Hans Journal of Agricultural Sciences 农业科学, 2025, 15(5), 705-715
Published Online May 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/hjas
https://doi.org/10.12677/hjas.2025.155087

Hans汉斯

黑糯玉米复合营养代餐粉的研制

周轲楠[1]，吴　珍[1,2]，马　蓉[1]，范　娜[1,3]，许小娟[1]，戴佳锟[4]

[1]商洛学院生物医药与食品工程学院，陕西　商洛
[2]商洛市秦岭植物良种繁育中心，陕西　商洛
[3]商洛市粮食工程技术研究中心，陕西　商洛
[4]陕西省生物农业研究所，陕西　西安

收稿日期：2025年4月25日；录用日期：2025年5月23日；发布日期：2025年5月31日

摘　要

本研究以黑糯玉米为主要原料，复合黑豆粉、黑芝麻粉和南瓜粉，以代餐粉的感官品质为评价标准，采用单因素试验结合响应面优化法，开发了一种富含花青素的新型营养代餐粉。结果表明，当黑糯玉米粉、黑豆粉、黑芝麻粉、南瓜粉和麦芽糊精的添加量分别为55%、10%、16%、16%和3%时，制得的代餐粉感官性能最佳，具有良好的冲调特性、色泽均匀、谷香浓郁、口感醇厚，其花青素含量高达39.7 ± 0.01 mg/100 g，表现出良好的抗氧化性能潜质，为黑糯玉米的产品开发提供参考。

关键词

黑糯玉米，代餐粉，花青素，响应面

Development of Composite Nutritional Meal Replacement Powder from Black Glutinous Corn

Kenan Zhou[1], Zhen Wu[1,2], Rong Ma[1], Na Fan[1,3], Xiaojuan Xu[1], Jiakun Dai[4]

[1]College of Biopharmaceutical and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi
[2]Qinling Plant Breeding Center of Shangluo, Shangluo Shaanxi
[3]Shangluo Grain Engineering Technology Research Center, Shangluo Shaanxi
[4]Shaanxi Institute of Biological Agriculture, Xi'an Shaanxi

Received: Apr. 25th, 2025; accepted: May 23rd, 2025; published: May 31st, 2025

Abstract

This study developed a novel anthocyanin-rich nutritional meal replacement powder using black

文章引用: 周轲楠, 吴珍, 马蓉, 范娜, 许小娟, 戴佳锟. 黑糯玉米复合营养代餐粉的研制[J]. 农业科学, 2025, 15(5): 705-715. DOI: 10.12677/hjas.2025.155087

glutinous corn as the primary ingredient, complemented with black bean powder, black sesame powder, and pumpkin powder. The formulation was designed with sensory quality as the evaluation criterion through single-factor experiments combined with response surface optimization methodology. The results indicated that the optimal sensory characteristics were achieved with the following composition: 55% black glutinous corn flour, 10% black bean flour, 16% black sesame flour, 16% pumpkin flour, and 3% maltodextrin. The resultant product exhibited superior reconstitution properties, uniform color distribution, pronounced product development of cereal aroma, and mellow taste profile. Notably, it contained anthocyanins at 39.7 ± 0.01 mg/100 g, suggesting significant antioxidant potential. This research provides a reference for product development of black glutinous corn.

Keywords

Black Glutinous Corn, Meal Replacement Powder, Anthocyanin, Response Surface

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

黑糯玉米(*Zea mays* L. var. *ceratina*)作为特种玉米品种，其深紫色籽粒中富含矢车菊素-3-葡萄糖苷等花青素类物质，含量可达普通紫玉米的 1.8 倍[1]。研究表明，黑糯玉米花青素具有显著的 DPPH 自由基清除能力(IC50 1.136 ± 0.391 mg/mL)和 α-葡萄糖苷酶抑制活性，在调节血糖、抗炎等方面展现独特优势[2] [3]。然而，目前黑糯玉米的加工利用多局限于传统食品(如粽子、糕点)，其高附加值功能性食品相对较少。与此同时，黑豆、黑芝麻等黑色食品原料因富含多酚、不饱和脂肪酸等功能成分[4]，常被用于营养强化。

近年来，随着现代生活节奏的加快和健康意识的提升，代餐粉作为一种食用便捷、营养均衡的冲调粉剂产品，因适用人群广泛、低热量、高纤维、易饱腹等优点备受消费者青睐[5]。然而，当前市售代餐粉原料同质化严重，主要依赖大豆蛋白、燕麦等常规原料，导致产品功能单一；植物原料特色热敏感活性成分(如花青素)损失率高，限制了产品的生物活性效能[6]。复合代餐粉能够将原料各自的活性成分有机结合，取长补短，协同增效，其对健康的益处远优于单一营养素。基于此，本研究以营养丰富的黑糯玉米为核心基料，利用其高支链淀粉特性，复合黑豆粉、黑芝麻粉及南瓜粉等多组分营养，借助膨化技术快速加压升温促使淀粉糊化，瞬间减压改变原料组织结构以改善质地和口感，开发出一款口感优良、冲调性好的黑糯玉米营养代餐粉。

2. 材料与方法

2.1. 原料与试剂

黑糯玉米由商洛市秦岭植物良种繁育中心实验室提供；黑豆、芝麻、南瓜均购自本地超市；麦芽糊精为食品级，由河南万邦实业有限公司提供。

2.2. 仪器与设备

电子分析天平、电热恒温培养箱、分光光度计、挤压膨化机、高速万能粉碎机。

2.3. 试验方法

2.3.1. 黑糯玉米代餐粉制备工艺

选择优质黑糯玉米颗粒、黑豆、黑芝麻和南瓜，经挤压膨化后粉碎过 60 目筛进行标准化处理。按照不同配比称重各配料并混匀，密封保存。

2.3.2. 单因素试验

1) 黑糯玉米粉添加量对代餐粉品质的影响

固定黑豆粉、黑芝麻粉、南瓜粉和麦芽糊精的添加量分别为 15%、10%、12%和 7%，以冲调后代餐粉的感官评价为指标，选取黑糯玉米粉添加量为 35%、45%、55%、65%和 75%，进行单因素试验。

2) 黑豆粉添加量对代餐粉品质的影响

固定黑糯玉米粉、黑芝麻粉、南瓜粉和麦芽糊精的添加量分别为 55%、10%、12%和 7%，以冲调后代餐粉的感官评价为指标，选取黑豆粉添加量为 5%、10%、15%、20%和 25%，进行单因素试验。

3) 黑芝麻粉添加量对代餐粉品质的影响

固定黑糯玉米粉、黑豆粉、南瓜粉和麦芽糊精的添加量分别为 55%、10%、12%和 7%，以冲调后代餐粉的感官评价为指标，选取黑芝麻粉添加量为 4%、8%、12%、16%和 20%，进行单因素试验。

4) 南瓜粉添加量对代餐粉品质的影响

固定黑糯玉米粉、黑豆粉、芝麻粉和麦芽糊精的添加量分别为 55%、10%、12%和 7%，以冲调后代餐粉的感官评价为指标，选取南瓜粉添加量为 4%、8%、12%、16%和 20%，进行单因素试验。

5) 麦芽糊精添加量对代餐粉品质的影响

固定黑糯玉米粉、黑豆粉、南瓜粉和黑芝麻粉的添加量分别为 55%、10%、12%和 12%，以冲调后代餐粉的感官评价为指标，选取麦芽糊精的添加量为 2%、3%、4%、5%和 6%，进行单因素试验。

2.3.3. Box-Behnken 响应面优化试验

根据单因素实验结果，选取黑糯玉米粉(A)、黑豆粉(B)、黑芝麻粉(C)和南瓜粉(D)这四个对代餐粉感官评分影响显著的因素，利用 Design-Expert 12 软件进行四因素三水平的 Box-Behnken 设计试验，试验设计如表 1 所示。每组重复 3 次。

Table 1. Factors and levels of the Box-Behnken test
表 1. Box-Behnken 试验因素与水平

水平	因素			
	A 黑糯玉米粉添加量(%)	B 黑豆粉添加量(%)	C 黑芝麻粉添加量(%)	D 南瓜粉添加量(%)
−1	45	5	12	12
0	55	10	16	16
1	65	15	20	20

2.3.4. 感官评价标准

基于黑糯玉米代餐粉独特的感官特性(含冲调性)，制定了感官评分表。由 10 名经过专业培训的感官评价人员依据表 2 的评分标准，从气味外观、组织形态、冲调性及口感四个指标进行评价，并以所有评价人员的平均分作为最终结果。感官评分标准详见表 2 [7] [8]。

Table 2. Sensory evaluation criteria for nutritional meal replacement powder
表 2. 营养代餐粉的感官评分标准

指标	评分标准	分值(分)
色泽 (20)	灰褐色，色泽均匀	16~20
	灰褐色，色泽不均一	11~15
	颜色过深或过浅	<10
滋味 (20)	甜度适当，入口即咽，无砂粒感	16~20
	甜度适当，轻微砂粒感	11~15
	甜度过淡或过浓，砂粒感显著	<10
气味 (20)	香味浓郁	16~20
	香味不明显	11~15
	香味过浓或过淡，或有其他异味	<10
组织形态 (10)	组织均匀，无结块，无显著颗粒物	7~10
	组织均匀，有轻微结块，不够润滑	4~6
	组织不均匀，结块较多，明显颗粒物	<3
溶解性 (30)	冲调成糊状，溶解性良好，不分层	21~30
	冲调成糊状，细微分层	11~20
	冲调成糊状，有显著分层	<10

2.3.5. 黑糯玉米营养代餐粉营养成分分析及花青素含量的测定

1) 营养成分分析

总糖含量、蛋白质含量、脂肪含量、钠含量分别参考 GB 5009.7-2016、GB 5009.5-2016、GB 5009.6-2016 和 GB 5009.91-2017 进行测定，并依据 GB 28050-2011《预包装食品营养标签通则》，制作代餐粉的营养成分表。

2) 花青素含量的测定

精密称取样品 150~200 mg (精确至 0.0001 mg)，置于烧瓶中，加入 25 mL 2%盐酸－甲醇溶液(m/V)，在 60℃超声水浴中水解 20 min 后冷却至室温，用 2%盐酸－甲醇溶液(m/V)转移并定容至 50 mL，摇匀得试液 A。

根据试液 A 的浓度和颜色确定稀释倍数，摇匀后得待测试液 B，溶液应澄清透明。若混浊，则用滤纸过滤，弃去初始滤液约 10 mL，后续滤液用于检测。黑糯玉米中花青素的含量以飞燕草素的质量分数 $W3$ 计，数值以%表示，按下式计算[9]：

$$W3=\frac{A\times 0.5\times f}{1020\times m}\times 100\%$$

式中：

A：供试品溶液 B 在吸收波长 540 nm 下的吸光度；

f：供试品溶液 A 至试液 B 的稀释倍数；

m：供试品质量，g；

1020：飞燕草素的百分吸光系数($E_{1cm}^{1\%}$)，即在 540 nm 吸收波长下，飞燕草素的溶液浓度为 1 g/100 mL、比色杯厚度为 1 cm 时，溶液的吸光度；

0.5：百分吸光系数($E_{1cm}^{1\%}$)定义规定的，在 50 mL 溶液中溶解溶质的质量，g。

3. 结果与分析

3.1. 单因素试验结果分析

3.1.1. 黑糯玉米粉添加量对代餐粉感官品质的影响

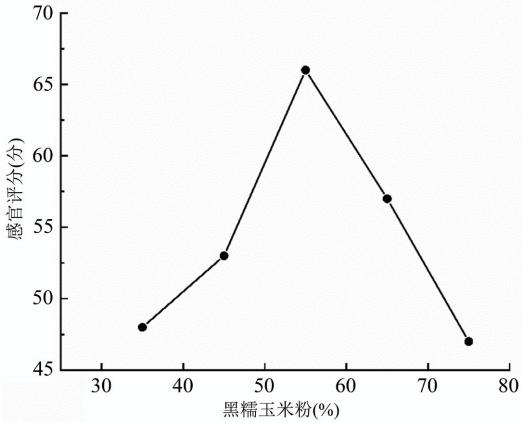

Figure 1. Effect of black glutinous corn flour addition on the sensory quality of meal replacement powder
图 1. 黑糯玉米粉添加量对代餐粉感官品质的影响

黑糯玉米粉添加量对于代餐粉感官品质的影响如图 1 所示。随着黑糯玉米粉添加量的增加，代餐粉感官评分呈现先上升后下降的趋势。当其添加量为 55%时，所制得的代餐粉感官评分最高，达到 66 分。此时，代餐粉加水冲调后溶解迅速且均匀，冲调后黏稠度适中，色泽灰褐色且均匀，口感适宜，玉米香味浓郁。适量添加黑糯玉米粉可提高产品的黏稠度、适口性和饱腹感；但添加过多会导致明显的砂砾感，同时由于黑糯玉米呈糯性，添加量越高，溶液越粘稠，容易结块，从而影响口感。因此，黑糯玉米粉的最佳添加量为 55%。

3.1.2. 黑豆粉添加量对代餐粉感官品质的影响

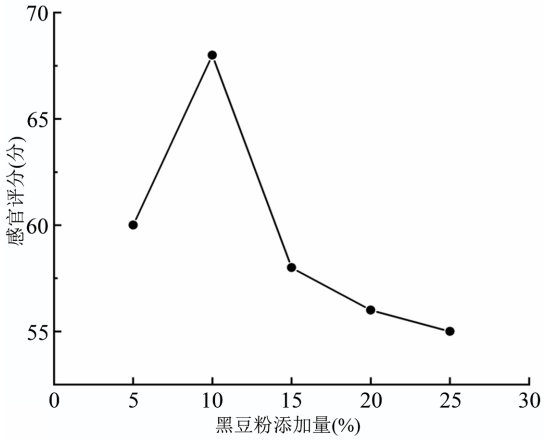

Figure 2. Effect of black bean flour addition on the sensory quality of meal replacement powder
图 2. 黑豆粉添加量对营养代餐粉感官品质的影响

从图 2 可以看出，代餐粉感官评分随黑豆粉添加量的增加先上升后下降。当添加量为 10%时，感官评分最高，达到 68 分。随后继续增加黑豆粉添加量，代餐粉感官评分逐渐下降。这可能是因为适量加入

黑豆粉可提升代餐粉的风味，但添加量过多时，黑豆特有的腥味和苦涩感加重，影响口感，导致风味变差[10]。因此，黑豆粉的适宜添加量为 10%。

3.1.3. 黑芝麻粉添加量对营养代餐粉感官品质的影响

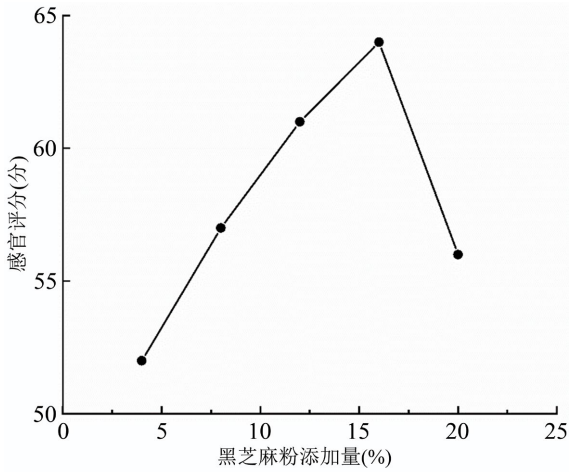

Figure 3. Effect of black sesame flour addition on the sensory quality of meal replacement powder
图 3. 黑芝麻粉添加量对营养代餐粉感官品质的影响

如图 3 所示，随着黑芝麻粉添加量的增加，代餐粉感官评分呈现先上升后下降的趋势。当其添加量为 16%时，所制得的代餐粉感官评分最高。这可能是因为黑芝麻的香气和丰富的油脂含量提升了代餐粉的感官品质，但添加量超过 16%后，代餐粉的冲调溶解性变差，口感明显下降，感官评分降低。因此，黑芝麻粉的最佳添加量为 16%。

3.1.4. 南瓜粉添加量对营养代餐粉感官品质的影响

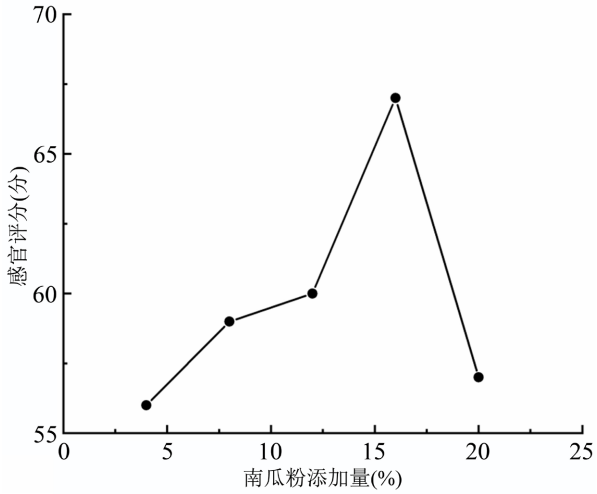

Figure 4. Effect of pumpkin flour addition on the sensory quality of meal replacement powder
图 4. 南瓜粉添加量对营养代餐粉感官品质的影响

如图 4 所示，随着南瓜粉添加量的增加，代餐粉感官评分呈现先上升后下降的趋势。当其添加量为 16%时，所制得的代餐粉感官评分最高。这可能是因为南瓜独特的香气和甜味提升了代餐粉的感官品质，

但添加量超过 16%后，代餐粉的冲调溶解性较差，略有颗粒感，口感也明显下降，感官评分降低。因此，南瓜粉的最佳添加量为 16%。

3.1.5. 麦芽糊精添加量对营养代餐粉感官品质的影响

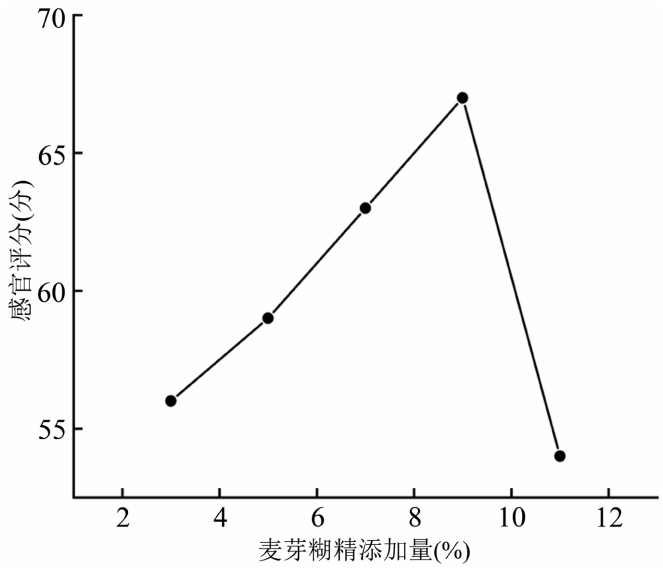

Figure 5. Effect of maltodextrin addition on the sensory quality of meal replacement powder
图 5. 麦芽糊精添加量对营养代餐粉感官品质的影响

如图 5 所示，随着麦芽糊精添加量的增加，代餐粉感官评分呈现先上升后下降的趋势。当其添加量为 9%时，所制得的代餐粉感官评分最高；当添加量增加到 11%时，代餐粉的感官评分迅速降低。这可能是因为过量的麦芽糊精显著增加了代餐粉的吸湿性，冲调后的产品黏稠度发生较大变化，甜味过重，导致产品感官品质下降。因此，麦芽糊精的最佳添加量为 9%。

3.2. 响应面试验结果分析

3.2.1. 响应面试验设计结果

根据单因素试验结果，选取黑糯玉米粉、黑豆粉、黑芝麻粉和南瓜粉的添加量作为自变量，以感官评分为响应值，采用 Design-Expert 软件设计四因素三水平试验，共包括 29 个试验点，其中 24 个为析因点，5 个为零点以估计误差[11] [12]。试验结果见表 3。

Table 3. Design and results of Box-Behnken test
表 3. Box-Behnken 试验设计及结果

试验号	A 黑糯玉米粉添加量	B 黑豆粉添加量	C 黑芝麻粉添加量	D 南瓜粉添加量	Y 感官评分
1	55	10	20	12	65
2	55	5	12	16	62
3	45	15	16	16	60
4	65	10	12	16	66
5	55	10	12	20	65
6	55	10	16	16	85

续表

7	55	10	12	12	62
8	65	10	20	16	66
9	55	5	16	20	64
10	45	5	16	16	55
11	55	10	16	16	84
12	45	10	16	20	64
13	45	10	12	16	56
14	65	15	16	16	75
15	55	15	12	16	69
16	55	5	16	12	61
17	55	15	16	12	69
18	45	10	20	16	64
19	55	10	16	16	85
20	55	10	16	16	84
21	65	5	16	16	70
22	55	15	20	16	69
23	55	5	20	16	66
24	65	10	16	12	63
25	65	10	16	20	63
26	45	10	16	12	64
27	55	10	20	20	68
28	55	10	16	16	86
29	55	15	16	20	69

3.2.2. 回归模型的建立与显著性分析

使用 Design-Expert 12 软件对结果进行分析，拟合得到四个因素与感官评分之间的二次回归方程如下：

$$Y = 76.6 + 0.50A - 0.58B + 0.17C + 0.25D - 1.00AB - 0.05AC - 2.00AD + 0.50BC - 1.25BD + 3.50CD - 5.09A^2 - 4.22B^2 - 6.09C^2 - 8.72D^2$$

对回归模型进行方差分析和显著性检验，结果见表 4。模型 $P < 0.0001$，表明该模型具有极高的显著性。试验中的决定系数 $R^2 = 0.9825$，$R^2_{adj} = 0.9330$，说明回归模型与试验值拟合良好，预测值与实测值之间具有较高的相关性，表明该方程具备良好的可靠性，可用于黑糯玉米代餐粉感官评分的理论推测与分析。

由表 4 中各因素的 P 值可知，黑糯玉米粉添加量、黑豆粉添加量及其内部相互作用，以及黑糯玉米粉与黑豆粉添加量、黑糯玉米粉与黑芝麻粉添加量的交互作用均对代餐粉的感官评价影响极显著。同时，黑豆粉与黑芝麻粉添加量的交互作用对响应值影响显著。此外，四个因素对黑糯玉米代餐粉感官评价的影响程度依次为：黑糯玉米粉添加量 > 黑豆粉添加量 > 黑芝麻粉添加量 > 南瓜粉添加量。

Table 4. ANOVA for the quadratic model
表 4. 二次模型的方差分析

来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	*P* 值	显著性
A	133.33	1	133.33	13.19	0.0027	**
B	90.75	1	90.75	8.98	0.0096	**
C	27.00	1	27.00	2.67	0.1245	
D	6.75	1	6.75	0.67	0.4276	
AB	103.39	1	103.39	89.75	<0.0001	***
AC	16.00	1	16.00	1.58	<0.0001	***
AD	4.3	1	4.3	3.89	0.0665	
BC	4.00	1	4.00	0.40	0.0095	**
BD	2.25	1	2.25	0.22	0.6444	
CD	10.17	1	10.17	9.88	0.0067	
A^2	849.16	1	849.16	83.99	<0.0001	***
B^2	476.03	1	476.03	47.08	<0.0001	***
C^2	641.10	1	641.10	63.41	<0.0001	***
D^2	657.33	1	657.33	65.01	<0.0001	***
模型	1969.76	14	140.70	13.92	<0.0001	***
残差	141.55	14	10.11			
失拟项	138.75	10	13. 88	19.82	0.0056	**
纯误差	2.80	4	0.70			

注：**差异显著($P < 0.01$)，***差异极显著($P < 0.001$)。

3.2.3. 交互作用对营养型代餐粉感官评分的影响

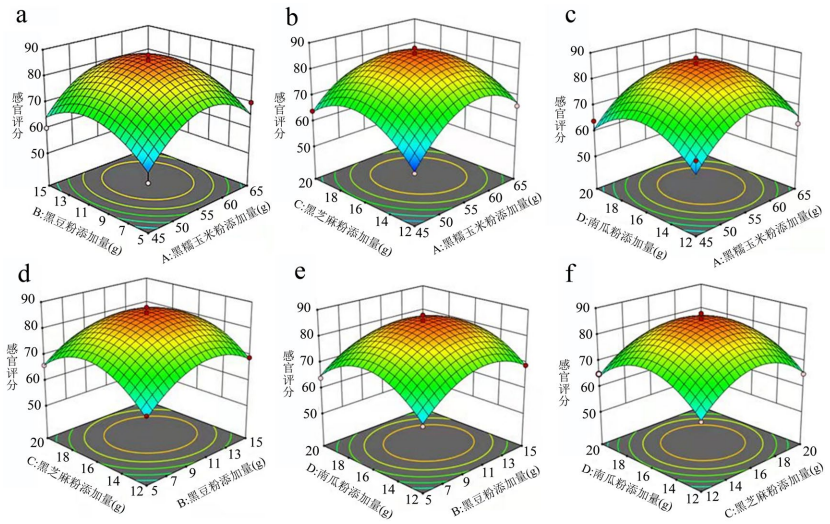

Figure 6. Interaction effects of different factors on the sensory score of black glutinous corn meal replacement powder: (a) Black glutinous corn flour vs. black bean flour; (b) Black glutinous corn flour vs. black sesame flour; (c) Black glutinous corn Flour vs. pumpkin flour; (d) Black bean flour vs. black sesame flour; (e) Black bean flour vs. pumpkin flour; (f) Black sesame flour vs. pumpkin flour)
图 6. 各因素交互作用对黑糯玉米代餐粉感官评分的影响：(a) 黑糯玉米粉与黑豆粉添加量；(b) 黑糯玉米粉与黑芝麻粉添加量；(c) 黑糯玉米粉与南瓜粉添加量；(d) 黑豆粉与黑芝麻粉添加量；(e) 黑豆粉与南瓜粉添加量；(f) 黑芝麻粉与南瓜粉添加量)

响应曲线能够直观反映各因素对响应值的影响[13]。图 6 展示了在两种因素水平为 0 时，其余两因素对黑糯玉米代餐粉感官评分的交互作用。从图 6 可以看出，等高线呈椭圆形，其中图 6(a)和图 6(b)的 3D 曲面坡度最大，表明黑糯玉米粉与黑豆粉添加量、黑糯玉米粉与黑芝麻粉添加量的交互作用影响极显著；黑芝麻粉与黑豆粉添加量的交互作用影响显著；而黑糯玉米粉与南瓜粉、黑豆粉与南瓜粉、黑芝麻粉与南瓜粉添加量的交互作用对感官评分影响不显著。

3.2.4. 验证试验结果

通过对试验模型的分析，得出黑糯玉米代餐粉最佳口感的配方为：黑糯玉米粉 55%，黑豆粉 10%，黑芝麻粉 16%，南瓜粉 16%，麦芽糊精 3%。在 80℃下加入 8 倍温水搅拌均匀后，实际测得代餐粉感官评分为 89.56 分，与理论值 90.12 分相比，误差为 0.62%。通过响应面优化得到的代餐粉配方具有良好的重复性，可作为代餐粉的最佳配方。

3.3. 代餐粉营养成分分析

对优化后的最佳配方代餐粉中的营养素含量进行测定，并制作营养成分表，如表 5 所示。参照 T/DCF 001-2019《代餐粉》和 T/CNSS 002-2019《代餐食品团体标准》等国家标准可知，该代餐粉蛋白质含量较高(≥8 g/100 g)，脂肪和钠含量较低，具有高蛋白、低脂肪、低钠的特点。

Table 5. Nutritional composition table of black glutinous corn meal replacement powder
表 5. 黑糯玉米营养代餐粉营养成分表

项目	每 100 g	NRV %
能量/KJ	1827.25	21.8
蛋白质/g	14.4	24
脂肪/g	6.2	10
碳水化合物/g	62.1	21
钠/mg	15.8	1

3.4. 代餐粉花青素含量分析

对优化后的最佳配方代餐粉中的花青素含量进行测定，重复五组实验，结果为 39.7 ± 0.01 mg/100 g。参照《中国居民膳食营养素参考摄入量》(2023 版)中花色苷的建议摄入值(SPL) (50 mg/d)，可知该代餐粉花青素含量较高。

4. 结论

本研究综合考虑了黑糯玉米代餐粉的风味、口感、冲调性及色泽，通过单因素试验和响应面试验优化其配方，确定影响感官评分的因素主次顺序为：黑糯玉米粉添加量 > 黑豆粉添加量 > 黑芝麻粉添加量 > 南瓜粉添加量。通过对试验数据进行统计分析并建立预测模型，得出黑糯玉米代餐粉的最佳工艺配方为：黑糯玉米粉 55%，黑豆粉 10%，黑芝麻粉 16%，南瓜粉 16%，麦芽糊精 3%。在此配方下制备的代餐粉外观细腻均匀，色泽均匀，谷香浓郁，口感醇厚，冲泡性能良好；蛋白质含量为 14.4 g/100 g，脂肪含量为 6.2 g/100 g，碳水化合物含量为 67.4 g/100 g，钠含量为 15.8 mg/100 g，花青素含量为 39.7 ± 0.01 mg/100 g。该代餐粉不仅具备高蛋白、低脂肪、低钠的优点，还兼具较高的花青素含量。研究表明，花青素具有优良的抗氧化特性，在抗炎、抗心血管疾病及抗癌等方面表现出良好的性能。因此，该配方代餐粉既满足人体基本营养需求，又符合当代人对功能性食品的追求，适应市场需求，同时也为黑糯玉米产品开发提供了理论依据。

基金项目

国家级大学生创新创业训练计划项目(S202211396020)。

参考文献

[1] Miguel Magaña-Cerino, J., Arturo Peniche-Pavía, H., Tiessen, A., *et al*. (2020) Pigmented Maize (*Zea mays* L.) Contains Anthocyanins with Potential Therapeutic Action against Oxidative Stress: A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, **70**, 185-199.

[2] 李诗雨. 黑玉米籽粒花青素苷的分离纯化及抗氧化活性研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南农业大学, 2024.

[3] 范瑞, 陈永欣, 董立红, 等. 黑果皮糯玉米的营养保健功能及食品开发利用[J]. 农产品加工, 2020(7): 66-68, 72.

[4] 付欣, 吴兴壮, 鲁明. 黑色杂粮食品研究进展[J]. 农业经济, 2023(6): 34-35.

[5] 常乐. 代餐粉的功效及加工工艺研究进展[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(9): 7-9, 18.

[6] 田文静, 赵东瑞, 张彤. 复合杂粮代餐粉的研制[J]. 食品工业, 2021, 42(9): 27-32.

[7] 王小敏, 骆津津, 张娜郡, 等. 高膳食纤维谷物代餐粉的制备及其品质特性[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(18): 132-140.

[8] 宿婧, 张晨萍, 梁彬, 等. 响应面法优化藜麦代餐粉工艺[J]. 农产品加工, 2024(6): 46-49, 54.

[9] 闫家荫. 黑玉米花青素的提取、纯化及降脂作用研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北科技大学, 2021.

[10] 黄雨濛, 王丹, 鲁明. 黑色谷物代餐粉加工生产的研究进展[J]. 农业科技与装备, 2024(5): 75-77.

[11] 丁丽娜, 李淑倩, 宁杰等. 响应面法优化富含益生元的代餐粉配方[J]. 现代食品科技, 2021, 37(11): 96-105.

[12] 刘静雪, 孟繁钰, 高婷婷, 等. 响应面法优化炭泉小米复合杂粮代餐粉工艺[J]. 粮食问题研究, 2024(6): 27-30.

[13] 陈静, 丁洁, 沙芮, 等. 响应面法优化黑小米代餐粉配方[J]. 食品工业, 2021, 42(12): 182-186.