

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250519005

引用格式: 薛娟萍, 彭定蓉, 黄华天, 等. 响应面法优化红小糯高粱曲奇饼干工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(15): 295–300.

XUE JP, PENG DR, HUANG HT, *et al.* Study on the optimization of the process of red glutinous sorghum cookies by response surface methodology [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(15): 295–300. (in Chinese with English abstract).

响应面法优化红小糯高粱曲奇饼干工艺研究

薛娟萍¹, 彭定蓉¹, 黄华天¹, 杨绍英¹, 张梁¹, 易西俊¹, 陈宇², 孟宪福^{1*}

(1. 广西生态工程职业技术学院, 柳州 545004; 2. 广西红粮谷生态农业科技发展有限责任公司, 柳州 545000)

摘要: **目的** 响应面法优化红小糯高粱曲奇饼干工艺。**方法** 在单因素试验的基础上, 以红小糯高粱曲奇饼干的感官评分为响应值, 通过响应面法优化红小糯高粱曲奇饼干的工艺。**结果** 在以总粉 500 g, 其他配料占总粉比例分别为黄油 75.6%、糖粉 37.8%、牛奶 5.5%、全蛋液 16.8%为基础配比, 采用 12 齿裱花嘴成型的情况下, 最佳工艺为红小糯高粱粉占总粉的比例为 53%、烘烤时间 24 min、烘烤温度 158 °C, 通过验证, 该条件下制作的曲奇饼干外形完整、色泽喜人、口感酥脆、感官品质最佳。**结论** 该工艺用于加工红小糯曲奇饼干稳定可靠, 研究结果可为红小糯高粱曲奇饼干的加工提供理论支撑。

关键词: 红小糯高粱粉; 曲奇饼干; 响应面法

Study on the optimization of the process of red glutinous sorghum cookies by response surface methodology

XUE Juan-Ping¹, PENG Ding-Rong¹, HUANG Hua-Tian¹, YANG Shao-Ying¹,
ZHANG Liang¹, YI Xi-Jun¹, CHEN Yu², MENG Xian-Fu^{1*}

(1. Guangxi Eco-Engineering Vocational & Technical College, Liuzhou 545004, China;
2. Guangxi Honglianggu Ecological Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Liuzhou 545000, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the processing technology of red glutinous sorghum cookies by response surface methodology. **Methods** Based on single-factor experiments, the sensory score of red glutinous sorghum cookies was taken as the response value, and the process of red glutinous sorghum cookies was optimized by response surface methodology. **Results** Based on the basic ratio of total flour 500 g, with other ingredients accounting for the proportion of total flour as butter 75.6%, powdered sugar 37.8%, milk 5.5%, and whole egg liquid 16.8%, and using a 12-tooth piping tip for shaping, the optimal process was that the proportion of red glutinous sorghum flour in the total flour was 53%, the baking time was 24 min, and the baking temperature was 158 °C. Through verification, the cookies made under these conditions had a complete shape, an attractive color, a crispy texture, and the best sensory quality. **Conclusion** This process is stable and reliable for processing glutinous sorghum cookies, and the research results can provide theoretical support for the processing of glutinous sorghum cookies.

收稿日期: 2025-05-19

基金项目: 广西教育科学“十四五”规划项目(2021ZJY1474); 广西生态工程职业技术学院校级课题项目(2024KY28)

第一作者: 薛娟萍(1979—), 女, 副教授, 主要研究方向为食品新产品研发与健康养生。E-mail: 52754035@qq.com

*通信作者: 孟宪福(1980—), 男, 正高级工程师, 主要研究方向为食品及生物工程领域综合应用。E-mail: glmxf@aliyun.com

KEY WORDS: red glutinous sorghum flour; cookies; response surface methodology

0 引言

高粱是一种重要的杂粮作物,是世界 5 大作物之一^[1],主要用于酿酒、酿醋、制糖及饲料,在我国经济中扮演重要的角色^[2],它的营养成分包括蛋白质、碳水化合物、膳食纤维、脂肪、脂肪酸和矿物质^[3]。红小糯高粱经广西测试中心检测结果:籽粒能量 1536 kJ/100 g、淀粉 60 g/100 g、支链淀粉 57.2 g/100 g、粗蛋白 9.85%、脂肪 3.70 g/100 g、赖氨酸 0.18 g/100 g、硒 0.18 mg/kg 及单宁 1.15%^[4]。农业农村部定性为粮用及酿造兼用高粱品种,主要生产粉条、云片糕、糕点和酿酒等^[5-9],制作饼干也有一些研究,但真正形成产品的不多。

饼干是一种广受欢迎的谷物食品^[10],特别是曲奇饼干^[11],它是一种以油脂、糖和面粉为主要原料,烤制成型后表面有立体花纹,具有香甜风味,口感酥松、受消费者喜爱的休闲食品^[12-13],目前未见利用红小糯高粱粉生产曲奇饼干的报道。曲奇制作原料中添加红小糯高粱粉,不仅能丰富曲奇的品种、口感和色泽,还能提高曲奇饼干的营养价值^[14]。而红小糯高粱粉的加入,使得产品脆性降低,蓬松度不够等,在其他条件采用曲奇饼干制作条件的情况下,本研究对影响红小糯曲奇饼干品质的因素,红小糯高粱粉占总粉的比例,烘烤时间和烘烤温度进行深入研究,确立红小糯高粱曲奇饼干的最优工艺,进而为新型红小糯高粱曲奇饼干的研发提供技术支撑,丰富红小糯高粱的开发应用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

红小糯高粱粉(广西红粮谷生态农业科技发展有限责任公司);低筋小麦粉(益海嘉里(沈阳)粮油食品有限公司);黄油(安佳食品有限公司);舒可曼糖粉(广州福正东海食品有限公司);牛奶(市售);鸡蛋(市售)。

1.2 仪器与设备

cookmil 厨师机(瑞达鼎峰电器有限公司);2000 厨房电子秤(上海香恒衡器有限公司);EB-J6D-Z 大型电烤箱商用(佛山市德玛仕网络科技有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 红小糯曲奇饼干制备方法

将适量的黄油和糖粉放入厨师机中,以慢速搅拌至充分融合,加入全蛋液搅拌均匀,然后加入牛奶搅拌均匀,最后加入红小糯高粱粉和低筋粉,慢速搅拌均匀,制得面团。裱花袋中放入 12 齿裱花嘴,将搅拌好的面团放入裱花

袋,在烤盘中挤出花型曲奇面饼,在面火 150 °C,底火 150 °C 的烤箱中烘烤 20 min,出炉冷却后得到红小糯高粱曲奇饼干^[15-19]。

1.3.2 单因素试验

试验基础配方为:红小糯高粱粉添加量 125 g、低筋小麦粉添加量 375 g(红小糯高粱粉与低筋小麦粉的总质量固定为 500 g)、其他配料占全粉比例分别为:黄油 75.6%、糖粉 37.8%、牛奶 5.5%、全蛋液 16.8%。进行单因素试验,分别考察红小糯高粱粉占总粉的比例、烘烤时间、烘烤温度对红小糯高粱曲奇饼干品质的影响。

(1) 红小糯高粱粉占总粉比例对产品感官的影响

按照 1.3.1 的红小糯曲奇饼干制备方法,红小糯高粱粉占总粉的比例分别按照 0%、25%、50%、75% 和 100%,其他因素不变,制作曲奇饼干,进行感官评价。

(2) 烘烤时间对产品感官的影响

按照 1.3.1 的红小糯曲奇饼干制备方法,烘烤时间设定为 16、18、20、22、24 和 26 min,其他因素不变,制作曲奇饼干,进行感官评价。

(3) 烘烤温度对产品感官的影响

按照 1.3.1 的红小糯曲奇饼干制备方法,烘烤温度按照 130、140、150、160 和 170 °C,其他条件不变,制作曲奇饼干,进行感官评价。

1.3.3 感官评价方法

按照 GB/T 20980—2021《饼干质量通则》,由经过培训的 10 名感官评价员对红小糯高粱曲奇饼干进行感官评定。参照文献[20-24]方法,并加以改进,具体评分标准见表 1。

表 1 感官评分标准
Table 1 Criteria for sensory test scoring

项目	评分标准	得分
外观	外形完整,大小厚度一致,表面没有裂纹、光滑无破损	15~20
	外形基本完整,大小厚度基本一致,表面基本没有裂纹、较光滑、轻微破损	8~14
	外形不完整,大小厚度不一致,表面有裂纹、不光滑、有破损	1~7
色泽	颜色喜人,表皮颜色均匀,无焦糊现象	15~20
	颜色喜人,表皮颜色较均匀,略有焦糊现象	8~14
	色泽偏白或偏深,表皮颜色不均匀,有明显焦糊现象	1~7
风味	黄油味和红小糯高粱味适宜,且无其他异味	15~20
	黄油味和红小糯高粱味较浓或较淡,无其他异味	8~14
	黄油味和红小糯高粱味过浓或过淡,有其他异味	1~7
口感	口感酥脆,无黏牙糊口,不油腻,甜度适宜	15~20
	口感较酥脆,较黏牙糊口,较油腻,甜度较重或较淡	8~14
	口感不酥脆,黏牙糊口,油腻,甜度过重或过淡	1~7
整体可接受度	喜欢	15~20
	适中	8~14
	不接受	1~7

1.3.4 响应面试验

在单因素试验结果的基础上, 以红小糯高粱粉占总粉的比例(A)、烘烤时间(B)、烘烤温度(C) 3 个因素为自变量, 以红小糯高粱曲奇饼干感官评分为考察值, 进行响应面优化试验, 因素水平见表 2。

表 2 因素水平表
Table 2 Table of factor level

水平	因素		
	A(红小糯高粱粉占总粉比例)/%	B(烘烤时间)/min	C(烘烤温度)/°C
-1	25	22	150
0	50	24	160
1	75	26	170

1.4 数据处理

采用 Excel 2020 进行单因素方差分析及单因素柱状图制作, 采用 Design-Expert 8.0.6 进行响应面试验设计、数据分析^[25]。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果分析

2.1.1 红小糯高粱粉占总粉比例对红小糯高粱曲奇饼干品质的影响

由图 1A 可知, 随着红小糯高粱粉占总粉比例增加, 红小糯高粱曲奇饼干的感官评分呈先增加后减少的趋势, 可能是因为随着直链淀粉的增加, 形成了较疏松的结构, 当红小糯高粱粉占总粉比例为 50% 时, 感官评分最高。当红小糯高粱粉占总粉比例持续增加时, 出现粗糙感, 口感变差, 可能是随着蛋白质含量增加, 形成面筋网络的能力在增强, 导致饼干变紧实而酥脆口感降低^[26-28], 经单因素显著性差异分析, 红小糯高粱粉占总粉比例对感官评分影响显著($P < 0.05$)。综合考虑, 红小糯高粱粉占总粉比例为 50% 较好。

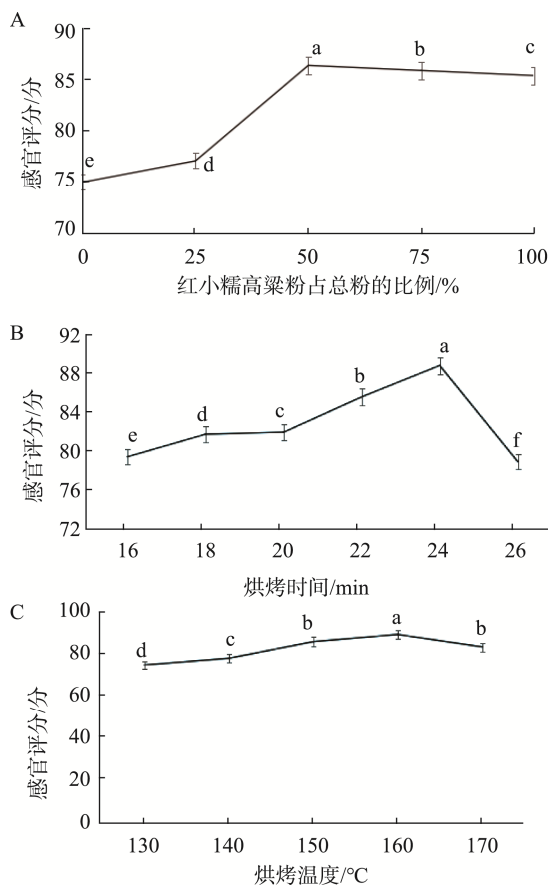
2.1.2 烘烤时间对红小糯高粱曲奇饼干品质的影响

由图 1B 可知, 随着烘烤时间的延长, 红小糯高粱曲奇饼干的感官评分呈先增加后减少的趋势, 烘烤时间少时, 尚不能完全熟透, 有致密的软心, 干燥后不蓬松不脆, 且色泽较浅; 当烘烤时间为 24 min 时, 感官评分最高, 持续增加烘烤时间, 则饼干的颜色较深, 且其蓬松、酥脆口感下降, 这与同类饼干的相关研究结果一致^[29-30]。经单因素显著性差异分析, 烘烤时间对感官评分影响显著($P < 0.05$), 烘烤时间选择 24 min 为宜。

2.1.3 烘烤温度对红小糯高粱曲奇饼干品质的影响

由图 1C 可知, 随着烘烤温度的升高, 红小糯高粱曲奇饼干的感官评分呈先增加后减少的趋势, 温度低不能烘烤透, 中间水分残留多, 断面结构不均匀, 当烘烤温度为

160 °C 时, 感官评分最高。烘烤温度小于 160 °C 时, 饼干出现夹生情况, 且形成喜人的色泽; 烘烤时间大于 160 °C, 饼干的边缘呈现深焦黄色, 且其蓬松、酥脆口感下降, 这可能是热量传导不够迅速, 形成表面高温, 内部低温, 内部水分不能很好迁移, 不能形成蓬松的结构, 同样导致断面结构不均匀^[14-15]。经单因素显著性差异分析, 烘烤温度对感官评分影响显著($P < 0.05$), 烘烤温度为 160 °C 较好。



注: 不同小写字母表示具有显著性差异($P < 0.05$)。

图 1 不同因素对红小糯高粱曲奇饼干品质的影响

Fig.1 Influence of different factors on the quality of red glutinous sorghum cookies

2.2 响应面试验结果及分析

2.2.1 优化试验

根据单因素试验的结果, 以红小糯高粱粉占总粉的比例(A)、烘烤时间(B)、烘烤温度(C) 3 个因素进行响应面试验设计, 每个方案进行 3 次平行试验, 结果取平均值, 见表 3。

2.2.2 响应面试验方差分析

根据 Design-Expert 8.0.6 Trial 软件对数据进行处理, 得到以红小糯高粱曲奇饼干的感官评分(Y)为目标函数的二次多元回归模型方程为:

$$Y = -2798.8 + 82.4A + 53.8B + 28.18C - 2AB + 0.2AC - 0.075BC - 62.4A^2 - 0.85B^2 - 0.084C^2$$

表 3 响应面试验设计及结果

Table 3 Design and results of response surface experiment

试验号	A	B	C	感官评分/分
1	0	1	-1	84
2	1	1	0	84
3	0	0	0	92
4	1	-1	0	86
5	0	0	0	92
6	-1	0	1	73
7	1	0	-1	83
8	0	0	0	90
9	0	1	1	74
10	-1	0	-1	83
11	0	-1	-1	81
12	0	0	0	90
13	0	-1	1	77
14	-1	1	0	83
15	0	0	0	90
16	-1	-1	0	81
17	1	0	1	75

表 4 回归模型方差分析

Table 4 Analysis of variance of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著水平
模型	592.32	9	66.37	52.78	<0.0001	**
A	8.00	1	8.00	6.36	0.0397	*
B	0	1	0	0	1.0000	
C	128.00	1	128.00	101.82	<0.0001	**
AB	4.00	1	4.00	3.18	0.1176	
AC	1.00	1	1.00	0.80	0.4021	
BC	9.00	1	9.00	7.16	0.0317	*
A ²	64.04	1	64.04	50.64	0.0002	**
B ²	48.67	1	48.67	38.72	0.0004	**
C ²	297.09	1	297.09	236.33	<0.0001	**
残差	8.80	7	1.26			
失拟	4.00	3	1.33	1.11	0.4428	
净误差	4.80	4	1.20			
总和	606.12	16				
$R^2=0.9855$		$R^2_{Adj}=0.9668$				

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

由表 4 可知, 模型 $P<0.0001$, 说明该模型极显著, 失拟项 P 为 0.4428, 不显著, 模型 $R^2=0.9855$, $R^2_{Adj}=0.9668$, 表明该模型拟合度较好, 即模型可靠, 因此可以用该方程对红小糯高粱曲奇饼干的品质进行模拟和分析。C、A²、B²和 C²对红小糯高粱曲奇饼干品质均有极显著影响($P<0.01$), A 和 BC 对红小糯高粱曲奇饼干品质均有显著影响($P<0.05$)。在 3 因素中烘烤温度对红小糯高粱曲奇饼干品质影响最大。

2.2.3 各因素响应面分析

以感官评价为响应值的响应面图和等高线图的变化反映出红小糯高粱粉占总粉的比例、烘烤时间、烘烤温度 3 个因素两两交互作用对红小糯高粱曲奇饼干的品质的影响程度(图 2)。3 个交互组在交互作用下均形成了响应面, 且出现倾斜面及椭圆形的等高线, 表明 AB、AC 和 BC 的交互作用已经影响到了对应的响应值。通过分析得知产品达到最优的工艺要求主要有: 红小糯高粱粉占总粉的比例 52.7%、烘烤时间 24.1 min、烘烤温度 157.6 °C。最优工艺感官评分达到 91.3 分。

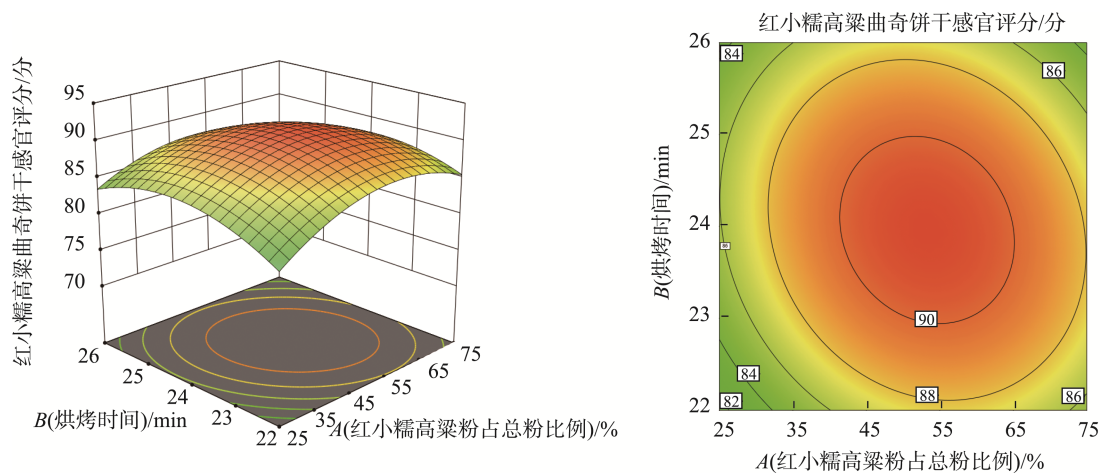


图 2 各因素交互作用的曲面图及等高线图
Fig.2 Surface plots and contour plots of the interaction of various factors

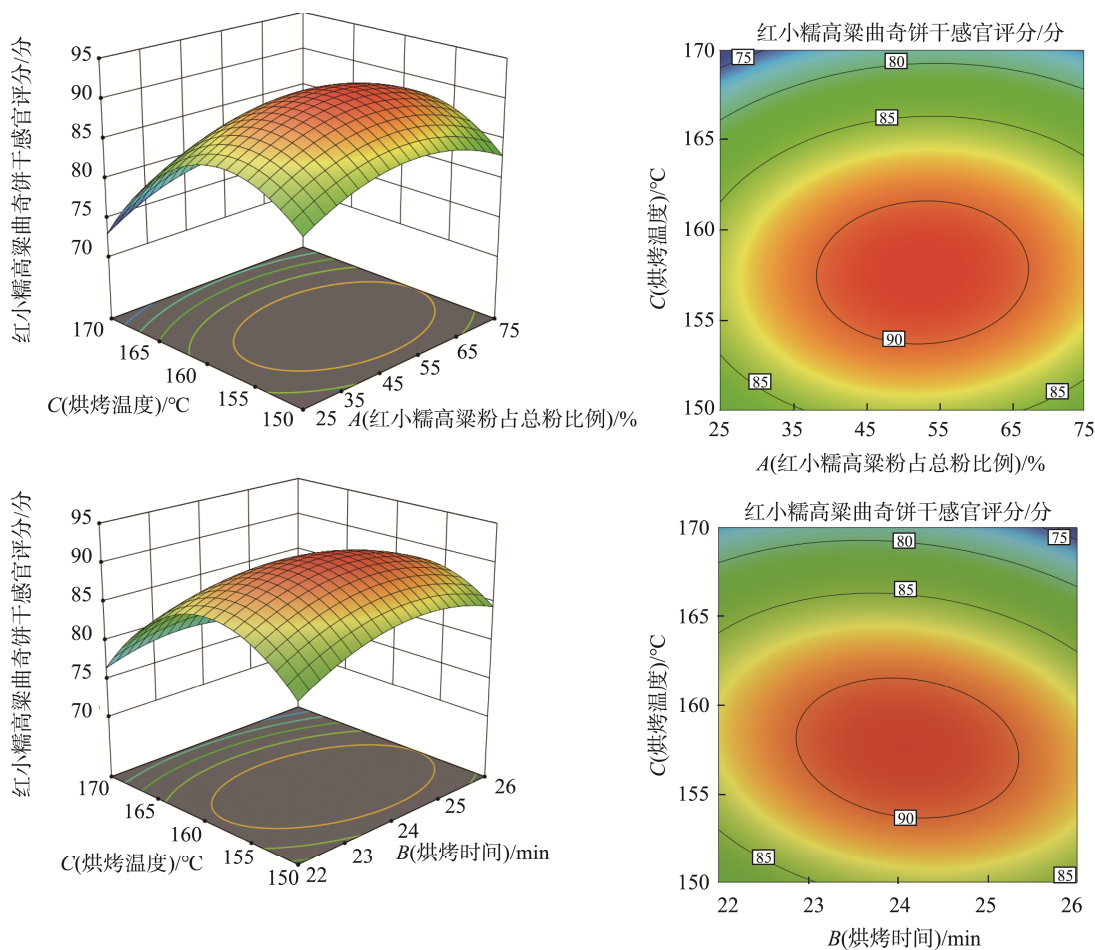


图 2(续) 各因素交互作用的曲面图及等高线图

Fig.2 Surface plots and contour plots of the interaction of various factors

2.2.4 验证试验结果分析

按照最优工艺结合实际操作便利, 以红小糯高粱粉占总粉的比例 53%、烘烤时间 24 min、烘烤温度 158 °C 条件下开展平行试验 3 次。所得曲奇饼干的感官评分为 92 分, 其感官评分与预测值接近, 说明模型可靠、有效。

2.2.5 优化工艺下的产品品质分析

按照最优工艺条件下制得的红小糯高粱曲奇饼干, 感官指标评分为 92 分, 具有特殊的红小糯高粱香、口感松脆、甜度适宜、色泽均匀、组织形态良好、断面结构呈现细密多孔状, 经检测, 水分 3.5%, 碱度 0.2%, 脂肪含量 20.5%, 符合 GB/T 20980—2021 要求。另外, 红小糯高粱饼干含膳食纤维 2.84 g/100 g, 含有机硒 0.145 mg/kg, 是该产品的特色指标。

3 结论

本研究以红小糯高粱粉和低筋小麦粉为主要原料制备红小糯高粱曲奇饼干。以外观、色泽、风味、口感、整体可接受度为主要内容的感官评分为指标, 通过单因素试验、感官评分分析和响应面法优化红小糯高粱曲奇饼干的

配方。结果表明: 最佳配方为红小糯高粱粉占总粉的比例 53%、烘烤时间 24 min、烘烤温度 158 °C, 所制得的曲奇饼干外形完整、颜色喜人、口感酥脆, 感官评价最佳。本研究为红小糯高粱制品的新品研发提供理论指导。

参考文献

- [1] 高恩红, 常道柯, 田潇凌, 等. 彩麦全麦粉特性及其对饼干品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(18): 114-122.
GAO ENH, CHANG XK, TIAN XL, *et al.* Characteristics of color wheat whole wheat flour and its influence on biscuit quality [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(18): 114-122.
- [2] 王红育, 李颖. 高粱营养价值及资源的开发利用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(2): 91-93.
WANG HY, LI Y. Nutritional value of sorghum and development and utilization of its resources [J]. Food Research and Development, 2006, 27(2): 91-93.
- [3] PAOLA P. Nutritional composition, fatty acid content, and mineral content of nine sorghum (*Sorghum bicolor*) inbred varieties [J]. Foods, 2024, 13(22): 3634.
- [4] 陈宇, 黄春红, 覃耀冠, 等. 高粱新品种红小糯的特征特性及高产栽培技术要点[J]. 南方农业, 2021, 15(11): 8-10.
CHEN Y, HUANG CH, QIN YG, *et al.* Characteristics and key points of

- high-yield cultivation techniques of the new sorghum variety red glutinous rice [J]. *Southern Agriculture*, 2021, 15(11): 8–10.
- [5] 刘天朋, 丁国祥, 赵甘霖, 等. 优质、高产、糯质、酿酒高粱新品种泸宁两糯 1 号的选育与栽培技术[J]. *杂粮作物*, 2010, 30(2): 77–78.
LIU TP, DING GX, ZHAO GL, *et al.* Breeding and cultivation techniques of a new high-quality, high-yield, glutinous and wine-making sorghum variety, Luning Liangnuo No.1 [J]. *Cereal Crops*, 2010, 30(2): 77–78.
- [6] ALAM M, MADHAV AD, DAR NB, *et al.* Developing hydrocolloid-infused honey fillings for millet cookies: A comparative study against commercially available fat-based alternatives [J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2024, 18: 8794–8810.
- [7] 陈冰嫒, 唐玉劫, 张丽霞, 等. 中国粒用杂交高粱的绿色革命[J]. *中国农业科学*, 2025, 58(8): 1494–1507.
CHEN BR, TANG YJ, ZHANG LX, *et al.* The green revolution of hybrid sorghum for grain use in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2025, 58(8): 1494–1507.
- [8] MAMALIKOU M, GKATZIONIS K, PANAGIOTOU M. Do social media likes affect food consumption [J]. *Businesses*, 2024, 4(4): 620–631.
- [9] MSRTA H, FIRMANSYAH NI, FEBIOLA C, *et al.* Physicochemical properties and sensory evaluation of gluten-free cookies made from fermented adlay (*Coix lacryma jobi* L.) flour using *Rhizopus* sp. [J]. *Cogent Food & Agriculture*, 2024, 10(1): 2381608.
- [10] ZHANG YQ. Effects of soy flour formulation and pretreatment on the properties of gluten-free cookies: A comprehensive study from flour, dough, to baked products [J]. *Food Chemistry*, 2025, 468: 142481.
- [11] CHUGHTAI JFM, PASHA I, AHSAN S, *et al.* Metabolic syndrome extenuation in rat model by feeding *Stevia rebaudiana* Bertoni cookies [J]. *Cogent Food & Agriculture*, 2024, 10(1): 2305513.
- [12] 梅新, 施建斌, 蔡沙, 等. 葛渣曲奇饼干的研制[J]. *粮油食品科技*, 2015, 23(5): 27–31.
MEI X, SHI JB, CAI S, *et al.* The development of Ge Zha cookie [J]. *Grain, Oil and Food Science and Technology*, 2015, 23(5): 27–31.
- [13] PACIULLI M, LITTARDI P, CARINI E, *et al.* Inulin-based emulsion filled gel as fat replacer in shortbread cookies: Effects during storage [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 133: 109888.
- [14] KAPLAN M, YUKSEL F, KARAMAN K. *In vitro* glycemic index, antioxidant capacity and some physicochemical characteristics of deep-fried sorghum based gluten free chips [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, 58(10): 1–9.
- [15] 张洪礼, 龚飘飘, 杨芬, 等. 响应面法优化方竹笋超微粉制作曲奇饼干的关键配方及品质评价[J]. *贵州农业科学*, 2024, 52(6): 103–115.
ZHANG HL, GONG PP, YANG F, *et al.* Response surface method optimization of key formulas and quality evaluation for making cookies with bamboo shoot ultrafine powder [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2024, 52(6): 103–115.
- [16] 黄怡, 王凯, 李雪, 等. 玉米燕麦曲奇饼干的加工工艺[J]. *食品工业*, 2024, 45(3): 105–108.
HUANG Y, WANG K, LI X, *et al.* Processing technology of corn and oat cookies [J]. *Food Industry*, 2024, 45(3): 105–108.
- [17] 周志强, 申飞, 钱志伟, 等. 添加麦芽粉对曲奇饼干品质及营养特性的影响[J]. *中国酿造*, 2023, 42(6): 225–230.
ZHOU ZQ, SHEN F, QIAN ZW, *et al.* The influence of adding malt powder on the quality and nutritional characteristics of cookies [J]. *China Brewing*, 2023, 42(6): 225–230.
- [18] DEEPIKA K, AKSHITA J, OMPARKSH S, *et al.* Gluten free approach of biscuits preparation [J]. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2023, 14: 100683.
- [19] 田静茹, 李雪琴, 陈洁. 高粱粉对面团特性及发面饼品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2025, 46(1): 40–47.
TIAN JG, LI XQ, CHEN J. The influence of sorghum flour on dough characteristics and the quality of leavened cakes [J]. *Food Research and Development*, 2025, 46(1): 40–47.
- [20] 张珍珍, 段欣妍, 林静, 等. 响应面法优化马铃薯曲奇饼干配方研究[J]. *粮食与油脂*, 2024, 37(12): 83–88.
ZHANG ZZ, DUAN XY, LIN J, *et al.* Research on optimizing the formula of potato chip cookies by response surface method [J]. *Grain & Oil*, 2024, 37(12): 83–88.
- [21] JUYOUN L, SEYOUNG J. What is the relationship between sensory attributes identified using cata (check-all-that-apply) questionnaire and consumer acceptance of cookies using plant-based oils [J]. *Foods*, 2024, 13(22): 3593.
- [22] MAHMOUD KF, SHEDEED NA, HUSSEIN AMS. Production and quality evaluation of corn crackers fortified with freeze-dried banana peel and pulp [J]. *Food and Humanity*, 2023, 1: 1680–1690.
- [23] 崔娜, EMMY HKI, 蔡小慧, 等. 螺蛳粉风味曲奇饼干加工工艺的优化[J]. *食品研究与开发*, 2025, 46(7): 110–118.
CUI N, EMMY HKI, CAI XH, *et al.* Optimization of processing technology for rice noodle flavored cookies [J]. *Food Research and Development*, 2025, 46(7): 110–118.
- [24] 肖梦炎, 梁婷, 张婷婷, 等. 基于响应面法的参芪饼干工艺优化研究[J]. *中国食物与营养*, 2025, 31(1): 42–50.
XIAO MY, LIANG T, ZHANG TT, *et al.* Based on response surface method of ginseng and astragalus biscuits process optimization study [J]. *Food and Nutrition in China*, 2025, 31(1): 42–50.
- [25] 潘阳, 曹川. 响应面法优化魔芋燕麦代餐饼干配方研究[J]. *吉林农业科技学院学报* 2024, 33(2): 6–11.
PAN Y, CAO C. Research on optimizing the formula of konjac oat meal replacement biscuits by response surface method [J]. *Journal of Jilin Agricultural Science and Technology University*, 2024, 33(2): 6–11.
- [26] 买玉花, 王彩霞, 贺晓光. 马铃薯饼干的工艺优化[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(5): 155–161.
MAI YH, WANG CX, HE XG. Process optimization of potato biscuits [J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(5): 155–161.
- [27] 季姗姗, 郭旭, 梁月, 等. 响应面法优化红茶燕麦曲奇制备工艺[J]. *保鲜与加工*, 2023, 23(10): 28–36.
JI SS, GUO X, LIANG Y, *et al.* Optimization of the preparation process of black tea oat cookies by response surface method [J]. *Preservation & Processing*, 2023, 23(10): 28–36.
- [28] 袁华标, 黎铸毅, 刘美娇, 等. 猕猴桃风味石斑鱼骨高钙饼干的制备及品质分析[J]. *食品研究与开发*, 2025, 46(3): 152–159.
YUAN HB, LI ZY, LIU MJ, *et al.* Preparation and quality analysis of kiwi flavored grouper bone high-calcium biscuits [J]. *Food Research and Development*, 2025, 46(3): 152–159.
- [29] 杨转红, 李晓辉, 刘娅, 等. 鹰嘴豆曲奇饼干的研制[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(14): 142–146, 151.
YANG ZH, LI XH, LIU Y, *et al.* The development of chickpea cookie [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(14): 142–146, 151.
- [30] 马金鸽, 王进英, 冶梓芬, 等. 油菜籽蛋白青稞饼干的制备及其品质评价[J]. *粮食与油脂*, 2024, 37(12): 122–127.
MA JG, WANG JY, YE ZQ, *et al.* Preparation and quality evaluation of rapeseed protein barley biscuits [J]. *Cereals & Oil*, 2024, 37(12): 122–127.

(责任编辑: 安香玉 于梦娇)