KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 25, No. 6, pp. 769~774(1993)

초미세분쇄/공기분급을 이용한 탈지미강 분획의 특성과 응용

박동준 · 구경형 · 목철균
한국식품개발연구원

Microparticulation/Air Classification of Rice Bran: Characteristics and Application

Dong-June Park, Kyung-Hyung Ku and Chulkyoon Mok
Korea Food Research Institute

Abstract

Defatted rice bran was microparticulated using fluidized bed opposed jet mill and air-classified at different air classifying wheel speed (ACWS) in Turboplex classifier. The median particle size and the standard deviation decreased, and concomitantly the specific surface area increased generally with increasing ACWS. The protein, fat and ash contents of the recovered rice bran increased with ACWS. The contents of minerals; magnesium, zinc, iron and manganese; increased positively with ACWS. The phytic acid content, however, was slightly higher at middle ACWS. The dietary fiber content was highest in the ACWS 15,000 rpm fraction showing 31.47%. Higher ACWS resulted in lighter colored powder. The water holding capacity (WHC) showed the maximum value at ACWS 12,000 rpm and decreased with increasing ACWS, while the oil holding capacity (OHC) increased with ACWS. The rheological property of the microparticulated rice bran/water suspension fitted to the linear model. The yield stress and viscosity of the suspension increased with ACWS. The shape of microparticulated rice bran at ACWS 21,000 rpm was spherical, and the median particle size was 3.7 μm. When cake was prepared with substitution of microparticulated rice bran at 5%, the cake height and volume increased remarkably.

Key words: microparticulation/air classification, rice bran

서 론

쌀의 도정시 발생하는 미강의 생산량은 년간 385,000톤에 달하며 이 중 30% 정도만이 미강유 생산에 사용되며 나머지 70%는 사료나 비료 등 저가치 물질로 사용된다. 미강은 약 30% 이상이 식이섬유이며 15% 정도의 단백질과 10~15% 정도의 지방이 함유되어 있고, 미강유 착유박의 식이섬유 함량은 38%에 달하고 있다[1].

그러나 이렇게 풍부한 식이섬유 자원이 발생함에도 불구하고 국내에서는 이들 물질을 원료로한 식이섬유가 생산되고 있지 않으며, 건강보조식품으로서 식이섬유의 수입량은 매년 증가하여 1991년의 경우 식이섬유의 수입에 475,000달러를 지출하고 있다. 그 이유는 식이섬유원으로 사용할 수 있는 처리기술이 개발되지 않았기 때문이며, 식이섬유소재로서의 식품에 이용하는데 가장 큰 걸림돌은 섬유질 특유의 거칠고 질긴 조직감과 정제방법의 부재에 기인한다. 따라서 식이섬유 원료물질로부터 섬유질을 분리·농축하고 조직감을 개선한다면 이들을 식품소재 및 건강보조식품으로 이용할 수 있을 것이다.

초미세분쇄기법은 재료 및 식품과학 분야에서 최근 각광을 받고 있는 첨단가공기술이며[2], 섬유질 물질을 초미세분쇄하면 입자크기의 감소에 의한 조직감개선 뿐만 아니라, 입자가 큰 섬유질물질에서는 기대할 수 없는 기능성도 부여할 수 있다[3]. 초미세분쇄기법을 공기분급과 병용하여 사용하면, 즉 입자크기를 입안에서 고체로 느낄 수 없을 정도로 분쇄할 경우, 입자의 ball bearing 효과에 의하여 유지대체물질로 이용될 수 있다[4,5]. 또한 초미세분쇄 시료를 공기분급할 경우 시료의 입자크기 및 밀도차이를 이용하여 단백질, 전분, 무기질, 식이섬유 등을 농축하여 회수할 수 있으므로, 이 기법은 많은 식품재료 및 원료에 이용되고 있다[6,7].

본 연구는 국내에서 미강유 생산시 부산물로 발생하는 착유박을 초미세분쇄하여 조직감을 개선하고, 초미세분쇄한 착유박을 공기분급기술을 사용하여 입자크기 및 밀도에 따라 회수함으로써 식이섬유함량의 농축·회수 기법을 확립하고 초미세 미강 분말의 응용 가능성을 모색하고자 수행되었다.

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

재료 및 방법

재료

미강은 현미유를 착유하고 남은 탈지미강을 (주)삼화유량(김천, 경북)에서 구입하여 −18℃에서 냉동저장한 것을 시료로 사용하였다.

초미세분쇄 및 공기분급 조건

Roller crusher를 이용하여 시료를 직경 1 mm 내외로 조분쇄한 다음, Fluidized bed opposed jet mill(Model 100 AFG, Alpine Aktien-gesellschaft, Augsburg, Germany)을 이용하여 분쇄하였으며 이때 classifying wheel speed는 7,500 rpm으로 고정하였다. 이 후 air classification system(Turboplex Classifier, Model 50 ATP, Alpine Aktiengesellschaft, Augsburg, Germany)을 사용하여 air classifying wheel speed(ACWS)를 21,000 rpm부터 9,000 rpm까지 3,000 rpm 간격으로 줄이며 분급하여 시료를 회수하였다.

입도 분석

초미세분쇄하여 공기분급한 미강의 입도분석은 Laser Particle Sizer(Analysette 22, Fritsch GmbH, Idar-Oberstein, Germany)를 써서 분석하였으며 분산을 위한 용매는 isopropyl alcohol(1급, 삼전순약)을 사용하였다. 분석용 시료는 분말상태로 투입하였으며 iteration 횟수는 56회이었다.

미세구조 관찰

분급된 미세분말 시료의 모양 및 미세구조는 Laser scanning confocal imaging system(MRC-600, Bio-Rad Microscience Division, Cambridge, MA, U.S.A.)을 사용하여 관찰하였다. 시료는 소량의 isopropyl alcohol에 분산시켜 slide glass에 점적한 다음 cover glass를 덮고 현미경에 장착하여 25～50배율로 검경하였다.

일반성분 및 무기질 분석

분급된 각 시료의 일반 성분 분석은 AOAC 방법[18]에 따라 수분은 105℃ 상압건조법, 단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550℃ 회화법으로 분석하였고, 모든 측정은 2～3회 반복하여 평균값으로 하였다. 또 초미세 분쇄하고 공기 분급한 미강의 분획별 무기질 및 중금속 분석은 전처리한 후 Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer(Jobin Yvon JY38 Plus, ISA Instruments S.A., Longjumeau, France)를 사용하여 분석하였다. 전처리 과정은 시료 10 g을 100 ml Kjeldahl flask에 넣고 진한 황산을 10 ml 첨가한 후 격렬하게 흔든 다음 진한 질산을 첨가하여 격렬한 반응이 일어나지 않을 때까지 조심스럽게 가열하였다. 계속해서 가열하면서 황산가스가 나오지 않을 때까지 질산을 한방울씩 첨가하여 모든 유기물을 분해시킨 것을 시료로 사용하였다.

식이섬유 분석

분급한 각 시료의 식이섬유(TDF, total dietary fiber) 분석은 Prosky 등의 방법[19]으로 Sigma total dietary fiber assay kit를 사용하여 측정하였다.

Phytate 정량

Phytate 정량은 Wheeler 등의 방법[20]에 따랐으며 standard로 사용한 phytate(P-5756)는 Sigma Co.(St. Louis, Mo, U.S.A.)에서 구입하였다.

색도, 보수력(WHC, water holding capacity) 및 보유력(OHC, oil holding capacity) 측정

분급된 각 시료의 색도는 Color and color difference meter(Yasuda Seiki Seisa Kusho, LTD., UC 600-4)로 L, a, b 값을 측정하였다.

각 시료의 WHC는 Mongeau와 Brassard[21]의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 고형물 1g에 해당하는 시료를 0.1 mg까지 정확히 달아 미리 무게를 잰 30 ml centrifuge tube에 넣고 증류수를 20 ml 첨가하고 유리봉으로 잘 섞은 후 37℃ water bath에서 1시간 동안 진탕하였다. 이 현탁액을 원심분리기(Sorvall RC-5B, SS-34 rotor)로 11,000 rpm(14,460×g)에서 1시간 동안 원심분리하여 15분간 drain한 후 무게를 측정하였다. OHC는 WHC 정량과 동일한 방법으로 동방유량에서 구입한 식용유 20 ml를 넣어 현탁액을 만들고 11,000 rpm(SS-34 rotor, 14,460×g)에서 1시간 동안 원심분리한 후 centrifuge tube를 15분간 drain한 다음 그 무게를 측정하여 고형물 단위 g당 보유량으로 계산하였다. 각각의 실험은 두번씩 반복하였다.

점도 측정

공기분급한 각 분획을 5%, 10% 및 15% 수준으로 증류수에 분산시켜 분산물의 점도를 점도계(Rotovisco RV 20, Haake, Karlsruhe, Germany)에 NV sensor system을 부착하여 20℃에서 측정하였다. 전단속도는 0～2,000 s^{-1} 사이에서 1분간 직선적으로 증가시켰으며 이에 따른 전단응력을 측정하였다. 각 용액의 유동특성은 linear model과 Herschel-Bulkley model을 이용하여 해석하였으며 점조도계수(K, consistency index, $Pa \cdot s^n$)와 유동계수(n, flow behavior index) 및 항복응력 (τ_0, yield stress, Pa)은 Haake Software Support Version 1.2를 사용하여 계산하였다.

$$\tau = \tau_0 + \eta \cdot \gamma \quad \text{(linear model)} \tag{1}$$

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \gamma^n \quad \text{(Herschel-Bulkley model)} \tag{2}$$

이 때, γ : 전단응력(Pa)
γ : 전단속도(S^{-1})

η : 점도(Pa·s)
τ_0 : 항복응력(Pa)
K : 점조도지수(Pa·s^n)

케이크제조시험

초미세분쇄한 미강분말을 초코케익 프리믹스(제일제당)에 중량비 5% 수준으로 첨가한 다음 같은 중량의 계란희석액(계란 : 물=25 : 75)과 균질화한 후 머핀(muffin) 제조용 틀에 30g씩 계량하여 담고 180℃로 예열한 제빵용오븐에서 20분간 구운 다음 방냉하여 케이크의 높이, 부피, 무게를 측정하고 이로부터 비용적(specific volume)을 계산하였다. 높이는 micrometer를 사용하여 측정하였으며, 부피는 좁쌀을 사용하여 displacement 법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

초미세분쇄 탈지미강의 분획별 수율 및 입도분석

Fluidized bed opposed jet mill을 이용하여 초미세분쇄한 후 Turboplex classifier로 air classifying wheel speed(ACWS) 21,000~9,000 rpm 범위에서 3,000 rpm 간격으로 분급한 미강의 분획별 수율 및 입도분석 결과는 Table 1과 같다. ACWS 21,000 rpm 분획의 median값은 3.66 μm, 표준편차는 3.00 μm이었다. ACWS가 낮아짐에 따라 회수된 입자의 크기와 표준편차는 증가하고 단위 부피당 표면적은 현저히 감소하였다. 수율은 12,000 rpm의 경우 30.9%로 가장 높았고 18,000, 9,000, 15,000, 21,000 rpm 순으로 감소하였다. 일반적으로 인간의 혀에서 독립된 입자로 인지될 수 있는 입자의 최소크기는 15 μm 정도로 알려져 있다[22]. 따라서 median 값과 표준편차의 합이 15 μm 이하인 ACWS 15,000 rpm 이상에서 회수되는 분말은 입안에서 유체로 인식됨을 의미한다.

Fig. 1은 분급한 미강분말의 ACWS별 미세구조이다. ACWS가 높은 분획의 입자모양은 구형이므로 입도를 혀에서 감지할 수 없는 범위(ACWS 15,000 rpm 이상)에서는 ball bearing과 같은 역할을 할 수 있으므로 유지대체재로 활용될 수 있는 가능성을 시사한다[5].

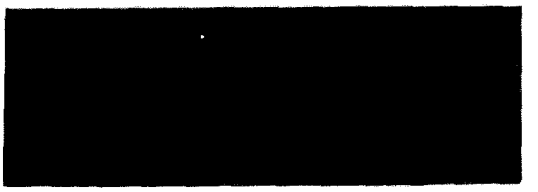
Table 1. Particle size, specific surface area and yield of air-classified rice bran fractions

ACWS* (rpm)	Particle size		Specific surface area	Yield
	Median (μm)	SD** (μm)	(m^2/cc)	(%)
21,000	3.66	3.00	2.1162	9.95
18,000	4.89	3.67	1.7302	24.62
15,000	8.60	5.49	1.1947	11.65
12,000	12.60	7.83	0.8493	30.92
9,000	14.77	11.86	0.7621	22.86

*Air classifying wheel speed
**Standard deviation

ACWS에 따른 분획별 성분변화

초미세분쇄하여 공기분급한 분획의 회분, 단백질 및 지방함량 분석 결과는 Table 2와 같다. 회분의 경우는 ACWS 21,000 rpm 보다 18,000 rpm 분획의 함량이 가장 높아서 15.32%이었는데, 이는 phytic acid와 이를 구성하는 P가 이 분획에서 많이 회수되었기 때문(Table 3)이라 사료되며, 9,000 rpm분획의 함량이 가장 낮은 10.42%였다. 한편 단백질함량은 21,000 rpm 분획이 19.75%로 가장 높았고 ACWS가 감소할수록 낮아지는 경향을 보여 ACWS 9,000 rpm 분획은 16.07%로 최저치를 나타내었다. 단백질의 경우 protein body 또는 wedge protein의 형태로 곡류에 존재하며 다른 성분에 비해 입자가 작고 가벼운 편이어서 fine fraction으로 회수된다[12, 16]. 본 실험에서도 ACWS가 높은 분획에서 단백질 함량이 증가하여 미강내 단백질도 다른 성분에 비하여 입자가



— : 50 μm

Fig. 1. Microstructure of microparticulated rice bran air-classified at different ACWS (a : 21,000, b : 18,000, c : 15,000, d : 12,000, e : 9,000 rpm)

Table 2. Chemical compositions of air-classified rice bran fractions (unit : d.b. %)

ACWS* (rpm)	Ash	Protein	Fat	Dietary fiber
21,000	12.74	19.75	3.07	28.73
18,000	15.32	18.31	2.61	28.07
15,000	13.82	17.44	2.39	34.36
12,000	11.81	16.99	2.30	27.70
9,000	10.42	16.07	2.29	29.15

*Air classifying wheel speed

Table 3. Mineral and phytic acid contents of air-classified rice bran fractions

ACWS* (rpm)	Mineral(ppm)					Phytic acid (%)
	Mg	Zn	Fe	Mn	P	
21,000	7.2	7.4	13.9	22.2	3307.9	0.419
18,000	6.2	6.2	12.7	20.8	3525.9	0.455
15,000	5.1	5.2	10.8	16.4	3016.1	0.439
12,000	5.7	5.7	10.4	18.1	2456.8	0.450
9,000	4.7	5.0	10.0	13.6	2251.0	0.429

*Air classifying wheel speed

작으며 비중이 작음을 의미하였다.

지방의 경우 ACWS가 증가할수록 함량이 높아졌는데 이는 미강에 존재하는 단순지질은 미강유제조시 n-hexane에 의해 대부분 제거되고 소량 남아있는 지질의 대부분은 단백질과 결합되어 존재하므로 단백질함량이 높은 분획일수록 지방함량이 높은 것으로 생각된다. 결론적으로 공기분급된 미강의 일반성분의 분석결과는 ACWS가 증가할수록 전반적으로 단백질, 지방, 회분함량이 증가하는 경향이었다. 또한 분급한 초미세분쇄 미강의 ACWS에 따른 식이섬유함량은 27.7~34.4%의 값을 보였으며 ACWS 15,000 rpm에서 최대치를 나타내었다.

한편 ACWS에 따른 분획별 무기질 및 phytic acid 함량(Table 3)은 ACWS가 증가함에 따라 Mg, Zn, Fe, Mn은 증가하는 경향을 보였으나, P는 ACWS 18,000 rpm에서 3526 ppm으로 가장 높은 값을 보였으며, ACWS 18,000 rpm 이하에서는 ACWS에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. Phytic acid 함량은 0.42~0.46% 범위의 값으로 중간 ACWS에서 높은 수치를 보였다. 무기질은 대개 단백질과 결합한 상태로 존재하므로 단백질함량이 높은 분획에서 높은 수치를 나타내는 것으로 생각되며 이 결과는 Patel[23] 등의 흰강남콩(navy bean)에 대한 공기분급 결과와 일치하였다.

Table 4. Color, water holding capacity(WHC) and oil holding capacity(OHC) of microparticulated rice bran air-classified at different ACWS

ACWS*	Color value			WHC	OHC
(rpm)	L	a	b	(g/g solid)	(g/g solid)
21,000	85.5	2.02	11.7	2.29	2.49
18,000	82.5	2.24	12.0	2.25	2.18
15,000	80.4	2.22	13.4	2.69	2.12
12,000	78.9	2.98	14.8	2.88	2.08
9,000	78.8	2.67	14.3	2.74	2.08

*Air classifying wheel speed

색도, 보수력 및 보유력

분급한 초미세 분쇄 미강의 색도(Table 4)는 ACWS가 높을수록 백색도(L)가 증가하여 21,000 rpm 분획의 경우는 83.5로 최대치를 보였다. 또한 적색도(a)와 황색도(b)는 ACWS가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내어 입도가 감소할 수록 색택이 밝아짐을 알 수 있다. ACWS 9,000 rpm 분획의 경우와 12,000 rpm의 경우는 거의 유사한 값을 보였으며 백색도는 최소치를, 적색도와 황색도는 최대치를 보여 어두운 색을 띄었다. ACWS가 높은 분획이 높은 백색도 및 낮은 적색도와 황색도를 나타낸 것은 성분의 차이 및 입도 감소에 의한 표면적의 증가(Table 1)에 따른 surface effect에 기인한 것으로 판단된다.

한편 분급한 미강분말의 보수력(WHC)은 ACWS 9,000 rpm에서 2.74 g/g solid 이었고 12,000 rpm에서 2.88 g/g solid로 최대치를 보였으며 이후 ACWS가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 반면에 보유력(OHC)은 ACWS에 따라 약간 증가하는 경향을 보여 입자가 작아질수록 보유력이 증가함을 알 수 있다. 이는 입자가 작을수록 단백질 함량이 증가하며(Table 2), 단백질의 보유력이 다른 성분에 비하여 높기 때문인 것으로 생각된다.

점도

ACWS에 따른 미강분말분획의 5, 10, 15% 현탁액이 갖고 있는 유동특성은 Table 5에서 보는 바와 같이 Her-

Table 5. Rheological properties of air-classified rice bran fractions

ACWS*	Concentration	Linear model			Herschel-Bulkley model			
(rpm)	(%)	τ_0 (Pa)	η(mPa·s)	r^{2**}	K(Pa·s^n)	n	τ_0 (Pa)	r^{2**}
21,000	5	0.2151	1.656	1.00	0.0144	0.7023	0.0607	0.96
	10	0.2379	2.591	1.00	0.0163	0.7452	0.0544	0.97
	15	0.5948	4.046	1.00	0.0271	0.7428	0.1533	0.99
18,000	5	0.2490	1.551	1.00	0.1719	0.6687	0.0834	0.96
	10	0.2840	2.175	1.00	0.0149	0.7379	0.0722	0.98
	15	0.2753	3.560	1.00	0.0165	0.7884	0.0522	0.99
15,000	5	0.1968	1.485	1.00	0.0165	0.6655	0.0670	0.95
	10	0.2814	2.233	1.00	0.0171	0.7207	0.0751	0.97
	15	0.2982	3.302	1.00	0.0200	0.7508	0.0695	0.97
12,000	5	0.2712	1.465	1.00	0.0158	0.6754	0.0900	0.97
	10	0.2481	2.092	1.00	0.0163	0.7170	0.0675	0.97
	15	0.2552	2.925	1.00	0.0189	0.7406	0.0598	0.97
9,000	5	0.2290	1.454	1.00	0.0169	0.6615	0.0787	0.95
	10	0.2569	2.075	1.00	0.0163	0.7166	0.0709	0.98
	15	0.2107	2.979	1.00	0.0164	0.7618	0.0460	0.98

*Air classifying wheel speed
**Coefficient of determination

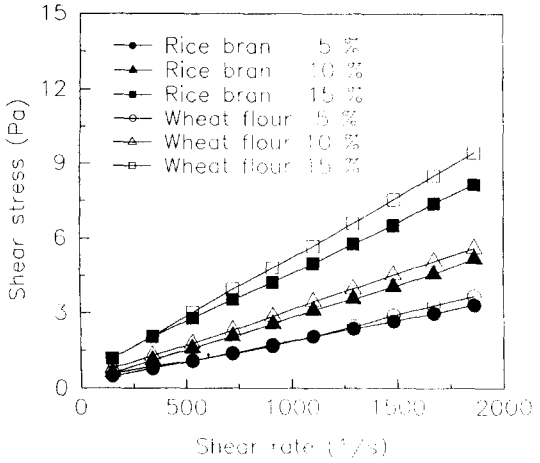


Fig. 2. Shear rate vs. shear stress plot of microparticulated rice bran air-classified at ACWS 21,000 rpm compared with wheat flour

Table 6. Effect of rice bran on baking properties of cake

Sample	ACWS* (rpm)	Height (cm)	Volume (cc)	Sp.vol. (cc/g)	Sp.vol. change(%)
Control		2.06	37.26	1.61	0.00
Rice bran	21,000	2.10	36.41	1.69	4.97
5% added	18,000	2.31	38.61	1.75	8.70
	15,000	1.91	37.29	1.70	5.59
	12,000	2.01	39.34	1.67	3.76
	9,000	2.14	37.18	1.65	2.48

*Air classifying wheel speed

schel-Bulkley model보다는 linear model이 더욱 잘 적용되었으며, 농도가 증가함에 따라 항복응력 및 점도가 상승하였다. 즉 초미세 미강분말 현탁액은 Bingham body의 유동특성을 나타내었다. 한편 ACWS가 증가할수록 점도가 증가하였는데 이는 단백질 함량의 증가 및 입도의 감소에 의한 안정된 현탁특성에 기인하는 것으로 생각된다.

또한 ACWS 21,000 rpm에서 분급한 분획의 농도별 shear rate vs. shear stress curve는 Fig. 2에 나타나 있으며 밀가루(다목적용 중력분, 제일제당(주))의 경우와 거의 유사한 유동특성을 보유하고 있었다. 이는 초미세분쇄한 미강을 밀가루 제품에 첨가하여 이용할 때 기존의 가공조건과 유사한 조건하에서 행할 수 있음을 시사한다.

응용실험

분급된 미강분말을 5% 수준으로 케익프리믹스에 첨가하여 케이크를 제조하였을 때, 완성된 케익의 부피 및 높이는 Table 6에 나타나 있으며, 케이크의 단면은 Fig. 3과 같다. 초미세분쇄하여 공기분급한 탈지미강을 5% 수준으로 대체하여 제조한 케이크의 높이와 부피는 대체로 대조구보다 다소 높았으며, 특히 비용적(specific volume)은 대조구에 비하여 뚜렷하게 높았다. 이 결과는 분말셀룰로오스를 4% 수준까지 케익믹스에 혼합하여 3종류의 케이크를 제조하였을때 셀룰로오스의 첨가량이 증가할수록 비용적의 증가와 케이크조직의 개선을 나타냈다는 보고와 일치하였다[3]. 케이크의 기포안정성을 증가시키는 요인으로는 반죽의 점도를 증가시키거나 미세한 분말을 이용하는 방법이 알려져 있는데[24], 미강분말의 경우 농도증가에 따라 항복응력 및 점도의 증가를 나타내고 있으며(Table 5) 분말입자의 크기도 15 μm 이하(Table 1)이므로 케이크제조 용도에 잘 부합된다고 할 수 있다. 초미세미강분말 첨가에 의한 케이크의 비용적 증가는 기포안정성과 함께 케이크의 내부에서 셀룰로오스 네트워의 형성에도 기인하는 것으로 판단된다.

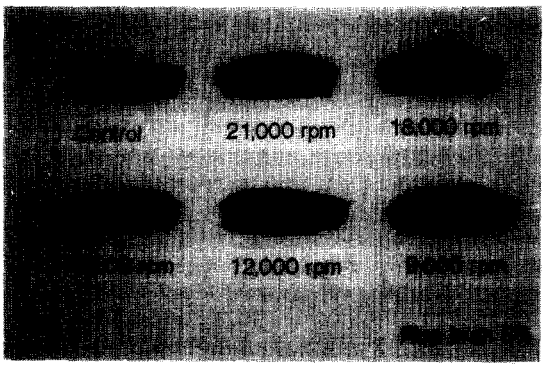


Fig. 3. Cross-sectional view of chocolate cake baked with 5% microparticulated rice bran air-classified at different ACWS

요 약

Fluidized bed opposed jet mill을 사용하여 초미세분쇄한 후 Turboplex classifier로 공기분급한 탈지미강분말의 입도는 air classifying wheel speed (ACWS)가 낮아짐에 따라 입자의 크기와 표준편차는 증가하고 단위부피당 표면적은 감소하였다. ACWS 21,000 rpm에서 분급한 미강분말의 형태는 구형이었으며 입도 median이 3.7 μm이었다. ACWS별로 회수된 시료의 단백질, 지방, 회분은 ACWS에 따라 전반적으로 증가하는 경향이었다. Mg, Zn, Fe 및 Mn 함량은 ACWS가 증가할수록 비교적 증가하는 경향을 보였으며, phytic acid함량은 중간 ACWS에서 약간 높은 값을 보였다. 식이섬유함량은 25.2~31.5%의 값을 보였고, ACWS 15,000 rpm에서 최대값을 나타내었다. ACWS에 따른 시료의 색도는 ACWS가 높을수록 백색도(L)가 증가하였고, 적색도(a)와 황색도(b)는 감소하는 경향을 나타내었다. 보수력(WHC)은 12,000 rpm에서 2.88 g/g solid로 가장 높았고 ACWS가 높아

짐에 따라 감소하는 추세를 보였으나, 보유력은 반대로 ACWS에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다. 분급된 미강분말 현탁액의 유동특성은 Bingham body에 속하였으며 농도와 ACWS가 증가함에 따라 항복응력 및 점도가 상승하였다. 분급된 미강분말을 5% 수준으로 대체하여 케이크를 제조한 경우 대조구보다 케이크의 높이와 부피가 증가하였다.

문 헌

1. Juliano, B.O.: Rice bran. In *Rice: Chemistry and Technology, AACC*, St. Paul, MN, U.S.A. p.647(1985)
2. 石川 剛 : 超微粉碎技術, 最先端 食品加工 技術, CMC Co. Ltd., 東京, 日本, p.16(1985)
3. Ang, J.F. and Miller, W.B.: Multiple functions of powdered cellulose as a food ingredient. *Cereal Foods World,* **36**(7),558(1991)
4. Dziezak, J.D.: Fats, oils, and fat substitute. *Food Technol.,* **43**(7), 66(1989)
5. Glicksman, M.: Hydrocolloids and the search for the oily grail. *Food Technol.,* **45**(10), 94(1991)
6. Pfeifer, V.F., Stringfellow, A.C. and Griffin, E.L.: Fractionating corn, sorghum and soy flour by fine grinding and air classification. *Am. Miller Process,* **88**(8), 11 (1960)
7. Stringfellow, A.C., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L.: Air classification of rice flours. *Rice J.,* **64**(7), 30(1961)
8. Stringfellow, A.C. and Peplinski, A.J.: Air classification of Kansas hard red winter wheat flours. *Northwest Miller,* **270**(6), 19(1964)
9. Pomeranz, Y., Ke, H. and Ward, A.B.: Composition and utilization of milled barley products. I. Gross composition of roller-milled and air-separated fractions. *Cereal Chem.,* **48**, 47(1971)
10. Patel, K.M. and Johnson, J.A.: Horsebean as protein supplement in breadmaking. I. Isolation of horsebean protein and its amino acid composition. *Cereal Chem.,* **51**, 693(1974)
11. Stringfellow, A.C., Wall, J.S., Donaldson, G.L. and Anderson, R.A.: Protein and amino acid composition of dry-milled and air-classified fractions of triticale grain. *Cereal Chem.,* **53**, 51(1976)
12. Vose, J.R., Basterrechea, M.J., Gordin, P.A., Finlayson, A.J. and Youngs, C.G.: Air classification of field peas and horsebean flours: chemical studies of starch and protein fractions. *Cereal Chem.,* **53**, 928(1976)
13. Patel, K.M., Caul, J.F. and Johnson, J.A.: Horsebean as protein supplement in breadmaking. III. Effects of horsebean protein on aroma and flavor profile of moroccan-type bread. *Cereal Chem.,* **54**, 379(1977)
14. Tyler, R.T., Youngs, C.G. and Sosulski, F.W.: Air classification of legumes. I. Separation efficiency, yield, and composition of the starch and protein fractions. *Cereal Chem.,* **58**, 144(1981)
15. Sahasrabudhe, M.R., Quinee, J.R., Paton, D., Youngs, C.G. and Skura, B.J.: Chemical composition of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and functional characteristics of its air-classified protein and starch fractions. *J. Food Sci.,* **46**, 1079(1981)
16. Han, J.-Y. and Khan, K.: Physicochemical studies of pin-milled and air-classified dry edible bean fractions. *Cereal Chem.,* **67**, 384(1990)
17. Posner, E.S.: Mechanical separation of a high dietary fiber fraction from wheat bran. *Cereal Foods World,* **36**, 553(1991)
18. AOAC: Official Methods of Analysis of the AOAC, 14 th ed., *Association of Official Analytical Chemists,* Washington D.C., U.S.A.(1984)
19. 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**(5), 1017(1988)
20. Wheeler, E.L. and Ferrel, R.E.: A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions. Presented at 54th Annual Meeting, Chicago, Ill., A Contribution of the Western Regional Research Laboratory, ARS, USDA, CA, U.S.A. (1969)
21. 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)
22. Hough, G., Martinez, E. and Contarini,A.: Sensory and objective measurement of sandiness in Dulce de Leche, a typical Argentine dairy product. *J. Dairy Sci.,* **73**, 604(1990)
23. Patel, K.M., Bedford, C.L. and Youngs,C.W.: Amino acid and mineral profile of air classified navy bean flour fractions. *Cereal Chem.,* **57**, 123(1980)
24. Powrie, W.D. and Tung, M.A. : Food dispersions. In *Principles of Food Science,* Fennema, O.R. (ed), Marcel Dekker Inc. New York, Part I. p.539(1976)

(1993년 10월 20일 접수)