

豆渣粉粒度和添加量对小麦粉理化特性的影响

芦菲¹, 刘洋¹, 李波^{1,2}, 孙明山²

(1. 河南科技学院 食品学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南老磨坊小宝豆业有限公司, 河南 新乡 453000)

摘要: 豆渣是生产豆腐、豆浆等产品的副产物, 富含膳食纤维和蛋白质。为促进豆渣在面制品中的应用, 将豆渣干燥、粉碎、过筛后, 制得 $80 < \varphi < 200$ 目、 $\varphi > 80$ 目、 $\varphi > 200$ 目 3 种粒度的豆渣粉, 将其以一定比例 (0 ~ 30%) 与小麦粉混合后制得豆渣小麦复合粉, 研究了豆渣粉粒度和添加量对复合粉理化特性的影响。结果表明: 随豆渣粉添加量的增多, 复合粉的灰分含量逐渐增高, 白度逐渐降低, 且豆渣粉粒度越小白度越低。快速粘度分析 (RVA) 显示, 复合粉的峰值粘度、谷底粘度、破损值、最终粘度、峰值时间、回生值均随豆渣粉添加量的增加而降低, 且明显低于小麦粉, 表明添加豆渣粉能够增强小麦粉的热稳定性和抗老化能力。差示扫描量热 (DSC) 分析显示, 复合粉的糊化温度较小麦粉有所提高, 热焓值也略有上升。

关键词: 豆渣; 小麦粉; 理化特性; 糊化

中图分类号: TS214

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841 (2014) 01-0103-04

Effect of Particle Size and Addition of Okara on Physicochemical Properties of Wheat Flour

LU Fei¹, LIU Yang¹, LI Bo^{1,2}, SUN Ming-shan²

(1. School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China; 2. Henan Oldmill Xiaobao Bean Industry Company Limited, Xinxiang 453000, China)

Abstract: Okara is the by-product of bean curd and soy milk manufactures. It is rich of dietary fiber and protein. Okara was dried, crushed and sieved to obtain okara powder of three particle sizes ($80 < \varphi < 200$ mesh, $\varphi > 80$ mesh and $\varphi > 200$ mesh). This paper investigated the effects of particle size and addition (0-30%) of okara powder on physicochemical properties of composite flour made from okara powder and wheat flour. The results showed that with the increase of okara addition, ash content of composite flour improved gradually and the whiteness decreased, and the whiteness decreased with the particle size. Rapid visco analyser (RVA) showed that the peak viscosity, hold trough viscosity, breakdown, final viscosity, setback and peak time of composite flour decreased with the increase of okara addition, and these values were lower distinctly than wheat flour, suggesting that adding okara can improve thermal stability and anti-retrogradation of wheat flour. Differential scanning calorimetry (DSC) showed that gelatinization temperature and enthalpy value of composite flour were higher than wheat flour.

Key words: Okara; Wheat flour; Physicochemical properties; Gelatinization

豆渣是生产豆腐、豆浆等产品的副产物, 每加工 1 kg 大豆, 约产生 1.2 kg 鲜豆渣。据推测, 我国每年约产生 280 万 t 豆渣。豆渣富含膳食纤维和蛋白质, 营养价值较高, 但目前对其开发利用还不够深入, 大部分豆渣被当作饲料或废弃物处理^[1]。课题组前期研究发现, 将豆渣干燥粉碎后制成豆渣粉, 然后用其替代部分小麦面粉加工主食产品, 是对豆渣开发利用的一种有效途径^[2-3]。小麦粉添加豆渣粉后, 会对其理化特性带来一定影响, 进而影响产品的加工性能。本文研究了豆渣粉的粒度和添加量对小麦粉理化特性的影响, 以期对豆渣的深入开发利用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

鲜豆渣由河南老磨坊小宝豆业有限公司提供; 东北大豆 (北疆 05-38) 经浸泡、磨浆、浆渣分离后, 得鲜豆渣, 再经冷冻干燥、粉碎后得豆渣粉; 供试小麦粉为面包专用粉 (中粮有限公司)。

主要仪器有 LGJ-18 型冷冻干燥机 (北京四环科学仪器厂); 色差计 (北京奥依克光电仪器有限公司); 快速粘度分析仪 (澳大利亚新港科技公司); 差示扫描量热仪 (TA Q200, 美国)。

1.2 豆渣小麦复合粉的制备

豆渣粉过 80 目和 200 目筛, 获得 $80 < \varphi < 200$ 目、 $\varphi > 80$ 目、 $\varphi > 200$ 目 3 种粒度。准确称取 0, 5,

收稿日期: 2013-07-05

基金项目: 人社部留学人员科技活动择优资助项目 (2011508); 河南省重点科技攻关项目 (102102110031)。

第一作者简介: 芦菲 (1976-), 女, 实验师, 主要从事功能性食品研究。E-mail: lufei76624@163.com。

通讯作者: 李波 (1973-), 男, 博士, 教授, 主要从事功能性食品研究。E-mail: libohnxx@163.com。

10,15,20,25,30 g 各粒度的豆渣粉,分别加入 100, 95,90,85,80,75,70 g 小麦粉,充分混匀后得到含 0、5%、10%、15%、20%、25%、30% 豆渣粉的复合粉。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 水分、灰分和蛋白质含量测定 豆渣粉和复合粉的水分含量采用直接干燥法测定(GB/T5009.3-2010),灰分含量采用高温灼烧法测定(GB/T5009.4-2010),蛋白质含量采用凯氏定氮法测定(GB/T5009.5-2010)。

1.3.2 白度测定 色差计用白板校正后,将待测样品均匀平整地放入样品池中,测定白度值,每个样品 3 次重复。

1.3.3 RVA 糊化特性测定 参照 AACC 76-21 方法,以快速粘度分析仪(RVA)特征参数来度量。准确量取 25 mL 水于 RVA 测量筒中,加入 3.00 g 样品,搅拌均匀后,卡入 RVA 旋转塔,完整记录淀粉在糊化过程中随温度变化而表现出的粘度变化情况。测定参数见表 1。

表 1 标准测定方法 1

Table 1 Standard determination method 1

| 时间 Time/min:s | 类型 Style | 值 Value |
|---------------|------------------|-------------------------|
| 00:00 | 温度 Temperature | 50℃ |
| 00:00 | 转速 Rotation rate | 960 r·min ⁻¹ |
| 00:10 | 转速 Rotation rate | 160 r·min ⁻¹ |
| 01:00 | 温度 Temperature | 50℃ |
| 04:42 | 温度 Temperature | 95℃ |
| 07:12 | 温度 Temperature | 95℃ |
| 11:00 | 温度 Temperature | 50℃ |
| 13:00 | 温度 Temperature | 50℃ |

1.3.4 差示扫描量热(DSC)分析 参照 Koo 等^[4]的方法加以改进。称量约 10 mg 小麦粉和含 10% 中粒度($\varphi > 80$ 目)豆渣粉的小麦粉于不锈钢坩埚中,用 DSC 进行测定。扫描温度范围为 40~200℃,升温速率为 10℃·min⁻¹,记录糊化和老化峰的起始温度(T_0)、峰值温度(T_p)和终止温度(T_c)及热焓(ΔH)4 个特征参数。

1.4 数据分析

每组试验做 2 次平行,应用 SPSS 17.0 进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 豆渣粉和小麦粉的基本品质指标

不同粒度的豆渣粉和面包专用小麦粉的水分、灰分和蛋白质含量见表 2。由表 2 可知,豆渣粉水分含量较低,且 3 种粒度差别不大。豆渣粉粒度越

小,灰分含量越低,蛋白质含量越高,这可能与大粒度豆渣粉中豆皮含量较高有关。与小麦粉相比,豆渣粉水分含量低,灰分含量高,蛋白质含量略高。

表 2 豆渣粉和小麦粉基本品质指标

Table 2 Basic quality index of okara flour and wheat flour

| 样品 Sample | 水分 Moisture/% | 灰分 Ash/% | 蛋白质 Protein/% |
|-----------------|---------------|------------|---------------|
| 小麦粉 Wheat flour | 12.6 ± 0.2 | 0.47 ± 0.0 | 14.20 ± 0.2 |
| L-OF | 6.5 ± 0.1 | 5.02 ± 0.1 | 14.27 ± 0.3 |
| M-OF | 6.7 ± 0.0 | 3.85 ± 0.2 | 15.34 ± 0.1 |
| S-OF | 6.8 ± 0.1 | 3.64 ± 0.1 | 16.90 ± 0.3 |

L-OF 指大粒度豆渣粉(80 < φ < 200 目),M-OF 指中粒度豆渣粉($\varphi > 80$ 目),S-OF 指小粒度豆渣粉($\varphi > 200$ 目),下同。

L-OF, M-OF and S-OF means particle size was 80 < φ < 200 mesh, $\varphi > 80$ mesh and $\varphi > 200$ mesh, respectively. The same below.

2.2 复合粉的水分、灰分和白度值

豆渣粉与小麦粉按一定比例混合后,复合粉的含量随豆渣粉添加量增多而减少,灰分含量则逐渐增高(表 3),这是由于豆渣粉水分含量较低而灰分含量较高引起的。随着豆渣粉添加量的增多,复合粉白度逐渐变小,而且豆渣粉粒度越小复合粉白度越低。这是由于豆渣粉灰分含量较高,本身有一定颜色,造成复合粉白度较低。粒度越小的豆渣粉,其颗粒越平滑,与小麦粉的接触越充实,致使测量时反光量减小,白度也随之变低。

表 3 复合粉的水分、灰分和白度值

Table 3 Moisture, ash and whiteness of composite flour

| 样品 Sample | 水分 Moisture/% | 灰分 Ash/% | 白度 Whiteness/% |
|-----------------|---------------|------------|----------------|
| 小麦粉 Wheat flour | 12.6 ± 0.2 | 0.47 ± 0.0 | 82.6 ± 2.2 |
| 5L-OF | 12.6 ± 0.5 | 1.13 ± 0.2 | 77.8 ± 1.6 |
| 10L-OF | 12.3 ± 0.1 | 1.20 ± 0.3 | 73.4 ± 1.3 |
| 15L-OF | 12.1 ± 0.2 | 1.36 ± 0.0 | 71.8 ± 0.4 |
| 20L-OF | 11.9 ± 0.0 | 1.49 ± 0.0 | 68.1 ± 0.7 |
| 25L-OF | 11.6 ± 0.1 | 1.61 ± 0.1 | 65.8 ± 0.3 |
| 30L-OF | 11.1 ± 0.2 | 1.72 ± 0.1 | 63.9 ± 1.1 |
| 5M-OF | 12.8 ± 0.0 | 0.68 ± 0.0 | 76.2 ± 0.6 |
| 10M-OF | 12.7 ± 0.2 | 0.85 ± 0.0 | 72.9 ± 1.7 |
| 15M-OF | 12.6 ± 0.1 | 0.92 ± 0.0 | 70.5 ± 2.0 |
| 20M-OF | 12.5 ± 0.0 | 0.94 ± 0.1 | 66.0 ± 0.5 |
| 25M-OF | 12.4 ± 0.0 | 1.09 ± 0.2 | 64.1 ± 0.3 |
| 30M-OF | 11.3 ± 0.3 | 1.38 ± 0.0 | 62.8 ± 0.6 |
| 5S-OF | 12.7 ± 0.1 | 0.54 ± 0.0 | 75.9 ± 2.7 |
| 10S-OF | 12.4 ± 0.0 | 0.87 ± 0.0 | 71.7 ± 0.3 |
| 15S-OF | 12.1 ± 0.0 | 0.82 ± 0.1 | 70.1 ± 0.9 |
| 20S-OF | 11.7 ± 0.4 | 1.08 ± 0.4 | 65.6 ± 1.4 |
| 25S-OF | 11.9 ± 0.1 | 1.13 ± 0.2 | 63.7 ± 0.5 |
| 30S-OF | 11.2 ± 0.3 | 1.36 ± 0.1 | 61.2 ± 1.5 |

5L-OF 指复合粉中大粒度豆渣粉的添加量为 5%;以此类推,下同。

5L-OF means addition of the composite flour with big particle size was 5%, and so on. The same below.

2.3 复合粉的 RVA 糊化特性

峰值粘度指温度达到 95℃ 时,样品的最高粘度。在测定初期,温度低于 50℃ 时,淀粉颗粒通常不溶于水,但当温度升高并超过某临界温度时,淀粉颗粒吸收大量水并溶胀至其原体积的数倍,导致粘度突然增加,并逐渐达到峰值粘度^[5]。样品受到恒定高温(95℃)和机械剪切力的作用,淀粉颗粒逐渐崩解,淀粉分子进入溶液后重新排列,此时淀粉的粘度降至最低,即谷底粘度。破损值为峰值粘度与谷底粘度的差值,破损值下降表明淀粉颗粒蒸煮后分解能力因淀粉颗粒的陈化而明显降低。最终粘度指混合物逐渐冷却至 50℃ 时的最高粘度。最

终粘度和谷底黏度之差称为回生值(胶凝值),表示淀粉溶液在冷却过程中的回生黏度,即淀粉的老化程度。回生值越大,淀粉老化程度越高。峰值时间是指粘度达到峰值时所需的时间^[6]。

由表 4 可知,复合粉的峰值粘度、谷底粘度、破损值、最终粘度、峰值时间、回生值均随豆渣粉添加量的增加而降低,且明显低于小麦粉,表明添加豆渣粉能够增强小麦粉的热稳定性和抗老化能力。复合粉的糊化温度较小麦粉略有上升,这可能与豆渣粉中含有一定量的水溶性大豆多糖有关。水溶性大豆多糖是一种较好的乳化剂、分散剂和稳定剂,可以提高淀粉的糊化温度,缩短糊化时间^[7]。

表 4 复合粉的 RVA 糊化特性参数
Table 4 RVA gelatinization properties of composite flour

| 样品 Sample | 峰值粘度 Peak viscosity/cP | 谷底粘度 Trough viscosity/cP | 破损值 Breakdown/cP | 最终粘度 Final viscosity/cP | 回生值 Setback/cP | 峰值时间 Peak time/min | 糊化温度 Gelatinization temperature/℃ |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|---|
| 小麦粉 Wheat flour | 1421 ± 11 | 847 ± 74 | 574 ± 64 | 1827 ± 94 | 981 ± 20 | 5.8 ± 0.0 | 87.3 ± 0.1 |
| 5L-OF | 1126 ± 6 | 699 ± 0 | 427 ± 6 | 1530 ± 2 | 831 ± 2 | 5.6 ± 0.0 | 88.3 ± 0.1 |
| 10L-OF | 1143 ± 66 | 622 ± 3 | 521 ± 63 | 1378 ± 47 | 756 ± 44 | 5.4 ± 0.0 | 87.9 ± 0.5 |
| 15L-OF | 948 ± 21 | 574 ± 13 | 374 ± 8 | 1207 ± 18 | 633 ± 5 | 5.4 ± 0.1 | 88.2 ± 0.0 |
| 20L-OF | 810 ± 1 | 502 ± 1 | 308 ± 1 | 1026 ± 2 | 525 ± 1 | 5.3 ± 0.0 | 88.7 ± 0.6 |
| 25L-OF | 740 ± 6 | 450 ± 4 | 290 ± 1 | 893 ± 6 | 443 ± 2 | 5.3 ± 0.0 | 88.2 ± 0.0 |
| 30L-OF | 669 ± 1 | 420 ± 7 | 249 ± 6 | 789 ± 7 | 369 ± 0 | 5.2 ± 0.1 | 88.7 ± 0.7 |
| 5M-OF | 1174 ± 88 | 699 ± 32 | 474 ± 57 | 1552 ± 89 | 853 ± 57 | 5.7 ± 0.0 | 88.6 ± 0.6 |
| 10M-OF | 1092 ± 18 | 633 ± 27 | 459 ± 9 | 1394 ± 33 | 761 ± 6 | 5.5 ± 0.0 | 87.9 ± 0.6 |
| 15M-OF | 960 ± 9 | 546 ± 3 | 414 ± 12 | 1162 ± 8 | 616 ± 5 | 5.3 ± 0.0 | 87.0 ± 0.6 |
| 20M-OF | 873 ± 2 | 495 ± 1 | 378 ± 3 | 1008 ± 6 | 514 ± 6 | 5.2 ± 0.0 | 87.1 ± 0.6 |
| 25M-OF | 774 ± 4 | 447 ± 2 | 327 ± 2 | 875 ± 5 | 427 ± 4 | 5.2 ± 0.1 | 87.8 ± 0.6 |
| 30M-OF | 720 ± 1 | 410 ± 4 | 310 ± 4 | 775 ± 6 | 365 ± 3 | 5.1 ± 0.0 | 87.0 ± 0.6 |
| 5S-OF | 1156 ± 8 | 707 ± 8 | 449 ± 0 | 1559 ± 11 | 853 ± 2 | 5.6 ± 0.1 | 88.2 ± 0.0 |
| 10S-OF | 1064 ± 3 | 617 ± 6 | 447 ± 8 | 1359 ± 7 | 742 ± 2 | 5.5 ± 0.1 | 88.3 ± 0.1 |
| 15S-OF | 983 ± 11 | 575 ± 2 | 408 ± 8 | 1202 ± 40 | 654 ± 4 | 5.4 ± 0.1 | 87.8 ± 0.6 |
| 20S-OF | 912 ± 6 | 500 ± 3 | 412 ± 3 | 1034 ± 1 | 534 ± 4 | 5.2 ± 0.0 | 86.6 ± 0.0 |
| 25S-OF | 835 ± 8 | 453 ± 8 | 382 ± 9 | 896 ± 11 | 443 ± 2 | 5.2 ± 0.0 | 86.6 ± 0.0 |
| 30S-OF | 777 ± 6 | 409 ± 2 | 368 ± 4 | 779 ± 6 | 370 ± 4 | 5.1 ± 0.0 | 86.6 ± 0.0 |

2.4 复合粉的 DSC 糊化特性和老化特性

糊化是淀粉在水中受热而吸水膨胀,因分子间和分子内氢键断裂而引起淀粉分子扩散的过程,此过程中伴随的能量变化在 DSC 图谱上表现为吸热峰。从峰的形成到结束可以得到糊化的起始温度(T_0)、峰值温度(T_p)和结束温度(T_e),峰的面积表示糊化所需的热焓($J \cdot g^{-1}$)^[8]。小麦粉和含 10% 中粒度豆渣粉复合粉(10M-OF)的 DSC 分析结果见图 1。

DSC 分析结果显示(图 1),小麦粉和复合粉在 40 ~ 200℃ 范围内出现 2 个峰,峰 1 为淀粉糊化过程

中吸热所产生。复合粉的糊化温度较小麦粉有所增高,热焓值略有上升,这可能是由于豆渣纤维吸水性较强,影响淀粉的吸水溶胀,导致糊化温度升高。添加豆渣粉在一定程度上提高了小麦粉的热稳定性,延缓了淀粉的老化。二者在 140 ~ 170℃ 还出现了一个放热峰(峰 2),这可能是由于样品所含的多糖或蛋白在高温下分解放热产生的。由于豆渣粉的膳食纤维(58.6%)和蛋白质含量较高,因此复合粉所含的多糖和蛋白质含量高于小麦粉,致使复合粉的峰 2 面积和温度范围显著大于小麦粉。

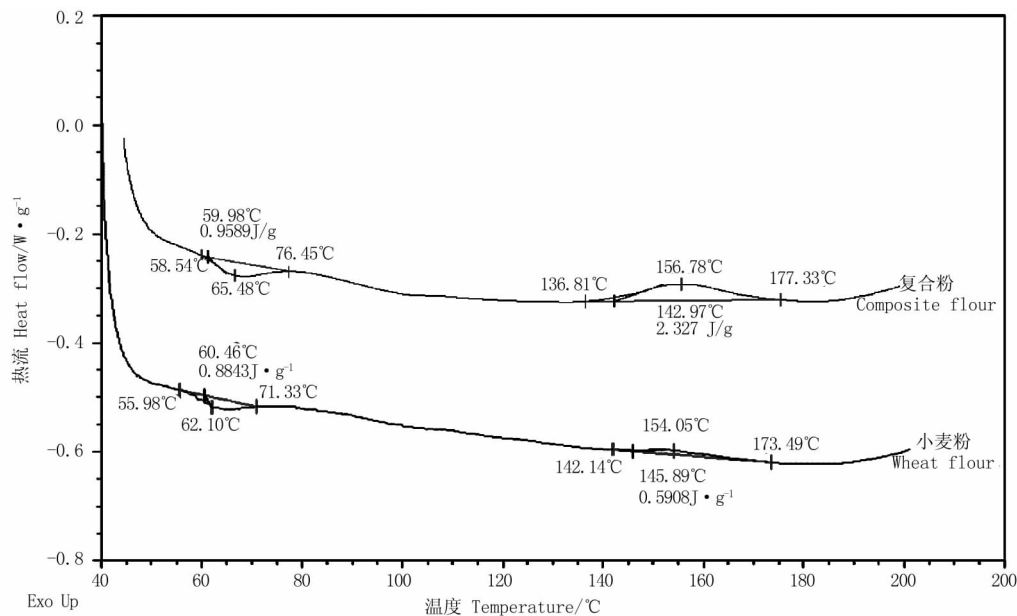


图1 小麦粉和复合粉(10M-OF)的DSC曲线

Fig.1 DSC curve of wheat flour and composite flour(10M-OF)

3 结论

豆渣粉的灰分含量显著高于小麦粉,且随其粒度增大而增高;蛋白质含量略高于小麦粉。随豆渣粉添加量的增多,豆渣小麦复合粉的灰分含量逐渐增高,白度逐渐降低,且豆渣粉粒度越小白度越低。RVA分析显示,复合粉的峰值粘度、谷底粘度、破损值、最终粘度、峰值时间、回生值均随豆渣粉添加量的增多而降低,且明显低于小麦粉,表明添加豆渣粉能够增强小麦粉的热稳定性和抗老化能力。DSC分析显示,复合粉的糊化温度较小麦粉有所提高,热焓值也略有上升。

参考文献

- [1] Li B, Qiao M, Lu F. Composition, nutrition and utilization of okara (soybean residue) [J]. Food Reviews International, 2012, 28: 231-252.
- [2] 李波, 芦菲, 王东玲, 等. 豆渣馒头加工工艺研究 [J]. 大豆科学, 2011, 30(6): 1011-1016. (Li B, Lu F, Wang D L, et al. Processing technology of steamed bread made with bean curd residue [J]. Soybean Science, 2011, 30(6): 1011-1016.)
- [3] 李波, 芦菲, 王东玲, 等. 豆腐渣在面条中的应用研究 [J]. 中国粮油学报, 2012, 27(6): 83-88. (Li B, Lu F, Wang D L, et al. Study on the application of bean curd residue in noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(6): 83-88.)
- [4] Koo H J, Park S H, Jo J S, et al. Gelatinization and retrogradation of 6-year-old Korean ginseng starches studied by DSC [J]. Food Science and Technology, 2005, 38(1): 59-65.
- [5] 程科, 陈季旺, 许永亮, 等. 大米淀粉物化特性与糊化曲线的相关性研究 [J]. 中国粮油学报, 2006, 21(6): 4-8. (Cheng K, Chen J W, Xu Y L, et al. The relationship between physicochemical property and pasting curve of rice starch [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2006, 21(6): 4-8.)
- [6] 阎俊, 张勇, 何中虎. 小麦品种糊化特性研究 [J]. 中国农业科学, 2001, 34(1): 9-13. (Yan J, Zhang Y, He Z H. Investigation on paste property of Chinese wheat [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2001, 34(1): 9-13.)
- [7] 谭永辉, 李俊, 李军国, 等. 水溶性大豆多糖对淀粉糊化特性的影响 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29(3): 51-54. (Tan Y H, Li J, Li J G, et al. The effect of soluble soybean polysaccharides on pasting property of starch [J]. Food Research and Development, 2008, 29(3): 51-54.)
- [8] 李光磊, 李新华. 抗性淀粉糊化特性的研究 [J]. 粮油加工, 2007(7): 104-107. (Li G L, Li X H. Pasting property of resistant starch [J]. Cereals and Oils Processing, 2007(7): 104-107.)