

## 超高压处理对大豆膳食纤维的改性

李 凤

(西南科技大学生命科学与工程学院,四川绵阳 621010)

**摘 要:**大豆膳食纤维的生理功能与其理化性质密切相关,而理化性质又与膳食纤维的化学结构及其多相网状结构相关,因此在膳食纤维提取制备工艺日益成熟后膳食纤维的改性研究成为新的研究热点。为探索超高压处理对大豆膳食纤维性质的影响,将膳食纤维充分吸水后经 700MPa 静压,15 min 处理后分别考察处理前后样品的持水率、膨胀率、黏度和显微结构的变化。结果表明,处理后样品的持水率、膨胀率都有较大的提高;处理后样品黏度略有下降;处理后样品的组织结构更加的疏松,空隙增多增大,但是其瓣膜状的空间结构没有改变。试验结果为大豆膳食纤维的改性研究提供参考数据。

**关键词:**超高压;大豆;膳食纤维;改性

## Modifying Soybean Dietary Fiber by Ultra High Pressure Treatment

LI Feng

(Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan, China)

**Abstract:** Soybean insoluble dietary fiber's (SIDF) physiological function correlated closely to the physicochemical property and which was influenced by SIDF's chemical construction and multiphase reticular structure. SIDF's modification became the new research hotspot when the extraction and preparation technics have matured. In order to explore the influences of ultra high pressure treatment on SIDF's characteristics, sufficiently water absorbed SIDF was dealt with 700 MPa for 15 min. The change of sample's water retention capacity (WRC), swelling capacity (WSC), viscosity and microstructure was inspected respectively. The result indicated that the treated sample's WRC and WSC increased and it's microstructure became loose and porous without space structure change. Sample's viscosity decreased lightly. The research provides theoretical basis for soybean dietary fiber modification study.

**Key words:** Ultra high pressure; Soybean; Dietary fiber; Modification

自然界存在的膳食纤维 99% 为非水溶性膳食纤维 (IDF)。不溶性膳食纤维的加工性能和生理功能都与其持水力、膨胀率和黏度等物理性质有密切的联系(郑建仙,1999)。膳食纤维的物理性质与其化学结构及其多相网状结构有关,网状结构中有无定形区与结晶区,也有亲水区和疏水区,网状结构的维持依赖于不同强度的化学键及物理作用。因此膳食纤维的改性研究受到普遍关注。目前报道的改性方法主要有化学法、生物法以及超微粉碎、挤压蒸煮和 IHP 等物理方法(刘成梅等,2004;陈存社和刘玉峰,2004;龚冉,2004;陈存社等,2003;金毓荃等,2004;李安平等,1999;刘成梅等,2005;洪杰和张绍荣,2005),利用超高压进行改性的研究未见报道。超高压食品处理技术(Ultra High Pressure, UHP)是

指将食品放入液体介质,在 100 ~ 1000 MPa 压力下处理。超高压处理过程是一个纯物理过程,物料在液体介质中体积被压缩。超高压产生的极高的静压不仅会影响细胞的形态,还能使形成的生物高分子立体结构的氢键、离子键和疏水键等非共价键发生变化,使蛋白质凝固、淀粉等变性(励建荣和夏道宗,2002;李绍峰等,2005)。笔者认为超高压处理有可能改变非水溶性膳食纤维的结构进而影响其物理性能。因此采用 700MPa 压力对大豆膳食纤维处理 15min;测定比较了处理前后 SIDF 的持水力、膨胀率和 IDF 溶液的黏度,观察分析了粉碎前后 IDF 的显微结构变化。结果表明经处理的大豆膳食纤维其物理性质和组织结构均有不同程度的变化但是瓣膜状的空间结构没有变化。

收稿日期(Received):2007-07-30;接受日期(Accepted):2007-09-13

作者简介:李凤(1971-),女,讲师,硕士,研究方向为功能性食品 and 食品生物技术。Tel:13890150138;E-mail:meifl971@yahoo.com.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

材料:大豆膳食纤维(河南省孟州市临泉生物制品有限公司)。

仪器、设备:超高压食品处理机(包头科发新型高技术食品机械有限公司),LGJ-40型冷冻干燥机,FA1004电子天平,NDJ-79旋转黏度计,Eppendorf高速冷冻离心机5810R,STEROSCAN 440扫描电子显微镜等。

### 1.2 方法

1.2.1 样品的制备 将样品在常温下充分吸水后用高压塑料袋进行真空包装,然后进行700 MPa,15 min的处理并经干燥制成粉末作为处理后样品进行测定。

1.2.2 持水力测定 取未经处理的样品和干粉末样品各0.1 g浸泡于1.5 mL蒸馏水中并适时搅拌,室温下放置4 h,12 000 r min<sup>-1</sup>离心30 min后小心去除上清液,称重残留物。按下式计算持水力:

$$\text{持水力} = \frac{\text{残留物重量} - \text{样品干重}}{\text{样品干重}} (\text{g/g})$$

1.2.3 膨胀率测定 取未经处理的样品和干粉末样品各0.3 g于10 mL量筒中并加入蒸馏水适量,混匀后室温下放置24 h,读取样品在量筒中自由膨胀的体积数(mL)。按下式计算膨胀率:

$$\text{膨胀率} = \frac{\text{膨胀后纤维体积} - \text{干样品体积}}{\text{样品干重}} (\text{mL/g})$$

1.2.4 黏度测定 对未经处理的和干样品分别配制成溶液进行黏度测定。选用第Ⅲ测定组因子为0.1的转筒于(30 ± 1) °C,750 r min<sup>-1</sup>的条件下进行测定。

1.2.5 扫描电子显微镜观察 取未经处理和处理后的样品粉末采用STEROSCAN 440进行观察。

## 2 结果与分析

### 2.1 持水力、膨胀率和黏度的测定结果

不同样品的测定结果如表1所示,结果显示处理后样品的持水力和膨胀率都大大提高了,而样品溶液的黏度略有下降。样品持水率的提高可能与结构改变带来的亲水基团的裸露和组织疏松带来的组织滞留水分的能力增强有关,预示处理后样品的组织应该更加疏松。样品膨胀率的提高可能与空间网状结构有关,较好的空间网状结构有良好的支撑作

用使样品有较好的膨胀率,预示处理后样品的空间结构应该没有受到大的破坏。处理前的样品溶于水后呈悬浊液,并且分层较明显,处理后的样品溶于水后仍呈悬浊液,分层明显,处理后样品的黏度略有降低,但是变化不显著。样品黏度没有大的变化预示着物质的分子结构和微粒大小可能都没有根本的改变。

### 2.2 样品显微观察结果

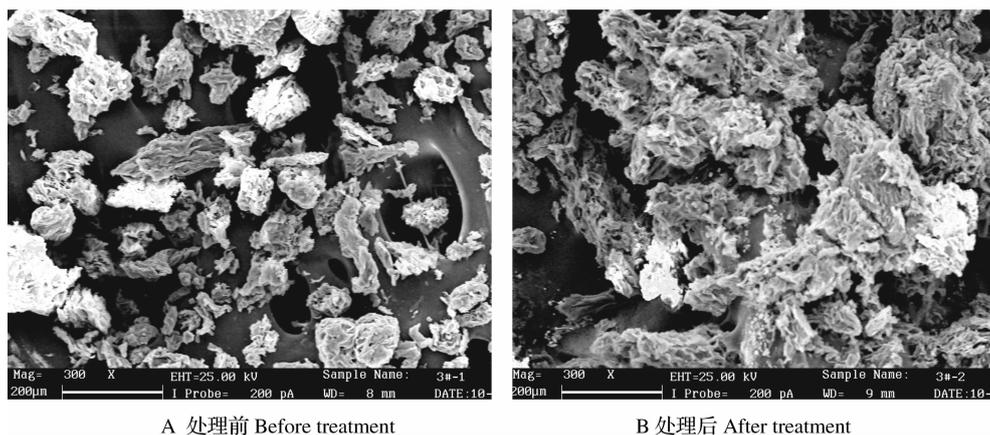
在扫描电子显微镜下观察处理前后的膳食纤维样品。在较低的放大倍数下观察结果如图1,表明相对于处理前的样品经处理的样品其组织结构变得更加疏松、孔隙增多增大,比表面积增大,颗粒由于疏松而略有增大。在较高的放大倍数下观察的结果如图2,表明处理并没有改变大豆膳食纤维的瓣膜状空间结构,但是结构变得更加松散。这与由处理后样品的持水率和膨胀率都大大提高推测的可能情况完全吻合,由于瓣膜纤维结构没有根本的改变,微粒大小没有减小甚至可能略有增加,因此其溶液黏度会降低,与实际测定的结果一致。

表1 各样品持水力、膨胀率和黏度测定结果  
Table 1 Samples' water retention capacity, swelling capacity and viscosity

样品 Sample	持水力 WRC/g g <sup>-1</sup>	膨胀率 WSC/mL g <sup>-1</sup>	黏度 Viscosity/mpa s
未处理样 Untreated	6.50	4.20	1.60
处理后样品 Treated	8.20	5.60	1.40

## 3 讨论

经过UHP处理的IDF其持水率达到了8.20 g g<sup>-1</sup>是处理前的1.26倍,原因可能是UHP处理使物料的组织结构变得更加疏松,使样品可吸水的表面积增加,同时物料之间的孔隙增多使水分更容易渗入并且使其可以吸收更多的水分,但是;也可能是因为结构变疏松可以使更多的亲水基团外露而提高物料的持水率。有关膳食纤维结构方面的变化可以通过电镜扫描的结果得到一定的信息。需要注意的是膳食纤维的此持水率和其生理功能有紧密的关系,但是评价纤维持水率的功能价值应该和对体内消化影响的结果综合考虑。

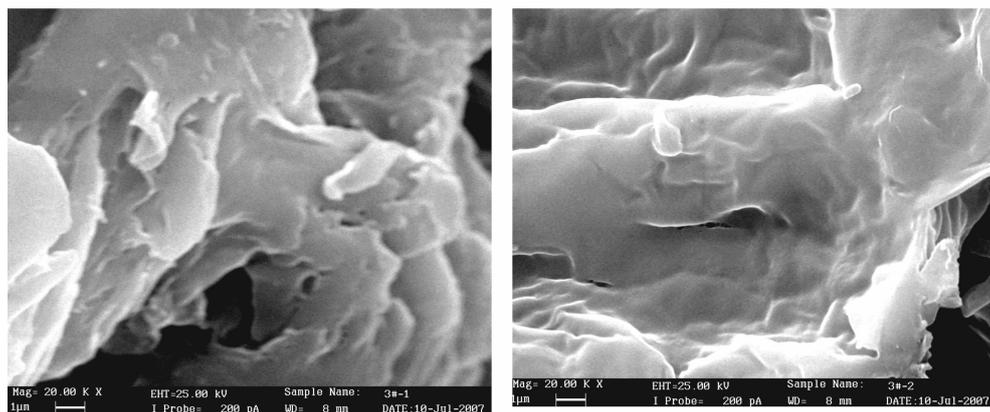


A 处理前 Before treatment

B 处理后 After treatment

图 1 UHP 处理前后大豆膳食纤维微粒结构(300 ×)

Fig. 1 Particle structure of SIDF before (A) and after (B) UHP treatment(300 ×)



A 处理前 Before treatment

B 处理后 After treatment

图 2 UHP 处理前后大豆膳食纤维微粒结构(20000 ×)

Fig. 2 Particle structure of SIDF before (A) and after (B) UHP treatment(20000 ×)

处理后 IDF 的膨胀率达到了  $5.6 \text{ mL g}^{-1}$  是处理前的 1.33 倍,可能是因为处理后孔隙增多,吸水膨胀后使孔隙增大,同时也说明纤维素的网状结构应该没有被破坏,否则相互堆叠就很难支撑和膨胀到更大的体积。在保持 IDF 的空间结构完好方面与超微粉碎和高剪切处理(刘成梅等,2005;洪杰和张绍荣,2005)相比或许有较大的优势。

经处理的大豆 IDF 其黏度降低了 12.5%,原因可能与处理导致的样品微粒间和微粒与分散介质间的相互作用力的改变有关,同时也说明处理后样品微粒间的作用力和样品与水之间的作用力有所降低,原料仍表现非水溶性固体的特性,这和但溶液仍然呈悬液状态,放置后分层明显的结果一致。

显微观察发现经处理的大豆膳食纤维其组织结构变得更加的疏松、多孔,由于结构变得疏松纤维颗粒略有增大,但是其瓣膜状的空间结构并没有改变。结果

与前述对有关的物性变化的推测相吻合,同时也表明 UHP 处理仍不足以破坏纤维素的聚合物基本结构,处理后非水溶性大豆膳食纤维的根本性质也没有改变,而理化性质的改变主要与其组织更加疏松有关。样品经处理后其结晶状态是否改变有待进一步研究。

#### 4 结论

经过 UHP 处理的膳食纤维其持水率和膨胀率分别是处理前的 1.26 倍和 1.33 倍,经处理的大豆 IDF 其黏度降低了 12.5%,原料仍表现非水溶性固体的特性;显微观察证实 UHP 处理使 IDF 组织结构变得更加的疏松、多孔,但是没有破坏 IDF 的聚合物基本结构。可见 UHP 处理后 IDF 的基本结构和根本性质并没有改变,而理化性质的改变主要与其组织更加疏松有关。试验结果为大豆膳食纤维的改性研究奠定了基础。

## References

- Chen C S, Dong Y M, and Zhao H. 2003. Study on apple dietary fiber modification. *Science and Technology of Food Industry*, (6):34-35 (陈存社,董银卯,赵华. 2003. 苹果膳食纤维改性实验研究. *食品工业科技*, (6):34-35)
- Chen C S, and Liu Y F. 2004. Effect of super micro-milling on physical and chemical property of wheat germ dietary fiber. *Food Science and Technology*, (9):88-94 (陈存社,刘玉峰. 2004. 超微粉碎对小麦胚芽膳食纤维物化性质的影响. *食品科技*, 2004, (9):88-94)
- Gong R. 2004. Studies on extracting dietary fiber of sugar beet pulp and carboxymethylation. Thesis for M S, Xingjiang Agricultural University, Supervisor: Yang H Y, pp. 39-53 (龚冉. 2004. 甜菜废粕中膳食纤维的提取及其改性的研究. 硕士学位论文, 新疆农业大学食品学院, 导师: 杨海燕. pp. 39-53)
- Hong J, and Zhang S Y. 2005. Effect of ultra-fine pulverization by wet processing on particle structure and physical properties of soybean dietary fiber. *Journal of China Agricultural University*, 10(3):90-94 (洪杰,张绍英. 2005. 湿法超微粉碎对大豆膳食纤维微粒结构及物性的影响. *中国农业大学学报*, 10(3):90-94)
- Jin Y Q, Li Z H, Li J, and Zhang S J. 2004. Experimental study on preparation of water-soluble food cellulose with enzyme. *Journal of Beijing Polytechnic University*, (1):45-48 (金毓荃,李兆辉,李坚,张书景. 2004. 酶法制取水溶性膳食纤维的实验研究. *北京工业大学学报*, (1):45-48)
- Li A P, Hu C S, and Xie B X. 1999. Study on the preparation of bamboo dietary fiber by fermented lactic bacteria. *Science and Technology of Food Industry*, (1):38-39 (李安平,胡春水,谢碧霞. 1999. 乳酸菌发酵制备竹笋膳食纤维的研究. *食品工业科技*, (1):38-39)
- Li J R, and Xia D Z. 2002. Application of ultra-high pressure technology in food industry. *Science and Technology of Food Industry*, 23(7):79-81 (励建荣,夏道宗. 2002. 超高压技术在食品工业中的应用. *食品工业科技*, 23(7):79-81)
- Li S F, Duan X C, Liu S W, and Yang G M. 2005. Effects of ultra-high pressure treatment on physical properties of fresh claret. *Liquor-making Science & Technology*, 8:61-64 (李绍峰,段旭昌,刘树文,杨公明. 2005. 超高压处理新鲜干红葡萄酒理化性质的影响. *酿酒科技*, 8:61-64)
- Liu C M, Liu W and Lin X Y. 2004. Effect of Micro fluidizer on physical properties of dietary fiber solution. *Food Science*, (2):72-75 (刘成梅,刘伟,林向阳. 2004. 对膳食纤维溶液物理性质的影响. *食品科学*, 2004, (2):72-75)
- Liu C M, Liu W, and Lin X Y. 2005. On the possibility of using instantaneous high pressure treatment to modify physical properties of dietary fiber in soybean dregs. *Food Science*, 26(9):112-115 (刘成梅,刘伟,林向阳. 2005. IHP 处理对豆渣膳食纤维的改性研究. *食品科学*, 26(9):112-115)
- Zheng J X, ed. 1999. *Functional Food*. Light Industry Press, China, Beijing, pp. 6-49 (郑建仙, 著. 1999. 功能性食品. 中国轻工业出版社, 中国, 北京, pp. 6-49)
- (上接 136 页)
- Sachurfu, Luo L F, and Li Q Z. 2004. Research on urea-induced protein denaturation. *Journal of Inner Mongolia University (Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol)*, 35(2):183-190 (萨楚尔夫, 罗辽复, 李前忠. 2004. 尿素诱导的蛋白质变性现象的研究. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 35(2):183-190)
- van de Weert M, Haris P I, Hennink W E, and Crommelin D J A. 2001. Fourier transform infrared spectrometric analysis of protein conformation: effect of sampling method and stress factors. *Analytical Biochemistry*, 297:160-169
- Wang J H, Wei Y L, Wen Z H, and He J C. 2004. Advances in application of FT-IR to the research of protein structure. *Chemistry*, (7):482-486 (王建华, 卫亚丽, 文宗河, 何建川. 2004. 蛋白质结构的 FT-IR 研究进展. *化学通报*, 7:482-486)
- Xie M X, and Liu Y. 2003. Studies on amide III infrared bands for the secondary structure determination of proteins. *Chemical Journal of Chinese Universities*, 24(2):226-231 (谢孟峡, 刘媛. 2003. 红外光谱酰胺 III 带用于蛋白质二级结构的测定研究. *高等学校化学学报*, 24(2):226-231)
- Zhang X, Huang L X, and Nie S Q. 2003. FTIR characteristic of the secondary structure of insulin encapsulated within liposome. *Journal of Chinese Pharmaceutical Science*, 12(1):11-14
- Zhang Z H, and Hua Y F. 2007. Urea-modified soy globulin proteins (7S and 11S): effect of wettability and secondary structure on adhesion. *Journal of the American oil chemists' society*, 84(9):853-857
- Zhao X Y, Chen F S, Xue W T, Lee L T. 2007. FTIR spectra studies on the secondary structures of 7S and 11S globulins from soybean proteins using AOT reverse micellar extraction. *Food Hydrocolloids*. DOI 10.1016/j.foodhyd.2007.01.019