

不同磨粉工艺对大米粉粉质特性的影响

高晓旭^{1,2}, 佟立涛², 钟葵², 刘丽娅², 周素梅², 王立¹

(1. 江南大学食品学院 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214036)

(2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工综合性重点实验室, 北京 100193)

摘要: 为考察半干法磨粉对大米粉粉质特性的影响, 本研究选用了不同仪器对调质大米进行半干法磨粉, 分析和比较大米粉破损淀粉、粒径分布、微观结构、水合特性、DSC 热特性、流变特性等粉质特性, 以筛选出粉质特性接近湿磨粉的调质粉。研究结果显示: 使用旋风磨和布勒磨进行半干法磨粉对粉质特性影响较显著, 随着润米水分的增高, 破损淀粉含量降低至 5% 以下, 粒径减小, 其中旋风 30% 的平均粒径达到 54.83 μm , 粒径范围为 12.96~104.70 μm , 淀粉颗粒形态完整, 更接近湿磨粉, 同时调质粉溶水率降低, DSC 热特性中的糊化温度 T_0 、 T_p 降低, 糊化范围 T_r 和糊化焓 ΔH 增大, 流变特性中表征弹性特征的 G' 和表征黏性特征的 G'' 的变化趋势也更接近于湿磨粉品质。结合磨粉过程中的可操作性, 选择旋风磨, 30% 调质米进行半干法磨粉适用于米粉原料的生产。

关键词: 湿磨; 半干法磨粉; 调质; 粉质特性

文章编号: 1673-9078(2015)1-194-199

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.034

Effect of Milling Processes on Quality of Rice Flour

GAO Xiao-xu^{1,2}, TONG Li-tao², ZHONG Kui², LIU Li-ya², ZHOU Su-mei², WANG Li¹

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, State Key Laboratory of Food Science and Technology Jiangnan University, Wuxi 214036, China) (2. Comprehensive Key Laboratory of Agro-products Processing, Institute of Agro-products Processing Science and Technology Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: To investigate the influence of semi-dry milling on the quality of rice flour, different types of grinders were used in this study to prepare quenched rice. The damaged starch, particle size distribution, microstructure, hydration characteristics, differential scanning calorimetry (DSC) thermal properties, and rheological properties of milled flours were analyzed, so as to select the appropriate quenched flour with similar characteristics to those of wet milled flour. The results showed that semi-dried milling using cyclone and Buler mills had a significant effect on the quality of rice flour. With increasing tempering moisture content, semi-dry milling led to significant decreases in the damaged starch content, as it was reduced to less than 5%. The particle size also decreased with a cyclone mill; 30% of the rice flour had an average particle size of 54.83 μm , ranging from 12.96 μm to 104.70 μm . Starch particles had an intact structure, which was closer to that obtained with wet milling. At the same time, the water solubility of the quenched rice flours also decreased. In regard to the DSC thermal properties, the pasting temperatures T_0 and T_p decreased, while the pasting range, T_r , and gelatinization enthalpy, ΔH , increased. In regard to the rheological properties, elastic properties represented by G' and viscosity properties represented by G'' exhibited similar changes and were also closer to those obtained with wet milling. Considering the milling process operability, cyclone milling with 30% quenched rice was applicable in the production of rice flour used to make rice noodles.

Key words: wet milling; semi-dry milling; tempering moisture; quality characteristics

作为我国传统的主食, 米粉已经成为市场规模最大的米制品, 在湖南、湖北、江西、广东、广西、云南和贵州等省的早餐市场占据主导地位。我国的米粉

收稿日期: 2014-06-19

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费资助(201303070); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国农业科学院作物科学研究所)资助项目

作者简介: 高晓旭(1989-), 女, 在读硕士研究生, 从事粮油深加工与功能食品研究; 佟立涛, 为并列第一作者

通讯作者: 王立(1978-), 男, 教授, 从事功能因子及健康食品研究

品种繁多, 根据米粉加工和食用方式, 可分为鲜米粉、干米粉、速冻米粉和方便米粉。其中鲜米粉因其特有的新鲜美味、口感滑爽、柔软细腻的特点, 深受市场欢迎。目前我国米粉市场上的米粉主要通过挤压和切片方式成型。但是与小麦面条相比, 米粉由于缺乏面筋结构, 其粘弹性及拉伸性相对较差, 因此目前的研究主要集中在改善米粉的加工品质。Lu 等^[1]研究结果表明大米经过浸泡发酵加工的米粉口感更好, Yalcin 等^[2]通过在大米粉中添加黄原胶等改善米粉的加工品质, Cham 等^[3]研究表明大米粉进行水热处理可增加大

米粉颗粒间的结合能力。

大米粉生产过程中研磨方式不同会造成淀粉颗粒不同程度的破损^[4]。而湿法磨浆由于其破损程度较小,是目前生产鲜米粉最主要前处理工艺,我国市场上鲜米粉的常见生产工艺需要经过浸米、磨浆、过滤、蒸煮熟化、造型挤压、自熟挤压、切条、二次蒸煮、水洗、酸浸、灭菌、抗老化处理、保水处理等诸多程序,使大米中营养物质的损耗流失很大,产品得率低,并且存在废水量大、能耗高等问题。干法磨粉则不存在上述问题,步骤简单,可以通过锤磨机,针磨机,滚磨机或圆盘磨机等进行大米粉碎,但是常规的干磨方式加工出来的大米粉颗粒破损严重,已不适宜加工米粉^[5]。Ngamnikom 等^[5]同时研究了冷冻处理后研磨对大米粉品质特性的影响,Heo 等^[6]则研究了干磨粉与湿磨粉复配后鲜米粉的品质特性,但是鲜有关于通过润米调质方式进行半干法研磨的研究。

本研究采用不同仪器对调质大米进行半干法磨粉,通过比较不同研磨方式大米粉与湿磨粉粉质特性的差异,筛选与湿法磨浆接近的半干法磨粉工艺,为研究替代传统的湿法磨浆提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及主要试剂

原料籼米是由湖南金健米业提供; Megazyme 破损淀粉试剂盒购于上海易扩仪器有限公司。

1.2 试验仪器及设备

YU8022 多功能磨浆机; JMS-30A 型胶体磨, 廊通机械有限公司; FDV 超微粉碎机, 台湾弘荃机械企业有限公司; 高速万能粉碎机, 天津市泰斯特仪器有限公司; CT410 型旋风磨, 福斯赛诺分析仪器(苏州)有限公司; LRMM 8040-3-D 实验磨粉机及 LFS-30 粉筛, 布勒粮食检验仪器无锡有限公司; LGJ-25C 冷冻干燥机, 北京四环科学仪器厂有限公司; CR-22GII 型高速离心机, 日本 HITACHI 公司; DSC-Q200 差示扫描量热仪, 美国 TA 公司; Physica MCR301 流变仪, 奥地利 Anton Paar 有限公司; S-570 扫描电镜, 日本日立公司; Microtrac S3500 激光粒度分析仪, 美国麦奇克(Microtrac)有限公司。

1.3 大米粉的制备

1.3.1 湿磨

取 100 g 籼米在 200 mL 蒸馏水中室温浸泡 24 h, 浸泡后的大米加入原大米质量(干基) 55.0% 的蒸馏

水, 于多功能磨浆机进行粗粉碎, 所得粗米浆于变速胶体磨进行细粉碎, 将出料粒度调至最小。将所得米粉浆进行冷冻干燥后于 4℃ 保存待用。

1.3.2 干磨

取 100 g 籼米分别用万能粉碎机、超微粉碎机、旋风磨和布勒磨粉机进行粉碎过筛(100 目), 装于密封袋中 4℃ 保存待用。

1.3.3 半干法调质磨粉

1.3.3.1 调质方法

准确称取 200 g 籼米样品, 放于烧杯中, 根据大米籽粒含水量(12.46%) 加入计算好的水量, 封口摇混, 使大米与水充分混合均匀, 然后放置于室温下进行润米。润米时间 24 h, 润米水分分别为 16%、18%、20%、22%、24%、26%、28%、30% 等 8 个水分段, 加水量计算公式:

$$\text{加水量(mL)} = W(M_1 - M_0) / (1 - M_1)$$

式中: W 为样品重(g); M_1 为目标水分(%); M_0 为原始水分(%). 目标水分 M_1 指的是大米入磨水分, 并不是最终大米粉的水分。

1.3.3.2 磨粉

根据不同磨粉仪器制粉原理的差异选择在合适润米水分下调质完成的大米原料进行磨粉。使用万能粉碎机和超微粉碎机将润米水分分为 16%、18%、20%、22% 的大米原料进行磨粉, 使用旋风式粉碎机和布勒磨粉机将调质完成后水分含量为 24%、26%、28%、30% 的大米原料进行磨粉。收集大米粉过筛(100 目)后, 于 40℃ 干燥至水分含量为(10±2)%, 装于密封袋中 4℃ 保存待用。

1.4 试验方法

1.4.1 大米粉指标测定

1.4.1.1 破损淀粉含量的测定

采用酶比色法(Megazyme 破损淀粉试剂盒)测定大米粉破损淀粉含量。

1.4.1.2 粒径分布的测定

取不同磨粉方式得到的样品, 用激光粒度分析仪测定粉碎后大米粉的粒径分布, 研究磨粉方式对大米粉粒度分布的影响。

1.4.1.3 淀粉颗粒微观结构的测定

采用 S-570 扫描电镜观察大米粉微观结构特征。将干燥好的样品均匀分散在双面导电胶上, 然后固定于铝平板上, 真空喷金后装样观察, 在 12 kV 的加速电压下放大 2000 倍观察。

1.4.1.4 水合特性的测定

采用 Heo 等^[6]的方法测定大米粉水合特性。取 0.1

g大米粉样品,加水 20 mL混匀。分别在 25 °C和 100 °C下加热振动 30 min 后于 15000 g 离心 30 min。取上清液于铝盒中,105 °C烘至恒重,同时称量湿沉淀物质量。吸水指数 (WAI),水溶性 (WS),溶胀性 (SP) 按下列公式计算。

$$WAI = \frac{\text{湿沉淀物}}{\text{样品干重}}$$

$$WS(\%) = \frac{\text{上清干重}}{\text{样品干重}} \times 100$$

$$SP = \frac{\text{湿沉淀物}}{[\text{样品干重} \times (1 - WS(\%)/100)]}$$

1.4.1.5 DSC 热特性分析

参照 Lu、Wang 等^[1,7]方法并稍加修改进行测定。取 4 mg (干重)大米粉于坩埚中,按 1:2 的比例 (m/V) 加入蒸馏水,密封后隔夜放置平衡。使用 DSC-Q200 差示扫描量热仪,以密封空白坩埚作为对照,从 20 °C 开始以 5 °C/min 的速率升温到 110 °C测定热特性变化曲线。通过 DSC 软件分析图谱可得起始温度(T_o)、峰值温度(T_p)、终止温度(T_c)、糊化温度范围(T_r)、糊化吸收热焓(ΔH)。

1.4.1.6 流变特性测定

参照 Cham 和 Sodhi 等^[3,8]的方法并加以改进。采用动态振荡模式,使用平板 (直径 25 mm) 夹具,间隙为 1 mm,应变和频率分别为 1%和 1 Hz。配 10%的米粉溶液,取 0.8 mL 溶液滴于控温下板的中心位置,下降转子到一定位置,清理掉转子周围多余的样品,加硅油密封。以 2 °C/min 的速率从 45 °C加热到 85 °C,再以同样速率从 85 °C降到 25 °C,根据图谱分析储能模量(G')和损耗模量(G'')的变化。

1.4.2 数据统计与分析

每组实验均做三个平行,计算平均值和标准偏差,结果以 M±SD 的形式表示。然后用 SAS9.1 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 大米粉破损淀粉含量

Chen 等^[9]研究表明破损淀粉和粒度分布是影响大米粉物化性质及适用性的两个关键因素。由图 1 可以看出,不同磨粉仪器由于磨粉原理的差异对大米粉的破损程度不尽相同。湿磨粉的破损淀粉含量最小为 2.47%,与 Kumar 等^[10]的研究结果相似,干磨粉的破损淀粉含量相对较高,这可能是因为干磨过程中产生过多的机械力和热量导致的。对于半干法磨粉方式,布勒磨对大米的机械损伤相对较小,经布勒磨粉碎后大米粉的破损淀粉含量随着的润米水分含量的增大有降低趋势,其中布勒 30%大米粉的破损淀粉含量为 4.31%;旋风磨粉碎对调质大米破损淀粉含量的影响

最为显著,相比于旋风干磨,旋风 28%和旋风 30%的破损淀粉含量分别为 4.82%,4.74%,破损淀粉含量明显降低;而万能粉碎机粉碎后大米粉的破损淀粉含量随着的润米水分含量的增大有增高趋势;超微粉碎对大米的机械损伤最大,破损淀粉含量均超过 10%,且调质润米在改善磨粉破损程度上没有贡献。

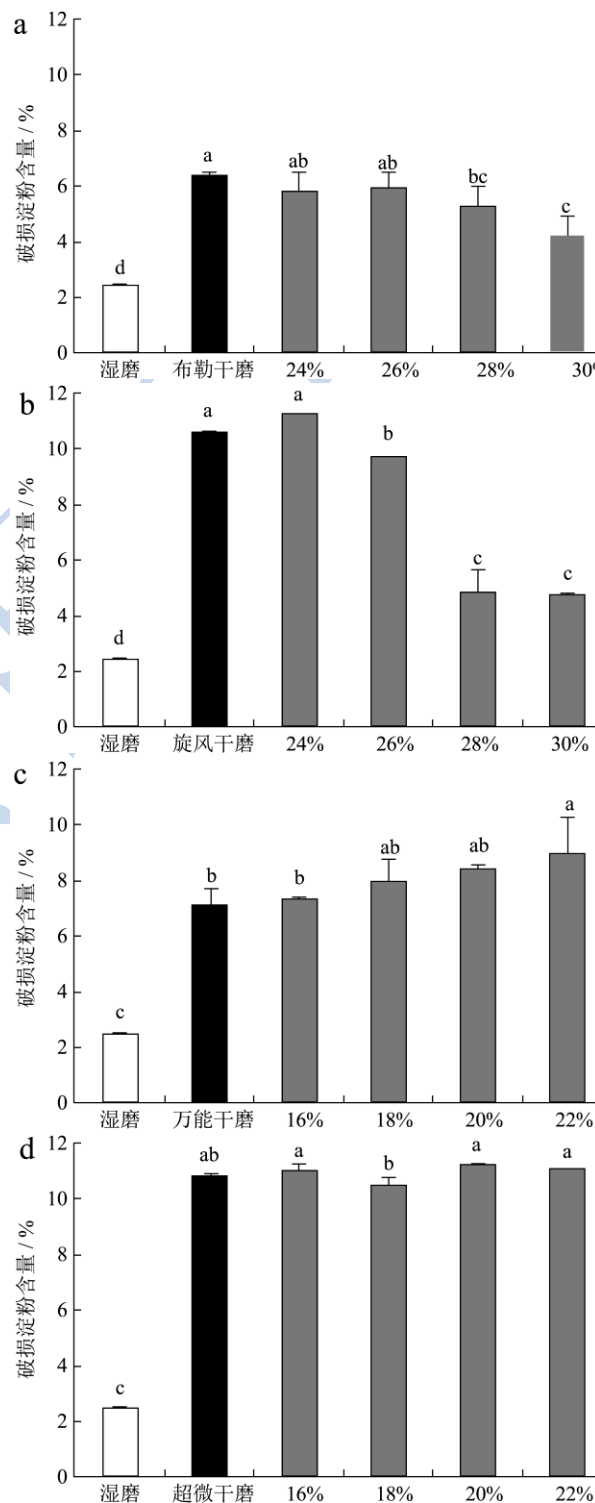


图 1 不同磨粉方式对大米粉破损淀粉含量的影响

Fig.1 Effects of various milling processes on damaged starch contents of rice flour

注：图中数据相同字母表示差异不显著，不同字母表示差异显著($P < 0.05$)；a：布勒磨粉，b：旋风磨粉，c：万能磨粉，d：超微磨粉。

2.2 大米粉粒径分布

表 1 半干法磨粉的大米粉粒径分布

Table 1 Particle diameter distribution of rice flour obtained via semi-dry milling

样品名称	中位径/ μm	粒径范围/ μm
湿磨	46.74 \pm 4.10 ^d	5.77~115.30
旋风干磨	19.45 \pm 3.67 ^e	4.98~101.20
旋风 28%	65.27 \pm 5.45 ^c	31.82~109.25
旋风 30%	54.83 \pm 6.89 ^d	12.96~104.70
布勒干磨	145.05 \pm 4.17 ^a	54.30~224.40
布勒 28%	84.98 \pm 0.28 ^b	35.50~125.00
布勒 30%	82.78 \pm 5.19 ^b	22.50~125.35

注：表中数据相同字母表示差异不显著，不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

根据图 1 的研究结果筛选破损淀粉含量较小的四种调质大米粉：旋风 28%、旋风 30%、布勒 28% 和布勒 30%，分别与湿磨粉、干磨粉的粉质特性进行比较。从表 1 可以看出半干法磨粉方式对制备的大米粉粒径分布存在显著影响。大米粉样品均过 100 目筛，所以平均粒径未超过 150 μm 。湿磨的平均粒径为 46.74 μm ，旋风磨由于机械冲击力较大，干磨粉平均粒径最小为 19.45 μm ，粒径分布偏于小颗粒。但是调质润米后的大米由于被软化，大米粉的平均粒径增大，旋风 30% 的粒径为 54.83 μm ，更接近于湿磨粉。布勒磨属辊式磨粉机，机械损伤力相对较弱，干磨粉粒径高达 145.05 μm ，调质润米后的大米易破碎，平均粒径较干磨明显减小，但是相对于湿磨粉，颗粒粒径仍然偏大。而据 Chen 等^[11]报道，颗粒较细的淀粉凝胶结构强度较大，有更好的可加工性。

2.3 大米粉微观结构的观察

从图 2 的扫描电镜照片可以形象的看出不同磨粉方式大米粉颗粒的形态及分散情况。湿磨淀粉颗粒小而圆润，表面光滑，这与 Lorlowhakarn 和 Naivikul^[12] 先前报道中所示的湿式粉碎方法可以保持淀粉颗粒的晶体结构的结果一致。而旋风磨和布勒磨由于磨粉原理不同，颗粒表面结构也不同。旋风磨粉碎刀片高速旋转撞击将大米颗粒粉碎，干磨米粉颗粒断面棱角锋利，形状不规则，而经调质润米软化后的大米，淀粉颗粒裸露，小颗粒数量比大颗粒数量明显增多。布勒磨粉碎是通过双辊碾削方式进行粉碎，干磨大米颗粒

断层不锋利，表面有裸露淀粉颗粒，调质后淀粉颗粒分散也比较均匀。由表 1 和图 2 的研究结果表明，半干法调质磨粉可以改善大米粉粒径分布及淀粉颗粒的形态，使其更接近于湿磨粉的粉质特性。

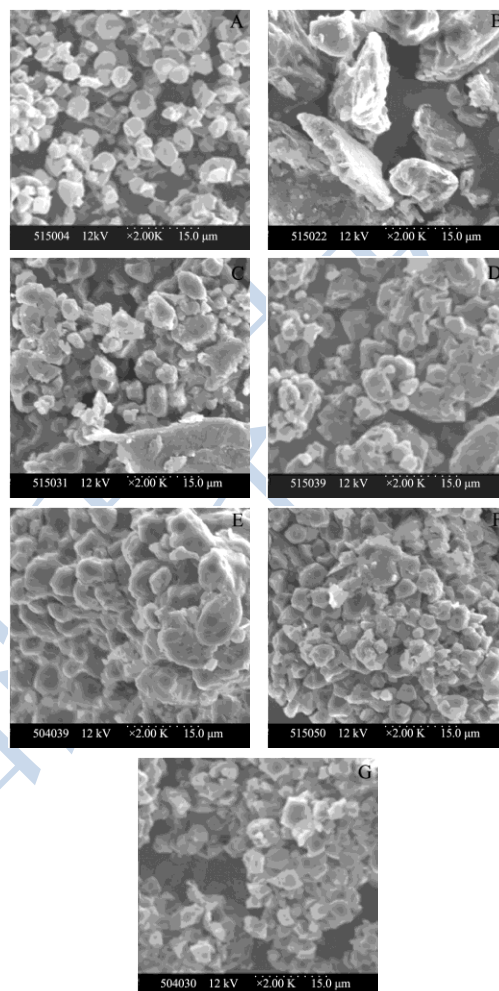


图 2 扫描电镜观察大米粉微观结构 (2000 \times)

Fig.2 Microscopic structure of rice flour obtained by scanning electron microscopy (SEM) (2000 \times)

注：A-湿磨，B-旋风干磨，C-旋风28%，D-旋风30%，E-布勒干磨，F-布勒28%，G-布勒30%。

2.4 大米粉水合特性的测定

通过上述粉质特性的研究结果筛选旋风 30%、布勒 30% 大米粉作为试验组，湿磨作为阳性对照，旋风干磨作为阴性对照进行水合特性的测定。由表 2 可知，在 25 $^{\circ}\text{C}$ 时，湿磨粉的吸水性 (WAI)、溶水率 (WS) 及溶胀性 (SP) 最小，对应的数值分别为 2.69、0.75%、2.71，干磨粉相应数值最大，但是使用不同仪器粉碎 30% 调质的大米，相应数值则变小，更接近于湿磨粉，这可能与破损淀粉含量有关系，破损淀粉含量减小，吸水性、溶水率及溶胀性都降低。当大米粉加热到

100 °C时,经调质研磨的大米粉溶水率较干磨粉显著降低,但吸水性和溶胀性比湿磨和旋风干磨都低,这可能与粉质粒度及淀粉颗粒的结晶形态有关,由表 1

和图 2 可知旋风 30%、布勒 30%的粒径偏大,淀粉颗粒结构较湿磨粉粒径增大,大米粉的吸水性和溶胀性会降低。

表 2 半干法磨粉对大米粉水合特性的影响

Table 2 The influence of semi-dry milling on hydration properties of rice flour

	WAI		WS/%		SP	
	25 °C	100 °C	25 °C	100 °C	25 °C	100 °C
湿磨	2.69±0.17 ^c	14.71±0.31 ^a	0.75±0.07 ^c	2.80±0.21 ^c	2.71±0.16 ^c	15.13±0.35 ^a
旋风干磨	3.38±0.21 ^a	13.29±0.26 ^a	2.99±0.26 ^a	9.62±0.78 ^a	3.48±0.21 ^a	14.71±0.42 ^a
旋风 30%	2.96±0.06 ^{bc}	11.17±0.79 ^b	1.72±0.04 ^b	5.17±0.38 ^b	3.01±0.06 ^{bc}	11.78±0.88 ^b
布勒 30%	3.26±0.02 ^{ab}	11.16±0.87 ^b	1.44±0.01 ^b	2.34±0.23 ^c	3.31±0.02 ^{ab}	11.42±0.92 ^b

注:表中数据相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著(P<0.05)。

2.5 大米粉 DSC 热特性的测定

表 3 半干法磨粉对大米粉 DSC 热特性的影响

Table 3 Effects of semi-dry rice flour milling on DSC thermal properties

	T ₀ /°C	T _p /°C	T _c /°C	T _r /°C	ΔH/(J/g)
湿磨	61.41±0.08 ^{ab}	67.80±0.21 ^c	83.62±0.80	22.21±0.88 ^a	11.97±0.05 ^a
旋风干磨	63.40±0.18 ^a	70.22±0.17 ^a	82.20±0.40	19.80±0.23 ^b	10.11±0.03 ^c
旋风 30%	62.22±0.42 ^{ab}	69.53±0.14 ^b	84.52±0.78	22.31±1.20 ^a	11.36±0.06 ^{ab}
布勒 30%	59.00±2.50 ^b	69.57±0.26 ^b	81.95±2.16	22.96±0.33 ^a	10.63±0.70 ^{bc}

注:图中数据相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著(P<0.05)。

如表 3 所示,磨粉方式会显著影响大米粉热学特性。根据图 1 和表 1 的研究结果可知,经调质润米后的研磨粉旋风 30%较干磨粉破损淀粉含量降低,粉质粒径分布适中,淀粉颗粒更加完整(图 2),更接近湿磨粉粉质特性,使得旋风 30%和湿磨粉的 T₀值无显著差异,而旋风干磨粉 T₀最大,布勒 30%由于双辊碾削方式使得破损淀粉多集中在粉质颗粒表面,因而导致 T₀值最小,这与 Hasjım 等^[13]的研究结果一致, T₀与磨粉方式、破损淀粉含量、粒径分布有关。峰值温度 T_p和终止温度 T_c与体积中位径存在负相关性^[13],其中旋风干磨比湿磨粉中位径小,因此 T_p较大,这同样与 Hasjım 等^[13]的研究结果一致,而调质粉由于粒径变大, T_p相对变小,但四种粉的糊化终止温度 T_c没有显著差异。糊化温度范围 T_r与淀粉颗粒大小及均匀性有关,因此粉质特性相近的调质粉与湿磨粉的 T_r不存在显著差异,均高于旋风干磨粉 T_r值。对于反映结晶结构向非结晶结构转变时的焓变 ΔH 存在显著差异,湿磨粉由于破损淀粉含量低,淀粉颗粒完整,颗粒破坏直至结晶结构溶解过程吸热就较大,而调质粉的粉质得到改善,因此 ΔH 越来越接近湿磨粉,由表 3 可知旋风 30%调质粉品质更优。

2.6 大米粉流变特性的测定

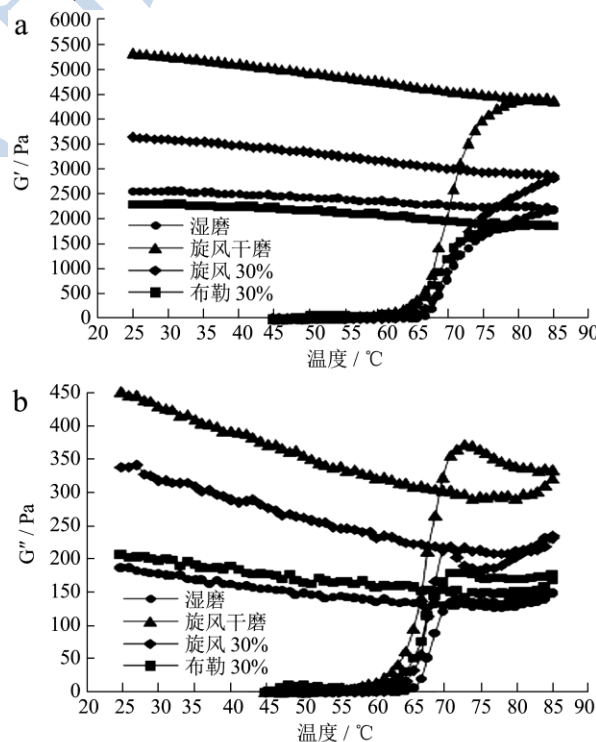


图 3 半干法磨粉对大米粉流变特性的影响

Fig.3 The influence of semi-dry milling on the rheological properties of rice flour

图 3 形象的显示了大米粉在升温 and 降温过程中 G'、G''的变化。在加热起始阶段 G'和 G''很小,接着

由于淀粉结晶溶解, 淀粉分子的软化和拉伸以及聚合物与水分子的结合导致溶胶的形成, 使得 G' 和 G'' 随着温度逐渐增高^[14]。

对于 G' 和 G'' 开始显著增大的温度值, 旋风干磨粉分别为 60.5 °C、61.5 °C, 湿磨粉均为 67.0 °C, 调质粉更接近于湿磨粉, 其中旋风 30% 为 65.6 °C 和 64.6 °C, 布勒 30% 分别为 62.5 °C、63.5 °C, 这可能是湿磨粉与调质粉破损淀粉含量低, 粘弹性变化出现较晚的原因。继续升温, 旋风干磨粉 G' 值在 82.0 °C 时达到峰值 (4430 Pa), 湿磨粉、旋风 30% 和布勒 30% 调质粉 G' 值未出现峰值, 而 G'' 值, 旋风干磨粉在 72.8 °C 时达到峰值 (219 Pa), 湿磨粉、旋风 30% 和布勒 30% 均在 70.7 °C 出现峰值 (137 Pa、274 Pa、180 Pa); 峰值后由于支链淀粉的溶解导致凝胶结构破坏^[7], 旋风干磨粉 G' 和 G'' 开始下降, 而湿磨粉和调质粉 G' 未出现下降可能是由于淀粉颗粒较完整, 直链淀粉持续较慢溶出同时小分子支链淀粉的溶出导致凝胶弹性的增加, G'' 则可能由于分子交联结构增多导致相对位移阻力减少出现先降低, 接着小分子支链淀粉溶出增多导致凝胶黏性的增加而出现升高趋势。在降温过程中, 淀粉凝胶开始回生变硬, 凝胶网络收缩, 强度增大, G' 和 G'' 开始增大, 旋风干磨粉在降温阶段的 $\Delta G'$ 和 $\Delta G''$ 最大, 调质后大米粉 G' 和 G'' 变化值较小而更接近于湿磨粉, 表明淀粉颗粒冷却过程中交联更坚固, 凝胶更稳定, 而这与糊化特性中回生值一样是反映米粉品质的一个重要参数^[3]。由湿磨粉和调质粉流变特性的比较可以说明, 通过调质润米方式进行半干法磨粉可以用于米粉原料的制备。

3 结论

本研究表明, 半干法调质磨粉可以改善大米粉的粉质特性。调质润米可以软化大米颗粒, 在半干法磨粉过程中, 大米具有较高的脆性, 易于破碎。尤其是使用旋风磨和辊式布勒磨进行半干法磨粉, 降低了大米粉破损淀粉含量和平均粒径, 淀粉颗粒保存更完整, DSC 热特性和流变特性等粉质特性更接近于湿磨粉。其中经 30% 调质润米后使用旋风磨粉碎, 具有较小的粒径和更高的过筛率, 适用于米粉原料的生产。

参考文献

[1] Lu Z H, Li L T, Min W H, et al. The effects of natural fermentation on the physical properties of rice flour and the rheological characteristics of rice noodles [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2005, 40(9): 985-992

- [2] Seda Yalcin, Arzu Basman. Effects of gelatinization level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2008, 43:1637-1644
- [3] Cham S, Suwannapom P. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality [J]. Journal of cereal science, 2010, 51(3): 284-291
- [4] Hasjim J, Li E, Dhital S. Milling of rice grains: Effects of starch/flour structures on gelatinization and pasting properties [J]. Carbohydrate polymers, 2013, 92(1): 682-690
- [5] Ngamnikom P, Songsermpong S. The effects of freeze, dry, and wet grinding processes on rice flour properties and their energy consumption [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104(4): 632-638
- [6] Heo S, Lee S M, Shim J H, et al. Effect of dry-and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(1): 213-217
- [7] Wang L, Xie B, Shi J, et al. Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars [J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24(2): 208-216
- [8] Sodhi N S, Singh N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India [J]. Food Chemistry, 2003, 80(1): 99-108
- [9] Chen J J, Lu S, Lii C Y. Physicochemical and morphological on damaged rice starch [J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2003a, 11 (4): 283-299
- [10] Kumar C S, Malleshi N G, Bhattacharya S. A comparison of selected quality attributes of flours: Effects of dry and wet grinding methods [J]. International Journal of Food Properties, 2008, 11(4): 845-857
- [11] Chen Z, Schols H A, Voragen A G J. Starch granule size strongly determines starch noodle processing and noodle quality [J]. Journal of Food Science, 2003b, 68(5): 1584-1589
- [12] Lorlowhakarn K, Naivikul O. Modification of rice flour by heat moisture treatment (HMT) to produce rice noodles [J]. Kasetsart J (Nat. Sci.), 2006, 40 (Suppl.): 135-143
- [13] Hasjim J, Li E, Dhital S. Milling of rice grains: Effect of starch/flour structures on gelatinization and pasting properties [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92: 682-690
- [14] Sodhi N S, Singh N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grow in India [J]. Food Chemistry, 2003, 80: 99-108