

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90124

营养挂面配方优化及品质研究

Research on the formula optimization and quality characteristic of nutritional noodles

何韵然

沈汪洋

王展

金伟平

贾喜午

HE Yun-ran SHEN Wang-yang WANG Zhan JIN Wei-ping JIA Xi-wu

(武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北 武汉 430000)

(College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430000, China)

摘要:目的:研制一种富含膳食纤维、多糖及蛋白质的营养挂面。方法:对不同添加量的挤压绿豆粉、香菇粉、鸡蛋粉挂面的质构特性、感官评价进行测定,并优化挂面最佳配方。结果:营养挂面最优配方为挤压绿豆粉添加量4.00%,香菇粉添加量1.20%,鸡蛋粉添加量2.00%;此条件下挂面最佳蒸煮时间为 (12.49 ± 0.24) min,吸水率为 $(204.72 \pm 3.09)\%$,熟断条率为 $(2.22 \pm 3.85)\%$,蒸煮损失率为 $(1.12 \pm 0.03)\%$ 。结论:优化配方下所得挂面光滑整齐、口感柔软爽滑、呈浅棕绿色,具有特殊的绿豆、香菇风味,同时有效增加了挂面中多种营养成分含量。

关键词:挤压绿豆粉;香菇;挂面;蒸煮特性;质构特性

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the effects of extruded mung bean powder, mushroom powder and egg powder on the quality characteristics of noodles and develop a nutritious vermicelli enriched with dietary fiber, polysaccharide and protein.

Methods: The texture characteristics and sensory evaluation of extruded mung bean powder, mushroom powder and egg powder vermicelli were determined. Combined with the results of single factor, the optimal formula of vermicelli was optimized by orthogonal test. **Results:** The optimized formula parameters of nutritional vermicelli were as follows: extruded mung bean powder 4.00%, mushroom powder 1.20%, egg powder 2.00%; Under the control of these conditions, the optimum cooking time of vermicelli was (12.49 ± 0.24) min, the water absorption was $(204.72 \pm 3.09)\%$, the cooked strip breaking rate was $(2.22 \pm 3.85)\%$, and the cooking loss rate was $(1.12 \pm 0.03)\%$.

Conclusion: The vermicelli obtained under the optimized formula is smooth and neat, light brown green, and soft and smooth in taste, and also has a special flavor of mung bean and mushroom, with effectively increasing the content of multiple nutrients in the noodles.

Keywords: extruded mung bean powder; mushrooms; noodles; cooking characteristics; texture characteristics

随着人们生活水平的不断提高,中国城乡居民的饮食结构也随之改变^[1]。将多种具有一定保健功能的辅料添加到挂面中,不仅能够解决传统挂面营养成分单一的问题,满足人们对食物多样化的需求,而且可以改善面条的品质和风味,一定程度上达到预防慢性病的目的^[2],如申丽媛等^[3]开发的红豆黑米挂面,罗婷婷等^[4]开发的慈姑鲜面条,刘玲玲等^[5]开发的马铃薯苦荞麦粉面条,蔡茜茜等^[6]开发的绿茶面条等。在挂面中添加杂粮或者具有保健功效的食材已成为目前挂面研究领域的热点之一^[7]。

绿豆富含膳食纤维以及人体所需氨基酸^[8],具有清热解暑、保肝解毒的功效。挤压处理可使纤维物料微粒化,改善纤维物料口感;同时,纤维素物料经挤压后,连接纤维分子的氢键被破坏,纤维分子裂解,且纤维素大分子极性发生变化,接触面积及亲水性得到增加,从而使得水不溶性膳食纤维向水溶性膳食纤维转化^[9]。杜冰等^[10]将绿豆皮进行挤压改性处理后发现,绿豆皮中的可溶性膳食纤维含量达4.7%。将挤压绿豆粉应用于面制品中,可提高面制品的蛋白质和膳食纤维含量^[11],也可改变绿豆的加工方式。香菇多糖生物活性多样是其主要的活性成分之一^[12],对于提高机体免疫力、抗肿瘤、抗感染、抗衰老等起到良好的作用^[13]。鸡蛋中含有较高的蛋白质,且其氨基酸组成与人体蛋白相似。蛋黄中的蛋白质具有良好的凝胶特性以及表面活性作用,将其与小麦粉一起加入

基金项目:湖北省中央引导地方科技发展专项(编号:2020ZYD015);湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(编号:LT201911);全国粮食行业青年拔尖人才服务行业需求自主选题项目(编号:LQ2018203)

作者简介:何韵然,女,武汉轻工大学在读硕士研究生。

通信作者:贾喜午(1989—),男,武汉轻工大学副教授,博士。

E-mail: jiaxiwu212@126.com

收稿日期:2021-11-05

到面食中,可以显著增加面条中的蛋白质含量,使得面条韧性和弹性得到提高^[14]。

近年来,对营养挂面的研究大多以增加单一营养成分为主,提高挂面中多个营养成分的研究相对较少,如薛淑静等^[15]制作南瓜挂面仅增加了挂面中膳食纤维的含量;靳羽慧^[16]制作的金针菇挂面仅增加了挂面中多糖和蛋白质含量。试验拟选取中筋小麦粉为主要原料,以挤压绿豆粉、香菇粉和鸡蛋粉为辅料制作挂面,研制一种优于普通挂面,且多种营养成分含量均较高的高品质挂面,旨在提高挂面的营养、丰富挂面种类,以促进中高档挂面市场的发展。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

中筋小麦粉:益海嘉里(武汉)粮油工业有限公司;
绿豆粉、干香菇:厦门绿帝食品有限公司;
鸡蛋粉:郑州万邦实业有限公司;
水:农夫山泉股份有限公司;
食盐:河南云鹤食品有限公司。

1.2 仪器与设备

双螺杆挤压机:FUMACH MCGS 型,湖南富马科工程技术有限公司;

高速多功能粉碎机:800Y 型,永康市铂欧五金制品有限公司;

低速和面机:SPI-11 型,法国 VMI 公司;

电子分析天平:LE204E/02 型,梅特勒—托利多(上海)有限公司;

压面机:FKR-240 型,河北如帆机械制造有限公司;

全自动冷冻冷藏发酵箱:GVA-SMIWE 型,上海峰焙贸易有限公司;

物性测试仪:TA-XT plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

电热鼓风干燥箱:GXZ-9070M 型,上海博讯实业有限公司;

水分测定仪:MB23 型,奥豪斯仪器(常州)有限公司;

电磁炉:WK2102 型,美的集团电子商务有限公司;

电子万用电炉:DL-1 型,北京光明医疗仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 原料粉预处理

(1) 香菇粉:将干香菇研磨成细粉,过 100 目筛,于冷藏柜中密封保存。

(2) 绿豆粉:参照文献^[17]并稍作改动。挤压机的机筒Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ区温度分别为 60,90,160,60,50℃,加水量 20%,螺杆转速 110 r/min,喂料速度 12 kg/h。挤出物料于 60℃烘至水分含量为 10%左右,粉碎过 80 目

筛,制得挤压绿豆粉,于冷藏柜中密封保存。

(3) 鸡蛋粉:将鸡蛋粉研磨成细粉,过 80 目筛,于冷藏柜中密封保存。

1.3.2 主要营养成分测定

(1) 水分含量:利用快速水分测定仪测定。

(2) 蛋白质含量:按 GB 5009.5—2016 执行。

(3) 淀粉含量:按 GB 5009.9—2016 执行。

(4) 粗脂肪含量:按 GB 5009.6—2016 执行。

(5) 粗纤维含量:按 GB/T 5009.10—2003 执行。

1.3.3 挂面工艺流程

中筋小麦粉、香菇粉、绿豆粉、鸡蛋粉、食盐、水→和面→醒发→复合压延→连续压延→切条→干燥→切断→包装→成品

1.3.4 操作要点

(1) 和面:将 300 g 小麦粉与挤压绿豆粉、香菇粉、鸡蛋粉、食盐、水按计量混合,加入和面机,低档搅拌 15 min,使物料呈散絮状。

(2) 醒发:将面絮置于盆中揉成面团,以保鲜膜密封,醒发温度 20℃,醒发时间 15 min,醒发湿度 80%。

(3) 压面:将面团置于压面机上,经过 6 次复合压延、8 次连续压延得到 1.5 mm 厚度的面片。

(4) 切条:将面片用切面机切成宽度 2.5 mm,厚度 1.5 mm 的挂面。

(5) 晾晒:湿度 55%左右,温度 25~30℃,自然晾晒 12 h 至水分含量<14%。

(6) 称量、包装:将挂面切成 20 cm 长,放入密封袋封装,即制得营养挂面产品。

1.3.5 单因素试验

(1) 挤压绿豆粉添加量对挂面品质的影响:固定小麦粉添加量 300 g,加水量 34%,加盐量 2%,和面时间 15 min,醒发时间 15 min,醒发温度 20℃,相对湿度 80%,香菇粉添加量 1.0%,鸡蛋粉添加量 0.4%,考察挤压绿豆粉添加量(3.0%,3.5%,4.0%,4.5%,5.0%)对挂面品质的影响。

(2) 香菇粉添加量对挂面品质的影响:固定小麦粉添加量 300 g,加水量 34%,加盐量 2%,和面时间 15 min,醒发时间 15 min,醒发温度 20℃,相对湿度 80%,挤压绿豆粉添加量 4.5%,鸡蛋粉添加量 0.4%,考察香菇粉添加量(1.0%,1.2%,1.4%,1.6%,1.8%)对挂面品质的影响。

(3) 鸡蛋粉添加量对挂面品质的影响:固定小麦粉添加量 300 g,加水量 34%,加盐量 2%,和面时间 15 min,醒发时间 15 min,醒发温度 20℃,相对湿度 80%,香菇粉添加量 1.2%,挤压绿豆粉添加量 4.5%,考察鸡蛋粉添加量(0.4%,0.8%,1.2%,1.6%,2.0%)对挂面品质的影响。

1.3.6 正交试验设计 选用挤压绿豆粉添加量、香菇粉

添加量、鸡蛋粉添加量为考察因素,以挂面质构特性和感官评分为考察指标,进行三因素三水平正交试验优化挂面配方参数。

1.3.7 挂面指标测定

(1) 感官评价:参照 LS/T 3202—1993 中的面条质量评价方法并修改。选择 10 位食品专业学生组成感官评定小组,按表 1 对挂面进行感官评定,结果取平均值,满分为 100 分。

表 1 营养挂面的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of nutritional noodles

评分项目	评分标准	评分
色泽	色泽均匀一致,有光泽	15~20
	色泽均匀一致,但色泽较深或较浅,无明显光泽	8~14
	色泽不均匀,无光泽	1~7
气味	具有良好的绿豆香菇风味	15~20
	具有较好的绿豆香菇风味	8~14
	无绿豆香菇风味	1~7
口感	煮熟后口感细腻,柔软	21~30
	煮熟后口感较细腻,不粘牙,不碜牙	11~20
	煮熟后口感粗糙,有粘牙、碜牙	1~10
自然断条率	无断条或少许断条	21~30
	断条较多	11~20
	大量断条	1~10

(2) 最佳蒸煮时间:取 15 根 15 cm 长的干挂面,于 500 mL 沸水烹制 10 min 后,每隔 30 s 夹出一根,记录白芯消失时间,即为挂面最佳蒸煮时间^[18]。

(3) 熟断条率:随机选择 15 根挂面,放入沸水中,用秒表计时,煮至最佳蒸煮时间后,轻轻挑出,并按式(1)计算熟断条率。

$$R = \frac{D}{15} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R ——熟断条率,%。

D ——断裂面条根数。

(4) 吸水率:根据矫春苗等^[19-20]的方法并修改。取 15 根 15 cm 长的干挂面,于 500 mL 沸水中煮至最佳蒸煮时间后捞出,流动水冲淋 10 s,沥干表面水分并称重。重复试验 3 次取平均值,并按式(2)计算吸水率。

$$\omega = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

ω ——吸水率,%;

M_1 ——干挂面质量,g;

M_2 ——蒸煮后挂面质量,g。

(5) 蒸煮损失率:取 15 根 15 cm 长的干挂面,于 500 mL 沸水中煮至最佳蒸煮时间后捞出,用蒸馏水冲淋 10 s,将面汤煮至剩余 50 mL 时倒入已恒重的铝盒中,105 ℃ 烘至恒重。重复 3 次取平均值,并按式(3)计算蒸煮损失率。

$$P = \frac{50(M_4 - M_3)}{M_1(1 - W)} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

P ——蒸煮损失率,%;

M_1 ——干挂面质量,g;

M_3 ——倒入面条汤的铝盒质量,g;

M_4 ——恒重后铝盒质量,g;

W ——挂面水分含量,%。

(6) 质构特性:根据韩聪等^[21]的方法并修改。取 20 根 15 cm 长的挂面,沸水煮至最佳蒸煮时间后,用流动的自来水反复清洗 3 次,用圆柱形探头(直径 4.5 cm)压缩。测前速度 2 mm/s;测中速度 1 mm/s,测后速度 2 mm/s;应力形变 70%;触发力 0.049 N;两次压缩时间间隔 5 s,数据采集 500 pps。

(7) 综合评分计算:将硬度、咀嚼性和感官评分 3 个指标按式(4)换算成隶属度,并按式(5)计算综合评分。

$$U = \frac{X - Y}{Z - Y}, \quad (4)$$

$$S = 0.2A + 0.2B + 0.6C, \quad (5)$$

式中:

U ——隶属度;

X ——指标值;

Y ——指标最小值;

Z ——指标最大值;

S ——综合评分;

A ——硬度的隶属度;

B ——咀嚼性的隶属度;

C ——感官评分的隶属度。

1.3.8 数据分析 采用 Excel 2013 软件进行数据处理;采用 Origin Pro 9.0 软件作图;采用 IBM SPSS Statistics 22 软件中的 Duncan 方差分析进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 原料基本营养成分

由表 2 可知,挤压处理使绿豆粉中的水分、蛋白质、淀粉、粗脂肪含量降低,膳食纤维含量显著升高($P < 0.05$),与 Yan 等^[22-23]的结果类似。香菇粉中的蛋白质、纤维素、粗脂肪含量均高于小麦粉,鸡蛋粉有较高的蛋白质含量,说明将挤压绿豆粉、香菇粉、鸡蛋粉加至面粉中,能够增加挂面中蛋白质和膳食纤维比例,适当降低碳水化合物比例从而改良面制品的营养结构^[24]。

2.2 挤压绿豆粉添加量对挂面品质的影响

由表 3 可知,挂面的硬度、弹性、咀嚼性随挤压绿豆粉添加量的增加而增大,回复性无显著变化,可能是由于挤压绿豆粉中富含膳食纤维和蛋白质,高含量的膳食纤维可能会导致熟面条硬度增加^[25]。当挤压绿豆粉添加量>4.5%时,挂面的硬度、弹性、咀嚼性和回复性开始减小,可能是由于挤压绿豆粉中淀粉的糊化、颗粒结构及淀粉

链结构的破坏,使挂面难以形成有序排列的淀粉网络结构,挂面的吸水率增加,持水能力减弱,进而导致挂面蒸煮后硬度和弹性下降^[26]。由图 1 可知,随着挤压绿豆粉添加量的增大,挂面感官评分先上升后下降,添加量以 4.5% 为最佳,可能是少量绿豆粉的加入使得挂面的口感和风味提升,但添加量过高会使挂面的色泽稍暗无光泽呈暗绿色,表观品质变差,最终使感官评分下降。

表 2 原料的基本营养成分[†]
Table 2 Basic nutrients of raw materials %

样品	水分	蛋白质	粗纤维	淀粉	粗脂肪
小麦粉	11.17±0.29	12.91±0.13	2.80±0.02	74.80±0.62	1.80±0.34
挤压前绿豆粉	10.36±0.40 ^b	22.66±0.04	3.50±0.06 ^a	50.70±0.58 ^b	1.80±0.29
挤压后绿豆粉	9.07±0.21 ^a	22.50±0.62	4.10±0.15 ^b	49.00±0.34 ^a	1.70±0.21
香菇粉	10.67±0.15	26.58±0.28	3.80±0.10	9.88±0.30	2.70±0.08
鸡蛋粉	5.90±0.30	44.18±0.02	0.70±0.24	60.80±0.08	13.30±0.18

† 对绿豆粉挤压前后营养比较,字母不同表示差异显著(P<0.05)。

表 3 挤压绿豆粉添加量对挂面质构特性的影响[†]

Table 3 Effect of the amount of extruded mung bean powder on the texture characteristics of noodles

挤压绿豆粉添加量/%	硬度/N	弹性	咀嚼性/N	回复性
3.0	39.716±0.709 ^a	0.941±0.004 ^a	25.578±0.594 ^a	0.324±0.011
3.5	43.411±1.481 ^{bc}	0.932±0.006 ^a	27.171±0.748 ^b	0.339±0.008
4.0	44.507±0.179 ^c	0.952±0.012 ^b	28.971±0.071 ^c	0.328±0.008
4.5	46.406±0.259 ^d	0.952±0.018 ^b	30.059±0.576 ^d	0.341±0.009
5.0	42.735±0.383 ^b	0.953±0.005 ^b	27.938±0.467 ^b	0.332±0.009

† 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

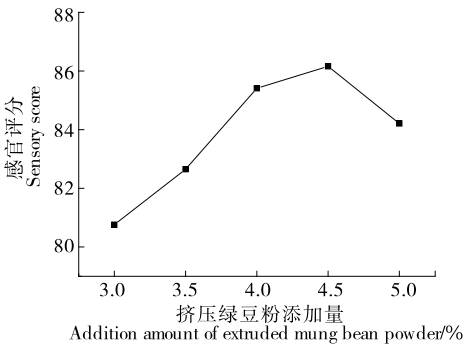


图 1 挤压绿豆粉添加量对挂面感官品质的影响

Figure 1 Effect of extruded mung bean powder on sensory quality of noodles

2.3 香菇粉添加量对挂面品质的影响

由表 4 可知,挂面的硬度、弹性和咀嚼性随香菇粉添加量的增加先增大,回复性无显著差异,可能是香菇粉中的多糖大分子与面筋蛋白之间的相互作用提高了面筋蛋白的筋力^[27];当香菇粉添加量>1.2%时,挂面的硬度、弹性、咀嚼性和回复性开始减小,可能是香菇粉的加入使面条中面筋蛋白含量下降,不能形成完整的面筋网络,造成挂面内部筋力不断减弱,使弹性和回复性下降^[28]。而且香菇粉添加量为 1.2%时挂面感官评分最高(见图 2)。

2.4 鸡蛋粉添加量对挂面品质的影响

由表 5 可知,随着鸡蛋粉添加量的增加,挂面的硬度、弹性和咀嚼性逐渐增加,回复性无较大差异,可能是

表 4 香菇粉添加量对挂面质构特性的影响[†]

Table 4 Effect of the amount of mushroom powder on the texture characteristics of noodles

香菇粉添加量/%	硬度/N	弹性	咀嚼性/N	回复性
1.0	44.676±0.408 ^a	0.944±0.009 ^a	28.918±0.394 ^a	0.333±0.007
1.2	46.288±0.520 ^b	0.948±0.004 ^a	30.261±0.108 ^c	0.333±0.011
1.4	45.883±0.429 ^{ab}	0.946±0.006 ^a	29.882±0.304 ^{bc}	0.336±0.008
1.6	44.979±0.652 ^{ab}	0.947±0.006 ^a	29.316±0.346 ^{ab}	0.334±0.006
1.8	45.038±1.414 ^{ab}	0.952±0.010 ^a	29.472±0.465 ^{ab}	0.325±0.010

† 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

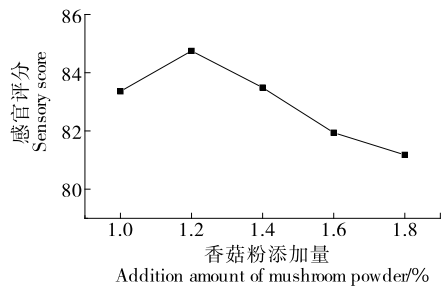


图 2 香菇粉添加量对挂面感官品质的影响
Figure 2 Effect of mushroom powder on sensory quality of noodles

由于鸡蛋粉中蛋白质含量和脂质含量比较高,亲水基团存在于部分蛋白质和脂质中,使得面条的保水性得到提高,从而增加了熟挂面的弹性^[29]。当鸡蛋粉添加量>1.6%时,挂面的硬度、弹性和咀嚼性开始减小,可能是因为水会减弱面条表面淀粉和蛋白质之间的结合力,当面筋形成不充分时,表面淀粉尤其是破损淀粉更容易溶出,使得面条表面蛋白空隙中充满了水,鸡蛋粉与小麦粉形成的紧密网状结构破裂,淀粉溶出,面条表面硬度降低^[30]。而且鸡蛋粉添加量为 1.6%时挂面感官评分最高(见图 3)。

表 5 鸡蛋粉添加量对挂面质构特性的影响[†]

Table 5 Effect of the amount of egg powder on the texture characteristics of noodles

鸡蛋粉添加量 / %	硬度 / N	弹性	咀嚼性 / N	回复性
0.4	41.764±1.429 ^a	0.937±0.005	26.182±0.188 ^a	0.330±0.008 ^b
0.8	43.792±0.651 ^{ab}	0.941±0.010	27.825±0.828 ^a	0.332±0.006 ^b
1.2	45.748±0.816 ^{bc}	0.939±0.007	28.249±0.127 ^a	0.311±0.014 ^a
1.6	48.336±2.805 ^c	0.950±0.011	32.213±2.864 ^b	0.338±0.007 ^b
2.0	46.165±0.812 ^{bc}	0.946±0.020	31.268±0.768 ^b	0.373±0.006 ^c

[†] 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

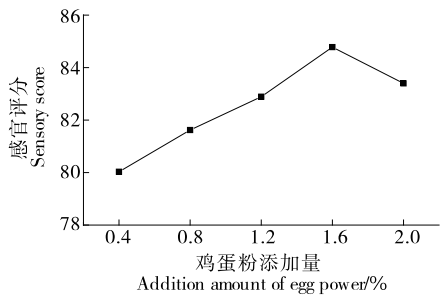


图 3 鸡蛋粉添加量对挂面感官品质的影响
Figure 3 Effect of egg powder on sensory quality of noodles

2.5 正交试验优化

根据单因素试验结果,确定各因素的水平取值见表 6,试验设计及结果见表 7。

表 6 正交试验因素水平表

Table 6 Factor level design table of orthogonal experiment

水平	A 香菇粉 添加量 / %	B 挤压绿豆粉 添加量 / %	C 鸡蛋粉 添加量 / %
1	1.2	4.0	1.2
2	1.4	4.5	1.6
3	1.6	5.0	2.0

表 7 正交试验设计及结果

Table 7 Orthogonal experiment scheme and experimental results

试验号	A	B	C	空列	硬度 / N	咀嚼性 / N	感官评分	综合评分
1	1	1	1	1	35.13	21.96	80.40	0.02
2	1	2	2	2	34.35	21.24	82.10	0.19
3	1	3	3	3	41.00	25.01	83.60	0.49
4	2	1	2	3	45.06	28.72	85.80	0.83
5	2	2	3	1	38.69	24.46	83.20	0.41
6	2	3	1	2	43.34	25.94	84.90	0.67
7	3	1	3	2	41.76	27.06	85.70	0.76
8	3	2	1	3	43.62	28.12	83.10	0.51
9	3	3	2	1	52.92	34.03	83.40	0.73
k_1	0.23	0.54	0.40	0.39				
k_2	0.07	0.39	0.39	0.45				
k_3	0.01	0.20	0.50	0.42				
R	0.23	0.34	0.11	0.06				

由表 7 可知,营养挂面最佳制备工艺组合为 $A_1B_1C_3$,即挤压绿豆粉添加量 4.00%,香菇粉添加量 1.20%,鸡蛋粉添加量 2.00%,在此条件下进行验证实验($n=3$),测得挂面硬度为 46.05 N,咀嚼性为 28.76 N,感官评分为 86.50 分,最佳蒸煮时间为 (12.49 ± 0.24) min,吸水率为 $(204.72 \pm 3.09)\%$,熟断条率为 $(2.22 \pm 3.85)\%$,蒸煮损失率为 $(1.12 \pm 0.03)\%$,该营养挂面光滑整齐、口感柔软爽滑、呈浅棕绿色,具有特殊的绿豆、香菇风味。

2.6 原料对挂面基本营养成分的影响

由表 8 可知,与传统挂面相比,添加营养原料的挂面的蛋白质、粗纤维和粗脂肪含量显著增加($P<0.05$),淀粉含量显著降低($P<0.05$),说明营养原料的添加能有效增加挂面多种营养成分的含量。

表 8 原料对挂面基本营养成分的影响[†]

Table 8 Effects of raw materials on basic nutrients of dried noodles

样品	蛋白质/%	粗纤维/%	淀粉/%	粗脂肪/%
普通挂面	10.30 ± 0.02^a	—	75.64 ± 0.10^b	0.63 ± 0.03^a
营养挂面	15.10 ± 0.03^b	0.82 ± 0.01	65.31 ± 0.05^a	1.70 ± 0.04^b

[†] 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

试验表明,营养挂面的最佳配方为挤压绿豆粉添加量 4.00%、香菇粉添加量 1.20%、鸡蛋粉添加量 2.00%,该配方下营养挂面感官评分最高,挂面光滑整齐、口感柔软爽滑、呈浅棕绿色,具有特殊的绿豆、香菇风味;与普通挂面相比,添加 3 种原料粉有效增加了挂面中多种营养成分含量。后续可深入研究添加剂对营养挂面品质的影响,以解决营养挂面易酥条、易混汤等技术难题,从而提高营养挂面的口感、风味等品质特性,使营养挂面品质进一步提升。

参考文献

[1] 韩东雷,翟娅菲,李祥,等.挂面产业现状及其产品深加工方向[J].现代食品,2017(24): 16-17, 20.
HAN Dong-lei, ZHAI Ya-fei, LI Xiang, et al. Current situation of noodle industry and its product deep processing direction [J]. Modern Food, 2017(24): 16-17, 20.

[2] 雷艳,谢惠波.国内营养保健型挂面的研究现状及思考[J].现代食品,2017(17): 1-4.
LEI Yan, XIE Hui-bo. Research status and thoughts on nutritional and health care noodles in China[J]. Modern Food, 2017(17): 1-4.

[3] 申丽媛,陈金女,周蒙蒙,等.红豆黑米面条的研制[J].粮食与油脂,2019,32(7): 49-51.
SHEN Li-yuan, CHEN Jin-nu, ZHOU Meng-meng, et al. Development of red bean black rice noodles[J]. Grain and Oil, 2019, 32(7):

49-51.

[4] 罗婷婷,耿得蓉,罗妍琛,等.慈姑淀粉添加量对鲜面条品质的影响[J].食品与机械,2022,38(1): 217-223.
LUO Ting-ting, JI De-rong, LUO Yan-chen, et al. Effect of arrow-head starch addition on the quality of fresh noodles[J]. Food & Machinery, 2022, 38(1): 217-223.

[5] 刘玲玲,车树理,贺莉萍.马铃薯苦荞麦粉面条加工工艺研究[J].中国食物与营养,2018,24(11): 18-21.
LIU Ling-ling, CHE Shu-li, HE Li-ping. Study on processing technology of potato tartary buckwheat flour noodles [J]. China Food and Nutrition, 2018, 24(11): 18-21.

[6] 蔡茜茜,陈旭,陈选,等.超微绿茶粉对面条品质特性的影响及绿茶面条配方优化[J].食品与机械,2021,37(9): 179-185.
CAI Xi-xi, CHEN Xu, CHEN Xuan, et al. Effect of superfine green tea powder on the quality characteristics of noodles and optimization of green tea noodle formula [J]. Food & Machinery, 2021, 37(9): 179-185.

[7] MANURUNG H, SILALAH J, SIAHAAN D, et al. Nanoemulsion preparation base on palm fiber mesocarp residue's oil and its application on dry noodle[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 205(1): 14-15.

[8] 刘妍兵,陶阳,苗雪,等.绿豆蛋白酶解物抗氧化活性与其结构、氨基酸组成的相关性[J/OL].食品工业科技.(2021-06-02) [2022-03-09]. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2021060239.
LIU Yan-bing, TAO Yang, MIAO Xue, et al. Correlation between antioxidant activity of mung bean protease hydrolysate and its structure and amino acid composition[J/OL]. Food Industry Technology. (2021-06-02) [2022-03-09]. DOI: 10. 13386/j. issn1002-0306.2021060239.

[9] 孟如君,刘静,沈汪洋,等.挤压膨化技术在杂粮加工业的应用研究[J].食品研究与开发,2021,42(7): 189-193.
MENG Ru-jun, LIU Jing, SHEN Wang-yang, et al. Application of extrusion technology in coarse grain processing industry [J]. Food Research and Development, 2021, 42(7): 189-193.

[10] 杜冰,黄守耀,姜龙波,等.双螺杆挤压对绿豆皮中膳食纤维的改性研究[J].食品工业科技,2012,33(10): 170-173, 176.
DU Bing, HUANG Shou-yao, JIANG Long-bo, et al. Modification of dietary fiber in mung bean skin by twin-screw extrusion [J]. Food Industry Science and Technology, 2012, 33 (10): 170-173, 176.

[11] 汪周俊.高含量绿豆挂面的研制及品质改良研究[D].长沙:中南林业科技大学,2016: 45-47.
WANG Zhou-jun. Development and quality improvement of high content mung bean noodles [D]. Changsha: Central South University of Forestry Science and Technology, 2016: 45-47.

[12] ZHANG Y, ZHANG M, JIANG Y, et al. Lentinan as an immunotherapeutic for treating lung cancer: A review of 12 years clinical studies in China[J]. Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 2018, 144: 2 177-2 186.

[13] 戚爱华,孙艳霞,李威,等.香菇多糖的药用价值[J].食品安全

- 导刊, 2018(12): 128.
- QI Ai-hua, SUN Yan-xia, LI Wei, et al. Medicinal value of lentin-an[J]. Food Safety Guide, 2018(12): 128.
- [14] 卢慰, 许先猛, 李静茹, 等. 鸡蛋蛋黄对面条品质的影响研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(26): 9 150-9 152.
- LU Wei, XU Xian-meng, LI Jing-ru, et al. Study on the effect of egg yolk on noodle quality[J]. Anhui Agricultural Science, 2014, 42(26): 9150-9152.
- [15] 薛淑静, 关键, 周明, 等. 南瓜粉对其营养强化挂面品质的影响[J]. 食品科学技术学报, 2013, 31(6): 46-50, 62.
- XUE Shu-jing, GUAN Jian, ZHOU Ming, et al. Effect of pumpkin powder on the quality of nutritional fortified noodles[J]. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(6): 46-50, 62.
- [16] 靳羽慧. 金针菇对面条品质特性的影响[D]. 新乡: 河南科技学院, 2018: 13.
- JIN Yu-hui. Effects of flammulina velutipes on noodle quality characteristics[D]. Xinxiang: Henan University of Science and Technology, 2018: 13.
- [17] 张雁凌, 任保国. 挤压参数对绿豆粉糊化的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 266-268.
- ZHANG Yan-ling, REN Bao-guo. Effect of extrusion parameters on gelatinization of mung bean powder[J]. Food Industry Science and Technology, 2012, 33(14): 266-268.
- [18] LIU Q, GUO X N, ZHU K X. Effects of frozen storage on the quality characteristics of frozen cooked noodles [J]. Food Chemistry, 2019, 283: 522-529.
- [19] 矫春苗, 胡中泽, 沈汪洋, 等. 三次醒面工艺对鲜湿面食品质的影响[J/OL]. 食品与发酵工业. (2021-08-11)[2022-03-09]. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026932.
- JIAO Chun-miao, HU Zhong-ze, SHEN Wang-yang, et al. Effect of three times waking technology on edible quality of fresh and wet noodles[J/OL]. Food and Fermentation Industry. (2021-08-11)[2022-03-09]. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026932.
- [20] 张娟, 蔺佳慧, 杨昉明. 大豆膳食纤维挂面的工艺研究[J]. 食品科技, 2012, 37(8): 152-157, 161.
- ZHANG Juan, LIN Jia-hui, YANG Fang-ming. Study on the technology of soybean dietary fiber noodles[J]. Food Science and Technology, 2012, 37(8): 152-157, 161.
- [21] 韩聪, 邢俊杰, 郭晓娜, 等. 挤压处理对苦荞粉理化特性及全苦荞挂面品质的影响[J/OL]. 中国粮油学报. (2021-06-04)[2022-03-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20210604.1311.007.html>.
- HAN Cong, XING Jun-jie, GUO Xiao-na, et al. Effects of extrusion treatment on physical and chemical properties of tartary buckwheat powder and quality of whole tartary buckwheat noodles[J/OL]. Chinese Journal of Grain and Oil. (2021-06-04)[2022-03-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20210604.1311.007.html>.
- [22] YAN X, YE R, CHEN Y. Blasting extrusion processing: The increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble fiber polysaccharides from wheat bran[J]. Food Chemistry, 2015, 180: 106-115.
- [23] KARUNANITHY C, MUTHUKUMARAPPAN K. Effect of extruder parameters and moisture content of switchgrass, prairie cord grass on sugar recovery from enzymatic hydrolysis [J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2010, 162(6): 1 785-1 803.
- [24] 罗海澜, 豆康宁, 张群芝, 等. 香菇粉对面团特性和酥性饼干品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(13): 5 380-5 387.
- LUO Hai-lan, DOU Kang-ning, ZHANG Qun-zhi, et al. Effects of mushroom powder on dough characteristics and crisp biscuit quality[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2021, 12(13): 5 380-5 387.
- [25] 王宁. 豆类添加对面条营养成分及品质的影响研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2020: 21-22.
- WANG Ning. Study on the effects of bean addition on the nutritional composition and quality of noodles[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2020: 21-22.
- [26] 戴维峰. 非油炸绿豆方便面技术研发及功能性评价[D]. 天津: 天津科技大学, 2018: 21-23.
- YUAN Wei-feng. Technology development and functional evaluation of non fried mung bean instant noodles[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2018: 21-23.
- [27] 陈煜, 龚号迪, 赵贝贝, 等. 香菇多糖面条的制作及品质研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(12): 34-37.
- CHEN Yu, GONG Hao-di, ZHAO Bei-bei, et al. Study on the preparation and quality of lentinan noodles[J]. Grain and Oil, 2019, 32(12): 34-37.
- [28] 孙粮, 孙君庚, 王充, 等. 香菇粉对面粉和面条品质的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(4): 239-242.
- SUN Liang, SUN Jun-geng, WANG Chong, et al. Effect of mushroom powder on the quality of flour and noodles[J]. Food Industry, 2021, 42(4): 239-242.
- [29] 罗云, 冯鹏, 朱科学, 等. 蛋清粉对小麦粉及挂面品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(19): 39-43.
- LUO Yun, FENG Peng, ZHU Ke-xue, et al. Effect of egg white powder on the quality of wheat flour and vermicelli[J]. Food Science, 2015, 36(19): 39-43.
- [30] GUO X N, GAO F, ZHU K X. Effect of fresh egg white addition on the quality characteristics and protein aggregation of oat noodles[J]. Food Chemistry, 2020, 330: 89-93.