

玉米粉对小麦面团和馒头质构特性的影响

冯世德, 孙太凡*

(黑龙江八一农垦大学理学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要: 研究玉米粉对小麦面团和馒头质构特性的影响, 用质构仪测定面团及馒头的质构特性, 用扫描电镜观察面筋的超微结构。结果表明: 在玉米粉添加量为20g/100g面粉时, 面团的质构特性变化差异显著, 低于20g/100g面粉时, 面团质构特性变化不大; 随着玉米粉添加量的增加, 馒头的硬度及胶黏性变小, 弹性增加, 内聚性、咀嚼性、黏附性变化不显著; 馒头的硬化速率增加, 抗老化效果变差; 玉米粉的添加阻碍了面筋网络结构的形成。因此, 玉米粉的添加, 改变了面团和馒头的质构特性及面筋的超微结构。

关键词: 玉米粉; 小麦粉; 质构特性; 面团; 超微结构

Effect of Corn Flour on Textural Properties of Wheat Dough and Chinese Steamed Bread

FENG Shi-de, SUN Tai-fan*

(College of Science, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: The objective of this study is to investigate the effect of corn flour on textural properties of dough and Chinese steamed bread (CSB). Corn flour was added to wheat flour at ratios of 0:100, 5:100, 10:100, 15:100 and 20:100. Textural properties were studied using texture profile analysis, and the ultrastructure of gluten was examined by scanning electron microscopy (SEM). Results revealed a significant difference in textural properties of dough at a ratio of 20:100 and no significant difference at levels lower than 20:100 was observed. Adding more corn flour led to a significant decrease in hardness and gumminess and an obvious increase in springiness; however, no significant change in cohesiveness, chewiness and adhesiveness was observed. As the hardening rate of CSB increased, the effect of corn flour on anti-retrogradation became bad and corn flour could hinder the formation of gluten network. Therefore, addition of corn flour can alter the ultrastructure of gluten and textural properties of dough and CSB.

Key words: corn flour; wheat flour; textural properties; dough; ultrastructure

中图分类号: TS213.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)01-0101-04

由于只有小麦面粉蛋白质能形成面筋的网络结构^[1-2], 所以小麦面粉常被用于加工面包和我国北方人喜爱食用的馒头^[3]。但近年来, 由于小麦面粉加工精度的提高, 导致了大量的膳食纤维、B族维生素及矿物质流失, 如长期食用, 会引起人们体内营养素不平衡。玉米是世界上第二大禾谷类作物, 玉米粉中含有丰富的钾、磷、铁、锌、钙、VB₁、VB₅、VB₆^[4], 同时富含胡萝卜素色素^[5-6]。由于玉米粉不含面筋蛋白, 所以, 不能单独用玉米粉制作馒头或面包^[7], 玉米粉常被添加到面粉中制作馒头或面包等^[8-10]。玉米粉的添加能显著影响馒头的感官品质, 有研究表明, 添加20%玉米粉的馒头口感最佳^[11]。随着玉米粉添加量的增加, 面粉与玉米粉混合粉的粉质特性及拉伸特性都会发生改变, 同时能降低面筋的品

质, 但是添加量不超过15%时对馒头品质的影响并不十分明显^[12]。

有关玉米粉对小麦面团和馒头质构特性影响的研究报道较少, 本实验拟利用TMB-Pro质构仪研究玉米粉添加量对面团及馒头的硬度、内聚性、弹性、黏附性、胶黏性、咀嚼性等参数的影响, 利用扫描电镜技术观察添加玉米粉的面团超微结构变化, 为玉米粉的进一步开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

面粉(北大荒原味标准粉, 湿面筋含量为31.3%)

收稿日期: 2012-08-12

基金项目: 黑龙江省科技攻关计划项目(GZ11B112)

作者简介: 冯世德(1968—), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为食品化学与食品营养。E-mail: rscfsd@163.com

*通信作者: 孙太凡(1968—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为农药残留分析及食品分析。E-mail: suntaifan@163.com

黑龙江北大荒丰威食品有限公司；玉米粉(蛋白含量为8.51%，直链淀粉含量为16.2%，支链淀粉含量为47.7%，粗纤维含量为3.3%) 黑龙江省大庆市新玛特超市；安琪酵母 安琪酵母股份有限公司。

1.2 仪器与设备

TMB-Pro型质构仪 FTC仪器制造公司；FW80型高速万能粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司；BL-220H型分析天平 岛津国际贸易(上海)有限公司；Farinograph-E型粉质仪 德国Brabender公司；FJX-12康成牌高级雾化面包发酵箱 顺德市康成电器有限公司；JEOL-JSM-6360LV型扫描电镜 日本电子株式会社。

1.3 方法

1.3.1 玉米粉与面粉混合粉的制备

研究粒度相同条件下，玉米粉的添加量对小麦面团和馒头质构特性的影响。将面粉及玉米粉过100目筛子，按每100g面粉中分别添加5、10、15、20g玉米粉的比例配成混合粉，以不加玉米粉的面粉为对照组。

1.3.2 混合粉面团及馒头的制备

每个混合粉做5份平行实验，每份200g，在恒温条件下，将各混合粉和对照加入适量水(面团稠度达500FU左右)，再按混合粉1%的比例加入酵母后，进行揉和，将揉好的光滑、不黏手的面团放入相对湿度70%，温度36℃的雾化面包发酵箱中发酵120min。以相同的力度与揉和次数将发酵后的各面团揉成圆形后，进行TPA(texture profile analysis)测试。5份平行样品测试中，每份平行样测2次，每个测试参数去掉最大值和最小值后求平均值。

将每个经过TPA测试的混合粉面团(平均分成2份，其中一份用于出锅1h的馒头TPA测试，另一份用于出锅25h的馒头TPA测试)，以同样的力度重新揉成馒头形状，做好标记后放入蒸锅中蒸成馒头，馒头的蒸制方法按GB/T 17320—1998《专用小麦品种品质》附录B标准进行，20min左右，馒头出锅。将蒸好的馒头在室温条件下冷却1h，然后装于密实袋中，在室温条件下放置，以装入袋中为0h，然后放置24h。分别对0、24h的馒头进行TPA测试。5份平行样品测试中，每份平行样测2次，每个测试参数去掉最大值和最小值后求平均值。

1.3.3 面团及馒头TPA测试条件

TPA测试中面团及馒头的取样方法见参考文献[13]，使用的探头为P/36R型；面团及馒头的TPA测试的操作模式：压力测定；操作类型：TPA；测试前速率：1.0mm/s；测试速率：1.0mm/s；测试后速率：1.0mm/s；压缩率：50.0%；两次压缩之间的时间间隔：5.0s；触发类型设置为：Auto；起点感应力：5g；数据采集速率：200pps。从TPA实验曲线上可得到6个参数值：硬度、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性、黏附性。

1.3.4 玉米粉添加量与馒头硬化速率的关系

探讨馒头在放置过程中，玉米粉添加量与馒头硬化速率之间的关系，馒头硬化速率的测定方法见参考文献[14]。

馒头硬化速率/(N/h)=(贮存24h馒头芯硬度/N—贮存0h馒头芯硬度/N)/24h

1.3.5 玉米粉添加量对面团微观结构的影响

每100g面粉中分别添加0、5、10、15、20g玉米粉混匀后和成面团，面团醒发90min后拉伸搓圆，从面团中取3~5mm³左右的小面团作为测试样，立即浸泡于磷酸缓冲液配制的戊二醛中，在4℃条件下固定。然后用pH7.2的磷酸缓冲液清洗3次，每次5min，再用钨酸固定1.5h，之后重新用pH7.2的磷酸缓冲液清洗3次，每次5min。再依次用30%、50%、70%、90%、100%的丙酮脱水，每次20min。样品以CO₂临界干燥后，将其用双面胶带黏在样品台上，经IB-5离子溅射仪镀金100A后用JEOL-JSM-6360LV型扫描电镜观察拍照，加速电压15 kV，照片放大倍数为200倍。

1.3.6 统计分析

利用SPSS12.0分析系统对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 玉米粉对面团质构特性的影响

表1 玉米粉添加量对面团质构特性的影响
Table 1 Effect of corn flour addition on textural properties of dough

参数	玉米粉添加量/(g/100g面粉)				
	0(对照组)	5	10	15	20
硬度/N	15.59±0.53 ^{ab}	13.62±0.76 ^c	14.67±0.08 ^{bc}	15.49±0.35 ^{ab}	16.06±0.99 ^a
内聚性	0.22±0.03 ^b	0.26±0.01 ^b	0.24±0.02 ^b	0.22±0.02 ^b	0.33±0.05 ^a
弹性	2.90±0.51 ^b	3.35±0.35 ^b	3.00±0.07 ^b	2.84±0.02 ^b	4.13±0.68 ^a
胶黏性/N	3.52±0.40 ^b	3.55±0.27 ^b	3.45±0.17 ^b	3.32±0.28 ^b	4.93±0.67 ^a
咀嚼性/mJ	9.69±0.77 ^c	11.63±1.11 ^b	10.37±0.51 ^{bc}	9.43±0.81 ^c	15.53±0.90 ^a
黏附性/mJ	1.88±0.13 ^a	1.30±0.26 ^b	0.35±0.11 ^{cd}	0.27±0.02 ^d	0.64±0.31 ^c

注：同行小写字母不同表示差异显著(P≤0.05)。下同。

由表1可知，与对照组相比，在100g面粉中，随着玉米粉添加量的增加，面团的咀嚼性显著增加，黏附性显著降低。添加20g玉米粉时，面团内聚性、弹性、胶黏性与对照组相比显著增加，内聚性、弹性、胶黏性与对照组相比，其他各水平变化差异不显著。玉米粉添加量低于20g时，面团质构特性变化不大。

面团的特性主要是水和面筋结合的特性，淀粉颗粒对面团特性没有太大影响，面筋是面团的骨架^[15]。硬度和咀嚼性是衡量面制品品质的两个重要指标，在一定范围内，硬度和咀嚼性越小，面团越柔软。随着玉米粉添加量的增加，面团的硬度和咀嚼性增大，这可能是由于玉米粉中蛋白质阻碍了面筋网络的形成，面筋的弹性和延展性较差，导致馒头的气室减小，因而硬度增加，咀嚼性增加。

2.2 玉米粉对馒头质构特性的影响

表2 玉米粉添加量对馒头质构特性的影响

Table 2 Effect of corn flour addition on textural properties of Chinese steamed bread

参数	玉米粉添加量/(g/100g面粉)				
	0(对照组)	5	10	15	20
硬度/N	73.28±4.61 ^a	69.19±1.65 ^a	60.36±4.69 ^b	54.94±4.35 ^b	60.73±1.82 ^b
内聚性	0.65±0.01 ^a	0.61±0.02 ^b	0.64±0.03 ^{ab}	0.66±0.01 ^a	0.64±0.02 ^{ab}
弹性	10.15±0.39 ^b	10.78±0.30 ^{ab}	11.01±0.32 ^{ab}	11.67±0.99 ^a	11.64±0.25 ^a
胶黏性/N	47.37±3.31 ^a	45.32±3.54 ^a	40.55±4.74 ^{ab}	36.28±3.30 ^b	40.71±3.27 ^{ab}
咀嚼性/mJ	480.03±18.99 ^a	489.05±49.34 ^a	445.57±39.16 ^a	424.37±61.84 ^a	473.58±30.83 ^a
黏附性/mJ	0.27±0.12 ^a	0.25±0.08 ^a	0.23±0.06 ^a	0.32±0.14 ^a	0.26±0.11 ^a

馒头出锅1h后,质构特性见表2。与对照组相比,在100g面粉中,随着玉米粉添加量的增加,馒头的咀嚼性、黏附性无显著变化;馒头的硬度及胶黏性变化趋势相似,呈降低趋势。添加量在15~20g时,与对照组相比,馒头硬度无显著差异;弹性增加,且差异显著;内聚性、咀嚼性及黏附性变化不显著。由表1、2可知,在100g面粉中,玉米粉添加量相同时,馒头的硬度、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性等参数均比相应的面团增加,馒头黏附性比相应的面团降低。

在湿面筋总量不变的情况下,与对照组相比,随着玉米粉添加量的增加,馒头质构特性发生了改变。面筋是发酵面团的骨架,使面团保持一定形状,而馒头在蒸制过程中,面筋网络中淀粉的糊化作用直接影响馒头的组织结构,糊化的淀粉颗粒首先从面团内部吸水膨胀,淀粉颗粒体积逐渐增大,实际上是由淀粉在维持馒头的体积。淀粉对面团的特性没有多大影响,但对馒头等食品品质有影响^[15],在此研究中,玉米淀粉可能是影响馒头质构特性的一个因素。

2.3 玉米粉对馒头硬化速率的影响

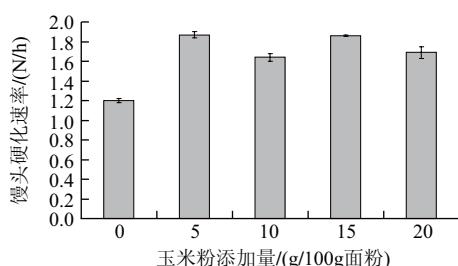


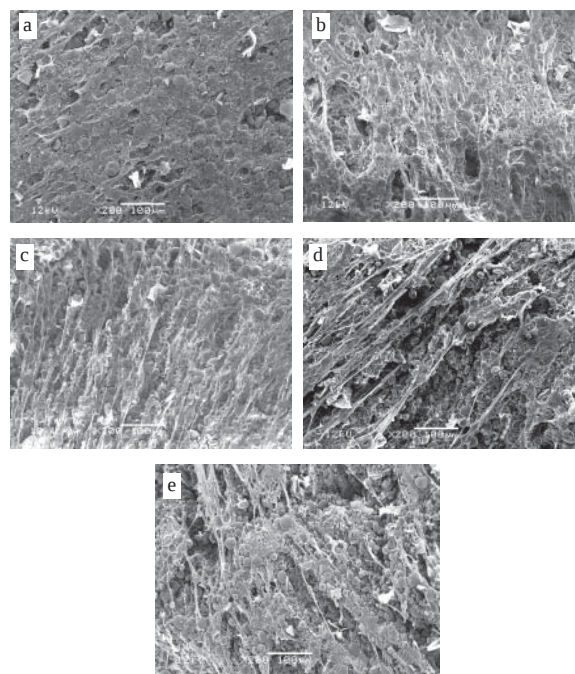
图1 玉米粉添加量对馒头硬化速率的影响

Fig.1 Effect of corn flour addition on hardness of Chinese steamed bread

馒头的硬化速率越小,说明馒头的抗老化效果越好。由图1可知,馒头放置24h以后,与对照组相比,玉米粉的添加使馒头的硬化速率显著增加,对照组馒头的硬化速率最小。影响馒头老化的因素很多^[16],淀粉的老化是其中的一个因素,糊化的淀粉在放置过程中,淀粉分子通过氢键相互作用的再缔合而产生淀粉的老化现

象,支链淀粉的老化速率高于直链淀粉^[17]。玉米粉的加入加速了馒头的老化程度的原因可能主要是由于玉米粉中支链淀粉引起的。

2.4 玉米粉对面团微观结构的影响



a. 全面粉; b~e. 玉米粉添加量分别为5、10、15、20g/100g面粉。

图2 玉米粉添加量对面团超微结构的影响

Fig.2 Effect of soybean dreg powder addition on dough ultrastructure

由图2可知,在对照组中,面筋的网络结构连续性比较好,淀粉颗粒充当填充物,在其中以高度分散的形式存在。添加玉米粉5g/100g面粉的面团面筋开始出现断裂,出现比较大的空洞;添加玉米粉15、20g/100g面粉的面团面筋断裂更严重,面筋结构受到严重破坏,几乎看不到面筋的网状结构。可见,随着玉米粉添加量的增加,面筋网络结构的连续性变差,网络发生断裂,包裹颗粒的能力变差,玉米粉含量越高,网络结构断裂越严重,面团的面筋结构恶化越严重。扫描电镜结果进一步证实了,玉米粉的添加阻碍了面筋网络结构的形成。

3 讨论

在100g面粉中,玉米粉添加量为20g时,面团的质构特性变化差异显著,低于20g时,面团质构特性变化不大;随着玉米粉添加量的增加,馒头的硬度及胶黏性变小,弹性增加,内聚性、咀嚼性、黏附性变化不显著;玉米粉的添加,馒头的硬化速率增加,抗老化效果变差;玉米粉加入破坏了面团面筋结构的形成,面筋的网络结构断裂严重,玉米粉的添加阻碍了面筋网络结构的形成。

传统的面团及馒头品质评价方法主要是感官品质评定,其缺点是方法不易标准化,而TPA是一种模仿人的咀嚼运动的客观的感官分析方法,具有简单易行、标准化程度高、能够客观评定面团及馒头品质的优点。

利用TPA测试对面团及馒头的质构特性进行了研究,初步探索了玉米粉添加量对面团和馒头质构特性的影响,研究发现,面筋超微结构的变化可能是引起面团及馒头质构特性变化的内因,也可能是引起馒头感官品质变化的主要原因。小麦面粉中特有的麦醇溶蛋白和麦谷蛋白在面团揉制过程中伸展成条状,两种蛋白以二硫键连接,形成面粉特有的网络结构,脂肪、糖类、淀粉和水都包含在面筋骨架的网络之中^[15]。玉米粉的加入,破坏面筋网络结果原因可能是多方面的,首先可能是玉米粉的添加稀释了面筋蛋白,使面团的面筋含量下降;也可能是,玉米粉的添加,玉米蛋白质破坏了面筋结构中的二硫键的形成,从而破坏了面团的微观结构,进而影响馒头的感官品质和质构特性。

参考文献:

- [1] GALLAGHER E, GORMLEY T R, ARENDT E K. Crust and crumb characteristics of gluten-free breads[J]. *Journal of Food Engineering*, 2003, 56 (2/3): 153-161.
- [2] GALLAGHER E, ARENDT E K, GORMLEY T R. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2004, 15(5): 143-152.
- [3] 陈东升, 张艳, 何中虎, 等. 北方馒头品质评价方法的比较[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(11): 2325-2333.
- [4] DIMITRIOS S, CONSTANTINA T. Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat Cultivars[J]. *Food Bioprocess Technology*, 2009, 2(1): 68-79.
- [5] SALVADOR A, SANZ T, FISZMAN S M. Rheological properties of batters for coating products: effect of addition of corn flour and salt[J]. *Food Science and Technology International*, 2003, 9(1): 23-27.
- [6] XUE J, NGADI M. Thermal properties of batter systems formulated by combinations of different flours[J]. *LWT Food Science and Technology*, 2007, 40(8): 1459-1465.
- [7] PARKS H, WILSON J D, SEABOURN B W. Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: its effects on mixing and breadmaking quality[J]. *Journal of Cereal Science*, 2009, 49(1): 98-105.
- [8] SOO Y C, SUNG H H, SEOG W L, et al. Physico-chemical and bread-making properties of air flow pulverized wheat and corn flours[J]. *Food Science Biotechnology*, 2010, 19(6): 1529-1535.
- [9] LORENA S S, PABLO D R, ALBERTO E L, et al. Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality[J]. *Food Bioprocess Technology*, 2010, 3(4): 577-585.
- [10] CARLA B, MARIA J T, CARLA S, et al. Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality[J]. *Food Bioprocess Technology*, 2010, 3(5): 707-715.
- [11] 孙拥军, 彭辉, 安薪憬. 添加玉米粉对馒头品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(3): 295-299.
- [12] 张剑, 赵景艳, 高继伟, 等. 玉米粉对比对玉米-小麦混合粉及其馒头品质的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2012(1): 6-12.
- [13] MIÑARRO B, NORMAHOMED I, GUAMIS B, et al. Influence of unicellular protein on gluten-free bread characteristics[J]. *Europe Food Research Technology*, 2010, 231(2): 171-179.
- [14] 林金剑. 多种谷物馒头粉的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [15] 刘亚伟. 小麦精深加工: 分离·重组·转化技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 28; 38-39.
- [16] 沙坤. 中国主食馒头老化及其抑制的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [17] 谢笔钧. 食品化学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.