

研磨方式对小麦粉粉体特性的影响

Effect of different milling methods on the powder properties of wheat flour

马思雨

田潇凌

王晓曦

蔡文雅

MA Si-yu TIAN Xiao-ling WANG Xiao-xi CAI Wen-ya

(河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

(Henan University of Technology, College of Food Science and Technology, Zhengzhou, Henan 450001, China)

摘要:以扬麦 20、新麦 26 籽粒为原料制备胚乳颗粒粉,再用撞击磨、锤式磨、高速粉碎机进行不同程度的粉碎得到不同粒度的小麦粉,测定水分、灰分等基本理化指标,经激光粒度仪和粉体综合特性测试仪测定粉体的流动性相关指标,并用 Carr 指数法对小麦粉流动性进行综合评价分析。结果表明:3 种研磨方式中,经撞击磨研磨所得小麦粉流动性最好,而经锤式磨及粉碎机研磨所得小麦粉的流动性之间无显著性差异($P \geq 0.05$),但锤式磨所得小麦粉水分较低。

关键词:研磨方式;小麦粉;粉体特性;流动性

Abstract: The grains of Yangmai 20 and Xinmai 26 were used as raw materials in this study. The wheat flour with different particle sizes were milled by the Impact mill, the Hammer mill, and the Universal pulverizer. The basic physical and chemical indexes such as moisture and ash content were measured. The flowability parameters were obtained by laser particle analyzer and powder property testing instrument, and the flowability of wheat flour was analyzed by the Carr index method. The results showed that among the three milling methods, the wheat flour milled by the Impact mill had the best flowability, while no significance was found in the flowability of the wheat flour milled by two other mills ($P \geq 0.05$). Otherwise, the wheat flour obtained by the Hammer mill has low water content.

Keywords: milling method; wheat flour; powder properties; flowability

小麦粉是由小麦籽粒在除去麸皮和胚后,经研磨粉碎制成的粉体^[1]。小麦粉的市场流通涉及生产、加工、贮

藏与运输等方面,若小麦粉的流动性不好,在生产加工中容易造成粉路堵塞、筛理困难、车间电耗增加、面粉重复碾磨等问题,影响面粉的质量及出率;贮藏运输中,还可能会导致面粉结块而进一步出现面粉品质的相关问题,而粉体特性与之有着密切的联系。

由于小麦的研磨方式、制备工艺以及原料等的不同,制得的小麦粉颗粒大小、微观形状等不同,从而使得小麦粉粉体表现出不同的粉体特性^[2]。过去的报道^[3-6]中关于小麦粉品质特性或加工特性等的研究较多,对小麦粉粉体特性的研究却较少。郝春明等^[7]研究了不同种类面粉的粉体特性,但是目前关于研磨方式对小麦粉粉体特性影响尚未见报道。试验选择以撞击作用破碎为主的撞击磨,以撞击和剪切双重效果作用破碎的锤式磨以及以高速剪切作用破碎的粉碎机为磨粉设备,对胚乳颗粒粉进行不同程度的研磨制得不同粒度的小麦粉,对其粉体特性中的流动性进行研究,以考察研磨方式对小麦粉粉体特性影响。

1 材料与方法

1.1 材料及仪器

1.1.1 材料与试剂

扬麦 20:江苏金土地种业有限公司;

新麦 26:河南久圣禾新科种业有限公司;

蒸馏水:三级水,郑州市鸿运供水有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

布勒实验磨:MLU-202 型,瑞士 Buhler 公司;

撞击磨:FMFZ36 型,河北苹乐面粉机械集团有限公司;

锤式磨:JXFM110 型,杭州其伟光电科技有限公司;

高速粉碎机:XY-100 型,浙江省永康市松青五金厂;

激光粒度仪:BT-9300H 型,辽宁丹东百特仪器有限公司;

粉体综合特性测试仪:BT-1000 型,辽宁丹东百特仪器有限公司;

基金项目:国家“十三五”重点研发计划项目(编号:2018YFD0401001);国家自然科学基金面上项目(编号:31571873)

作者简介:马思雨,女,河南工业大学在读硕士研究生。

通信作者:王晓曦(1963—),男,河南工业大学教授,博士。

E-mail: wangxxly@163.com

收稿日期:2020-04-30

电子天平:AY120 型,日本岛津精密科学仪器有限公司;

电热鼓风干燥箱:101 型,北京科伟永兴仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 样品制备

(1) 小麦胚乳颗粒粉制备:分别称取 14 kg 扬麦 20 和新麦 26 籽粒,进行润麦。润麦温度为室温(20 ℃);目标水分均为 15%;新麦 26 润麦时间为 24 h,扬麦 20 为 18 h。根据式(1)计算润麦加水量。

$$X = \frac{M \times (W_1 - W_2)}{1 - W_2}, \tag{1}$$

式中:

X——加水量,%;

M——样品质量,g;

W₁——目标水分,%;

W₂——原始水分,%。

润麦后的小麦籽粒经布勒实验磨皮系统研磨后,收集次粉出口物筛理(去除细麸)后,得较纯净胚乳颗粒粉。

(2) 小麦粉制备:分别将两种胚乳颗粒粉样品混匀,均分为 3 份,用撞击磨、锤式磨、粉碎机研磨制粉。

I 撞击磨制粉:将分装好的两种胚乳颗粒粉各取 1 份,再将每份均分为 3 份;撞击磨研磨工作条件为 35 Hz,分别对 3 份胚乳颗粒粉进行 1,6,10 次撞击,得到的小麦粉依次标记为 ZM1、ZM2 及 ZM3。

II 锤式磨制粉:将分装好的两种胚乳颗粒粉各取 1 份,再将每份均分为 3 份;锤式磨研磨工作条件为 50 Hz、16 800 r/min,分别对 3 份胚乳颗粒粉进行 1,2,3 次研磨,得到的小麦粉依次标记为:CM1、CM2 及 CM3。

III 粉碎机制粉:将分装好的两种胚乳颗粒粉各均分为 3 份;粉碎机研磨工作条件为 50 Hz、26 000 r/min,分别对 3 份胚乳颗粒粉进行累积粉碎,每粉碎 5 s,间隔 2 min(冷却机器,避免过热),累积粉碎时间分别为 60,

120,180 s,得到的小麦粉依次标记为:FM1、FM2 及 FM3。

1.2.2 小麦粉基本指标测定

(1) 水分:参照 GB 5009.3—2016 的直接干燥法。

(2) 灰分:参照 GB 5009.4—2016。

1.2.3 粒度及粒度分布测定 使用 BT-9300H 型激光粒度仪测定样品的粒度及粒度分布,计算得出粉体的 D₁₀、D₅₀、D₆₀ 和 D₉₀ 的值。D₁₀、D₅₀、D₆₀、D₉₀ 分别指累计粒度分布百分数达到 10%,50%,60%,90%时所对应(小于或等于)的粒径^[8]。

1.2.4 粉体综合特性测试 根据 GB/T 31057.3—2018《颗粒材料 物理性能测试 第 3 部分:流动性指数的测量》,使用 BT-1000 型粉体综合特性测试仪,对粉体休止角、平板角、压缩度及均齐度进行测定,并用 Carr 指数法计算粉体流动性指数,各测定样品均重复 3 次,结果取平均值。

1.2.5 数据分析 采用 Excel 及 SPSS 22 进行数据统计和方差分析(ANOVA),用 Duncan 法进行差异性分析,并用 Origin 2018 作图。

2 结果与分析

2.1 小麦粉基本指标测定

由表 1 可知,研磨方式对小麦粉灰分的影响较小。但是,不同研磨方式间小麦粉的水分有显著差异性(P<0.05),其中锤式磨所得小麦粉水分含量普遍较低;且除锤式磨外,随着研磨强度的增加,水分含量多呈下降趋势,说明研磨过程中小麦粉水分散失,3 种研磨方式中,锤式磨的水分损失最大。

2.2 小麦粉粒度及粒度分布

由表 2 可知,研磨方式对小麦粉粒度分布影响较大,经撞击研磨所得小麦粉的粒度最大,粒径范围分布在 2.97~167.91 μm;另外两种研磨方式所得小麦粉粒度相对较小,推测仅存在撞击作用对小麦粉的研磨效果相对

表 1 小麦粉水分与灰分含量[†]

Table 1 Moisture and ash content of wheat flour %

样品	扬麦 20		新麦 26	
	水分	灰分	水分	灰分
ZM1	13.039±0.004 ^a	0.742±0.002 ^{bc}	12.263±0.003 ^b	0.878±0.009 ^b
ZM2	12.853±0.004 ^b	0.761±0.043 ^{abc}	11.586±0.002 ^c	0.877±0.003 ^b
ZM3	12.057±0.002 ^f	0.790±0.003 ^a	10.988±0.005 ^d	0.873±0.005 ^b
CM1	12.145±0.001 ^f	0.754±0.055 ^{abc}	8.025±0.004 ^g	0.892±0.006 ^a
CM2	10.469±0.002 ⁱ	0.771±0.006 ^{abc}	10.088±0.005 ^e	0.881±0.002 ^{ab}
CM3	10.656±0.002 ^h	0.776±0.003 ^{ab}	9.034±0.002 ^f	0.845±0.009 ^c
FM1	12.382±0.002 ^d	0.756±0.040 ^{abc}	12.607±0.002 ^a	0.818±0.008 ^d
FM2	12.503±0.007 ^c	0.778±0.012 ^{ab}	12.195±0.006 ^b	0.819±0.004 ^d
FM3	11.596±0.004 ^g	0.730±0.023 ^c	11.615±0.006 ^c	0.831±0.005 ^d

[†] 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

较弱。相同研磨方式下,随着研磨强度的增加,小麦粉粒度逐渐减小,而中位粒径基本不变,与 Xiong 等^[9]的研究结果相符。

2.3 小麦粉粉体流动性评价

2.3.1 研磨方式对小麦粉休止角的影响 一般来说,粉体休止角越小,表明颗粒间的摩擦力越小,粉体流动性越好^[10]。由图 1 可知,不同研磨方式下小麦粉的休止角之间无显著性差异($P \geq 0.05$)。但最小休止角出现在撞击磨撞击 1 次时,这与撞击磨撞击 1 次所制小麦粉的粒度最大有关。据报道^[11-12]:粉粒越细,粉粒比表面积越大,粉体分子间作用力增大,粒子间越容易吸附、结团,黏结性增大,导致休止角增大,从而影响粉体的流动性。

2.3.2 研磨方式对小麦粉压缩度的影响 压缩度是粉体流动性的重要指标,压缩度越大,粒子的流动性越差,压缩度在 18%~21% 时,粒子的流动性尚可,压缩度 $>28\%$ 粒子流动性则较差,易形成黏着性粉末^[13]。如图 2 所示,经撞击磨研磨所制小麦粉的压缩度明显低于另外两种研磨方式,其原因可能是撞击作用得到的小麦粉的粒度最大。吴福玉^[14]报道了小麦粉的粒度与压缩度的关系:当

粉体粒度增大时,压缩度减小,流动性变好。

2.3.3 研磨方式对小麦粉流动性的影响 将测得的休止角、平板角、压缩度、均齐度数据指数化,累加得到流动指数,结果如表 3 所示。可以看出,经撞击磨研磨所得小麦粉样品的流动性最佳,而经另外两种研磨方式所得小麦粉的流动性之间无显著差异($P \geq 0.05$)。这可能是撞击磨所制小麦粉的粒度明显高于其余两种研磨方式造成的。沈宏武^[15]^[11-12]研究发现:随着粒度的减小,粉体流动性变差。因为大粒径粉体分布较为分散,存在各种不同粒度范围的颗粒,重力作用影响较大。同时,在大颗粒群中,颗粒接近三维的构造,更显得立体,也使得大颗粒群相对于小颗粒群拥有更佳的流动特性。另外两种研磨方式虽然粒度分布有所不同,但流动性差异不显著,其原因可能与影响粉体流动性的其他因素有关,如:水分含量、温度、粉体形状及表面形态等^[11,16]^[15]¹⁰⁻¹³。由此可见:撞击作用所得小麦粉的流动性最大,随着粉体粒度的减小,流动性变小;撞击加剪切的共同作用对小麦粉的研磨效果及流动性影响较大。

结合表 1 与表 3 可知,经撞击磨研磨所制小麦粉的流动性评价为中等水平,而锤式研磨与粉碎机研磨所制小麦粉的流动性评价为中下等水平。流动性不好,可能会黏结团聚^[17],甚至结拱,且易受环境温度、湿度、压力、机械力等的影响^[11],流动性差的粉体在生产过程中存在引湿性、高黏性、含量不均一性、贮藏不稳定性等诸多问题^[18],从而影响其生产、加工和运输等。因此,经过撞击加剪切研磨所制的小麦粉若用于生产加工,在输运及加工等过程中,要防止结拱,需要采取振动等措施促进其流动^[19]。

3 结论

试验表明,经撞击研磨所得小麦粉样品的流动性最佳,为中等水平;而经另外两种研磨方式所得小麦粉的流动性之间无显著差异($P \geq 0.05$),为中下等水平。结果表明,撞击作用对胚乳颗粒粉的研磨效果相对较弱,可得到

表 2 小麦粉的粒度分布

Table 2 Particle size distributions of wheat flour μm

样品	扬麦 20			新麦 26		
	D_{10}	D_{50}	D_{90}	D_{10}	D_{50}	D_{90}
ZM1	3.44	31.37	167.91	2.97	24.18	144.82
ZM2	3.21	27.46	140.02	3.08	24.10	133.91
ZM3	3.31	27.22	135.10	3.09	23.64	128.20
CM1	4.32	26.59	82.69	3.45	23.89	97.93
CM2	4.18	24.00	68.95	3.55	24.15	94.09
CM3	4.25	23.05	64.71	3.57	22.84	83.36
FM1	3.14	19.77	61.17	3.17	23.68	113.81
FM2	3.31	18.85	56.49	3.16	21.22	93.69
FM3	3.09	18.32	50.97	3.21	20.73	87.88

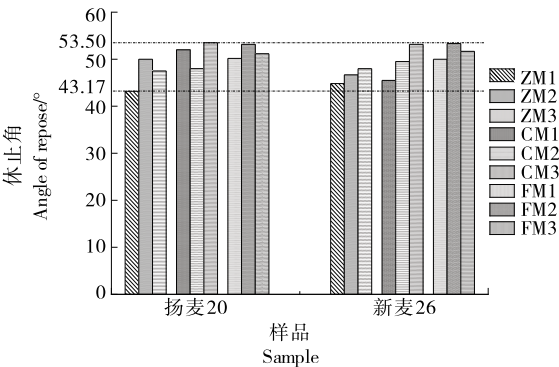


图 1 不同研磨方式下小麦粉的休止角

Figure 1 The θ_r of wheat flour with different milling methods

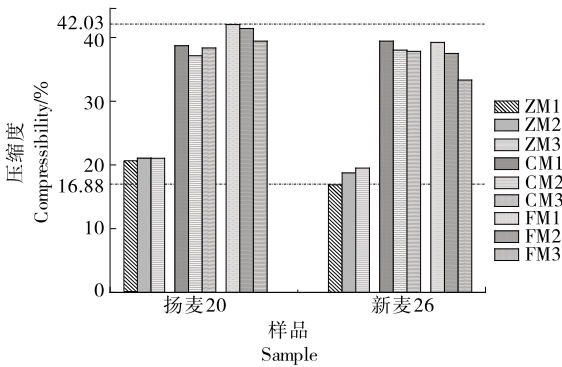


图 2 不同研磨方式下小麦粉的压缩度

Figure 2 The θ_p of wheat flour with different milling methods

表 4 粉体特性测定值及 Carr 指数化结果

Table 4 The results of powder properties paramaters and Carr indexation

样品		休止角		平板角		压缩度		均齐度		流动性
		数值/°	指数	数值/°	指数	数值/%	指数	数值/%	指数	指数
扬麦 20	ZM1	43.17	16.0	55.33	16.0	20.55	17.5	12.99	17.5	67.0
	ZM2	50.00	12.0	57.00	16.0	21.05	17.0	11.70	18.0	63.0
	ZM3	47.50	12.0	58.08	16.0	21.05	17.0	11.26	18.0	63.0
	CM1	52.00	12.0	66.83	12.0	38.71	4.5	7.87	21.0	49.5
	CM2	48.00	12.0	70.33	12.0	37.14	5.0	7.18	21.0	50.0
	CM3	53.50	12.0	69.17	12.0	38.36	4.5	6.51	22.0	50.5
	FM1	50.17	12.0	60.67	15.0	42.03	2.0	8.07	20.0	49.0
	FM2	53.17	12.0	66.92	12.0	41.43	2.0	7.59	21.0	47.0
	FM3	51.17	12.0	63.25	12.0	39.44	2.0	6.92	22.0	48.0
新麦 26	ZM1	44.80	16.0	54.08	16.0	16.88	19.5	12.30	17.5	69.0
	ZM2	46.70	14.5	55.20	16.0	18.75	18.0	11.63	18.0	66.5
	ZM3	48.00	12.0	58.50	16.0	19.51	18.0	11.37	18.0	64.0
	CM1	45.50	15.0	75.17	10.0	39.44	2.0	9.41	19.0	46.0
	CM2	49.50	12.0	74.15	12.0	38.03	4.5	9.18	19.0	47.5
	CM3	53.17	12.0	71.50	12.0	37.84	5.0	8.46	20.0	49.0
	FM1	50.00	12.0	61.17	14.5	39.24	2.0	10.51	18.0	46.5
	FM2	53.30	12.0	64.75	12.0	37.50	5.0	8.90	20.0	49.0
	FM3	51.70	12.0	66.83	12.0	33.33	7.0	8.57	20.0	51.0

粒度较大的粗颗粒粉, 撞击后粉体流动性较好; 剪切作用对胚乳颗粒粉的整体破碎能力较强, 得到的小麦粉粒度较细, 流动性相对较差。试验主要就研磨方式对小麦粉流动性的影响进行了评价, 后续可对研磨强度对小麦粉流动性的影响进行进一步的研究。

参考文献

[1] Codex Alimentarius Commission. Stanard for wheat flour: CODEX STAN 152—1985[S]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019: 2.

[2] 崔灵, 笹边修司, 清水健司, 等. 粉体流动性及喷流性测量方法及其应用[J]. 中国粉体技术, 2012, 18(1): 72-77.

[3] 关二旗, 庞锦玥, 卞科. 研磨强度对小麦粉品质特性影响的研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(5): 126-131.

[4] 张继英, 蒋梅峰, 朱志昂. 实验室小麦磨粉机换辊前后小麦粉品质特性分析[J]. 粮食科技与经济, 2017, 42(3): 49-51.

[5] 孙辉, 朱之光, 姜薇莉, 等. 不同试验磨对小麦制粉品质和小麦粉品质特性的影响[J]. 粮食科技与经济, 2012, 37(3): 19-22.

[6] 孙彩玲, 张永祥, 田纪春. 两种实验磨对小麦粉品质影响的研究[J]. 实验室科学, 2012, 15(1): 119-121.

[7] 郝春明, 郑学玲, 刘翀, 等. 小麦种类及加工方式对全麦粉粉体特性的影响[J]. 中国粉体技术, 2013, 19(2): 11-15, 23.

[8] 王阳, 颜才植, 叶发银, 等. 膳食纤维粉体流动性与其颗粒结构的关系[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 84-88.

[9] XIONG Li-cheng, ZHANG Bin-jia, NIU Meng, et al. Protein polymerization and water mobility in whole-wheat dough influenced by bran particle size distribution[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 82: 313-323.

[10] 李莉楠, 田文妮, 刘光荣, 等. 喷雾干燥法制备美藤果油洁面粉及性能测试[J]. 应用化工, 2019, 48(8): 1 812-1 816.

[11] 章波, 冯怡, 徐德生, 等. 粉体流动性的研究及其在中药制剂中的应用[J]. 中成药, 2008(6): 904-907.

[12] 潘思铁, 王可兴, 刘强. 不同粒度超微粉碎米粉理化特性研究[J]. 中国粮油学报, 2003(5): 1-4.

[13] 郝月蕾, 秦春风, 向孙敏, 等. 郁金微细粉碎工艺及其微细粉的粉体学性质研究[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2014, 16(10): 2 185-2 189.

[14] 吴福玉. 粉体流动特性及其表征方法研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2014: 38-41.

[15] 沈宏武. 粉煤流动性及其影响因素探究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2017.

[16] 刘传富, 董海洲, 张瑞霞, 等. 挤压膨化豆渣理化性质的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(2): 55-58.

[17] 王江涛, 于源, 刘家祥. 利用石英粉体休止角表征其团聚状态的研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2012, 39(5): 49-52.

[18] 潘亚平, 张振海, 蒋艳荣, 等. 中药粉体改性技术的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(22): 3 808-3 813.

[19] 胡亚茹. 碳酸钙渣理化性质与流动性分析[J]. 水泥, 2011(10): 4-7.