

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.80120

红小豆超微粉对面粉理化性质及 鲜湿面条品质的影响

Effects of superfine adzuki bean flour on physicochemical properties of flour and development of fresh and wet noodles

杨永红

YANG Yong-hong

(漯河医学高等专科学校河南省营养与健康工程研究中心, 河南 漯河 462002)
(Luohe Medical College, Henan Province Engineering Research Center of Nutritional
and Health, Luohe, Henan 462002, China)

摘要:目的:探究红小豆超微粉在鲜湿面条中的适宜添加量。方法:采用粉质仪、拉伸仪、湿面筋仪、降落数值仪及面粉白度仪测定红小豆超微粉对面粉理化指标的影响,采用质构仪测定红小豆超微粉对鲜湿面条质构参数的影响,采用感官方法评价红小豆超微粉和红小豆粗粉对鲜湿面条感官品质指标的影响,采用理化分析法测定面条的蒸煮品质和营养成分。结果:红小豆超微粉适宜添加量为 8%~12%。当红小豆超微粉添加量为 12% 时,面条中蛋白质含量提高了 10.1%,膳食纤维含量提高了 31.8%,红小豆超微粉面条比粗粉面条品质提高了 13.9%。结论:红小豆超微粉碎后,降低了对面粉品质和鲜湿面条品质的负面影响,可提高小麦粉面条的营养价值。

关键词:红小豆;超微粉;面粉;鲜湿面条

Abstract: Objective: To study the effect of superfine adzuki bean flour on the physicochemical properties of flour and quality of fresh and wet noodles, and explore the appropriate amount of superfine adzuki bean flour added in fresh wet noodles. **Methods:** The farinograph, extensograph, wet gluten meter, falling number meter and flour whiteness meter were used to determine the influence of superfine adzuki bean flour on the physical and chemical indexes of flour, and the texture analyzer was used to determine the texture parameters of fresh wet noodles. Sensory method was used to evaluate the effects of superfine adzuki bean flour and coarse adzuki bean flour on sensory quality indexes of

fresh wet noodles, and physical and chemical analysis methods were used to determine the cooking quality and nutritional components of noodles. **Results:** From the comprehensive consideration of the effects of ultrafine adzuki bean powder on the physical and chemical indexes of flour, texture, sensory quality and nutritional value of fresh wet noodles, the suitable range of superfine adzuki bean flour added was 8%~12%. When the addition amount of superfine adzuki bean flour was 12%, the protein content in the noodles increased by 10.1%, and the dietary fiber content increased by 31.8%, the quality of noodles added superfine adzuki bean flour is 13.9% higher than added coarse adzuki bean flour. **Conclusion:** The superfine adzuki bean flour reduces the negative impact on the quality of flour and fresh wet noodles, increases the added amount of adzuki bean flour, and improves the nutritional value of wheat flour noodles.

Keywords: adzuki bean; superfine flour; flour; fresh wet noodles

鲜湿面条是中国传统主食,生产量大,消费广泛。中医将红小豆认作为保健食材^[1-2],红小豆中的酚类、黄酮类、花色素等活性物质具有辅助控制血压^[3]、抗氧化^[4]、控制血糖^[5]、抑菌杀菌等作用^[6]。目前有关红小豆类面食品的开发研究和生产应用,主要是将红小豆粗粉直接与面粉复配制作面食品^[7],因红小豆粉颗粒度较大使产品的组织结构变差,变得容易断裂,从而导致产品品质下降,故红小豆粉添加量比较少^[8]。而红小豆经超微粉碎后,其溶解性、吸附性、分散性、化学反应活性等理化性质可得到较大改善^[8],且保留了红小豆的所有营养物质^[9-10]。研究拟考察红小豆超微粉对面粉理化指标、鲜湿面条感官、质构、蒸煮品质、营养成分的影响,以期红小豆超微粉应用于鲜湿面条的开发提供依据。

基金项目:漯河医学高等专科学校创新创业能力提升项目(编号:2020-LYZKYYB056)

作者简介:杨永红(1977—),男,漯河医学高等专科学校讲师。

E-mail: y13603950483@163.com

收稿日期:2022-03-29 **改回日期:**2022-07-03

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;试剂

红小豆超微粉:平均直径 30 μm ,江苏密友粉体新装备制造制造有限公司;

红小豆粗粉:过 80 目筛,孔径 180 μm ,实验室自制;

小麦粉:特制一等粉,漯河市新汇面粉生物科技有限公司;

乙醇、丙酮、石油醚、氢氧化钠、盐酸、硫酸、冰乙酸、重铬酸钾、硫酸钾、硼酸:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.2 仪器与amp;设备

粉质仪:JFZD 型,北京东方孚德技术发展有限公司;

拉伸仪:JMLD150 型,北京东方孚德技术发展有限公司;

湿面筋仪:JJJM54S 型,北京维欣仪奥科技发展有限公司;

面粉白度测定仪:YQ-Z-48B 型,上海旦鼎国际贸易有限公司;

降落值测定仪:JLZ-型,济南科翔仪器公司;

质构分析仪:TMS-Pro 型,美国 FTC 公司;

粉碎机:800Y 型,永康市铂欧五金制品有限公司;

压面机:MT140 型,湖北省枣阳市巨鑫机械有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 红小豆超微粉与粗粉的添加方法 在面粉中添加红小豆超微粉和粗粉,使红小豆超微粉和粗粉的质量分数分别为 0%,4%,8%,12%,16%,20%,混合均匀后备用。

1.3.2 面粉粉质试验 按 GB/T 14614—2019 执行。

1.3.3 面团拉伸试验 按 GB/T 14615—2019 执行。

1.3.4 湿面筋含量测定 按 GB/T 5506.2—2008 执行。

1.3.5 降落数值测定 按 GB/T 10361—2008 执行。

1.3.6 面粉白度测定 采用面粉白度测定仪,以标准白板反光值 100 为参照,面粉的反光率即为面粉白度值。

1.3.7 面条制作方法 按 SB/T 10137—93 执行。

1.3.8 面条质构测定 将面条蒸煮熟后,取 8~10 根用冷水冲洗表面,然后排列整齐放置于质构仪载物台上,在全质构模式下进行测定。感应量程 500 N,最小感应力 0.1 N,形变量 40%,检测速度 3 mm/s,回程速度 5 mm/s,测试间隔时间 10 s,探头型号为 FTC25.4 mm Steel。

1.3.9 面条蒸煮品质测定 按 LS/T 3212—2021 执行。

1.3.10 面条感官评价 按 SB/T 10137—93 执行,并按表 1 进行感官评分,精制级小麦粉制品评分 ≥ 85 分,普通级小麦粉制品评分 ≥ 75 分。

1.3.11 面条蛋白质、膳食纤维含量测定

(1) 水分含量:按 GB 5009.3—2016 执行。

(2) 蛋白质含量:按 GB 5009.5—2016 执行。

(3) 膳食纤维含量:按 GB 5009.88—2014 执行。

1.3.12 数据处理 每组试验平行 3 次,以平均值 \pm 标准差表示。运用 Excel 2007 软件作图,SPSS 19.0 软件进行数据标准差及显著性 ($P < 0.05$) 分析。

2 结果与amp;分析

2.1 红小豆超微粉对面粉理化性质的影响

2.1.1 对面粉质参数的影响 由表 2 可知,当红小豆超微粉添加量为 8% 时,面粉吸水率开始显著增加,说明红小豆超微粉的吸水能力比小麦粉强,这是由于红小豆超微粉中的蛋白质和膳食纤维含量比小麦粉高^[11]。当红小豆超微粉添加量为 20% 时,面团形成时间开始显著下降,说明过量添加红小豆超微粉会阻碍面筋网络的形成,从而延缓面团的形成。面团稳定时间长、面团弱化度小、粉质指数高则说明面粉品质的稳定性好,面团的耐搅拌能力强^[12]。添加红小豆超微粉后,面团稳定时间显著下降,

表 1 红小豆超微粉面条品尝项目及评分

Table 1 Tasting items and scoring criteria of superfine adzuki bean flour noodles

项目	评分标准	评分	项目	评分标准	评分
色泽	面条色泽白,光亮	8.5~10.0	黏性	咀嚼时爽口、不粘牙	21.1~25.0
	色泽略暗,亮度一般	6.0~8.4		较爽口、稍粘牙	15.1~21.0
	色泽发暗、发灰,亮度差	1.0~6.0		不爽口、发黏	10.0~15.0
外观状态	表面结构细密、光滑	8.5~10.0	光滑性	光滑	4.4~5.0
	表面比较粗糙,没有膨胀、变形	6.1~8.4		光滑度较小	3.1~4.3
	表面粗糙、膨胀、变形严重	1.0~6.0		光滑程度差	1.0~3.0
适口性	力适中	17.1~20.0	食味	有红小豆香味	4.4~5.0
	稍偏硬或软	12.1~17.0		基本无异味	3.1~4.3
	太硬或太软	1.0~12.0		有异味	1.0~3.0
韧性	有咬劲、富有弹性	21.1~25.0			
	咬劲和弹性较小	15.1~21.0			
	咬劲差、弹性不足	1.0~15.0			

表 2 红小豆超微粉添加量对面粉粉质参数的影响[†]

Table 2 The effect of superfine adzuki bean flour on flour farinography parameters

添加量/%	面团吸水率/%	面团形成时间/min	面团稳定时间/min	面团弱化度/Fu	粉质指数
0	62.7±0.4 ^e	4.3±0.2 ^{ab}	6.1±0.3 ^a	64±0.4 ^f	80±0.6 ^a
4	62.2±0.3 ^{ef}	4.4±0.2 ^a	4.8±0.2 ^{bc}	76±0.6 ^d	64±0.4 ^c
8	62.9±0.4 ^d	4.3±0.1 ^{ab}	4.9±0.3 ^b	68±0.5 ^e	69±0.5 ^b
12	63.9±0.4 ^c	4.3±0.1 ^{ab}	4.2±0.2 ^d	88±0.7 ^{bc}	59±0.3 ^e
16	64.7±0.5 ^b	4.3±0.2 ^{ab}	3.8±0.2 ^c	89±0.8 ^b	62±0.4 ^d
20	65.8±0.6 ^a	3.9±0.1 ^c	3.3±0.1 ^f	106±1.1 ^a	58±0.3 ^{ef}

[†] 小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

面团弱化度显著增加,粉质指数显著下降,说明红小豆超微粉能够降低面粉品质的稳定性,与汪周俊等^[13]的结果类似。粉质指标中,面团稳定时间是面粉的关键指标,一般面条所用面粉的面团稳定时间为 3.5~7.0 min^[14],因此,当红小豆超微粉添加量为 20%时,面团稳定时间下降至 3.3 min,不适合制作面条。

2.1.2 对面团拉伸参数的影响 由表 3 可知,添加红小豆超微粉后,面团的拉伸能量显著下降,说明红小豆超微粉降低了面团的筋强度^[15]。面团的拉伸阻力和延伸度随红小豆超微粉添加量的增加呈下降趋势,说明添加红小豆超微粉后,面团强度变小,延展性变差,与红小豆超微粉降低面粉粉质的结论一致。添加红小豆超微粉后,面团的拉伸比下降,说明拉伸阻力比延伸度下降幅度大。

红小豆超微粉在总体趋势上降低了面粉粉质和面团拉伸品质,但个别指标呈折线下降趋势,特别是当红小豆超微粉添加量为 4%时,面团弱化度增加幅度和粉质指数

下降幅度比添加量为 8%时的更大,醒发 45 min 的面团延伸性比空白值要高。文献^[16-17]发现,与红小豆粉品种接近的大豆粉、黑豆粉,当添加量从 0%增加至 3%时,大豆粉、黑豆粉能够改良面粉粉质和面团拉伸品质,当添加量 $\geq 4\%$ 时,其对面粉粉质和面团拉伸品质具有恶化作用,其原因是豆类中膳食纤维含量较高,少量膳食纤维对面团流变学特性具有改良作用,过量则具有恶化作用^[18]。由于试验水平梯度为 4%,水平梯度内指标的变化情况无法完全被反映出来,因此会造成指标变化趋势在个别地方呈折线下降趋势。

2.1.3 对面粉湿面筋含量的影响 适合制作面条的面粉为中筋面粉,湿面筋含量为 26%~32%^[14]。由图 1 可知,当红小豆超微粉添加量为 8%时,面粉湿面筋含量开始显著下降,当红小豆超微粉添加量为 20%时,湿面筋含量低于 26%,已不适合制作面条。红小豆超微粉的蛋白质含量比面粉高,但不是面筋蛋白,无法参与形成面筋,

表 3 红小豆超微粉添加量及静置时间对面团拉伸参数的影响[†]

Table 3 Effects of superfine adzuki bean flour on dough stretching parameter

添加量/%	静置 45 min				静置 90 min			
	拉伸能量/cm ²	延伸度/mm	拉伸阻力/EU	拉伸比	拉伸能量/cm ²	延伸度/mm	拉伸阻力/EU	拉伸比
0	35±0.3 ^a	128±1.3 ^b	160±1.5 ^a	1.2±0.05 ^a	41±0.4 ^a	130±1.2 ^a	184±1.7 ^b	1.4±0.06 ^a
4	32±0.3 ^b	133±1.3 ^a	156±1.4 ^b	1.2±0.05 ^a	39±0.4 ^b	130±1.2 ^a	188±1.9 ^a	1.4±0.06 ^a
8	29±0.3 ^c	128±1.2 ^b	144±1.3 ^c	1.2±0.05 ^a	32±0.3 ^c	129±1.1 ^{ab}	154±1.4 ^c	1.2±0.05 ^b
12	24±0.2 ^d	126±1.1 ^c	130±1.3 ^d	1.1±0.04 ^b	25±0.2 ^d	125±1.2 ^c	134±1.4 ^d	1.1±0.04 ^c
16	24±0.2 ^d	128±1.2 ^b	127±1.2 ^e	1.0±0.04 ^c	24±0.2 ^e	124±1.1 ^{cd}	132±1.2 ^e	1.1±0.04 ^c
20	24±0.2 ^d	128±1.1 ^b	127±1.2 ^e	1.0±0.04 ^c	24±0.3 ^e	124±1.2 ^{cd}	132±1.3 ^e	1.1±0.04 ^c

添加量/%	静置 135 min			
	拉伸能量/cm ²	延伸度/mm	拉伸阻力/EU	拉伸比
0	40±0.5 ^a	122±1.1 ^c	207±2.0 ^a	1.7±0.08 ^a
4	38±0.4 ^b	127±1.3 ^b	181±1.9 ^b	1.4±0.06 ^b
8	32±0.3 ^c	130±1.2 ^a	160±1.7 ^c	1.2±0.04 ^c
12	22±0.3 ^e	113±1.2 ^e	134±1.4 ^e	1.2±0.04 ^c
16	24±0.3 ^d	122±1.3 ^c	132±1.3 ^{ef}	1.1±0.03 ^d
20	24±0.2 ^d	120±1.1 ^d	138±1.4 ^d	1.2±0.05 ^c

[†] 小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

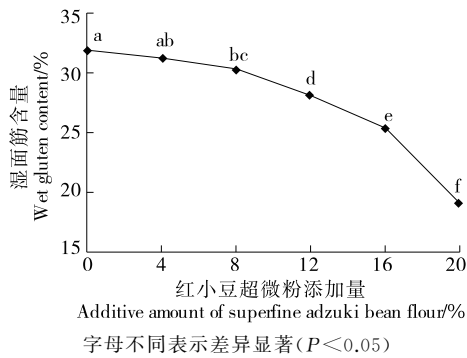


图1 红小豆超微粉添加量对面粉湿面筋含量的影响

Figure 1 The effects of superfine adzuki bean flour on the wet gluten content of flour

因此红小豆超微粉阻碍了面粉中面筋的形成,稀释了面筋网络结构,导致面粉湿面筋含量下降,与粉质试验、面团拉伸试验的结论一致,即红小豆超微粉降低了面团的面筋含量和强度。

2.1.4 对面粉降落数值的影响 由图2可知,添加红小豆超微粉后,面粉降落数值显著下降,说明红小豆超微粉能够阻碍淀粉吸水糊化,使面粉糊的黏稠度下降,从而降低了面粉的降落数值。研究^[10,19]发现,绿豆、蚕豆等豆类物质能降低面粉的降落数值。SB/T 10137—93《面条用小麦粉》标准中,面粉降落数值要求 ≥ 200 s^[14],因此,红小豆超微粉添加量即使达到20%,其面粉降落数值仍符合面条制作要求。

2.1.5 对面粉白度的影响 由图3可知,当红小豆超微粉添加量为8%时,与添加量为4%的相比面粉白度下降不显著,但与空白相比面粉白度开始显著下降。这是由于红小豆超微粉中含有较多的花色素,添加量较多会导致面粉白度下降。红小豆花色素的化学成分为3,5,7-三羟基花(色)苷,是一种多元酚,具有抗氧化性^[20]。面粉白度与面条感官评价指标色泽相关,白度值低,则面条色泽评分较低。为了制作营养保健红小豆超微粉面条,在面

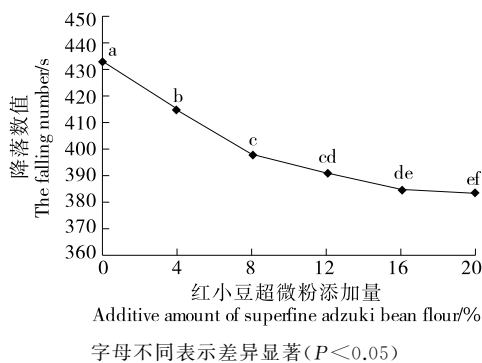


图2 红小豆超微粉添加量对面粉降落数值的影响

Figure 2 The effects of superfine adzuki bean flour on the falling number of flour

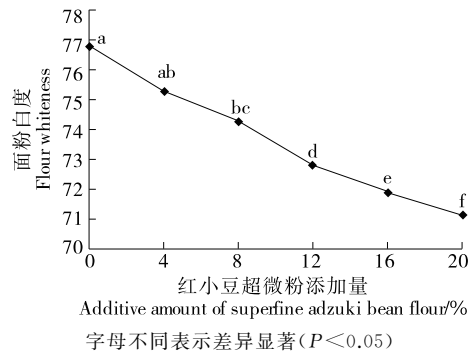


图3 红小豆超微粉添加量对面粉白度的影响

Figure 3 Effects of superfine adzuki bean flour on flour whiteness

条色泽可接受范围内,可以适当放宽红小豆超微粉对面粉白度及面条色泽的负面影响范围。

2.2 红小豆超微粉对鲜湿面条的影响

2.2.1 对面条质构的影响 由表4可知,随着红小豆超微粉添加量的增加,面条硬度呈显著增加趋势,可能是因为红小豆超微粉中蛋白质和膳食纤维含量高。当红小豆超微粉添加量为8%时,黏附性开始显著增加,是由于红小豆超微粉使面条组织结构疏松,增加了蒸煮损失。面条弹性先增加后下降,当红小豆超微粉添加量为8%时达最大值,说明适量添加红小豆超微粉能够增加面条的弹性,红小豆超微粉添加过度则由于面条太硬而失去弹性,具有一定弹性的面条口感更好。当红小豆超微粉添加量为16%时,内聚性显著下降。胶黏性和咀嚼性均呈先增加后下降趋势,当红小豆超微粉添加量为12%时达最大值,胶黏性在添加量为8%和12%时变化不显著,咀嚼性则变化显著。综上,当红小豆超微粉添加量为8%时,面条品质最好,添加量太多面条偏硬且弹性和咀嚼性偏小,面条口感差。

2.2.2 对面条蒸煮品质的影响 由表5可知,添加红小豆超微粉后,面条的吸水率在添加量为8%时显著降低,熟断条率为0,即无断条现象,蒸煮损失在添加量为8%时显著增加。粉质试验中,添加红小豆超微粉后,面团的吸水率增加,但是,红小豆超微粉的持水性不如小麦粉,从而导致所制作的面条吸水率下降。红小豆超微粉中的膳食纤维能够阻碍面筋形成,降低湿面筋含量,降低了面筋网络结构的稳定性^[21],从而导致面条中淀粉类物质在蒸煮时容易溶解,蒸煮损失率增加。

2.2.3 对面条感官品质的影响 由表6可知,添加红小豆超微粉后,面条色泽评分显著下降,这是由红小豆中花色素造成的,与面粉白度值下降结果一致。从消费者消费心理喜好程度分析,消费者更喜欢并接受消费白色的面条。随着红小豆超微粉添加量的增加,面条色泽逐渐变暗,当红小豆超微粉添加量为16%时,鲜湿面条色泽变

表 4 红小豆超微粉添加量对面条质构参数的影响[†]

Table 4 Effects of superfine adzuki bean flour on the texture parameters of noodles

添加量/%	硬度/N	黏附性/(N·mm)	弹性/mm	内聚性	胶黏性/N	咀嚼性/MJ
0	287.16±5.62 ^f	0.11±0.01 ^{ef}	0.97±0.01 ^f	0.71±0.01 ^{bc}	203.88±2.12 ^e	197.77±4.18 ^f
4	305.04±6.02 ^{de}	0.12±0.01 ^{de}	1.42±0.02 ^{cd}	0.73±0.02 ^a	222.68±2.62 ^e	316.20±6.25 ^c
8	311.21±6.12 ^d	0.13±0.01 ^d	1.67±0.03 ^a	0.72±0.01 ^{ab}	224.07±2.02 ^{ab}	374.20±6.02 ^a
12	326.07±6.31 ^{bc}	0.20±0.02 ^{ab}	1.46±0.02 ^b	0.70±0.02 ^{cd}	228.25±2.81 ^a	333.24±6.01 ^b
16	332.61±6.68 ^b	0.17±0.02 ^{bc}	1.43±0.02 ^{bc}	0.61±0.01 ^e	202.89±2.02 ^{ef}	290.14±5.68 ^d
20	358.33±7.42 ^a	0.22±0.02 ^a	1.32±0.02 ^e	0.60±0.01 ^{ef}	215.00±2.96 ^d	283.79±7.17 ^{de}

† 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

表 5 红小豆超微粉添加量对面条蒸煮品质的影响[†]

Table 5 Effects of superfine adzuki bean flour on the cooking quality of noodles

添加量	吸水率	熟断条率	蒸煮损失/%
0	105.4±1.3 ^a	0	6.2±0.1 ^{ef}
4	103.1±1.2 ^{ab}	0	6.3±0.1 ^e
8	101.2±1.2 ^{bc}	0	6.7±0.2 ^{cd}
12	95.7±1.1 ^d	0	7.0±0.3 ^{bc}
16	92.2±0.8 ^e	0	7.1±0.3 ^{ab}
20	88.1±0.7 ^f	0	7.8±0.4 ^a

† 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

得略暗,亮度一般;而红小豆超微粉添加量为 20%时,鲜湿面条色泽变得灰暗,亮度差。面条表观状态和光滑性下降,是由于红小豆超微粉对面团的组织结构具有一定负作用,从而导致面条的表观状态和光滑性下降。面条适口性和韧性先增加后下降,当红小豆超微粉添加为 8%时,适口性和韧性达到最大值,是由添加红小豆超微粉后面条变硬、弹性增加造成的,但是当面条过硬时,面条弹性下降,适口性和韧性反而下降^[22],与硬度和弹性变化结论一致。面条黏性在红小豆超微粉添加量为 8%时开始显著下降,与黏附性增加结论一致。面条食味在红小豆超微粉添加量为 8%时开始显著增加,是由于红小豆具有良好且独特的风味,并随其添加量增加而逐渐增加。面条感官总分在红小豆超微粉添加量为 12%时开始显著下

降,说明红小豆超微粉添加量<8%时,与纯面粉制作的面条在感官品质上无显著差异,当红小豆超微粉添加量为 12%时下降了 7.4%,下降幅度较小,容易被消费者接受;当红小豆超微粉添加量为 16%时下降了 12.4%,下降幅度较大,不易被消费者接受。SB/T 10137—93《面条用小麦粉》中,要求精制级小麦粉面条评分≥85 分,而试验采用特制一等粉,属于精制级小麦粉,要求面条的感官评定总分>85 分,当红小豆超微粉添加量>12%时不合格。综合考虑,红小豆超微粉适宜添加量为 8%~12%。

2.2.4 对面条感官品质的影响 由图 4 可知,添加红小豆超微粉比粗粉对面条感官品质的影响更小。当红小豆超微粉添加量<8%时,面条感官品质无显著下降,红小豆超微粉添加量为 12%时下降了 7.4%;当红小豆粗粉添加量为 4%时,面条感官品质开始显著下降,红小豆粗粉添加量为 12%时下降了 21.3%,比红小豆超微粉下降幅度多 13.9%,即红小豆粉添加量 12%时,红小豆超微粉面条比粗粉面条感官品质高 13.9%。田少君等^[23]研究发现,与添加原大豆渣相比,添加等量的超微粉碎大豆渣能够提高面条的品质。因此,类似含膳食纤维高的杂粮物料,超微粉碎是一种良好的品质改良技术,并能提高红小豆粉在面条中的添加量。

2.2.5 对面条中蛋白质、膳食纤维含量的影响 由图 5 可知,随着红小豆超微粉添加量的增加,蛋白质含量和膳食纤维含量显著增加,是由于红小豆超微粉中蛋白质和膳食纤维含量比面粉高。红小豆中蛋白质含量约为小麦

表 6 红小豆超微粉添加量对面条感官品质的影响[†]

Table 6 Effects of superfine adzuki bean flour on sensory quality of noodles

添加量/%	色泽	表观状态	适口性	韧性	黏性	光滑性	食味	总分
0	9.8±0.3 ^a	9.8±0.4 ^a	17.9±0.6 ^{bc}	23.2±0.8 ^{cd}	24.8±0.9 ^a	4.9±0.2 ^a	3.1±0.1 ^{ef}	93.5±2.8 ^a
4	8.1±0.3 ^b	9.2±0.3 ^{ab}	18.0±0.6 ^{ab}	24.3±0.8 ^{bc}	24.2±0.8 ^{ab}	4.8±0.2 ^{ab}	3.2±0.1 ^e	91.8±2.6 ^{ab}
8	7.2±0.2 ^c	9.0±0.3 ^{bc}	18.2±0.5 ^a	25.6±0.9 ^a	23.2±0.8 ^{bc}	4.6±0.2 ^{bc}	3.6±0.1 ^d	91.4±2.5 ^{abc}
12	6.5±0.2 ^d	8.1±0.2 ^d	16.4±0.5 ^d	25.2±0.9 ^{ab}	23.1±0.8 ^{cd}	4.2±0.1 ^d	4.0±0.2 ^{bc}	86.6±2.5 ^{cd}
16	6.1±0.1 ^e	7.5±0.2 ^e	15.1±0.4 ^e	22.1±0.6 ^{de}	22.8±0.7 ^{de}	4.1±0.1 ^{de}	4.2±0.2 ^b	81.9±2.3 ^{de}
20	5.5±0.1 ^f	7.1±0.1 ^f	14.2±0.4 ^f	20.2±0.5 ^f	22.6±0.7 ^{ef}	3.1±0.1 ^f	4.9±0.2 ^a	77.6±2.1 ^f

† 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

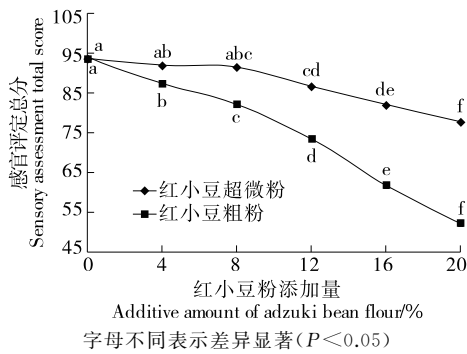


图4 红小豆超微粉与粗粉添加量对面条感官品质的影响

Figure 4 Effects of superfine adzuki bean flour and coarse flour on sensory quality of noodles

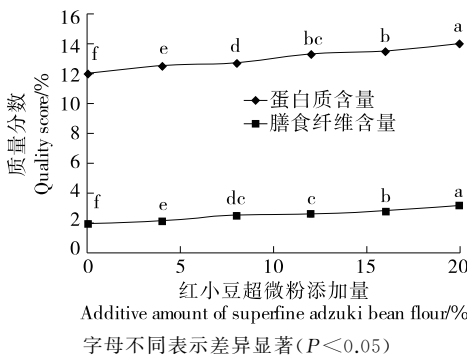


图5 红小豆超微粉添加量对面条中蛋白质、膳食纤维含量的影响

Figure 5 The effects of superfine adzuki bean flour on the protein and dietary fiber in noodles

粉的2倍,膳食纤维含量约为小麦粉的3倍,小麦粉蛋白质中赖氨酸含量为2.4%^[24],红小豆蛋白质中赖氨酸含量为8.1%^[25],WHO/FAO标准要求赖氨酸含量5.5%^[24],因此,小麦粉中赖氨酸含量达不到WHO/FAO标准要求,且为第一限制性氨基酸,而红小豆蛋白质中赖氨酸含量比WHO/FAO标准要求高出42.3%,可以有效弥补小麦粉中赖氨酸的不足。膳食纤维在营养学中被列为第七大营养素,对人体生理功能具有重要作用^[24],而面粉中膳食纤维含量较低,可以通过添加红小豆粉提高膳食纤维含量。当红小豆超微粉添加量为12%时,面条中蛋白质含量提高了10.1%,膳食纤维含量提高了31.8%。因此,通过向面粉中添加红小豆超微粉,可以提高面条中蛋白质、膳食纤维含量,提高面条的营养价值。

3 结论

从红小豆超微粉对面粉理化指标和鲜湿面条的质构、感官品质、营养价值综合考虑,红小豆超微粉适宜添加量为8%~12%。当红小豆超微粉添加量为12%时,面条中蛋白质含量提高了10.1%,膳食纤维含量提高了

31.8%,红小豆超微粉面条比粗粉面条品质提高了13.9%。红小豆经过超微粉碎后,降低了对面粉品质和鲜湿面条品质的负面影响,增加了红小豆粉的添加量,提高了小麦粉面条的营养价值。因此,建议应用面条改良剂技术及其他食品加工高新技术,进一步研究红小豆超微粉面条,提高面条中红小豆超微粉添加量,提高面条的营养价值。

参考文献

- [1] 于章龙,段欣,吴晓娟,等.红小豆功能特性及产品开发现状[J].食品工业科技,2011(1):360-363.
YU Z L, DUAN X, WU X J, et al. Research status of adzuki bean functional properties and product development[J]. Food Industry Science and Technology, 2011(1): 360-363.
- [2] 陆红梅.我国杂粮加工制品的发展现状及趋势[J].中国食物与营养,2012,18(1):20-21.
LU H M. The development status and trend of processed cereal products in my country[J]. China Food and Nutrition, 2012, 18(1): 20-21.
- [3] SATO S, MU K Y, YAMATE J, et al. Effect of polyphenol containing adzuki bean (*Vigna angularis*) extract on blood pressure elevation and macrophage infiltration in the heart and kidney of spontaneously hypertensive rats[J]. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2008, 35(1): 43-49.
- [4] 刘芳,范志红,刘波,等.红小豆-粳米混合食物的碳水化合物体外消化速度研究[J].中国食品学报,2007,7(2):42-46.
LIU F, FAN Z H, LIU B, et al. Study on in vitro carbohydrate digestion rate of adzuki bean-japonica rice mixed food[J]. Chinese Journal of Food Science, 2007, 7(2): 42-46.
- [5] 马瑞萍,任顺成.红小豆的保健功能及加工利用[J].粮食科技与经济,2012,37(3):36-37.
MA R P, REN S C. Health function and processing and utilization of adzuki bean[J]. Food Science and Technology and Economy, 2012, 37(3): 36-37.
- [6] 梁永海,李凤林,庄威,等.红小豆双歧杆菌发酵保健饮料生产工艺的研究[J].冷饮与速冻食品工业,2005,11(4):18-20.
LIANG Y H, LI F L, ZHUANG W, et al. Study on the production process of adzuki bean health beverage fermented by bifidobacterium[J]. Cold Drinks and Frozen Food Industry, 2005, 11(4): 18-20.
- [7] 姚虹,马建军.不同配比红小豆小麦复合粉对挂面品质的影响[J].食品科技,2017,42(11):182-196.
YAO H, MA J J. Effects of different proportions of adzuki bean and wheat composite flour on the quality of dried noodles[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(11): 182-196.
- [8] 程晶晶,王军,肖付刚.超微粉碎对红小豆全粉物化特性的影响[J].粮油食品科技,2016,24(3):13-16.
CHENG J J, WANG J, XIAO F G. Effect of ultrafine grinding on

- the physicochemical properties of adzuki bean whole powder[J]. *Cereals, Oils and Food Science and Technology*, 2016, 24(3): 13-16.
- [9] 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: 21-24.
- WANG N. Study on the effect of adding beans on the nutritional composition and quality of noodles[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2020: 21-24.
- [10] 李慧, 张美莉. 鲜湿杂豆面条的工艺优化研究[J]. *食品科技*, 2022, 45(11): 161-166.
- LI H, ZHANG M L. Research on process optimization of fresh wet mixed bean noodles[J]. *Food Science and Technology*, 2022, 45(11): 161-166.
- [11] 陈薇. 小麦麸皮膳食纤维制备、理化性质及应用研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2007: 8-13.
- CHEN W. Preparation, physicochemical properties and application of dietary fiber from wheat bran[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2007: 8-13.
- [12] 阴丽丽. 粉质曲线在面粉厂的应用[J]. *面粉通讯*, 2006(6): 29-31.
- YIN L L. Application of farinoid curve in flour mill[J]. *Flour Communications*, 2006(6): 29-31.
- [13] 汪周俊, 黄亮, 李爱科, 等. 绿豆—小麦混合粉加工特性及其挂面品质研究[J]. *粮油食品科技*, 2016, 24(5): 49-53.
- WANG Z J, HUANG L, LI A K, et al. Research on the processing characteristics of mung bean-wheat mixed flour and its noodle quality[J]. *Cereals, Oils and Food Science and Technology*, 2016, 24(5): 49-53.
- [14] 李浪. 小麦面粉品质改良与检测技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 186.
- LI L. Quality improvement and detection technology of wheat flour[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 186.
- [15] 张艳荣, 马宁鹤, 刘婷婷, 等. 香菇粉对干脆面团流变特性及其油脂含量和分布的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(10): 47-52.
- ZHANG Y R, MA N H, LIU T T, et al. Effect of micronized Shiitake powder on dough rheological properties and oil content and distribution of crisp instant noodles[J]. *Food Science*, 2020, 41(10): 47-52.
- [16] 范亭亭, 谢岩黎, 王晨. 黑豆粉对面团流变特性及面条品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019, 40(3): 20-25.
- FAN T T, XIE Y L, WANG C. Effects of black soybean flour on dough rheological properties and noodle quality[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2019, 40(3): 20-25.
- [17] 马栎. 全脂豆粉对面团流变学特性及面包品质的影响[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(2): 405-407.
- MA L. Effects of full-fat soybean flour on dough rheological properties and bread quality[J]. *Hubei Agricultural Science*, 2013, 52(2): 405-407.
- [18] 陶颜娟, 钱海峰, 朱科学, 等. 麦麸膳食纤维对面团流变学性质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2008, 23(6): 28-32.
- TAO Y J, QIAN H F, ZHU K X, et al. Effects of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough[J]. *Chinese Journal of Cereals and Oils*, 2008, 23(6): 28-32.
- [19] TAZRAT K, ZAIDI F, SALVADOR A, et al. Effect of broad bean (*Vicia faba*) addition on starch properties and texture of dry and fresh pasta[J]. *Food Chemistry*, 2019, 278: 476-481.
- [20] 金丽梅, 隋世有, 任梦雅, 等. 红小豆种皮色素提取及膜分离工艺研究[J]. *食品与机械*, 2021, 37(5): 149-155.
- JIN L M, SUI S Y, REN M Y, et al. Research on pigment extraction and membrane separation of adzuki bean seed coat[J]. *Food & Machinery*, 2021, 37(5): 149-155.
- [21] ARAVIND N, SISSONS M, EGAN N, et al. Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti[J]. *Food Chemistry*, 2012, 130(2): 299-309.
- [22] 赵延伟, 吕振磊, 王坤, 等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. *食品与机械*, 2011, 27(4): 25-29.
- ZHAO Y W, LU Z L, WANG K, et al. Research on the correlation between the texture and sensory evaluation of noodles[J]. *Food & Machinery*, 2011, 27(4): 25-29.
- [23] 田少君, 谢怡斐, 马燕, 等. 超微粉碎豆渣在面条中的应用研究[J]. *粮油食品科技*, 2014, 22(2): 22-25.
- TIAN S J, XIE Y F, MA Y, et al. Research on the application of ultrafine pulverized bean dregs in noodles [J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2014, 22(2): 22-25.
- [24] 葛可佑. 中国营养师培训教材[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 30.
- GE K Y. Chinese nutritionist training materials [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2019: 30.
- [25] 许馨予, 杨鸽隽, 贾斌, 等. 黑龙江省主栽红小豆蛋白质营养价值评价[J]. *中国粮油学报*, 2021, 36(5): 29-34.
- XU X Y, YANG H J, JIA B, et al. Evaluation of protein nutritional value of the main planted adzuki bean in Heilongjiang Province[J]. *Chinese Journal of Cereals and Oils*, 2021, 36(5): 29-34.