

挤压和超微粉碎对绿豆面条特性的影响

陈博睿, 付永霞, 侯殿志, 沈群*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院 植物蛋白与谷物加工北京市重点实验室
国家果蔬加工工程技术研究中心 北京 100083)

摘要 绿豆是亚洲人,特别是中国人经常食用的一种豆类,前期研究表明绿豆具有多种健康功效,然而其食用方法单一,限制了消费量的提升。本研究旨在开发绿豆含量高,加工品质及食用品质好的挂面。为探究粉碎、超微粉碎、挤压膨化 3 种预处理方式对绿豆添加量 4%~50%的面团品质的影响,采用快速黏度分析仪、混合实验仪和质构仪分别测定面粉的淀粉糊化特性、面团流变特性和质构特性。结果表明:超微粉碎和挤压膨化两种加工方式都能改善面条的品质。本研究拓展了绿豆的食用方法,为工业化绿豆挂面的生产提供了理论依据。

关键词 绿豆; 挤压膨化; 超微粉碎; 挂面; 食用品质

文章编号 1009-7848(2022)09-0136-09 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.09.014

挂面是以小麦粉为主要原料的中国传统面食,其加工制作简单,食用方便。绿豆是杂豆中产量较大的豆类,富含蛋白质、膳食纤维、矿物质、维生素等营养素,较多研究表明食用绿豆可改善高血糖症,高脂血症和高血压,预防癌症和黑色素生成,保肝和免疫调节活性的生理活性功能^[1]。近年来,随着糖尿病、肥胖等营养过剩疾病的不断增多,人们对健康需求越来越大。添加绿豆粉的挂面因营养丰富和具有保健功能而逐渐受到消费者的青睐。然而,绿豆中面筋蛋白含量较低,市场上的绿豆挂面普遍存在添加量低,口感粗糙,延展性差等品质问题^[2]。

挤压膨化和超微粉碎是两种新兴的食品加工技术,通常用于食品物料的改性。挤压膨化通过对绿豆中淀粉和蛋白质进行改性,改善绿豆面条的蒸煮品质和质构特性,从而提高绿豆粉的最大添加量^[3]。超微粉碎能够显著改变绿豆粉的微观结构,改变其理化性质和功能特性^[4]。本研究通过比较在小麦粉中加入绿豆生粉、绿豆熟粉、绿豆微粉的挂面品质,拓展绿豆的食用方法,以满足消费者的健康需求,为工业化绿豆挂面的生产提供理论依据。

收稿日期: 2021-09-23

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目
(2016YFD0401103)

作者简介: 陈博睿(1997—),男,硕士生

通信作者: 沈群 E-mail: shenqun@cau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 绿豆、师栾面粉(农科院加工所提供)。

1.1.2 仪器与设备 Mixolab 混合试验仪,法国肖邦公司;TX-XT2i 质构仪,美国稳定微系统公司;AR5120 电子精密天平,奥豪斯公司;Tecmaster 型快速黏度分析仪(Rapidly viscosity analyzer, RVA),澳大利亚新港科技仪器公司;LS-230 激光粒度分析仪,美国贝克曼库尔特有限公司;SLG30-IV 双螺杆挤压机,济南赛百诺科技开发有限公司;LHC 型正远粉体工程设备,潍坊正远粉体工程设备有限公司;JS14S 振动筛,浙江正泰电器股份有限公司;HL-2021 多功能食品粉碎机,上海浮菱电器有限公司;BD(E2)型热风循环烘箱, Binder 仪器公司。

1.2 试验方法

1.2.1 绿豆物理品质的测定

1.2.1.1 籽粒规格 参照《绿豆种质资源描述规范和数据标准》测定绿豆粒长和粒宽,随机抽取 10~20 颗成熟正常的豆粒,测每颗豆的长度,求其平均值,精确到 0.01 cm。

1.2.1.2 千粒质量 参照《绿豆种质资源描述规范和数据标准》测定绿豆自然水分百粒重方法。从种子中随机取样,每个 100 粒种子,用万分之一电子天平称其质量。重复测定 2 次,精确到 0.01 g。

1.2.1.3 硬实率测定 采用国家标准《绿豆》GB

10462-89。在绿豆种子中随机取样,拣去不完善颗粒,取出100粒种子,放置于35℃的温水中浸泡1h,去除沥干表面水分,再用滤纸吸去表面吸附的水分,与未浸泡的样品对比,种皮未发皱或体积不膨胀的颗粒,即为硬实粒。

1.2.2 绿豆化学成分测定 采用AACCC Method中的方法分别测定粗脂肪、粗蛋白质、粗纤维、灰分、水分、碳水化合物的含量利用差减法得到。

1.2.3 绿豆粉的处理

1.2.3.1 绿豆生粉 将绿豆用粉碎机进行粉碎,并用振动筛过80目筛。

1.2.3.2 绿豆熟粉 螺杆转速为280 r/min,前三区温度为60,90,120℃,入机含水量为17%,用电动搅拌机混合10~15 min,挤压完后粉碎并过80目筛。

1.2.3.3 绿豆微粉 用正远粉体工程设备对绿豆粉进行分级粉碎,所用级数为50级。

1.2.4 绿豆粉的淀粉糊化特性测定 称取3.0 g绿豆粉与面粉混合样品(水分含量14%为基准)加入25.0 mL蒸馏水配成淀粉悬浊液放入铝盒中,利用快速黏度分析仪进行测定。先在50℃平衡1 min,然后以12℃/min的速率升温至95℃,并在95℃保持2.5 min,再以相同的速率降温至50℃,并在此温度下保持2 min,搅拌桨的搅拌速率在前10 s为960 r/min,其余时间均为160 r/min,从而得到各个阶段的黏度数值。

1.2.5 面团流变学特性测定 仪器设定及操作:测试方案Chopin+;吸水率:60%;吸水率基准为14%(b14);输入面粉的水分含量,并加入所需的

面粉和蒸馏水。当参数达到预定值时,仪器自动复位扭矩并记录数据。

1.2.6 挂面蒸煮品质测定

1.2.6.1 最佳蒸煮时间 将10 g 10 cm长的挂面放入500 mL微沸水中,每隔30 s取样1次,迅速将样品置入0℃冰水中快速冷却,然后用透明直尺在玻璃片上压扁,观察面条内部的硬芯,当硬芯消失时样品所对应的煮面时间即为最佳蒸煮时间。

1.2.6.2 透光率 称取10 g挂面置于500 mL微沸水中,在最佳蒸煮时间下蒸煮。以蒸馏水为参照,用1 cm比色皿在620 nm波长处测定面汤的透光率。

1.2.7 挂面质构品质测定 取3根大约10 cm长的面条并排放置于测试平台,利用质构仪测定坚实度、黏着性和拉伸性。

1.3 数据的处理

每个试验均重复3次,利用IBM SPSS Statistics 26和Origin 2021进行数据统计分析,数据以平均值±标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 绿豆的基本组分

由表1可知,绿豆的营养成分含量为碳水化合物(59.21±0.09)%,蛋白质(24.86±0.04)%,脂肪(1.16±0.02)%,水分(10.78±0.08)%,灰分(2.98±0.02)%,粗纤维(3.59±0.09)%。该品种与黄梦迪测量的22个品种相比,碳水化合物的含量偏低,而蛋白质和脂肪含量较高^[5]。

表1 绿豆的基本营养成分

Table 1 The basic nutrients of mung bean

成分	碳水化合物	蛋白质	脂肪	水分	灰分	粗纤维
含量/g·(100 g) ⁻¹	59.21 ± 0.09	24.86 ± 0.04	1.16 ± 0.02	10.78 ± 0.08	2.98 ± 0.02	3.59 ± 0.09

2.2 绿豆的物理品质

绿豆的平均长度和平均宽度为(0.486±0.09) cm和(0.405±0.02) cm,百粒重为(6.439±0.01) g,硬实率为(24.34±0.03)%,这些指标与黄梦迪测量的22个绿豆品种的结果相差不大^[5]。经粒径仪的测定显示,3种绿豆粉的粒径分别为绿豆生粉10~

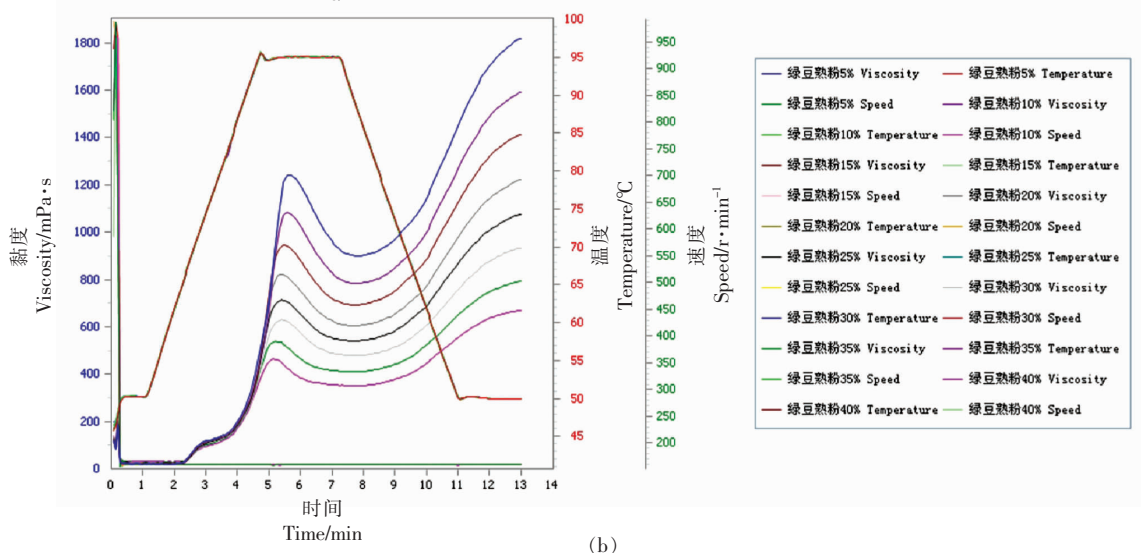
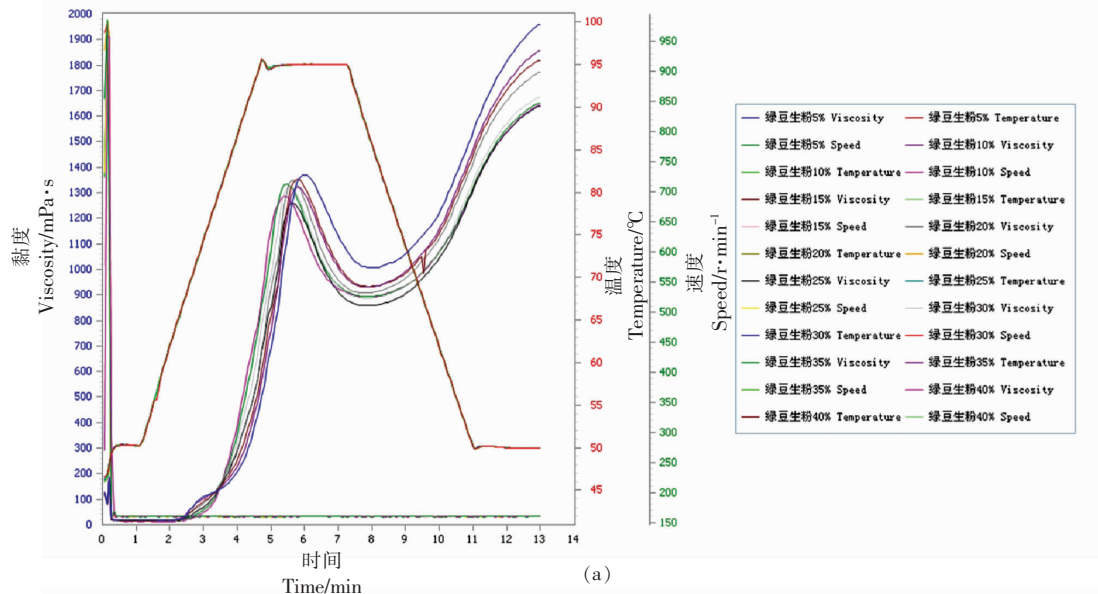
250 μm,绿豆微粉5~60 μm,绿豆熟粉50~600 μm。相对于普通粉碎,超微粉碎能够显著降低绿豆粉的粒径和粒径分布范围;而挤压的结果则相反,这可能是因为形成的淀粉凝胶使颗粒彼此交联,导致粒径增加,而粒径的大小对面团的形成、面制品的蒸煮、质构和感官品质有显著影响^[6]。

2.3 绿豆的淀粉糊化特性

由表2可以看出,峰值黏度、崩解值、回生值和糊化温度皆随着绿豆粉的增加而降低。淀粉充分吸水膨胀后,颗粒之间相互摩擦使黏度增大,峰值黏度能够反映淀粉的膨胀能力。淀粉膨胀得越充分,其糊化程度越高^[7]。绿豆生粉糊化温度越高代表淀粉颗粒的晶体结构越完整,淀粉颗粒越不易被破坏^[8]。图1显示,面条中绿豆生粉和绿豆超微粉的增加会使糊化温度降低。而绿豆挤压粉的增加对糊化温度没有影响,这可能是挤压使淀粉的圆形结构消失而变得结构疏松,不易糊化^[3]。

回生值是指最终黏度与低谷黏度之间的差值,主要反映淀粉老化能力和糊化的热稳定性,与

淀粉糊化的凝胶强度呈正相关,回生值越大,在一定程度上表明淀粉越易老化^[9]。由表2可知,绿豆熟粉含量的增加能够显著降低淀粉的回生值,使面粉不易老化。崩解值是峰值黏度和低谷黏度之间的差值,可以衡量膨胀之后的淀粉颗粒被破坏的难易程度,反映淀粉在加热搅拌过程中抵抗机械剪切的能力。崩解值越大,抗剪切力越强^[9]。淀粉崩解值随绿豆粉含量的增加而降低,说明绿豆粉的增加可以增强混合面粉中淀粉的抗剪切力,这可能是因为绿豆淀粉分子形成凝胶的三维网状结构更为牢固。绿豆熟粉的加入会使抗剪切力增强,这可能是因为挤压膨化处理使淀粉结构由椭圆状变为片状,颗粒之间结合更为紧密。



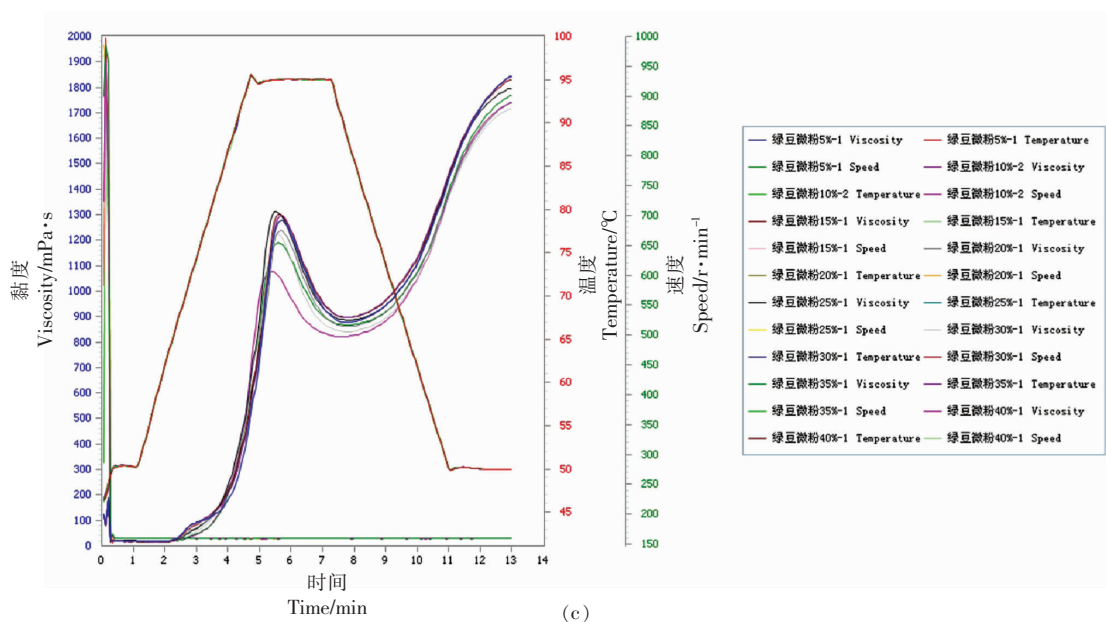


图 1 添加 5%~40%绿豆的面粉淀粉糊化特性曲线

Fig.1 Starch gelatinization curves of flour with 5%–40% mung bean

2.4 绿豆面团流变特性

面团形成过程中的流变性能对于食品加工及其产品品质至关重要,利用 Mixolab 混合实验仪能够模拟面粉加水混合形成面团、面团加热糊化以及冷却过程面团流变特性变化,预测面团质量^[10]。由图 2 可以看出,随着绿豆粉含量的添加,3 种绿豆粉的曲线趋势越来越偏离小麦粉曲线,添加绿豆熟粉和绿豆微粉的面团流变特性曲线较为相似,与小麦粉偏离的较少,而添加绿豆熟粉偏离的较多。

混合实验仪力矩曲线的 C1、C2 主要反映面粉中蛋白组分的特性^[11]。第一阶段主要反映面粉与水混合过程中的力矩,由图 2 可以看出随着面团与水的混合,力矩不断增加,直到 C1 点达到最高值,C1 点代表面团的吸水率,面团中绿豆粉含量的增加对吸水率影响不大。稳定时间是指达到 C1 时所需的时间,能够表示面团的耐揉性和筋力。稳定时间越长,面团筋力越高,耐揉性越好。由表 3 可以看出,随着 3 种处理的绿豆粉含量的升高,稳定时间都有不同程度的下降,其中绿豆熟粉在添加到 30% 时,出现了显著下降,而绿豆微粉取代小麦粉的混合面团的稳定时间下降幅度不大。

在第二阶段,随着机械搅拌力和温度的双重

增加,面团网络结构弱化,力矩不断降低,在 C2 点达到最低值,C2 能够反映面团蛋白的弱化度,下降的斜率代表弱化的速率^[11]。类似地,由表 3 可以看出,3 种处理的绿豆粉含量降低了面团蛋白网络结构的弱化度,这可能是由于绿豆粉中的粗纤维和非面筋蛋白取代了部分小麦粉中的面筋蛋白所致^[1]。然而,在相同的添加量下,相比于绿豆熟粉,绿豆微粉减少了 C2 降低的幅度,这可能是因为超微粉碎技术增加了面粉的孔隙,导致了吸水能力的增加,通过氢键增加了与蛋白质之间的相互作用^[12]。有研究者认为,当 C2 小于 0.4 Nm 时,蛋白质的网络结构强度不足会导致面团的质量较差,甚至难以成形^[11]。因此,从这个角度来讲,15% 绿豆熟粉和 20% 绿豆微粉是最佳的取用量。

糊化参数 C3、C4、C5 反映面团中淀粉组分的特性,分别代表淀粉糊化特性、淀粉糊化热稳定性、冷却过程淀粉糊化凝胶的回生性^[11]。从表 3 可知,相比于小麦粉中,绿豆粉的蛋白和粗纤维含量更高,所以绿豆粉的添加会降低面粉中的淀粉含量。回生值表示面粉糊化逐渐冷却时,淀粉之间重聚合的黏度增加值,反映淀粉的老化程度。回生值越大,淀粉凝胶性越强,越易回生^[13]。由表 3 可知,绿豆粉的增加导致了绿豆面团中淀粉回生值的下

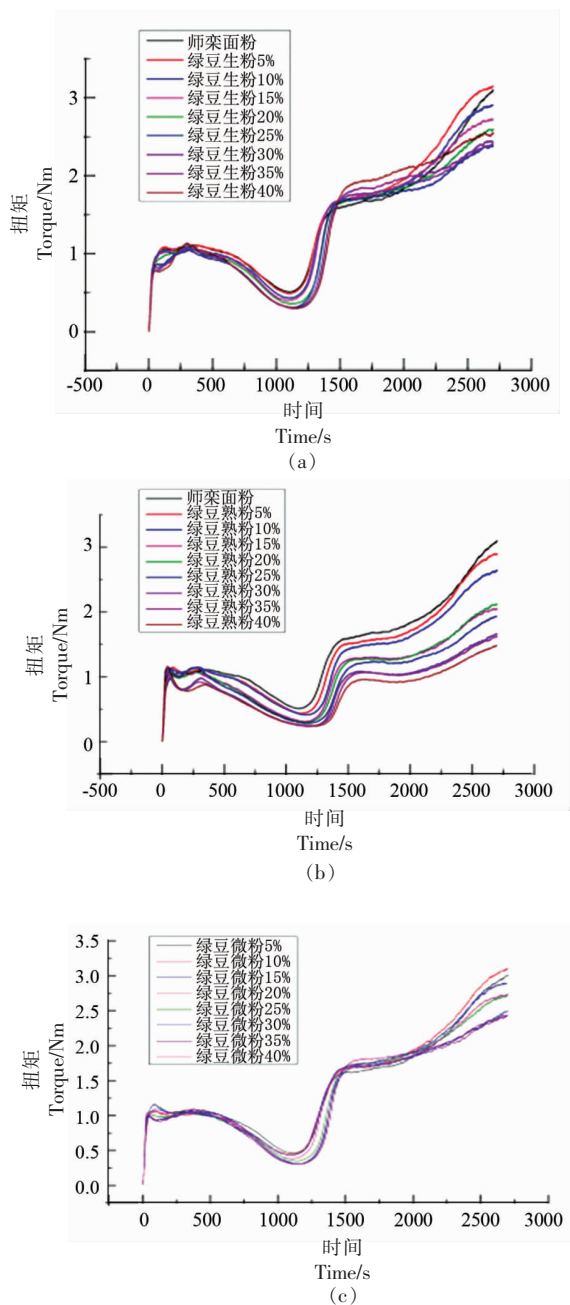


图2 添加5%~40%绿豆的面团混合实验仪曲线
Fig.2 Mixolab system curve of dough with 5%~40% mung bean

降,使淀粉不易回生,降低淀粉的降解速率能够延长面条的保质期,这与表2的RVA结果一致。

总体来说,相比于师栾面条,绿豆粉的加入会减弱面团的蛋白质弱化度、淀粉糊化特性、淀粉热稳定性、稳定时间等流变特性。超微粉碎通过减少绿豆粉的粒径,使其更容易分散到小麦粉中^[4]。因此,加入绿豆微粉的面团其面团流变特性相比于

绿豆生粉有明显的改善,蛋白质网络结构更强。挤压对绿豆粉的淀粉影响较大。高温高压使绿豆淀粉和非淀粉成分聚合度增加,阻碍了淀粉之间的重聚集,使面团不易老化^[14]。

2.5 绿豆挂面的蒸煮品质

了解绿豆粉的加入对面团的影响之后,进一步对绿豆挂面的蒸煮品质和质构特性进行评价。最佳蒸煮时间能够反映面条吸水速度的快慢以及面条内部淀粉糊化的难易程度^[15]。总体来说,绿豆粉的加入会使面条的最佳蒸煮时间减少,这可能是因为面筋蛋白的减少使面条更易熟化。挤压后的绿豆粉效果更为明显,这可能是因为挤压膨化时的高温高压使淀粉分子发生剧烈振动,产生糊化,蛋白质结构更加松散^[16]。

挂面面汤透光率和蒸煮损失率呈正相关,面条的蒸煮损失主要是因为面条表面结合疏松的糊化淀粉溶解造成的。绿豆微粉含量增加,能够显著提高挂面的透光率,说明超微粉碎能够很好的降低绿豆挂面的蒸煮损失率,这可能是因为超微粉碎使淀粉颗粒破碎,增加了亲水基团的暴露,从而使糊化颗粒更紧密,不易溶出。

2.6 绿豆挂面的质构品质

挂面的质构品质可以通过拉伸性、黏着性和坚实度表示^[14]。拉伸性跟面条的品质呈正相关,面条的拉伸性能是面条抗断强度的衡量指标,反映了面条凝胶网络的强度^[15]。由图4可以看出,绿豆生粉和绿豆微粉的加入增加了面条的拉伸性,绿豆熟粉的加入使面条的黏着性和坚实度显著上升。这可能是由于绿豆中蛋白含量较高,且含一定的多糖,从而与面粉蛋白之间形成一定的网络结构,增强了面条的延展性。众多研究表明,谷物蛋白在挤压的过程中受到了热效应和剪切效应,会使蛋白质结构保持稳定的二级、三级和四级结构发生破坏,导致面条拉伸性下降,这与本研究的结果一致^[16]。坚实度是面条抗形变能力的衡量指标。挤压使坚实度增加可能是因为淀粉凝胶的增加,使面条硬度增大。

3 结论

绿豆中含有丰富的活性物质^[1],但由于绿豆缺乏面筋蛋白且含有较多的粗纤维会使面条的感官

表 2 添加 5%~40%绿豆的面粉淀粉糊化特性

Table 2 Starch gelatinization of flour with 5%~40% mung bean

添加/ %	峰值黏度/mPa·s		低谷黏度/mPa·s		最终黏度/mPa·s		崩解值/mPa·s		回生值/mlPa·s		糊化时间/mlPa·s		糊化温度/mlPa·s								
	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉							
5	1.369	1.278	1.241	1.006	878	900	1.959	1.845	1.818	363	400	341	953	967	918	6	5.67	5.67	88.3	86.8	88.4
10	1.322	1.289	1.084	930	892	784	1.855	1.845	1.590	392	397	300	925	953	806	5.8	5.67	5.6	86.75	86.7	88.3
15	1.352	1.299	945	932	898	693	1.819	1.830	1.410	420	401	252	887	932	717	5.8	5.6	5.47	85.05	85.8	88.4
20	1.350	1.238	823	907	862	605	1.770	1.740	1.220	443	376	218	863	878	615	5.67	5.67	5.4	81.7	85.9	89.1
25	1.260	1.311	713	858	885	540	1.638	1.796	1.074	402	426	173	780	911	534	5.67	5.53	5.4	81.75	84.1	88.3
30	1.325	1.223	630	886	841	478	1.673	1.715	933	439	382	152	787	874	455	5.53	5.53	5.4	78.45	84.2	90.1
35	1.334	1.190	538	893	867	409	1.651	1.768	791	441	323	129	758	901	382	5.6	5.6	5.2	78.5	84.2	88.5
40	1.286	1.077	464	893	821	350	1.644	1.738	669	393	256	114	751	917	319	5.4	5.4	5.13	78.45	83.4	88.3

表 3 添加 5%~40%绿豆的面团混合实验仪特征值

Table 3 Mixolab system parameter of the dough with 5%~40% mung bean

添加量 /%	C1/Nm		C2/Nm		C5/Nm		幅度/Nm		稳定时间/min			
	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉	生粉	熟粉		
5	1.11	1.09	0.49	0.47	3.152	3.017	2.9	0.08	0.09	10.4	10.25	8.22
10	1.06	1.07	0.43	0.44	2.907	3.105	2.649	0.06	0.07	10.45	10.32	7.9
15	1.07	1.17	0.4	0.43	2.718	2.898	2.054	0.09	0.08	9.75	8.9	6.85
20	1.09	1.06	0.35	0.38	2.6	2.748	2.125	0.1	0.08	8.03	9.97	7.02
25	1.05	1.06	0.31	0.35	2.384	2.716	1.936	0.08	0.09	6.17	9.33	6.08
30	1.08	1.06	0.3	0.31	2.437	2.504	1.65	0.07	0.07	6.3	9.95	1.02
35	1.13	1.06	0.29	0.3	2.403	2.423	1.63	0.09	0.09	5.38	9.83	1.03
40	1.14	1.09	0.3	0.31	2.55	2.429	1.48	0.09	0.05	5.2	9.95	0.82

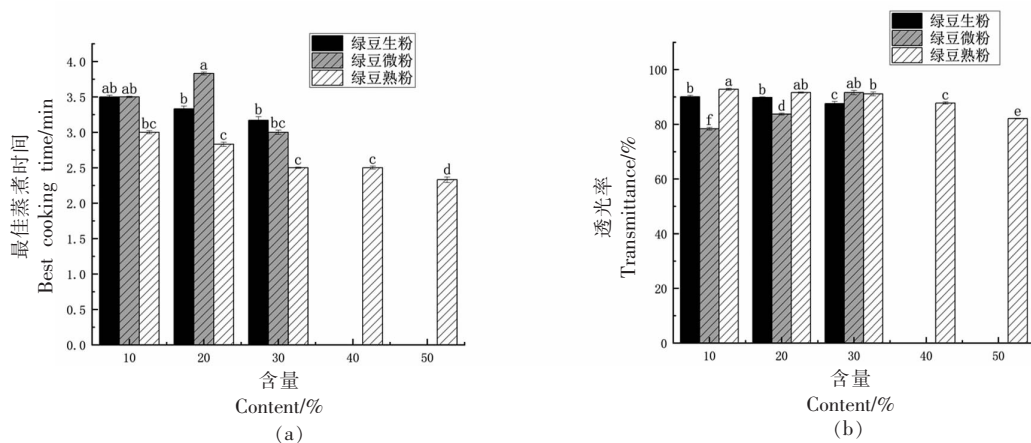


图3 添加5%~40%绿豆粉的面条蒸煮品质

Fig.3 Cooking quality of noodles with 5%–40% mung bean flour

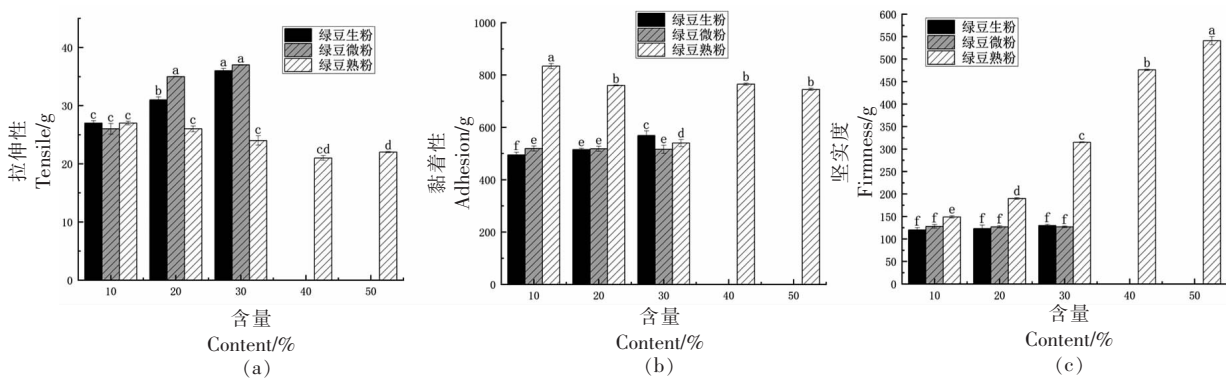


图4 添加5%~40%绿豆粉的面条质构品质

Fig.4 Texture quality of noodles with 5%–40% mung bean flour

品质下降,淀粉和蛋白质的结构和性质在面条的形成过程中起着决定性作用。本试验利用挤压膨化和超微粉碎两种技术对绿豆粉进行处理,与小麦粉混合制成杂粮面条。采用快速黏度分析仪、混合实验仪、质构仪对其进行分析,超微粉碎和挤压都能改善绿豆面条的淀粉糊化特性、蒸煮品质和质构特性。超微粉碎主要降低绿豆粉的粒径和粒径范围,间接影响了蛋白网络结构而改善面条的蛋白弱化度和拉伸性^[4]。挤压膨化通过高温高压影响淀粉糊化特性、淀粉稳定性,改善面条的回生值、蒸煮损失率、黏着性和坚实度。该试验结果说明挤压膨化和超微粉碎能够提高挂面中绿豆粉的添加量,这扩展了绿豆的食用方法,也为其它杂粮、杂豆的开发利用提供了一定的参考,为多谷物混合粉挂面的工业生产提供了理论依据。

参 考 文 献

- [1] HOU D, YOUSAF L, XUE Y, et al. Mung bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits[J]. *Nutrients*, 2019, 11(6): 1238.
- [2] 刘锐, 邢亚楠, 孙君茂, 等. 杂粮挂面的市场供给与消费群体[J]. *食品工业*, 2019, 40(11): 170–174. LIU R, XING Y N, SUN J M, et al. Market supply and consumer groups of dried coarse cereals noodles[J]. *The Food Industry*, 2019, 40(11): 170–174.
- [3] 刘畅, 孟倩楠, 刘晓飞, 等. 挤压膨化技术及其应用研究进展[J]. *饲料研究*, 2021, 44(4): 137–140. LIU C, MENG Q N, LIU X F, et al. Advances in the application of extrusion technology in feed industry[J]. *Feed Research*, 2021, 44(4): 137–140.
- [4] 王博, 姚轶俊, 李枝芳, 等. 超微粉碎对4种杂粮粉

- 理化性质及功能特性的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(19): 111-117.
- WANG B, YAO Y J, LI Z F, et al. Effect of superfine grinding on physicochemical properties and functional properties of four kinds of coarse cereals [J]. Food Science, 2020, 41(19): 111-117.
- [5] 黄梦迪. 不同品种绿豆及其豆芽品质研究与评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2020.
- HUANG M D. Research and evaluation on quality of different varieties of mung bean and spouts[D]. Yangling: Northwest University of Agriculture and Forestry, 2020.
- [6] 谢芳, 丁丽, 黄强, 等. 粒径和面筋蛋白含量对面条中淀粉体外消化性的影响[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(1): 96-102.
- XIE F, DING L, HUANG Q, et al. Effects of particle size and gluten content on starch digestibility of noodles in vitro [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(1): 96-102.
- [7] 黎欢, 王蓉蓉, 刘洁, 等. 不同亲水胶体对百合淀粉糊化及流变学特性的影响[J]. 中国食品学报, 2021, 21(5): 57-66.
- LI H, WANG R R, LIU J, et al. Effects of different hydrocolloids on gelatinization and rheological properties of starch from liliun bulbs[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(5): 57-66.
- [8] XU F, LIU W, LIU Q, et al. Pasting, thermo, and Mixolab thermomechanical properties of potato starch-wheat gluten composite systems[J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(5): 2279-2287.
- [9] 代任任, 李文钊, 刘亚平, 等. 羟丙基木薯淀粉对糯米混粉特性及年糕品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(4): 59-64.
- DAI R R, LI W Z, LIU Y P, et al. Effect of hydroxypropyl tapioca starch on glutinous rice flour blending characteristics and rice cake quality [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(4): 59-64.
- [10] GUJRAL H S, SHARMA B, SINGH K. Rheological characterization of wheat flour as modified by adding barley glucagel (a β -glucan isolate) under thermo-mechanical stress using Mixolab[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021, 15(1): 228-236.
- [11] COTOVANU I, MIRONEASA S. Buckwheat Seeds: Impact of Milling Fractions and Addition Level on Wheat Bread Dough Rheology[J]. Applied Sciences, 2021, 11(4): 1731.
- [12] 程佳钰, 高利, 汤晓智. 超微粉碎对于苦荞面条品质特性的影响[J]. 食品科学, 2020, 42(15): 99-105.
- CHENG J Y, GAO L, TANG X Z. Effect of ultra-fine grinding on the quality of tartary buckwheat noodles[J]. Food Science, 2020, 42(15): 99-105.
- [13] 杨宇, 方丝云, 高嘉星, 等. 添加猴头菇粉对面团流变学特性及挂面品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(3): 17-20.
- YANG Y, FANG S Y, GAO J X, et al. Effects of Hericium erinaceus powder on rheological properties of dough and quality of noodle[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(3): 17-20.
- [14] 张乐道, 吕俊丽, 李俊芳, 等. 加水温度和蒸制时间对莜麦面水分状态和质构特性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(12): 19-23.
- ZHANG L D, LV J L, LI J F, et al. Effects of water temperature and steaming time on water state and textural characteristics of naked oats noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(12): 19-23.
- [15] 闫美姣, 李云龙, 李红梅, 等. 高杂粮含量面条制作的工艺优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(11): 188-195.
- YAN M J, LI Y L, LI H M, et al. Optimization of processing technology of noodle with high content coarse grains[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(11): 188-195.
- [16] 刘宗浩, 张高鹏, 孙立娜, 等. 挤压对谷物蛋白的微观结构和功能特性影响的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(6): 158-165.
- LIU Z H, ZHANG G P, SUN L N, et al. Effects of microstructure and functional properties of cereal proteins by extrusion[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(6): 158-165.

Effects of Extrusion and Superfine Grinding on the Characteristics of Mung Bean Noodles

Chen Borui, Fu Yongxia, Hou Dianzhi, Shen Qun*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University,
Beijing Key Laboratory of Plant Protein and Cereals Processing, National Engineering Research Centre for Fruits
and Vegetables Processing, Beijing 100083)

Abstract Mung bean is a kind of legume that is often eaten in Asian, especially Chinese. Previous studies have shown that mung bean has a variety of health benefits. However, the single method of mung bean consumption limits the increase in its consumption. This research aims to develop dried noodles with high mung bean content, good processing quality and good edible quality. In order to explore the impact of three pretreatment methods of crushing, superfine crushing, and extrusion on the quality of mung bean dough with an added amount of 4%~50%, rapidly viscosity analyzer, the mixing tester and the texture analyzer were used to measure the starch gelatinization characteristics, dough rheological characteristics and texture characteristics of flour, respectively. The results show that superfine pulverization and extrusion can improve the quality of noodles. This research expands the edible method of mung bean and provides a theoretical basis for the production of industrialized mung bean noodles.

Keywords mung bean; extrusion puffing; superfine grinding; dried noodles; edible quality