

超声辅助碱提大豆蛋白工艺研究

张 杰^{1,2},王振斌²,王世清¹,马晓珂²,陈晓寅²,孙 平²

(1. 青岛农业大学 食品科学与工程学院,山东 青岛 266109; 2. 江苏大学 食品与生物工程学院,江苏 镇江 212013)

摘 要:以低温脱脂大豆饼粕为原料,采取超声辅助碱提酸沉的方法提取大豆蛋白,以蛋白质提取率为指标,对影响大豆蛋白提取的温度、pH、提取时间、料液比和提取功率等因素进行研究,并通过正交试验和验证试验进行工艺优化,得到提取的最优工艺条件为:提取温度 40℃、pH11、提取时间 40 min、液料比 30:1 (mL/g)、超声功率 400 W,优化后的提取率可达到 83.41 %。

关键词:低温脱脂大豆饼粕;大豆蛋白;超声;碱提

中图分类号:TS214.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2010)03-0498-04

Extraction of Soybean Protein with Alkaline Method Assisted by Ultrasound

ZHANG Jie^{1,2}, WANG Zhen-bin², WANG Shi-qin¹, MA Xiao-ke², CHEN Xiao-yin², SUN Ping²

(1. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agriculture University, Qingdao 266109, Shangdong; 2. College of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu, China)

Abstract: Using hypothermic degreased soybean meal as raw materials, soy protein was extracted with aikaline and precipitated with acerbity assisted by ultrasound. The influence of temperature, pH, extraction time, water-to-flour ratio and extraction power on the production of soy protein were studied as the extraction rate of soy protein was considered. Optimum extraction conditions of soy protein through processing optimization with orthogonal experiment and confirmative experiment were extraction temperature of 40℃, pH of 11, extraction time of 40 min, water-to-flour ratio of 30:1 (mL /g), ultrasonic power of 400 W. Under these conditions, the extraction rate of soy protein reached 83.41% .

Key words: Hypothermic degreased soybean meal; Soy protein; Ultrasound; Extracted with alkaline

大豆饼粕是豆腐、豆乳等大豆制品的副产物,蛋白质含量高达 50%。大豆蛋白主要为优质球蛋白,具有较高的营养价值,尤其适合人体蛋白的需要^[1]。

蛋白的提取方法有许多种,例如:碱提酸沉、酶提酸沉、超声酸沉、酶解提取、膜分离法等^[2-5]。传统的碱提酸沉法和酶解提取法存在蛋白提取率较低、提取时间较长等缺点;膜分离法提取率虽然较高,成本低,但是目前还没有很好地应用于工业化生产,主要原因是膜分离过程中膜的污染使膜通量大幅度下降的问题没有得到有效的解决。因此,研究具有产业化意义的大豆蛋白提取方法具有重要的应用价值。

超声辅助提取技术可以促进固体物料中有效成分的溶出,能有效地提高提取效率,并且具有提取成本低、设备简单、操作容易、提取率高等优点^[6-8]。该文将超声辅助提取技术和碱提酸沉技术相结合,研究提取条件对大豆蛋白提取率的影响,以期为大豆

蛋白的工业化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 大豆饼粕 低温脱脂大豆饼粕,由江苏省丹阳市正大油脂有限公司提供。

1.1.2 分析纯试剂 无水碳酸钠、无水硫酸铜、酒石酸钠、钼酸钠、硫酸锂、液溴、酚酞、牛血清白蛋白、硫酸铜、浓硫酸、硼酸、氢氧化钠、乙醇、饱和氯化钾、钨酸钠、磷钼酸、磷酸、钼酸铵、过氧化氢、磷酸二氢钾、盐酸等。

1.1.3 Folin-酚试剂 Folin-酚试剂 A: 将 1 g Na₂CO₃ 溶于 50 mL 0.1mol · L⁻¹ NaOH 溶液。另将 0.5 g CuSO₄ · 5H₂O 溶于 100 mL 1% 酒石酸钠溶液。将前者 50 mL 与硫酸铜-酒石酸钠溶液 1 mL 混合。混合后的溶液在 24 h 内有效。

收稿日期:2010-01-17

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK2008241);江苏大学高级专业人才培养启动基金资助项目(08JDC003)。

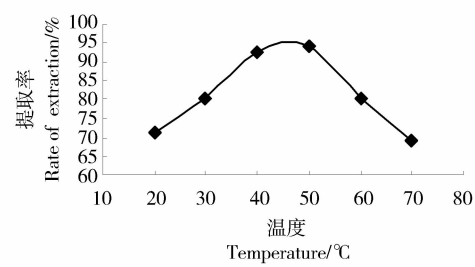
第一作者简介:张杰(1983-),男,在读硕士,主要从事生物质能源研究。E-mail:jie832@126.com。

通讯作者:王世清,教授,博士。E-mail:wangshiqin@126.com。

`23Ų÷ E • + \$Z &%%| | • Z '!9 l 3 • Z '
=%%? Qx i ç '9%? QŲd p • 0 Ã &%%? Qb % •
ß - &9%%? Q1 i } è l - 5 !° ' x OY !; Ą 1
i 0 • % != • &%B& í ª Ü ô • z &9% ! ! x i ç
9%? QÃ È ç æ ñ ! R i - î &9 ? A ! ë ú v Đ t
ç & 0 , ! , f î &%%%? Q v Ĩ ! Ĩ È ÷ È f q ! é
- ½ q - 5 &
&4&4># HŲE " x " = > [é # ~ ' " • é Ä Ö È
K l %4% l | D A © T ¼ ½ ! Å î M l m , ! ª Ü M
Đ x i ç â ã Y - Ü &%%? Qf Đ - 5 ! l m , t û
È Ä ê Đ x i ç U V æ Ô ! U V È " ^ Ä Ų f Đ -
, ! } Y Ä x i ç Ĩ f î ° w ! f j Ĩ ñ ò ¼ ½ = â
È " ! % # l + ? Q ' # &
&4 ! # X ±
 < `5 - % â . ' u u w L " ! Ñ < Ä ° á < Ö š
> œ # % & Ų æ ù ' • @ Ú ç x i < " Ä ° â ¥ â î á
< Ö š > œ # % Q P - ! : > 0 æ W ! H " W 1 / P 8 Q Y >
œ # % / & % æ ~ - ! â H " Ä ° 5 ñ H ' ' # % ` â „
î T V H " Ä ° Š h ' Â (H Ö š > œ # &
&4\$# R È Y ð X x 0 R Ä
 l ô • E % ' ~ ! v „ ! ª Ü A © T ¼ ½ ñ ò â
È Ä x i ç ! Ö & ! ' \$ ' > 9 j ' ' „ E % 5 ¼ ½ Þ w
. Ô ^ ! % % & % 9 % ! 9 ' & 49 ' % # l + ? Q ' ! ª Y & %
ª Ü 9 ? Q t `23Ų÷ E • - ! x Ó Y ~ D z % S ß
&%? A ! í ª % 49 ? Q t `23Ų÷ E • + ! ¥ f x Ó €
O ! \$ % ? A Y ! 0 o ª ¼ ½ = t ' ' „ E % ^ j Ý ! ;
q / 9 ~ E % , t â È . Ô Ä ' u u w L - ' 9 % 7 ?
î „ % z q ! n — & E % , â È t 4 u w ! ^ B / ñ
ò ý ² \ ¾ " & # & ñ ò ý ² \ ¾ & f \$ < \$ % , e
% 4 % % \$ > \$ " 8 ' f % 4 " " " \$ # ! q 5 & ^ 4 u w % ^ ¼
½ Þ w " ? l + ? Q ' # % & ! ^ ² n = k p æ &
&4># ! " Z [b Þ 0 g !
 Š < R + g Y % % & 9] ! % \$ t ¼ ½ = - Ĩ \ • (" !
' Ö 3 ' \$ l ' l ³ W ! ! â Y t & ' x p ! ~ â „ Ä
O # \$ % >) " H P & & È 2 z \$ % & z w > % a ! Ö™
\$ % ? A ! â „ í (' % < # ! — 6 ! î Ñ Ä T È ! Z Ý •
í x y ! Ô >) & Ó ^ \$ Ô) l B / t Ä T È ! x Ó
€ O ! - Đ 4 u w ! L ì B / & ' x p 5 t & ' ¼ ½
p Đ ^ 9 > 48 \$ d &
&49# Å Æ N ' + X Y
&4948# " \$ • h # • ì E µ & ' x p ! ! ã !
v > % Q ð ! â „ Ä O > •) l ! — 6 ' —
" \$ % % Ų ? A ' ! & 9 ? A # ! î Ñ Ä T È " - Ĩ Ä T
È t ¼ ½ Þ Đ ! b ã È Ĩ } ^) l « c # \$ # ! •

Ý " H P 94 ! # ! — 6 ' — " \$ % % Ų ? A ' ! & 9 ? A # !
î Ñ Ý • ! 0 æ W ! ! ¼ ½ ! h (8 %) &
&494 ! # - [Ú) * & — Ä : 1 2 „) * \$ h # ~
K u » E C 5 ! ' L . / <) l Ö™ ! È 2 H P Ö ' È
2 z ' È 2 z w 0 Ä â „ í (j ì z E µ & ' x Þ
¼ ½) l (t ý Þ ") l (" d # f) l ¼ ½ Đ g &
' x Þ " ¼ ½ _ & % y # & & K u » t l Ö ' L ^ \$
) l Ö™ ! % > % ' % O % & % & % & 9 % ? A ! H P Ö O
" ' & % & & & ! È 2 z & % & 9 ! % ! 9 ' \$ % \$ 9 ' > % > 9 ' 9 %
" x i ç g W 8 2 # ! È 2 > • z w ! % \$ % > % 9 % ' %
= % a ! â „ í (% & % ! % % \$ % % > % 9 % % ' % % < &
 ~ x y ~ , K u » E C Ö !) l \ • ^ \$ l \$ l
j Þ à v t E µ & ' x Þ ! ß - ! 9 % ? Q k i l m
5 ! ª ç ! ¥ Ĩ o ‡ t > • z w ' o ‡ t) l Ö™ j
o ‡ t í (! x y) l E C & ~) l v ¾ 5 ! ' L Ä
Þ w ^ & ? 23+ Q ' t % • ; F B • Z â È Ü Ý È 2
H P Ö ! ^ ~) l v ¾ 5 r s q æ Ö o Ž &

!] ^ + M _
!4&# p / s | Å Æ , 0 ± ²
!4&4# ~ ð # ~ â „ í (^ > % < ! È 2 z ^ \$ % & &
" ? Q d # !) l H P ^ & %) l > % ? A t Ó Ô % ! '
L . / <) l z w ^ ! % a ' \$ % a ' > % a ' 9 % a ' ' % a '
= % a Ö ! j & ' ¼ ½) l (t ý Þ " Ñ & # &



L &# Á È | Þ 0 Ä Æ , 0 ± ² L
A (5 ? & # 3 / ! * ; ' " / ' * # \$ * & % , & * " 4 ' B *
 * Q & % (" 4 & % (" " / \$ & " * (4
- Ñ & â 0 ú Ĩ ! G Ñ z w t Ü G !) l (÷ ¹
- & Y • M \$ ½ ! ~ > % b 9 % a 5™ t) l (£ / }
& ! 9 % a 5 Y !) l (R • % ó ! l u â î ¥ z w Û
G ! ¼ ½ = Ž n ! h Š) l (% ó ! u È) l Ö È 2
t Đ • z w o Ø v G ! \$ Ø > ; ^ > % b 9 % a &
!4&4 ! #) *™ / # ~ â „ í (^ > % < ! È 2 z
\$ % & " ? Q d # !) l H P ^ & % z w > % a t Ó Ô % ! '
L . / <) l Ö™ ^ ! % > % ' % O % & % j & % ? A
Ö t & ' ¼ ½) l (" Ñ ! # &

表 2 $L_9(3^4)$ 正交试验直观分析
Table 2 Results of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment intuitional analysis

| 序号 NO. | 因素 | | | | |
|----------------|----------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | A pH | B 温度 Temperature/℃ | C 提取时间 Extraction time/min | D 液料比 Water-to-flour ratio/mL · g | 提取率 Rate of extraction/% |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 82.31 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 77.17 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 72.37 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 79.69 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 85.18 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 89.06 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 83.16 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 83.48 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 81.87 |
| K ₁ | 233.85/3 | 249.16/3 | 258.85/3 | 253.36/3 | 平均提取率 |
| K ₂ | 257.93/3 | 249.83/3 | 242.73/3 | 252.39/3 | Average |
| K ₃ | 252.51/3 | 243.3/3 | 242.71/3 | 237.64/3 | |
| R | 24.08/3 | 6.53/3 | 16.14/3 | 15.75/3 | 81.36 |
| Q | A2 | B1 | C1 | D1 | |

由表 2 可知,影响蛋白提取率的 4 个因素中,极差大小的顺序为 A > C > D > B,即液料 pH 对蛋白提取率的影响最大,提取时间和液料比的影响次之,提取温度的影响最小。分析可知,提取条件的最优组合为 A2B1C1D1,即液料 pH 11、液料温度 40℃、提取时间 30 min、液料比 30:1。

2.2.2 验证试验 由于提取条件的最优组合并未出现在正交表中,所以对最优组合进行验证试验,各工艺参数分别是:提取时间 40 min,液料 pH 11、液料温度 30℃、液料比 30:1 (mL/g)。在此组合下,超声辅助碱法提取低温脱脂大豆饼粕蛋白的提取率是 83.41%。综合考虑以上正交分析结果,超声辅助碱法提取低温脱脂大豆饼粕蛋白的最佳工艺条件为液料 pH 11、液料温度 40℃、液料比 30:1 (mL /g)、提取时间 40 min,超声功率 400 W。

3 结论

采用超声辅助碱提酸沉法对大豆饼粕蛋白提取,在单因素的基础上对各因素采用正交试验进行了优化,得到提取大豆饼粕蛋白的最佳工艺条件为:液料 pH 为 11、液料温度 40℃、液料比 30:1 (mL/g)、提取时间 40 min,超声功率 400 W,最佳条件下,大豆饼粕蛋白的提取率可达 83.41%。

参考文献

[1] 郭心义.我国大豆蛋白生产现状及前景展望[J]. 粮油加工与食品机械,2004 (3):13-15. (Guo X Y. Production status and prospect of soybean protein in China[J]. Cereals and Oils Processing and Food Machinery, 2004(3):13-15.)

[2] 程莉君,石雪萍,姚惠源.大豆加工利用研究进展[J]. 大豆科

学, 2007,26(5):775-780. (Cheng L J, Shi X P, Yao H Y. Research progress on the processing and utilizing of soybean[J]. Soybean Science,2007,26(5):775-780.)

[3] 陈慧.大豆分离蛋白的功能特性及开发与应用[J]. 石河子科技,2007(9):38-39. (Chen H. Functional characteristics and development of Soy protein isolated[J]. Shihezi Science and Technology, 2007(9):38-39.)

[4] 王雪飞,于国萍,徐国华.不同酶类提取米糠蛋白的研究[J]. 中国粮油学报,2004,19(1):8-11. (Wang X F, Yu G P, Xu G H. Extracting rice bran protein with different enzymes[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2004,19(1):8-11.)

[5] Puppo M C, Afuon. Soybean protein dispersions at acid pH. Thermal and rheological properties [J]. Journal of Food Science,1999, 64(1):50-56.

[6] 朱旻鹏.超声波辅助碱液提取芝麻饼粕蛋白工艺的研究[J]. 粮油加工,2007(8):83. (Zhu M P. Study on extracted with alkaline of sesame meals protein assisted by ultrasound[J]. Cereals and Oils Processing, 2007(8):83.)

[7] 杨晓泉,熊捷,陈中.低频超声对豆粕蛋白浸出率及 SPI 功能特性的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2003,31(11):30-32,36. (Yang X Q, Xiong J, Chen Z. Effects of ultrasonification on protein extraction of defatted soy flakes and functionality of SPI[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2003,31(11):30-32,36.)

[8] 朱建华,杨晓泉.超声物理改性对 SP I 功能特性的影响[J]. 中国油脂,2006,31(1):42-44. (Zhu J H, Yang X Q. Effects of ultrasonic physical modification technology on the functional properties of soybean protein isolate[J]. China Oil Fat, 2006, 31(1):42-44.)

[9] G B /T500915-2003 食品中蛋白质的测定[S]. (G B /T500915-2003 The determination of protein in food[S].)

[10] 邵佩兰,徐明.提取大豆分离蛋白的工艺研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2005(9):47-51. (Shao P L, Xu M. Study on extracted soy protein isolate[J]. Cereals and Oils Processing and Food Machinery, 2005(9):47-51.)