

谷朊粉对糙米粉面团性质影响研究

吴娜娜¹, 王娜^{1,2}, 谭斌¹, 田晓红¹, 翟小童¹, 刘明¹

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037; 2. 河北科技大学, 河北 石家庄 050018)

摘要:研究了谷朊粉添加量对糙米粉面团性质的影响, 主要包括粉质特性、热机械性质、流变学性质、微观结构等。结果表明: 随着谷朊粉添加量增大, 面团的吸水率、形成时间、稳定时间、淀粉衰减值和回生程度均在逐渐增长, 蛋白弱化度在逐渐降低。糙米粉面团的弹性模量和粘性模量均在增大, 且弹性模量大于粘性模量。扫描电镜结果显示: 随着谷朊粉添加量增大, 面团的网络结构越来越明显, 淀粉颗粒镶嵌在蛋白形成的网络结构中, 增加了面团的弹性及变形的阻力。

关键词:糙米粉; 谷朊粉; 粉质性质; 热机械性质; 流变学性质; 微观结构

中图分类号: TS 210.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2018)03-0007-05

Effect of gluten on the dough properties of brown rice flour

WU Na-na¹, WANG Na^{1,2}, TAN Bin¹, TIAN Xiao-hong¹, ZHAI Xiao-tong¹, LIU Ming¹

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037;

2. Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018)

Abstract: The effect of gluten content on the properties of dough prepared from indica brown rice flour was studied, such as flour properties determined by farinograph, thermo-mechanical properties, rheological properties, microstructure, and so on. The results showed that the water absorption, the formation time, the stability time, starch attenuation value and setback of the dough increased gradually along with the increase of gluten content, while the protein softening degree decreased gradually; in addition, both the elasticity modulus and viscosity modulus of the dough increased with the increase of gluten content, and the elastic modulus was higher than the viscous modulus. Scanning electron microscopy analysis showed that gluten network structure was more and more obvious, and the starch particles were embedded in the continuous protein structure, thus the flexibility and the deformation resistance of dough increased with the increase of gluten content.

Key words: brown rice flour; gluten; flour properties determined by farinograph; thermal mechanical properties; rheological properties; microstructure

稻米是我国大部分地区的传统主食, 主要是以精白米形式食用。糙米比大米含有更多营养素, 但由于其口感性差, 不含面筋, 糙米粉制作的面团难以成型, 在食品中应用受到了限制。因此, 胶体和酶类等通常用作面筋替代物来稳定面团结构, 保持糙米面包或糙米蛋糕持气能力。Renzetti^[1]和Hamada^[2]等研究将蛋白酶添加到糙米面团中, 结果

增加了面团的弹性, 降低了面团崩解值。Renzetti^[3]研究在糙米面团中加入 TG 酶, 结果改善了糙米面包的质构。范周^[4]和王琛^[5]等研究将 HPMC 加入到不含面筋蛋白的米粉面团中, 结果面团粘性和比容显著增加, 促使面团形成持气性薄膜。虽然胶体和酶类对糙米面包和蛋糕品质有一定的改善作用, 但其质构和弹性等品质均比不上小麦面包和蛋糕。本实验将面筋蛋白含量高, 持水性好的谷朊粉添加到糙米粉中, 改善糙米粉面团的粉质性质、流变性质、热机械性质以及微观结构等, 以期促进糙米在食品中的应用。

收稿日期: 2017-10-31

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2017YFD0401103); 国家自然科学基金项目(31501524, 31772009)

作者简介: 吴娜娜, 1981 年出生, 女, 副研究员, 博士。

通讯作者: 谭斌, 1972 年出生, 男, 研究员, 博士。

1 材料与方法

1.1 材料

糙米:湖南福香米业有限公司,蛋白质含量 9.61%,水分含量 14.4%,脂肪含量 3.13%,粗纤维 1.34%,总淀粉含量 83.10%;谷朊粉:山东鄞城建发面业有限公司。

1.2 仪器与设备

电子分析天平:瑞士梅特勒托利多公司;JFZD 粉质仪:北京东孚久恒仪器技术有限公司;S-300N 型电镜:日本 Hitachi 公司;AR-2000 动态流变仪:上海曲晨机电技术有限公司;Mixolab 混合实验仪:法国肖邦技术公司。

1.3 实验方法

1.3.1 糙米粉面团粉质特性测定

将谷朊粉分别以 10%、20%、30%、40% 的质量分数添加至糙米粉中,制备谷朊-糙米混合粉,将每种混合粉混合均匀。按照 AACC-54-21 方法,测定谷朊-糙米混合粉面团的粉质性质。由于粉质仪适用范围为含面筋的面团,因此,未进行谷朊粉添加量为 0% 的糙米粉面团的粉质特性测定。

1.3.2 糙米粉面团动态流变性质测定

面团由粉质仪制备,采用动态流变仪和 $\phi 40$ mm 的不锈钢平行板测量系统,设置间隙为 1 mm,频率扫描:应变 0.5%,温度 25 $^{\circ}\text{C}$,频率 0.1 ~ 40 Hz,测定面团的弹性模量(储能模量) G' 、粘性模量(损耗模量) G'' 的变化。

1.3.3 糙米粉面团 Mixolab 性质测定

采用 Mixolab 混合实验仪测定面团的热特性。实验条件设定按照“Chopin +”标准,吸水率 60%,水分基数 14% (湿基);参数包括目标扭矩 (1.1 ± 0.5) Nm,转速 80 r/min,面团重量 75 g,和面初始温度 30 $^{\circ}\text{C}$,水箱温度 30 $^{\circ}\text{C}$,水合作用 55%,第 1 阶段 30 $^{\circ}\text{C}$ 恒温 8 min,第 2 阶段从 30 $^{\circ}\text{C}$ 升温到 90 $^{\circ}\text{C}$ 共 15 min,第 3 阶段 90 $^{\circ}\text{C}$ 恒温保持 7 min,第 4 阶段从 90 $^{\circ}\text{C}$ 降温至 50 $^{\circ}\text{C}$ 10 min,第 5 阶段 50 $^{\circ}\text{C}$ 恒温 5 min,试验总时间 45 min。

1.3.4 糙米粉面团微结构测定

面团由粉质仪制备,进行冷冻干燥,然后将冻

干的面团,选取横截面,用双面胶固定在样品台上,然后喷溅金粉后,通过扫描电镜选取有代表性的面团截面进行形貌观察。

1.4 数据处理

采用 Excel 和 SPSS17.0 进行数据分析。显著性分析采用 Duncan's 多重检验, $P < 0.05$ 判断为显著。

2 结果与分析

2.1 糙米粉面团粉质特性

2.1.1 谷朊粉添加量对糙米粉面团吸水率影响

图 1 是不同谷朊粉添加量(10% ~ 40%)的糙米粉面团吸水率变化情况。可以看出,随着谷朊粉添加量的逐渐增大,混合粉面团的吸水率呈先减小后增大趋势,由 75.95% 先降到 71.01%,后又增大到 84.10%,面团吸水过程包括蛋白质的水化作用和膨胀作用。由于谷朊粉溶解性低,加入后形成面筋小球,水化作用由表及里,表面作用阶段体积增大,吸水量较少。随着谷朊粉添加量增加,蛋白质含量增多,当吸水润胀进一步进行时,水分子进一步扩散到蛋白质分子中去,蛋白质分子内的水溶解蛋白质可溶性粒子,从而产生渗透压,使水进入蛋白质分子内部达到平衡,使得吸水率增大。李芳认为谷朊粉的添加,增加了糙米粉面团中面筋蛋白质含量,蛋白质胶粒犹如一个渗透袋,使面团吸水能力增大^[6]。面团吸水率增大不仅可以提高制品的出品率,还可延缓制品因失水导致的老化和脱水造成的收缩现象^[6-7]。

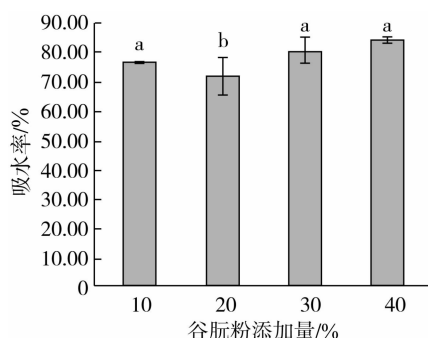


图 1 谷朊粉添加对混合粉面团吸水率的影响

2.1.2 谷朊粉添加量对糙米粉面团形成时间的影响

图 2 是谷朊粉添加量(10% ~ 40%)对糙米粉

面团形成时间的影响。可以看出,随着谷朮粉添加量的增加,糙米粉面团的形成时间逐渐增加,由1.15 min增加到6.30 min。面团的形成时间和混合粉的筋力呈正相关,形成时间越长,制作食品时所需的和面时间或打面时间也越长。谷朮粉添加量较低的面团形成时间短,适合制作饼干和糕点;谷朮粉添加量较高的面团形成时间长,面团弹性好,适合做面包^[8-9]。

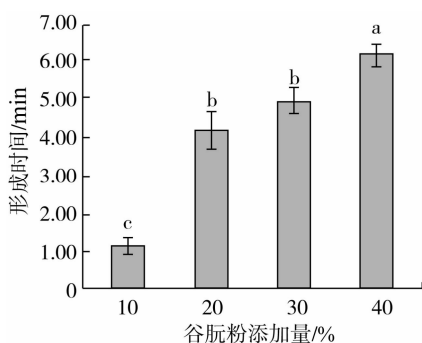


图2 谷朮粉添加对混合粉面团形成时间的影响

2.1.3 谷朮粉添加量对糙米粉面团稳定时间的影响

图3表示谷朮粉添加量(10%~40%)对糙米粉面团稳定时间的影响。可以看出,随着谷朮粉添加量的增大,糙米粉面团稳定时间增加,稳定时间代表了面团的耐搅性和面筋筋力强弱。Elpidio等认为谷朮粉吸水后形成具有网络结构的湿面筋,明显增强面筋作用。将谷朮粉加入糙米粉中,搅拌成团后,形成了规模更大、功能更强的网络结构,从而使面团的稳定性增加,增强发酵过程保持CO₂气体的能力,做出的面包体积大,比容也大^[10-13]。

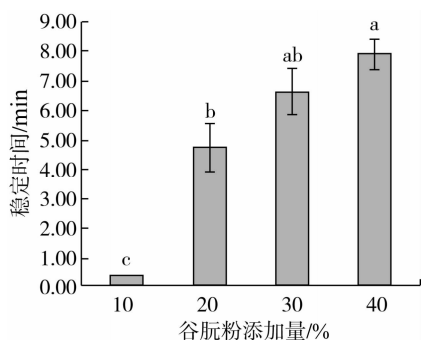


图3 谷朮粉添加对混合粉面团稳定时间的影响

2.1.4 谷朮粉添加量对糙米粉面团弱化度的影响

图4为谷朮粉添加量(10%~40%)对糙米粉面团弱化度的影响。可以看出,随着谷朮粉含量的增加,糙米粉面团的弱化度在逐渐减小,弱化度反应面团在搅拌过程中的被破坏速度和对机械的耐受力。弱化度值越大,表示面筋越弱,面团越易变形。郭嘉认为在一定含量时,添加蛋白质会破坏原有小麦粉的面筋结构,增加面团的弱化度,与本实验结果相反。原因可能是由于糙米面团不含面筋,随着谷朮粉添加量不断增加,当蛋白质含量超过某个特定含量时,面筋结构较稳定,减弱了其弱化程度^[14]。

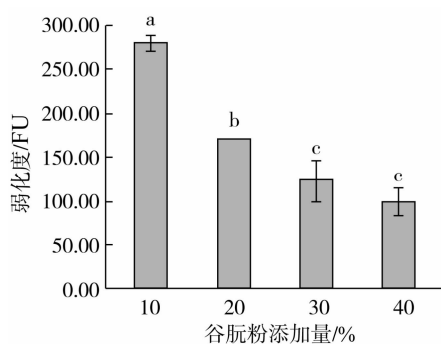


图4 谷朮粉添加对混合粉面团弱化度的影响

2.1.5 谷朮粉添加量对糙米粉面团粉质指数的影响

图5表示谷朮粉添加量(10%~40%)对糙米粉面团粉质指数的影响。可以看出,随着谷朮粉添加量增加,糙米粉面团粉质指数逐渐增大。粉质指数是通过粉质仪所配备的评价计测定得到,粉质指数越高说明面团弱化度越小、稳定时间越长。说明随着谷朮粉添加量增加,糙米粉面团弱化度在减小,稳定时间在增大。与上述稳定时间和弱化度的影响结果一致。

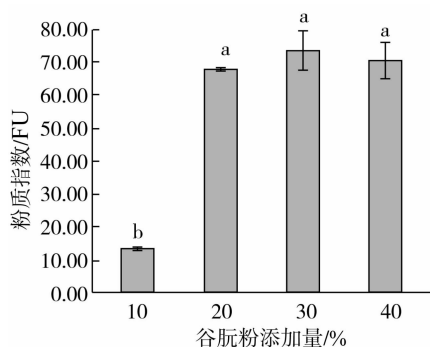


图5 谷朮粉添加对混合粉面团粉质指数的影响

2.2 Mixolab 特性

表1为面团的粉质综合特性。由表1可以看出,随着谷朥粉的添加量增加,面团吸水率和形成时间逐渐增加,面团稳定时间也逐渐增大,蛋白弱化度逐渐降低,淀粉衰减值逐渐增大。面团的形成时间是指从开始加水一直到面团稠度达 C_1 时,所需揉混的时间。形成时间越长,说明面粉的筋力就强,烘焙品质可能更好。因此添加谷朥粉含量越高,形成时间和稳定时间就会相对较长。蛋白弱化度用 $C_1 - C_2$ 表示,随着谷朥粉添加量增加,面团弱化度逐渐减小,面团强度逐渐增强。 C_2 值表示面团蛋白质弱化的最小扭矩,值越大,面团的耐机械力稳定性越强,随着谷朥粉含量升高,面团机械力稳定性增强。这是由于谷朥粉的主要成分为面筋蛋白,是由麦谷蛋白和麦醇溶蛋白通过分子间和分子二硫键及其他非共价键结合而成的网络结构,可以

将淀粉粒包裹在其中。当谷朥粉加入糙米粉搅拌成团以后,可与糙米粉中的蛋白相互作用连成一体,形成规模更大、功能较强的网络结构,从而使面团的耐揉性和稳定性增强。

C_3 、 C_4 、 C_5 值表示面团中淀粉的糊化特性。在升温 and 搅拌过程中,面团中淀粉发生糊化使面团扭矩增加达到 C_3 (Nm)值(表示淀粉糊化黏度最大值), C_4 指在糊化过程中最低粘度值, C_5 指面团冷却阶段糊化淀粉的回生特性。淀粉糊化的峰值粘度与其吸水膨胀能力有关,说明谷朥粉的添加,使面团的吸水膨胀能力增强,成胶能力增强。随着谷朥粉添加量的增加,回生值降低,淀粉糊化的回生值与脱水收缩能力有关,随着时间的推移会发生老化,对加工产品的风味及质构会造成很大影响,说明随着谷朥粉添加量的增加,产品的风味及质构会更好。以上结果与粉质仪结果一致^[15-18]。

表1 不同谷朥粉添加量混合粉面团的 Mixolab 特性

谷朥粉添加量/%	吸水率/%	C_1 成团时间/min	C_1 面团稳定时间/min	C_2 稠度谷值/Nm	$C_1 - C_2$ 蛋白弱化度/Nm	C_3 糊化粘度峰值/Nm	C_4 糊化粘度谷值/Nm	C_5 回生终点值/Nm
0	54.80	0.91	2.44	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00
10	57.80	1.88	3.27	0.19	0.90	0.54	0.46	0.60
20	60.40	2.35	3.71	0.24	0.91	0.53	0.43	0.60
30	65.00	2.62	4.34	0.29	0.85	0.52	0.41	0.58
40	69.70	2.76	4.94	0.86	0.20	1.07	0.34	0.54

2.3 混合粉动态流变特性

图6、图7为糙米粉的动态流变特性图,储能模量 G' 是指储存在物质中的或经过一个振动周期的正弦形变后所恢复的能量,它所代表的是物质的弹性本质。损耗模量 G'' 是指每个周期的正弦形变所消耗或损失的能量,它代表的是物质的粘性本质。面团是一种具有粘弹性的材料,既具有粘性流体的某些性质,也具有弹性固体的某些特征^[19]。由图可以看出糙米面团随着谷朥粉添加量的增大,弹性模量和粘性模量在逐渐增大。说明随着谷朥粉添加量增大,面筋筋力逐渐增强,蛋白质形成的网络结构越来越牢固,因此弹性模量 G' 在增大,增加了抗变形阻力。由于谷朥粉具有良好的粘弹性,谷朥粉与水结合形成胶体状,能增加体系的粘度,因此粘性模量 G'' 也在增加。比较图6和图7,在同一谷朥粉添加量条件下,面团弹性大于粘性。说明谷朥粉

的添加,形成胶体的持水能力改变了蛋白质弹性和粘性模量行为,使得面团弹性大于粘性^[20-21]。

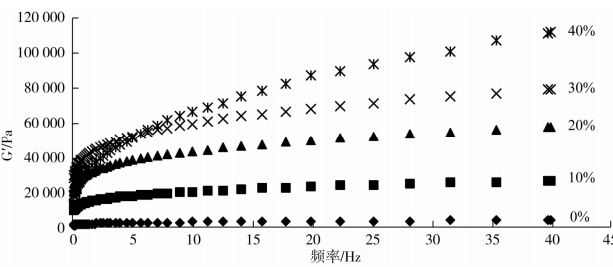


图6 谷朥粉添加对混合粉面团弹性模量的影响

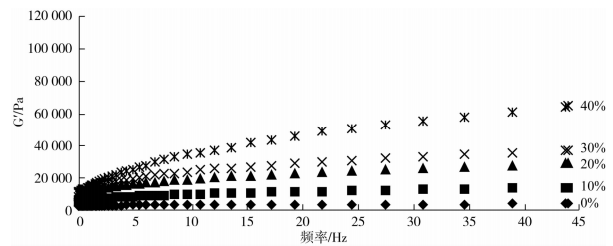


图7 谷朥粉添加对混合粉面团粘性模量的影响

2.4 糙米粉面团微观结构

图8为糙米粉面团的扫描电镜结构图。由图中可以看出,随着谷朊粉添加量增加,面筋的网络结构越来越明显,且越来越多,淀粉颗粒镶嵌在成熟的蛋白结构中,增加了面筋弹性和变形阻力。说明随着谷朊粉的添加,谷朊粉迅速与水混合,立即恢复其原有的活性,呈胶体状,具有很强的粘弹性及成团性、成膜性和形成立体网络的能力,使得面筋含量增加,面筋吸水形成具有网络结构的湿面筋,后来经过搅拌后,谷朊粉与糙米粉中的蛋白连成一体,将淀粉分子的包裹在网络结构中,从而形成更加紧密的网络结构^[22-25]。

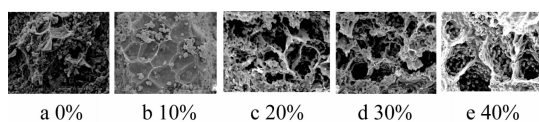


图8 添加谷朊粉的糙米粉面团 SEM 结构图

3 结论

通过研究不同谷朊粉添加量对糙米粉面团性质的影响,可以得到如下结论:随着谷朊粉添加量增大,糙米-谷朊混合粉面团的吸水率逐渐增大,形成时间和稳定时间逐渐增加,弱化度逐渐减小,粉质指数增大;面团弹性模量和粘性模量均增大,且弹性模量大于粘性模量,面团网络结构越来越明显,淀粉颗粒镶嵌在成熟的蛋白网络结构中,增加了面团弹性和变形阻力。谷朊粉的添加使糙米面团的粉质特性、热机械性质、流变学性质和微观结构等性质得到改善。本实验结果为糙米粉在食品中应用提供基础。

参考文献:

- [1] Renzetti S, Arendt E K. Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: From textural and rheological properties to biochemistry and microstructure [J]. *Journal of Cereal Science*, 2009, 50: 22 - 28.
- [2] Hamada S, Suzuki K, Aoki N, et al. Improvements in the qualities of gluten-free bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae* [J]. *Journal of Cereal Science*, 2013, 57: 91 - 97.
- [3] Renzetti S, Bello F D, Arendt E K. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase [J]. *Journal of Cereal Science*, 2008, 48: 33 - 45.
- [4] 范周. 米粉面团流变学性质及米粉面包工艺的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [5] 王琛, 马涛, 于森, 等. 添加 HPMC 对无麸质大米面包品质的影响 [J]. *中国食品添加剂*, 2012(2): 182 - 187.
- [6] 李芳, 朱永义. 谷朊粉对苦荞小麦混合粉流变学特性影响研究 [J]. *粮食与油脂*, 2005(5): 23 - 25.
- [7] 汤卫东, 吴敬涛, 赵丹. 麦麸超微粉对面团特性及制品品质的影响 [J]. *食品科学*, 2010, 31(19): 204 - 208.
- [8] 郭婷, 汪丽萍, 谭斌, 等. 微粉化豌豆粉与小麦复配混合粉的特性研究 [J]. *食品科技*, 2013, 38(12): 183 - 187.
- [9] 宋欢. 添加膳食纤维对面团特性及面包品质的影响 [D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [10] Elpidio P, Angeles B, Consuelo S. Relationship between common wheat gluten proteins and dough rheological properties [J]. *Euphytica*, 2005, 143: 169 - 177.
- [11] 袁蓓蕾. 杂粮面包粉流变学性质研究及工艺优化 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [12] 孙辉, 吴玉凯, 杜政. 谷朊粉对我国小麦粉品质改良的研究 [J]. *粮油食品科技*, 2000, 3(8): 15 - 17.
- [13] 丁士勇, 刘文豪, 熊善柏. 变性淀粉及谷朊粉对面团特性的影响研究 [J]. *食品研究与开发*, 2007, 7(28): 43 - 47.
- [14] 郭嘉. 谷朊粉中麦谷蛋白和麦醇溶蛋白的分离及应用研究 [D]. 河南: 河南工业大学, 2011.
- [15] 高永新. 香菇饼干面团流变特性、加工艺及其香气成分研究 [D]. 南京: 南京财经大学, 2012.
- [16] 侯磊, 沈群. 三种增筋剂对小麦淀粉、面筋蛋白特性及面条品质的影响 [J]. *食品科技*, 2010, 35(12): 162 - 166.
- [17] 李兴军, 姜平, 路子显. 萌动小麦生化指标及 Mixolab 糊化特性的变化 [J]. *中国粮油学报*, 2014, 29(2): 5 - 9.
- [18] Huang W, Li L, Wang F, et al. Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough [J]. *Food Chemistry*, 2010, 121: 934 - 939.
- [19] Weipert D. The benefits of basic rheometry in studying dough rheology [J]. *Cereal Chemistry*, 1990, 67: 311 - 317.
- [20] 万金虎. 不同亲水胶体对速冻水饺皮品质影响的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [21] 袁永利. GOD 和 TGase 在冷冻面团中的应用研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [22] 闫淑琴, 周一虹, 沈群. 四种亲水胶体对小麦淀粉、面筋蛋白特性及面条品质的影响 [J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(3): 63 - 67.
- [23] 张守文. 面包科学与加工工艺 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996.
- [24] Li Z, Tang X, Huang W. Rheology, microstructure, and baking characteristics of frozen dough containing *Rhizopus chinensis* lipase and transglutaminase [J]. *Cereal Chemistry*, 2011, 88(6): 596 - 601.
- [26] 徐梁. 面包预混合粉的研究 [D]. 武汉: 武汉工业学院, 2009.