

模糊综合评判及响应面法优化 黑皮鸡枞菌曲奇的加工工艺

许俊齐, 曹正, 谢春芹, 凡军民, 张雪松, 刘茜

(江苏农林职业技术学院茶与食品科技学院, 江苏句容 212400)

摘要: 为开发口感良好、菌菇风味突出、具有营养保健价值的黑皮鸡枞菌曲奇饼干。本研究以黑皮鸡枞菌粉、低筋面粉及黄油为主要原料, 白砂糖、鸡蛋等为辅料, 研究黑皮鸡枞菌曲奇饼干加工配方。在单因素试验基础上, 根据曲奇感官评定标准, 构建模糊综合评判模型, 进行综合评判, 并通过 Box-Behnken 试验设计优化黑皮鸡枞菌曲奇饼干的最佳配方。响应面优化后的结果表明, 低筋面粉 100%, 鸡枞粉添加量为 14%, 白砂糖添加量 38%, 黄油添加量 66% 时, 搭配全蛋液 20%、水 20% 及小苏打 0.8%, 控制烘烤上火温度 180 °C、下火温度 170 °C, 烤制 15 min。黑皮鸡枞菌曲奇的感官品质最好, 感官评分值达 88.12±1.22 分, 优于其他试验组。试验制得的黑皮鸡枞菌曲奇饼干呈金黄色, 口感细腻, 质构良好, 且符合 GB 7100-2015 及 GB/T 20980-2007 中曲奇饼干的质量要求。此研究对于曲奇相关产品配方优化及模糊感官评价方法建立具有较好的指导意义。

关键词: 黑皮鸡枞菌; 曲奇饼干; 模糊综合评判; 响应面法

文章编号: 1673-9078(2019)12-249-257

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.12.032

Fuzzy Comprehensive Evaluation and Response Surface Method in

Recipe Research of Cookies of *Termitomyces Albuminosus*

XU Jun-qi, CAO Zheng, XIE Chun-qin, FAN Jun-min, ZHANG Xue-song, LIU Qian

(Department of Technology of Tea and Food Science, Jiangsu Agriculture and Forestry Vocational and Technical College
Jurong 212400, China)

Abstract: In order to develop cookies with good taste, prominent flavor and nutritional value of *Termitomyces albuminosus*, the formula of cookies was studied with powder of *Termitomyces albuminosus*, low gluten flour and butter as main raw materials and white sugar and eggs as auxiliary materials. On the basis of single factor test, a fuzzy comprehensive evaluation model was built according to the sensory evaluation standard of cookies, and the comprehensive evaluation was carried out, and the best formula of cookies was optimized by box-behnken test design. The results after response surface optimization showed that the added amount of low gluten flour was 100%, *Termitomyces albuminosus* powder was 14%, the granulated sugar was 38%, butter was 66%, the whole egg solution was 20%, the water was 20%, the baking soda was 0.8%, and the upper and lower fire temperatures were 180 °C and 170 °C for 15 min, respectively. The sensory quality was the best, with a sensory score of 88.12±1.22, which was better than other experimental groups. The cookies were golden in color, delicate in taste, good in texture, and in line with the quality requirements of GB 7100-2015 and GB/T 20980-2007. This study has a good guiding significance for the formulation optimization of cookie related products and the establishment of fuzzy sensory evaluation method.

Key words: *Termitomyces albuminosus*; cookie dough; fuzzy comprehensive evaluation; response surface method

黑皮鸡枞菌 (*Termitomyces albuminosus*) 属于担子亚门菌, 层菌纲, 伞菌目, 口蘑科^[1-3]。是一种味道鲜美、营养丰富的珍贵食用菌, 与松茸、羊肚、黑虎掌同列为我国四大名菌^[4]。是经科研人员经过数年的潜心研究, 于 2006 年选育出可实现人工栽培的珍

稀食用菌^[5]。

黑皮鸡枞菌肉质鲜嫩, 口感独特, 作为食品药品皆可, 不仅含有人体所需要的蛋白质、脂肪, 还含有钙、磷、铁、核黄酸等多种营养成分, 是体弱、病后和老年人理想的食疗佳品^[6]。并具有“益胃、清神、治痔及降血脂”的作用, 有养血润燥、健脾胃等功效, 可用于治疗食欲不振、久泻不止、痔疮下血诸症^[7]。黑皮鸡枞菌因其谷氨酸钠含量较高, 它的提鲜美味之功效, 远在味精之上, 是餐桌上不可多得的美味佳肴^[8]。

收稿日期: 2019-07-08

作者简介: 许俊齐 (1986-), 男, 实验师, 研究方向: 农产品加工及贮藏。

通讯作者: 曹正 (1967-), 男, 推广研究员, 研究方向: 农牧资源开发与生态利用教学与研究推广

此外,黑皮鸡枞菌其中的多糖生物活性物质具有调节生物反应、抑制癌细胞生长、降低血压和胆固醇等作用。已有较多学者研究黑皮鸡枞的栽培技术、固体及液体发酵培养技术。黑皮鸡枞但检索文献表明,关于黑皮鸡枞菌加工类的文献鲜有报道。

曲奇是一种高糖、高油脂的饼干,其口感酥松,但由于曲奇热量高,且油脂易氧化变质,不符合现代人营养健康的消费理念^[9]。曲奇饼干作为一种高油高糖的零食,广受人们欢迎,但经常食用会加重人体负担^[10]。本研究在传统曲奇配方基础上,加入黑皮鸡枞粉,降低对于高油脂、高糖的摄入,提高膳食纤维、蛋白质等营养成分,为黑皮鸡枞菌的深加工提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黑皮鸡枞菌,江苏农博园食用菌基地;低筋小面粉,潍坊风筝面粉有限责任公司;多美鲜黄油,上海高夫食品有限公司;白砂糖,南京甘汁园糖业有限公司;食盐(食品级),安徽省盐业有限公司;小苏打(食品级),上海卓钦食品有限公司;鸡蛋,市售。

1.2 仪器与设备

Sk2-623 型电烤炉,新麦机械无锡有限公司;

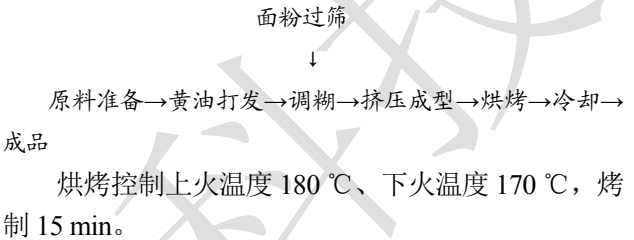
JA2003 型电子天平,上海天平仪器厂;Universal TA 型质构仪,上海腾拔仪器科技有限公司;SZM-30 型搅拌机,新麦机械无锡有限公司;XJT-150 型磨粉机,世邦工业科技集团有限公司;ALH(C)型台秤,厦门佰伦斯电子科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 基本配方

低筋面粉 100 g,黑皮鸡枞粉 15 g,黄油 70 g,白糖 35 g,全蛋液 20 g,水 20 g,小苏打 0.8 g。

1.3.2 工艺流程



1.4 试验内容

1.4.1 单因素试验

以曲奇感官评分为指标,在其它条件相同的情况下,以低筋面粉重量为基重,分别考察不同用量的黑皮鸡枞粉、白砂糖及黄油对曲奇品质的影响,具体单因素试验设计见表 1。

表 1 单因素试验水平

Table 1 Levels of one-factor-at-a-time test

因素	水平/%	工艺配方/%
黑皮鸡枞粉	5、10、15、20、25	白砂糖 35, 黄油 70, 全蛋液 20, 水 20
白砂糖	25、30、35、40、45	鸡枞粉 15, 黄油 70, 全蛋液 20, 水 20
黄油	50、60、70、80、90	白砂糖 35, 全蛋液 20, 水 20

1.4.2 响应面试验

表 2 Box-Behnken 试验因素水平表

Table 2 Factors and levels used in Box-Behnken experimental design

水平	因素		
	黑皮鸡枞菌粉添加量/% A	白砂糖添加量/% B	黄油添加量/% C
-1	10	30	50
0	15	35	60
1	20	40	70

在前期试验基础上,根据 Box-Behnken 试验设计原理,以黑皮鸡枞菌粉添加量,白砂糖添加量,黄油添加量 3 个因素进行响应面设计,以感官评分为评价指标,利用 Design-Expert 8.0.6 软件对试验数据进行

处理,确定最佳的工艺条件。试验因素和水平见表 2。

1.5 感官评价方法

感官评定参考 GB/T 16291.1-2012^[11]。挑选 10 位经过培训的品评员组成评价小组,要求感官评定人员在评定前 12 h 内不食用刺激性食物,且身体健康状况良好,无过敏和疾病。所有待评样品均以统一容器盛装,随机取样,评定曲奇样品后要漱口,间隔单位为 10 min。

1.5.1 模糊数学模型的建立

以色泽、组织形态、滋味、香气为因素集 U,以优、良、差为评语集 V,根据感官评定的结果,建立 3 个单因素的评价矩阵,采用模糊数学法对其进行分析^[12,13]。

因素集 $U = \{\text{色泽 } u_1, \text{组织形态 } u_2, \text{滋味 } u_3, \text{香气 } u_4\}$;

评语集 $V = \{\text{优}, \text{良}, \text{差}\}$; 其中, 优 (90 分), 良 (80 分), 差 (70 分);

权重集 $X = \{0.35, 0.2, 0.3, 0.15\}$ 。

模糊关系综合评判集 $Y = XR$, 其中 X 为权重集, R 为模糊矩阵。

1.5.2 确定产品因素集 U 和评语集 V

确定黑皮鸡枞曲奇饼干的产品质量由色泽、组织形态、滋味、香气 4 个因素构成, 即 $U = (\text{色泽}, \text{组织形态}, \text{滋味}, \text{香气})^{[14]}$; 对每个因素的评价按优、良、

差 3 个等级评定, 即 $V = \{\text{优}(V_1), \text{良}(V_2), \text{差}(V_3)\}$ 。

1.5.3 确定权重

本试验采用调查法确定色泽、组织形态、滋味、香气各因素的权重^[15]。确定各质量因素的权重分别为色泽(0.35)、组织状态(0.2)、滋味(0.3)、香气(0.15), 即 $X = (0.35, 0.2, 0.3, 0.15)$ 。

1.5.4 模糊综合评判总分

模糊关系综合评判集 $Y = XR$, 其中 X 为权重集, R 为模糊矩阵^[16]。设定感官特殊性: 优为 90 分, 良为 80 分, 差为 70 分, 可建立感官特殊性数集 $Z = (90, 80, 70)$, 则样品的模糊综合评判总分为: $T = Y \times Z$ 。

表 3 感官评定标准

Table 3 Sensory evaluation criteria

项目	评分标准	评分
色泽	淡金黄色, 有光泽, 无白色粉状物	优
	金黄色或淡黄色, 有光泽或略有白色粉状物	良
	颜色过焦呈黑褐色, 略有光泽, 有白色粉状物	差
组织形态	外形完整、厚薄均一, 不变形, 断面结构有层次	优
	外形较完整、厚薄较均一, 断面结构较有层次, 略有裂缝	良
	外形不完整, 易碎易断, 厚薄不一, 易变型	差
滋味	口味甜度适中, 口感酥脆、细腻	优
	略偏甜, 黄油味略浓、口感较酥脆、细腻	良
	偏甜, 黄油味过重、口感较渣、不酥脆、不细腻	差
香气	兼有曲奇及黑皮鸡枞菌特有香味	优
	单一香味略重	良
	某一或几种香味过重, 将其他香味完全掩盖	差

1.6 黑皮鸡枞曲奇基本指标测定

1.6.1 理化指标测定

水分、脂肪含量测定参照 GB 5009.3-2016 中水分的测定及 GB 5009.6-2016 中脂肪测定的具体方法步骤进行^[17,18]。

酸价、过氧化值测定参照 GB 5009.229-2016 中酸价的测定及 GB 5009.227-2016 中过氧化值的具体方法步骤进行^[19,20]。

1.6.2 微生物指标的测定

菌落总数、大肠菌群及霉菌参照 GB 4789.3-2016 中食品微生物学检验, 大肠菌群测定参照 GB 4789.2-2016 中菌落总数测定方法及 GB 4789.15-2016 中霉菌和酵母计数方法的具体方法步骤进行^[21-23]。

1.7 统计分析

试验数据采用 WPS 2016 软件及 Design-expert 8.0.6 进行数据处理和回归分析。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验结果及分析

黑皮鸡枞粉、白砂糖及黄油添加量对曲奇品质的影响见图 1, 由图分析可知, 黑皮鸡枞曲奇饼干的感官评分随黑皮鸡枞粉的添加量呈现先上升后下降的趋势。当黑皮鸡枞粉添加量为 15% 时, 此时曲奇的感官评分最高, 为 83.5 分, 口感最佳, 添加量高于 15% 时, 感官呈下降趋势, 分析其原因为黑皮鸡枞粉本身入口微苦, 色泽暗沉影响其感官评分, 且黑皮鸡枞粉添加量过多与低筋粉混合时, 面质较硬, 不易挤压成形。故分析可知, 黑皮鸡枞粉的最适添加量为 15%。

当白砂糖添加量为 35% 时, 曲奇的甜度适中, 色泽最佳且评分最高, 且糖的天然抗氧化作用, 可延缓油脂酸败及延长饼干保质期^[24]。白砂糖添加量增加, 感官评分持续下降, 其原因在于白砂糖添加过多会导致甜度过高, 黏度过大, 曲奇不易成型, 后期烤制过

程易糊，影响色泽及口感。故白砂糖的最适添加量为35%。

曲奇的感官评分最高时，黄油添加量为60%，此时曲奇的香味较浓，口感酥脆。黄油在打发的过程中会有大量的空气进入，阻止了面团中面筋的形成，烘烤出的曲奇酥松多孔，提高了曲奇的酥脆性^[25]。而若继续添加黄油，制得曲奇口感较软过于油腻，易破碎。分析其原因为黄油过量添加导致面团湿润难以成型，粘性及弹性较差，走油现象严重，烘烤时容易出现塌陷、表面起泡^[26]。故黄油的最适添加量为60%，与取得蓉等人关于慈姑全粉对曲奇饼干品质影响及配方研究中的一致。

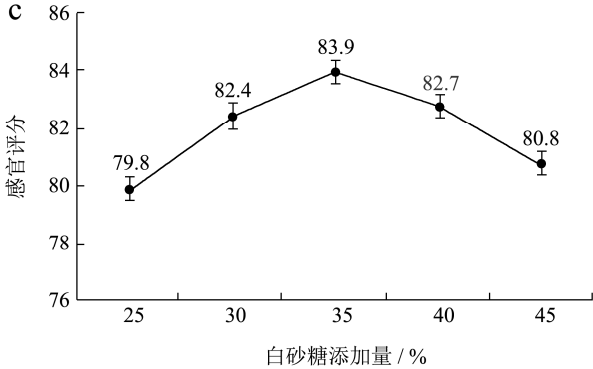
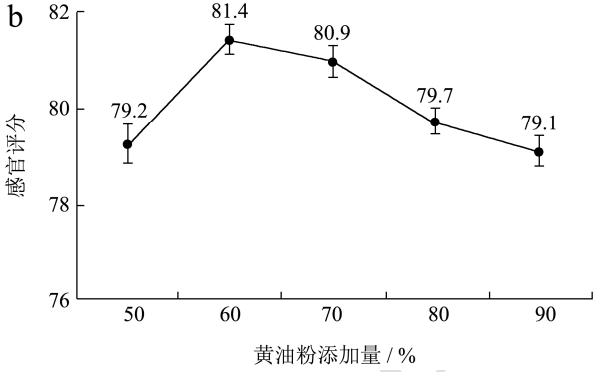
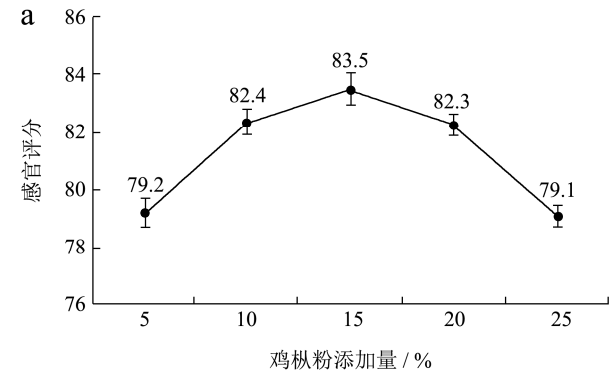


图1 黑皮鸡枞粉、白砂糖及黄油添加量对曲奇品质的影响

Fig.1 Effect of the amount of *Termitomyces albuminosus*, suger and butter added on the quality of cookies

表 4 黑皮鸡枞曲奇饼干的感官评定结果

Table 4 Sensory evaluation results of cookies of *Termitomyces albuminosus*

试验号	选择色泽的人数			选择组织形态的人数			选择滋味的人数			选择香味的人数		
	优	良	差	优	良	差	优	良	差	优	良	差
1	4	3	3	6	2	2	3	5	2	4	3	3
2	2	3	5	0	3	7	1	3	6	0	3	7
3	2	4	4	1	7	2	3	5	2	2	2	6
4	2	4	4	3	3	4	3	5	2	6	3	1
5	5	4	1	3	4	3	3	3	4	4	2	4
6	5	3	2	7	3	0	6	3	1	7	3	0
7	4	4	2	3	4	3	5	2	3	3	1	6
8	6	3	1	7	3	0	7	3	0	5	4	1
9	4	5	1	5	4	1	4	4	2	3	4	3
10	7	3	0	5	4	1	6	2	2	8	1	1
11	7	2	1	6	3	1	6	3	1	5	5	0
12	2	3	5	2	4	4	3	3	4	4	1	5
13	5	5	0	7	2	1	5	4	1	8	1	1
14	5	2	3	4	2	4	4	3	3	5	4	1
15	4	3	3	3	3	4	3	5	2	4	3	3
16	5	0	5	5	0	5	6	2	2	7	0	3
17	1	4	5	0	5	5	2	2	6	0	3	7
权重	0.35			0.2			0.3			0.15		

2.2 感官评定结果分析

由表 4 可知，10 名感官评定员对黑皮鸡枞曲奇饼干的评价结果并不集中并且存在差异。

2.3 模糊矩阵的建立

以表 4 的 1 号样品为例, 色泽评价结果有 4 人选优, 3 人选良, 3 人选差, 则 R 色泽= (0.4, 0.3, 0.3), R 组织形态= (0.6, 0.2, 0.2), R 滋味= (0.3, 0.5, 0.2), R 香味= (0.4, 0.3, 0.3)。

将 4 种评价结果写成矩阵形式, 则 17 组评价矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.3 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 \end{bmatrix} \dots R_{17} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.5 \\ 0.0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \\ 0.0 & 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$$

表 5 各样品的综合评判结果

Table 5 Comprehensive evaluation of all samples

$Y_1=(0.41 \quad 0.34 \quad 0.25)$
$Y_2=(0.10 \quad 0.30 \quad 0.60)$
$Y_3=(0.21 \quad 0.46 \quad 0.33)$
$Y_4=(0.31 \quad 0.395 \quad 0.295)$
$Y_5=(0.385 \quad 0.34 \quad 0.275)$
$Y_6=(0.60 \quad 0.30 \quad 0.10)$
$Y_7=(0.395 \quad 0.295 \quad 0.31)$
$Y_8=(0.635 \quad 0.315 \quad 0.05)$
$Y_9=(0.405 \quad 0.435 \quad 0.16)$
$Y_{10}=(0.645 \quad 0.26 \quad 0.095)$
$Y_{11}=(0.62 \quad 0.295 \quad 0.085)$
$Y_{12}=(0.26 \quad 0.29 \quad 0.45)$
$Y_{13}=(0.585 \quad 0.35 \quad 0.065)$
$Y_{14}=(0.45 \quad 0.26 \quad 0.29)$
$Y_{15}=(0.35 \quad 0.36 \quad 0.29)$
$Y_{16}=(0.56 \quad 0.06 \quad 0.38)$
$Y_{17}=(0.095 \quad 0.345 \quad 0.56)$

根据模糊变换的原理, 按照公式 $Y=XR$, 其中 X 为权重集, R 为模糊矩阵。对 1~17 号样品进行综合模糊评判, 结果见表 5。

2.4 响应面试验结果及分析

2.4.1 回归模型的建立与显著性分析

运用Design-Expert 8.0.6软件对表4中制作出的曲奇饼干得出的感官评分的数据进行分析, 得出三个主要影响因素与感官评价响应值和三个主要影响因素之间的结果表及回归方程:

$$Y=+85.38-1.62A+1.13B-1.45C-0.25AB-1.75AC+1.15BC-2.37A^2-3.02B^2-3.01C^2$$

由表 7 分析可知, 感官模型的 p 值为 <0.0001 , 表明此模型是极显著的。此外, 失拟项不显著, 表示此

回归方程对试验的拟合度较好, 误差小, 与实际预测值能较好的拟合。

表 6 Box-Behnken 设计方案及结果

Table 6 Experimental design and results for response surface analysis

试验号	因素			感官评分
	A 黑皮鸡枞粉添加量%	B 白砂糖添加量%	C 黄油添加量%	
1	1	1	0	81.6
2	0	0	0	74.9
3	-1	-1	0	78.9
4	1	-1	0	80.2
5	0	0	0	81.1
6	0	0	0	84.9
7	0	1	-1	80.8
8	-1	0	-1	85.8
9	-1	1	0	82.4
10	0	0	0	85.5
11	0	-1	1	85.4
12	0	-1	-1	78.1
13	1	0	-1	85.3
14	-1	0	1	81.6
15	0	0	0	80.6
16	1	0	1	81.9
17	0	1	1	75.3

另外, 由显著性检验分析得出, 感官模型中一次项 A、B、C 及二次项 AC、BC、 A^2 、 B^2 、 C^2 对黑皮鸡枞曲奇饼干感官评分值影响极显著。而交互项 AB 的交互作用对黑皮鸡枞曲奇饼干的感官评价影响均不显著。感官模型的变异系数(CV%)为 0.70, 说明模型数据的准确度较好, 有一定的可靠性。所以各个影响因素对感官评价的影响并非简单的线性关系。

2.4.2 响应面感官评分交互作用分析

响应面图形是感官评分值 Y 对各因素所形成的三维的曲面图, 具体见图 2。根据三维曲面图, 观察曲面的倾斜程度可以确定两因素对感官评分结果的影响显著程度, 倾斜程度越大, 坡度就越陡, 表明响应值受到相应因素变化影响的显著性越大; 倾斜程度越小, 坡度就越平缓, 表明响应值受到相应因素变化影响的显著性越小。AB、AC、BC 的等高图均趋于椭圆形, 说明 AB、AC、BC 之间的交互作用比较显著。在黑皮鸡枞粉添加量一定的条件下, 根据黑皮鸡枞粉添加量的增大, 白砂糖添加量的增大, 感官评分先升高后下降, 由此可见, 适当的黑皮鸡枞粉和白砂糖可以改善黑皮鸡枞曲奇饼干的口感。

表 7 黑皮鸡纵曲奇饼干感官研究结果的方差分析

Table 7 Analysis of variance of sensory study results of <i>Termitomyces albuminosus</i>						
方差来源	平方和	自由度	均分	F 值	P 值	显著性
模型	177.54	9	19.73	54.41	<0.0001	**
A	21.13	1	21.13	58.26	0.0001	**
B	10.13	1	10.13	27.93	0.0011	**
C	16.82	1	16.82	46.39	0.0003	**
AB	0.25	1	0.25	0.69	0.4337	
AC	12.25	1	12.25	33.79	0.0007	**
BC	5.29	1	5.29	14.59	0.0065	**
A ²	23.55	1	23.55	64.95	<0.0001	**
B ²	38.27	1	38.27	105.56	<0.0001	**
C ²	38.27	1	38.27	105.56	<0.0001	**
残差	2.54	7	0.36			
失拟项	2.11	3	0.70	6.57	0.0502	
纯误差	0.43	4	0.11			
总和	180.08	16				
R ²				0.9859		
R ² Adj				0.9678		

注: *表示差异显著 ($p<0.05$), **表示差异极显著 ($p<0.01$)。

综上所述,黑皮鸡枞粉添加量交互作用对黑皮鸡枞曲奇饼干感官评分的影响最为显著,白砂糖添加量次之,黄油添加量交互作用的影响显著性最小。所得出的结论均与上述分析结果一致。

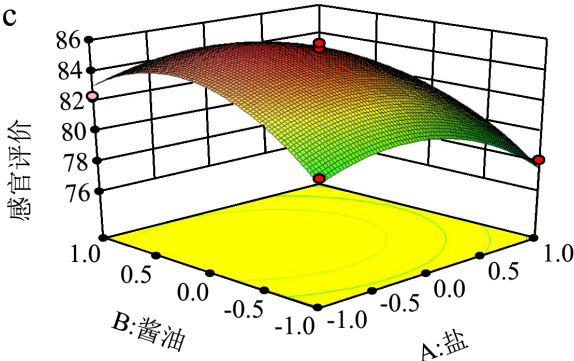
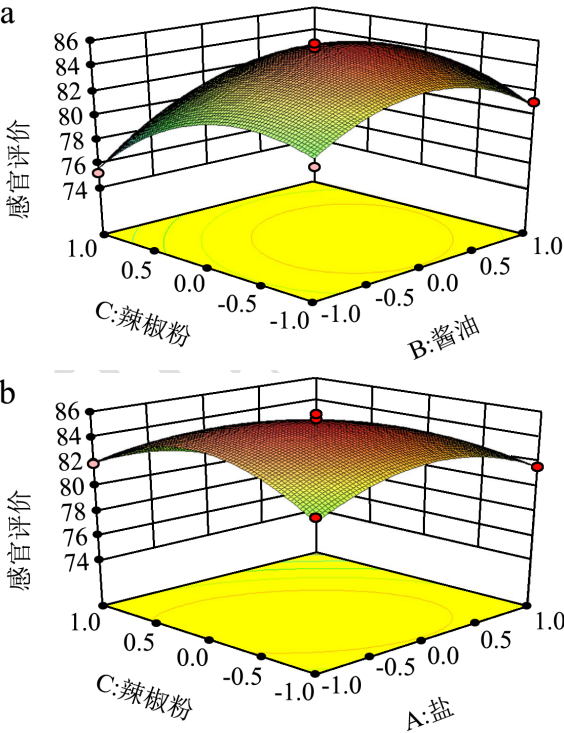


图 2 各两因素的交互作用对感官评分影响的响应面图

Fig.2 Response surface diagram of the interaction of two factors on the sensory score

2.4.3 响应面优化配方结果

按照响应面试验所得的结果和二次多项式回归模型,利用 Design-Expert V 8.0.6 软件分析预测出黑皮鸡纵曲奇饼干最佳配方:鸡枞粉添加量 13.89%、白砂糖添加量为 37.66%、黄油添加量为 65.23%,此时回归模型预测黑皮鸡纵曲奇饼干的感官评价为 88.03。考虑到实际操作,将配方调整为黑皮鸡枞粉 14%、白砂糖 38%、黄油 66%,搭配全蛋液 20%、水 20%及小苏打 0.8%。根据此条件制作出的黑皮鸡纵曲奇饼干,甜度适中,表面呈金黄色,口感层次丰富,根据模糊评判

法计算结果得感官分值为 88.12 ± 1.22 。感官评价预测值与 Design-Expert V 8.0.6 软件计算的结果基本一致,表示模型的拟合度比较好,可靠性较高,具有一定的实用价值。

2.5 黑皮鸡枞菌曲奇饼干理化及微生物检测结果

表 8 黑皮鸡枞菌曲奇饼干理化及微生物检测结果

Table 8 Experimental design and results for response surface

analysis		
项目	检测值	国标要求
水分/%	0.765	≤ 4
脂肪/(g/100 g)	29.430	≥ 16.0
碱度/%	0.23	≤ 0.3
酸价/(mg/g)	1.342	≤ 5
过氧化值/(g/100 g)	0.034	≤ 0.25
菌落总数/(CFU/g)	30	$< 10^5$
大肠菌群/(CFU/g)	< 5	$< 10^2$
霉菌/(CFU/g)	0	≤ 50

参考 GB7100-2015《食品安全国家标准-饼干》及 GB/T 20980-2007《饼干》中的相应规定,黑皮鸡枞菌曲奇饼干理化及微生物检测结果具体见表 8。分析可知,按照优化配方及工艺制得的黑皮鸡枞菌曲奇饼干的理化指标及微生物指标符合相关的国家标准要求。

3 结论

3.1 本研究通过单因素试验及 Box-Behnken 响应曲面试验建立二次多项式回归方程,该试验模型拟合度好。各因素对黑皮鸡枞菌曲奇饼干感官评价总分的影响大小为: $A > B > C$,即黑皮鸡枞菌粉添加量 $>$ 白砂糖添加量 $>$ 黄油添加量。以模糊综合评判分值为响应值,确定了黑皮鸡枞菌曲奇饼干的最佳配方为低筋面粉 100%,鸡枞菌粉添加量为 14%,白砂糖添加量 38%,黄油添加量 66%时,搭配全蛋液 20%、水 20%及小苏打 0.8%,控制烘烤上火温度 180°C 、下火温度 170°C ,烤制 15 min,根据模糊评判法计算结果得感官分值为 88.12 ± 1.22 。

3.2 优化结果得到的配方组成与卢伟等^[27]人关于大麦苗粉曲奇饼干的配方相似,但烘烤工艺略有不同。其中黄油及白砂糖的添加量相比于黑皮鸡枞菌曲奇较少,原因在于黑皮鸡枞菌粉颜色较深,且黏结性较差所致。此外,黑皮鸡枞菌曲奇饼干与早春娟^[28]研究的玫瑰曲奇饼干中的配方与烘烤工艺参数结论相似,玫瑰粉为 5%,黄油添加量为 65%、糖粉为 35% (以面

粉 100%计),烘烤上火温度 190°C ,下火为 170°C ,时长为 10~12 min。分析可知,玫瑰粉着色能力较强,添加量过大,曲奇外观及口感受到一定影响。而黑皮鸡枞菌曲奇烤制时间长于玫瑰曲奇,原因在于黄油及鸡枞菌粉的添加量较大。许蓓等^[29]人关于明日叶曲奇的研究中,麦芽糖醇替代了蔗糖添加,黏聚性有所提高,提供松脆口感的同时,对于保持曲奇完整性有一定作用,而黄油添加量相似。孙玉清等^[30]人在南瓜曲奇饼干的配方及制作工艺研究中,烘烤参数与黑皮鸡枞菌曲奇烤制工艺相似。由以上分析得出,黑皮鸡枞菌曲奇饼干的配方参数及烤制工艺具有一定的可靠性,但因主要添加成分差异,产生不同的试验结论。

3.3 此外经检测,黑皮鸡枞菌曲奇的各项理化指标符合 GB/T 20980-2007《饼干》中曲奇饼干理化指标的规定,且菌落总数、大肠菌群及霉菌指标符合 GB 7100-2015《食品安全国家标准-饼干》中微生物的要求。按照此配方制作的黑皮鸡枞菌曲奇饼干酥脆可口、色泽均匀,纹路清晰,且具有黑皮鸡枞菌的独特风味。黑皮鸡枞菌曲奇饼干不仅具有丰富的营养物质及较高的营养价值,也符合消费者及消费市场需求,具有良好的市场前景。

参考文献

- [1] 薛林浩,王晓东,蔡虹,等.黑皮鸡枞菌液体培养基优化[J].内江师范学院报,2013,28(10):24-27
- [2] XUE Lin-hao, WANG Xiao-dong, CAI Hong, et al. Optimization of liquid culture medium of chicken sputum [J]. Journal of Nei Jiang Normal University, 2013, 28(10): 24-27
- [3] 卯晓岚.中国大型真菌[M].郑州:河南科学技术出版社,2000
- [4] MAO Xiao-Lan. The Macro-fungi in China [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2000
- [5] 李艳.HPLC 检测黑皮鸡枞菌中的水溶性维生素[J].食品研究与开发,2018,39(17):124-128
- [6] LI Yan. Determination of water soluble vitamins in black *Termitomyces* spp. by high performance liquid chromatography [J]. Food Research and Development, 2018, 39(17): 124-128
- [7] 徐宁,冯立国,王春晖,等.黑皮鸡枞菌液体菌种发酵罐培养条件的优化[J].南方农业学报,2019,50(2):344-349
- [8] XU Ning, FENG Li-guo, WANG Chun-hui, et al. Optimization of culture conditions of fermentation technology for *Oudemansiella raphanipes* liquid strain fermenter [J]. Journal of Southern Agriculture, 2019, 50(2): 344-349
- [9] 徐兵,张玉琴,冀宏.黑皮鸡枞菌固体培养基的优化[J].食品

- 研究与开发,2017,38(9):175-179
- XU Bing, ZHANG Yu-qin, JI Hong. The optimization of solid medium of the *Termitomyces aluminosus* [J]. Food Research and Development, 2017, 38(9): 175-179
- [6] 孙凯,郭晓萌,牟德华,等.双正交法优化醇洗-水提黑皮鸡枞菌多糖的研究[J].食品工程,2016,2(6):35-38
- SUN Kai, GUO Xiao-meng, ZHAI De-hua, et al. Optimization of ethanol leaching-water extraction of *Termitomyces badius* polysaccharides by double orthogonal test [J]. Food Engineering, 2016, 2(6): 35-38
- [7] 邹永生,朱萍,张丽英,等.鸡枞即食新产品技术工艺研究[J].食品研究与开发,2013,34(19):51-53,70
- ZOU Yong-sheng, ZHU Ping, ZHANG Li-ying, et al. Study on the technology of instant products of *Termitomyces aluminosus* [J]. Food Research and Development, 2013, 34(19): 51-53, 70
- [8] 黎勇,王小丹,付前发,等.黑皮鸡枞菌的人工栽培技术研究[J].食用菌,2012,34(1):37-39
- LI Yong, WANG Xiao-dan, FU Qian-fa, et al. Study on artificial cultivation technology of abalone spruce [J]. Edible Fungi, 2012, 34(1): 37-39
- [9] 周晓洁,王秋普,赵良忠,等.响应面法在豆纤维橙味曲奇饼干研制中的应用[J].食品工技,2019,40(16):163-168,180
- ZHOU Xiao-jie, WANG Qiu-pu, ZHAO Liang-zhong, et al. Box-behnken application in development of soybean fiber orange cookies [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(16): 163-168, 180
- [10] 张强,赵卉珉,梁进.响应面法优化戊聚糖曲奇饼干工艺配方研究[J].粮油食品科技,2019,27(1):24-28
- ZHANG Qiang, ZHAO Hui-min, LIANG Jin, Study on optimization of the technological formulation of pentosan cookie by response surface method [J]. Science and Technology of Grain, Oil and Foods, 2019, 27(1): 24-28
- [11] GB/T 16291.1-2012 感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则[S]
- GB/T 16291.1-2012 Sensory Analysis-general Guidance for the Selection, Training and Monitoring of Assessors-part 1: Selected assessors [S]
- [12] 秦献泉,李鸿莉,李冬波,等.基于模糊综合评判法的荔枝酒感官评价研究[J].西南农业学报,2016,29(6):1443-1447
- QIN Xian-quan, LI Hong-li, LI Dong-bo, et al. Study on Litchi Wine Sensory evaluation based on fuzzy comprehensive evaluation [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2016, 29(6): 1443-1447
- [13] 晋圣坤,李勇.模糊综合评判法在食品感官分析中的应用[J].肉类研究,2011,1:64-67
- JIN Sheng-kun, LI Yong. Fuzzy comprehensive evaluation applied in food sensory evaluation [J]. Meat Research, 2011, 1: 64-67
- [14] 李新旺,李振兴,李远恒,等.响应面结合模糊综合评定在茶苏打饼干研制中的应用[J].食品工业科技,2015,36(7):246-250
- LI Xin-wang, LI Zhen-xing, LI Yuan-heng, et al. Application of response surface combined with fuzzy comprehensive assessment in the development of the tea soda crackers [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(7): 246-250
- [15] 王成花,于海峰.基于模糊综合感官评价法研究海带猪肉丸加工工艺[J].中国调味品,2017,42(10):79-82
- WANG Cheng-hua, YU Hai-feng. Study on processing technology of kelp pork meatballs by fuzzy mathematics sensory evaluation [J]. China Condiment, 2017, 42 (10): 79-82
- [16] 秦波,路海霞,陈团伟,等.模糊综合评价法在紫薯干燥方法筛选中的应用[J].包装与食品机械,2015,1:8-12
- QIN Bo, LU Hai-xia, CHEN Tuan-wei, CHEN Shao-jun, et al. Application of fuzzy comprehensive evaluation method in the selection of purple sweet potato drying method [J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 1: 8-12
- [17] GB 5009.6-2016,食品安全国家标准食品中脂肪的测定[S].
- GB 5009.6-2016, National Standard for Food Safety Determination of Fat for Food Safety [S]
- [18] GB 5009.3-2016,食品安全国家标准食品中水分的测定[S].
- GB 5009.3-2016, National Standard for Food Safety Determination of Moisture in Foods [S]
- [19] GB 5009.229-2016,食品安全国家标准测定食品中酸价的测定[S]
- GB 5009.229-2016, National Standard for Food Safety Determination of Acid Value in Food [S]
- [20] GB 5009. 227-2016,食品安全国家标准测定食品中过氧化值的测定[S]
- GB 5009.227-2016, National Standard for Food Safety Determination of Peroxide Value in Food [S]
- [21] GB 4789.3-2016,食品安全国家标准食品微生物学检验:大肠菌群计数[S]
- GB 4789.3-2016, National Standard for Food Safety: Coliform Count for Food Microbiology Test [S]
- [22] GB 4789.2-2016,食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定[S]
- GB 4789.2-2016, National Standard for Food Safety:

- Determination of Total Number of Bacterial Colonies in Food Microbiology Test [S]
- [23] GB 4789.15-2016,食品安全国家标准食品微生物学检验霉菌和酵母计数测定[S]
- GB 4789.15-2016, National Standard for Food Safety: Food Microbiology Test Mold and Yeast Count Determination [S]
- [24] 陆启玉.粮油食品加工工艺学[M].北京:中国轻工业出版社, 2005
- LU qi-yu. Food Processing Technology of Grain and Oil, [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2005
- [25] 张翊,黄岚.响应面法优化枸杞富硒曲奇饼干配方[J].粮食与油脂,2018,31(8):50-54
- ZHANG Yi, Huang Lan. Optimization of *Lycium barbarum* selenium-rich cookies by response surface methodology [J]. Journal of Grain and Oils, 2008, 31(8): 50-54
- [26] 戴得蓉,乔明锋,何江红,等.慈姑全粉对曲奇饼干品质影响及配方研究[J].食品研究与开发,2019,40(15):130-137
- JI De-rong, QIAO Ming-feng, HE Jiang-hong, et al. Research on the influence of dehydrated sagittarius powder on the quality of cookies and its formula [J]. Food Research and Development, 2019, 40(15): 130-137
- [27] 卢伟,孙程熠,常翔宇,等.大麦苗粉曲奇饼干配方优化及其质量检测[J].包装与食品机械,2019,37(2):19-24
- LU Wei, SUN Cheng-yi, CHANG Xiang-yu, et al. Formulation optimization and quality inspection of barley leaf powder cookies [J]. Packaging and Food Machinery, 2019, 37(2): 19-24
- [28] 早春娟.玫瑰曲奇饼干的制作[J].现代食品,2018,23(2):160-163
- ZAO Chun-juan. Production of rose cookies [J]. Modern Food, 2008, 23(2): 160-163
- [29] 许蓓,龚盛祥,王正武.模糊评判响应面法优化无糖明日叶曲奇配方[J].食品工业科技,2019,40(10):194-200
- XU Bei, GONG Sheng-xiang, WANG Zheng-wu. Fuzzy evaluation in response surface methodology for optimizing the formulation of sugar-free *Angelica keiskei* koidzumi cookies [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(10): 194-200
- [30] 孙玉清,刘小飞,贾红亮.南瓜曲奇饼干的配方及制作工艺研究[J].中国食物与营养,2018,24(9):40-43
- SUN Yu-qing, LIU Xiao-fei, JIA Hong-liang. Research on the formula and production technology of pumpkin cookies [J]. Food and Nutrition in China, 2008, 24(9): 40-43

(上接第 293 页)

- [17] 杨秀娟,杨志军,李硕,等.基于超高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱联用技术的血瘀模型大鼠血浆代谢组学分析[J].色谱,2019,37(1):71-79
- YANG Xiu-juan, YANG Zhi-jun, LI Shuo, et al. Plasma metabolomics analysis of blood stasis model rats based on ultra performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2019, 37(1): 71
- [18] 乔立瑞,RobL, AlexH, 等.采用UNIFI天然产物整体解决方案鉴定绿茶提取物中的化学成分[R].中国:waters, 2013
- QIAO Li-rui, Rob L, Alex H, et al. Identification of chemical constituents in green tea extracts using UNIFI natural product solutions [R]. China: waters, 2013
- [19] 乔立瑞,Rob L, Alex H,等.使用UNIFI天然产物整体解决方案鉴定未知中药片剂中的化学成分及推测其所含药材[R].中国: waters,2013
- QIAO Li-rui, Rob L, Alex H, et al. Identification of Chemical Constituents in Unknown Chinese Medicine Tablets and Speculation of Their Medicinal Materials by Using UNIFI Natural Product Integrated Solution [R]. China: waters, 2013.
- [20] 王光辉,熊少祥.有机质谱解析[M].第1版.北京:化学工业出版社,ISBN7-5025-7566-9
- WANG Guang-hui, XIONG Shao-xiang. Analytical of Organic Mass Spectrometry [M]. 1st ed. Beijing: Chemical Industry Press, ISBN 7-5025-7566-9
- [21] 许杨洁.吡啶酰胺类化合物质谱裂解机理研究[D].杭州:浙江工业大学,2017
- XU Yang-jie. Study on the mechanism of pyrolysis of pyridyl amides by mass spectrometry [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2017