



压差式膨化加工对豆渣可溶性膳食纤维的影响

纪绪前, 陈野, 高辰, 侯强
(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 以豆渣为原料, 通过压差式膨化加工提高可溶性膳食纤维(SDF)的含量并改善其物性. 结果表明: 物料水分83%、膨化温度70℃、处理时间90min时, 豆渣中可溶性膳食纤维含量与原料豆渣相比从3.9%增加至18.2%. 豆渣膨化前后的物性实验表明: 膨化豆渣在水溶性、膨胀性和持水性方面与原料豆渣相比分别提高43.5%、37.0%和30.8%. 豆渣的差示扫描量热(DSC)分析结果表明, 膨化豆渣在200℃以下结构稳定; 扫描电子显微镜(SEM)观察膨化豆渣结构, 可以看出其纤维结构有明显的降解.

关键词: 豆渣; 压差式膨化; 可溶性膳食纤维; 物性

中图分类号: TS210.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2013)02-0006-05

Effect of Differential Pressure Explosion Puffing Processing on Soluble Dietary Fiber of Soybean Residue

JI Xuqian, CHEN Ye, GAO Chen, HOU Qiang

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

Abstract: Soybean residue was used as material. The soluble dietary fiber content of the soybean residue was raised and its physical properties were improved under differential pressure explosion puffing processing. The results suggested that when the water content of the raw material was 83%, the treatment temperature was 70℃, and the process-time was 90 min, the soluble dietary fiber content of the soybean residue increased from 3.9% to 18.2% after the explosion. The physical property experiments showed that the water-solubility, expansion, and water holding capability of the explosion puffed soybean residue increased by 43.5%, 37.0% and 30.8%, respectively. Analysis of differential scanning calorimetry(DSC) showed that the explosion puffed soybean residue remained its structural stability below 200℃, and scanning electron microscopy(SEM) found that the fiber structure of the explosion puffing soybean residue appeared degraded.

Key words: soybean residue; explosion puffing; 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, 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^[1]. 膳食纤维被称为“第七大营养素”, 对人体健康有着很重要的生理功能^[2]. 但是天然来源的膳食纤维大多数为不溶性膳食纤维(IDF), 而可溶性膳食纤维(SDF)含量较低, 因此提高天然膳食纤维中SDF含量具有重要意义^[3-5]. 豆渣中富含膳食纤维, 是一种极为理想的纤维素源^[6]. 压差式膨化又称爆炸膨化, 其原理是通过瞬时高压使物料内部水分瞬间升温汽

化、减压膨胀, 并依靠气体的膨胀力, 带动组织中高分子物质的结构变性, 从而形成具有网状特征的多孔状结构^[7]. 本文以压差式膨化处理对豆渣可溶性膳食纤维含量及水溶性、膨胀性、持水性等理化性质的影响作研究, 为豆渣的进一步开发利用提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

原料豆渣, 天津滨海圣玉豆制品厂.

收稿日期: 2012-09-24; 修回日期: 2012-12-04

基金项目: 天津市科技支撑计划重点项目(10ZCKFN01900)

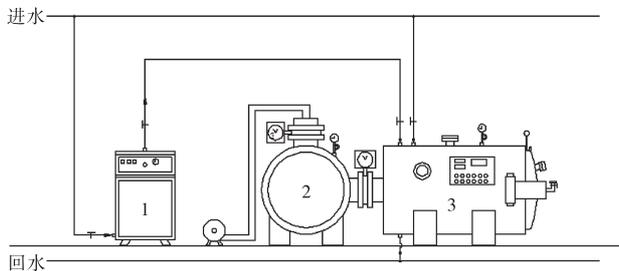
作者简介: 纪绪前(1987—), 男, 山东淄博人, 硕士研究生; 通信作者: 陈野, 教授, chenye@tust.edu.cn.

α -淀粉酶(AR)、糖化酶(AR)、蛋白酶(AR), Sigma公司;无水乙醇(AR),天津市北方天医化学试剂厂。

QDPH-15型压差式真空膨化设备,天津市勤德新材料科技有限公司;DSC-60A型差示扫描量热仪,日本岛津公司;JSM-6308型扫描电子显微镜,日本电子公司。

1.2 工艺流程

利用压差式真空膨化设备(如图1所示),以特定的温度与时间对豆渣进行膨化处理,收集膨化后的豆渣,利用高速粉碎机粉碎,过80目筛,得到膨化豆渣粉。



1. 蒸汽发生器; 2. 真空罐; 3. 膨化罐

图1 压差式真空膨化实验设备

Fig.1 Experiment equipment for differential pressure explosion puffing

1.3 单因素实验

分别以豆渣中可溶性膳食纤维含量和水分含量为指标,测定不同膨化条件处理对豆渣膨化效果的影响。

可溶性膳食纤维、总膳食纤维的测定分别采用AACC32-06和AACC32-07方法^[8],水分含量的测定采用GB 5009.3—2010《食品安全国家标准食品中水分的测定》^[9]方法,蛋白质含量测定采用GB 5009.5—2010《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》^[10]方法,脂肪含量测定采用GB 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》^[11]方法。

1.3.1 物料初始水分

设定物料水分为83%、70%、60%、50%,膨化温度70℃,处理时间90min进行膨化,以膨化后豆渣水分及SDF含量为指标,测定物料初始水分对膨化效果的影响。

1.3.2 膨化温度

设定膨化温度为50、60、70、80℃,物料水分83%,处理时间90min进行膨化,以膨化后豆渣水分及SDF含量为指标,测定膨化温度对膨化效果的

影响。

1.3.3 处理时间

设定处理时间为30、60、90、120min,物料水分83%,膨化温度70℃进行膨化,以膨化后豆渣水分及SDF含量为指标,测定处理时间对膨化效果的影响。

1.4 豆渣物性的检测

将不同膨化条件下所得豆渣与未经处理豆渣分别进行物性的测定^[12],并进行对比。

1.4.1 水溶性

准确称取0.500g干燥至恒质量的豆渣于200mL烧杯中,加入50mL蒸馏水,在90℃恒温水浴锅中连续搅拌30min后,3000r/min离心15min,取出上清液于105℃烘干至恒质量,称残留物质量。

$$\text{水溶性} = \frac{\text{残留物质量(g)}}{\text{样品质量(g)}} \times 100\%$$

1.4.2 膨胀性

准确称取1.000g豆渣,放入带刻度的玻璃试管中,加入10mL蒸馏水,搅拌均匀后,25℃静置24h,读出豆渣此时的体积。

$$\text{膨胀性} = \frac{\text{膨胀后体积(mL)}}{\text{样品干质量(g)}}$$

1.4.3 持水性

称取0.100g豆渣放入烧杯中,加入蒸馏水15mL,摇匀,在室温下浸泡1h,将吸水后的豆渣样品倒入滤纸漏斗上过滤,待水滴干后,转移到另一表面皿称量。换算成每克豆渣所能滞留水的质量即为豆渣的持水性。

$$\text{持水性} = \frac{\text{样品湿质量(g)} - \text{样品干质量(g)}}{\text{样品干质量(g)}} \times 100\%$$

1.5 热稳定性分析

利用差示扫描量热仪对原料以及产品的热稳定性进行分析。其步骤如下:首先将物料进行干燥并粉碎过筛。称取少量(2~5mg)样品置于铝制坩埚中,然后放入压样机中室温下压盖。将压好盖的坩埚转移至差示扫描量热仪中进行检测。从室温升至200℃,升温速率为10℃/min,分析热变化规律。

1.6 显微结构观察

将少量豆渣平铺在导电胶上,把托盘放入离子溅射仪中喷金90s,采用平均电流为15mA,真空度为7~8Pa,喷金结束后把托盘取出,转移至扫描电子显微镜中进行扫描检测,选用的各参数:像素为1280×960,工作距离为9.4mm,加速电压为15000V,3号光阑孔,放大倍数分别为500、1000、2000倍,最后

将选好的图像进行拍照并保存.

2 结果与讨论

2.1 不同膨化条件对豆渣膨化效果的影响

2.1.1 物料初始水分

在膨化温度 70 °C、处理时间 90 min 条件下,测定不同物料初始水分对豆渣中 SDF 与水分含量的影响,结果如图 2 所示.

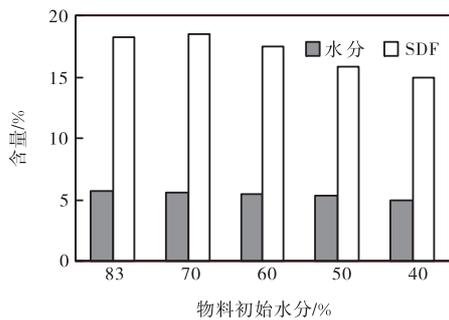


图 2 物料初始水分对豆渣膨化效果的影响

Fig. 2 Effect of initial material moisture on the puffing of soybean residue

由图 2 可以看出,随着物料初始水分的减少,膨化处理后豆渣中水分含量变化不大, SDF 含量整体呈下降趋势. 当初始水分含量较高时,膨化处理产生较多的水蒸气使罐内压力增大,豆渣内部结构压强随之增加,将罐内空气及水蒸气瞬间抽走时豆渣结构急剧变化,形成结构疏松的泡沫状产物. 当初始水分含量较少时,膨化产生的水蒸气较少,罐内压力及豆渣内部压强随之减小,影响膨化效果,导致 SDF 含量降低.

2.1.2 膨化温度

在物料初始水分 83%、处理时间 90 min 条件下,测定不同膨化温度对豆渣中 SDF 与水分含量的影响,结果如图 3 所示.

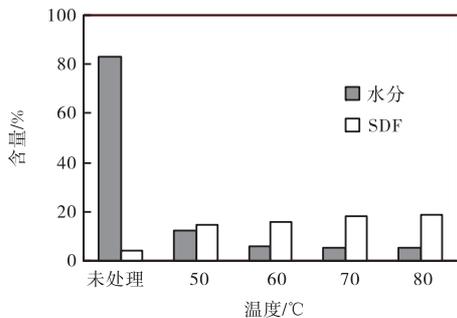


图 3 膨化温度对豆渣膨化效果的影响

Fig. 3 Effect of treatment temperature on the puffing of soybean residue

由图 3 可以看出,随着膨化温度逐渐升高,豆渣中水分逐渐减少,当温度上升到 60 °C 以上时,随着膨化温度的增加水分含量基本保持不变. 豆渣中 SDF 含量随膨化温度的增加逐渐增大,当温度上升到 70 °C 以上时趋于平缓.

2.1.3 处理时间

在物料初始水分 83%、膨化温度 70 °C 条件下,测定不同处理时间对豆渣中 SDF 与水分含量的影响,结果如图 4 所示.

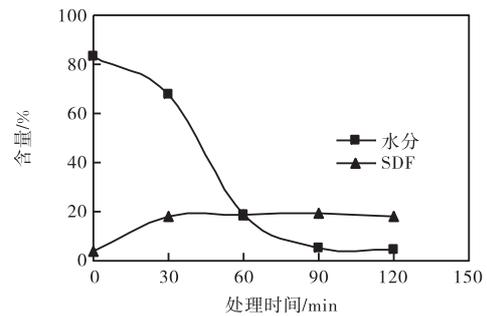


图 4 处理时间对豆渣膨化效果的影响

Fig. 4 Effect of process-time on the puffing of soybean residue

由图 4 可以看出,随着处理时间的增加,豆渣中水分含量逐渐减小,而 SDF 含量逐渐增加,当处理时间超过 90 min 后,豆渣中水分和 SDF 含量基本保持不变.

2.2 膨化处理前后豆渣基本成分的比较

按照 1.3 的方法,分别测定原料豆渣与 70 °C 下膨化处理 90 min 所得豆渣基本成分(占干基质量)的变化,结果见表 1.

表 1 膨化处理前后豆渣基本成分的比较

Tab. 1 Comparison of ingredients of soybean residue before and after the puffing

成分	原料豆渣粉/%	膨化豆渣粉/%
脂肪	12.9	12.7
蛋白质	25.9	25.4
总膳食纤维	52.8	52.6
可溶性膳食纤维	3.9	18.2

由表 1 可以看出,膨化豆渣中蛋白质、脂肪和总膳食纤维的含量与原料豆渣中基本保持一致,而膨化豆渣中的可溶性膳食纤维含量与原料豆渣相比有显著提高. 由此可以看出压差式膨化处理工艺可以有效地提高豆渣中可溶性膳食纤维的含量,提高豆渣的利用价值.

2.3 膨化处理前后豆渣物性的比较

膨化处理前后豆渣物性的比较结果见表 2. 从表

中可以看出,经过膨化处理后,豆渣的水溶性、膨胀性和持水性都得到了明显的提高。

表2 膨化处理前后豆渣物性的比较

Tab. 2 Comparison of physical properties of soybean residue before and after the puffing

物性	原料豆渣粉	膨化豆渣粉
水溶性/%	18.4	26.4
膨胀性/(mL·g ⁻¹)	5.4	7.4
持水性/%	2.6	3.4

膨化豆渣水溶性的改善可能是由于豆渣经过高温高压以及瞬间真空条件的膨化,其中一部分不可溶的纤维素和半纤维素转变为可溶性纤维,使其水溶性大大提高。同时,膨化罐中的高温和积蓄的热量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。

膨化后的豆渣其膨胀性要高于原料的豆渣,这可能是由于膨化处理使纤维高聚物连接键断裂,使大分子物质向小分子方向裂解,增加了物料的面积,从而提高了豆渣的膨胀性。同时,膨化工艺通过其较高的温度和瞬时的压力差,会使豆渣原本较为紧凑的结构变得相对疏松,增大了豆渣中颗粒的孔径,从而提高了膨化豆渣的膨胀性。

膨化后豆渣持水性明显提高的原因可能是膨化处理时的高温 and 瞬时压差使豆渣的结构更加疏松,提高了豆渣与水的结合能力,同时膨化处理还提高了豆渣的吸附能力,这使得豆渣具有更好的持水效果。

2.4 豆渣热稳定性

从图5中可以看出,经膨化处理豆渣与原料豆渣的DSC曲线趋势基本一致。在70~80℃表现为豆渣水分的吸热,其后至200℃没有出现吸放热的变化,说明在200℃之前经膨化处理的豆渣具有热稳定性。这对于膨化豆渣的进一步应用有着重要意义。

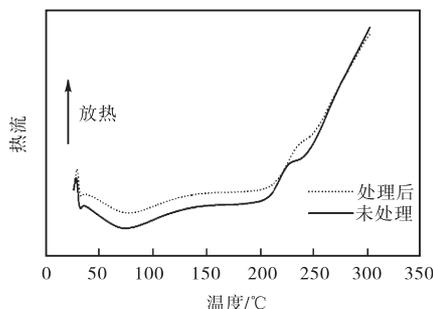
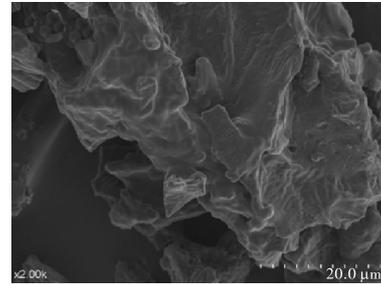


图5 膨化前后豆渣DSC检测结果的对比

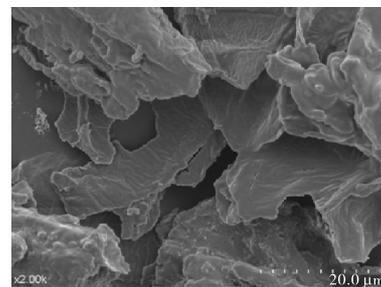
Fig. 5 Contrast of the DSC results of soybean residue before and after the puffing

2.5 豆渣显微结构观察

原料豆渣与膨化豆渣放大2000倍的SEM结果如图6所示。



(a) 原料豆渣



(b) 膨化豆渣

图6 原料豆渣和膨化豆渣的SEM图

Fig. 6 SEM of raw soybean residue and puffed soybean residue

从图6(a)可以看出,未经膨化处理的豆渣表面比较均匀光滑,而且结构比较致密,没有明显的断层和破碎,而在图6(b)中,经膨化处理的豆渣表面粗糙,形状不规则,有明显的断裂和分层,同时可以观察到部分较小的碎片。

在膨化过程中,豆渣首先在膨化罐中受到高温高压作用,瞬间将膨化罐抽真空后豆渣又受到瞬时压差作用。这些作用使得豆渣内部水分迅速汽化形成“闪蒸”^[13-14],使豆渣内部原本致密的结构变得疏松易碎。在真空条件下经过一定时间的持续加热,豆渣内部部分纤维素和半纤维素获得足够的能量从而使得连接键断裂,由致密的大分子结构降解为部分结构酥脆的小分子^[15]。

3 结论

对豆渣进行压差式膨化处理,通过单因素实验确定膨化条件为原料豆渣的膨化温度70℃,处理时间90 min。经膨化处理的豆渣中可溶性膳食纤维含量为18.2%。

经膨化处理后的豆渣在水溶性、膨胀性和持水性方面较原料豆渣有明显提高。通过 DSC 分析得出膨化后的豆渣具有热稳定性。从 SEM 图中可以看出,经膨化处理的豆渣内部结构被破坏,部分大分子结构降解。

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] 骆光林,查理斯. 酶法提取大豆膳食纤维[J]. 食品科技,2000(4):61.
- [4] 赵国志,刘喜亮,刘智锋. 水溶性大豆多糖类开发与应用[J]. 粮食与油脂,2006(8):15-17.
- [5] Nakamura A, Maeda H, Corredig M. Emulsifying properties of enzyme-digested soybean soluble polysaccharide[J]. Food Hydrocolloids, 2006, 20(7):1029-1038.
- [6] 李庄. 大豆水溶性多糖的提取与应用研究[D]. 上海:华东师范大学,2005:1-15.
- [7] 毕金峰,魏益民. 果蔬变温压差膨化干燥技术研究进展[J]. 农业工程学报,2008,24(6):308-312.
- [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] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3—2010 食品安全国家标准食品中水分的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [10] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.5—2010 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [11] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB 5009.6—2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [12] 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.
- [13] 刘自强. 食品膨化机理的理论探析[J]. 食品工业科技,1997(6):52-53.
- [14] 石启龙,赵亚. 真空低温膨化技术简介[J]. 中国果菜,2002(4):29.
- [15] 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.

责任编辑:郎婧