



挤压加工对豆渣中可溶性膳食纤维和豆渣物性的影响

罗 垠, 陈 野, 李 鹏, 杨 叶
(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 以豆渣粉为原料,通过优化挤压加工条件,提高豆渣中可溶性膳食纤维(SDF)的含量并改善豆渣物性. 通过单因素实验,豆渣挤压的最佳工艺条件为:温度 160 °C,物料水分 25%,转速 100 r/min. 优化挤压条件后,豆渣中可溶性膳食纤维含量与原始豆渣相比从 2.6%增加至 30.1%. 豆渣粉挤压前后的物性实验表明:挤压豆渣在水溶性、膨胀性和乳化性方面与原始豆渣粉相比分别提高 10.4%、15.6%和 130%. 豆渣粉的差示扫描量热(DSC)分析结果表明:挤压豆渣粉在 200 °C以下结构稳定;扫描电子显微镜(SEM)观察挤压豆渣结构,可以看出其纤维结构有明显的热降解现象.

关键词: 豆渣; 挤压; 可溶性膳食纤维; 物性

中图分类号: TE626.24 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2011)02-0005-04

Effect of Extrusion Processing on Soluble Dietary Fiber and Physical Properties of Soybean Residue

LUO Yin, CHEN Ye, LI Peng, YANG Ye

(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Soybean residue used as materials, the soluble dietary fiber (SDF) content of soybean residue was raised and physical properties was improved by optimizing the extrusion processing conditions. The results of single factor experiment suggested that, as the temperature was 160 °C, water content of raw materials was 25%, revolution speed of extruder was 100 r/min, the soluble dietary fiber content of soybean residue raised from 2.6% to 30.1% after extrusion. The physical property experiments showed that the water-solubility, expansion and emulsifying of extruded soybean residue raised 10.4%, 15.6% and 130%, respectively. Extruded soybean residue remained structural stability below 200 °C through the analysis of differential scanning calorimetry (DSC). The fiber structure of extruded soybean residue appeared thermal degradation observed using the scanning electron microscopy (SEM).

Keywords: soybean residue; extrusion; soluble dietary fiber; physical properties

豆渣是豆腐、豆腐皮、腐竹、豆奶等大豆制品加工中的主要副产物,约占全豆干质量的 15%~20%. 国内大豆食品行业每年约产出 2 000 万吨湿豆渣^[1]. 我国大豆产量高,豆制品加工发达,但副产品——豆渣利用率非常低,除少部分作为饲料外,大部分作为废料弃掉,资源浪费极大,同时又造成环境污染.

膳食纤维对人体健康有着很重要的生理功能^[2],具有预防肛肠疾病和心血管疾病^[3]、减轻体重、改善糖尿病患者的健康状况^[3-5]、改善口腔和牙齿功能、防治胆结石等生理功效. 豆渣富含膳食纤维,是一种极

为理想的纤维素源^[6].

本研究利用挤压技术对豆渣进行处理,确定最佳工艺条件并且对其物性的改善进行分析,旨在提高其可溶性膳食纤维的含量,对豆渣作为食品配料的用途有着重要的意义.

1 材料与方法

1.1 材料

豆渣粉,天津滨海圣玉豆制品厂,经 60 °C 鼓风干

收稿日期: 2010-10-11; 修回日期: 2010-12-25

基金项目: 天津市科技支撑计划项目(10ZCKFN01900)

作者简介: 罗 垠 (1986—), 男, 天津人, 硕士研究生; 通信作者: 陈 野, 教授, 博士, chenye@tust.edu.cn.

燥粉碎过 40 目筛得到; α -淀粉酶、糖化酶和蛋白酶, Sigma 公司。

1.2 工艺流程

首先对豆渣粉进行调湿,然后利用 SYSLG32-II 型挤压机(济南赛百诺科技开发有限公司)以特定的温度与转速对豆渣进行挤压,收集挤压后的豆渣,在 60 °C 下进行烘干处理,最后粉碎得到挤压豆渣粉。

1.3 单因素实验方法

测定不同条件对豆渣中可溶性膳食纤维含量的影响,实验分别设置物料水分分为 15%、20%、25%、30%、35%;挤压机转速为 80、100、120、140、160 r/min;挤压温度为 130、140、150、160、170 °C。

1.4 豆渣物性检测^[7]

将挤压后的豆渣和未经处理的豆渣分别进行筛选,过 40、60、80 和 100 目的筛子,然后进行物性的测定。

1.4.1 水溶性的测定

准确称取 0.500 g 豆渣于 200 mL 烧杯中,加入 50 mL 蒸馏水,在 90 °C 恒温水浴锅中连续搅拌 30 min 后,3 000 r/min 离心 15 min,取出上清液于 105 °C 烘干至恒质量,称残留物质量。

$$\text{水溶性} = \frac{m_{\text{残留物}}}{m_{\text{样品}}} \times 100\%$$

1.4.2 膨胀性的测定

准确称取 1.000 g 豆渣,放入带刻度的玻璃试管中,加入 10 mL 蒸馏水,搅拌均匀后,在室温下静置 24 h,读出豆渣此时的体积分数。

$$\text{膨胀性} = \frac{V_{\text{膨胀后}}}{m_{\text{样品}}} \times 100\%$$

1.4.3 乳化性的测定

1 g/L 的豆渣溶液 24 mL,加入 8 mL 大豆色拉油,于剪切乳化仪中 10 000 r/min 搅打 1 min 后,立即于容器底部取样 50 μ L,用 0.1% 的 SDS 溶液稀释适当倍数,混匀后 500 nm 处测定吸光度,以 SDS 溶液为空白。

$$\text{乳化性} = \frac{2 \times 2.303 \times A_0 \times N}{\rho \times \varphi \times L \times 10^4}$$

式中: ρ 为样品质量浓度, g/mL; φ 为乳化液中油相的体积分数; L 为比色杯光径, 95 mm; N 为稀释倍数; A_0 为起始乳化液的吸光度。

1.5 热分析

称取 3 ~ 5 mg 豆渣,放入铝制坩埚,盖上坩埚盖,置于压样机中压盖,将坩埚放入 DSC-60A 型差示扫

描量热仪(日本岛津公司)中检测,从室温升至 200 °C,升温速度为 5 °C/min,分析热变化规律。

1.6 结构观察

经过几次 95%乙醇和蒸馏水清洗后,豆渣中膳食纤维经过滤器过滤,乙基乙醚洗涤,干燥。干燥的豆渣用 JSM-6380 型扫描电子显微镜(日本电子公司)观察其结构变化。

1.7 可溶性膳食纤维的测定

采用 AACCC32-06 方法^[8]测定可溶性膳食纤维(SDF)的含量。

2 结果与讨论

2.1 挤压单因素实验结果

2.1.1 物料水分

在挤压温度 160 °C、挤压转速 120 r/min 条件下,测定不同物料水分对豆渣 SDF 含量的影响,结果如图 1 所示。

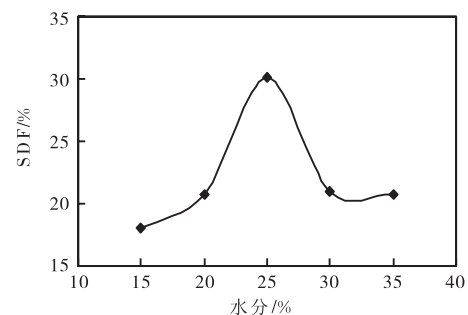


图 1 豆渣水分对豆渣 SDF 含量的影响

Fig.1 Effect of water content of soybean residue on content of SDF

从图 1 中可以看到水分从 15% ~ 35% 的变化过程中, SDF 含量先增后减。豆渣水分在 25% 时,豆渣中 SDF 含量最高。调节物料中的水分可以改变豆渣的输送特性,使其在机筒中更好地被输送;另一方面,豆渣水分高低可以影响挤压过程中剪切力、压力和摩擦力大小,进而影响到 SDF 含量的多少。当豆渣中水分小于 25% 时剪切力增大,但豆渣过干造成机筒极易堵塞,不利于工业化连续生产。当水分大于 25% 时,豆渣在机筒中容易发生打滑,减小了剪切力,不利于豆渣中 SDF 含量的增加。同时由于剪切力减小而造成纤维物料降解程度降低^[9],影响 SDF 含量的增加。

2.1.2 挤压转速

在物料水分 25%、挤压温度 160 °C 条件下,测定不同挤压转速对豆渣 SDF 含量的影响,结果如图 2 所示。

从图2可以看出:当转速为100 r/min时,SDF含量最大,豆渣在机筒中停留时间足够长,使物料充分得到剪切、摩擦以及高温的作用,从而提高了SDF的含量.而当转速高于100 r/min时,豆渣在机筒中的滞留时间过短,未获得足够的加热作用与挤压作用,因而随着转速的增高SDF的含量下降.

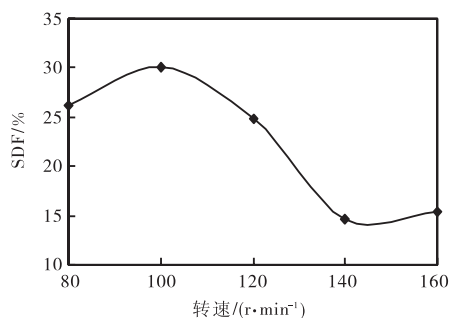


图2 挤压转速对豆渣SDF含量的影响

Fig.2 Effect of revolution speed on content of SDF

2.1.3 挤压温度

在物料水分25%、挤压转速100 r/min条件下,测定不同挤压温度对豆渣SDF含量的影响,结果如图3所示.

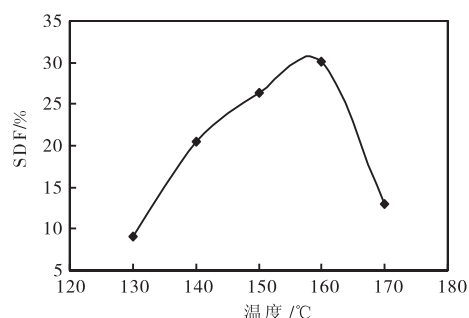


图3 挤压温度对豆渣SDF含量的影响

Fig.3 Effect of extrusion temperature on content of SDF

由图3可以看出:在挤压温度130~160°C时,随着温度的升高,SDF的含量逐渐增加.这是由于温度升高使纤维素发生热降解,因此SDF的含量也就越高.而温度高于160°C时,豆渣在机筒中焦糊,并堆积结成硬块堵塞机筒,SDF的含量迅速下降.

2.1.4 比较挤压前后豆渣成分含量的变化

通过AACC32-06方法测定豆渣粉和最优挤压条件下挤压豆渣粉的成分含量变化,结果见表1.

表1 挤压前后豆渣成分含量的变化

Tab.1 Changes in component of raw and extruded soybean residue

测定样品	脂肪/%	蛋白质/%	总膳食纤维/%	SDF/%
豆渣粉	12.2	19.3	53.6	2.6
挤压豆渣粉	10.7	19.2	52.8	30.1

从表中可以看出,通过单因素优化挤压加工条件后,挤压豆渣粉的可溶性膳食纤维量比未挤压的豆渣粉提高了10倍.

2.2 豆渣物性的变化

2.2.1 挤压对豆渣水溶性的影响

从表2中可以看出经过挤压后的豆渣水溶性得到了明显的提高,其增幅为10.4%.这是由于不可溶的纤维通过挤压转变为可溶性纤维^[10],同时,高温使豆渣中残存蛋白质空间结构发生变化,削弱了蛋白质之间的疏水作用,从而提高了豆渣的水溶性.

表2 挤压对豆渣水溶性的影响

Tab.2 Effect of extrusion processing on water-soluble of soybean residue

粒度/ μm	380	250	180	150
豆渣粉/%	9.14	9.29	9.46	9.58
挤压豆渣粉/%	10.10	10.27	10.32	10.58

2.2.2 挤压对豆渣膨胀性的影响

挤压对豆渣膨胀性的影响见表3.挤压后的豆渣膨胀性要高于未处理的豆渣,其增幅为15.6%.这可能是由于纤维高聚物连接键的断裂,使大分子向小分子方向裂解,增加了物料的表面积,从而提高了豆渣的膨胀性.

表3 挤压对豆渣膨胀性的影响

Tab.3 Effect of extrusion processing on expansion of soybean residue

粒度/ μm	380	250	180	150
豆渣粉/($\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$)	5.53	6.17	6.64	8.01
挤压豆渣粉/($\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$)	5.96	6.83	7.55	9.26

2.2.3 挤压对豆渣乳化性的影响

从表4可以看出,挤压后豆渣的乳化性要优于未挤压豆渣,其增幅为130%.这可能是由于蛋白分子结构受到挤压所带来高剪切力的破坏,使部分包埋在分子内部的疏水基因暴露出来,促进了亲水—疏水性质的平衡,从而提高了乳化性.

表4 挤压对豆渣乳化性的影响

Tab.4 Effect of extrusion processing on emulsifying of soybean residue

粒度/ μm	380	250	180	150
豆渣粉/($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	0.808	0.903	1.213	1.271
挤压豆渣粉/($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	1.106	2.257	2.834	2.968

2.3 差示扫描量热(DSC)分析

从图4中可以看出,经130°C和160°C挤压处理豆渣的DSC曲线趋势基本一致.在90~100°C表现为豆渣水分的吸热,其后至200°C没有出现吸放热的

变化,说明在 200 °C之前经挤压处理过的豆渣具有热稳定,这对于豆渣粉作为焙烤食品等的膳食纤维添加剂有着重要意义.

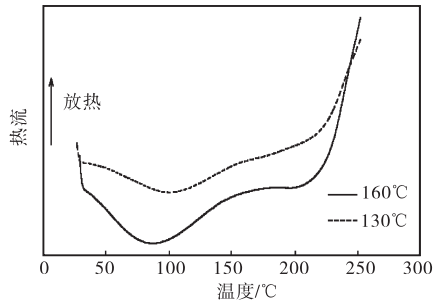
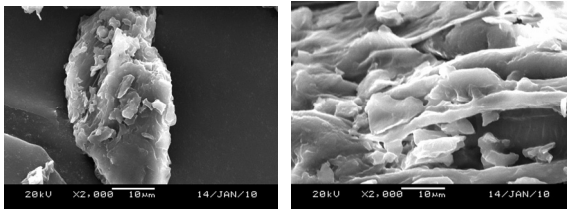


图 4 经 130 °C和 160 °C挤压后豆渣的 DSC 图

Fig.4 DSC of 130 °C extruded and 160 °C extruded soybean

2.4 扫描电子显微镜(SEM)观察结果

由图 5 可以看出,经高温(160 °C)挤压的豆渣结构上要比经中温(130 °C)的疏松,并且表面更为粗糙.出现这种情况的原因可能是:挤压的高剪切力使纤维之间的连接键断开;中温挤压时,已经有一部分键被打开,但是没有高温时打开的多且明显,这是因为足够高的温度使纤维之间的连接键获得打开所需要的能量,从而将键打开,使纤维向小分子结构降解;同时也有可能是半纤维素的释放^[11].



(a) 130 °C处理的豆渣 (b) 160 °C处理的豆渣

图 5 130 °C和 160 °C挤压后豆渣的 SEM 图

Fig.5 SEM of 130 °C extruded and 160 °C extruded soybean

3 结 论

通过单因素实验,豆渣挤压的最佳工艺条件为:

温度 160 °C,水分 25%,转速 100 r/min. 经过挤压的豆渣粉中可溶性膳食纤维量比未挤压豆渣粉提高了 10 倍. 挤压豆渣粉在水溶性、膨胀性和乳化性方面有明显的提高. 通过 DSC 分析得出:挤压后的豆渣在 200 °C以下具有热稳定性. 从 SEM 图中可以看出,经高温挤压豆渣的原有结构被破坏,发生热降解.

参考文献:

[1] 陈霞,赵贵兴,孙子重. 大豆加工副产物:豆渣及油脚的利用[J]. 黑龙江农业科学,2006(6):57-60.

[2] 谢洁,周剑新. 膳食纤维及其发展前景[J]. 广西质量监督导报,2008(7):136-137.

[3] Aleixandre A,Miguel M. Dietary fiber in the prevention and treatment of metabolic syndrome:A review[J]. Crit Rev Food Sci Nutr,2008,48(10):905-912.

[4] 田学森. 豆渣纤维的提取及临床降糖实验观察[J]. 河南预防医学杂志,2003,14(3):136-137.

[5] Weickert M O,Pfeiffer A F. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes[J]. J Nutr, 2008,138(3):439-442.

[6] 张延坤. 膳食纤维在食品中的应用[J]. 食品工业, 1997(6):30-32.

[7] 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.

[8] 郑建仙. 功能性膳食纤维[M]. 北京:化学工业出版社, 2005:159-161.

[9] 姜海伟,迟玉杰. 挤压蒸煮对豆渣中可溶性膳食纤维含量的影响[J]. 中国粮油学报,2009,24(6):31-35.

[10] 钱建亚,丁霄霖. 膳食纤维的双螺杆挤压改性(I):挤压对大豆膳食纤维的影响[J]. 食品与发酵工业, 1995(6):24-28.

[11] Aoe S,Nakaoka M,Ido K,et al. Availability of dietary fiber in extruded wheat bran and apparent digestibility in rats of coexisting nutrients[J]. Cereal Chemistry,1989, 66(4):252-256.