

# 大豆水溶性膳食纤维的提取研究

吴晖<sup>1</sup>, 侯萍<sup>1</sup>, 苏浩<sup>2</sup>, 赖富饶<sup>1</sup>, 余以刚<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640) (2. 新疆农业大学食品科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 本文研究了常压和加压预处理条件下豆渣中水溶性膳食纤维(SDF)的提取工艺。研究表明常压下豆渣中水溶性膳食纤维提取的最佳工艺条件为: 2%六偏磷酸钠溶液、pH值6.5、料液比1:30、反应温度60℃、反应时间2h; 加压预处理大大提高了可溶性纤维的提取率, 最佳提取条件为: 处理温度120℃、pH值5.7、处理时间3.5h。在此工作的基础上, 采用膜分离技术和喷雾干燥等技术, 并进行了中试生产, 大大降低了成本, 而且产品质量更好, 从而使之具有非常良好的产业化应用前景。豆粕提取大豆蛋白之后所剩余的纤维适合于生产SDF, SDF提取得率超过了原料的43.0%。

**关键词:** 豆渣; 水溶性膳食纤维; 提取

中图分类号: TS202; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2008)04-0336-04

## Study on the Extraction of Soybean Soluble Dietary Fiber

WU Hui<sup>1</sup>, HOU Ping<sup>1</sup>, SU Hao<sup>2</sup>, LAI Fu-rao<sup>1</sup>, YU Yi-gang<sup>1</sup>

(1. College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. College of Food Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** The extraction technology of soluble dietary fiber from soybean dregs was investigated under room pressure and by pressurized pre-treatment. It was found that, for the extraction under room pressure, the best concentration of sodium hexameta phosphate solution, pH value, ratio of solid to liquid, temperature and extraction time were 2%, 6.5, 1:30, 60 °C and 2h, respectively. For the extraction with pressurized pre-treatment, the optimal temperature, pH value and extraction time were 120 °C, 5.7 and 3.5 h, respectively. On the basis of this work, a pilot-scale production was finished by membrane separation technology and spray dryer. The production cost decreased greatly and quality of SDF was better. This made it suitable for industrialization. The best material for production of SDF was the soybean meal which protein was extracted ahead; the extraction rate of SDF was more than 43.0% of the material.

**Key words:** soybean dregs; soluble dietary fiber; extraction

大豆水溶性膳食纤维(SDF)具有调整肠道、降低肝脏胆固醇功能, 具有低聚糖双歧因子的作用。它是制备减肥等保健食品的最好的天然原料之一, 在不需要节食的条件下达到良好的减肥效果。大豆水溶性膳食纤维还是性能优良的乳化稳定剂, 在含乳饮料工业上应用前景非常广。

大豆作为最安全的膳食纤维来源已经得到了人们的共识, 以此为原料制备的功能性产品也日益得到人们的青睐。主要有日本不二制油株式会社及其天津不二蛋白有限公司生产的大豆多糖等。不二制油株式会社在这方面做了较多研究, 证明了该产品有很好的分散性能<sup>[1]</sup>。

国内的研究较多, 提取方法主要有加热提取法和

收稿日期: 2007-11-29

基金项目: 新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-06-0746); 广州市科技计划项目资助(2007Z2-E0221)

作者简介: 吴晖(1967-), 博士, 教授, 研究方向为粮油资源与综合利用

酶法等方法<sup>[2]</sup>。缺点是提取率低, 成本高, 产纯度较低, 不容易产业化。

我国豆制品及豆渣资源最丰富。由于豆渣口感差和不耐储藏等缺陷, 目前豆渣主要用作饲料, 资源浪费极大。研究以豆渣为原料提取可溶性膳食纤维, 不仅可以满足市场需要, 提高人们的生活质量, 而且可以提升相关豆制品加工行业的竞争力<sup>[3,4]</sup>。

本文主要探讨常压和加压预处理条件下以豆渣为原料提取SDF工艺。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

大豆渣: 广州市花都区梯面山水豆类食品厂提供; 六偏磷酸钠, 无水乙醇等试剂均为分析纯。

### 1.2 实验仪器

电子数字显示恒温水浴锅: 上海浦东荣丰科学仪器有限公司; 01J2003-04型立式压力蒸发灭菌筒: 上

海东亚压力容器制造有限公司;KDC-40 低速离心机;科大创新股份有限公司中佳分公司;RE-52A 型旋转蒸发器;上海亚荣生化仪器厂。

### 1.3 实验方法

1.3.1 可溶性膳食纤维的测定:美国谷物化学协会 AACC(32-06)。

1.3.2 豆渣的预处理工艺

大豆渣→干燥→粉碎→过 80 目筛→样品

1.3.3 常压下可溶性膳食纤维提取工艺

取豆渣,加水浸泡,加入六偏磷酸钠溶液,调 pH 值,水浴加热处理一段时间,抽滤,滤液装入透析袋透析 24 h 后,蒸发浓缩,用乙醇沉淀,得大豆渣 SDF。以六偏磷酸钠溶液溶液的浓度、pH、处理温度、料液比为考查因素,探讨其对可溶性膳食纤维提取率的影响。

SDF 提取率 (%) = 水溶性膳食纤维质量(g)/原料豆渣质量(g) × 100%。

1.3.4 加压预处理提取豆渣中可溶性膳食纤维的工艺

1.3.4.1 加压预处理提取豆渣中可溶性膳食纤维的提取工艺流程

样品加水浸泡→加压预处理→六偏磷酸钠溶液处理→过滤→滤液透析→蒸发浓缩→乙醇沉淀→离心→干燥→得 SDF 成品

1.3.4.2 单因素实验

取 5 g 样品,加入 50 mL 水,调 pH 值,用高压灭菌锅进行加压处理。然后加入六偏磷酸钠溶液,调 pH 值,水浴加热,抽滤,滤液透析,蒸发浓缩后用乙醇沉淀,得大豆渣 SDF。以高压预处理的温度,处理时间,样品 pH 值为考察因素,以可溶性膳食纤维提取率为指标,进行单因素实验。

1.3.4.3 正交实验

取 5 g 样品,加入 50 mL 水,调 pH 值,用高压灭菌锅进行加压处理一段时间。然后加入六偏磷酸钠溶液,调 pH 值,水浴加热,抽滤,滤液透析,蒸发浓缩后用乙醇沉淀,得大豆渣 SDF。以高压预处理的温度、处理时间、样品 pH 值为考察因素,以提取率为指标,采用  $L_9(3^3)$  正交表进行正交实验。

## 2 结果与讨论

2.1 常压下豆渣中可溶性膳食纤维的提取工艺

2.1.1 六偏磷酸钠浓度对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响

分别选择试剂浓度为 0.5%、1%、2%、3%,固定其他条件为料液比 1:20、提取时间 2 h、提取温度

60 °C,考察了提取试剂浓度对豆渣中可溶性膳食纤维的提取率的影响,试验结果见图 1。

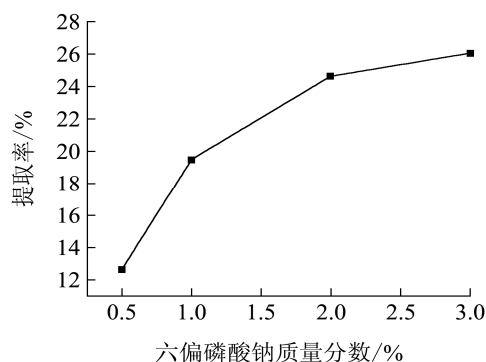


图 1 提取试剂浓度对豆渣中 SDF 提取率的影响

Fig.1 Effects of concentration of extraction reagent on the SDF extraction rate of soybean dregs

由图 1 可以看出,当六偏磷酸钠浓度低于 2% 时,SDF 提取率随六偏磷酸钠浓度的增加而增加;当六偏磷酸钠浓度增至 2%~3% 之间时,SDF 提取率增加的趋势变缓。这说明当试剂浓度大于 2% 时,浓度变化对提取率的影响趋小。从节省试剂与降低能耗这两点考虑,决定选择提取试剂浓度为 2%。

2.1.2 pH 值对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响

调节溶液 pH 值分别为 5.5、6、6.5、7.0,固定料水比 1:20,时间 2 h,温度 60 °C,六偏磷酸钠溶液浓度 2%,考察六偏磷酸钠溶液的 pH 值对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响,结果如图 2 所示。

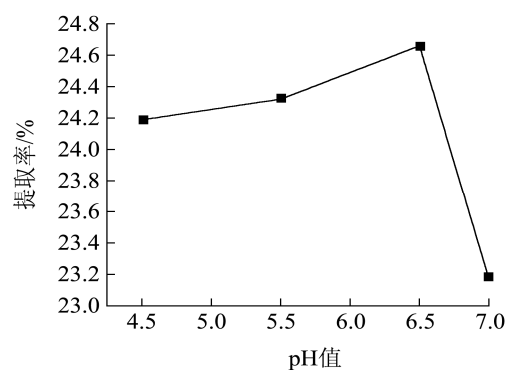


图 2 提取溶液 pH 值对豆渣中 SDF 提取率的影响

Fig.2 Effects of pH on the SDF extraction rate of soybean dregs

由图 2 可知,当 pH 值低于 6.5 时,SDF 的提取率几乎没有变化;pH 值高于 6.5 后 SDF 的提取率呈降低趋势;由于 pH 值 6.5 是 2% 六偏磷酸钠溶液本身 pH 值,在该 pH 值条件下,不仅提取率高,还省去调节 pH 值的步骤,故取 6.5 为提取豆渣 SDF 的最佳提取 pH 值。

2.1.3 提取温度对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响

在料水比 1:20, 浸泡时间 2 h, 碱液浓度 2%和 pH 值为 6.5 的条件下, 分别设定温度为 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, 研究了提取温度对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响, 结果如图 3 所示。

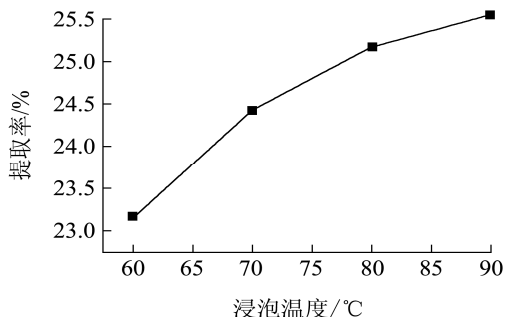


图 3 提取温度对豆渣中 SDF 提取率的影响

Fig.3 Effects of temperature on the SDF extraction rate of soybean dregs

由图 3 可以看出, 提取温度在 60 °C 至 90 °C 范围内, SDF 提取率一直呈上升趋势, 但是上升幅度很小 (约 2.40%)。考虑到温度过高对设备的要求也相应提高, 而且增加了能耗, 所以选取 60 °C 作为最佳提取温度。

2.1.4 料液比对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响

在提取时间 2 h, 提取温度 60 °C, 六偏磷酸钠浓度 2%, pH 值为 6.5 的条件下, 调节样品与反应料液比分别为 1:20、1:30、1:40、1:50, 研究了料液比对对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响, 结果如图 4 所示。

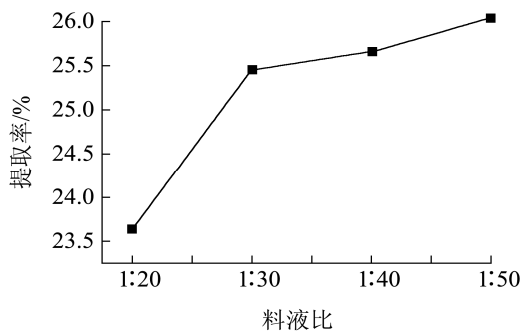


图 4 料水比对豆渣中 SDF 提取率的影响

Fig.4 Effects of solid to liquid ratio on the SDF extraction rate of soybean dregs

从图 4 中可以看出, 当料液比从 1:20 增加到 1:30 时, SDF 提取率有较大的提高, 而料液比在 1:30 到 1:50 范围内, SDF 提取率的增加趋势渐缓。考虑到工业用水及能源等的节约问题, 选择最佳的料液比为 1:30。

在上述最佳条件下, 即温度 60 °C、时间 2 h、pH 值 6.5、料水比为 1:30, 进行验证试验, 在此条件下,

豆渣 SDF 提取率为 23.49%。

2.2 加压预处理提取豆渣中可溶性膳食纤维

加压处理会改变纤维结构, 促使其内部的糖苷键等水解, 使得可溶性物质比率增加。因此, 本研究考察了加压预处理对豆渣中可溶性膳食纤维含量的影响, 并通过单因素和正交试验优化了相关工艺条件。

2.2.1 加压预处理温度对豆渣中可溶性膳食纤维得率的影响

选择加压处理温度分别为 110 °C, 115 °C, 120 °C, 125 °C, 处理 2 h, 然后在 2% 六偏磷酸钠溶液 (pH 值 6.5)、料液比 1:20、60 °C 条件下提取 2 h, 结果如图 5 所示。

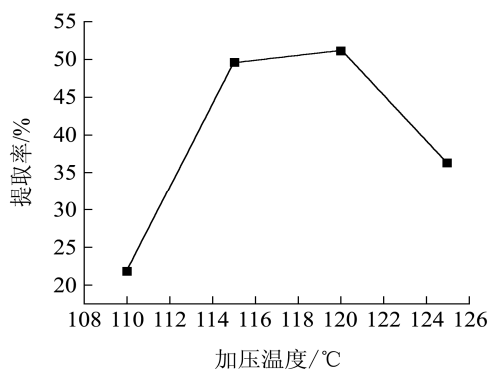


图 5 加压温度对豆渣 SDF 得率的影响

Fig.5 Effects of pressure/temperature treatment on the SDF extraction rate of soybean dregs

图 5 表明, 当加压温度在 115 °C 与 120 °C 之间时, 可溶性纤维得率较高。因此, 选取加压温度在此范围内为佳。

2.2.2 加压处理时间对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响

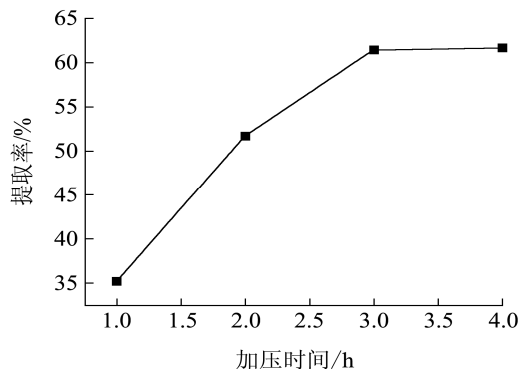


图 6 加压处理时间对豆渣 SDF 提取率的影响

Fig.6 Effects of pressure time on the SDF extraction rate of soybean dregs

选择加压反应时间分别为 1 h、2 h、3 h、4 h, 在 120 °C 下处理原料; 然后在六偏磷酸钠溶液浓度为 2%、温度 60 °C、pH 值 6.5、料液比 1:20 的条件下提

取 2 h, 结果如图 6 所示。

由图 6 可以看出, 提取时间在 1~3 h 之间时, 可溶性纤维提取率随时间的增加而增加, 但在 3~4 h 之间提取率基本没有增加。因此提取时间以 3 h 左右为宜。

### 2.2.3 加压处理前样品 pH 值对豆渣中可溶性膳食纤维提取率的影响

分别调节溶液 pH 值为 4.5、5.5、6.0、6.5、7.0, 在 120 °C 下处理 2 h; 再在六偏磷酸钠溶液浓度为 2% 中, 提取温度 60 °C, 提取溶剂 pH 值 6.5、料液比 1:20 的条件下提取 2 h, 结果如图 7 所示。

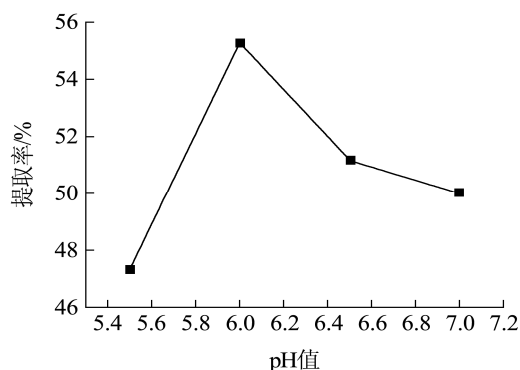


图 7 加压处理前样品 pH 值对豆渣中 SDF 提取率的影响

Fig.7 Effects of pH before the pressure treat on the SDF extraction rate of soybean dregs

图 7 结果表明, 加压预处理前样品 pH 值对豆渣 SDF 提取率有着较为明显的影响, 当 pH 值为 6.0 时, 豆渣 SDF 提取率最高, 因此, 确定以加压预处理提取豆渣中 SDF 时, 样品 pH 值为 6.0 左右。

表 1 加压预处理反应正交实验结果

Table 1 Orthogonal results of the pressurized pre-treatment

序号	A(加压处理温度/°C)	B(加压前样品 pH 值)	C(加压处理时间/h)	SDF 提取率/%
1	114	5.7	2.5	29.56
2	114	6.0	3.0	27.41
3	114	6.3	3.5	29.04
4	117	5.7	3.0	40.69
5	117	6.0	3.5	35.85
6	117	6.3	2.5	39.80
7	120	5.7	3.5	42.55
8	120	6.0	2.5	40.64
9	120	6.3	3.0	40.44
k1	28.67	39.60	36.67	
k2	38.78	34.63	36.18	
k3	43.21	36.43	37.81	
R	14.54	4.97	1.63	

### 2.2.4 正交试验法优化加压预处理提取豆渣中可溶性膳食纤维的工艺条件

根据上述单因素实验结果, 加压处理温度 (A)、加压预处理前样品 pH 值 (B) 以及加压处理时间 (C) 三项因素对豆渣中可溶性膳食纤维的提取率影响较大。因次, 在提取试剂为 2% 的六偏磷酸钠溶液、提取温度 60 °C, 提取溶剂 pH 值 6.5、料液比 1:20、提取时间 2 h 的条件下, 采用正交试验研究上述三个因素的相互作用对豆渣 SDF 提取率的影响, 该正交实验设定为三因素三水平, 采用 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>) 正交表, 所选条件见及实验结果见表 1。

由表 1 可以看出, 正交实验中各因素的影响大小为: 处理温度 > pH 值 > 加压时间; 正交实验的最佳条件为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>。

## 3 小结

本文研究了常压下豆渣 SDF 的提取和加压预处理提取豆渣 SDF 两种工艺, 优化了相关工艺条件。

从节约能耗等方面考虑, 在常压下豆渣中 SDF 的提取最优工艺条件为: 六偏磷酸钠浓度 2%, 浸泡时间 2 h, 浸泡温度 60 °C, 料液比 1:30, pH 值 6.5。

与常压下提取工艺相比, 进行加压预处理会大大提高豆渣中 SDF 的提取率。由 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>) 正交试验得出的加压预处理提取豆渣 SDF 的最佳工艺条件是: 加压温度 120 °C, 加压 pH 值 5.7, 加压时间 3.5 h。

这种方法对于探索 SDF 的工艺条件是有效的, 但是这种方法用于生产时, SDF 的成本会很高, 主要是能耗和酒精消耗量很大。

在此工作的基础上, 我们采用膜分离技术和喷雾干燥等技术, 并进行了中试生产, 大大降低了成本, 提高了生产效率, 而且产品质量更好, 从而使之具有非常良好的产业化应用前景。

## 参考文献

[1] Akihiro Nakamura, Taro Takahashi, Ryuji Yoshida, et al. Emulsifying properties of soybean soluble polysaccharide [J]. Food Hydrocolloids, 2004, (18) :795-803

[2] 徐广超, 姚惠源. 豆渣水溶性膳食纤维制备工艺的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版) 2005, 26:54-57

[3] 孙敏, 陈玮, 高红亮, 等. 大豆水溶性多糖的提取及其对酸性乳饮料的稳定作用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(1):106-109

[4] 范远景, 张倩, 朱昺. 豆渣中水溶性大豆多糖提取及组分鉴定[J]. 食品科学, 2007, (9):295-298