

豆粉对小麦粉粉质特性和糊化特性的影响

Effects of different soybean powder on farinograph and gelatinization characteristics of wheat flour

石晶红 郭淑文 李云玲 朱效兵

SHI Jing-hong GUO Shu-wen LI Yun-ling ZHU Xiao-bing

(河套学院农学系, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

(Agronomy Inner Department of Hetao College, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China)

摘要:将豆粉和小麦粉按不同比例混合,采用 Mixolab 混合实验仪和快速黏度分析仪分析不同豆粉对小麦粉粉质及糊化特性的影响。结果表明:随着豆粉添加量的增加,面团的稳定时间和形成时间减少,面团蛋白弱化度增大,峰值黏度、低谷黏度、最终黏度、回生值不断减小;C2 值、峰值黏度、低谷黏度、最终黏度、糊化温度和糊化时间与 5 种豆粉添加量显著负相关($P < 0.05$)。其中,绿豆粉对小麦粉的粉质特性影响较大,黄豆粉和黑豆粉对小麦粉的糊化特性影响较大。

关键词:豆粉;粉质特性;糊化特性

Abstract: The soybean powder and wheat powder were mixed in different proportions, and the effect of different soybean powder on the farinograph and gelatinization characteristics of wheat powder were analyzed using Mixolab hybrid experiment instrument and rapid viscosity analyzer. The result showed that as the amount of soybean powder added increased, the stabilization time and formation time of the dough reduced, the weakening degree of dough protein increased, and peak viscosity, the trough viscosity, final viscosity, and regenerative value continued to decrease. The C2 value, peak viscosity, trough viscosity, final viscosity, gelatinization temperature and gelatinization time were significantly negatively correlated ($P < 0.05$) with the addition amount of the five kinds of soybean powder. Among the five types of soybean powder, mung bean powder had a greater influence on the farinograph characteristics of wheat powder, while soybean powder and black bean powder had a greater influence on the gelatinization characteristics of wheat powder.

Keywords: soybean powder; farinograph characteristics; gelatinization characteristics

基金项目:内蒙古自治区科技计划项目(编号:20200203);河套学院重点项目(编号:HYZZ201928)

作者简介:石晶红(1979—),女,河套学院副教授,硕士。

E-mail: shijinghong172@163.com

收稿日期:2020-05-29

豆类是优质蛋白、膳食纤维、矿物质等营养素的重要来源,在人类饮食中占有重要地位^[1]。将豆类中的蛋白、膳食纤维等营养成分添加到各类传统食品中^[2],可以改善传统食品的营养价值。豆类富含膳食纤维和抗性淀粉^[3],高纤维膳食可以阻碍人体对葡萄糖的吸收,不仅有助于糖尿病患者控制血糖,还可以降低心脑血管疾病、消化道疾病和糖尿病等慢性疾病的发病率^[4-5]。

李俊华等^[6-8]研究了大豆粉、黑豆粉、豌豆粉对小麦粉粉质特性的影响,但未系统研究其对小麦粉糊化特性的影响。姚红等^[9]研究了不同配比红小豆小麦复合粉对挂面品质的影响,但未研究红小豆对小麦粉粉质特性和糊化特性的影响。而以 5 种豆粉为原料对比研究其对小麦粉粉质和糊化特性的影响尚未见报道。试验拟将 5 种豆粉分别添加到小麦粉中,分析对比不同豆粉添加量对小麦粉粉质特性及糊化特性的影响,以期了解不同原料对小麦粉特性的影响情况,为综合利用豆类资源研发和加工营养价值高的面制品提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

河套雪多用途小麦粉:内蒙古恒丰食品工业股份有限公司;

黑豆、黄豆、绿豆、红小豆和豌豆:当年收获的新鲜籽粒,黑豆、黄豆和红小豆的产地为内蒙古赤峰市,豌豆和绿豆的产地为内蒙古呼和浩特市。

1.2 仪器与设备

高速多功能食品粉碎机:JP-300B 型,永康市久品工贸有限公司;

混合实验仪:Mixolab 型,法国肖邦公司;

快速黏度分析仪:Tecmaster 型,澳大利亚 Newport-Scientific 公司;

精密电子天平:ALC-110.4 型,赛多利斯科学仪器

(北京)有限公司;

热风循环烘箱: BD(E2)型,德国 Binder 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 豆粉原粉的制备 将黑豆、黄豆、绿豆、红小豆和豌豆去除杂质,用多功能食品粉碎机粉碎并过 80 目筛,得豆粉。

1.3.2 基础营养成分测定

- (1) 水分:按 GB/T 5009.3—2016 执行。
- (2) 灰分:按 GB 5009.4—2016 执行。
- (3) 蛋白质:按 GB/T 5009.5—2016 执行。
- (4) 脂肪:按 GB 5009.6—2016 执行。

1.3.3 豆粉对小麦粉粉质特性的影响 将豆粉和小麦粉混合均匀,配成豆粉添加量分别为 0%,10%,20%,30%,40%的混合粉,采用 Mixolab 混合实验仪测定小麦粉的各个指标^[10]。

1.3.4 豆粉对小麦粉糊化特性的影响 将豆粉和小麦粉混合均匀,配成豆粉添加量分别为 0%,10%,20%,30%,40%的混合粉,采用快速黏度分析仪,按 AACC-76-21 的方法测定。

1.3.5 数据处理 所有试验平行 3 次,采用 Excel 软件作图,利用 SPSS 13.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 豆粉的营养成分

由表 1 可知,5 种豆粉中蛋白含量均>20%,其中黄豆粉和黑豆粉中的蛋白质和脂肪含量高于其他 3 种豆粉。

2.2 豆粉添加量对小麦粉粉质特性的影响

2.2.1 对面团吸水率的影响 由图 1 可知,添加黄豆粉和黑豆粉的面团吸水率随豆粉添加量的增大逐渐增加,与李俊华^[6]、范亭亭等^[7]的研究一致,是因为大豆蛋白吸水能力强于面筋蛋白,同时由于添加豆粉使面团中蛋白质含量提高,因而面团吸水率上升^[11],也可能是由于大豆淀粉水结合能力高于小麦淀粉。添加绿豆粉和豌豆粉的面团吸水率随豆粉添加量的增大先增加后降低,当豆粉添加量为 10%时,吸水率达最大值,与庞慧敏等^[12]、江

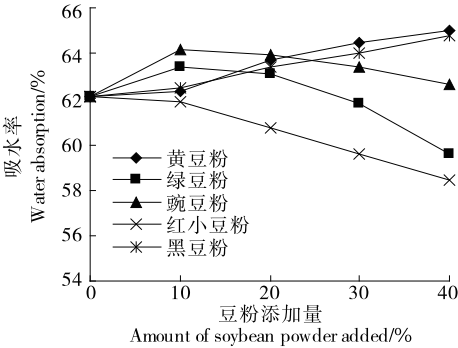


图 1 豆粉添加量对小麦粉吸水率的影响

Figure 1 Effect of soybean powder addition on water absorption rate of wheat powder

洋^[8]的研究一致,可能是绿豆粉和豌豆粉中淀粉破损率较高而使面团的吸水率增加;面筋蛋白含量随豆粉添加量的增加逐渐减少,从而使面团吸水率降低。添加红小豆粉的面团吸水率随豆粉添加量的增大逐渐降低,可能是红小豆蛋白吸水能力低于面筋蛋白所致。

2.2.2 对面团形成时间的影响 由图 2 可知,添加 5 种豆粉后面团形成的时间变化整体呈下降趋势,与范亭亭等^[7]、汪周俊等^[13]的研究一致,说明添加豆粉对面筋结构有破坏或稀释作用,导致面筋含量减少,故形成时间缩短。当豆粉添加量为 10%时,添加黄豆粉和黑豆粉的面团形成时间均在 5 min 以上,多于其他 3 种豆粉,可能与这两种豆粉中含有的脂肪氧化酶可将面筋蛋白中的巯基氧化成二硫键,强化了面筋蛋白的三维结构有关^[14-15]。

2.2.3 对稳定时间的影响 由图 3 可知,添加黄豆粉和黑豆粉的面团稳定时间随豆粉添加量的增大先增加后缩短,与范亭亭等^[7]、李俊华^[6]的研究结果一致;当豆粉添加量为 10%时,面团稳定时间达最大值,可能是由于黄豆粉中脂肪氧化酶将面筋蛋白中的巯基转变为二硫键,增强了面团的筋力,使面团稳定时间增加,但这两种豆粉中不含面筋蛋白,添加量过大,豆粉中的蛋白质对面筋蛋白

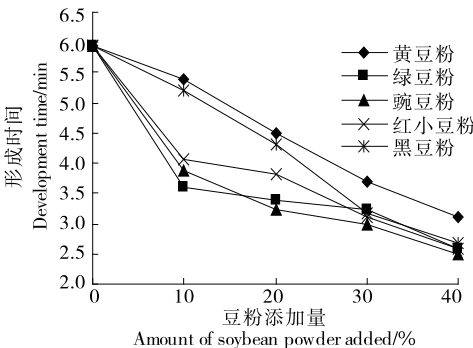


图 2 豆粉添加量对小麦粉形成时间的影响

Figure 2 Effect of soybean powder addition on development time of wheat powder

表 1 5 种豆粉的基本营养成分

Table 1 Basic nutrients of the five kinds of soybean powder

种类	水分	灰分	蛋白质	脂肪
黄豆	9.78±0.12	4.59±0.02	39.75±0.23	20.17±0.17
黑豆	8.26±0.23	4.33±0.05	38.48±0.16	17.85±0.12
绿豆	11.35±0.21	3.30±0.03	23.59±0.20	1.28±0.01
豌豆	12.44±0.15	3.73±0.09	23.80±0.18	1.47±0.02
红小豆	12.72±0.17	3.12±0.07	22.93±0.21	1.15±0.02

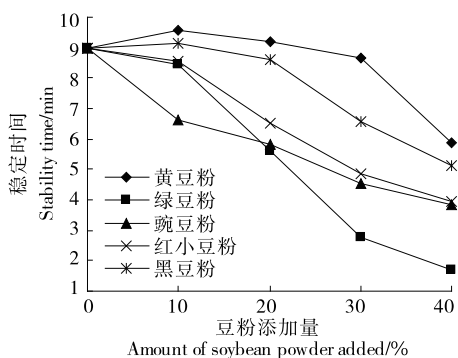


图 3 豆粉添加量对小麦粉稳定时间的影响

Figure 3 Effect of soybean powder addition on stability time of wheat powder

有稀释作用从而导致其筋力下降,面团稳定时间缩短^[6]。其余3种豆粉面团的稳定时间变化整体呈下降趋势,与汪周俊等^[13]、江洋^[8]的研究结果一致,是因为这3种豆粉缺乏面筋蛋白,小麦粉中的面筋含量随豆粉的添加不断减小,使得面团的耐搅拌能力降低。

2.2.4 对面团蛋白弱化度的影响 由图4可知,5种豆粉的蛋白弱化度曲线均呈降低趋势,其中黄豆粉的下降低幅度比较小,绿豆粉和红小豆粉的下降低幅度较大。说明添加豆后面团的弱化度变大,与屈小燕^[11]、汪周俊等^[13]的研究一致,面筋越弱,面团越黏,其弹性也就越差,面团的加工性变差,可能是由于5种豆粉不含面筋蛋白,添加了豆粉不同程度地稀释了小麦粉面筋蛋白的网络结构。

2.2.5 与小麦粉粉质特性的相关性 由表2可知,蛋白弱化度与豆粉添加量显著负相关($P < 0.05$);黑豆粉添加量与小麦粉的吸水率极显著正相关($P < 0.01$);绿豆粉添加量与小麦粉的形成时间无显著相关性,黄豆粉添加量与小麦粉的稳定时间无显著相关性,其他豆粉添加量与小麦粉的形成时间和稳定时间均存在显著负相关($P < 0.05$)。说明豆粉的添加使面团筋力减弱,搅拌能力下降,耐揉性降低,与面团的面筋含量降低有关。5种豆粉中,

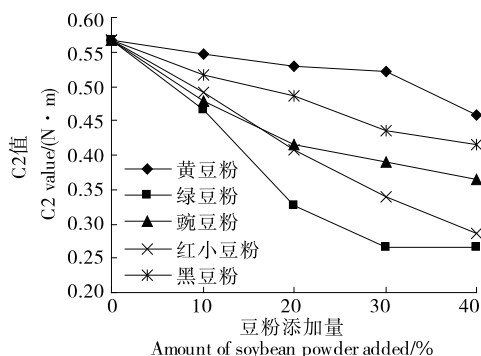


图 4 豆粉添加量对小麦粉蛋白弱化度的影响

Figure 4 Effect of soybean powder addition on the weakening degree of wheat powder protein

表 2 豆粉添加量与小麦粉粉质特性的相关性[†]

Table 2 Correlation between the amount of soybean powder added and the farinograph characteristics of wheat powder

种类	吸水率	形成时间	稳定时间	蛋白弱化度
黄豆粉	0.790	-0.939 *	-0.760	-0.935 *
绿豆粉	-0.696	-0.644	-0.980 * *	-0.950 *
豌豆粉	0.036	-0.889 *	-0.975 * *	-0.962 * *
红小豆	-0.694	-0.928 *	-0.979 * *	-0.997 * *
黑豆粉	0.995 * *	-0.986 * *	-0.925 *	-0.991 * *

† * 表示 $P < 0.05$; * * 表示 $P < 0.01$ 。

黄豆粉和黑豆粉对小麦粉的粉质特性影响较小,绿豆粉对小麦粉的粉质特性影响较大。

2.3 豆粉添加量对小麦粉糊化特性的影响

2.3.1 对峰值黏度的影响 由图5可知,添加5种豆粉均可降低小麦粉的峰值黏度;相同添加量下,豌豆粉的峰值黏度值最大,黑豆粉的峰值黏度值最小。峰值黏度与支链淀粉含量、淀粉颗粒大小有关^[16-18],添加豌豆粉具有较高的峰值黏度,可能是豌豆粉中直链淀粉含量较高^[19],也可能是豌豆淀粉颗粒在糊化过程中具有较大的膨胀程度。添加黄豆粉和黑豆粉的混合粉峰值黏度的急剧下降是由于黄豆粉和黑豆粉中含有大量蛋白质和纤维素,使混合粉淀粉含量相对减少导致的。

2.3.2 对低谷黏度的影响 由图6可知,添加5种豆粉均可降低小麦粉的低谷黏度,说明小麦淀粉在高温下的耐剪切能力随豆粉添加量的增大而降低。相同添加量下,豌豆粉的低谷黏度值最大,黑豆粉的最小,说明5种豆粉中豌豆粉的耐剪切力最强,黑豆粉的最弱。

2.3.3 对崩解值的影响 由图7可知,小麦粉的崩解值随绿豆粉和豌豆粉添加量的增加先升高后降低,随其他3种豆粉添加量的增加呈下降趋势。5种豆粉中绿豆粉的崩解值最大,黄豆粉和黑豆粉的崩解值最小。崩解值

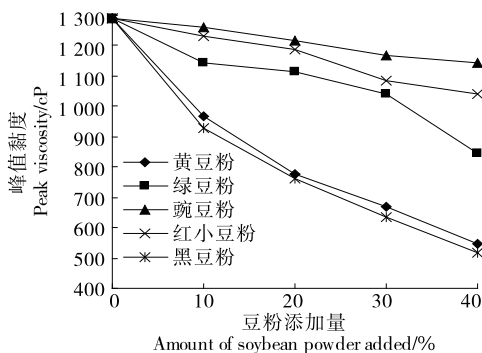


图 5 豆粉添加量对小麦粉峰值黏度的影响

Figure 5 Effect of soybean powder addition on peak viscosity of wheat powder

降低,表明添加豆粉可增强小麦淀粉抗机械剪切的能力,使小麦淀粉颗粒不易破裂,具有较好的热稳定性。

2.3.4 对最终黏度的影响 由图 8 可知,添加 5 种豆粉均可降低小麦粉的最终黏度。添加黄豆粉和黑豆粉的小麦粉淀粉最终黏度下降趋势陡峭,添加豌豆粉和红小豆粉的小麦粉淀粉最终黏度下降比较平缓,说明添加豌豆粉和红小豆粉后小麦粉淀粉糊在室温条件下硬度较大。

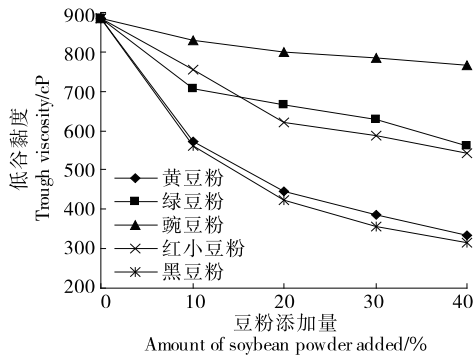


图 6 豆粉添加量对小麦粉低谷黏度的影响

Figure 6 Effect of soybean powder addition on trough viscosity of wheat powder

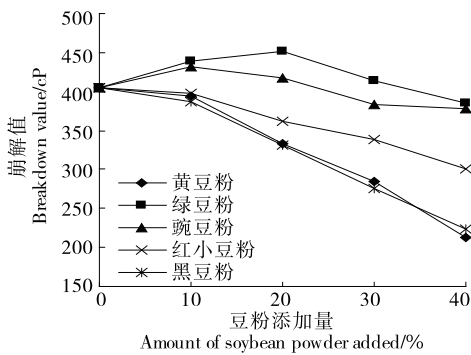


图 7 豆粉添加量对小麦粉崩解值的影响

Figure 7 Effect of soybean powder addition on breakdown value of wheat powder

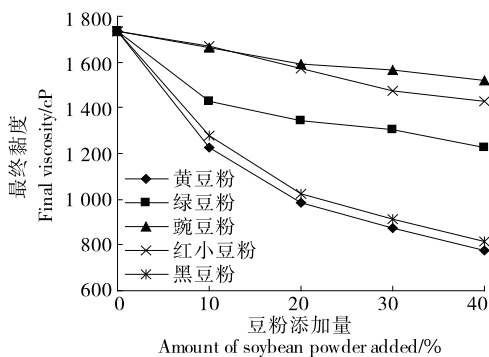


图 8 豆粉添加量对小麦粉最终黏度的影响

Figure 8 Effect of soybean powder addition on final viscosity of wheat powder

2.3.5 对回生值的影响 由图 9 可知,添加 5 种豆粉均可降低小麦粉的回生值,说明豆粉对淀粉回生有抑制作用。添加黄豆粉和黑豆粉的小麦粉淀粉回生值下降趋势陡峭,添加豌豆粉和红小豆粉的小麦粉淀粉回生值下降趋势比较平缓,说明添加豌豆粉和红小豆粉的小麦淀粉更容易回生,与李兆丰等^[19]、杜双奎等^[20]的研究一致,可能是红小豆粉和豌豆粉中直链淀粉含量较高,颗粒结晶度高,淀粉易老化,冷糊稳定性差。

2.3.6 对糊化温度的影响 由图 10 可知,添加黄豆粉、豌豆粉和黑豆粉的小麦粉糊化温度上升,添加绿豆粉和红小豆粉的小麦粉糊化温度下降。添加豌豆粉的糊化温度高可能是豌豆淀粉颗粒之间堆积得比较紧密,糊化较困难,糊化温度随之升高。添加红小豆粉的淀粉糊化温度最低,与其直链淀粉含量高有关,糊化温度值越低淀粉越易吸水、膨胀、糊化^[21]。随着绿豆粉添加量的增加,小麦粉糊化温度不断降低,与汪周俊等^[13]的研究不一致,可能与绿豆品种不同有关。研究^[22]表明,糊化温度越低,绿豆中的淀粉越易吸水、膨胀、糊化。

2.3.7 与小麦粉糊化特性的相关性 由表 3 可知,峰值黏度、低谷黏度、最终黏度、糊化温度和糊化时间与豆粉添加量均显著负相关;绿豆粉添加量与崩解值、回生值无

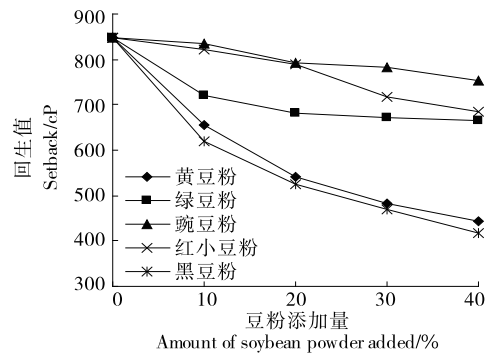


图 9 豆粉添加量对小麦粉回生值的影响

Figure 9 Effect of soybean powder addition on setback of wheat powder

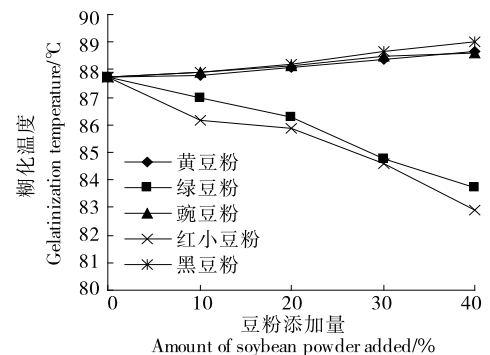


图 10 豆粉添加量对小麦粉糊化温度的影响

Figure 10 Effect of soybean powder addition on gelatinization temperature of wheat powder

表 3 豆粉添加量与小麦粉糊化特性的相关性[†]

Table 3 Correlation between the amount of soybean powder added and the gelatinization characteristics of wheat powder

种类	峰值黏度	低谷黏度	崩解值	最终黏度	回生值	糊化温度	糊化时间
黄豆粉	-0.972 **	-0.925 *	-0.979 **	-0.938 *	-0.954 *	0.982 **	-0.884 *
绿豆粉	-0.965 **	-0.940 *	-0.635	-0.916 *	-0.861	-0.984 **	-0.925 *
豌豆粉	-0.994 **	-0.959 **	-0.716	-0.986 **	-0.986 **	0.986 **	-0.994 **
红小豆	-0.991 **	-0.959 **	-0.982 **	-0.992 **	-0.985 **	-0.980 **	-0.982 **
黑豆粉	-0.966 **	-0.923 *	-0.989 **	-0.957 *	-0.954 *	0.983 **	-0.989 **

† * 表示 P<0.05; ** 表示 P<0.01。

显著相关性,豌豆粉添加量与崩解值无显著相关性。说明豆粉的添加影响小麦粉的糊化特性,使小麦粉的加工品质变差,但可以改善小麦粉的抗老化性能。

3 结论

通过研究 5 种豆麦混和粉的粉质特性和糊化特性,发现不同的豆粉存在一定的差异。随着豆粉添加量的增加,面团的稳定时间和形成时间缩短,面团蛋白弱化度增大,峰值黏度、低谷黏度、最终黏度、回生值不断减小。蛋白弱化度、峰值黏度、低谷黏度、最终黏度、糊化温度和糊化时间与 5 种豆粉的添加量均存在显著负相关。其中绿豆粉对小麦粉的粉质特性影响较大,黄豆粉和黑豆粉对小麦粉的糊化特性影响较大。此外,还可进一步研究不同豆粉对发酵面团黏弹性、水分特性及微观结构的影响。

参考文献

[1] LUO Jia-qiang, CAI Wei-xi, WU Tong, et al. Phytochemical distribution in hull and cotyledon of adzuki bean(*Vigna angularis* L.) and mung bean (*Vigna radiate* L.), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities[J]. Food Chemistry, 2016, 201: 350-360.

[2] AYOGU R N, NNAM N M, MBAH M. Evaluation of two local cowpea species for nutrient,antinutrient, and phytochemical compositions and organoleptic attributes of theirwheat-based cookies[J]. Food & Nutrition Research, 2016, 60: 1-8.

[3] 阚丽娇. 不同豆类营养成分及抗氧化组分研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2017: 1-2.

[4] HAYAT I, AHMAD A, MASUD T, et al. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolusvulgaris* L.): An overview[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2014, 54(5): 580-592.

[5] MESSINA V. Nutritional and health benefits of dried beans[J]. The American Journal ofclinical nutrition, 2014, 100 (S1): 437S-442S.

[6] 李俊华. 大豆粉对面粉特性及挂面品质的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009: 11-14.

[7] 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.

[8] 江洋. 豌豆粉在南方馒头中的应用[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2015: 11-12.

[9] 姚红, 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): 182-186.

[10] 李渊, 周惠明, 郭晓娜, 等. 大麦β-葡聚糖对小麦粉糊化性质和流变学性质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 1-4.

[11] 屈小燕. 大豆面条的研制[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018: 10-11.

[12] 庞慧敏, 陈芸, 赵思明, 等. 绿豆—小麦混合粉的流变学和热力学特性研究[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(9): 36-38.

[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.

[14] ADELEYE B, WONG S. Sensory and objective quality of brownies produced from composite flour of wheat and black beans [J]. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 2018, 118(9): A49.

[15] MAFORIMBO E. Enhancing soy-wheat bread-making properties using physically-modified soy flour[J]. Journal of Pathology & Bacteriology, 2018, 81(2): 539.

[16] 何兆位, 刘雄, 赵天天, 等. 紫薯粉对面包粉流变学及糊化特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(8): 6-9.

[17] SINGH N, KAUR M, SANDHU K S, et al. Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties of starches from some Indianblack gram (*Phaseolus mungo* L.) cultivars[J]. Starch-Stärke, 2004, 56(11): 535-544.

[18] 邵春水, 田纪春, 张永祥. 不同筋力小麦品种的搅拌值及其它淀粉糊化特性指标[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(3): 51-54.

[19] 李兆丰, 顾正彪, 洪雁. 豌豆粉的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(10): 70-74.

[20] 杜双奎, 于修烛, 问小强, 等. 红小豆淀粉理化性质研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 92-95.

[21] 杜双奎, 杨红丹, 于修烛, 等. 食用豆粉功能特性与糊化特性[J]. 中国食品学报, 2011, 11(2): 77-86.

[22] 孟岳成, 陆冉, 李延华, 等. 五种谷物原料物性的对比研究[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(2): 6-11.