

## 입자 크기와 초고압 처리에 따른 유기용매와 초임계 유체 추출법에서의 대두유 추출수율의 변화

윤원병\*

강원대학교 바이오산업공학부 식품생명공학전공

### Effects of Particle Size and High Pressure Process on the Extraction Yield of Oil Compounds from Soybean Powder Using Hexane and Supercritical Fluid

Won-Byong Yoon\*

Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

#### Abstract

Effects of particle size and high pressure processing on the extraction rate of oil compounds from soybean powder were evaluated by Soxhlet method using hexane and supercritical fluid extraction (SFE) using CO<sub>2</sub>. SFE was carried out at 4,000 psi and 50°C for 4 hr. The mean particle sizes were varied from 26.7 to 862.0 μm by controlling milling time. Saturation solubility increased as the particle size decreased. At large particle size, high pressure processing (HPP) showed higher extraction yield in both hexane extraction and SFE, but as the particle size decreased, the HPP was irrelevant to the extraction yield in SFE. The higher extraction rate was obtained from the smaller particle size. The scanning electronic microscopy of soybean powder treated by HPP showed pores on the surface of the particle. The higher extraction rate and yield from HPP treatment might be due to the less internal resistance of transferring the solvent and miscellar in the solid matrix by collapsing of tissues.

**Key words:** soybean powder, high pressure processing, supercritical fluid extraction, oil, scanning electronic microscopy

#### 서 론

대두의 분말화 공정은 사용의 편리성과 원산지와 수입국 간의 관세규정에 따라 일정한 가공도를 요구하므로 대두가 공의 중요한 단위공정으로 대두되고 있다. 현재 대두유의 가공공정에는 건조대두를 flake화 하는 공정이 필수적으로 사용되고 있다. 이는 대두유의 추출공정 중 유기용매와 접촉부위를 넓혀서 용매와 용질간의 반응속도를 증가하여 추출속도와 수율을 높이기 위함이다. 이 같은 flake를 사용하는 공정의 추출수율에 영향을 주는 주요한 인자는 flake의 크기와 두께이다(Aguilera, 2003). 이 같은 대두유의 추출공정에 필수적인 flake화 공정은 대두를 분말화하여 유통할 경우 추출 시 생략이 가능하다. 분말화된 대두의 장점

으로 인한 유통이 증가되는 반면 분말대두의 가공적성에 대한 연구는 극히 제한적이며 특히 유지성분의 추출에 분말화된 대두가 미치는 영향에 대한 연구는 매우 적다. 최근 Vishwanathan et al.(2011)은 입자 크기가 작아질수록 대두 단백질의 추출 수율이 향상되는 것을 확인하였다.

초고압 처리기술은 100-1000 MPa의 압력을 이용하여 압력 매체로 물이나 오일을 이용해 압력을 순간적으로 균일하게 시료에 전달시켜 시료내의 물리적 생화학적 환경에 변화를 일으켜 살균과 추출등에 영향을 주는 단위 공정이다. 초고압처리기술은 비가열적인 효과로 인한 친환경적인 공법으로 대두되고 있다(Lee & Choi, 2008). 일반적으로 초고압 하에서 시료의 세포막이 파괴되어 세포 안으로 용매가 들어가 보다 많은 성분이 세포 밖으로 쉽게 용출되어 나오므로 추출속도와 수율을 향상하는 것으로 추정하고 있다(Kim et al., 2007).

초임계 유체추출은 CO<sub>2</sub> 가스의 임계 온도와 압력 이상의 조건에서 초임계 유체를 만들어 이 유체를 이용해 추출하는 방식이다. 추출 후 CO<sub>2</sub> 가스는 상온에서 기체 상태로 존재하여 분리되기 때문에, 잔존용매의 문제를 해결할

\*Corresponding author: Won-Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University, Hyoja2-dong, Chuncheon, Kangwon-do, 200-701, Korea

Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508

E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr

Received January 12, 2011; revised June 25, 2011; accepted June 27, 2011

수 있어 친환경 공법으로 대두되고 있는 추출 공법이다. 일반적으로 초임계 유체를 이용해서 추출할 경우 유기용매로 추출하는 경우 보다 낮은 수율과 산업화 설비에 대한 제한이 단점으로 제기되고 있어 고부가가치의 기능성성분을 추출하는데 그 활용도가 제한되고 있다(Hong et al., 1990).

일반적으로 초임계유체 추출법은 환경친화적인 장점과 저온에서 선택적으로 추출할 수 있다는 장점으로 천연물에서 고부가가치의 소재를 추출하는데 적합하다고 알려져 있으나, 대두유 등의 지방성분을 천연물에서 추출 시 유기용매와 동일한 추출시간을 적용 시 수율이 유기용매의 추출법에 비하여 낮아 높은 생산비와 설비의 고가격으로 인한 고정비의 증가로 상대적으로 저가격대인 식용유지 등의 산업화에 어려움을 가지고 있다(McHugh and Krukoni, 1994).

본 연구의 목적은 1)대두분말 가공의 가장 기본적인 공정인 분말화 공정에 따른 입자크기가 대두유의 추출효율에 미치는 영향과 2)초고압처리가 전통적인 유기용매 추출과 초임계추출에 미치는 영향에 대한 고찰이다. 또한 각 입자크기에 따른 비정상상태의 확산모형식의 실험 조변수(parameter)를 계산하여 초고압처리가 확산기작에 미치는 영향을 이론적으로 정량화하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

국산 대두는 대형마트에서 백태를 구입하여 사용하였다. 대두는 분쇄기(FM-909W, Hanil electric, Changwon, Korea)를 이용하여 1 분, 2 분, 6 분 동안 분쇄한 시료를 이용하였다. 유지성분의 추출은 입자크기별, 초고압 처리별로 각각 Soxhlet 추출 방법과 초임계 유체 추출 방법으로 진행하였다. 초고압처리 시료의 경우 2 분과 6 분을 분쇄한 시료를 사용하여 추출실험을 진행하였다. 이는 1 분을 분쇄 후 초고압 처리를 실시할 경우 높은 압력에 의하여 입자들이 덩어리를 형성하여 추출 실험에 적합한 조건을 갖추지 못하기 때문이다.

### 입도분석

분말화된 대두입자의 크기는 입도분석기(model LS-13320, Beckman coulter, NewYork, USA)를 이용하여 1 분, 2 분, 6 분 동안 분쇄한 시료의 평균입자크기를 분석하였다. 분쇄시간이 2 분과 6 분인 초고압 처리된 입자도 동일한 방법으로 입자의 크기를 측정하였다. 분쇄시간에 따른 입자의 표면적은 1 분을 분쇄한 시료의 크기를 기준으로 분쇄시간이 증가됨에 따라 상대적으로 동일한 부피를 지니기 위한 표면적의 증가량을 기술하였다.

### 초고압 처리

본 실험에서 초고압 처리기(WIP-72-350-5.6K, IlshinAutocleave, Daejeon, Korea)를 이용하여 450 MPa 압력에서 30 분 동안 처리하였다. 분말화된 대두를 진공포장을 한 후 물을 압력의 매질로 활용하여 초고압처리를 하였다. 초고압 처리한 시료를 Soxhlet추출과 초임계 유체 추출법을 이용하여 유지성분을 추출하여 각 처리에 따른 추출 수율을 비교하였다.

### 추출

#### Soxhlet 추출

일반적으로 지방정량에 보편적으로 쓰이는 방법인 Soxhlet 추출방법을 이용하여 hexane 유기용매 추출하였다. 콩 시료와 hexane의 비율은 6:100의 비율로 하였다. Thimble filter에 시료 6 g을 넣어 Soxhlet관에 넣고, 플라스크에 hexane 100 mL를 넣어 water bath에서 85°C로 가열하여 추출을 하였다(Son, 2008). 추출수율은 시료 g당 회수된 지방성분의 양을 측정하여 계산하였다. 전 실험은 3 반복실험으로 진행하였다.

#### 초임계 유체 추출

초임계 유체 추출은 초임계 유체 추출장치(SFE standard model, Thar Technologies, New York, U.S.A.)를 이용하였다. 추출 조건은 Kim & Yoon(1991)의 실험결과를 참조하여 4000 psi, 50°C 조건에서 추출을 실시하였다.

#### Scanning electron microscope (SEM) 측정

초고압 처리 전후의 대두입자 표면의 상태를 파악하기 위해 저진공주사현미경(Low vacuum scanning electron microscope, S-3500N, Hitachi, Osaka, Japan)을 이용하여 10,000 배까지 확대하여 표면을 관찰하였다.

#### 추출공정 중의 확산 모델

회분식 추출공정의 용매의 이동현상을 나타내는 모델로 기본적인 확산모델을 사용하였다 (Geankoplis, 2003).

$$\frac{N_A}{A} = k_L(C_{AS} - C_A) \quad (1)$$

$N_A$ : 용액 속의 성분A의 질량속도(kg/s),  $A$ : 입자의 표면적( $m^2$ ),  $k_L$ : 물질전달계수(m/sec),  $C_{AS}$ : 성분A의 포화용해도(kg/ $m^3$ ),  $C_A$ : 특정 시간 t에서의 용액내의 성분A의 농도(kg/ $m^3$ ).

추출 속도에 미치는 인자들을 정량화하기 위하여 식1을 물질수지에 따라 풀면 다음과 같은 식2로 유도된다.

$$V \frac{dC_A}{dt} = N_A = A k_L (C_{AS} - C_A) \quad (2)$$

식2를 추출시간 t=0에서 t=t까지 추출 시 변화되는 특정

성분 A의 농도는  $C_A$ 는  $C_{A0}$ 에서  $C_A$ 로 적분할 경우 임의의 시간  $t$ 에서의 특정성분의 농도  $C_A$ 는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_{AS} - C_A} = \frac{Ak_L}{V} \int_{t=0}^t dt \quad (3)$$

$$\frac{C_{AS} - C_A}{C_{AS} - C_{A0}} = e^{-\left(\frac{K_L A}{V}\right)t} \quad (4)$$

식4에서 2개의 미지의 조변수인  $K_L$ 과  $C_{AS}$ 를 대두분말에서의 대두유 추출공정에 적용하여 구할 시 임의의 시간  $t$ 에서의 대두유의 추출량을 계산할 수 있다.

## 결과 및 고찰

### 입자크기 별 hexane추출 시의 수율 변화

1 분, 2 분, 6 분 동안 분쇄한 대두 분말 입자크기를 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 각 분쇄시간에 따른 평균 입자 크기는 3 반복 측정 시  $862.0(\pm 8.18) \mu\text{m}$ ,  $365.6(\pm 29.5) \mu\text{m}$ ,  $26.6(2.51) \mu\text{m}$ 이다. 초고압 처리를 한 후의 2 분과 3 분의 분쇄시간을 적용시킨 입자의 크기를 측정할 결과는 초고압 처리를 하지 않은 상태와 유의차( $p < 0.95$ ) 없이 유사한 수준을 보여 주었으므로 본 연구에서는 초고압처리가 대두분말의 입자크기에 영향을 주지 않는다는 가설을 실험 시와 결과해석 시의 모델링과정에 적용하였다. 입자 크기에 영향을 준 분쇄시간에 따른 추출 수율을 Fig. 2에 나타내었다. 4 시간 경과 후 수율은 평균입자 크기가 작아짐에 따라 증가함을 보여 주었다. 6 분 분쇄 후의 수율은  $17.83(\pm 0.71)\%$ 로 국산콩의 지방성분의 최대치인 ~19%에 도달하였다고 간주 할 수 있다(Jeong, 1999). 일반적으로 연속식 추출장치를 사용하여 콩분말을 hexane을 용매로 하여 유지성분을 추출할 시 초기 20 분의 추출시간에 거의 95%이상의 대두유성분이 추출됨을 보여주었다(Wiese and Snyder, 1987). 회분식 추출 실험인 본 실험에서는 4 시간 경과후의 수율을 포화용해도(saturation solubility,

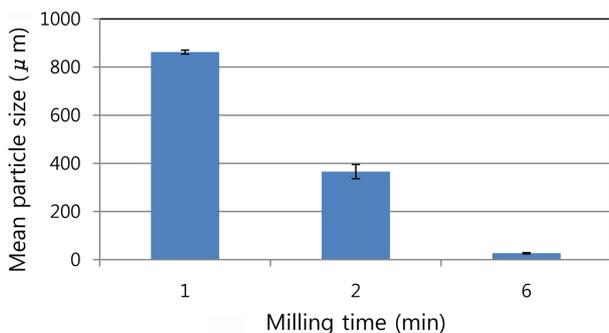


Fig. 1. Effect of milling time on the mean particle sizes of soybean powder.

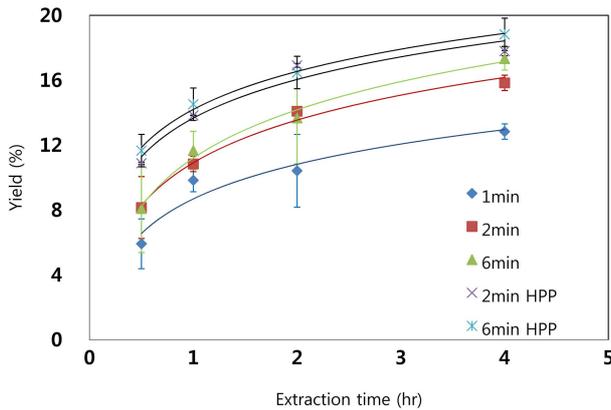
$C_{AS}$ )로 간주하여 비교하였다. 초고압처리를 하지 않은 대두 분말의 경우 분쇄시간이 1 분, 2 분, 6 분에 따라  $C_{AS}$ 는 12.84, 15.84, 17.83%로 증가함을 보여주었다. 이는 분쇄정도가 높아짐에 따라 입자의 평균반경이 줄어들어 표면적이 증가되어 물질전달기작에 따라 이동되는 물질의 양이 표면적에 비례하는 식(1)에 따라 대두유가 분쇄도가 높을수록 많은 양의 대두유가 용출됨을 보여주고 있다.

분쇄시간이 1 분과 2 분 이상의 경우 추출시간이 0.5 시간에서 4 시간까지의 전 영역에 걸쳐 2 분 이상 분쇄한 평균입자의 크기가 작은 경우가 각 추출시간에서 높은 추출량을 보여주었다. 이는 추출속도가 입자의 크기에 반비례하며 전체 표면적에 비례함을 보여 주고 있다. 반면 분쇄시간이 2 분과 6 분의 경우 추출시간이 0.5, 1, 2 시간에 따라 유의차( $p < 0.05$ )가 없음을 보여 주고 있다. 이는 평균 입자크기가 일정크기 이하로 작아질 경우 초기의 추출속도의 증가에는 큰 영향을 주지 않음을 의미한다. 이 같은 현상은 일정크기 이하의 입자크기에서는 초기추출 속도에 영향을 주는 고-액간의 물질전달의 저항을 줄여 물질이동속도를 증가시키는 한계를 가져옴을 보여 주고 있다. 반면 4 4 시간의 추출시간에는 분쇄시간이 2 분과 6 분인 입자의 수율을 비교 시 6 분의 분쇄시간을 가진 입자의 추출수율이 유의차( $p < 0.05$ ) 있게 증가했음을 보여 주고 있다. 이는 분쇄시간이 증가함에 따라 입자의 크기의 감소와 함께 내부구조에도 영향을 주어 고체내부에서의 물질이동기작의 저항을 줄여주어 추출후반부의 추출량에 영향을 주고 있음을 보여주고 있다. Vishwanathan et al.(2011)은 대두에서의 단백질추출 실험에서도 입자의 크기가 작아질수록 추출 수율이 증가함을 보여주었으며 본 연구의 결과와 유사한 입자크기와 추출수율의 관계를 보여주었다.

초고압처리를 한 분쇄시간이 2 분과 6 분인 대두분말의 추출시간에 따른 추출수율의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 초고압처리를 한 대두분말의 경우 추출속도의 변화는 대조군인 초고압처리를 하지 않은 대두분말이 나타내는 입자크기의 영향도와 유사한 결과를 보여 주었다. 동일한 분쇄시간의 시료를 초고압처리를 한 경우와 하지 않은 경우를 비교 시 초고압 처리를 한 시료가 유의차( $p < 0.01$ ) 있게 수율이 증가됨을 보여 주고 있다. 또한 초고압 처리 시 2 분의 분쇄 시간을 적용 시킨 입자의 추출 수율이 6분의 분쇄시간을 거치고 초고압처리를 하지 않은 시료보다 높은 수율을 보여 주었다( $p < 0.01$ ).

### 초고압 처리에 의한 추출 수율 변화와 SEM

분쇄시간이 2 분인 경우의 초고압처리에 의한 추출 수율 변화를 대조군인 초고압처리를 하지 않은 시료(Fig. 2)와 비교 시 초고압 처리한 시료의 추출 수율이 처리하지 않은 시료의 추출 수율보다 유의차( $p < 0.01$ ) 있게 높은 것을 확인할 수 있다. 특히 초기 추출초기의 수율은 초고압처리한



**Fig. 2.** Effect of particle size on the hexane extraction yield of soybean oil from soybean powder without high pressure treatment.

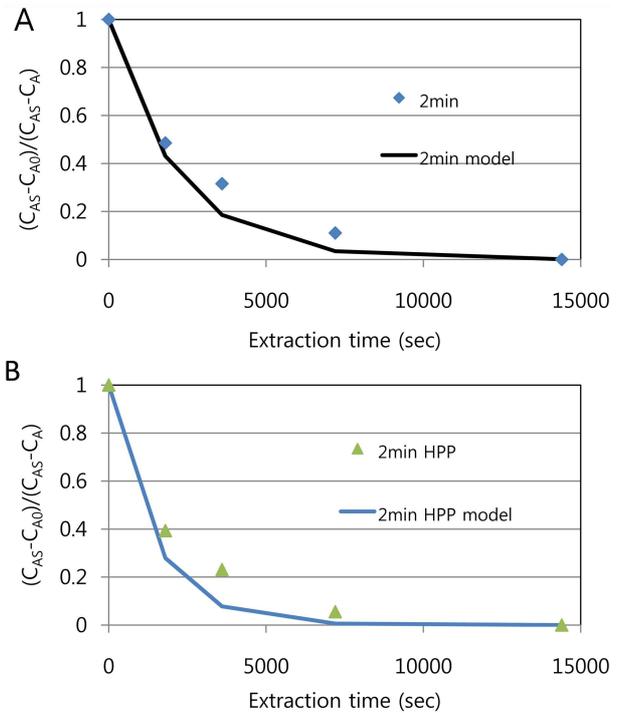
시료가 34%이상 급격히 증가함을 보여 주고있다. 이 같은 시료의 초기 추출속도와 함께 일반적으로 추출속도의 율속 단계로 알려진 추출 후반부의 속도를 나타내는  $C_s$ 값 역시 대조군에 비하여 13%이상 증가하였음을 보여 주었다. Kim et al.(2010)의 연구 결과 초고압 처리에 의해 더덕 물질의 추출 수율이 높아짐을 확인하였다. 이 같은 실험결과는 초고압 처리에 의해 시료의 내부 조직의 세포벽을 파손하여 고-액 추출조작에서 속도에 가장 큰 영향을 주는 고체 내부에서의 물질이동기작의 저항을 감소시킴으로 생기는 현상으로 판단된다.

**초고압시료의 물질전달모델 적용**

식1, 2, 3, 4를 이용하여 물질전달 모델을 적용시켜 추출 공정에 관여하는 인자들을 계산하였다. 본 연구에서  $C_{AS}$ 는 4 시간 추출 시의 대두유성분의 양으로 계산하였으며 전체 표면적(A)은 1 분간 분쇄 시의 전체표면적을 기준표면적  $A1(1\text{ m}^2)$ 로 하여 각 단위 입자의 직경에 따른 확산속도는 단위입자의 반지름의 제곱에 반비례하므로 2 분과 6 분간 마쇄 후의 입자의 직경에 따른 상대적인 전체표면적( $A2, A3$ )을 마쇄 후 측정된 시료의 입자크기에 따라 구하여 사용하였다. 물질전달계수인  $K_L$ 은 각 입자크기에 따라 추출시간의 영역에서 얻어진 값들의 평균값을 구하여 모델링에 사용하였다. Table 1은 modeling에 사용된 시료들의 전체 표면적(A,  $\text{m}^2$ ), 포화용해도( $C_{AS}$ ,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ), 평균 물질전달계수

( $K_L$ ,  $\text{m}/\text{s}$ )을 계산하여 나타내었다. 각 model과 실제 측정치간의 오차에 대한 자료로 식4에 대하여 좌우변의 값에 대한 sum of square error (SSE)를 나타내었다. 물질전달계수는 입자도의 영향을 받지 않는 물질고유의 특성이나 본 연구에서는 분쇄과정 중에 입자 내부의 조직에 영향이 있을 수도 있다는 가설 아래 각 입자별로 물질전달계수를 계산하여 적용하여 Table 1에 기술하였다. 초고압처리를 한 시료의 경우 동일한 입자크기에서 비교 시 초고압처리를 한 시료의  $K_L$ 값이 대조군에 비하여 50%이상 증가함을 보여 주었다. 이는 내부구조의 변화에 따라 이동되는 양이 증가함에 따른 결과로 판단된다.

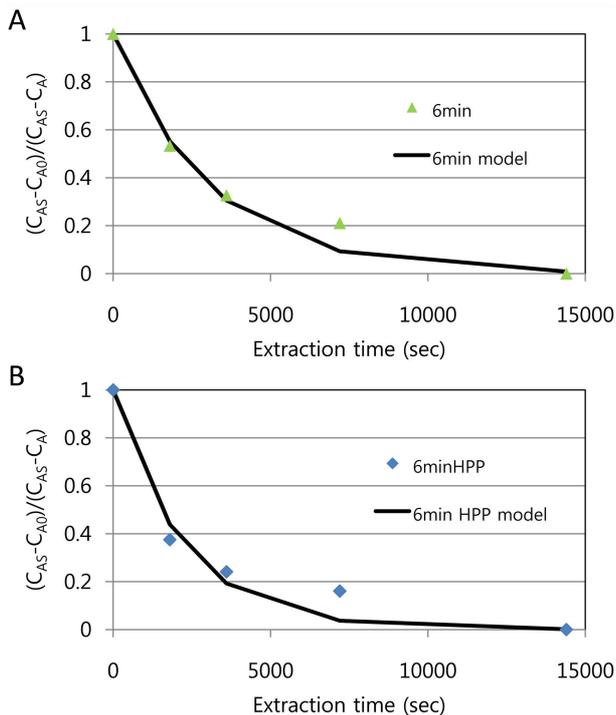
식4에 따라 물질전달 모델을 만들어 시간에 따른 농도의 변화를 모델식과 실제측정값을 Fig. 3와 Fig. 4에 나타내었다. 초고압처리 한 시료와 대조군간의 비교를 위하여 분쇄



**Fig. 3.** Effect of high pressure treatment on the extraction rate of oil compounds from soybean powder after 2 min of milling. A: control, B: high pressure process applied,  $C_{AS}$ : the saturation solubility,  $C_{A0}$ : the oil concentration at time  $t = 0$ ,  $C_A$ : the oil concentration at time  $t$ .

**Table 1.** Modeling parameters to develop mass transfer models for oil compound extraction from soybean powder.

	Milling time (min)	Relative surface Area ( $\text{m}^2$ )	Saturation solubility ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Mean mass transfer coefficient ( $\times 10^{10}/\text{m}/\text{s}$ )	Sum of square error
No high pressure	1	1	7.70	421.94	0.0250
	2	5.56	9.50	84.18	0.0256
	6	5835.84	10.40	0.56	0.0148
High pressure	2	5.56	10.80	127.43	0.0388
	6	5835.94	11.20	0.784	0.0217

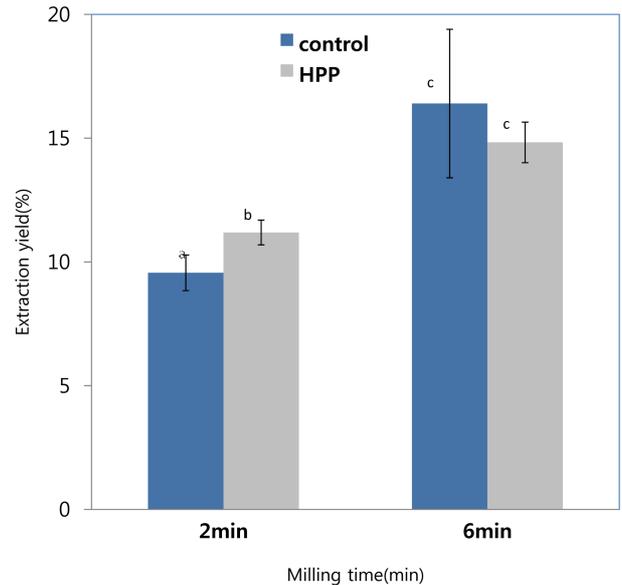


**Fig. 4.** Effect of high pressure treatment on the extraction rate of oil compounds from soybean powder after 6 min of milling. **A:** control, **B:** high pressure process applied,  $C_{AS}$ : the saturation solubility,  $C_{A0}$ : the oil concentration at time  $t = 0$ ,  $C_A$ : the oil concentration at time  $t$ .

시간 2분(Fig. 3)과 6분(Fig. 4)의 시료에 대한 변화량만을 나타내었다. 물질전달 모델에 의한 값들이 실제측정한 값보다 낮아지는 경향을 두 모델에서 모두 보여 주었다. 이는 모델링과정 중 평균  $K_L$  값을 사용하면서 실제 입자크기에서 가지는 값보다 낮은 부분이 해당부분에 적용되었기 때문이라 사료된다.

입자 크기 변화와 초고압 처리에 의한 초임계 유체 추출수율의 변화

입자 크기와 초고압 처리에 의한 초임계 유체 추출법 적용 시의 추출 수율의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 초고압 처리를 초임계추출공정 이전에 적용 시 분쇄시간 2분을 거친 대두분말은 추출 수율이 9.56%에서 11.24%로 향상되어 17.6% 이상이 향상됨을 알 수 있다(Fig. 5). 이 결과는 유기용매에서 4시간 추출한 결과와 비교 시 낮은 수율을 보이고 있지만 초고압을 전처리로 활용 시 초임계유체 추출법에서 수율향상에 많은 효과를 가져올 수 있음을 보여 주고 있다. 반면 입자의 크기가 현저히 줄어든 마쇄시간 6분을 적용한 시료의 경우 두 시료 모두 수율이 약 15%이며 평균 추출수율은 초고압처리를 하지 않은 시료가 높은 값을 가지고 있으나 90%의 신뢰도 아래서 유의차가 없는 유사한 결과를 보여주었다. 이는 초임계 추출의 특징인



**Fig. 5.** Comparison of extraction yield from supercritical fluid extraction upon milling time and high pressure treatment on the soybean powder. Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at  $p < 0.1$ .

초임계 유체의 확산력이 일정한 입자도 이하에서는 초고압 처리에 의한 내부저항의 경감된 정도 보다 우수하기 때문으로 추론된다. 이는 초임계공정의 추출 적용 시 입자도에 대한 조절이 중요한 공정변수임을 시사한다.

## 요 약

유기용매와 초임계유체를 사용하여 대두분말에서 지방성분을 추출하는 공정에서 분말화공정(분쇄)의 시간의 변화에 따른 입자도와 초고압처리에 의한 추출속도를 측정하였다. 대두분말의 입자가 작을수록 추출속도가 향상되었으면 이는 입자의 크기가 작아짐에 따라 전체적인 표면적이 증가하여 고-액추출에서 중요한 반응기작인 물질전달속도를 증가시켰기 때문이라 판단된다. 초고압공정을 적용 시 동일한 입자크기에서 추출속도가 현저히 향상되었으며 이는 대두분말 내부에서 발생하는 확산현상에 대한 저항이 초고압상태에서의 변화로 감소되었기 때문이라 사료된다. 초임계유체에 의한 추출은 수율이 낮은 단점이 있으나 입자의 크기가 큰 상태에서는 초고압처리를 전처리로 사용할 경우 시간당 추출량을 상당부분 증가시킬 수 있음을 보여주었으나, 입자크기가 작을 경우 초고압처리가 영향을 미치지 못함을 보여주었다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부, 강원도, 강릉시, 강릉과학산

업진흥원의 연구개발사업으로 수행된 연구결과임.

### 참고문헌

- Aguilera JS. 2003. Solid-liquid extraction. In: Extraction optimization in food engineering. Tzia C and Liadakis G (ed). Marcel and Dekker, Inc., New York, USA. pp. 35-56.
- Geankoplis CJ. 2003. Transport Processes and Separation Process Principles, 4<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, New York, USA, p. 760.
- Hong IK, Rho SW, Lee KS, Yoo KP. 1990. Modeling of soybean oil bed extraction with supercritical carbon dioxide. Korean J. Chem. Eng., 7: 40-46.
- Jeong DH. 1999. Science of soybean. Daekwangseolim. Seoul. Korea. p. 25
- Kim CH, Kwon MC, Qadir SA, Hwang B, Nam JH, Lee HY. 2007. Toxicity reduction and improvement of anticancer activities from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor by ultra high pressure extracts process. Korean J. Medicinal Crop Sci. 15: 411-416.
- Kim IH, Yoon SH. 1991. Extraction of soybean oil using supercritical carbon dioxide and its characteristics. Korean J. Food Sci. Technol. 23:677-682.
- Kim SS, Jeong MH, Seo YC, Kim JS, Kim NS, Ahn JH, Hwang B, Lee HY. 2010. Comparison of antioxidant activities by high pressure extraction of *Codonopsis lanceolata* from different production areas. Korean J. Medicinal Crop Sci. 18: 248-254.
- Lee KJ, Choi SD. 2008 Application of biological industry using high hydrostatic pressure(HHP) system. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 23: 362-368.
- McHugh MA, Krukonis VJ. 1994. Supercritical Extraction Principles and Practice, 2<sup>nd</sup> ed. Butterworth-Heinemann, London, UK, pp. 299-303.
- Son JH. 2008. Analysis experiment of food. Jinro. Seoul, Korea, p. 35.
- Vishwanathan KH, Singh V, Subramanian R. 2011. Influence of particle size on protein extractability from soybean and okara. J. Food Eng. 102: 240-246.
- Wiese KL, Snyder HE. 1987. Analysis of the oil extraction process in soybeans: a new continuous procedure. J. Am. Oil Chem. Soc. 64: 402-406.