

# 沙棘黑全麦生鲜面的配方优化及品质评价

李月<sup>1</sup>, 张笑莹<sup>1</sup>, 王永霞<sup>1</sup>, 王成祥<sup>2</sup>, 赵鑫燕<sup>2</sup>, 孙锋锋<sup>2</sup>

(1. 河北工程大学生命科学与食品工程学院, 河北邯郸 056038;

2. 河北同福健康产业有限公司, 河北石家庄 051430)

**摘要:** 以黑全麦粉为主要原料, 添加适量沙棘粉, 以模糊数学感官得分为评价指标, 通过响应面试验确定沙棘黑全麦生鲜面最佳配方。采用质构仪、电子鼻和电子舌辅助感官进行品质评价, 并测定产品血糖生成指数 (glycemic index, GI)。结果表明: 沙棘黑麦生鲜面最佳配方为黑全麦粉 100 g、食盐 1.6 g、沙棘粉 3.0 g、加液量 40 g (水: 蛋液质量比为 9:1)、熟化时间 20 min, 此时感官评分为 92.26。电子鼻可以准确区分沙棘黑全麦生鲜面条和白面条, 主成分分析累计方差贡献率为 99.29%。电子舌表明沙棘黑麦面具有明显的酸味和苦味。采用质构仪获得最优配方面条的物性分析数据。测得沙棘黑全麦生鲜面 GI 为 52.3。

**关键词:** 生鲜面; 黑全麦; 沙棘; 配方; 品质

## Formula optimization and quality evaluation of seabuckthorn black whole wheat fresh noodles

LI Yue<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-ying<sup>1</sup>, WANG Yong-xia<sup>1</sup>,  
WANG Cheng-xiang<sup>2</sup>, ZHAO Xin-yan<sup>2</sup>, SUN Feng-feng<sup>2</sup>

(1. College of Life Science and Food Engineering,

Hebei University of Engineering, Handan 056038, Hebei, China;

2. Hebei Tongfu Health Industry Co., Ltd., Shijiazhuang 051430, Hebei, China)

**Abstract:** The optimal formula of seabuckthorn black whole wheat noodles was determined by response surface test using black whole wheat flour as the main raw material, adding proper amount of seabuckthorn powder, and taking the fuzzy mathematical sensory score as the evaluation index. The quality of the product was evaluated with the aid of texture apparatus, electronic nose and electronic tongue, and glycemic index (GI) was measured. The results showed that the best formula of seabuckthorn black whole wheat fresh noodles was as follows: black whole wheat flour 100 g, salt 1.6 g, seabuckthorn powder 3.0 g, liquid dosage 40 g (the mass ratio of water to egg liquid 9:1), curing time 25 min. Under these conditions, sensory score was 92.26. The electronic nose could accurately distinguish seabuckthorn rye fresh noodles from white noodles, and the cumulative variance contribution rate of principal component analysis was 99.29%. The electronic tongue showed that the rye noodles of seabuckthorn had obvious sour and bitter taste. The texture analyzer was used to obtain the physical property analysis data of the optimal recipe noodles. The GI of seabuckthorn black whole wheat fresh noodles was 52.3.

**Key words:** fresh noodle; black whole wheat; seabuckthorn; formula; quality

中图分类号: TS213.24 文献标志码: A 文章编号: 1008-9578(2022)01-0096-06

黑小麦因表皮褐色或近于黑色而得名, 其营养价值较高, 富含蛋白质、氨基酸、多种维生素、矿物质、膳食纤维和微量元素<sup>[1-2]</sup>。黑小麦制粉后, 其氨

基酸、膳食纤维含量均高于普通小麦<sup>[3]</sup>。黑小麦同时含有酚酸、花色苷、戊聚糖等多种生物活性物质<sup>[4-5]</sup>, 对调节血脂代谢、抗氧化和提高人体免疫力

收稿日期: 2021-06-18

基金项目: 河北省重点研发计划项目(21327118D)

作者简介: 李月(1997—), 男, 在读硕士, 研究方向为食品加工与安全。

通信作者: 王永霞(1972—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为食品加工与质量安全控制。

有显著保健功效<sup>[6-7]</sup>。

生鲜面作为我国传统的主食之一,因水分含量高、口感温和而筋道、食用方便<sup>[8-10]</sup>深受消费者喜爱。近年来,随着人们对健康饮食关注度的提高,急需开发各种具有营养保健作用的功能性面条满足市场需求。目前,此类生鲜面生产多用普通小麦粉或其他杂粮谷物粉作为基础粉,添加茶多酚<sup>[11]</sup>、艾叶<sup>[12]</sup>、红毛藻<sup>[13]</sup>等具有生物活性的物质,而以石磨黑全麦粉作为主要原料,并添加适量沙棘果粉的沙棘黑全麦生鲜面尚未见报道。黑全麦粉因较高的膳食纤维含量,其血糖生成指数(GI)远低于普通小麦粉。沙棘作为药食两用植物<sup>[14]</sup>,含有黄酮、萜类、多糖和维生素等活性成分<sup>[15-16]</sup>,具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤等多种药理活性<sup>[17-19]</sup>。因此,沙棘黑全麦面条是一款低GI功能性的生鲜面。

本文以石磨黑全麦为主要原料,添加适量沙棘果粉,通过单因素试验及响应面试验,并建立生鲜面的模糊数学综合评价法,获得更为科学客观的低GI沙棘黑全麦生鲜面最优配方。并采用电子鼻、电子舌、质构仪进行了品质测定,为黑全麦营养保健食品的开发提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

黑全麦粉,馆陶县月清农业科技有限公司;沙棘果粉,张北宝得康食品有限公司;白面包(用于GI测定)、白面条,自制;胃蛋白酶、淀粉转葡萄糖苷酶、胰酶,北京红润宝顺科技有限公司;瓜尔多胶、葡萄糖试剂盒(50T/48S),北京索莱宝科技有限公司。

#### 1.1.2 仪器

AMPIA150型意大利进口面条机,北京利快电子商务有限公司;TMS-PRO型食物物性分析仪,美国FTC公司;PEN3型电子鼻,德国Airsense公司;SA-4028型电子舌,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;HJ-2A型数显恒温磁力搅拌器,深圳市欧泰森科技有限公司;Thermo Scientific型酶标仪,赛默飞世尔科技公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 沙棘黑麦面的制作

称取黑全麦粉100g,按配方分别加入食盐1.5g、沙棘粉3.0g、加液量40g(水:蛋液质量比为9:1),混合揉面,和面机搅拌至形成面絮;把和好的

面絮放入调至27℃的熟化箱内,充分熟化一定时间;取出面团,在压面机中反复压面多次,压成合适厚度的面片;最后用面条机制作成长约15cm、宽5mm、厚2mm的面条,并自然晾干待测。

#### 1.2.2 单因素试验

在黑全麦粉100g、沙棘果粉添加量3g、加液量40g(水:蛋液质量比为9:1)、食盐添加量1.5g、熟化时间25min的基础上,以模糊数学感官得分为评价指标,分别研究沙棘果粉添加量、食盐添加量、加液量和熟化时间对沙棘黑麦面品质的影响。

#### 1.2.3 响应面试验

根据前期单因素试验结果,采用Design Expert 8.06软件中Box-Behnken Design,以模糊数学感官评价得分作为响应值,以响应面分析法对沙棘黑麦生鲜面的配方进行优化,四因素三水平试验设计见表1。

表1 响应面试验因素与水平

水平	因素			
	A 沙棘粉添加量/g	B 加液量/g	C 食盐添加量/g	D 熟化时间/min
-1	2.5	38	1.3	15
0	3.0	40	1.5	20
1	3.5	42	1.7	25

#### 1.2.4 模糊数学感官评价

##### 1.2.4.1 确定产品的因素集

确定沙棘黑全麦生鲜面的表面状态、色泽、食味、口感、组织作为感官评价的5个因素,即 $U = (\text{表面状态, 色泽, 食味, 口感, 组织})$ 。

##### 1.2.4.2 确定产品的评价集

设定好特定的区域分值,并与评价集相对应<sup>[20]</sup>。由评价小组评价得出沙棘黑全麦生鲜面的3个评价等级:好( $V_1$ )、较好( $V_2$ )、一般( $V_3$ ),从而得出的评语集 $V = (V_1, V_2, V_3)$ 。根据品质等级的边界模糊化法将特定区域的分值清晰化,即取区域的中间值作为各区域的分值。

##### 1.2.4.3 权重的确定

采用问卷调查方法<sup>[20]</sup>,确定各质量因素的权重分别为表面状态0.20、色泽0.17、食味0.22、口感0.23、组织0.18。

##### 1.2.4.4 感官评价标准

选择专门受过食品感官评价训练的8位同学组成感官评定小组进行评分,评价标准见表2。称取

100 g 已经制备好的沙棘黑全麦生鲜面样品,放入盛有 1 000 mL 沸水锅中,煮 5 min 后立即捞出放于

500 mL 冰水中冷却 30 s,然后取出面条平铺至盛有冰块的样品盘中待品尝。

表 2 沙棘黑麦生鲜面感官评价表

等级	表面状态	色泽	口感	组织	食味
好 (80~100)	表面光滑,有明显透明质感	色泽均匀,表面微黄,呈褐黄色	口感细腻,筋道有弹性	组织结构均匀,细致完整	香味浓郁,有沙棘和黑麦特有的香气,微酸无异味
较好 (60~79)	表面较光滑,透明质感不明显	色泽基本均匀,表面褐黄色过深或过浅	口感较细腻,略有弹性	组织结构较均匀,细致	香味较明显,略有沙棘和黑麦的香气,微酸无异味
一般 (40~59)	表面粗糙变形严重	色泽不均匀,表面褐黄色过深或过浅,色度差	口感粗糙且无弹性	组织结构一般,不完整	香味不明显有极微弱的沙棘酸味和黑麦的香气,无异味

#### 1.2.4.5 模糊数学感官评判算法评判

采用矩阵乘法,按照公式计算综合感官评分。已知沙棘黑麦生鲜面的 5 个权重集为  $W = (0.20, 0.17, 0.22, 0.23, 0.18)$ ,按照模糊原理  $Y = X \times R$ 。

$$Y = (y_1, y_2, y_3, y_4) =$$

$$(x_1, x_2, x_3, x_4) \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{y1} & t_{y2} & t_{y3} & t_{y4} \end{bmatrix}$$

模糊综合评价得分  $T = K \times Y$ ,即可得出产品的模糊感官得分。

#### 1.2.5 面条质构特性的测定

取一定数量沙棘黑全麦面条,沸水中煮 4 min 后捞出置于冷水中浸 30s,取出将水分沥干待测定。参照刘勇等<sup>[21]</sup>的方法略作改动,选用 A/KIE 型号(测拉伸阻力)的探头,选择“TPA. PRJ”测试程序,然后进行参数设置,测试前、中和后速度为 0.8 mm/s,形变量 40%,感应力 25 N,2 次压缩的间隔时间 1 s。将 3 根长度一样的面条并排置于测试平台上进行测试,TPA 曲线可获得 5 个参数值:硬度、咀嚼性、弹性、回复性和黏聚性。

#### 1.2.6 生鲜面的风味评价

##### 1.2.6.1 电子鼻测定

参照李东红<sup>[22]</sup>的方法略作改动,取 2 g 样品置于顶空瓶中,于 50 ℃ 水浴 30 min,采用顶空取样,电子鼻清洗时间 60 s,样品准备时间 5 s,空气流速 400 mL,检测时间 120 s,分析采样时间 90 s。每个样品重复 6 次。

##### 1.2.6.2 电子舌测定

参照喻勤<sup>[23]</sup>的方法略作改动,取一定数量沙棘黑麦面,沸水中煮 4 min 捞出,称取 30 g 样品,用蒸馏水按照料液比 1:5(g/mL)浸泡,搅拌机搅拌 30 s,置于离心机以 3 000 r/min 离心 20 min,取上清液进行电子舌测定。测定味觉指标包含涩味、酸味、甜

味、鲜味、苦味、咸味、丰富度、回味 - B、回味 - A。

##### 1.2.6.3 生鲜面的 GI 测定

参照李楠<sup>[24]</sup>的方法,建立体外消化模型,测定沙棘黑麦面的 GI。

#### 1.3 数据处理

每个样品进行 3 次平行检测,采用 Design Expert 10 软件进行响应面优化试验设计和数据分析,电子舌采用 Excle 软件进行分析处理,电子鼻采用 Winmuster 软件进行 PCA 分析和载荷(Loading)分析,质构采用 IBM SPSS Statistics 20 进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果与分析

#### 2.1.1 沙棘粉添加量对生鲜面感官品质的影响

沙棘果粉的添加赋予生鲜面特有的沙棘酸味及香味,由图 1 可知:沙棘黑全麦生鲜面感官得分并非随着沙棘粉添加量增加而持续增加。感官得分在添加沙棘粉 3.0 g 时达到最高,为 86.12,此时沙棘黑全麦生鲜面略有沙棘微酸味,黑麦香味突出,颜色呈适宜的褐黄色。由于沙棘果酸度较高,沙棘粉添加量继续增加,导致生鲜面口感过酸,对面条风味影响较大。

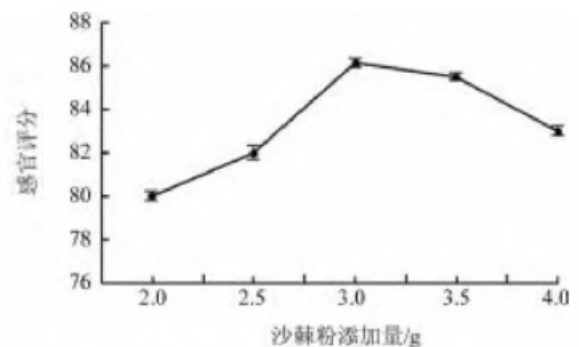


图 1 沙棘粉添加量对生鲜面感官品质的影响

#### 2.1.2 食盐添加量对生鲜面感官品质的影响

食盐的添加同样对生鲜面的品质有重要影响。由图 2 可知:食盐添加量为 1.5 g 时,沙棘黑全麦生

鲜面感官得分最高为85.43。随着食盐添加量继续增加,感官得分呈下降趋势。适量的食盐帮助收敛面筋组织,提高面团的弹性和延展性;而添加过多食盐,反而会破坏面筋,降低面条的品质。

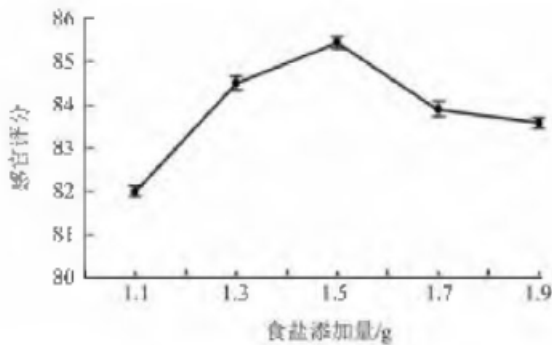


图2 食盐添加量对生鲜面感官品质的影响

### 2.1.3 熟化时间对生鲜面感官品质的影响

由图3可知:随着熟化时间的延长,沙棘黑全麦生鲜面的感官品质呈现先上升后下降的趋势。熟化即“醒面”,面团经过熟化过程可促使蛋白质充分吸水膨胀,有利于形成较好的面筋网络,并使面团内部各组分重新分布,达到平衡状态。当熟化时间为20 min时,沙棘黑全麦生鲜面表面光滑,口感筋道,组织均匀,感官评分达到84.16。熟化时间过长,面团出现发酵酸感,生鲜面的口感及各项指标均下降。

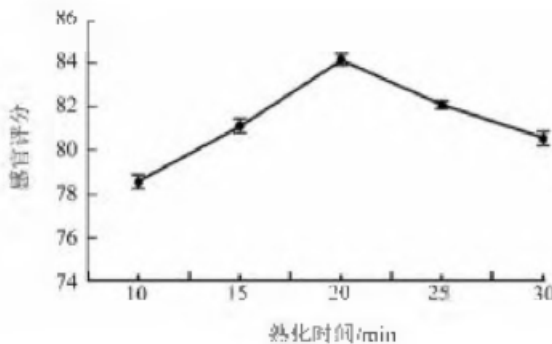


图3 熟化时间对生鲜面感官品质的影响

### 2.1.4 加液量对生鲜面感官品质的影响

由图4可知:随着液体添加量增加,沙棘黑全麦

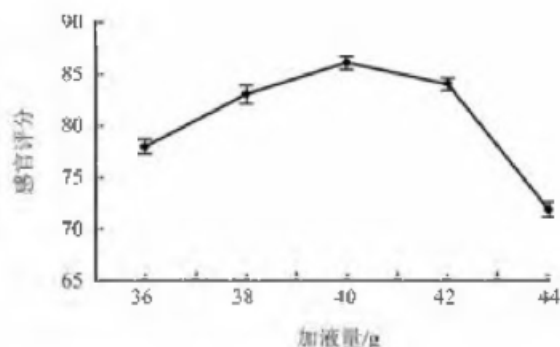


图4 加液量对生鲜面感官品质的影响

生鲜面感官得分先上升后下降。当加液量40 g时,面条的口感及形态组织最佳,感官得分为86.48。加液量过多,面团水化过度,成品质地变软且黏性增加,影响沙棘面的最终品质。

## 2.2 响应面试验结果

### 2.2.1 试验结果

响应面设计与结果见表3。

根据试验结果,进行二次多项回归拟合,得到回归方程:

$$Y = 90.90 - 2.87A + 3.14B + 2.54C - 2.98D + 2.42AB - 2.19AC + 0.38AD + 4.02BC + 3.51BD + 1.13CD - 5.98A^2 - 4.44B^2 - 10.62C^2 - 1.00D^2$$

表3 试验响应面试验设计与结果

试验号	A	B	C	D	Y
1	0	-1	0	1	76.02
2	1	0	1	0	72.34
3	-1	-1	0	0	82.22
4	0	0	0	0	90.06
5	1	0	0	-1	84.33
6	-1	0	1	0	77.10
7	1	1	0	0	78.76
8	0	1	1	0	87.12
9	1	0	-1	0	76.08
10	0	-1	-1	0	77.21
11	0	1	0	-1	88.08
12	0	0	1	-1	85.22
13	-1	0	0	-1	88.79
14	0	0	0	0	93.12
15	0	0	0	0	92.03
16	0	1	-1	0	73.12
17	-1	0	-1	0	72.08
18	1	-1	0	0	64.22
19	0	0	1	1	77.18
20	-1	0	0	1	87.36
21	0	0	-1	1	66.25
22	0	1	0	1	88.22
23	-1	1	0	0	87.08
24	0	0	0	0	87.21
25	0	-1	1	0	75.13
26	0	0	0	0	92.06
27	0	0	-1	-1	78.82
28	0	-1	0	-1	89.92
29	1	0	0	1	84.41

### 2.2.2 方差分析

由表4可知:二次回归模型 $P = 0.0028 < 0.01$ ,说明该二次方程模型具有显著水平。回归模型的

失拟项  $P = 0.0662 > 0.05$ , 证明该模型的拟合度良好, 试验设计合理, 模型的残差可能是由于随机误差导致的。显著性分析  $R^2 = 0.8293$ , 说明该模型成立, 可以用来反映各因素对沙棘黑麦生鲜面感官得分的差异影响, 可以通过该模型确定沙棘黑麦生鲜面的最佳配方。各因素对  $Y$  值的影响大小顺序为加液量 ( $B$ ) > 熟化时间 ( $D$ ) > 沙棘粉添加量 ( $A$ ) > 食盐添加量 ( $C$ )。

表4 回归模型方差分析

变异来源	平方和	自由度	方差	F值	P值	显著性
模型	1 448.40	14	103.46	4.86	0.002 8	**
A	99.13	1	99.13	4.65	0.048 8	*
B	118.19	1	118.19	5.55	0.033 6	*
C	77.67	1	77.67	3.65	0.076 9	
D	106.33	1	106.33	4.99	0.042 3	*
AB	23.43	1	23.43	1.10	0.312 1	
AC	19.18	1	19.18	0.90	0.358 7	
AD	0.57	1	0.57	0.027	0.872 4	
BC	64.64	1	64.64	3.03	0.103 4	
BD	49.28	1	49.28	2.31	0.150 5	
CD	5.13	1	5.13	0.24	0.631 2	
A <sup>2</sup>	231.90	1	231.90	10.89	0.005 3	**
B <sup>2</sup>	127.76	1	127.76	6.00	0.028 1	*
C <sup>2</sup>	731.47	1	731.47	34.34	<0.000 1	**
D <sup>2</sup>	6.49	1	6.49	0.30	0.589 6	
残差	298.18	14	21.30			
失拟项	276.31	10	27.63	5.05	0.066 2	不显著
纯误差	21.87	4	5.47			
合计	1 746.58	28				

注: \*\*, 差异极显著  $P < 0.01$ ; \*, 差异显著  $P < 0.05$ 。

### 2.2.3 最佳工艺条件预测与验证实验

根据回归模型, 预测制作沙棘黑全麦生鲜面的最佳工艺条件为沙棘果粉添加量 3.07 g、加液量 40.76 g、食盐添加量 1.63 g、熟化时间 20.87 min。在此条件下, 沙棘黑全麦生鲜面的模糊数学感官评价得分理论上可达 93.12。考虑到实际操作时的可行性, 将理论值修正为沙棘果粉添加量 3.0 g、加液量 40 g、食盐添加量 1.6 g、熟化时间 20 min。对此制作条件进行 3 次平行验证实验, 模糊数学感官评价平均得分为 92.26, 基本与预测值相符, 说明优化结果可靠。

### 2.3 沙棘黑全麦面的质构分析

最优配方的沙棘黑全麦面的 TPA 测定结果: 硬度 17.195 N、弹性 0.503、咀嚼性 6.887 mJ、回复性 0.803、黏聚性 15.819 mJ。

### 2.4 沙棘黑全麦面的风味评价

#### 2.4.1 电子鼻对沙棘黑麦面的气味分析

由图 5 可知: 主成分 (PC1, X 轴) 和主成分 (PC2, Y 轴) 的贡献率之和为 99.29%, 表明该模型可以反映总体传感信息, 且能准确区分和识别沙棘黑麦面条和普通白面条, 表明沙棘黑麦面条对照白面条味觉指标具有一定的差异性。

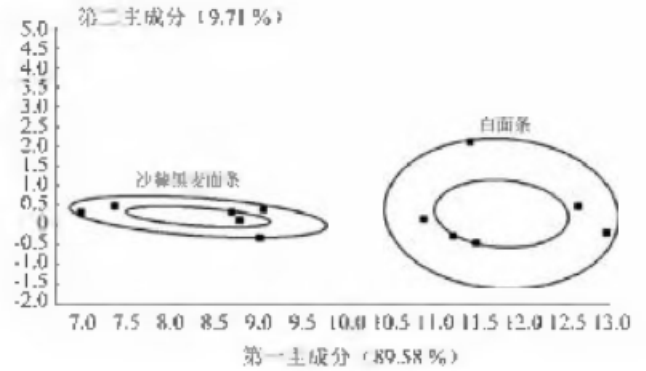


图5 沙棘黑麦生鲜面和白面条 PCA 模型分析图

由图 6 可知: 10 个传感器对区分沙棘黑麦生鲜面和白面条的贡献率, 其中 W1W (对酸味敏感) 和 W1S (对苦味敏感) 传感器对第一主成分 (第一主轴) 贡献率最大, 占到总变量的 99.29%, 这说明配方中添加的沙棘果粉和黑麦粉可能是区分沙棘黑麦生鲜面和白面条的主要因素。

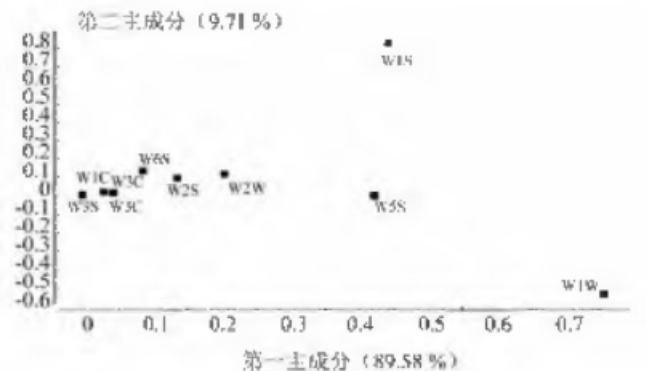


图6 沙棘黑麦生鲜面和白面条载荷贡献率分析图

#### 2.4.2 电子舌对沙棘黑麦面的味觉分析

由图 7 可知: 沙棘黑麦面条与白面条相比, 在酸

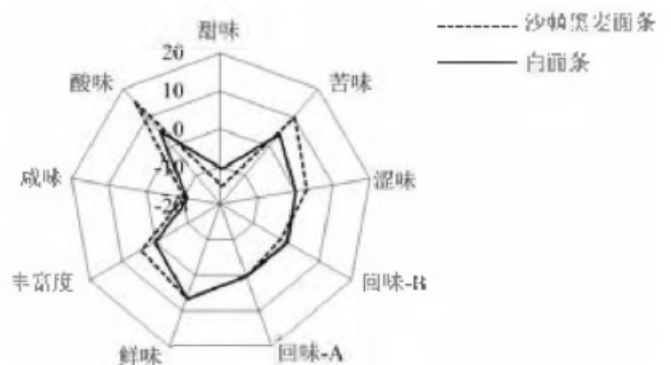


图7 沙棘黑麦面条和白面条的口味雷达数据图

味、甜味、苦味、涩味、回味-B、丰富度方面差异较为明显;鲜味、回味-A、咸味也表现出差异但不显著;酸味、苦味变化显著高于自制白面条,主要由于配方中添加的沙棘果粉和黑全麦粉导致的。

### 2.5 沙棘黑麦生鲜面的 GI 评价

测定消化过程中葡萄糖释放量,计算出碳水化合物的水解率,按照 GI 和 HI 关系公式:  $GI = 0.862HI + 8.189$ ,得出沙棘黑麦生鲜面 GI 为 52.3,属于低 GI 食品。

### 3 结论

建立生鲜面的模糊数学综合评价法,提高感官评价的客观性。通过单因素试验和响应面试验确定沙棘黑全麦生鲜面最优配方为沙棘果粉添加量 3.0 g,加液量 40 g(水:蛋液质量比为9:1),食盐添加量 1.6 g,熟化时间 20 min,感官得分为 92.26。通过电子鼻、电子舌和质构仪等仿生感官仪器获得最优配方沙棘面的品质特征信息,沙棘黑全麦生鲜面与普通白面条相比在酸味、甜味、苦味、丰富度、涩味、回味-B 上存在明显差异。该沙棘面 GI 为 52.3,适合糖尿病、肥胖等慢性病人食用。

### 〔参考文献〕

[1] 陈权权,郭祯祥,郭嘉. 黑小麦加工利用的研究进展及前景展望[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(1): 196-200.

[2] 于章龙,宋昱,谢飒英,等. 黑小麦及其芽类制品研究进展[J]. 农产品加工(上半月), 2020(11): 92-93, 97.

[3] 翟晓霏. 黑小麦活性成分及功能性食品开发研究进展[J]. 现代食品, 2021(5): 53-55.

[4] ZHU F. Triticale: Nutritional composition and food uses [J]. Food Chemistry, 2018, 241(3): 468-479.

[5] SENOL F S, KAN A, CONKSARI G, et al. Antioxidant and anticholinesterase effects of frequently consumed cereal grain using in vitro test models [J]. International Journal of Food and Nutrition, 2012, 63(5): 553-559.

[6] 李华,马丹妮,吴莹晗,等. 五种黑小麦的营养价值、抗氧化活性和淀粉消化性[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(12): 80-86.

[7] 陈权权,郭祯祥,郭嘉. 黑小麦制粉工艺皮磨系统及

其在制品的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(6): 14-18, 25.

[8] 孙耀军. 藜麦生鲜面条加工工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(3): 94-98.

[9] 陈什康,单长松,陈志刚. 营养紫菜生鲜面的研制[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(10): 27-30.

[10] 张庆霞. 非热杀菌技术在生鲜湿面防腐保鲜中的应用研究现状[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(19): 289-294.

[11] 姚月华,王亚琴,贾鑫,等. 茶多酚对生鲜面品质及抗氧化特性的影响[J]. 核农学报, 2020, 34(10): 2261-2270.

[12] 黎冬明,蓝琳舒,周明,等. 艾叶生鲜面加工工艺及质构特性的研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(5): 21-24.

[13] 杨槟煌,郑朝中. 红毛藻对生鲜面条蒸煮特性及质构特性的影响[J]. 泉州师范学院学报 2019, 37(6): 25-29.

[14] 胡高爽,高山,王若桦,等. 沙棘活性物质研究及开发利用现状[J]. 食品研究与开发, 2021, 43(3): 218-224.

[15] 李琼. 沙棘果酒加工现状与发展对策[J]. 食品工程, 2020(3): 16-19.

[16] ZIELINSKA A, NOWAK I. Abundance of active ingredients in sea-buckthorn oil [J]. Lipids in Health and Disease, 2017, 16(1): 95-106.

[17] 陈春. 沙棘开发利用的研究现状[J]. 山西林业科技, 2017, 46(4): 47-49.

[18] 李娜,王佳乐,刘建国,等. 沙棘营养成分及药理活性研究现状[J]. 中国果菜, 2020, 40(5): 20-25, 31.

[19] 姚娜娜,车凤斌,李永海,等. 沙棘的营养价值及综合开发利用概述[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(2): 226-232.

[20] 姬长英. 感官模糊综合评价中权重分配的正确制定[J]. 食品科学, 1991, 12(3): 9-11.

[21] 刘勇,赵干,魏敏,等. 滁菊多糖对粗粮面条质构品质的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(4): 34-38.

[22] 李东红. 无麸质谷物馒头的制备及蛋白结构与风味的分析[D]. 锦州:渤海大学, 2020.

[23] 喻勤. 挤压重组米的配方工艺及其理化特性和血糖生成指数研究[D]. 广州:华南理工大学, 2019.

[24] 李楠. 低 GI 马铃薯饼干研制及其降糖机制研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2020.