

초미세분쇄/공기분급을 이용한 탈지대두박 분획물의 특성과 응용

박동준 · 구경형 · 김승호
한국식품개발연구원

Characteristics and Application of Defatted Soybean Meal Fractions Obtained by Microparticulation/Air-Classification

Dong-June Park, Kyung-Hyung Ku and Seung-Ho Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

Defatted soybean meal (DSM) was microparticulated at cut-off wheel speed of 9,000 rpm and air-classified into fine and coarse fractions at air classifying wheel speeds (ACWS) of 21,000, 18,000, 15,000, 12,000 and 9,000 rpm stepwisely. Protein and ash content increased while lipid, carbohydrates and dietary fiber content decreased with decreasing ACWS. Amino acid composition and amino acid content of defatted soybean meal were similar to those of raw soybeans with aspartic and glutamic acid, the major amino acids. The yield and particle size increased with decreasing ACWS and mean particle size ranged from 4.9 μm to 14.2 μm . The particles were oval-shaped with sharp corners. Water holding capacity, oil holding capacity and emulsion capacity slightly decreased with decreasing ACWS. Soybean curds formed showed different characteristics depending on the coagulant used and on the substitution ratio of full fat soybean flour with microparticulated DSM. Microparticulated DSM could successfully substitute wheat flour up to 10% level without bring noticeable beany flavor in the cakes.

Key words: microparticulation/air-classification, defatted soybean meal

서 론

최근 가공산업의 발달과 함께 식탁에서 정제된 식품 및 동물성단백질, 고지방식품 등의 섭취량이 급격히 증가한 반면 식이섬유 섭취량은 감소하는 추세이다. 영양학자들은 1970년대 이후 당뇨병, 관상동맥성 심근경색, 악성종양 등의 성인병과 식이섬유의 낮은 섭취량 사이에 상관관계가 있다는 보고⁽¹⁾ 이래로 식이섬유 섭취량을 늘리도록 권장하고 있다.

대두는 1993년 기준으로 세계 총생산량이 약 1억 M/T이며 우리나라의 경우 생산량은 20만톤에 지나지 않으나 대두유와 가축용 사료용도로 수입하는 양이 120만톤을 넘고 있다⁽²⁾. 현재 대두는 주성분인 단백질의 이용보다 콩기름 생산에 주로 사용되고 있으며, 기름 추출의 부산물로 탈지대두박이 생산되고 있다. 콩

기름 부산물인 탈지대두박은 1992년 기준으로 전세계 생산량이 약 7천만톤 이상이고, 일부 가공하여 식품에 이용하기도 하나 대부분 사료로 이용되고 있다. 국내에서는 대두유 가공시 발생하는 탈지대두박은 연간 600,000톤 이상으로 추정되는데 이러한 부산물은 원료 대두에서 지방만 제거되었을 뿐 단백질이 약 50% 탄수화물이 25-30%이고, 이외의 대부분 영양소도 거의 그대로 남아 있으므로 식품학 및 영양학적 관점에서 대단히 중요한 소재라고 여겨진다.

현재까지 보고된 탈지대두박 관련 연구를 살펴보면 콘스넥에 탈지대두박을 일정량 대체하였을 때의 단백질 보강효과⁽³⁾, 젖산발효음료에의 탈지대두박 적용 효과⁽⁴⁾ 및 단백질 조성 및 기능성 등에 관한 연구⁽⁵⁾가 어느 정도 진행되어 있으나 최종제품에의 활용정도는 넓지 못한 실정이다. 현재로서는 이 탈지대두박을 식품소재로 직접 이용할 경우 높은 섬유질 함량에 의해 나타나는 거친 조직감 등이 걸림돌이 되고 있는 실정⁽⁶⁾이므로, 이를 이용하기에 적합한 정도로 전처리할 수

Corresponding author: Dong-June Park, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Boondang-gu, Seongnam, Kyunggi-do 463-420, Korea

있는 방법과 최종 제품에의 활용방안을 찾는다면 식품소재로서의 이용확대가 가능할 것이다.

본 연구는 국내에서 대두유 가공시 부산물로 발생하는 탈지대두박에 식품가공분야에는 비교적 최근에 소개된 신기술¹⁾인 초미세분쇄 기법을 적용하여 조직감을 개선하면서 입자크기에 따라 유용성분을 분리하는 공기분급기술로 식이섬유, 단백질 등의 유용성분의 농축, 회수기법을 확립함으로써, 탈지대두박의 식품소재화와 가공식품에 실제로 활용하기 위한 전단계로서 이들이 갖는 기능적 특성을 조사하고자 수행되었다.

재료 및 방법

재료

제일제당 인천공장에서 대두유(콩기름)를 제조하고 남은 탈지대두박을 제공받아 -18°C에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

초미세분쇄 및 공기분급

탈지대두박과 대두피는 Fluidized bed opposed jet mill (Model 100 AFG, Alpine Aktiengesellschaft, Augsburg, Germany)을 이용하여 cut-off wheel speed (CWS) 9,000 rpm에서 초미세분쇄하였다. 분쇄한 시료의 공기분급은 Air classification system (Turboplex Classifier, Model 50ATP, Alpine Aktiengesellschaft, Augsburg, Germany)을 부착하여 탈지대두박의 경우는 먼저 분급휠속도(ACWS: air classifying wheel speed) 21,000 rpm에서 분급하여 조분획(C-1)과 미분획(F-1, ACWS 21,000 rpm 통과, >21,000으로 표기)을 회수하고, 회수된 조분획(C-1)을 다시 ACWS 18,000 rpm에서 분급하여 조분획(C-2)과 미분획(F-2, ACWS 21,000 rpm 불통과, 18,000 rpm 통과; >18,000으로 표기)을 회수하였다. 같은 방법으로 ACWS 15,000, 12,000, 9,000 rpm에서 단계적으로 분급하여 각각의 분획을 회수하였다.

일반성분 및 아미노산 분석

분급된 각 시료의 일반성분 분석은 AOAC 방법¹⁰⁾에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550°C회화법으로 분석하였으며 2회 반복한 평균값으로 환산하였다. 분급된 각 시료의 총식이섬유(TDF; total dietary fiber) 분석은 Prosky 등¹¹⁾의 방법으로 Sigma dietary fiber assay kit (TDF-100)을 사용하여 분석하였으며, 전분함

량은 단백질, 지방, 회분 및 식이섬유를 제하여 환산한 값으로 하였다. 또 아미노산분석은 White 등¹²⁾에 의한 PICO-TAG method를 이용하였다.

색도 및 물리적 기능성

각 시료의 색도는 Chroma meter (Minolta, CR-2000 Japan)로 L, a, b값을 측정하였다. 또 각 시료의 보수력(WHC, water holding capacity) 및 보유력(OA, oil absorption)은 Mongeau 등¹³⁾의 방법을 약간 변형하여 측정하였으며, 유화력(EC, Emulsion capacity), 유화안정성(ES, Emulsion stability) 및 기포안정성(FS, Foam stability)은 Okezie와 Bello¹⁴⁾의 방법에 의하여 2번 반복 측정하여 산출하였다.

입도 측정 및 미세구조 관찰

초미세분급된 미세분말의 입도분석과 미세구조는 현미경(Olympus Tokyo, Japan)을 부착한 Color Video Microscope System (Model MW 200B, 삼성전관)으로 관찰하고 video printer (AG-EP 80, Panasonic, Co., Japan)로 출력하였다.

점도 측정

초미세분쇄한 탈지대두박 분말, 공기분급에 의하여 회수된 각 분획 그리고 대조구로서 시판 밀가루(다목적용 중력분, 제일제당)를 5, 10, 15% 수준으로 분산시켜 분산액의 점도를 점도계(Rotovisco RV 20, Haake, Germany)에 NV sensor system을 부착하여 20°C에서 측정하였다. 전단속도는 0-2,000 s⁻¹사이에서 2분간 직선적으로 증가시켰으며, 이에 따른 전단응력을 측정하였다. 각 용액의 유동특성은 아래와 같은 linear model과 Casson model을 이용하여 해석하였으며 유동계수(n, flow behavior index) 및 항복응력(τ_0 , yield stress, Pa)은 Haake software support version 1.2를 사용하여 계산하였다.

$$\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma} \text{ (linear model)}$$

$$\tau = \sqrt{\eta} \dot{\gamma} \text{ (Casson model)}$$

$$\tau : \text{전단응력 (Pa)}$$

$$\dot{\gamma} : \text{전단속도 (1/s)}$$

$$\eta : \text{점도 (Pa} \cdot \text{s)}$$

$$\tau_0 : \text{항복응력 (yield stress, Pa)}$$

온도 및 농도에 따른 겔형성능

탈지대두박의 겔형성능은 Coffman과 Garcia¹⁵⁾의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 탈지대두박을 이용한

겔형성에 필요한 최소농도를 측정하기 위하여 공기분급한 각 분획별 시료를 8, 10, 12, 14, 16, 18% 농도가 되도록 분산액을 제조하여 10 ml씩 시험관에 분주한 후, 100°C에서 20분 가열하여 상온으로 냉각한 후 겔형성능을 조사하였다. 또 초미세분쇄한 탈지대두박 (microparticulated defatted soybean meal)과 단백질함량이 가장 적었던 F-1분획(>21,000 rpm 통과)을 취하여 14%의 농도로 분산액을 제조한 후 10 ml씩 시험관에 분주한 후 80, 90, 100°C에서 각각 10, 20, 30, 40, 50, 60분동안 가열했을 때의 겔형성능을 조사하였다.

응고제의 종류에 따른 겔형성 및 물성측정

탈지대두박 분획과 전지대두부의 응고특성을 보기 위하여 10% 전지대두부(300 mesh)과 초미세분쇄한 탈지대두박 분획을 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50의 비율별로 100 ml 비이커에 50 ml씩 넣은 후 잘 혼합하고 100°C에서 10분간 가열한 다음 상온으로 냉각시켜 calcium sulfate 또는 calcium gluconate (10% 용액)를 전체 용액의 2% 수준으로 첨가하였다. 이 용액을 90°C에서 20분간 가열한 후 배수가 용이하도록 바닥에 직경 2 mm의 구멍이 90여개 뚫려 있는 지름 50 mm, 높이 65 mm의 아크릴 수지 밀면에 두겹의 가아제를 깔고 가열한 용액을 부은 후 4.62 g/cm³의 무게로 10분간 성형하여 무게를 측정하여 이수량과 물성 측정을 하였다. 이때 이수량은 분산액 g당 유리된 ml 양으로 계산하였고, 텍스처 측정은 Texture Analyser (TA XT-2, Stable Micro System Ltd. England)를 사용하여 TPA (texture profile analysis) test를 하였다. 측정 조건은 응고된 겔에서 분리된 물을 제거한 후 응고물을 다시 용기(100 ml 비이커, 지름 50 mm)에 담아 probe; ϕ 20.0 mm, graph type; force vs time, force threshold; 0.5 g, distance threshold 0.05 mm, test speed;

0.5 mm/s strain; 20%로 TPA test를 실시하였다.

케익제조 및 케익의 물성측정

버터 100 g을 거품기로 저어 색이 희어지고 부드러워지면 설탕 100 g을 넣고 저어 크림상태로 만든 후, 달걀(전란) 280 g을 넣고 잘 혼합하여 미리 밀가루의 10-30%를 중량비로 대체시켜 혼합한 초미세분쇄 탈지대두박 분말 200 g, 베이킹파우더 1.3 g, 코코아 분말 20 g을 함께 체에 친 것과 섞어 반죽을 만들었다. 이 반죽을 케익틀(6.5×13×5 cm³)에 약 280 g을 넣은 후 170°C로 예열된 오븐에서 45분간 구워 케익을 제조하였다. 케익의 TPA test조건은 probe; ϕ 20.0 mm, graph type; force vs time, force threshold; 100 g, distance threshold 0.50 mm, test speed; 1.0 mm/s, strain; 50%였고, 이때 측정 시료의 크기는 가로 25 mm, 세로 20 mm, 높이 1.5 mm로 하였다. 또 제조된 케익의 부피는 쌀을 이용한 displacement법⁽¹⁰⁾으로 비용적 (specific volume)을 구하였다.

관능검사

초미세분쇄한 탈지대두박 분말을 혼합하여 제조한 케익에 대한 관능검사는 각 시료의 차이를 식별할 수 있는 능력에 기준을 두어 선발된 10명의 요원으로 하여 금 외관, 색, 냄새, 조직감, 맛 기호도의 순으로 선척도법⁽¹¹⁾에 의하여 평가하도록 하였고, 검사결과는 분산분석과 Duncan의 다범위 검정⁽¹²⁾을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 식이섬유

초미세분쇄한 탈지대두박을 분급회속도(ACWS) 21,000-9,000 rpm으로 공기분급한 각 분획들에 대하여

Table 1. Composition of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal (d.b., %)

| Fraction ¹⁾ | Starch | Protein | Ash | Fat | Dietary fiber | | |
|------------------------|--------|---------|------|------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | IDF ²⁾ | SDF ³⁾ | TDF ⁴⁾ |
| >21,000 | 28.44 | 42.55 | 6.74 | 0.91 | 19.94 | 1.42 | 21.36 |
| >18,000 | 25.89 | 45.22 | 7.04 | 0.44 | 19.24 | 2.17 | 21.41 |
| >15,000 | 28.66 | 45.79 | 7.01 | 0.32 | 16.56 | 1.66 | 18.22 |
| >12,000 | 25.69 | 50.96 | 7.14 | 0.36 | 13.98 | 1.87 | 15.85 |
| > 9,000 | 26.31 | 50.65 | 7.24 | 0.33 | 13.54 | 1.93 | 15.47 |
| Microparticulated | 24.14 | 49.15 | 7.02 | 0.50 | 17.63 | 1.56 | 19.19 |

¹⁾Air classifying wheel speed (rpm)

²⁾Insoluble dietary fiber

³⁾Soluble dietary fiber

⁴⁾Total dietary fiber

Table 2. Amino acid content of microparticulated defatted soybean meal

| Amino acid | Amino acid (%) | % Amino acid/protein |
|---------------|----------------|----------------------|
| Aspartic acid | 5.43 | 11.23 |
| Glutamic acid | 8.97 | 18.55 |
| Serine | 2.19 | 4.53 |
| Glycine | 2.02 | 4.18 |
| Histidine | 1.64 | 3.40 |
| Arginine | 3.48 | 7.20 |
| Threonine | 1.93 | 4.00 |
| Alanine | 2.06 | 4.26 |
| Proline | 2.51 | 5.19 |
| Tyrosine | 1.38 | 2.85 |
| Valine | 2.63 | 5.43 |
| Methionine | 1.00 | 2.08 |
| Cysteine | 0.55 | 1.13 |
| Isoleucine | 2.51 | 5.19 |
| Leucine | 4.01 | 8.30 |
| Phenylalanine | 2.72 | 5.64 |
| Lysine | 3.21 | 6.63 |
| Total | 48.24 | 100.00 |

일반성분을 분석한 결과(Table 1) 전반적으로 ACWS의 증가에 따라 각 성분의 농축정도가 다르게 나타났다. 단백질과 회분은 ACWS가 증가함에 따라 감소경향을 나타내었고 지방과 전분은 ACWS가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 특정 분획으로 현저하게 농축되지는 않았다. 식이섬유는 ACWS가 증가함에 따라 IDF (insoluble dietary fiber)함량은 증가한 반면 SDF (soluble dietary fiber)함량은 감소하였고 TDF (total dietary fiber)는 ACWS가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 전반적으로 탈지대두박의 경우는 공기분급에 의한 단백질, 전분, 식이섬유 등 주요 성분의 농축효과가 크지 않았다. 그러나 탈지대두박 자체의 단백질함량이 50% 수준이고, 식이섬유 함량도 20%정도에 달하는 점을 고려하면, 초미세분쇄만 실시하여도 조직감의 현저한 개선을 기대할 수 있어서 좋은 식품소재로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

초미세분쇄한 탈지대두박(단백질함량 49.15%)의 아미노산 함량을 PICO-TAG method를 이용하여 분석한 결과는 Table 2와 같다. 17개의 아미노산 중 aspartic acid와 glutamic acid 함량이 각각 11.23%, 18.55%로 높은 비율을 차지하였다. 탈지대두박에서 분석된 각각의 아미노산 조성은 NH_4^+ 에 의하여 보고된 바와 같이 착유하지 않은 원래의 대두단백질의 조성과 거의 비슷하여 대두 내의 아미노산을 그대로 유지함을 알 수 있었다.

수율, 입자크기 및 미세구조

Table 3. Yield and particle size of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal

| Fraction ¹⁾ | Yield (%) | Particle size (μm) | |
|------------------------|-----------|---------------------------------|------------------|
| | | Mean | SD ²⁾ |
| >21,000 | 29.74 | 4.91 | 3.06 |
| >18,000 | 15.29 | 7.22 | 4.35 |
| >15,000 | 24.67 | 9.46 | 5.31 |
| >12,000 | 23.89 | 12.03 | 6.56 |
| > 9,000 | 6.41 | 14.19 | 7.09 |
| Microparticulated | - | 8.67 | 6.72 |

¹⁾Air classifying wheel speed (rpm)

²⁾Standard deviation

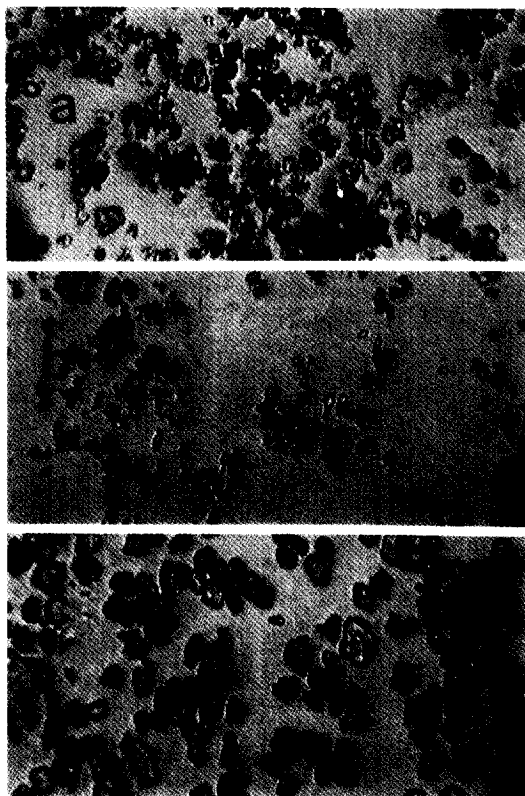


Fig. 1. Microstructure of microparticulated defatted soybean meal and air-classified soybean meal fractions at different ACWSs (a: microparticulated, b: >21,000 rpm, c: >9,000 rpm)

초미세분쇄/공기분급에 의한 탈지대두박의 수율 및 입자크기를 측정된 결과(Table 3) ACWS 21,000 rpm 분획의 median값은 4.91 μm , 표준편차는 3.06 μm 였다. 수율은 21,000 rpm 분획의 경우 29.74%로 가장 높았고, 15,000 rpm>12,000 rpm>18,000 rpm 분획 순으로 많이 회수되었다.

Fig. 1은 탈지대두박의 공기분급시 ACWS에 따라 회수된 분말의 미세구조이다. 초미세분쇄한 탈지대두박의 입자모양은 타원형에 가까웠으며 일부 입자들은 예리한 모서리가 있는 경우도 발견할 수 있었다.

각 분획의 색도 및 물리적 기능성

초미세분쇄한 탈지대두박을 ACWS에 따라 공기분급하여 회수한 각 분획의 색도를 조사한 결과(Table 4) 백색도(L)는 분급속도가 증가함에 따라 91.08-

93.84의 범위로 분획간에 큰 차이가 없었고, 적색도(a)와 황색도(b)는 ACWS가 높아짐에 따라 감소하여 색이 점차 밝은 색을 띠는 것을 알 수 있었다. 이는 박등¹⁹⁾이 탈지미강을 초미세분쇄/공기분급에 의하여 색도를 분석한 결과 ACWS가 높을수록 백색도(L)와 적색도(a)는 증가하고 황색도(b)는 감소하여 색택이 밝아졌고, 이것도 입도감소에 의한 표면적 증가에 기인한 것이라고 한 보고와 동일한 결과였다. 보수력(WHC), 보유력(OA) 및 유화력(EC)를 측정된 결과 이

Table 4. Color, water holding capacity, oil absorption and emulsion capacity of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal

| Fraction ¹⁾ | Hunter value | | | WHC ²⁾ (g water/ g sample) | OA ³⁾ (g oil/ g sample) | EC ⁴⁾ ml oil/ g sample) |
|------------------------|--------------|-------|-------|---|--|--|
| | L | a | b | | | |
| >21,000 | 91.08 | -1.18 | 8.54 | 2.49 | 2.21 | 28.0 |
| >18,000 | 92.84 | -1.56 | 9.48 | 2.11 | 2.03 | 27.5 |
| >15,000 | 93.95 | -1.56 | 9.63 | 1.99 | 2.03 | 26.8 |
| >12,000 | 93.25 | -1.77 | 11.09 | 1.91 | 1.96 | 26.3 |
| > 9,000 | 91.81 | -1.64 | 11.48 | 1.88 | 1.88 | 26.0 |
| Microparticulated | 93.57 | -1.47 | 8.90 | 2.09 | 2.24 | 26.9 |

¹⁾Air classifying wheel speeds (rpm)

²⁾Water holding capacity

³⁾Oil absorption

⁴⁾Emulsion capacity

Table 5. Rheological properties of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal

| Fraction ¹⁾ | Concen-tration (%) | Linear model | | | Casson model | | |
|------------------------|-----------------------|--------------|------------------|-------|--------------|------------------|-------|
| | | τ (Pa) | η (mPa · s) | r^2 | τ (Pa) | η (mPa · s) | r^2 |
| >21,000 | 5 | -0.0046 | 3.013 | 1.00 | 0.0021 | 2.857 | 1.00 |
| | 10 | 0.7674 | 5.274 | 1.00 | 0.1270 | 4.572 | 1.00 |
| | 15 | 3.4100 | 10.580 | 0.99 | 0.9998 | 7.732 | 1.00 |
| >18,000 | 5 | 0.0671 | 2.518 | 1.00 | 0.0054 | 2.371 | 1.00 |
| | 10 | 0.6971 | 5.222 | 1.00 | 0.0933 | 4.589 | 1.00 |
| | 15 | 3.6040 | 11.690 | 0.98 | 0.9314 | 8.916 | 1.00 |
| >15,000 | 5 | 0.1535 | 2.892 | 1.00 | 0.0162 | 2.638 | 1.00 |
| | 10 | 0.8545 | 5.587 | 1.00 | 0.1406 | 4.755 | 1.00 |
| | 15 | 7.0320 | 13.720 | 0.99 | 2.9540 | 8.388 | 0.99 |
| >12,000 | 5 | 0.0176 | 2.741 | 1.00 | 0.0533 | 2.530 | 0.99 |
| | 10 | 0.7039 | 5.527 | 1.00 | 0.0919 | 4.873 | 1.00 |
| | 15 | 3.0970 | 13.210 | 0.99 | 6.5640 | 10.650 | 0.99 |
| > 9,000 | 5 | 0.0446 | 2.874 | 1.00 | 0.0081 | 2.632 | 1.00 |
| | 10 | 0.7460 | 5.578 | 0.99 | 0.0827 | 4.975 | 1.00 |
| | 15 | 2.3160 | 11.540 | 0.99 | 0.3476 | 9.980 | 0.99 |
| Micro-particulated | 5 | -0.1194 | 2.815 | 1.00 | 0.0014 | 2.807 | 0.99 |
| | 10 | 0.7175 | 5.634 | 0.99 | 0.0090 | 4.993 | 1.00 |
| | 15 | 3.3880 | 10.530 | 0.98 | 0.8706 | 8.042 | 0.99 |

¹⁾Air classifying wheel speeds (rpm)

들 분석항목들은 높은 분획으로 갈수록 약간 증가하는 경향을 보였는데 그 차이는 크게 나지 않았다. 각 항목을 보면 보수력은 9,000 rpm에서 회수한 분획이 1.88 g/g sample이었고, 분급속도가 증가함에 따라 점차 증가하여 21,000 rpm분획은 2.49 g/g sample이었고, 보유력도 같은 경향이였다. 또 유화력도 비슷한 경향이였으나, 26.9-28.0 ml/g sample의 범위로 뚜렷한 차이를 나타내지는 않았다.

이상의 결과는 Okizie 등¹⁴⁾의 보고와 비교할 때 winged bean flour의 보유력과 유화력의 경우 각각 2.39 g/g sample, 14.70 ml/g sample로 보유력은 탈지대두박 분말의 보유력과 비슷하였으나, 유화력은 큰 차

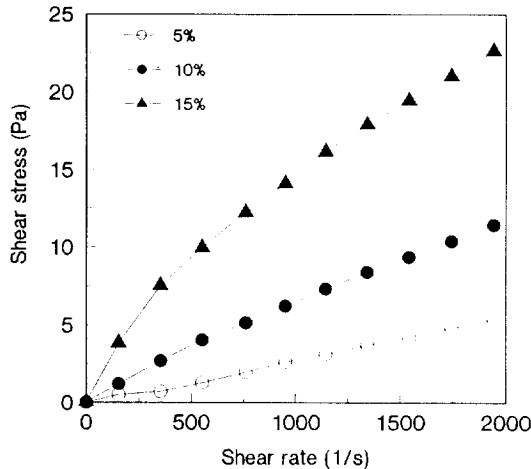


Fig. 2. Shear rate vs. shear stress curve of microparticulated defatted soybean meal

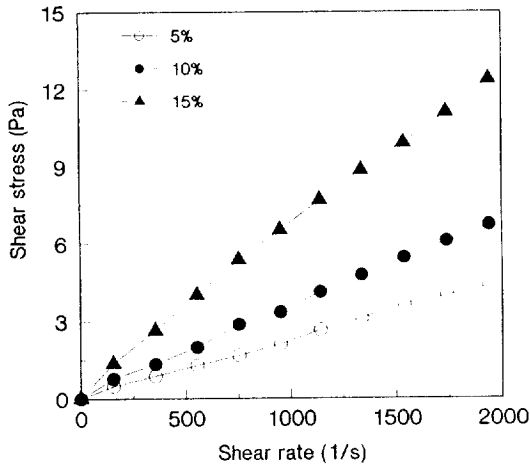


Fig. 3. Shear rate vs. shear stress curve of commercial wheat flour

이가 났다. 이는 winged bean에 관한 실험은 100 mesh 입자 크기로 분쇄하여 유화력을 측정한 반면, 본 실험에 사용한 탈지대두박분말은 초미세분쇄에 의해 입자 크기가 대단히 작은 시료이므로 단위무게당 표면적의 증가에 의하여 유화력이 증가된 것으로 여겨진다.

초미세분쇄/공기분급에 의하여 회수된 탈지대두박 분획들을 5, 10, 15%의 농도가 되도록 용해시킨 다음 이들 현탁액의 유동특성을 해석한 결과(Table 5) linear model과 Casson model이 적합하였으며, 탈지대두박 분말의 농도가 증가함에 따라 항복응력(τ_0) 및 점도(η)가 증가하였다.

Fig. 2는 초미세분쇄한 탈지대두박 분말의 shear rate vs. shear stress 곡선으로 일정한 전단속도(1/s)에서 전단응력(τ)을 나타낸 것이며 밀가루의 경우(Fig. 3)보다 전반적으로 높은 전단응력을 보였는데, 5% 용액은 전단응력에 큰 차이가 없었으나 농도가 증가함

Table 6. Emulsion stability of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal

| Fraction ¹⁾ | Time (hr) | Foam (ml) | Oil (ml) | Aqueous (ml) | Total ²⁾ (ml) |
|------------------------|-----------|-----------|----------|--------------|--------------------------|
| >21,000 | 0.5 | 6.0 | 20.0 | 0.0 | 26 |
| | 2 | 6.0 | 19.5 | 0.5 | 26 |
| | 4 | 6.0 | 18.5 | 1.5 | 26 |
| | 6 | 6.0 | 18.2 | 1.8 | 26 |
| >18,000 | 0.5 | 6.0 | 20.0 | 0.0 | 26 |
| | 2 | 6.0 | 19.7 | 0.3 | 26 |
| | 4 | 6.0 | 18.8 | 1.2 | 26 |
| | 6 | 6.0 | 18.2 | 1.8 | 26 |
| >15,000 | 0.5 | 6.0 | 20.0 | 0.0 | 26 |
| | 2 | 6.0 | 19.0 | 1.0 | 26 |
| | 4 | 6.0 | 18.5 | 1.5 | 26 |
| | 6 | 6.0 | 18.0 | 2.0 | 26 |
| >12,000 | 0.5 | 5.0 | 20.0 | 0.0 | 25 |
| | 2 | 5.0 | 19.0 | 1.0 | 25 |
| | 4 | 5.0 | 17.0 | 3.0 | 25 |
| | 6 | 5.0 | 16.5 | 3.5 | 25 |
| > 9,000 | 0.5 | 5.0 | 20.0 | 0.0 | 25 |
| | 2 | 5.0 | 19.5 | 0.5 | 25 |
| | 4 | 5.0 | 17.5 | 2.5 | 25 |
| | 6 | 5.0 | 16.5 | 3.5 | 25 |
| Microparticulated | 0.5 | 5.0 | 20.0 | 0.0 | 25 |
| | 2 | 5.0 | 20.0 | 0.0 | 25 |
| | 4 | 5.0 | 19.5 | 0.5 | 25 |
| | 6 | 5.0 | 19.0 | 1.0 | 25 |

¹⁾Air classifying wheel speeds (rpm)

²⁾Foam+oil+aqueous

Table 7. Foaming stability of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal (unit: ml)

| Fraction ¹⁾ | Time (min) | | | | | | |
|------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 10 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| >21,000 | 69.0 | 68.0 | 68.0 | 68.0 | 68.0 | 67.5 | 68.0 |
| >18,000 | 63.0 | 63.0 | 62.0 | 62.0 | 61.0 | 60.5 | 60.0 |
| >15,000 | 59.0 | 59.0 | 58.5 | 57.0 | 57.0 | 56.0 | 55.5 |
| >12,000 | 59.0 | 59.0 | 58.5 | 57.0 | 56.5 | 56.0 | 56.0 |
| > 9,000 | 59.0 | 59.0 | 58.0 | 58.0 | 57.5 | 57.5 | 57.0 |
| Microparticulated | 59.0 | 59.0 | 58.0 | 58.0 | 57.5 | 57.0 | 57.0 |

¹⁾Air classifying wheel speeds (rpm)

Table 8. Gelation of microparticulated defatted soybean meal and stepwisely air-classified fractions of defatted soybean meal after heating at 100°C

| Fraction ¹⁾ | Concentration (%) | | | | | |
|------------------------|-------------------|----|-----|-----|-----|---------|
| | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| >21,000 | - | - | - | gel | gel | granule |
| >18,000 | - | - | - | gel | gel | granule |
| >15,000 | - | - | - | gel | gel | granule |
| >12,000 | - | - | - | gel | gel | granule |
| > 9,000 | - | - | gel | gel | gel | granule |
| Microparticulated | - | - | gel | gel | gel | granule |

¹⁾Air classifying wheel speeds (rpm)

에 따라 차이가 크게 나타났다. 따라서 탈지대두박 분말을 밀가루를 이용한 식품제조에 일정수준 첨가할 경우 최종제품의 물성을 고려하여 그 대체 정도를 적절히 조정해야할 필요가 있다고 사료된다.

한편 유허안정성을 조사한 결과(Table 6) 초미세분쇄분말의 경우 방치 2시간까지는 안정하였으나, 그 이후에는 수분증과 유층의 분리가 일어났다. 분획별로는 ACWS가 높은 분획일수록 시간이 경과할수록 분리되는 수분층이 약간 적게 나타났다. 이는 6시간 경과 후의 수분층이 5.4 m/였다는 winged bean flour의 유허안정성에 관한 보고⁽¹⁴⁾와 본 실험에서 유허안정성이 가장 낮은 편인 분획(>12,000 rpm)에서의 수분층이 3.5 m/라는 결과를 비교할 때, 초미세분쇄 탈지대두박의 유허안정성이 상당히 우수하다는 것을 시사한다.

기포제(whipping or foaming agent)는 식품에서의 맛과 조직감을 개량함으로써 전체적으로 품질에 관하여 역할을 하는데, 형성된 거품을 장시간 그대로 유지시키는 능력, 즉 기포안정성(foaming stability)이 기포제가 갖는 효율성의 중요한 척도가 되고 있다. 기포안정성의 경우(Table 7), ACWS가 증가함에 따라 초기에 형성되는 기포의 부피가 컸으며, 분획별로 시간경과에 따른 기포안정성의 유지 수준은 약간 차이가 있었으나, ACWS 18,000 rpm이하는 초미세분쇄 탈지대두

Table 9. Gelation at various time and heat treatment conditions of microparticulated defatted soybean meal and F-1 fraction at 14% concentration

| Time (min) | Microparticulated | | | >21,000 rpm | | |
|------------|-------------------|------|-------|-------------|------|-------|
| | 80°C | 90°C | 100°C | 80°C | 90°C | 100°C |
| 10 | - | gel | gel | - | gel | gel |
| 20 | - | gel | gel | - | gel | gel |
| 30 | - | gel | gel | - | gel | gel |
| 40 | - | gel | gel | - | gel | gel |
| 50 | - | gel | gel | - | gel | gel |

박의 초기에 형성된 기포는 59 m/로 동일하였고, 기포안정성도 거의 비슷하였다.

초미세분쇄 분말을 ACWS에 따라 공기분급하여 회수한 각 분획의 gelation에 필요한 최소농도를 조사한 결과(Table 8), ACWS가 증가할수록 gelation에 필요한 농도도 증가하였다. 낮은 ACWS에서 분급한 분획(>9,000 rpm)과 초미세분쇄 분말은 12% 수준에서도 겔이 형성되었으나, 그 이상의 ACWS에서 회수된 분획은 14% 수준이 되어야 겔이 형성되었고, 18% 농도에서는 작은 입자형태로 분산되었다. Schmidt⁽²⁰⁾의 연구에 따르면, globular 단백질의 gelation에는 상당히 높은 농도의 단백질이 요구된다고 보고하였는데, 본 실험에 사용된 탈지대두박의 경우도 대두유 추출시 열처리에 의하여 단백질이 일부 변성되었으나, 지방만 제거되고 단백질을 포함한 기타 성분들이 대부분 잔존하여 겔형성이 가능함을 알 수 있었다. 또 전 구간에서 겔이 형성되었던 14% 농도를 기준으로 초미세분쇄 분말과 F-1분획(>21,000 rpm)을 열처리 온도별 및 시간별로 구분하여 겔형성 정도를 조사하였다(Table 9).

80°C에서는 전 구간에서 겔이 형성되지 않았고, 90°C이상에서는 가열시간에 관계없이 겔이 형성되었다. 대두단백질로 제조한 커어드(curd)가 견고성을 갖기 위해서는 80°C이상의 가열을 필요로 한다는 보고⁽²¹⁾와 비교해 볼 때 탈지대두박도 대두단백질의 성질을 대부분 가지고 있어 겔이 형성되기 위해서는 비교적 높은 온도가 요구됨을 알 수 있었다.

응고제의 종류에 따른 탈지대두박의 응고특성

초미세분쇄 탈지대두박의 겔형성 특성을 참조하여 분급하지 않은 초미세분쇄한 탈지대두박(microparticulated defatted soybean meal) 분산액과 전지대두분(full-fat soybean flour) 분산액을 6단계의 비율로 혼합하여 응고시킨 후, 이수량과 응고물의 텍스처를 조사하였다(Table 10). CaSO₄의 경우 탈지대두박의 비율이 증가함에 따라 견고성은 감소하였고, 탄력성은 유의

Table 10. Effect of coagulants at different ratios of full-fat soybean flour and DSM on the textural properties and syneresis of soybean curd

| Full-fat soybean flour :DSM ratio | CaSO ₄ | | | Ca-gluconate | | |
|---|-------------------|-------------|------------------|--------------|-------------|------------------|
| | Hardness (g) | Springiness | Syneresis (ml/g) | Hardness (g) | Springiness | Syneresis (ml/g) |
| 100 : 0 | 573.3 | 0.90 | 0.03 | 81.0 | 0.80 | 0.24 |
| 90 : 10 | 500.4 | 0.84 | 0.14 | 75.6 | 0.70 | 0.23 |
| 80 : 20 | 527.7 | 0.82 | 0.15 | 87.5 | 0.73 | 0.23 |
| 70 : 30 | 453.4 | 0.94 | 0.18 | 123.0 | 0.78 | 0.23 |
| 60 : 40 | 389.2 | 0.79 | 0.15 | 120.9 | 0.79 | 0.23 |
| 50 : 50 | 373.2 | 0.81 | 0.13 | 126.7 | 0.83 | 0.25 |

Table 11. Textural properties and sensory evaluation of cakes prepared with microparticulated defatted soybean meal and wheat flour at various ratios

| DSM ratio (%) | Textural properties | | | Sensory characteristics | | | | | Specific volume (cc/g) |
|-----------------------|---------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | Hardness (g) | Spring- iness | Appearance ¹⁾ | Color ¹⁾ | Beany flavor ²⁾ | Texture ³⁾ | Roasted taste ⁴⁾ | Accepta- bility ⁴⁾ | |
| Control ⁵⁾ | 1820.9 | 0.85 | 6.03 ^a | 5.66 ^b | 2.90 ^a | 4.86 ^a | 5.74 ^a | 6.23 ^a | 1.78 |
| 10 | 2131.2 | 0.86 | 5.53 ^a | 5.74 ^a | 5.86 ^a | 5.56 ^a | 4.23 ^a | 5.41 ^{ab} | 1.78 |
| 20 | 2564.4 | 0.85 | 6.64 ^a | 5.97 ^a | 5.20 ^a | 5.34 ^a | 5.18 ^{ab} | 4.47 ^b | 1.79 |
| 30 | 3001.5 | 0.85 | 6.39 ^a | 5.76 ^a | 5.88 ^a | 4.77 ^a | 5.03 ^{ab} | 4.74 ^b | 1.80 |
| F-value | - | - | 1.61 | 0.12 | 8.59 ^{*6)} | 0.61 | 2.11 | 4.57 ^{*6)} | - |

¹⁾1:extremely bad, 3:bad, 5:neither bad nor good, 7:good, 9:extremely good

²⁾1:extremely weak, 3:weak, 5:nether weak nor strong, 7:strong 9:extremely strong

³⁾1:extremely soft, 3:soft 5:neither soft nor hard, 7:hard, 9:extremely hard

⁴⁾1:extremely unacceptable, 3:unacceptable, 5:neither bad nor good 7:acceptable, 9:extremely acceptable

⁵⁾100% wheat flour

⁶⁾significance at 5%

적인 차이가 없었으며, 이수량은 탈지대두박이 첨가된 시료는 전지대두분에 비하여 많이 발생하였으나 비율별로는 유의적인 차이가 없었다. 반면 Ca-gluconate의 경우 탈지대두박 함량이 증가함에 따라 견고성과 탄력성이 증가하는 경향이었으나, 그 값은 CaSO₄의 경우보다는 낮은 값이었고 이수량에도 전지대두분에 비하여 비율별로 크게 차이가 없었으며 CaSO₄의 경우보다 높았다.

이상의 결과에서 우리의 전통식품인 두부의 경우 전지 대두분 중 단백질을 이용하는 것과는 차이는 있으나 응고제 등의 조건을 적절히 조정한다면 탈지대두박을 이용하여 두부의 물성과 유사한 커어드를 제조할 수 있으리라 생각된다.

탈지대두박을 이용한 케익제조

초미세분쇄한 탈지대두박(microparticulated defatted soybean meal)을 밀가루와 10, 20, 30%(w/w)수준으로 대체하여 케익을 제조한 후, 물성을 조사하였다. 그 결과(Table 11) 탈지대두박 첨가량이 증가할수록 탈지대두박을 첨가하지 않은 대조구에 비하여 견고성은 증가하였으나 탄력성은 큰 차이가 없었다. 관능검사에서 외관과 색은 탈지대두박의 첨가 여부와

상관없이 대조구와 비슷하게 평가되었고, 대두소재들이 갖는 특유의 콩비린 냄새는 대조구를 제외하면 5점 내외로 평가되어 불쾌취가 강하지 않은 것으로 나타났다. 이는 케익제조 과정중 굽는 공정에서 콩비린 냄새가 상당량 휘발하여 제거되었거나 케익의 부재료에 의해 masking된 것으로 생각된다. 조직감은 유의적인(p>0.05) 차이는 없었으나 탈지대두박 첨가구가 약간 높은 점수였으며 기호도는 탈지대두박 첨가량이 증가할수록 낮게 평가되었다. 또 케익의 비용적은 탈지대두박 분말의 대체비율이 증가되어도 거의 차이가 없었다.

이와 같은 식품응용 실험 결과 외관이나 색에서는 탈지대두박을 30%까지 첨가하여도 대조구와 크게 차이가 없었으나, 냄새의 경우 탈지대두박 특유의 콩비린 냄새가 있어 기호도에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 거친 조직감이 초미세분쇄에 의하여 개선된 탈지대두박 분말을 콩비린 냄새가 강하게 나타나지 않는 제과용으로 이용한다면 최소한 10% 수준까지는 충분히 대체가 가능한 것으로 판단되었다. 또 탈지대두박 특유의 냄새를 효과적으로 제거하는 방법이 확립된다면 더 높은 비율의 대체도 가능하므로 이에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

요 약

분급휠속도(CWS, cut-off wheel speed) 9,000 rpm에서 초미세분쇄한 탈지대두박 분말을 공기분급휠속도(ACWS, air classifying wheel speed) 21,000 rpm에서 9,000 rpm까지 3,000 rpm간격으로 단계적으로 공기분급한 결과 ACWS가 감소함에 따라 단백질과 회분은 증가하는 반면 탄수화물, 지방 및 식이섬유는 감소하였다. 아미노산 조성과 함량은 원료 대두와 비슷하였고, 주요 아미노산은 aspartic acid와 glutamic acid였다. 수율은 ACWS의 감소에 따라 증가하였고, 입자의 경우 4.9 μm 에서 14.2 μm 의 범위로 ACWS의 감소에 따라 증가 경향이었으며, 모서리가 있는 타원형의 형태를 보였다. 보수력, 보유력 및 유회력은 낮은 ACWS에서 더 낮은 값이었고, 탈지대두박을 이용한 커어드는 사용한 응고제와 전지대두부의 대체 비율에 따라 다른 특성을 나타내었다. 또 초미세분쇄한 탈지대두박 분말을 케익에 첨가하였을 때 콩 특유의 비린 냄새가 강하게 나타나지 않았으며, 10%까지는 대체 가능성을 알 수 있었다.

감사의 말

본 연구는 1994-1995년도 과학기술처 UR 대응농업 기술개발사업으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

- 김일순 : 우리나라의 질병동향과 식생활, 식량영양경제 학술논집 제2집, 21세기를 건강하게, 한국식량영양학회 협회, p.233 (1990)
- 김명환, 이계임 : UR 이후 콩수급관리제도 개선방안, 연구보고 286, 한국농촌경제연구원 (1993)
- Almedia, D. G., Valencia, M. E. and Higuera, C. I.: Formulation of cornbased snacks with high nutritive value: biological and sensory evaluation. *J. Food Sci.*, **55**, 228 (1990)
- Lee, C. H., Souane, M. and Rhu, K. H.: Effects of pre-fermentation and extrusion cooking on the lactic fermentation of rice-soybean based beverage. *Korea J. Food Sci., Technol.*, **20**, 666 (1989)
- Byun, S. M. and Kim, C. J.: Functional properties of soy protein isolates prepared from defatted soybean meal. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **92**, 123 (1978)
- Kadan, R. S., Freeman, D. W. and Spandaroo, J. J.: Air classification: recent development to produce edible protein from cottonseed. *J. Oil Technol. Assn. India*, **11**, 43 (1979)
- King, R. D. and Dietz, H. M.: Air classification of rapeseed meal. *Cereal Chem.*, **64**, 411 (1987)
- Vose, J. R. and Youngs, C. G.: Fractionation of barley and malted barley flours by air classification. *Cereal Chem.*, **55**, 280 (1978)
- 박동준, 구경형, 목철균 : 초미세분쇄/공기분급을 이용한 탈지미강 분획의 특성과 응용, 한국식품과학회지, **25**, 769 (1993)
- AOAC: *Official Methods of Analysis*, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C., p.16, 176, 249, 159 (1984)
- Prosky, L., Asp, N. G., Schewizer, T. F., Devries, J. W. and Furda, I.: Determination of insoluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J. AOAC*, **71**, 1017 (1988)
- White, J. A., Hart, R. J. and Fry, J. C.: An evaluation of waters Pico-Tag system for the amino acid analysis of food materials. *J. of Automatic Chem.*, **8**, 167 (1986)
- Mongeau, R., Brassard, R. and Verider, P.: Measurement of dietary fiber in total diet study. *J. Food Composition Analysis*, **2**, 317 (1989)
- Okezie, B. O. and Bello, A. B.: Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *J. Food Sci.*, **53**, 450 (1988)
- Coffmann, C. W. and Garcia, V. V.: Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *J. Food Technol.*, **12**, 263 (1977)
- Gras, P. W. and Macritchie, F.: An improved method of volume measurement for small loaves. *Cereal Sci. Today*, **18**, 135 (1973)
- Meilgaard, M.: Measuring responses. In *Sensory Evaluation Techniques*, CRC Press, Inc., FL, p.44 (1990)
- Larmond, E.: *Methods for the Sensory Evaluation of Food*. Canada Dept. of Agriculture (1973)
- 山内文男 : 食品蛋白質の科學, 大豆蛋白質の構造と機能特性, *New Food Industry*, **22**, 26 (1980)
- Schmidt, B. H.: Gelation and coagulation. In *Protein Functionality in Foods*, J. P. Cherryed., ACS Symp. Ser 147, Amer. Chem. Soc., Washington D.C., p.131 (1981)
- Utsumi, S. and Kinsella, J. E.: Forces involved in soy protein gelation. *J. Food Sci.*, **50**, 1278 (1985)

(1996년 2월 7일 접수)