

초미세분쇄/공기분급을 이용한 대두피 분획물의 특성과 응용

구경형 · 박동준 · 김승호
한국식품개발연구원

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

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

Abstract

Soybean hull 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 10,000, 15,000 and 20,000 rpm, respectively. Proximate analysis of the coarse and fine fractions of the microparticulated/air-classified soybean hull showed that ash, protein and lipid were enriched in the coarse fraction and carbohydrates in the fine fraction. Dietary fiber were enriched in coarse fractions and dietary fiber content increased with decreasing ACWS. Mean particle size of fine fractions ranged from 3.1 μm to 5.5 μm , that of coarse fractions ranged from 9.9 μm to 20.0 μm , and both increased with decreasing ACWS. The particles were mostly oval-shaped regardless of the fractions. Generally the fraction of low ACWS showed higher viscosity. In water holding capacity, oil absorption, and emulsion capacity, there was significant difference between coarse and fine fractions while there was no significant difference as a function of different ACWS. Oil absorption of frying batter was decreased significantly in the fraction of ACWS 15,000. When cakes and cookies were prepared partially substituted with soybean hull fraction, there was no significant changes on their physical and sensory properties up to 10% substitution.

Key words: Microparticulation/air-classification, soybean hull

서 론

대두는 우리나라와 만주, 화북지대가 그 원산지로서 18세기 이후에 서양에 전파되어 현재 미주지역에서 연간 세계 생산량의 80%에 해당하는 1억 M/T 정도를 생산하고 있다. 우리나라의 경우 연간 대두 생산량이 20만톤에 지나지 않아 대두유와 가축용, 사료용으로 120만톤을 수입하고 있는데, 이중 대두유가 연간 약 170,000톤 정도 생산 가공되며 이로 인해 발생하는 착유박은 연간 600,000톤, 대두피는 100,000톤 정도로 추정하고 있다^(1,2). 이중 대두피는 단백질 20%, 식이섬유가 50% 이상 함유되어 식이섬유 소재로서 식품학적인 가치가 크므로, 이에 관한 연구는 부산물 활용과 환경오염방지 차원에서 상당히 가치있는 연구라고 판단된다⁽³⁾. 그러나 대두피에 관한 연구는 대단히 미흡하여

식이섬유 함량, 철 등의 미량성분 함량 분석 등에 국한되었을 뿐, 본격적인 연구가 수행되지 못하고 있는 실정이다^(4,5).

1970년대 성인병과 식이섬유의 낮은 섭취량 사이에 상관관계가 있을 것이라는 보고⁽⁶⁾가 된 이후 지방질 섭취에 의한 질병의 발생이 증가하고 있는 선진국에서 식이섬유 섭취를 권장하고 있고, 최근에는 우리나라도 같은 문제를 겪고 있다⁽⁶⁾.

한편 초미세분쇄 기법은 식품가공분야에서 비교적 최근에 소개된 신기술로 물리적인 작용에 의하여 입자크기를 감소시켜 조직감을 개선시킬 뿐만 아니라 공기분급에 의하여 단백질, 식이섬유 등 특정성분을 분리 농축시킬수 있다고 보고되어 있고, 현재 이 기법은 식품재료 및 원료에 실제로 이용되고 있다^(7,8). 현재 대두피의 경우 상당히 많은 식이섬유를 함유하고 있는데도 전량 사료로 이용되거나 폐기되고 있는데, 그 이유를 살펴보면 식품소재로 이용할 경우 섬유질 함량이 높아 조직감이 나빠지므로 이를 식품소재로 이

Corresponding author: Kyung-Hyung Ku, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Boondang-gu, Seongnam, Kyunggi-do 463-420, Korea

용하기 위한 적절한 방법이 개발되지 않았기 때문이다.

그러므로 본 연구는 식품과학 분야에서 시도되고 있는 초미세분쇄 기법을 이용하여 대두유 가공시 부산물로 발생하는 대두피를 초미세분쇄한 후 다양한 분급속도에서 공기분급하여 각 분획의 수율, 입도, 일 반성분 등의 조사를 통하여 식이섬유 등의 특정성분을 효율적으로 분리, 회수할 수 있는 가능성과 식품소재로서의 응용가능성을 조사하고자 수행되었다.

재료 및 방법

재료

시료로 사용한 대두피는 제일제당 인천공장에서 대두유(콩기름)를 제조하기전 분리한 피를 제공받아 -18°C에서 저장한 것을 시료로 사용하였다.

초미세분쇄 및 공기분급

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 10,000 rpm, 15,000 rpm, 20,000 rpm에서 각각 분급하여 조분획과 미분획으로 분리하여 회수하였다.

일반성분 및 아미노산 분석

분급된 각 시료의 일반성분 분석은 AOAC 방법⁽¹¹⁾에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550°C 회화법으로 분석하였으며 2회 반복한 평균값으로 환산하였다. 분급된 각 시료의 총식이섬유(TDF; total dietary fiber) 분석은 Prosky 등⁽¹²⁾의 방법으로 Sigma dietary fiber assay kit (TDF-100)를 사용하여 분석하였으며, 전분함량은 단백질, 지방, 회분 및 식이섬유를 제하여 환산한 값으로 하였다. 착유박의 아미노산 분석은 White 등⁽¹³⁾에 의한 PICO-TAG method를 이용하였다.

색도

분급된 각 시료의 색도는 Chroma meter (Minolta, CR-2000 Japan)로 L, a, b값을 측정하였다.

입도 측정 및 미세구조 관찰

초미세분급된 미세분말의 입도분석과 미세구조는 현미경(Olympus 209662, Japan)을 부착한 Color Video Microscope System (MW 200B1, 삼성전관)으로 관찰하고 video printer (AG-EP 80, Panasonic)로 출력하였다.

점도 측정

공기분급한 각 분획을 5, 10, 15% 수준으로 분산시켜 분산액의 점도를 점도계(Rotovisco RV 20, Haake, Karlsruhe, Germany)에 NV sensor system을 부착하여 20°C에서 측정하였다. 전단속도는 0-2,000 s⁻¹ 사이에서 2분간 직선적으로 증가시켰으며 이에 따른 전단응력을 측정하였다. 각 용액의 유동특성은 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.

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

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

τ : 전단응력 (Pa)

$\dot{\gamma}$: 전단속도 (1/s)

η : 점도 (Pa · s)

τ_0 : 항복응력 (yield stress, Pa)

보수력 및 보유력

각 시료의 보수력(WHC, water holding capacity) 및 보유력(OA, oil absorption)은 Mongeau와 Brassard⁽¹⁴⁾의 방법을 약간 변형하여 측정하였다.

유화력, 유화안정성 및 기포안정성

각 시료의 유화력(EC, emulsion capacity), 유화안정성(ES, emulsion stability) 및 기포안정성(FS, foam stability)은 Okezie 등⁽¹⁵⁾의 방법에 의하여 2번 반복 측정된 것을 환산하였다.

식품응용 실험

초미세분쇄/공기분급한 대두피 분획 중 비교적 식이섬유 함량과 수율이 높았던 분획(C-2, 15,000 rpm coarse fraction)을 이용하여 식품응용실험을 하였다. 튀김가루(제일제당)와 중량비로 10, 20, 30% 비율이 되도록 섞은 혼합분말에 2배의 물을 가하여 반죽한 다음 소세지(아이큐프랑크, 진주햄)에 튀김옷을 입힌 후 대두유(동방유량)로 170°C에서 30초-3분동안 튀긴 후 20 mesh screen으로 건져내어 방냉하였다. 튀김한 소

세지로부터 튀김옷을 회수한 후 지방함량을 분석하여 기름흡수 정도를 조사하였다. 케익의 경우는 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 놓은 혼합분말 200 g, 베이킹파우더 1.3 g, 코코아분말 20 g을 함께 체에 친 것과 섞어 반죽을 만들었다. 이 반죽을 케익틀(6.5×13×5 cm)에 약 280 g을 넣은 후 170°C로 예열된 오븐에서 45분간 구웠다. 쿠키의 경우는 혼합분말 200 g, 베이킹파우더(신진식품) 2.6 g, 코코아 분말(네슬레) 20 g 및 바닐라향(신진식품) 1.3 g을 체에 함께 쳐서 미리 버터(해태식품) 130 g과 설탕(제일제당) 100 g을 넣은 거품기로 저어 부드럽게 만든 혼합액과 잘 섞어 반죽한 후 7 mm두께로 밀어서 지름 37 mm의 원형으로 절단을 하고 180°C로 예열한 오븐(Magic Chef, U.S.A.)에서 10분간 구웠다.

물성 측정

제조된 쿠키의 크기는 micrometer를 써서 팽창율을 측정하였고, 케익의 크기와 무게는 쌀을 사용하여 displacement법⁽¹⁶⁾으로 비용적(specific volume)을 계산하였다. 텍스처 측정은 Texture analyser (TA XT-2, Stable Micro Systems Ltd., England)를 사용하여 TPA test를 하였다. 쿠키의 측정조건은 probe; 35 mm, graph type; force vs time, force threshold; 800 g, distance threshold; 0.50 mm, test speed; 0.5 mm/s, strain; 20%였고, 이때 시료의 지름은 약 35-40 mm였다. 케익의 경우는 probe; 20 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 25 mm, 높이 1.5 mm로 하였다.

관능검사

대두피 혼합분말을 이용해서 제조한 쿠키와 케익의 관능검사는 각 시료의 차이를 식별할 수 있는 능력에 기준을 두어 선발된 10명의 요원으로 하여금 외관, 색, 냄새, 조직감, 맛, 기호도의 순으로 선척도법⁽¹⁷⁾으로 측정하였으며, 외관과 색 및 기호도의 채점기준은 '(1):대단히 나쁘다, (3):나쁘다, (5):보통이다, (7):좋다, (9):대단히 좋다'로, 냄새는 '(1):대단히 약하다, (3)약하다, (5):보통이다, (7):강하다, (9):대단히 강하다'로 하였다. 또 텍스처는 '(1):대단히 부드럽다, (3):부드럽다, (5):보통이다, (7)단단하다, (9):대단히 단단하다'로

평가하였으며 검사결과는 분산분석과 Duncan의 다범위 검정⁽¹⁸⁾을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 식이섬유

초미세분쇄한 대두피 분말을 분급회속도(ACWS) 20,000, 15,000, 10,000 rpm에서 공기분급하여 각각 조분획과 미분획으로 회수하여 일반성분을 분석한 결과(Table 1), 회분, 단백질, 지방은 미분획으로 농축 회수되었고, 조분획에서는 식이섬유 함량이 높게 회수되었다. 각 성분별로 가장 높게 회수된 분획은 단백질의 경우는 F-1분획(20,000 rpm fine fraction)에서 25.35%로 원료 대두피의 약 25% 정도가 농축되었다. 총식이섬유 함량은 공기분급 전 59.23%에서 분급 후에는 ACWS와 관계없이 조분획이 미분획보다 높은 것으로

Table 1. Composition of microparticulated soybean hull and microparticulated/air-classified soybean hull fractions at different ACWS (unit: %)

ACWS ⁽¹⁾ (rpm)	Fraction	Starch	Protein	Ash	Fat	Dietary fiber		
						IDF	SDF	TDF
20,000	F-1	13.31	25.35	6.79	2.31	45.51	6.73	52.24
	C-1	12.05	18.02	5.60	1.10	56.98	5.75	62.63
15,000	F-2	17.44	24.28	6.60	1.98	45.91	6.44	49.70
	C-2	14.20	12.62	5.41	1.05	61.66	5.06	66.72
10,000	F-3	12.15	22.32	5.96	1.81	50.85	6.91	57.76
	C-3	6.13	7.16	4.90	0.95	72.51	8.35	80.86
Microparticulated		12.99	20.43	5.70	1.65	53.29	5.94	59.23

⁽¹⁾Air classifying wheel speed

Table 2. Amino acid content of microparticulated soybean hull

Amino acid	Amino acid(%)	(%)Amino acid/protein
Aspartic acid	1.95	11.51
Glutamic acid	2.89	17.06
Serine	0.83	4.92
Glycine	1.11	6.56
Histidine	0.51	3.03
Arginine	1.09	6.45
Threonine	0.69	4.07
Alanine	0.79	4.69
Proline	0.93	5.48
Tyrosine	0.31	1.80
Valine	0.99	5.86
Methionine	0.28	1.66
Cysteine	0.11	0.67
Isoleucine	0.88	5.19
Leucine	1.42	8.36
Phenylalanine	0.91	5.36
Lysine	1.19	7.02

나타났으며, ACWS가 증가함에 따라 IDF (insoluble dietary fiber) 함량은 감소한 반면 SDF (soluble dietary fiber) 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 최고의 식이섬유 함량은 C-3분획 (10,000 rpm, coarse fraction)으로서 원료 대두피보다 약 1.4배로 농축된 80.86%인 것으로 나타났다.

Table 2는 초미세분쇄한 대두피(단백질함량 20.94%)의 아미노산 함량을 분석한 결과이다. 대두피 단백질 중 아미노산 함량으로 환산한 결과 aspartic acid와 glutamic acid가 각각 11.51%, 17.06%로 비교적 높은 비율을 차지하였는데, 이러한 경향은 절대적인 양에는 차이가 있었으나 콩에 함유된 아미노산 중 함량 아미노산인 methionine의 함량이 낮고, arginine, leucine, lysine, aspartic acid 및 glutamic acid를 합한 양이 총 아미노산 함량의 50% 정도를 차지 한다는 山内¹⁹⁾의 보고와 동일하였다.

수율, 입자크기 및 미세구조

초미세분쇄/공기분급에 의한 대두피의 수율 및 입자 크기를 측정된 결과(Table 3) 수율은 20,000, 15,000 rpm에서 공기분급한 경우는 조분획이 미분획보다 높게 회수된 반면, 10,000 rpm의 경우 미분획이 조분획보다 높은 78.1%의 수율을 나타내었다. 대두피는 큐티클층인 최외층과 hourglass cell과 parenchyma로 구성된 내부층으로 되어 있는데²⁰⁾, 초미세분쇄에 의해 최외층을 구성하고 있는 큐티클층은 잘 분쇄되지 않아 큰 입자를 유지하고, 내부층은 비교적 분쇄가 용이하여 작은 크기로 분쇄된다. 이러한 대두피의 특성과 높은 ACWS에서 공기분급할수록 미분획은 작은 크기의 입자만이 회수되는 초미세분쇄/공기분급 특성으로 높은 분급속도에서는 분쇄가 용이한 내부층이 미분획으로 회수되고 비교적 큰 내부층의 입자와 분쇄가 잘 되지 않은 큐티클층은 조분획으로 분급 회수된다. 반

면에 공기분급속도가 낮은 경우는 작은 입자로 분쇄된 내부층과 비교적 작게 분쇄된 큐티클층도 함께 미분획으로 회수되므로 분급속도가 낮은 10,000 rpm에서는 미분획의 수율이 조분획 수율보다 높아졌다. 입자크기의 경우 ACWS 10,000 rpm에서 미분획으로 회수된 분획의 median 값을 5.45 μm , 표준편차는 2.48 μm 이었고, 조분획으로 회수된 분획의 median값은 19.94 μm , 표준편차는 5.0 μm 였다.

Fig. 1은 대두피의 공기분급 조건에 따라 회수된 각 분획의 미세구조를 나타낸 것으로, 입자모양은 착유막의 경우²¹⁾와 마찬가지로 타원형에 가까웠으며 ऐ리한 보서리가 있는 입자들도 상당수 있었다.

색도 및 물리적 특성

초미세분쇄/공기분급한 대두피의 각 분획별 색도를 분석한 결과(Table 4), ACWS가 증가함에 따라 대체로 백색도(L)는 증가하였고, 황색도(b)는 감소하였으며, 적색도(a)는 큰 차이가 없었다. 또 조분획과 미분획을 비교해 볼 때, 백색도에서는 큰 차이가 없었으나 적색도는 조분획이 미분획보다 약간 낮았으며, 황색

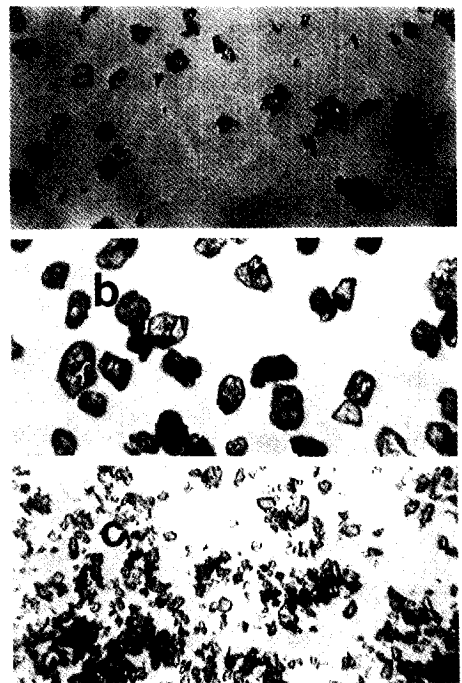


Fig. 1. Microstructure of microparticulated soybean hull and microparticulated/air-classified soybean hull at different ACWSs (a: microparticulated, b: 10,000 rpm coarse fraction, c: 10,000 rpm fine fraction) Magnification: 1,000 x

Table 3. Effects of ACWS on the yield and particle size of soybean hull

ACWS ¹⁾ (rpm)	Fraction	Yield (%)	Particle size (μm)	
			Mean	SD ²⁾
20,000	F-1	23.1	3.12	2.12
	C-1	76.9	9.89	5.25
15,000	F-2	40.3	4.65	3.40
	C-2	59.7	12.80	4.00
10,000	F-3	78.1	5.45	2.48
	C-3	21.9	19.94	5.00
Microparticulated		-	8.99	4.34

¹⁾Air classifying wheel speed

²⁾Standard deviation

Table 4. Color, water holding capacity, oil absorption and emulsion capacity of microparticulated soybean hull and microparticulated/air-classified soybean hull fractions at different ACWSs

ACWS ¹⁾ (rpm)	Fraction	Hunter value			WHC ²⁾ (g water/g sample)	OA ³⁾ (g oil/g sample)	EC ⁴⁾ (ml oil/g sample)
		L	a	b			
20,000	F-1	85.32	-0.27	8.50	2.54	3.40	26.7
	C-1	84.12	-0.13	9.76	2.27	4.27	9.7
15,000	F-2	84.86	-0.31	9.34	2.50	3.67	24.5
	C-2	84.70	-0.20	11.21	2.34	4.15	14.6
10,000	F-3	83.77	-0.27	10.05	2.51	3.55	23.8
	C-3	83.86	-0.24	11.78	2.29	4.27	16.3
Microparticulated		86.21	-0.28	8.96	2.51	4.33	22.8

¹⁾Air classifying wheel speed

²⁾Water holding capacity

³⁾Oil absorption

⁴⁾Emulsion capacity

Table 5. Rheological properties of microparticulated soybean hull and microparticulated/air-classified soybean hull fractions at different ACWSs

ACWS ¹⁾ (rpm)	Fraction	Concentration (%)	Linear model			Casson model			
			τ (Pa)	η (mPa · s)	r^2	τ (Pa)	η (mPa · s)	r^2	
20,000	F-1	5	0.1225	2.964	1.00	0.0021	2.720	1.00	
		10	0.7674	7.670	1.00	0.1270	5.578	1.00	
		15	3.4100	22.170	0.99	0.9998	11.540	1.00	
	C-1	5	0.0671	3.287	1.00	0.0054	2.998	1.00	
		10	0.6970	9.580	1.00	0.0933	8.938	1.00	
15,000	F-2	15	3.6040	27.970	0.98	0.9314	16.650	1.00	
		5	0.1535	3.067	1.00	0.0162	2.836	1.00	
		10	0.8545	7.604	1.00	0.1406	5.838	1.00	
	C-2	15	7.0320	19.970	0.99	2.9540	10.090	0.99	
		5	0.0176	3.320	1.00	0.0533	3.133	0.99	
		10	0.7039	10.380	1.00	0.0919	10.040	1.00	
	10,000	F-3	15	3.0970	35.720	0.99	6.5640	24.980	0.99
			5	0.0446	3.557	1.00	0.0081	3.361	1.00
			10	0.7460	8.502	0.99	0.0827	7.624	1.00
		C-3	15	2.3160	25.400	0.99	0.3476	14.740	0.99
5	0.0446		3.652	1.00	0.0081	3.396	1.00		
10	0.7460		11.210	0.99	0.0827	10.570	1.00		
Micro-particuled		15	2.3160	38.250	0.99	0.3476	27.350	0.99	
		5	-0.1194	3.169	1.00	0.0014	2.890	0.99	
		10	0.7175	9.000	0.99	0.0090	8.533	1.00	
		15	3.3880	27.080	0.98	0.8706	20.760	0.99	

¹⁾Air classifying wheel speed

도는 조분획이 더 높은 값을 보여 조분획으로 회수된 분획의 색이 약간 더 어두운 색을 띠고 있는 것으로 나타났다. 미분획이 상대적으로 밝은 색을 띠는 것은 입자의 크기가 작고 상대적으로 이물질이나 표피층의 비율이 낮기 때문인 것으로 여겨진다.

대두피 분말의 보수력(WHC), 보유력(OA) 및 유화력(EC)을 측정 한 결과, ACWS에 따른 분획별 특성의 차이가 크게 나타나지 않았으나, 조분획과 미분획 사이에는 뚜렷한 차이가 있었다. 보수력의 경우 미분획은 분급전 대두피 분말과 비슷한 시료 1 g당 2.50-2.54

g이었고, 미분획은 약간 낮은 2.27-2.34 g이었다. 보유력은 보수력의 경우와는 대조적으로 조분획이 분급전의 대두피 분말과 비슷한 값을 보인 반면 미분획으로 회수된 분획은 시료 1 g당 3.40-3.67 g으로 비교적 낮은 수치였다. 유화력은 보수력과 동일한 경향이었으나 미분획과 조분획의 차이가 큰 편이었는데, 미분획은 23.8-26.7 g이었고 조분획의 유화력은 9.7-16.3 g이었다.

ACWS에 따라 회수한 분획별 대두피 분말을 5, 10, 15% 용액으로 조제하였을 때의 유동특성은 Table 5와 같다. 농도가 증가함에 따라 항복응력(τ_0)과 점도(η)가

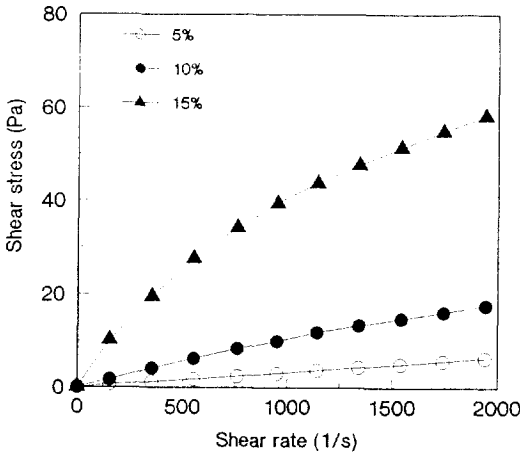


Fig. 2. Shear rate vs. shear stress curve of microparticulated soybean hull solution

Table 6. Emulsion stability of microparticulated soybean hull and microparticulated/air-classified soybean hull fractions at different ACWSs

ACWS ¹⁾ (rpm)	Fraction	Time (hr)	Foam (ml)	Oil (ml)	Aqueous (ml)	Total (ml)
20,000	F-1	0.5	0.5	25.5	0.0	26.0
		2.0	0.5	25.5	0.0	26.0
		4.0	0.5	25.5	0.0	26.0
		6.0	0.5	25.5	0.0	26.0
	C-1	0.5	0.0	25.0	0.0	25.0
		2.0	0.0	25.0	0.0	25.0
15,000	F-2	0.5	1.0	25.0	0.0	26.0
		2.0	1.0	25.0	0.0	26.0
		4.0	1.0	25.0	0.0	26.0
		6.0	1.0	25.0	0.0	26.0
	C-2	0.5	0.0	25.0	0.0	25.0
		2.0	0.0	25.0	0.0	25.0
10,000	F-3	0.5	0.5	25.0	0.0	25.5
		2.0	0.5	25.0	0.0	25.5
		4.0	0.5	24.8	0.2	25.5
		6.0	0.5	24.7	0.3	25.5
	C-3	0.5	0.0	25.0	0.0	25.0
		2.0	0.0	24.0	1.0	25.0
Microparticulated	C-3	4.0	0.0	23.0	2.0	25.0
		6.0	0.0	22.5	2.5	25.0
		0.5	0.0	25.0	0.0	25.0
		2.0	0.0	25.0	0.0	25.0
Microparticulated	C-3	4.0	0.0	24.8	0.2	25.0
		6.0	0.0	24.5	0.5	25.0

¹⁾Air classifying wheel speed

상승하였으며, ACWS별로는 전반적으로 낮은 ACWS 속도에서 회수된 분획이 더 높은 점도를 보였다.

Table 7. Foaming stability of microparticulated soybean hull and microparticulated/air-classified soybean hull fractions at different ACWSs (unit: ml)

ACWS ¹⁾ (rpm)	Fraction	Time (min)						
		1	10	30	60	90	120	150
20,000	F-1	58.0	57.0	57.0	57.0	57.0	58.0	57.0
	C-1	53.5	53.0	53.0	53.0	53.0	52.5	52.5
15,000	F-2	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
	C-2	53.5	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0
10,000	F-3	55.5	54.5	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
	C-3	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5
Microparticulated		53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0

¹⁾Air classifying wheel speed

Fig. 2는 초미세분쇄한 대두피의 농도별 shear rate vs. shear stress curve를 나타낸 것으로 일정한 전단속도에서의 전단응력이 대단히 높아 초미세분쇄한 대두피 분말은 식품가공의 증점제로 활용될 수 있는 가능성이 아주 높다고 할 수 있다.

Table 6은 각 ACWS에 따라 공기분급하여 회수한 대두피 분말의 유화안정성을 조사한 결과이다. 초미세분쇄 분말의 경우 착유박 분말과 동일하게⁽²¹⁾ 방치 2시간까지는 안정하였고, 그 이상에서는 수분층과 유층의 분리가 일어났다. 분획별로는 미분획이 조분획보다 안정한 편이었는데 높은 ACWS에서 회수된 F-1 (20,000 rpm fine fraction)과 F-2 (15,000 rpm fine fraction) 분획은 6시간 경과한 후에도 유층이 분리되지 않아 유화안정성이 상당히 높았다.

기포안정성의 경우(Table 7) 초미세분쇄 분말과 모든 분획의 기포안정성이 상당히 높았으며 ACWS가 증가함에 따라 착유박과 동일하게⁽²¹⁾ 초기에 형성된 기포 부피가 컸으며 기포안정성은 상당히 안정했다.

식품응용

공기분급에 의해 회수된 대두피 분획 중 비교적 식이섬유 함량과 수율이 높았던 분획(C-2)을 이용하여 식품응용 실험을 수행하였다. 튀김옷으로의 활용가능성을 조사하기 위하여 상업용 튀김가루를 10, 20, 30% 대체시켜 제조한 튀김옷의 기름흡수 정도를 조사한 결과(Fig. 3), 대두피를 첨가하지 않은 대조구에 비하여 대두피 첨가구의 기름 흡수량이 적게 나타났는데, 특히 대두피 첨가량이 많을수록 낮은 기름 함량을 보였다. 튀김시간에 따른 기름 흡수속도의 경우 대조구는 튀김시간 60초까지는 35%정도의 흡수량을 유지하다가 그 이상에서는 급속히 증가하다가 120초이상에서는 기름흡수 속도가 완만하였다. 반면에 대두피 첨가구는 대두피 대체율이 증가할수록 흡수속도의 감

소속도를 보였다. 최소의 기름 흡수량을 보인 것은 대두피 30% 수준으로 대체하여 30초간 튀김한 시료로 기름흡수량이 21.08%를 나타내어 대조구의 35.20%와 비교하여 약 40%정도 기름흡수량이 감소되었다. 이러

한 결과는 초미세분쇄한 대두피 분말을 튀김식품에 적용할 경우 튀김 중 기름 손실량을 크게 줄이고 최종 제품의 지방함량을 낮출 수 있는 것으로서 기름 섭취를 줄이는데 도움이 될 것으로 판단된다.

밀가루에 대두피 10, 20, 30%를 대체하여 케익을 제조한 후 물리적 특성, 관능검사 및 비용적을 조사하였다(Table 8). 물리적 특성의 경우 대두피 첨가량이 증가할수록 전반적으로 견고성이 증가하였고, 탄력성은 약간 감소하는 경향이였다. 관능검사 결과에 의하면 대두피 첨가 수준에 관계없이 외관상의 차이는 식별하지 못하였으나 대두피 첨가량이 증가함에 따라 선택에 관한 항목에서는 좋지 않게 평가하였고 콩비린냄새가 상당 수준 잔류하는 것으로 나타났다. 전체적인 기호도의 경우 대조구보다 10% 대두피를 첨가한 구를 더 높게 평가하였다. 대체 수준별로 제조한 케익의 비용적은 대두피 첨가량이 증가함에 따라 증가하다가 20% 이상 첨가할 경우 다시 감소하였다.

Table 9은 대두피를 첨가한 쿠키를 제조하여 물리적 특성, 관능검사 및 쿠키의 팽창율을 조사한 결과이다. 물리적 특성은 케익과 마찬가지로 대두피 첨가량이

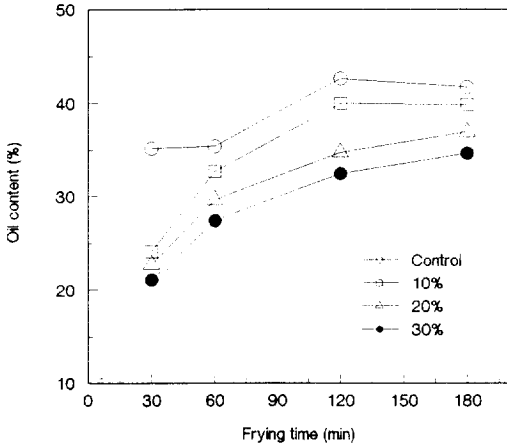


Fig. 3. Changes in oil content of frying batter containing microparticulated/air-classified soybean hull fraction (C-2)

Table 8. Textural properties and sensory evaluation of cake partially substituted with soybean hull

Substitution ratio (%)	Textural properties				Sensory evaluation				Specific volume (cc/g)
	Hardness (g)	Springiness	Appearance ¹⁾	Color ¹⁾	Beany flavor ²⁾	Texture ³⁾	Roasted taste ²⁾	Acceptability ⁴⁾	
Control	2299.5	0.86	4.95 ^a	6.27 ^a	2.85 ^c	4.55 ^b	4.45 ^a	5.72 ^a	1.84
10	2131.6	0.82	5.52 ^a	5.99 ^a	3.73 ^{bc}	4.33 ^b	5.05 ^b	6.00 ^{ab}	2.05
20	3076.1	0.80	5.68 ^a	5.27 ^{ab}	4.41 ^{ab}	4.83 ^b	5.44 ^{ab}	4.76 ^b	2.21
30	3756.5	0.77	4.76 ^a	4.02 ^a	5.21 ^a	6.68 ^a	5.03 ^{ab}	3.55 ^c	1.88
F-value	-	-	0.67	4.69*	4.51*	4.70*	0.67	11.28*	-

¹⁾1:extremely bad, 3:bad, 5:neither bad nor good, 7:good, 9:extremely good
²⁾1:extremely weak, 3:weak, 5:neither 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
 *significant at 5%

Table 9. Textural properties and sensory evaluation of cookies partially substituted with soybean hull

Substitution ratio (%)	Textural properties				Sensory evaluation				Expantion ratio
	Hardness (g)	Springiness	Appearance ¹⁾	Color ¹⁾	Beany flavor ²⁾	Texture ³⁾	Roasted taste ²⁾	Acceptability ⁴⁾	
Control	4920.6	0.69	4.45 ^a	6.00 ^a	3.41 ^c	3.53 ^{bc}	6.03 ^a	6.23 ^a	2.07
10	4460.9	0.52	5.80 ^a	5.46 ^{ab}	3.93 ^{bc}	4.34 ^b	5.27 ^a	5.83 ^a	1.93
20	5046.9	0.67	4.68 ^{ab}	4.47 ^{ab}	4.87 ^a	3.01 ^c	4.19 ^b	4.41 ^b	1.83
30	10261.3	0.79	5.33 ^{ab}	3.63 ^c	4.93 ^a	5.77 ^a	2.99 ^c	3.29 ^c	1.55
-	-	-	2.10	8.41*	2.39*	8.24*	14.20*	14.92*	-

¹⁾1:extremely bad, 3:bad, 5:neither bad nor good, 7:good, 9:extremely good
²⁾1:extremely weak, 3:weak, 5:neither 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
 *significant at 5%

증가함에 따라 견고성과 탄력성이 증가하는 경향이였다. 관능검사 결과 외관에 있어서는 10%와 30%첨가구를 대조구보다 더 높게 평가하였고, 색은 대두피 첨가량이 증가할수록 낮게 평가한 반면, 콩비린 냄새는 대두피 첨가량이 증가할수록 더 높게 평가하였다. 기호도의 경우 대두피 첨가량이 증가하면 낮게 평가하였으나, 10% 첨가구는 대조구와 큰 차이를 느끼지 못하였으며, 쿠키의 팽창율의 경우 대두피 첨가량이 증가할수록 감소하였다.

요 약

초미세분쇄한 대두피 분말을 공기분급휠속도 (ACWS, air classifying wheel speed) 10,000 rpm, 12,000 rpm 및 20,000 rpm에서 공기분급하였을 경우 회분, 단백질 및 지방은 조분획으로, 탄수화물은 미분획으로 각각 농축되었다. 식이섬유는 조분획으로 농축되었고, ACWS가 감소함에 따라 그 함량이 증가하였다. 분획별 입자크기는 ACWS가 감소함에 따라 증가하였는데 그 범위는 미분획은 3.1 μm -5.5 μm 였고, 조분획은 9.9 μm -20 μm 였으며, 그 형태는 분획에 관계없이 대부분 모서리가 있는 타원형이었다. 전반적으로 낮은 ACWS에서 높은 점도를 보였고, 보수력, 보유력 및 유흥력의 경우 조분획과 미분획에 유의적인 차이가 있으나 ACWS에 따라서는 차이가 없었다. 식품응용실험 결과 대두피 분말을 10, 20, 30% 각각 대체시켜 튀김옷으로 활용하였을 때, 기름 흡수량이 대조구에 비하여 감소하였으며, 케익과 쿠키의 제조에 있어서 밀가루를 대두피 분말로 10% 수준까지 성공적으로 대체할 수 있었다.

감사의 말

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

문 헌

- 김명환, 이계임 : UR 이후 콩수급관리제도 개선 방안, 한국농촌경제연구원 (1993)
- 사료편람 : 농림수산부, 한국사료협회 (1992)
- 목철균, 박동준, 구경형, 김승호 : 초미세분쇄기법을 이용한 기능성 신소재 개발, 한국식품개발연구원 (1993)
- Naim, M., Gestetner, B., Zilkah, S., Birk, Y. and Bondi, A.: Soybean isoflavones, characterization, determination and antifungal activity. *J. Agric. Food Chem.*, **22**, 806 (1976)
- Laszlo, J. A.: Changes in endogenous and exogenous iron-reducing capability of soybean hull during development. *Cereal Chem.*, **68**, 21 (1992)
- Trowell, H.: Definition of dietary fiber and hypothesis that is a protective factor in certain diseases. *J. Am. Clin. Nutr.*, **29**, 417 (1976)
- Kadan, R. S., Freeman, D. W. and Spadarao, J. J.: Air-classification-recent developments 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)
- Wood, P. J., Weisz, J., Fedec, P. and Burrows, V.D.: Large-scale preparation and properties of oat fractions enriched in β -glucan. *Cereal Chem.*, **66**, 97 (1989)
- AOAC: *Official Methods of Analysis*, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C., U.S.A. (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. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **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. Automatic Chem.*, **8**, 167, 170 (1986)
- Mongeau, R. and Brassard, R.: Insoluble dietary fiber from breakfast cereals and brans; bile salt binding and water-holding capacity in relation to particle size. *Cereal Chem.*, **59**, 413 (1982)
- 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)
- Meilgaard, MC., Civille, G. C. and Carr, B. T.: Sensory evaluation techniques, CRC Press, Inc., BocaRaton, Florida, p.44 (1990)
- Gras, P. W. and Macritchie, F.: An improved method of volume measurement for small loaves, *Cereal Sci. Today*, **18**, 135 (1973)
- Larmond, E.: Methods for the sensory evaluation of food. Canada Dept. of Agriculture (1973)
- 山内間男 : 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)
- Synder, H. E. and Kwon, T. W.: Morphology and composition. In *Soybean Utilization*. An AVI Book, Van Nostrad Reinhold Co. Inc., New York, N.Y., U.S.A., p. 19 (1987)
- 박동준, 구경형, 김승호 : 착유박의 초미세분쇄/공기분급 특성과 응용, 한국식품과학회지, 투고중 (1996)

(1996년 2월 7일 접수)