

麸皮粒径对全麦面团流变特性和馒头品质的影响

刘丽娅, 岳颖, 蔺艳君, 周闲容, 佟立涛, 王丽丽, 周素梅

(中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

摘要: 研究了麸皮粒径对空白和加酶(葡萄糖氧化酶+戊聚糖酶+纤维素酶)全麦面团流变特性和馒头品质的影响。采用回添法将不同粒径麸皮(D_{50} =285.0、186.7、75.7 μm)添加至面粉中制得全麦粉, 对其热机械学特性、吹泡特性、发酵流变特性和馒头品质进行分析。结果表明: 对于空白全麦体系, 随着麸皮粒径的降低, 全麦粉吸水率显著增加; 全麦面团稳定时间和韧性有所降低, 发酵性能变差, 但面团延展性显著提高。加酶全麦面团流变特性随麸皮粒径度大小的变化规律与空白全麦面团体系相似。但加酶后, 面团的稳定时间进一步降低, 而面团的延展性、膨胀能力和发酵性能得到显著改善。酶法改良后的全麦馒头感官品质亦显著提高。对于空白和加酶全麦体系, 中麸(D_{50} =186.7 μm)全麦馒头感官品质均较佳, 麸皮过细对馒头品质产生劣化作用。

关键词: 麸皮; 粒径; 全麦面团; 流变; 馒头; 酶

文章编号: 1673-9078(2018)12-82-88

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.013

Effects of Wheat Bran Particle Size on the Rheological Property of Whole Wheat Dough and Buns Quality

LIU Li-ya, YUE Ying, LIN Yan-jun, ZHOU Xian-rong, TONG Li-tao, WANG Li-li, ZHOU Su-mei

(Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: The effects of wheat bran particle sizes on the rheological property of whole wheat dough and buns quality with or without the addition of complex enzymes (Glucose oxidase+Pentosanase+Cellulase) were studied. The whole wheat flour was prepared by adding the pretreated bran of different sizes (D_{50} =285.0, 186.7, 75.7 μm) back to the refined flour, then the thermomechanical, alveograph, and fermentation properties of the dough, as well as buns quality, were measured. The results indicated that with the decrease of bran size, the water absorption of whole wheat flour increased; the stabilization time, tenacity, and fermentability of dough were all decreased, but the dough malleability was increased significantly. The effects of bran size on the enzymes-treated dough were quite the same as their influences on the dough in the absence of enzymes. However, the addition of enzymes decreased the stabilization time of dough, whereas the malleability, expandability, and fermentability were significantly improved. With the use of enzymes, the sensory score of whole wheat buns was highly increased. The whole wheat buns prepared with medium bran size (D_{50} =186.7 μm) presented better sensory quality in the systems either with or without enzymes, and fine bran caused a significant decrease in buns quality.

Key words: wheat bran; particle size; wholewheat dough; rheological property; buns; enzymes

随着公众对全谷物营养健康概念认知的深入, 全谷物食品日益深入人心^[1]。全麦粉及其制品在全谷物产业发展中所占比重高达 50% 以上。西方发达国家在应用全麦粉类原料制作烘焙食品上的研究已取得很大进步^[2]。但是在我国, 由于加工技术水平低、全麦粉起步较晚等问题, 目前全麦粉及其制品所占消费比重仍较低(不足总产的 10%)^[2]。馒头作为我国的传统

收稿日期: 2018-08-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(31471679; 31571768)

作者简介: 刘丽娅(1982-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 谷物加工与功能食品

通讯作者: 周素梅(1971-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 谷物加工与功能食品

主食, 占小麦消费总量的 40% 以上, 若采用全麦馒头代替普通馒头, 对我国居民健康饮食、膳食营养具有重大意义。但由于全麦馒头普遍存在口感粗糙、气味和色泽不佳的问题而难以推广, 我国全麦馒头的口感品质亟待解决。

迄今为止, 有关麸皮粒径大小对面制品品质影响的研究已较为广泛。研究表明, 大颗粒或小颗粒麸皮均不利于面制品品质^[3]。但是, 研究者在适宜麸皮粒径的控制上仍存在争议。有研究认为制作全麦面包最适宜的麸皮平均粒径应在 400~500 μm ^[4]; 但有研究认为粒径最好小于 280 μm ^[5]; 李娟等^[6]则认为全麦粉粒径分布曲线拟合得到的平均粒径在 97 μm 左右时, 全麦面包孔隙度、均匀度最佳, 面包芯质地细腻, 烘

焙品质最好。此外,酶制剂在面制品品质改良中的作用已被广泛认可。以往研究表明,在面制品中适量添加 Gox,可使面团筋力增强,面团干爽,显著改善馒头品质^[7,8]。戊聚糖酶(Pn)可使面团变得柔软,延伸增强,馒头心柔软细腻^[9];添加纤维素酶(Ce),有利于改变纤维素结晶结构,水分子的介入使纤维素分子之间的氢键破坏,产生部分可溶性的微结晶因而可能对全麦制品品质产生有利影响^[10]。

本团队前期采用复合酶显著提高了全麦粉馒头的品质,即:葡萄糖氧化酶(Gox)、戊聚糖酶(Pn)和纤维素酶(Ce)三酶协同作用,且当添加量分别为 Gox 40 mg/kg、Pn 40 mg/kg、Ce 30 mg/kg 效果最佳。然而,但针对麸皮粒径对馒头品质的影响相关报道较少,麸皮粒径对酶法改良馒头品质的影响更鲜有报道。基于此,本研究采用布勒磨配套粉筛从市售全麦粉中分离出 100 目以上的麦麸,经旋风磨粉碎,获得不同粒径大小的麸皮,按比例回添制成含有不同麸皮粒径的全麦粉。在此基础上,研究麸皮粒径对空白和添加复合酶(Pn+Gox+Ce)的全麦馒头比容、硬度及感官品质的影响,确定适宜全麦馒头制作的麸皮粒径大小;通过分析麸皮粒径对空白及加酶全麦面团热机械学特性、吹泡特性和发酵特性的影响,初步揭示麸皮粒径对全麦面团品质特性的影响及其与全麦馒头品质之间的内在联系。相关研究成果有望为全麦馒头加工原料的选取提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

全麦粉: Bob's Red Mill 全麦粉(蛋白质 10%、脂肪 1%、碳水化合物 9%、膳食纤维 20%),美国 Bob's Red Mill Natural Foods 公司;低糖高活性干酵母,安琪酵母股份有限公司;葡萄糖氧化酶(GLUZYME Mono 10000 BG, 10000 GODU/g)、戊聚糖酶(Pentopan Mono BG, 2500 FXU(W)/g)、纤维素酶(Celluclast BG, 3500 EGU/g),均为诺维信生物技术有限公司惠赠;氯化钠(分析纯),国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

电子天平: YP 30002 型,上海越平科学仪器有限公司;和面机: KENWOOD (major classic)型,邑隆贸易(上海)有限公司;面团成型机: JXCZ 型,北京东孚久恒仪器技术有限公司;醒发箱: FX-10A 型,广东恒联食品机械有限公司;电蒸锅: ZN28YK807-150 型,浙江苏泊尔家电制造有限公司;面包体积测

定义: JML 型,杭州大吉光电仪器有限公司;质构仪: TA_XT 2i/5 型,英国 Stable Micro System 公司;旋风磨: CT410 型,福斯赛诺分析仪器苏州有限公司;粉筛: LFS-30 型,布勒粮食检验仪器无锡有限公司;激光粒度测定仪: Microtrac S3500 型,美国麦奇克(Microtrac)有限公司;混合实验仪: Mixlab2 型,法国肖邦技术公司;流变发酵仪: RheoF3 型,法国肖邦技术公司;全自动吹泡仪: Alveolab 型,法国肖邦技术公司。

1.2 实验方法

1.2.1 不同粒径加酶全麦粉制备方法

首先将市售红磨坊全麦粉经 100 目粉筛筛理 200 s,分离筛上物,定义为大粒径麸皮(粗麸);筛下物视为“面粉”。大粒径麸皮经内带 40 目筛的旋风磨粉碎,定义为中粒径麸皮(中麸)。大粒径麸皮经内带 80 目筛的旋风磨粉碎,定义为小粒径麸皮(细麸)。不同粒径麸皮与“面粉”按照最初的比例(77.9 g“面粉”/100 g 全麦粉)混合,向其中加入一定量的复合酶制剂(40 mg/kg Gox+40 mg/kg Pn+30 mg/kg Ce),混合均匀,得到不同粒径加酶全麦粉,备用。

1.2.2 粒径测定方法

取适量混合均匀的不同粒径麸皮和全麦粉,参考 Wang 的方法^[11],使用激光粒度粒径分析仪测定粒径分布, D_{10} 、 D_{50} 、 D_{90} 分别表示小于或等于此粒径值的体积占测量样品全部体积的 10%、50%、90%。

1.2.3 全麦面团热机械学特性测定

参考李娟的实验方法,采用 Mixolab 混合实验仪对空白和加酶全麦粉的热机械学特性参数进行测定。实验条件选用 Chopin+标准。试验前,首先需对待测粉样的水分含量进行测定。整个测试过程获得的参数(C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 α 、 β 、 γ)释义见文献^[12]。

1.2.4 全麦面团吹泡特性的测定

参考 GB/T 14614.4-2005 的方法,采用 Alveograph 吹泡仪,对空白及添加复合酶的全麦面团的吹泡特性进行测定,加水量按 Mixolab 测得的吸水率添加。具体操作过程如下:先将 250 g 面粉倒入和面钵中,开启搅拌刀,在 25 s 内将适量 2.5% NaCl 溶液加入和面钵,与面粉混合 8 min 直至面团均匀,反转和面刀使面团从面钵右侧挤出,将适量面团切下并放至配套平板上进行压片,再将压好的平整面片切成圆形,置于醒发室中 25 °C 醒发 20 min,然后进行吹泡。仪器记录下的是面泡内压力变化的曲线,每个样品分成 5 个面片进行吹泡,最终实验结果对 5 次实验取平均值,如有因气泡过早破裂而造成偏离的曲线,则应删除。

从吹泡测试中得到的参数有 P、L、W、G、P/L 和 Ie, 各参数的释义见文献^[13]。

1.2.5 全麦面团发酵流变特性测定

采用 F3 流变发酵仪对空白及添加复合酶的全麦面团流变发酵特性进行测定^[14]。称取 300 g 加酶全麦馒头粉, 向其中加入 3 g 酵母, 混匀。加入适量水, 边加边用筷子搅拌成均匀面絮; 使用和面机最低档和至面絮成团, 再换 1 档和面 10 min, 称取 315 g 和好的面团放入发酵篮中进行测定。测试在 30 °C 下进行, 负重砝码为 0 kg, 测试时间为 3 h。每个样品重复测试 2 次, 最终结果取平均值。

实验结束可得到两个曲线, 即面团发酵曲线和气体释放曲线。Hm 是面团发酵曲线的最大高度, 代表面团发酵过程中达到的最大高度, 是酵母产气能力和面团持气能力的综合反映; h 是测试结束时 (对于本实验测试时间是 3 h) 的面团高度; (Hm-h)/Hm 为发

酵 3 h 的耐受性。H'm 是气体释放曲线的最大高度, 代表发酵过程中气体释放的最大速率, 气体释放曲线反映发酵过程中酵母的产气能力; Total volume 是整个实验过程中 (3 h) 的气体总释放量。

1.2.6 全麦馒头制作

将和好的面团置于 37 °C, 85% RH 发酵箱中发酵 60 min。面团均分为 6 份, 调整辊距为 6 mm, 压面 20 次, 手工搓圆, 塑型至高约 5 cm。于 37 °C、85% RH 发酵箱中再次醒发 30 min 后, 放入已煮沸并垫有纱布的铝蒸锅屉上蒸制 25 min。取出于室温下冷却 1 h, 进行相关指标测定。

1.2.7 全麦馒头比容测定及品质评价

馒头感官评分标准参考 GB/T 17320-2013 附录 A, 并根据全麦馒头特点进行适当修改。优选 7 名感官评价人员根据表 1 对产品进行感官评价。

表 1 全麦馒头感官评分标准

Table 1 The standard of the sensory score of whole wheat steamed buns

项目	满分	评分标准
比容	25 分	2.50 cm ³ /g 为满分, 每少 0.1 扣 2 分
外观 (35 分)	表面结构	5 分 光滑: 4~5 分; 皱缩、塌陷、有气泡、有凹点或大块烫斑: 1~4 分。
	外观形状	5 分 对称、挺、有球形感: 3~5 分; 扁平或不匀称: 1~3 分。
内部 (65 分)	内部结构	15 分 气孔细小、均匀: 12~15 分; 气孔过于细密但均匀: 8~12 分; 有大气孔、结构粗糙: 5~11 分; 边缘与表皮有分离现象: 8~12 分。
	弹性	10 分 回弹快、能复原、可压缩 1/2 以上: 7~10 分; 手指按压回弹弱或不回弹: 3~7 分; 手指按压困难, 感觉较硬: 2~6 分。
	韧性	10 分 咬劲强: 7~10 分; 咬劲弱且掉渣或咀嚼干硬、无回弹或不回弹: 4~7 分。
	粘性	10 分 爽口不粘牙: 8~10 分 稍粘或粘: 3~7 分。
	粗糙感	10 分 不明显或较细腻: 8~10 分; 轻微粗糙感: 3~7 分; 粗糙感强: 1~2 分。
	气味	5 分 具麦香、无异味: 4~5 分; 味道平淡: 3~4 分; 有异味: 1~3 分。
	滋味	5 分 具香甜味、无异味: 4~5 分; 味道平淡: 3~4 分; 有异味: 1~3 分。

1.2.8 全麦馒头质构测定

参照文献并作适当修改^[15], 采用 TA-XT 2i/5 型质构仪测定。具体步骤为: 馒头冷却 1 h 后, 用刀将馒头纵切成厚度为 20 mm 的薄片, 进行 TPA 测试, 获得馒头硬度、咀嚼性数据, 每个样品重复测定 4 次, 取平均值。测定条件: P/36R 探头; 压缩率 50%; 测前速度、测后和测试速度均为 1.00 mm/s; 间隔时间 5

s; 触发类型为: Auto; 起点感应力: 5 g; 数据采集速率: 200 pps。

1.2.9 数据分析

采用 Microsoft Excel 进行数据整理, 试验数据以平均值±标准差表示。采用 SAS9.2 软件进行单因素方差分析, 并在图表中用不同字母上标来表示显著差异 ($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 麸皮及全麦粉粒径测定

不同粗细度麸皮、全麦粉以及面粉粒径的测定结果见表 2。由表可知大、中、小三种不同粗细度麸皮的 D₅₀ 值分别为 285.0、186.7、75.7 μm，粒径依次减小，D₁₀ 和 D₉₀ 值也表现出相同趋势。比较同一样品的 D₁₀、D₅₀ 和 D₉₀ 值，不难发现经旋风磨粉碎的麸皮，粒径分布范围较大，这与以往的研究相一致。可能是由于麸皮中的不同组分机械强度存在较大差异，特别是麸皮的外层果皮质地非常坚硬，因此粉碎困难。随着麸皮粒径的减小，全麦粉粒径降低，但下降程度不如麸皮明显，这主要是因为全麦粉中比例较高的面粉组分对平均粒径影响更大。含有小粒径麸皮的全麦粉与面粉粒径分布及其平均值最为接近。

2.2 麸皮粒径对全麦面团热机械学特性的影响

采用 Mixolab 测试仪分析麸皮粒径对空白及加酶全麦面团热机械学特性的影响，结果见表 3。对于空白全麦粉，随着麸皮粒径降低，全麦粉吸水率显著增大。这与 Noort 等人的报道相一致^[4]。以往研究表明，超细粉碎的燕麦麸皮具有更高的持水能力，这可能是

因为麸皮进一步粉碎后，比表面积增大从而增加了与水的接触面积^[16]。然而，对于小麦麸皮，过细的麸皮粒径反而造成其持水能力的降低^[17]。这是由于不溶性膳食纤维的水合能力主要与其多糖链形成的多孔结构有关，这些多孔可通过氢键保持大量水分。但由于过度粉碎可引起糖链结的破坏，因此不利于获得高的持水性^[18]。因此，本研究中麸皮粒径减小引起的全麦粉吸水率增加，可能是由于面筋网络吸水率的变化^[4]。

空白全麦粉面团形成时间随麸皮粒径减小呈现先减小后增大的趋势。可能的原因是大粒径麸皮对面筋蛋白基质产生稀释作用，面筋网络形成困难，形成时间较长；而麸皮粒径的适当减小，有利于大量羟基暴露在外加快面团吸水速率，使面团形成时间减少；但麸皮粉碎过细，面团的形成时间反而有所增加，可能由于表面上粘附着一定胚乳颗粒，其吸水溶胀时间延长，所以形成时间增大。此外，空白面团稳定时间和蛋白弱化度随麸皮粒径的减小有降低趋势，即筋力减弱，可能因为麸皮越小，与面筋的结合越充分，对面筋结构的破坏也越严重。且麸皮过细，面团糊化粘度(C3)降低，淀粉回生值显著增加。另一方面，加酶全麦面团吸水率也随麸皮粒径的减小而增加。并且随着麸皮粒径的减小，加酶面团稳定时间所下降的程度较空白面团更为明显，面筋网络的稳定性和面团粘度也有显著降低，但淀粉回升特性与麸皮粒径大小关系不大。

表 2 麸皮、全麦粉及面粉粒径

Table 2 The particle size of wheat bran, whole wheat flour and flour

粒径 /μm	麸皮			全麦粉			面粉
	粗麸	中麸	细麸	粗麸	中麸	细麸	
D ₁₀	191.0±5.9	22.5±2.5	13.3±3.2	27.4±2.8	20.3±2.3	17.4±3.4	19.4±3.6
D ₅₀	285.0±12.1	186.7±8.9	75.7±10.4	136.0±8.9	105.9±11.6	78.9±9.5	86.4±11.8
D ₉₀	632.4±14.6	442.5±24.8	260.7±34.6	294.0±27.6	286.0±28.9	199.7±28.7	164.7±15.4

表 3 不同麸皮粒径全麦粉的 Mixolab 参数

Table 3 The Mixolab parameters of whole wheat flour with different bran particle size

项目	麸皮 粒径	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	C1-C2/Nm	C3/Nm	C3-C4/Nm	C5-C4/Nm
	中麸	69.40±0.15 ^b	7.15±0.43 ^c	10.28±0.36 ^b	0.67±0.03 ^{ab}	1.95±0.00 ^b	0.07±0.00 ^b	1.45±0.04 ^{ab}
	细麸	70.20±0.30 ^a	8.23±0.54 ^b	10.10±0.38 ^b	0.68±0.03 ^{ab}	1.92±0.01 ^{bc}	0.09±0.01 ^b	1.53±0.06 ^a
加酶	粗麸	68.40±0.20 ^c	8.57±0.41 ^{ab}	10.95±0.47 ^a	0.70±0.02 ^{ab}	1.94±0.03 ^b	0.27±0.00 ^a	1.30±0.03 ^c
	中麸	69.40±0.15 ^b	8.75±0.55 ^a	9.47±0.56 ^c	0.73±0.03 ^a	1.89±0.04 ^{bc}	0.25±0.02 ^a	1.27±0.05 ^c
	细麸	70.20±0.24 ^a	8.93±0.37 ^a	9.18±0.68 ^c	0.74±0.02 ^a	1.86±0.03 ^c	0.22±0.02 ^a	1.27±0.03 ^c

注：同列中所标的不同字母的值在 0.05 水平上差异显著，下表同。

2.3 麸皮粒径对全麦面团吹泡特性的影响

表 4 为麸皮粒径对添加复合酶前后的全麦面团吹泡仪特征参数影响的测定结果。由表可知，与粗麸全

麦粉相比,中麸和细麸全麦面粉团的韧性虽有一定程度的降低,但延展性却大幅提高。并且中麸和细麸全麦面粉团 W 值相当,显著高于粗麸全麦面粉团,意味着气泡膨胀到破裂所需要的总能量显著提高,面粉团的膨胀性能更为优异。鲍庆丹^[19]研究表明,大颗粒麸皮的存在阻碍面筋网络的连续性,对面团充气膨胀后形成的膜状面筋结构产生穿刺作用,在内部气压升高时容易破裂,随着麸皮粒径的减小,更好地与面筋结合,这种穿刺作用减弱,这一结论很好的解释了上述实验现象。

添加复合酶对不同粒度全麦面粉吹泡参数的影响趋势一致,即 L 值和 W 值均增大,P/L 减小,证明了复合酶对不同麸皮粒径全麦面粉均有显著改良作用。从吹泡仪的结果可以看出,粗麸和细麸加酶全麦面粉团 L、W 及 P/L 值都更接近于馒头专用粉参数(L=65~105 mm, P/L=0.5~1.2),且细麸面粉团的延展性优于中麸面粉团。结合 Mixolab 分析结果,这可能与细麸全麦面粉团韧性降低以及面筋蛋白弱化程度增加存在一定联系。

表 4 不同麸皮粒径全麦面粉团的吹泡参数

Table 4 The alveograph parameters of whole wheat dough with different bran particle size

项目	麸皮粒径	P/mm H ₂ O	L/mm	W/10 ⁻⁴ J	P/L	Ic/%
空白	粗麸	61.5±0.5 ^b	33.2±0.9 ^f	92.4±0.4 ^d	1.88±0.03 ^a	50.6±0.65 ^{bc}
	中麸	58.0±0.4 ^c	55.4±0.7 ^d	115.3±2.1 ^b	1.05±0.07 ^c	51.0±2.00 ^{abc}
	细麸	56.3±0.5 ^d	60.3±0.6 ^e	113.3±1.3 ^{bc}	0.93±0.06 ^d	50.6±1.65 ^{bc}
加酶	粗麸	63.4±0.6 ^a	40.2±0.5 ^e	110.2±1.0 ^c	1.58±0.02 ^b	49.7±0.75 ^c
	中麸	56.9±0.8 ^d	65.4±0.6 ^b	124.4±2.4 ^a	0.89±0.04 ^d	52.6±1.55 ^{ab}
	细麸	55.3±0.6 ^e	74.3±0.8 ^a	127.9±3.26 ^a	0.74±0.05 ^e	53.4±0.95 ^a

表 5 不同麸皮粒径全麦面粉团发酵特性分析结果

Table 5 The fermentation properties of whole wheat dough with different bran particle size

项目	麸皮粒径	Hm/mm	h/mm	(Hm-h)/Hm/%	H'm/mm	Total volume/mL
空白	粗麸	30.7±0.9 ^c	27.3±0.86 ^b	11.0±3.1 ^a	123.2±9.8 ^b	2573±123 ^c
	中麸	31.0±1.5 ^c	27.1±1.0 ^b	9.1±0.5 ^{ab}	122.7±10.4 ^b	2607±87 ^{bc}
	细麸	27.6±1.1 ^d	26.2±2.0 ^b	5.1±1.5 ^c	123.9±13.5 ^b	2729±134 ^b
加酶	粗麸	41.3±2.3 ^a	37.6±1.6 ^a	9.0±0.7 ^{ab}	130.3±8.6 ^a	2705±57 ^b
	中麸	40.9±1.0 ^{ab}	37.3±1.8 ^a	8.8±1.2 ^b	132.1±11.5 ^a	2789±103 ^{ab}
	细麸	40.0±0.1 ^b	37.3±0.1 ^a	6.7±2.2 ^c	132.0±18.2 ^a	2866±67 ^a

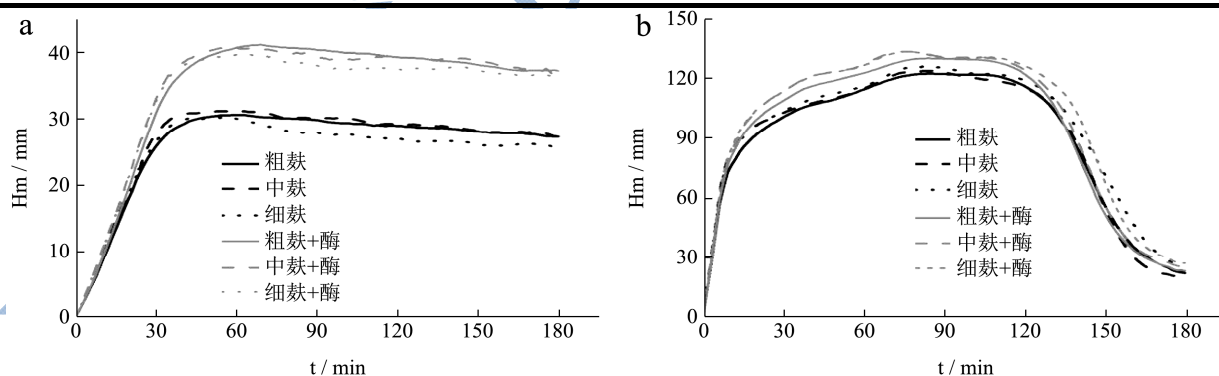


图 1 不同麸皮粒径全麦面粉团发酵 (a) 和气体释放曲线 (b)

Fig.1 The fermentograph (a) and Gas release curve (b) of whole wheat dough with different bran particle size

注: 图中黑色曲线为空白样品, 灰色曲线为加酶样品。

2.4 麸皮粒径对全麦面粉团吹泡特性的影响

麸皮粒径对加酶前后全麦面粉团发酵流变特性的影响结果见表 5 和图 1。由结果可知,对于空白和加酶面粉团,虽然随着麸皮粒径的减小,面粉团发酵 3 h 内的气体总释放量具有一定程度的提高,但细麸全麦面粉

团的最大膨胀高度 (Hm) 显著低于粗麸和中麸全麦面粉团。细麸较高的产气能力可能与麸皮二次粉碎时产生了更多的破损淀粉,有利于酵母的利用相关。分析复合酶对不同粒径全麦面粉团的改良作用,可以发现,酶制剂的添加对不同粒径全麦面粉团最大膨胀高度 (Hm) 及实验结束时面粉团高度 (h) 均有积极作用,

提高幅度在30%左右,这可能与复合酶增强了面团的延展性,有利于面团膨胀有关。同时,添加复合酶的体系气体释放曲线的最大高度略有提高,同时发酵面团在前2小时内的产气量增多。

2.5 麸皮粒径对全麦馒头品质的影响

许多研究者就麸皮粒径对面制品品质的影响进行了研究,但多集中在面包品质方面。Moder等^[20]认为细麸面包屑纹理优于粗麸;但若麸皮过于细小,则其中的化学组分容易与面筋相互作用而弱化面团筋力。Shetlar等^[21]研究表明麸皮面包的体积与麸皮的粒径呈负相关。图2和图3为麸皮粒径对全麦馒头加酶前后比容、硬度和感官品质的影响。结果表明,对于空白样品,随着麸皮粒径的减小,馒头比容不断降低、硬度逐渐升高,高径比有一定程度的下降。从表6感官评分结果可知,随着麸皮粒径的降低,馒头内部结构、粗糙感得到改善,但含细麸皮的全麦馒头,韧性显著降低、粘性增大,且产生难闻的麸皮蒸煮味;相对而言,中麸馒头感官总分最高,为79分,粗麸和细麸馒头评分不足75分。与空白样品相比,复合酶对含有不同粒径麸皮的全麦粉均表现出较好的改良效果。馒头比容增大、硬度减小,内部结构、弹性、粗糙感均得到显著改善,含粗、中、细麸的全麦馒头感官评分分别增加到90.0、93.5和84.0。同时,加酶样品的感官品质随麸皮粒径变化趋势亦与空白样品相类似,酶法改良后的粗麸和中麸全麦馒头品质最佳,显著优于细麸馒头,但加酶后粗麸和中麸馒头感官评分

无显著差异。

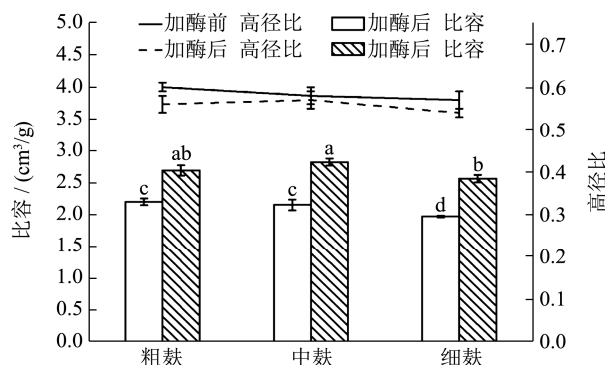


图2 麸皮粒径对全麦馒头比容、高径比的影响

Fig.2 Effect of bran particle size on the specific volume and height/diameter ratio of whole wheat Chinese steamed buns

注:图中所标的不同字母的值在0.05水平上差异显著,

下同。

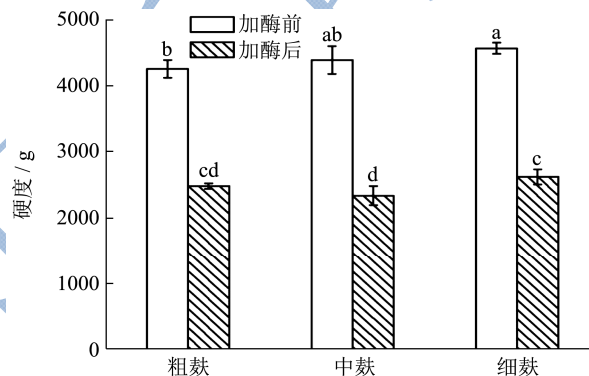


图3 麸皮粒径对全麦馒头硬度的影响

Fig.3 Effect of bran particle size on the hardness of whole wheat Chinese steamed buns

表6 不同麸皮粒径全麦馒头的感官评分

Table 6 The sensory score of whole wheat Chinese steamed buns of different bran size

麸皮粒径	比容	表面结构	外观形状	内部结构	弹性
空白	粗麸	21.9±1.2 ^b	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	9.5±0.3 ^e
	中麸	22.0±1.5 ^b	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	10.5±0.3 ^d
	细麸	20.3±1.2 ^b	3.4±0.8 ^c	3.3±0.5 ^c	11.5±0.3 ^c
加酶	粗麸	25.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	13.0±0.5 ^b
	中麸	25.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	14.5±0.5 ^a
	细麸	25.0±0.0 ^a	4.3±0.4 ^b	4.1±0.5 ^b	14.0±0.2 ^a

麸皮粒径	韧性	粘性	粗糙感	气味	滋味	总分	
空白	粗麸	8.0±0.5 ^c	8.0±0.5 ^a	3.5±0.5 ^c	4.0±0.5 ^a	3.5±0.3 ^b	74.0±1.2 ^d
	中麸	8.0±0.4 ^{bc}	7.5±0.6 ^a	6.0±0.5 ^b	4.5±0.5 ^a	4.5±0.0 ^a	79.0±2.7 ^c
	细麸	6.5±0.5 ^d	7.0±0.4 ^a	8.0±0.5 ^a	4.0±0.3 ^a	4.0±0.3 ^{ab}	73.5±3.1 ^d
加酶	粗麸	9.5±0.6 ^a	8.0±0.5 ^a	6.0±0.3 ^b	4.5±0.8 ^a	4.5±0.2 ^a	90.0±1.5 ^a
	中麸	9.0±0.6 ^{ab}	8.0±0.6 ^a	8.0±0.4 ^a	4.5±0.4 ^a	4.5±0.4 ^a	93.5±1.8 ^a
	细麸	8.0±0.4 ^c	6.0±0.4 ^b	8.0±0.4 ^a	3.5±0.3 ^b	3.5±0.6 ^b	84.0±4.2 ^b

3 结论

本研究对比了麦麸粒径对空白及加酶全麦面团流变特性及全麦馒头的品质的影响。研究发现,全麦

面团的流变特性和全麦馒头的品质与麸皮的粒径大小密切相关。对于空白全麦馒头,以中等粒径麸皮制得的产品品质最好;粗麸面团延展性差,产品口感粗糙;麸皮粒径减小,面团吸水率增大、稳定时间及弱化度下降,馒头的弹性、韧性和粘性评分均显著降低。添加复合酶对不同粒度全麦面团延展性、膨胀能力和发酵性能均有改善作用,显著改善不同粒径全麦馒头的感官品质。对于加酶全麦馒头而言,粗麸和中麸馒头感官评分相当,且显著优于细麸馒头。

参考文献

- [1] Qiang X, YongLie C, QianBing W. Health benefit application of functional oligosaccharides [J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77(3): 435-441
- [2] 汪丽萍,吴飞鸣,田晓红,等.全麦粉的国内外研究进展[J].粮食与食品工业,2013,20(4):4-8
WANG Li-ping, WU Fei-ming, TIAN Xiao-hong, et al. Research progress on whole wheat flour at home and abroad [J]. Cereal and Food Industry, 2013, 20(4): 4-8
- [3] Galliard T, Gallagher D M. The effects of wheat bran particle size and storage period on bran flavour and baking quality of bran/flour blends [J]. Journal of Cereal Science, 1988, 8(2): 147-154
- [4] Noort M W J, van Haaster D, Hemery Y, et al. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality-evidence for fibre-protein interactions [J]. Journal of Cereal Science, 2010, 52(1): 59-64
- [5] Majzoobi M, Farahnaky A, Nematolahi Z, et al. Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2012, 15(1): 115-123
- [6] 李娟,王韧,王莉,等.全麦粉粒度对全麦面包品质影响的MRI 研究[J].江苏大学学报:自然科学版,2012,33(6):654-658
Li Juan, Wang Ren, Wang Li, et al. Particle effect size of whole wheat flour on whole wheat bread quality based on magnetic resonance imaging technique [J]. Journal of Jiangsu University (Natural Science Edition), 2012, 33(6): 654-658
- [7] Eugenia Steffolani M, Ribotta P D, Pérez G T, et al. Combinations of glucose oxidase, α -amylase and xylanase affect dough properties and bread quality [J]. International journal of Food Science & Technology, 2012, 47(3): 525-534
- [8] Decamps K, Joye I J, Courtin C M, et al. Glucose and pyranose oxidase improve bread dough stability [J]. Journal of Cereal Science, 2012, 55(3): 380-384
- [9] Niu M, Hou G G, Kindelspire J, et al. Microstructural, textural, and sensory properties of whole-wheat noodle modified by enzymes and emulsifiers [J]. Food Chemistry, 2017, 223: 16-24
- [10] Steffolani M E, Ribotta P D, Pérez G T, et al. Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality [J]. Journal of Cereal Science, 2010, 51(3): 366-373
- [11] 熊礼橙,牛猛,张宾佳,等.麦麸粒径对全麦面团流变学特性的影响[J].食品工业科技,2017,38(2):98-103,110
XIONG Li-cheng, NIU Meng, ZHANG Bin-jia, et al. Effects of wheat bran particle size on rheological properties of whole-wheat dough [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(2): 98-103, 110
- [12] Rosell C M, Santos E, Collar C. Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab ® [J]. European Food Research and Technology, 2010, 231(4): 535-544
- [13] Gobaa S, Brabant C, Kleijer G, et al. Effect of the 1BL. 1RS translocation and of the Glu-B3 variation on fifteen quality tests in a doubled haploid population of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Journal of Cereal Science, 2008, 48(3): 598-603
- [14] Huang W, Kim Y, Li X, et al. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature [J]. Journal of Cereal Science, 2008, 48(3): 639-646
- [15] 杨炜,蔺艳君,刘丽娅,等.小麦馒头品质评价方法优化[J].食品科学技术学报,2016,34(2):31-38
YANG Wei, LIN Yan-jun, LIU Li-ya, et al. Optimization of evaluation method of wheat steamed bread quality [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 34(2): 31-38
- [16] Strange E D, Onwulata C I. Effect of particle size on the water sorption prosperities of cereal fibers 1 [J]. Journal of Food Quality, 2002, 25(1): 63-73
- [17] Zhu K X, Huang S, Peng W, et al. Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fiber [J]. Food Research International, 2010, 43(4): 943-948
- [18] Zhao G, Zhang R, Dong L, et al. Particle size of insoluble dietary fiber from rice bran affects its phenolic profile, bioaccessibility and functional properties [J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 87: 450-456
- [19] 鲍庆丹.麸皮粗细度对麸皮馒头品质影响的研究[D].郑州:河南工业大学,2010

- BAO Qing-dan. Effect of wheat bran size on the property of steamed buns [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2010
- [20] Moder G J, Finney K F, Bruinsma B L, et al. Bread-making potential of straight-grade and whole-wheat flours of triumph and eagle-plainsman V hard red winter wheats [J]. Cereal Chemistry, 1984, 61(4): 269-273
- [21] Shetlar M R, Lyman J F. Effect of bran on bread baking [J]. Cereal Chemistry, 1944, 21: 295-304

现代食品科技