感官得分下降速度加快,因温度过高,胚体表面焦糖化反应过度,呈现深黄色或黑色,内部水分蒸发较快导致成品变硬,口感降低,体积减小。综合分析,面团烘烤温度在 200 °C 蜂蜜甜面包品质最佳。

2.1.4 烘烤时间对蜂蜜甜面包品质影响

烘烤时间对蜂蜜甜面包品质影响见图 4。

从图 4 可知,烘烤时间的掌控对蜂蜜甜面包品质感官得分影响明显。以 35 min 为起点,随着烘烤时间的延长,感官得分呈现先增加,后降低的趋势,在 45 min 时达到最大值。在 35 min 时,因烘烤时间没有达到使胚体成熟的程度,胚体膨胀小,焦糖化作用小,表面颜色浅,内芯没有完全成熟而发黏^[18]。在 35 min 至 40 min 区间,感官分值上升较快,因随着烘烤时间增长胚体颜色加深,内芯渐渐成熟,组织渐渐均匀、松软,体积增

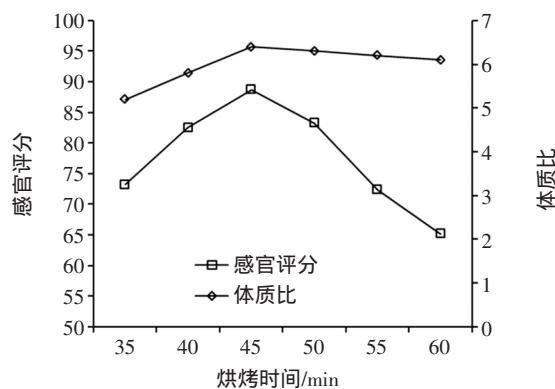


图 4 烘烤时间对蜂蜜甜面包品质影响

Fig.4 Effect of baking time on the quality of honey sweet bread

大。在 40 min 至 45 min 感官分值增速较慢,原因是在烘烤时间在 40 min 时,面包内部已经成熟,体积膨大基本完成,成品色泽基本达标,所以随着时间的增加胚体表面颜色会更加美观,体积更加稳定,其他因素影响较小。当烘烤时间超过 45 min 后,感官得分随着时间的延长逐渐下降,时间越长降速越快。原因是随着烘烤时间增长,水分蒸发过多,硬度增强,焦糖化作用更明显,表皮变深黄或浅黑色^[19]。综合分析,面团烘烤时间在 45 min 时蜂蜜甜面包品质最佳。

2.2 响应面试验优化结果及分析

2.2.1 回归模型建立与显著性检验

使用 JMP13 软件中试验设计中的定制设计,将蜂蜜甜面包感官评价得分作为响应量,目标设定为最大化^[20],将面团搅拌浸泡时间、发酵时间、烘烤温度、烘烤时间等四个因素作为因子,设定三水平试验,按照各组合参数进行试验,确定感官评价得分,结果如表 3 所示。

表 3 响应面试验设计及结果

Table 3 Response surface experiment design and results

序号	A 浸泡时间/min	B 发酵时间/min	C 烘烤温度/°C	D 烘烤时间/min	感官评价得分
1	50	70	190	40	80
2	30	80	210	50	85.5
3	50	80	190	50	90.9
4	30	80	190	40	85.4
5	50	80	210	40	93.4
6	40	90	200	45	93.3
7	30	90	190	50	89.1
8	50	90	190	40	86.6
9	30	80	200	45	94.6
10	50	70	210	50	85.6
11	40	80	200	50	92.7
12	30	90	210	40	88.8

续表 3 响应面试验设计及结果
Continue table 3 Response surface experiment design and results

序号	A 浸泡时间/min	B 发酵时间/min	C 烘烤温度/℃	D 烘烤时间/min	感官评价得分
13	30	70	210	40	85.6
14	40	80	190	45	90.5
15	40	70	200	45	90.7
16	50	90	210	50	81.7
17	30	70	190	50	84.3

将表 3 感官得分录入 JMP13 软件,采用响应曲面

试验设计,在分析-拟合模型中角色变量选择感官评价得分,特质选择拟合最小二乘法进行统计分析^[21]。得到拟合总汇总表 4 和表 5 参数估计值。

表 4 响应面试验拟合总汇总表
Table 4 Response surface experiment fitting summary table

项目	数值
R ²	0.994 993
调整 R ²	0.983 978
均方根误差	0.539 015
响应均值	88.158 82
观测数(或权重和)	17

表 5 参数估计值
Table 5 Parameter estimates

序号	项	估计值	标准误差	t 比	概率> t	P 值
1	截距	95.089 23	0.722 15	131.68	<.0001*	-
2	A(30,50)	0.519 076 9	0.356 782	1.45	0.205 5	0.003 99
3	B(70,90)	1.3	0.379 524	3.43	0.018 7*	0.000 55
4	C(190,210)	0.171 250 8	0.341 841	0.50	0.637 7	0.060 10
5	D(40,50)	-0.087 917	0.341 841	-0.26	0.807 3	0.181 40
6	AB	-0.7	0.424 321	-1.65	0.159 9	0.017 73
7	AC	-3.101 812	0.600 08	-5.17	0.003 6*	0.027 84
8	AD	-1.55	0.424 321	-3.65	0.014 7*	0.044 61
9	BC	-4.462 97	0.962 09	-4.64	0.005 6*	0.000 51
10	BD	-1.15	0.424 321	-2.71	0.042 3*	0.002 09
11	CD	-2.314 692	0.366 3	-6.32	0.001 5*	0.000 02
12	A ²	-2.346 303	0.962 09	-2.44	0.058 7	0.721 53
13	B ²	95.089 23	0.722 15	131.68	<.000 1*	0.000 05
14	C ²	-4.417 899	0.139 262	-31.72	0.001 0*	0.000 16
15	D ²	-2.330 399	0.139 262	-16.73	0.003 6*	0.003 07

注:表中项列中的*是指因子间的交互作用,“-”表示没有对该项目进行数据计算。

由表 4、表 5 数据得到 $|t| < 0.000 1 < 0.05$ 概率,同时 R^2 为 0.994 993 趋近于 1,且 R^2 -调整 $R^2=0.011 015$ 非常小,所以证明此模型与实际拟合良好,所分析得到的数据为有效数据,对产品制作工艺具有优化指导意义。

图中 P 值越小,该项或交互作用项影响越大。由图可得,本组试验中 CD $P=0.000 02$ 、 B^2 $P=0.000 005$ 说

明这两项的拟合作用对模型有显著影响最为显著,结果误差小。工艺因素对面包品质影响主次顺序为:发酵时间>浸泡时间>烘烤温度>烘烤时间。

2.2.2 响应面分析与优化

依据所建立的二元回归拟合方程所建立的模型对影响因素进行优化分析,图 5 为 JMP14 软件中拟合最小二乘法-响应感官评分预测刻画器最大化意愿图。

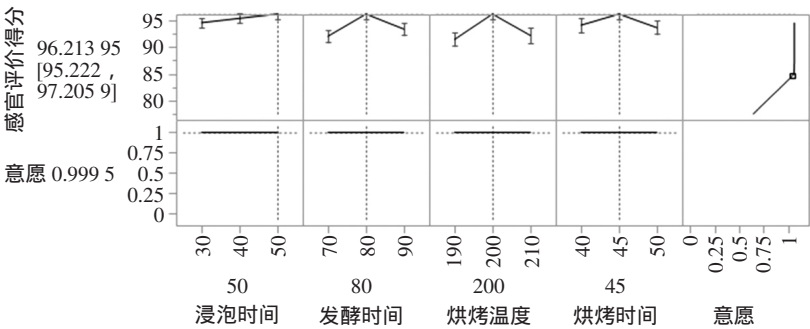


图 5 JMP-拟合最小二乘法-响应感官评分预测刻画器最大化意愿图

Fig.5 JMP-fitting least squares-response sensory score prediction illustrator maximizes willingness map

图5中显示采用浸泡时间50 min,发酵时间80 min,烘烤温度200℃,烘烤时间45 min制得的产品感官得分为96.21,意愿值为0.999 5,置信区间[95.213 95,97.205 9]。对所建立的模型进行响应曲面刻画,得到响应曲面图6、图7、图8、图9、图10。

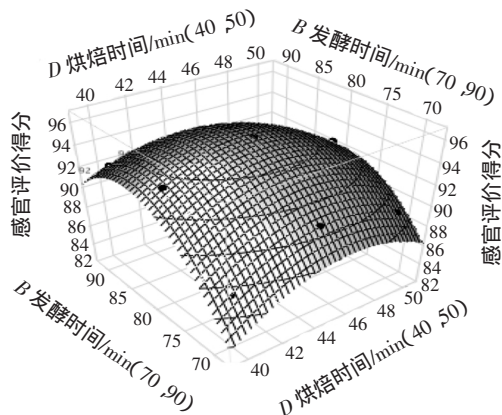


图6 烘烤时间与发酵时间对面包感官评价影响

Fig.6 Effect of baking time and fermentation time on sensory evaluation of bread

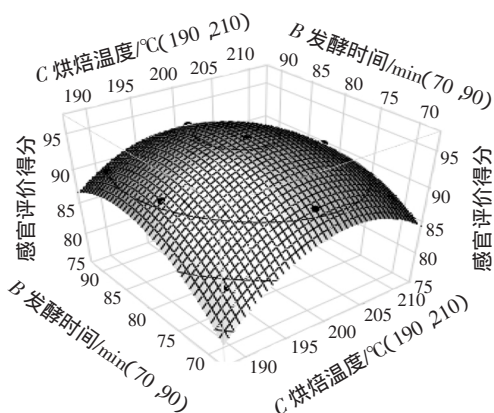


图7 烘烤温度与发酵时间对面包感官评价影响

Fig.7 Effect of baking temperature and fermentation time on sensory evaluation of bread

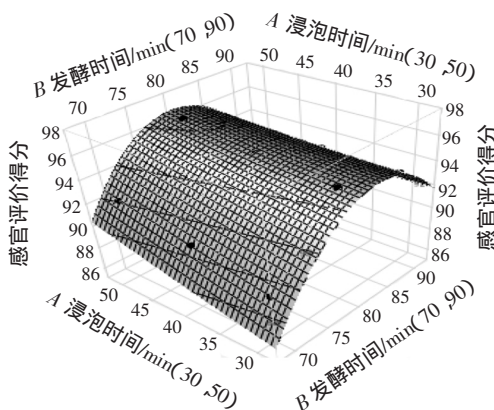


图8 烘烤时间与烘烤温度对面包感官评价影响

Fig.8 Effect of baking time and baking temperature on sensory evaluation of bread

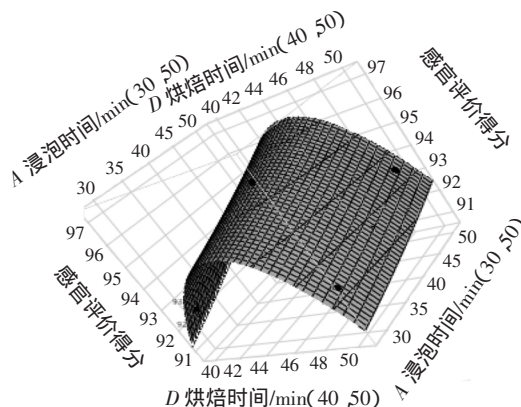


图9 发酵时间与浸泡时间对面包感官评价影响

Fig.9 Effect of fermentation time and dough soaking on sensory evaluation of bread

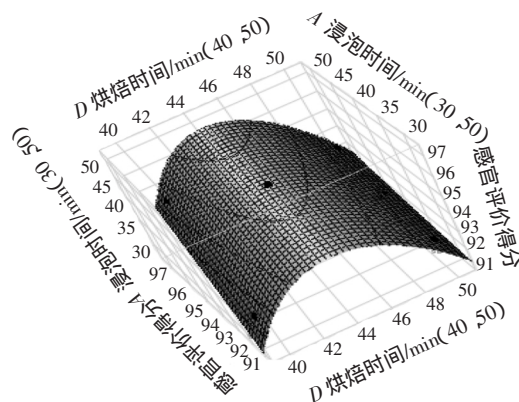


图10 烘烤时间与浸泡时间对面包感官评价影响

Fig.10 Effect of baking time and soaking on sensory evaluation of bread

图6~图10用三维图示的形式体现面发酵时间、面团搅拌浸泡、烘烤温度、烘烤时间等因素中两两之间的交互作用与感官得分之间的关系^[22]。更形象的说明了蜂蜜甜面包制作工艺在浸泡时间50 min,发酵时间80 min,烘烤温度200℃,烘烤时间45 min情况下制得的产品感官质量最优。在蜂蜜甜面包制作中考虑烘烤温度与烘烤时间、发酵时间与烘烤温度各因素之间的交互作用尤为重要。对上述优化条件下进行验证试验,实际评分为96.8分,与预测的97.7分相差0.9分,说明试验结果和预测结果一致性较强。

3 结论

本试验将传统甜面包配方进行调整,用蜂蜜替换砂糖,通过单因素试验与响应面分析对蜂蜜甜面包工艺条件进行优化。通过研究发现工艺因素对面包品质影响主次顺序为发酵时间>浸泡时间>烘烤温度>烘烤时间,蜂蜜甜面包最佳工艺组合为:浸泡时间50 min、

(下转第145页)

- matory properties of blackberry fruits adapted to Argentina[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2016, 47: 82–91
- [4] Sarkar D, Orwat J, Hurburt T, et al. Evaluation of phenolic bioactive-linked functionality of blackberry cultivars targeting dietary management of early stages type-2 diabetes using *in vitro* models[J]. Scientia Horticulturae, 2016, 212: 193–202
- [5] Azofeifa G, Quesada S, Navarro L, et al. Hypoglycaemic, hypolipidaemic and antioxidant effects of blackberry beverage consumption in streptozotocin-induced diabetic rats[J]. Journal of Functional Foods, 2016, 26: 330–337
- [6] Weber F, Larsen L R. Influence of fruit juice processing on anthocyanin stability[J]. Food Research International, 2017, 100: 354–365
- [7] 赵慧芳, 吴文龙, 姚蓓, 等. 黑莓复合果汁的研制[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 208–212
- [8] 方亮, 赵慧芳, 屈乐文, 等. 三种黑莓果酱的研制与感官评价[J]. 食品工业, 2011, 32(8): 10–12
- [9] 方亮, 吴文龙, 赵慧芳, 等. 黑莓果酒发酵菌株的筛选和性能初探[J]. 酿酒科技, 2011(8): 28–30
- [10] 施昕磊, 黄绳武. 咀嚼片的研究进展[J]. 中国药业, 2008, 17(14): 17–19
- [11] Nemzer B, Vargas L, Xia X Y, et al. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods[J]. Food Chemistry, 2018, 262: 242–250
- [12] Zhang H, Wang Z Y, Yang X, et al. Determination of free amino acids and 18 elements in freeze-dried strawberry and blueberry fruit using an Amino Acid Analyzer and ICP-MS with Micro-wave digestion[J]. Food Chemistry, 2014, 147: 189–194
- 收稿日期 2019-04-09

(上接第 100 页)

发酵时间 80 min、烘烤温度 200 ℃、烘烤时间 45 min, 通过验证试验制得蜂蜜甜面包感官评分达到 96.8, 与预测 97.7 分相差 0.9 分, 说明试验结果和预测结果一致性较强。

参考文献:

- [1] 罗中原, 周梦舟, 陈轩, 等. 糙米烘焙食品的研究现状与问题探讨[J]. 食品工业, 2019(1): 282–285
- [2] Jesús Marín -Sáez, Roberto Romero -González, Antonia Garrido Frenich. Degradation of tropane alkaloids in baked bread samples contaminated with Solanaceae seeds[J]. Food Research International, 2019(3): 85–592
- [3] Farah Zaaboul, Husnain Raza, Chen Cao, et al. The impact of Roasting, High Pressure Homogenization and Sterilization on Peanut Milk and its Oil Bodies[J]. Food Chemistry, 2018(12): 270–277
- [4] 王然, 张春玉, 贾燕妮. 酸浆果蜂蜜酸奶发酵及贮藏过程中抗氧化活性的变化研究[J]. 中国酿造, 2019, 38(1): 158–163
- [5] 李蕊蕊, 赵新节, 原苗苗, 等. 加热处理对蜂蜜酒香气物质的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(3): 545–554
- [6] 张君. 蜂蜜干粉对面包面团发酵烘焙以及储藏特性的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013
- [7] 张猛. 复合杂粮面包工艺优化及品质改良研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016
- [8] Xueqian Su, Fengfeng Wu, Yuqing Zhang. Effect of organic acids on bread quality improvement[J]. Food Chemistry, 2019(10): 267–275
- [9] 张怀予. 枸杞面包复合改良剂优化及其品质的主成分分析法多指标评价[J]. 现代面粉工业, 2019(1): 56
- [10] 方百谦, 张国治, 贺国亚, 等. 青麦仁面包加工中复合改良剂使用优化研究[J]. 粮食加工, 2019(1): 15–21
- [11] 杨芳, 杨虹雨, 周宇, 等. 食品添加剂对燕麦橘络面包品质的影响[J]. 四川旅游学院学报, 2019(1): 29–33
- [12] 张涵, 朱玉兰, 王佳媚. 响应面法优化面包金鲳鱼外壳面糊组分[J]. 食品工业, 2018, 39(12): 58–63
- [13] 陈岑, 杨雯, 蔡国子, 等. 芡实粉对面包品质及淀粉消化性的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(12): 179–185
- [14] 武利春, 王元禄, 周佳倩, 等. 米糠混粉面包配方优化及储存期质构特性[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(23): 97–101
- [15] 洪文龙, 翟梦奇, 李树炎, 等. 响应面法优化沙棘法式面包的配方研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018(11): 25–28, 45
- [16] 王然. 辣椒籽膳食纤维面包的加工工艺及品质研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(11): 14–17
- [17] 饶立, 黄凯, 李森, 等. 杂粮预处理对杂粮面包抗氧化能力的影响[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(5): 7–12
- [18] 陈中爱, 李俊, 吕都, 等. 响应面法优化马铃薯面包的制作工艺及品质分析[J]. 食品科技, 2018, 43(10): 212–218
- [19] 张松, 苏永平, 李涛, 等. 膳食纤维的功能特性及在食品领域的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(17): 214–218
- [20] 孙莹, 苗榕芯. 基于模糊数学综合感官评价的甘薯淀粉面包的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 180–185
- [21] 李云玲, 朱效兵, 雍雅萍, 等. 葵花粕分离蛋白黑米面包的研制[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(15): 100–104
- [22] 孝英达, 吴凤凤, 王沛, 等. 冷藏对面团发酵及面包品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(7): 679–687
- 收稿日期 2019-03-25