

基于模糊数学和感官评价的小米肠粉皮料研究

钟雨晴,* 詹世雄

(韩山师范学院 烹饪与营养系, 广东 潮州 521041)

摘要: 以小米肠粉皮料为感官评价对象, 分别选取色泽、口感、风味、组织状态作为评价因素, 研究小米粉用量、水用量、生粉用量、澄粉用量4个因素分别对小米肠粉制成品的影响, 并对小米粉、水、生粉与澄粉质量比进行三因素三水平正交试验, 同时采用强制决定法进行权重分配, 通过模糊数学感官评价法评判小米肠粉品质。结果表明, 当小米粉用量为50 g, 水用量为130 g, 生粉与澄粉质量比为5:2 (25 g:10 g) 时, 小米肠粉品质最佳, 模糊综合评分为83.4分。

关键词: 小米; 肠粉; 工艺; 模糊数学评价; 感官分析

中图分类号: TS210.7 **文献标志码:** A **doi:** 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2022.09.047

Study on Millet Intestinal Powder Based on Fuzzy Mathematics and Sensory Evaluation

ZHONG Yuqing, *ZHAN Shixiong

(Department of Cuisine and Nutrition, Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong 521041, China)

Abstract: Taking millet intestine skin material as the sensory evaluation object, and selecting color, taste, flavor, and tissue state as evaluation factors, the four factors of millet powder addition, water addition, corn starch addition, and orange powder addition were studied respectively. The quality of millet flour, water, corn flour, and orange flour were tested in a 3-factor, 3-level orthogonal experiment. At the same time, the mandatory decision method was used for weight distribution, and the quality of millet rice roll was evaluated by the fuzzy mathematical sensory evaluation method. The results showed that when the added amount of millet flour was 50 g, the amount of water added was 130 g, and the mass ratio of raw flour to orange flour was 5:2 (25 g:10 g), the quality of millet rice noodles was the best, and the fuzzy comprehensive score was 83.4 points.

Key words: millet; steamed rice rolls; technology; fuzzy mathematics evaluation; sensory analysis

肠粉是广东早茶夜市的必备之品, 上至高端酒店, 下至食肆茶市, 几乎都有供应。肠粉源于广东罗定, 将大米浸泡后磨成米浆, 稀释后根据不同口味加入食用油、食盐、花生、大葱等, 倒入容器内蒸熟, 重复操作4~5层后制作而成。

近年来, 随着生活水平不断提高, 人们在饮食上追求营养、健康。小米是一种药食两用的优质杂粮, 富含蛋白质、糖类、脂肪、多种维生素及矿物质, 营养素配比合理, 人体消化利用率高^[1]。研究人员发现小米蛋白质中含有人体合成蛋白质所需的所有氨基酸, 除赖氨酸含量偏低外, 其他氨基酸的比例均符合世界卫生组织的推荐, 达到了全价蛋白的标准^[2], 小米种皮中的多酚还可以抑制醛糖还原酶的活性, 从而预防白内障^[3]。此外, 小米中维生素含量多且种类丰富, 含有一般粮食中缺少的胡萝卜素, 维B₁的含量高于一般作物, 有效防治脚气病^[4]。采

用的黄小米是最常见的小米品种, 淀粉的平均消化吸收率高达99%以上, 膳食纤维含量高^[5], 由于初加工小米产品不需过度精制, 保存了许多的营养物质, 所以针对小米的功能食品开发也是极具潜力的^[6]。因此, 利用小米制作肠粉皮料, 对于满足广大人民群众粗粮饮食的需要具有一定意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

小米粉, 内蒙古德路克进出口贸易有限责任公司提供; 生粉、澄粉, 上海枫未实业有限公司提供; 饮用水。

1.2 仪器设备

I2000型电子秤、抽屜式肠粉机(50×50肠粉机)、刮板(中号梯形刮板, 长135 mm, 宽95 mm)、毛刷、TMS-Pro型质构仪, 美国FTC公司产品。

收稿日期: 2021-10-15

作者简介: 钟雨晴(1999—), 女, 本科, 研究方向为烹饪与营养教育。

*通讯作者: 詹世雄(1982—), 男, 博士, 讲师, 研究方向为食品生物化学。

1.3 试验方法

1.3.1 小米肠粉的制作方法

(1) 小米肠粉配方。小米粉 50 g, 生粉 25 g, 澄粉 10 g, 水 130 g。

(2) 小米肠粉工艺流程。分别称取粉料混合, 加水搅拌后得到肠粉浆, 取适量倒至刷油托盘, 摇匀铺开, 待蒸汽充足后, 大火蒸至肠粉皮微微起泡即可。

(3) 小米肠粉操作要点。①筛选小米粉。采用新鲜现磨纯小米粉, 粉质细腻无杂质, 适用于制作肠粉; ②粉水混合均匀。蒸制之前需均匀搅拌, 防止粉类物质沉底, 可以采取 10:1 的比例调制生熟浆, 从而增加肠粉皮的弹性和爽滑度; ③肠粉浆适量。提前将托盘刷油, 将肠粉浆均匀铺满托盘即可; ④蒸汽充足。蒸制关键在于蒸汽充足, 蒸汽量不足的情况下, 耗时较长, 肠粉成品散失的水分较多, 成品质量也相对降低; ⑤蒸制时间适宜。蒸制时间在 40~50 s, 大火蒸至肠粉皮微微起泡即可。蒸制时间过短, 成品不熟导致发黏; 蒸制时间过长, 肠粉浆失水过多, 成品较干、口感较差。

1.3.2 小米肠粉的单因素优化试验设计

分别对小米粉、水、生粉及澄粉的用量, 进行单因素试验, 感官评定小组按照制定的小米肠粉皮料感官评价评分标准进行评价, 根据评价的结果来确定该原料最佳用量范围。

(1) 小米粉用量对肠粉皮料的影响。小米粉的作用在于小米香气及颜色的形成; 小米口感略带生涩, 其用量决定肠粉的口感顺滑与否。在控制其他因素不变的情况下, 将小米粉用量分别设置为 30, 40, 50, 60, 70 g, 利用感官评价法分析成品品质, 根据结果确定小米粉用量。

(2) 水用量对肠粉皮料的影响。水是成品品质最主要因素之一, 可以调节肠粉浆的稀稠度。在控制其他因素不变的情况下, 将水用量分别设置为 100, 115, 130, 145, 160 g, 利用感官评价法分析成品品质, 根据结果确定水用量。

(3) 生粉用量对肠粉皮料的影响。生粉可以增加肠粉的黏度, 利于米浆凝固成型, 由于小米中淀粉的透明度低、冻融稳定性和热稳定性较差^[7], 适量增加生粉有利于提高透明度。在控制其他因素不变的情况下, 生粉用量分别设置为 20, 25, 30, 35, 40 g, 利用感官评价法分析成品品质, 根据结果确定生粉用量。

(4) 澄粉用量对肠粉皮料的影响。澄粉利于增加肠粉的韧性, 增加嚼劲改善口感, 使得米浆更加晶莹剔透。在控制其他因素不变的情况下, 澄粉用量分别设置为 8, 10, 12, 14, 16 g, 利用感官评价法分析成品品质, 根据结果确定澄粉用量。

1.3.3 模糊数学与正交试验

根据单因素试验感官评价结果确定因素和水平, 由于澄粉使用量相对较少, 将生粉与澄粉归纳为一个因素进行研究。将小米粉、水、生粉与澄粉用量比例作为主要因素, 进行正交试验设计。

小米肠粉正交试验设计见表 1。

表 1 小米肠粉正交试验设计

水平	A 小米粉用量/g	B 水用量/g	C 生粉:澄粉/g:g
1	50	100	20:8
2	60	115	25:10
3	70	130	30:12

(1) 模糊数学感官评价标准的建立。参考模糊数学感官评价法^[8-13], 建立小米肠粉皮料感官评价标准。①组建感官评定小组。由 10 位烹饪与营养教育专业师生组成感官评定小组, 要求小组人员评定前 24 h 内不吸烟、不饮酒, 饮食清淡, 不能食用辛辣、带有刺激性的食物^[14]。每次试吃一个样品前后, 用矿泉水漱口后, 再对试验样品进行评定。②小米肠粉感官评价指标及权重。因素集 U 的确定, 因素集 U 是指影响成品感官品质所构成因素的集合。试验选择色泽、口感、风味、组织状态作为考虑的因素。因此评判因素可设为 $U_1 = \text{色泽}$, $U_2 = \text{口感}$, $U_3 = \text{风味}$, $U_4 = \text{组织状态}$, 组成的评判因素集合为: $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ 。评价集 V 的确定, 评语集 V 是由多个最能反映小米肠粉品质的指标组成的。试验采用文字表示形式, 将小米肠粉的感官品质划分为 4 个等级, 可设 $V_1 = \text{优}$ (90~100 分), $V_2 = \text{良}$ (80~89 分), $V_3 = \text{中}$ (70~79 分), $V_4 = \text{差}$ (60~69 分), 则组成的评语集为: $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ 。权重集 X 的确定, 上述 4 个评判因素的小米肠粉的品质影响程度不同, 试验权重采用强制决定法^[15], 可设 $X_1 = 0.2$, $X_2 = 0.4$, $X_3 = 0.2$, $X_4 = 0.2$, 则组成的权重集为: $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ 。

1.3.4 小米肠粉皮料感官评价评分标准

小米肠粉感官评价标准见表 2。

1.3.5 质构指标测试方法

试验得出最佳配方后, 将最优样品取 3 个等份的样品, 对其进行硬度、咀嚼性、弹性和胶黏性等质构指标进行测定, 进一步评价小米肠粉皮料的感官品质。

质构仪采用圆饼探头, 直径为 75 mm, 测试速度为 60 mm/min, 起始力为 1.5 N, 变形量为 50%, 力量感应元量程为 1 000 N。

1.3.6 数据统计

试验数据采用 SPSS 22.0 进行统计分析, 并用 Excel 2013 作图。

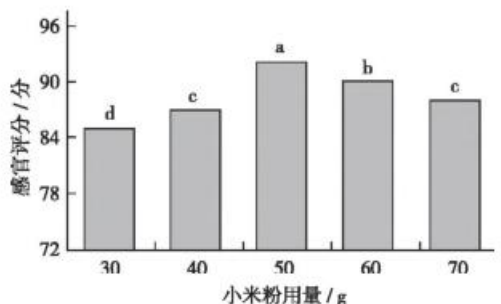
2 结果与分析

2.1 小米粉用量对肠粉皮料的影响

表2 小米肠粉感官评价标准

项目	评分标准	评分/分
色泽 (满分 100分)	色泽均匀,呈正常黄色,表面有光泽	90~100
	色泽基本均匀,小米颜色稍浅,表面较有光泽	80~89
	色泽基本均匀,小米颜色浅,表面稍光泽	70~79
	色泽不均匀,表皮颜色略白,表面无光泽	60~69
口感 (满分 100分)	口感细软,咀嚼性好,不黏牙,弹性适中	90~100
	口感较细软,咀嚼性一般,不黏牙,弹性较适中	80~89
	口感一般,咀嚼性差,发黏,弹性一般	70~79
	口感粗糙,黏牙性较严重,弹性差	60~69
风味 (满分 100分)	小米香味浓郁,气味纯正,无不良气味	90~100
	小米香味较淡,气味纯正,无不良气味	80~89
	小米香味一般,略有生面味等异味	70~79
	无小米香味,有酸味或生面味等异味	60~69
组织状态 (满分 100分)	断面结构均匀细腻,厚薄一致,表面光滑	90~100
	断面结构较均匀细腻,厚薄基本一致,表面较好的光滑度	80~89
	断面结构均匀,厚薄基本一致,表面较光滑	70~79
	断面结构有颗粒,厚薄不一,表面不光滑	60~69

小米粉用量对小米肠粉皮料的影响见图1。



注:一个指标中不同小写字母表示组间平均值有显著差异 ($p < 0.05$)。下同

图1 小米粉用量对小米肠粉皮料的影响

当小米粉用量为50g时,评分最高,综合品质最好。当小米粉用量为30g时,肠粉浆的黏稠度较稀,成品色泽较浅;当小米粉用量为70g时,肠粉浆的黏稠度较稠,口感较粗糙。因此,小米粉用量为50g最为适宜。

2.2 水用量对肠粉皮料的影响

水用量对小米肠粉皮料的影响见图2。

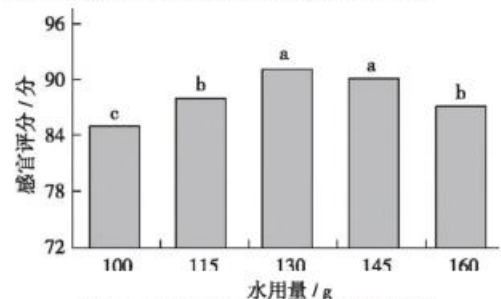


图2 水用量对小米肠粉皮料的影响

当水用量为130g时,评分最高,综合品质最好。当水用量为100g时,肠粉浆的黏稠度较高,制成的成品较厚,口感较黏;当水用量为160g时,肠

粉浆的黏稠度较稀,成品不易成型,对此需要相应增加生粉与澄粉的量。因此,水用量初步定为115~145g。

2.3 生粉用量对肠粉皮料的影响

生粉用量对小米肠粉皮料的影响见图3。

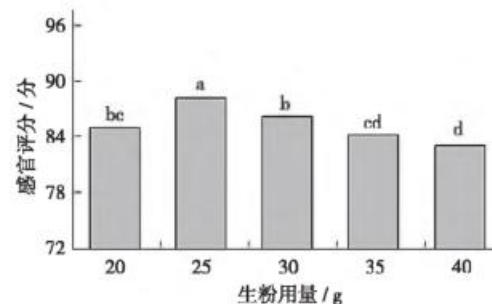


图3 生粉用量对小米肠粉皮料的影响

当生粉用量为25g时,评分最高,综合品质最好。当生粉用量为20g时,肠粉浆的黏稠度适中,但成品比较稀软;当生粉用量为40g时,感官评分最低,米浆的黏稠度较高,制成的成品较厚,口感较黏。因此,生粉用量为25g时较为适宜。

2.4 澄粉用量对肠粉皮料的影响

澄粉用量对小米肠粉皮料的影响见图4。

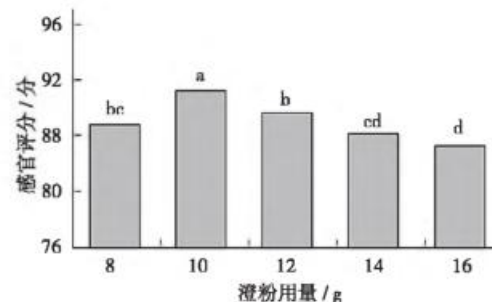


图4 澄粉用量对小米肠粉皮料的影响

当澄粉用量为10g时,评分最高,综合品质最好。当澄粉用量为8g时,肠粉浆的黏稠度适中,但成品韧性不足;当澄粉用量为16g时,较其余4个而言,口感较硬。因此,澄粉用量为10g时较为适宜。

2.5 正交试验设计与感官评价

模糊感官评价矩阵见表3。

2.5.1 建立模糊矩阵R

将对9组试验的数据进行处理,得到9个模糊评判矩阵,分别对应1~9号试验。根据 R_i 列出9个矩阵。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

2.5.2 模糊数学综合感官评判结果

根据模糊变换原理可知 $K=X \times R$,对应第t号小

表3 模糊感官评价矩阵

小米肠粉样品	色泽				口感				风味				组织状态			
	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差
1(A ₁ B ₁ C ₁)	2	3	3	2	2	4	3	1	1	4	3	2	2	4	3	1
2(A ₁ B ₂ C ₂)	6	3	1	0	5	3	2	0	7	1	1	1	5	3	1	1
3(A ₁ B ₃ C ₃)	3	4	2	1	3	3	2	2	3	4	2	1	4	2	2	2
4(A ₂ B ₁ C ₂)	5	3	2	0	2	4	2	1	5	3	2	0	6	2	1	1
5(A ₂ B ₂ C ₃)	3	4	3	0	1	3	3	3	2	5	2	1	3	4	2	1
6(A ₂ B ₃ C ₁)	2	4	2	2	3	4	2	1	2	5	2	1	1	6	1	2
7(A ₃ B ₁ C ₃)	5	4	1	0	0	2	2	6	3	4	1	2	0	2	3	5
8(A ₃ B ₂ C ₁)	1	5	3	1	1	3	4	1	3	4	2	1	2	5	1	2
9(A ₃ B ₃ C ₂)	7	2	1	0	3	5	2	0	4	4	2	0	2	6	1	1

米肠粉样品评价结果为 $K_t=X \times R_t$, 以 1 号小米肠粉样品为例, 其综合评价的结果如下:

$$K_1=X \times R_1=[0.2, 0.4, 0.2, 0.2] \times$$

0.2	0.3	0.3	0.2
0.2	0.4	0.3	0.1
0.1	0.4	0.3	0.2
0.2	0.4	0.3	0.1

令综合评价结果为 H_t , 按照标准的模糊综合评判数学模型:

$$K_1= (b_1, b_2, b_3, b_4) = X \times R_1,$$

$$K_1= (0.18, 0.38, 0.30, 0.14)。$$

小米肠粉皮料综合评价结果 K 见表 4。

表4 小米肠粉皮料综合评价结果 K

综合评价结果 K	综合评价结果 K
$K_1=(0.18, 0.38, 0.30, 0.14)$	$K_5=(0.20, 0.38, 0.26, 0.16)$
$K_2=(0.56, 0.26, 0.14, 0.04)$	$K_6=(0.22, 0.46, 0.18, 0.14)$
$K_3=(0.32, 0.32, 0.20, 0.16)$	$K_7=(0.16, 0.28, 0.18, 0.38)$
$K_4=(0.40, 0.32, 0.18, 0.06)$	$K_8=(0.16, 0.40, 0.28, 0.12)$

(5) 根据等级因素进行赋值, “优” 为 90 分, “良” 为 80 分, “中” 为 70 分, “差” 为 60 分,

得到赋值矩阵为 $G=$

90
80
70
60

模糊数学综合感官评判结果 $H=K \times G$, 即样品的模糊综合评分集合 Y 与评语集合 G 的乘积^[16-18]。

$$H_1=0.18 \times 90+0.38 \times 80+0.3 \times 70+0.14 \times 60=76.0 \text{ 分}$$

小米肠粉皮料综合评价结果 H 见表 5。

表5 小米肠粉皮料综合评价结果 H

综合评价结果 H	综合评价结果 H
$H_1=76.0 \text{ 分}$ $H_2=83.4 \text{ 分}$ $H_3=78.0 \text{ 分}$	$H_7=72.2 \text{ 分}$ $H_8=73.2 \text{ 分}$ $H_9=81.8 \text{ 分}$
$H_4=77.8 \text{ 分}$ $H_5=76.2 \text{ 分}$ $H_6=77.6 \text{ 分}$	

根据感官评价指标, 在单因素试验的基础上确定用量范围, 选择小米粉、水、生粉、澄粉用量 4 个因素分别对小米肠粉制作成品的影响, 并对小米粉用量、水用量、生粉用量与澄粉质量比进行三因素

三水平正交试验确定小米肠粉皮料的最佳配方, 并对正交试验的 9 个试验产品进行感官评价。

小米肠粉正交试验结果见表 6。

表6 小米肠粉正交试验结果

试验号	A	B	C	感官评分 / 分
1	1	1	1	76.0
2	1	2	2	83.4
3	1	3	3	78.0
4	2	1	2	77.8
5	2	2	3	76.2
6	2	3	1	77.6
7	3	1	3	72.2
8	3	2	1	73.2
9	3	3	2	81.8
$\bar{K}_1$	79.1	75.3	75.6	
$\bar{K}_2$	77.2	77.6	81.0	
$\bar{K}_3$	75.7	79.1	75.5	
R	3.4	3.8	5.5	

由表 6 可知, 对小米肠粉皮料造成影响的 3 个因素由大到小依次为 $C>B>A$, 即为生粉与澄粉用量比对小米肠粉皮料感官品质影响最大、水用量影响次之、小米粉用量的影响最小。由正交试验结果表可知, 产品的最优配方为 $A_1B_3C_2$ 。因此, 小米肠粉皮料的最佳配方为小米粉用量 50 g, 水用量 130 g, 生粉与澄粉质量比为 5 : 2 (25 g : 10 g) 时, 小米肠粉品质最佳, 该配方制作的小米肠粉, 色泽均匀, 呈正常黄色, 表面有光泽; 口感细软, 咀嚼性好, 不黏牙, 弹性适中; 小米香味浓郁, 气味纯正, 无不良气味; 断面结构均匀细腻, 厚薄一致, 表面光滑。

2.6 小米肠粉最佳工艺配方确定

因感官评价一般采用评分法, 而该方法易受主观因素的影响, 导致很多时候科研人员很难对产品进行客观而准确的评价^[19-21]。而模糊数学可以对不同评价目标的多种品质指标进行科学的评价, 从而得出客观准确的评价结果, 相对而言模糊数学更加适用^[2]。结果表明, 当小米粉用量为 50 g, 水用量为 130 g, 生粉与澄粉质量比为 5 : 2 (25 g : 10 g) 时, 小米肠粉皮料模糊感官评分最高, 感官品质最佳。

2.7 小米肠粉最佳样品质构特性分析

最佳配方 TPA 试验及其结果分析见表 7。

TPA 试验反映了小米肠粉的硬度、黏附性、内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性。由表 7 可知, 其硬度的平均值为 14.2 N, 说明小米肠粉皮料软硬度适中, 食用起来口感较好, 不会过于硬实或软烂; 其黏附性的平均值为 0.387 N/mm, 说明小米肠粉皮料黏附性良好; 其内聚性的平均值为 0.4 Ratio, 说明小米肠粉皮料组织结构良好, 不易断裂; 其弹性的平均值为 2.71 mm, 说明小米肠粉皮料弹性良好, 口感较为适中; 其胶黏性的平均值为 5.1 N, 说明小米肠

表7 最佳配方 TPA 试验及其结果分析

结果信息	样本1	样本2	样本3	平均值	标准差	最小值	最大值
测试速度 / $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	60.0	60.0	60.0	60.0	0	60.0	60.0
起始力 / N	1.5	1.5	1.5	1.5	0	1.5	1.5
每次循环的目标位移 / mm	6.19	7.76	6.68	6.88	0.805	6.19	7.76
硬度 / N	15.4	14.6	12.5	14.2	1.47	12.5	15.4
最大黏附力 / N	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0	-0.3	-0.3
黏附性 / $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$	0.296	0.518	0.346	0.387	0.117	0.296	0.518
黏附伸长度 / mm	1.07	1.01	1.01	1.03	0.0366	1.01	1.07
内聚性 / Ratio	0.4	0.3	0.4	0.4	0.0152	0.3	0.4
弹性 / N	2.22	3.30	2.61	2.71	0.547	2.22	3.30
胶黏性 / mJ	5.7	5.0	4.5	5.1	0.574	4.5	5.7
咀嚼性	12.6	16.4	11.8	13.6	2.45	11.8	16.4

粉皮料胶黏性良好；其咀嚼性的平均值为 13.6 mJ，说明小米肠粉皮料咀嚼性良好，有一定的韧性。

3 结论

参考了传统抽屉式肠粉的制作方法，采用小米为原料制作创新式肠粉皮料，并通过单因素试验确定各影响因素的用量取值范围，正交试验与质构分析相结合，通过感官评分和模糊数学评价共同测评，最终确定最佳配方为小米粉用量 50 g，水用量 130 g，生粉与澄粉质量比 5 : 2 (25 g : 10 g)，该配方制备的小米肠粉皮料模糊感官评分最高。

立足于倡导粗粮饮食，创新改良传统小吃这一方向。提倡人们在日常饮食中，做到膳食结构粗细搭配、营养均衡，确保每日有充足的粗粮摄入，改善精细化饮食的模式。除了改变人们饮食观念，更应该注重粗粮加工的发展模式。首先，可以利用媒体平台进行有效推广，拓宽粗粮市场的销售渠道，提升粗粮饮食的影响力。其次，通过科技力量，提升杂粮口感，开发具有高附加值的杂粮产品^[2]。最后，将粗粮与当下流行的网红食品及日常生活必需品进行有机结合，提高粗粮饮食在人民日常饮食的比重。

参考文献:

- [1] 李暮男, 兰凤英. 小米的营养成分及保健功能研究进展 [J]. 河北北方学院学报 (自然科学版), 2017, 33 (7): 56-60.
- [2] 张爱霞, 张佳丽, 赵巍, 等. 小米蛋白提取及营养评价 [J]. 食品科技, 2019, 44 (8): 223-227.
- [3] Chethan S, Dharmesh S M, Malleshi N G. Inhibition of aldose reductase from cataracted eye lenses by finger millet (*Eleusine coracana*) polyphenols [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2008 (23): 10 085-10 090.
- [4] Mani V, Upadhyaya H D. Diversity and trait-specific sources for productivity and nutritional traits in the global proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm collection [J]. The Crop Journal, 2018 (5): 451-463.

- [5] 曹龙奎, 康丽君, 寇芳, 等. 改性前后小米糠膳食纤维结构分析及体外抑制 α -葡萄糖苷酶活性 [J]. 食品科学, 2018, 39 (11): 46-52.
- [6] 高婧, 梁志宏. 小米功能成分及新产品研发展 [J]. 中国粮油学报, 2021, 36 (3): 169-177.
- [7] Singh P, Raghuvanshi R S. Finger millet for food and nutritional security [J]. African Journal of Food Science, 2012 (4): 77-84.
- [8] 康莉, 李敏, 龙银晴. 模糊数学在食品感官分析中的应用现状分析 [J]. 农产品加工, 2019 (20): 89-91.
- [9] 李玉珍, 肖怀秋. 模糊数学评价法在食品感官评价中的应用 [J]. 中国酿造, 2016, 35 (5): 16-19.
- [10] Zolfaghari Z S, Mohebbi M, Najariyan M. Application of fuzzy linear regression method for sensory evaluation of fried donut [J]. Appl Soft Comput, 2014 (22): 417-423.
- [11] Birle S M, Becker H T. Fuzzy logic control and soft sensing applications in food and beverage processes [J]. Food Control, 2013, 29 (1): 254-269.
- [12] Zhang H P. Application on the entropy method for determination of weight of evaluating index in fuzzy mathematics for wine quality assessment [J]. Adv J Food Sci Technol, 2015 (3): 195-198.
- [13] Debjani C, Das H. Aggregation of sensory data using fuzzy logic for sensory quality evaluation of food [J]. J Food Sci Technol, 2013, 50 (6): 1 088-1 096.
- [14] 李利华. 正交试验法优选胡萝卜多糖的超声波辅助提取工艺研究 [J]. 粮食与油脂, 2019, 32 (1): 93-95.
- [15] 谢洁, 曹靖, 周剑新. 模糊数学感官评价法优化发芽糙米馒头制作工艺 [J]. 粮食与油脂, 2018, 31 (11): 28-31.
- [16] 刘加友, 陈兵兵, 王振斌, 等. 模糊数学和响应面在葛根乳酸菌饮料感官评定中的应用 [J]. 中国食品学报, 2017, 17 (1): 224-229.
- [17] Chakraborty Debjani, Shrikleha Das, H Das. Aggregation of sensory data using fuzzy logic for sensory quality evaluation of food [J]. Journal of Food Science and Technology, 2013, 50 (6): 1 088-1 096.
- [18] Liu C, Dong J, Wang J, et al. A comprehensive sensory evaluation of beers from the Chinese market [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2012 (3): 325-333.
- [19] 吴靖娜, 路海霞, 蔡水淋, 等. 基于模糊数学感官评价法优化液熏鲍生产工艺 [J]. 食品安全质量检测学报, 2015 (12): 4 932-4 941.
- [20] 王瑞花, 张文娟, 陈健初, 等. 基于模糊数学综合评价法优化红烧肉制作工艺 [J]. 食品工业科技, 2015, 36 (6): 274-278.
- [21] 李玉珍, 肖怀秋. 模糊数学评价法在食品感官评价中的应用 [J]. 中国酿造, 2016, 35 (5): 16-19.
- [22] 崔莉, 李大婧, 高小女, 等. 基于模糊数学感官评价和混料设计的低度甜糯米酒原料配方优化 [J]. 核农学报, 2015, 29 (1): 106-112.
- [23] 石涛瑞, 文斯奇, 王嘉茹. 粗粮的意义与发展 [J]. 食品安全导刊, 2019 (24): 95. ◇