

大麦 β -葡聚糖对小麦粉糊化性质和流变学性质的影响

Effects of barley β -glucan on pasting and rheological properties of wheat flour

李 渊 周惠明 郭晓娜 朱科学 彭 伟

LI Yuan ZHOU Hui-ming GUO Xiao-na ZHU Ke-xue PENG Wei

(江南大学食品学院食品安全与质量控制协同创新中心, 江苏 无锡 214122)

(Collaborative Innovation Center for Food Safety and Quality Control, School of Food Science
and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:以水提法提取大麦 β -葡聚糖(BBG),然后以中筋小麦粉为参照样,研究不同添加量的 BBG 对小麦粉糊化性质和流变学性质的影响。结果表明,随着 BBG 添加量的增加,湿面筋含量逐渐降低。BBG 的加入,使得小麦粉糊化过程的峰值粘度、低谷粘度、崩解值和终值粘度均呈现增大的趋势,而回生值有所降低。与对照相比,添加 BBG 的小麦粉面团吸水率增加,面团形成时间,稳定时间及弱化值呈现下降的趋势。面团的弹性模量(G')和黏性模量(G'')随着 BBG 添加比例的升高而不断降低。

关键词:大麦 β -葡聚糖;糊化性质;热机械性质;流变学

Abstract: In the present study, the influence was investigated from water extracted barley β -glucan (BBG) on the pasting and rheological properties of wheat flour. Results showed that the values of wet gluten content decreased with the addition ratio of BBG increased. The presence of BBG induced an increase of peak viscosity, trough viscosity, breakdown and peak viscosity, while the setback value showed a decreasing tendency. Compared with the control, with increasing of the water absorption of dough, the development time, the stability and the weakening value reduced. Lower modulus (G' , G'') and $\tan \delta$ values were observed in dynamic viscoelasticity measurements.

Keywords: barley β -glucan; pasting properties; thermomechanical properties; rheology

β -葡聚糖是禾谷类植物籽粒胚乳和糊粉层细胞壁的主要成分,由均一的 D-吡喃葡萄糖(glc)单位通过 β -(1 $\rightarrow$ 3)和 β -(1 $\rightarrow$ 4)键连接而成^[1],在燕麦和大麦中含量较高。大麦 β -葡聚糖(BBG)是大麦膳食纤维中最丰富的成分,主要存在于胚乳细胞壁中。BBG 已被科学证实具有降低胆固醇^[2]、控

制血糖^[3]、维持肠道健康^[4]等益处,因此将 BBG 添加到小麦粉中开发传统面制品非常符合人们的消费需求。

目前,中国对于 β -葡聚糖的研究大多集中在燕麦 β -葡聚糖和青稞 β -葡聚糖的提取工艺、分离纯化、理化性质和生理活性等^[5-6],而 BBG 还未引起中国科研工作者的关注。 β -葡聚糖作为功能性原料在国外的烘焙产品中应用广泛,但在中国传统面制品中的应用以及其对小麦粉性质影响的研究较少。潘利华等^[7]研究了 0.5%~5.0% 燕麦 β -葡聚糖对面团流变性的影响,认为适量添加燕麦 β -葡聚糖能够改善面团的流变学特性。李真^{[8]45-48}研究了 BBG 对面团延伸特性、形成时间、稳定时间和弱化度的影响,而 BBG 对小麦粉糊化性质和面团流变学性质的影响尚未见报道。由于糊化特性能够反映小麦粉中淀粉的性质,面团的流变学性质会影响最终产品的质量,因此本研究拟利用快速粘度仪、旋转流变仪结合 Mixolab 试验仪,探究 BBG 对中筋小麦粉糊化性质和流变学性质的影响,为 BBG 在面制品中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及试剂

香满园小麦粉:水分 13.0%,蛋白质 11.0%,脂肪 1.6%,碳水化合物 73.5%,益海嘉里(昆山)食品工业有限公司;

大麦粉:大丰市大德麦仁厂;

乙醇等试剂:均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器和设备

冷冻干燥机:Free Zone 2.5 型,LABCONCO(美国)公司;

高速冷冻离心机:20PR-52D 型,日立公司;

快速黏度分析仪:RVA 4500 型,澳大利亚波通公司;

旋转流变仪:AR-G2 型,美国 TA 公司;

混合试验仪:Mixolab 型,法国 Chopin 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 大麦 β -葡聚糖的制备 参考 Sayar Sedar 等^[2]的方法稍作修改提取大麦 β -葡聚糖,具体方法:称取一定量的大

基金项目:江苏省“现代粮食流通与安全协同创新中心”资助项目

作者简介:李渊,女,江南大学在读硕士研究生。

通讯作者:周惠明(1957—),男,江南大学教授。

E-mail: hmzhou@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2016-02-03

麦粉,用 10 倍体积的 82%乙醇在 85 ℃回流 2 h,5 000×g 离心 10 min,所得沉淀用 2.5 倍体积的 95%乙醇洗涤 2 次,沉淀在 40 ℃烘箱干燥 12 h。干燥后的样品用 10 倍体积水在 47 ℃水浴中提取 3 h,搅拌桨速度为 250 r/min,提取液在 5 000×g 离心 10 min,得到的上清液用旋蒸法浓缩至原来的 1/3。向浓缩液中加入 2 倍体积的 95%乙醇,8 000×g 离心得到沉淀,在 85 ℃水中完全溶解,随后进行冷冻干燥得 BBG。

1.3.2 湿面筋含量的测定 将冻干后的 BBG 分别按 0.0%,0.2%,0.6%,1.0%的比例与小麦粉均匀混合,参照 GB/T 5506.1—2008 手洗法测定湿面筋含量。

1.3.3 糊化性质的测定 将冻干后的 BBG 分别按 0.0%,0.2%,0.6%,1.0%的比例与小麦粉均匀混合,根据 GB/T 24853—2010 快速粘度仪法,以 14%的水分含量称取一定量的样品于铝盒中,用搅拌桨上下搅拌,按照 13 min standard 1 测定糊化特性的改变。测定程序:前 10 s 搅拌速度为 960 r/min,随后保持 160 r/min。在 50 ℃保温 1 min 后,3 min 42 s 内加热至 95 ℃,并保持 2 min 30 s,随后即在 3 min 48 s 内冷却至 50 ℃,保持 2 min。

1.3.4 热机械性质的测定 Mixolab 试验仪能够通过实时测定搅拌臂受到的扭矩,反映粉团的流变特性和糊化性质。将冻干后的 BBG 分别按 0.0%,0.2%,0.6%,1.0%的比例与小麦粉均匀混合,采用 Mixolab 混合试验仪研究 BBG 对小麦粉面团热机械学性质的影响。试验测定过程中,面团总重量 75 g,其中水分以达到目标扭矩 C_1 :(1.10 ± 0.05) N·m 添加,搅拌速度始终维持在 80 r/min。仪器运行中的温度程序设置为:30 ℃恒温 8 min,然后以 4 ℃/min 的速率升至 90 ℃并保持 7 min,再以 4 ℃/min 的速率降至 50 ℃,保持 5 min。每组样品重复测定 3 次,取平均值。

从 Mixolab 图谱中可得到以下参数:吸水率(%)为面团产生最佳稠度($1.10 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 0.05 \text{ N} \cdot \text{m}$)所需添加水的量;面团形成时间(min)即在 30 ℃下面团达到最大扭矩(C_1 , N·m)需要的时间;稳定性(min)即面团所产生的扭矩在最佳稠度维持的时间; C_2 (N·m)是面团形成过程中受到机械或热力作用时产生的最小扭矩; C_3 (N·m)为面团在加热过程中产生的最大扭矩; C_4 (N·m)是 90 ℃恒温阶段产生的最小扭矩; C_5 (N·m)为冷却至 50 ℃过程中的最大扭矩。另外, C_2 能够反映蛋白质弱化度,而 $C_5 - C_4$ 表示淀粉回生值。

1.3.5 面团流变学性质的测定 准确称取不同 BBG 添加量的小麦粉,按 Mixolab 混合试验仪所测得的吸水率加入相应的水分后揉成面团。取 3 g 左右的面团,采用 20 mm 平板夹具,2 mm 的间隙,进行震荡流变测定。在进行频率扫描试验之前,首先对所有样品进行应力扫描,以确定线性黏弹性范围,保证频率扫描试验中选择的应力不致于破坏面团结构。频率扫描的测试条件为:温度 25 ℃,应力 0.1%,扫描频率 0.1~10.0 Hz。

1.4 数据统计分析

所得数据均为 3 次以上平行测定的平均值,采用 SPSS 17.0 软件,选择 Duncan 测试,在 $P < 0.05$ 检验水平下进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 BBG 对小麦粉湿面筋含量的影响

面筋在面团的形成过程中起着重要的作用,湿面筋含量可以预测小麦粉的流变特性,添加不同比例 BBG 的小麦粉的湿面筋含量见图 1。

由图 1 可知,加入 BBG 后小麦粉的湿面筋含量显著下降($P < 0.05$),最大添加量 1.0%时湿面筋含量由对照组的 29.28%下降至 28.32%。杨锦健等^[9]将苹果纤维和苹果渣添加到蛋糕粉中,也发现生成的湿面筋含量下降。在手洗面筋的过程中,面筋蛋白迅速吸水,通过非共价键作用形成三维网状结构。而向小麦粉中加入吸水能力较强的 BBG 后,一方面 BBG 稀释了面筋蛋白,另一方面 BBG 与面筋蛋白竞争吸收水分,阻碍面筋网状结构形成,从而导致湿面筋含量下降。

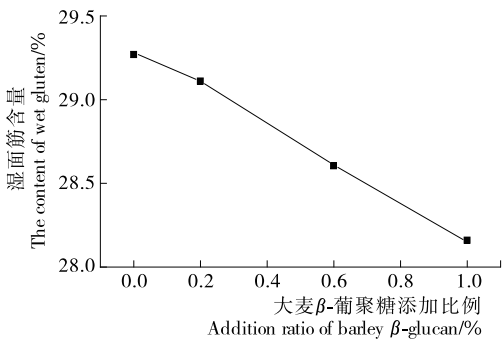


图 1 大麦β-葡聚糖对小麦粉湿面筋含量的影响

Figure 1 Effects of barley β-glucan on the wet gluten content of wheat flour

2.2 BBG 对小麦粉糊化性质的影响

利用快速粘度分析仪测定添加不同比例 BBG 的小麦粉的糊化性质,各参数见表 1。由表 1 可知,随着 BBG 添加比例的增大,体系的峰值粘度、低谷粘度、崩解值、终值粘度均有所增加,回生值呈现降低的趋势。BBG 在水中形成网状结构困住溶胀的淀粉颗粒,同时与淀粉竞争吸收水分,BBG 的浓度越高,形成的溶胀颗粒越多,使得体系的峰值粘度升高^[10]。该现象与 Banchathanakij 等^[11]的研究结果一致。崩解值表示淀粉的耐剪切程度,崩解值越大,表明其耐剪切性越差。小麦粉中加入 BBG 后,崩解值增大,说明添加 BBG 的体系中淀粉颗粒的破损程度增大,原因是混合体系的粘度高,导致施加在颗粒上的剪切力增大^[10]。此现象说明 BBG 能够促进淀粉颗粒的溶胀和糊化。回生值能够反映淀粉颗粒的短期回生,添加 0.6%和 1.0% BBG 时回生值显著降低,说明高添加量的 BBG 能够抑制小麦淀粉的短期回生。淀粉的回生是淀粉分子通过氢键重新排列成有序状态的过程,BBG 可能与小麦淀粉颗粒(尤其是直链淀粉分子)相互作用^[12],阻碍了直链淀粉的重排,从而降低淀粉的老化速率。该现象与 Sharma Paras 等^[13]的结论一致,添加大麦粉和 BBG 能够延缓薄饼的回生过程,BBG 的强保水能力不利于面团形成过程中淀粉的溶解、肿胀,从而削弱了淀粉的老化作用。这显示,BBG 添加到小麦粉中,不仅能够作为膳食纤维带来健康益处,而且有助于抑制面制品的老化。

表 1 大麦 β -葡聚糖对小麦粉糊化性质的影响[†]

Table 1 Effects of barley β -glucan on the pasting properties of wheat flour

添加量/%	峰值粘度/cP	低谷粘度/cP	崩解值/cP	终值粘度/cP	回生值/cP
0.0	2 736.0±7.1 ^c	1 837.0±52.3 ^b	899.0±45.3 ^b	3 138.5±43.1 ^b	1 301.5±9.2 ^a
0.2	2 767.5±29.0 ^{bc}	1 838.5±6.4 ^b	929.0±35.4 ^{ab}	3 137.5±17.7 ^b	1 299.0±11.3 ^a
0.6	2 802.5±7.8 ^b	1 874.0±11.3 ^b	928.5±19.1 ^{ab}	3 139.5±4.9 ^b	1 265.5±6.4 ^b
1.0	2 977.0±2.8 ^a	1 979.0±8.5 ^a	998.0±11.3 ^a	3 207.5±10.6 ^a	1 228.5±2.1 ^c

† 同列不同字母表示有显著差异(P<0.05)

2.3 BBG 对小麦粉热机械性质的影响

表 2 为 BBG 对小麦面团热机械学特性的影响。由表 2 可知,随着 BBG 添加量的增加,面团吸水率显著增加(P<0.05),在 1.0%添加量时吸水率达到 60.7%。这主要是因为 BBG 作为一种水溶性的膳食纤维,具有很强的吸水性。添加 BBG 后,面团的形成时间和稳定时间有所降低,弱化度(C₂)呈现降低趋势,说明 BBG 的添加减弱了面团筋力,降低了面团的耐揉性,阻碍了面筋蛋白网络结构的形成,与湿面筋含量的结果一致。然而李真^{[8] 45-46}报道称小麦面团的形

成时间和稳定时间随着 BBG 添加量的增加呈现先增加后降低的趋势,这种差异可能是由 BBG 的纯度、分子量和结构特征不同所造成的。Mixolab 试验仪能够反映小麦粉加少量水后粉团的糊化性质,与快速粘度仪中谷物粉匀浆液的状态不同。在加热时,添加 BBG 的面团相比于空白面团 C₃值增加,可能是大分子的 BBG 受热后能形成凝胶,使得面团粘性增加^[14],但此效果与添加量并无相关性。回生值(C₅-C₄)呈下降趋势,反映了 BBG 的加入能够抑制淀粉的老化过程,这与糊化性质的结论一致。

表 2 大麦 β -葡聚糖对小麦面团热机械学特性的影响[†]

Table 2 Effects of barley β -glucan on the thermomechanical properties of wheat dough

BBG 添加量/%	加水量/%	形成时间/min	稳定时间/min	C ₂ /(N·m)	C ₃ /(N·m)	C ₅ -C ₄ /(N·m)
0.0	58.1±0.0 ^d	1.38±0.01 ^a	6.80±0.04 ^a	0.49±0.00 ^a	1.69±0.01 ^b	1.22±0.03 ^a
0.2	59.0±0.1 ^c	1.32±0.05 ^{ab}	6.54±0.05 ^b	0.47±0.00 ^{ab}	1.74±0.01 ^a	1.22±0.01 ^a
0.6	59.9±0.2 ^b	1.22±0.05 ^{bc}	6.38±0.07 ^c	0.47±0.01 ^{ab}	1.74±0.00 ^a	1.16±0.01 ^{ab}
1.0	60.7±0.0 ^a	1.15±0.03 ^c	6.16±0.01 ^d	0.45±0.02 ^b	1.75±0.01 ^a	1.12±0.05 ^b

† 同列不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

2.4 BBG 对小麦粉面团流变学性质的影响

面团属于粘弹性的材料,不仅具有粘性流体的粘性性质,还具有弹性固体的弹性性质^[15]。面团的流变学性质非常重要,它既能表征面团的胶粘性^[16],耐揉性等物理性能,又决定着最终面制品的弹性、硬度、体积、色泽等品质^[17]。因此,采用振荡频率扫描模式研究不同频率下 BBG 对小麦面团流变学特性的影响。图 2 为面团的弹性模量(G')和黏性模量(G'')随频率变化的关系图。

由图 2 可知,所有样品在所测频率范围内,G'均高于 G'',表明试验中所测面团属于黏弹性的软固体^[18]。同时,G'和

G''均随频率的增大而增大,可知面团具有较高的流动性。与空白面团相比,添加 BBG 面团的 G'和 G''减小,表明了 BBG 对面筋网络结构形成有一定的阻碍作用。且该效果与 BBG 的添加比例呈正相关,主要是因为 BBG 吸水性强,与面团中的面筋蛋白竞争吸收水分,使面筋蛋白的自由水分含量降低,同时提高了面团体系的持水能力,导致添加 BBG 的面团流动性降低^{[8]77-78}。潘利华等^[7]将燕麦葡聚糖添加到低筋面粉,高筋面粉和馒头专用粉中,却得到相反的结论,主要是因为 β -葡聚糖对面团的影响因其分子量大小、浓度以及面粉类型而异。

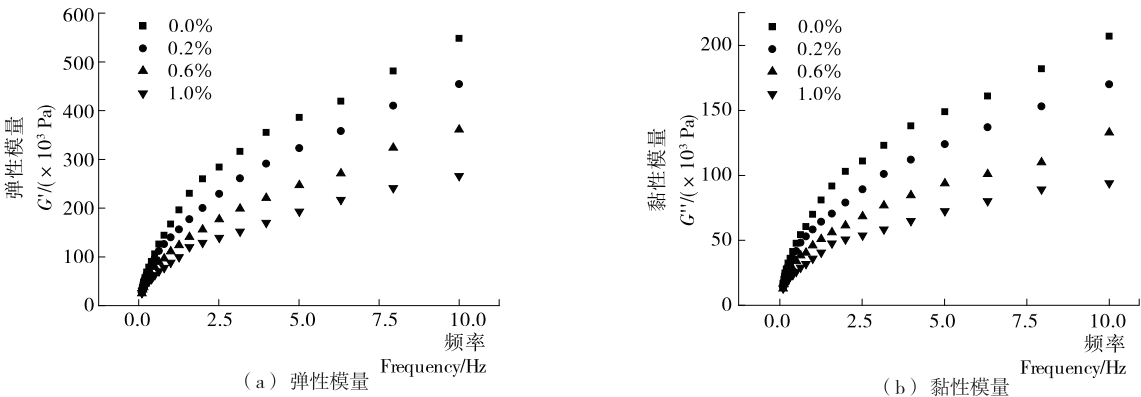


图 2 大麦 β -葡聚糖对面团流变学性质的影响

Figure 2 Effects of barley β -glucan on the rheological properties of wheat dough

3 结论

本研究将 BBG 以不同比例添加到小麦粉中,研究 BBG 对小麦粉糊化性质和流变学性质的影响。结果表明,BBG 能够促进小麦淀粉的溶胀和糊化,且在一定添加比例时(高于 0.6%) ,BBG 能够延缓淀粉的老化,可为 BBG 在易老化面制品中的应用提供理论依据。流变学试验结果表明 BBG 的添加,降低了面团的弹性模量和黏性模量,这可能跟 BBG 与面筋蛋白竞争吸水,阻碍面筋网状结构形成有关。BBG 的分子量不同,理化性质不同,对小麦粉性质的影响可能也不同,这还有待进一步的研究和探索。

参考文献

[1] 乔海龙, 杨启东, 陈健, 等. 大麦 β -葡聚糖的研究现状与展望[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(1): 4-7.

[2] Sayar S, Jannink J-L, White P J. In vitro bile acid binding of flours from oat lines varying in percentage and molecular weight distribution of β -glucan[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(22): 8 797-8 803.

[3] Chillo S, Ranawana D V, Pratt M, et al. Glycemic response and glycemic index of semolina spaghetti enriched with barley β -glucan[J]. Nutrition, 2011, 27(6): 653-658.

[4] 张根义, 柴艳伟, 冷雪. 谷物膳食纤维与结肠健康[J]. 食品与生物技术学报, 2012(2): 124-133.

[5] 汪海波. 燕麦中 β -葡聚糖的化学结构, 溶液行为及降血糖作用的机制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2004: 2-153.

[6] 申瑞玲, 程珊珊. 燕麦 β -葡聚糖生理功能研究进展[J]. 食品与机械, 2007, 23(6): 126-129.

[7] 潘利华, 徐婷婷, 罗水忠, 等. 适量燕麦 β -葡聚糖改善面团流变学特性[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 304-310.

[8] 李真. 大麦粉对面团特性与面包焙烤品质的影响及其改良剂研究[D]. 江苏: 江苏大学, 2014.

[9] 杨锦健, 鲍建国. 苹果纤维对面粉持水性能力及蛋糕品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 1993, 12(4): 263-269.

[10] Satrapai S, Supphantharika M. Influence of spent brewer's yeast β -glucan on gelatinization and retrogradation of rice starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 67(4): 500-510.

[11] Banchathanakij R, Supphantharika M. Effect of different β -glucans on the gelatinisation and retrogradation of rice starch[J]. Food Chemistry, 2009, 114(1): 5-14.

[12] Chen Long, Ren Fei, Zhang Zi-pei, et al. Effect of pullulan on the short-term and long-term retrogradation of rice starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 115: 415-421.

[13] Sharma P, Gujral H S. Anti-staling effects of β -glucan and barley flour in wheat flour chapatti[J]. Food Chemistry, 2014, 145: 102-108.

[14] Pentikäinen S, Karhunen L, Flander L, et al. Enrichment of biscuits and juice with oat β -glucan enhances postprandial satiety[J]. Appetite, 2014, 75: 150-156.

[15] 袁永利, 黄卫宁, 邹奇波. 食品酶制剂对冷冻面团流变学和微结构的影响[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 30-33.

[16] 刘艳玲, 田纪春, 韩祥铭, 等. 面团流变学特性分析方法比较及与烘烤品质的通径分析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(1): 45-51.

[17] 王立, 杨炜, 钱海峰, 等. 麦麸非淀粉多糖对烘焙品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 248-255.

[18] Singh S, Singh N. Relationship of polymeric proteins and empirical dough rheology with dynamic rheology of dough and gluten from different wheat varieties[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 33(2): 342-348.

信息窗

海产品污染物损害人体防御能力

中国科学报讯 可能污染人类食物的海洋污染物会损害身体应对毒素的能力。此项发现使了解污染物如何起作用变得更加迫切, 尤其是它们经常以组合的形式被发现。相关成果日前发表于《科学进展》杂志。

来自美国加州大学圣地亚哥分校的 Amro Hamdoun、Sascha Nicklisch 和同事研究了 37 种有机污染物及其对 P-gp 产生的影响。P-gp 是一种细胞膜蛋白质, 能识别有害分子并将它们“撵走”。

在表达小鼠 P-gp 蛋白的酵母细胞试验中, 有 16 种污染物使其停止工作。其中 10 种化学物质在人体内被发现, 这意味着它们处于食物链中。有 1 种污染物是被一项于 2001 年签订的国际条约禁止的杀虫剂滴滴涕。其他则包括用作工业阻燃剂的化学物质。

该团队在全球食用范围最广的黄鳍金枪鱼中找到了

10 种化学物质。有 9 种在来自墨西哥湾的金枪鱼中被发现, 有时含量还很高。

“P-gp 对于消除很多不同的毒素至关重要”, Hamdoun 介绍说, 而这些广泛分布的污染物会抑制这种防御系统。

新出生婴儿可能是最容易遭受有毒化学物质侵害的群体之一, 因为有机污染物在母乳中的浓度较高, 而婴儿细胞的 P-gp 水平相对较低。

Nicklisch 表示, 污染物通常以混合物的形式出现在环境和人类的食物中。“我们并不知道这些抑制剂混合起来的浓度将对人体产生何种影响, 尤其是当它们和其他药物被一起吃下时。”

研究人员表示, 应对污染物开展更多测试, 以判定它们会如何影响对抗毒素的生物防御能力。

(来源: www.foodmate.net)