

## 초미세분쇄/공기분급을 이용한 마의 점질물 분리

이부용 · 박동준 · 구경형 · 김현구 · 목철균  
한국식품개발연구원

### Mucilage Separation of Korean Yam Using Microparticulation/Air Classification Process

Boo-Yong Lee, Dong-June Park, Kyung-Hyung Ku,  
Hyun-Ku Kim and Chulkyoon Mok  
Korea Food Research Institute

#### Abstract

To separate and concentrate mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECNE), yam was dried, microparticulated using impact mill and air-classified at different air classifying wheel speed (ACWS) in classifier. As ACWS increased from 5,000 rpm to 22,500 rpm, the contents of dietary fiber, protein and lipid of air classified microparticles (ACM) increased remarkably. Especially the ACM with ACWS over 15,000 rpm showed 36.41% dietary fiber and 16.66% protein. The dietary fiber and protein components were concentrated to 2.5~9.0 times as compared with whole yam powder. Concomitantly the non-fibrous carbohydrate decreased from 88.31% to 16.84%. The damaged starch(%), WSI and WAI of ACM of ACWS over 15,000 rpm were 2.5~3.0 times higher than those of ACM under ACWS 15,000 rpm. The apparent viscosity of ACM was 0.0800 Pa·s over ACWS 15,000 rpm and 0.0080 Pa·s under ACWS 15,000 rpm. Judging from viscosity of ACM, the mucilage component of yam was concentrated to 10<sup>4</sup> times. In conclusion, the optimum process to separate and concentrate the mucilage from yam consisted of the microparticulation to 5~30 μm and the air-classification at ACWS over 15,000 rpm.

Key words: yam, mucilage, microparticulation/air-classification

## 서 론

일반적으로 마는 마(*Dioscorea*)과에 속하는 다년생 덩굴 초본이다. 식용이나 약용으로 사용하는 가식 부위는 뿌리가 원주상으로 비대한 생근 형태로서 내부는 유백색이나 황갈색을 띠며 끈끈한 점질물을 다량 함유하고 있다. 맛은 약간 달고 담백하며 마 특유의 냄새가 난다. 한방에서는 산약이라고도 부르며 여로부터 자양(滋養), 강장(強壯), 강정(強精), 폐결핵 등에 유효하게 이용되어 왔다<sup>(1-3)</sup>.

식품으로서의 마는 알 카리성 식품이며 여러가지의 소화효소가 함유되어 있어서 고구마나 감자와 같은 다른 지하괴근과는 달리 익혀 먹지않고 생식을 하여도 소화 흡수가 잘된다. 특히 마의 끈끈한 점질물의 주 구성성분은 mannan으로 이루어진 식이섬유가 대부분을 차지하며 단백질과 무기질, 소량의 glucose, fructose 등으로 이루어져 있어서 당뇨병이나 변비 등에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다<sup>(4)</sup>. 이와 같이 마의 점질물은

식품으로서 유용한 가치를 지닐 뿐 아니라 그 점성으로 인해 다른 가공 식품의 제조시 물성개량제로도 사용 가능성이 매우 높은 물질이지만 점질물을 분리, 농축하는 적당한 방법이 개발되어 있지않아 이용에 어려움이 많다.

지금까지 마에 대한 국내 연구로는 차<sup>(5)</sup>, 김 등<sup>(6)</sup>의 마전분의 이화학적 특성에 대한 연구, 이 등<sup>(7)</sup>의 마전분 호화액의 리올리시 특성 및 최 등<sup>(8)</sup>의 열적 특성에 관한 연구 등이 있다. 국외 연구로는 Suzuki 등<sup>(9)</sup>, Rasper와 Coursey<sup>(10)</sup>, Nagashima와 Kamoi<sup>(11)</sup>의 마전분에 대한 이화학적 특성 연구, 점질물의 점탄성에 대한 연구<sup>(12)</sup>, 점질성 다당류의 정량과 분석 등에 대한 연구<sup>(13)</sup>, 점질성 다당류들의 화학적 조성과 유동 특성 등에 대한 연구<sup>(14)</sup> 등이 있을 뿐이며 점질물을 분리 농축하는 방법에 대한 연구 보고는 전무한 실정이다.

초미세분쇄 기법은 재료 및 식품공학 분야에서 최근 많이 이용되고 있는 첨단 가공기술로서<sup>(15)</sup> 공기분급과 병용하여 사용하면 초미세분쇄된 시료의 입자 크기 및 밀도 차이를 이용하여 단백질, 전분, 무기질, 식이섬유 등을 농축하여 회수하는 것이 가능하므로 이 기법은 많은 식품 재료 및 원료의 가공 처리에 이용되고 있다<sup>(16-24)</sup>.

본 연구에서는 마의 성분들을 구명하고, 마의 점질물 성분이 손상받지 않고 마 고유의 색이 그대로 유지될

Corresponding author: Boo-Yong Lee, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyin-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyunggi-do 463-420, Korea

수 있는 건조 방법을 확립하며, 초미세분쇄 및 공기분급 기법을 이용하여 마의 껍질물 성분을 건식으로 농축하는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

성분분석 및 점도 측정에 사용한 마는 야생종인 산마, 재배종인 단마(*Dioscorea bulbifera* L.)와 장마(*Dioscorea batatas* D.)의 3품종을 사용하였고 초미세분쇄 및 공기분급 실험에는 재배량과 수확량이 가장 많은 장마를 사용하였다.

#### 일반 성분 분석

시료의 일반 성분 분석은 AOAC 방법<sup>(25)</sup>에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550°C 회화법으로 분석하였다.

#### 식이섬유 분석

식이 섬유는 불용성 식이섬유(IDF, insoluble dietary fiber), 수용성 식이 섬유(SDF, soluble dietary fiber), 총식이 섬유(TDF, total dietary fiber)함량을 Prosky 등의 방법<sup>(26)</sup>으로 Sigma total dietary fiber assay kit(TDF-100)를 사용하여 분석하였다.

#### 마의 건조 조건

마 시료를 세척하고 겉 껍질을 벗긴후 4~5 mm두께로 절단하여 냉동 건조와 40°C ~80°C 범위에서 10°C 간격으로 열풍 건조를 실시하여 색도 및 점도 등을 측정하여 적합한 건조 조건을 확립하였다.

#### 색도 측정

건조된 마의 색도는 입자크기를 60 mesh 이하로 분쇄한 후 color and color difference meter(Chroma Meters CR-200, Minolota Camera Co. Ltd., Japan)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)값을 측정하였다.

#### 점도 측정

마분말이나 생마의 점도는 현탁액을 만들어서 원통형 점도계(Haake Viscometer RV20, U.K.)를 이용하여 전단속도를 0~1200 l/s, 측정온도 20°C 에서 겉보기 점도를 측정하여 비교하였다.

#### 초미세분쇄 및 공기분급 조건

건조된 마를 roller crusher를 이용하여 직경 1 mm 내외로 조분쇄한 다음, impact mill(Circoplex impact mill 50ZPS, Alpine Aktiengesellschaft, Germany)에서 비터(beater)회전속도 7,500 rpm으로 분쇄하였다. 미분쇄된 마(fraction No. 0)를 공기분급 장치(air classification sys-

tem, Turboplex classifier 50ATP, Alpine Aktiengesellschaft, Germany)에서 분급휠 속도(ACWS, air classifying wheel speed) 5,000 rpm에서 22,500 rpm까지 2,500 rpm 간격으로 5,000 rpm 이하 분획(fraction No. 9), 5,000~7,500 rpm 분획(No. 8), 7,500~10,000 rpm 분획(No. 7), 10,000~12,500 rpm 분획(No. 6), 12,500~15,000 rpm 분획(No. 5), 15,000~17,500 rpm 분획(No. 4), 17,500~20,000 rpm 분획(No. 3), 20,000~22,500 rpm 분획(No. 2), 22,500 rpm 이상 분획(No. 1)으로 공기분급을 실시하였

수분 흡수 지수(WAI, water absorption index)와 수분용해 지수(WSI, water solubility index)

시료 2.5g에 30 ml의 증류수를 가하여 혼합하고 1시간 정도 방치후 5,000g로 원심분리한 뒤 상등액의 고형분 함량과 침전물의 무게를 측정하여 다음과 같이 계산하였다<sup>(27)</sup>.

$$WAI = \frac{\text{침전물의 양}}{\text{시료양(건물)}}$$

$$WSI = \frac{\text{상등액 1 ml당 고형분 양} \times 30}{\text{시료양(건물)}} \times 100$$

전분 손상도(damaged starch, %)

시료중의 손상 전분 정도(%)는 AACC방법<sup>(28)</sup>에 따라 측정하였다.

#### 입도 분석

초미세분쇄하여 공기분급한 시료들의 입도분석은 Laser particle sizer(Analysette 22, Fritsch GmbH, Idar-Oberstein, Germany)를 사용하여 분석하였으며, 분산을 위한 용매는 isopropyl alcohol을 사용하였다. 이때 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 현미경에서 25~50배율로 검경하였다.

### 결과 및 고찰

#### 마 품종 선정

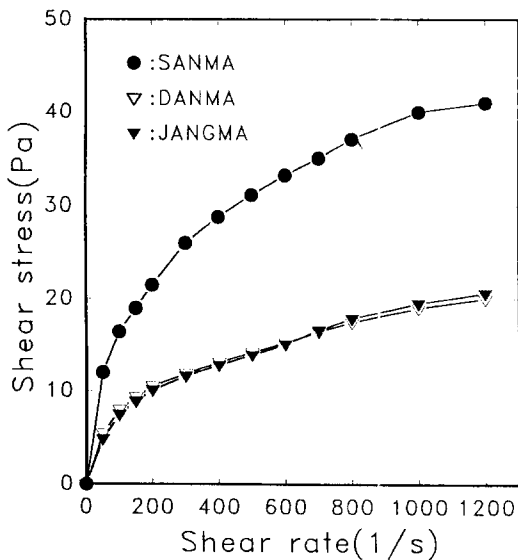
현재 국내에서 유통되고 있는 산마(야생종), 단마(재배종), 장마(재배종)의 3가지 마에 대한 단백질과 식이 섬유 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

산마의 단백질 함량이 8.88%로 단마나 장마보다 약간 높았으며 식이섬유 함량은 6.30%로 재배종 마에 비해 약 25% 이상 높게 함유되어 있었다. 3가지 마 품종의

**Table 1. Protein, TDF, IDF and SDF contents of three yam cultivars** (% dry basis)

Cultivars	Protein	TDF <sup>a</sup>	IDF <sup>b</sup>	SDF <sup>c</sup>
SANMA(wild type)	8.88	6.30	6.30	—
DANMA( <i>D. bulbifera</i> )	7.21	4.66	4.45	0.21
JANGMA( <i>D. batatas</i> )	7.76	4.72	4.25	0.47

a: TDF; Total dietary fiber  
 b: IDF; Insoluble dietary fiber  
 c: SDF; Soluble dietary fiber



**Fig. 1. Shear stress vs shear rate plot of 10% suspension of three yam cultivars at 20°C**  
 ●; SANMA, ▽; DANMA, ▼; JANGMA

10% 현탁액의 겔보기 점도를 비교한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 3품종 모두 동결 건조한 뒤 10% 현탁액의 점도를 측정된 결과 의가소성 유체의 흐름특성을 보여 주었으며, 전단속도 1000 1/s 에서 겔보기 점도는 장마의 경우 0.0187 Pa·s, 단마는 0.0185 Pa·s로 비슷하였으나, 산마는 0.0374 Pa·s로서 야생에서 채취한 산마의 점도가 약 2배 이상 높게 나타나서 Table 1의 산마가 재배종에 비해서 단백질과 식이섬유 함량이 높게 나타난 결과와도 같은 경향을 나타내었다.

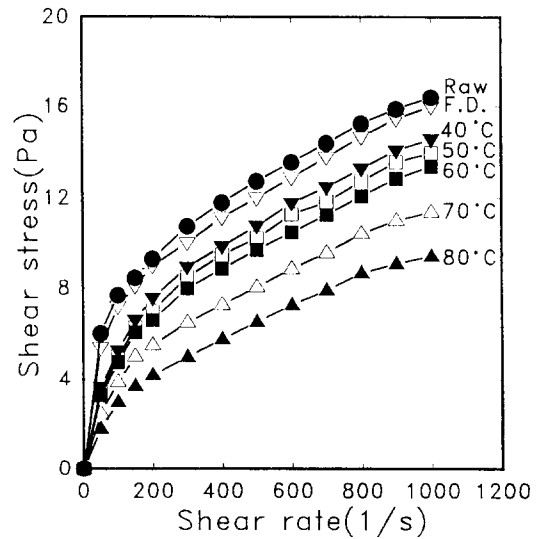
그러나 야생에서 채취하는 산마는 재배종에 비해 수확량이 매우 적을 뿐아니라 값도 약 3배 이상 비싸고 박피 등의 가공처리시 갈변되는 정도가 상당히 심하기 때문에 본 실험에서는 국내에서 가장 많이 재배, 수확되는 장마를 선정하여 점질물 분급실험을 수행하였다.

**건조 방법에 따른 마의 특성**

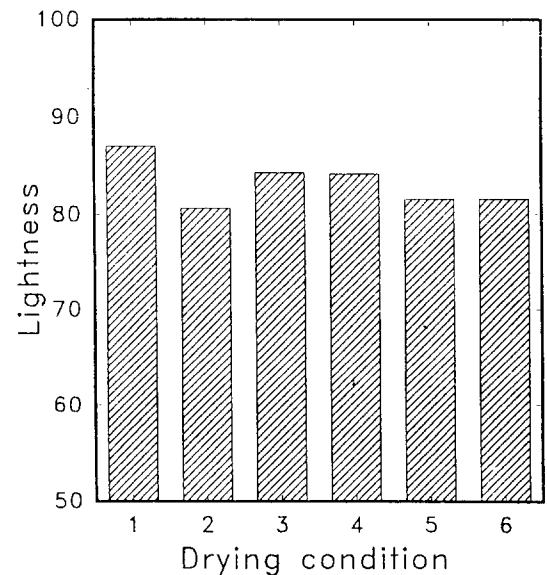
시료로 선정된 장마의 일반 성분은 Table 2와 같으며, 마의 가장 중요한 품질 요소로 알려져 있는 점도와 색

**Table 2. Approximate composition of yam(*D.batatas* DECNE)** (% dry basis)

	Protein	Fat	Ash	Non-fibrous carbohydrate	Crude fiber
Yam	7.21	0.52	4.27	83.34	4.66



**Fig. 2. Shear stress vs shear rate plot of 10% yam powder suspensions by drying conditions**



**Fig. 3. Changes in lightness of yam powder by drying conditions**

1; freeze drying, 2; air drying at 40°C, 3; 40°C, 4; 60°C, 5; 70°C, 6; 80°C

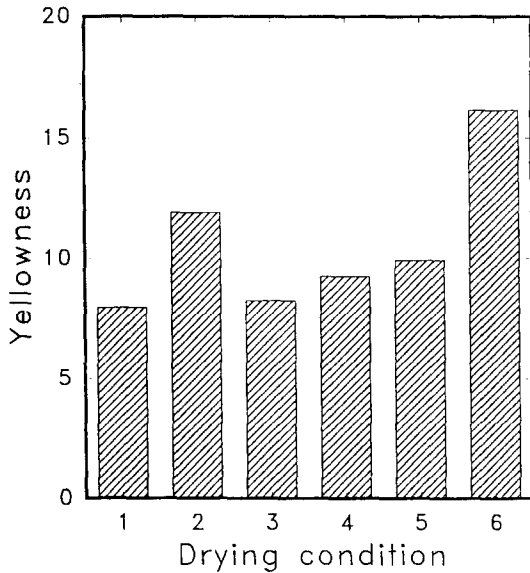


Fig. 4. Changes in yellowness of yam powder by drying conditions

1; freeze drying, 2; air drying at 40°C, 3; 50°C, 4; 60°C, 5; 70°C, 6; 80°C

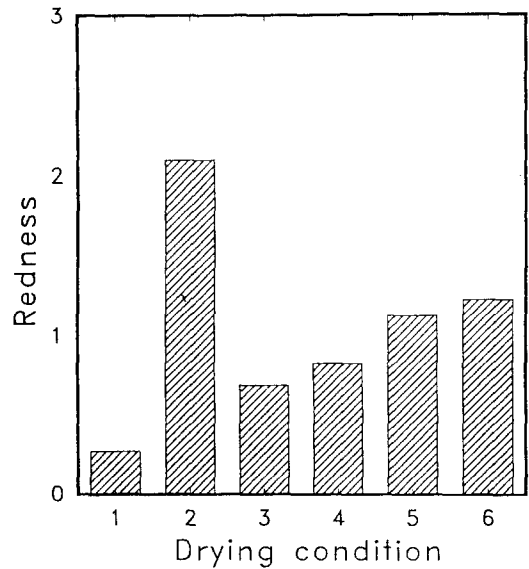


Fig. 5. Changes in redness of yam powder by drying conditions

1; freeze drying, 2; air drying at 40°C, 3; 50°C, 4; 60°C, 5; 70°C, 6; 80°C

Table 3. Approximate composition and damaged starch of air-classified yam fractions (% dry basis)

No.of fraction	Protein	Fat	TDF	IDF	SDF	Ash	Non-fibrous carbohydrate	Damaged starch
0	7.21	0.52	4.66	4.45	0.21	4.27	83.34	29.20
1	31.70	2.33	41.86	40.83	1.03	7.27	16.84	43.20
2	23.36	1.59	43.24	41.99	1.25	6.83	24.98	40.80
3	18.16	1.41	38.33	37.50	0.83	6.20	35.90	41.20
4	16.66	1.19	36.41	35.07	1.34	5.95	39.79	42.80
5	10.11	0.68	17.93	16.25	1.68	5.58	65.70	41.00
6	6.71	0.40	6.47	4.40	2.07	4.78	81.64	36.40
7	5.92	0.26	3.08	1.93	1.15	4.15	86.59	29.00
8	5.22	0.24	2.25	1.42	0.83	3.98	88.31	26.40
9	5.20	0.21	3.45	2.16	1.29	3.95	87.19	27.20

도를 건조 조건에 따라 조사한 결과는 Fig. 2, 3, 4, 5와 같다.

Fig. 2는 건조조건에 따른 마의 점도 특성을 조사한 것으로 동결 건조의 경우 생마의 점도와 거의 비슷하게 나타났으나 열풍건조의 경우 건조온도가 증가할수록 점도가 감소하였다. 특히 60°C 이상으로 건조온도가 높아지면 점도가 급격하게 감소하였다. Fig. 3의 건조조건에 따른 마의 명도(L, lightness)를 측정된 결과를 보면 동결건조시킨 마 분말은 생마와 거의 같은 명도를 나타내었고 50°C와 60°C 열풍건조도 동결건조마와 비슷한 명도를 나타내었지만 40°C, 70°C, 80°C에서는 명도가 상당히 감소하여 건조과정에서 갈변이 일어남을 알 수 있었다. 황색도(Y, yellowness)를 측정된 Fig. 4를 보면 50°C 열풍건조 마만 동결건조 마와 거의 같은 황색도를

나타내었고 나머지 건조조건에서는 더 높은 황색도를 보여주어 역시 갈변이 일어나고 있음을 알 수 있었다. Fig. 5에 나타난 적색도(R, redness) 역시 50°C 열풍건조 마가 가장 낮은 값을 기록하였고 40°C에서 가장 높은 적색도를 나타내어 갈변이 심하게 일어남을 알 수 있었다.

건조조건에 따른 마 분말의 색도를 종합적으로 비교해보면 40°C 정도의 낮은 건조온도에서는 효소적 갈변에 의한 갈변반응이 일어나고 60°C 이상의 고온에서는 비효소적 갈변인 마이알 반응에 의한 갈변이 심하게 일어나는 것으로 추정되었다. 따라서 점도까지 고려한 마의 가장 좋은 건조방법은 동결건조로 판단되며 열풍건조의 경우 50°C 정도로 건조시켜야 어느 정도 마의 고유한 색과 점도를 보존시킬 수 있었다.

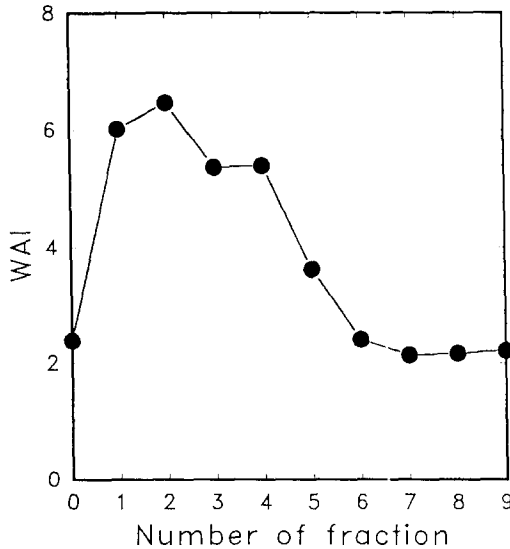


Fig. 6. Water absorption index (WAI) of air-classified yam fractions

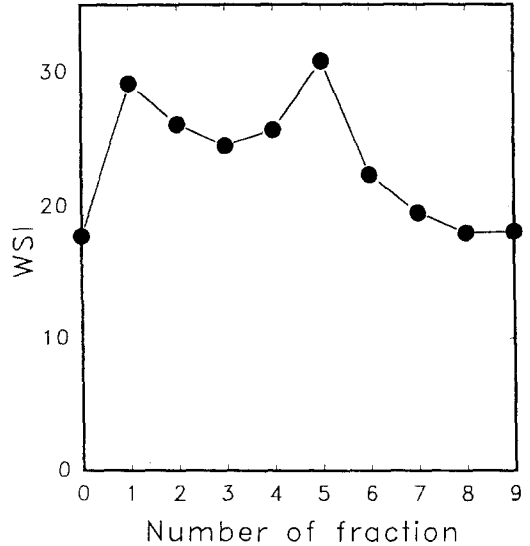


Fig. 7. Water solubility index (WSI) of air-classified yam fractions

ACWS에 따른 분획별 성분 변화

동결건조한 장마를 초미세분쇄한 것(No. 0)과 공기분급한 분획(No. 1-9)들의 단백질, 지방, 식이섬유, 회분, 탄수화물 및 전분손상도를 분석한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 보면 ACWS가 증가할수록 단백질, 지방, 회분, 식이섬유의 함량과 전분손상도가 증가하였다. 특히 점질물의 주 구성 성분으로 알려진 식이섬유와 단백질 함량은 1번 분획이 분급하기 전의 마분말보다 단백질은 4배이상, 식이섬유는 10배 정도나 분리 농축되는 현상을 나타내었으며, 이와 같은 현상은 4번 분획, 즉 ACWS 15,000 rpm을 기준으로 양분되는 현상을 나타내어 마의 점질물을 공기분급시키는 임계 ACWS는 15,000 rpm.으로 판단되었다.

한편 ACWS가 증가할수록 탄수화물의 함량은 감소하는 경향을 보여주어서 공기분급시 마의 구성 성분들간에 분리가 일어남을 확인할 수 있었다.

WAI와 WSI변화

초미세분쇄된 마 분말과 공기분급된 10개 분획들의 WAI와 WSI를 측정된 결과는 Fig. 6, 7과 같다. WAI의 경우 4번 이하의 분획들이 그 이상의 분획들보다 약 2.5 배 이상의 높은 수치를 나타내었고, WSI는 4번 이하의 분획들이 약 1.7배 정도 높은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는 앞에서 4번 이하의 분획들에서 점질물 성분들인 식이섬유와 단백질이 농축되어서 나타난 현상과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되었다.

입도분석 및 미세구조 관찰

Table 4. Particle size distribution and specific surface area of air-classified yam fractions

No.of fraction	Particle size		Specific surface area(m <sup>2</sup> /cc)
	Median	S.D.*	
0	22.47	± 15.24	0.5597
1	6.22	± 5.23	1.5105
2	10.86	± 8.37	0.9604
3	12.75	± 9.34	0.8190
4	14.64	± 12.82	0.7411
5	14.37	± 14.54	0.7308
6	18.70	± 10.19	0.7667
7	17.72	± 8.55	0.6181
8	23.53	± 14.37	0.4899
9	29.68	± 21.00	0.4051

\*S.D.: Standard deviation

공기분급된 10개 분획의 입자크기와 비 표면적(specific surface area)을 측정된 결과는 Table 4와 같다.

ACWS가 증가할수록 분급된 분획들의 입자크기는 감소하고 비 표면적은 증가하여 마의 점질물 성분들을 공기분급에 의해 농축시키기 위해서는 4번 분획을 기준으로 할 때 적어도 10~15 μm 이하의 입자크기로 미분쇄하여 분급시켜야 한다는 사실을 알 수 있었다.

초미세분쇄된 마분말(아번 분획)과 1번 분획, 6번 분획의 입자모양 및 미세구조를 관찰한 결과는 Fig. 8과 같다. 미분쇄된 0번 분획의 입자모양은 비교적 구형에 가깝고 크기도 사진속의 백색 실선인 50 μm 척도에 비해 보면 약 20~25 μm로 상당히 큰 편이었고 부정형의 작은 입자들이 혼합되어 있었다. 1번 분획의 입자는 0번 분

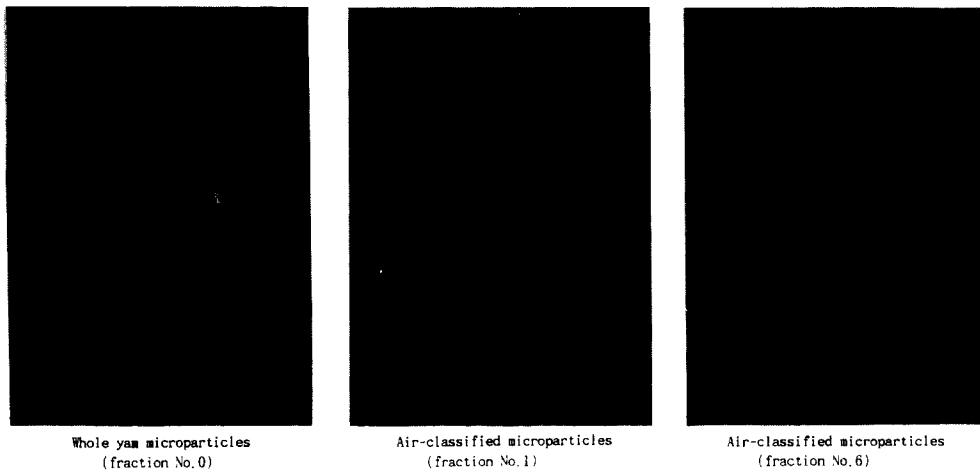


Fig. 8. Microstructures of whole yam and air-classified microparticles

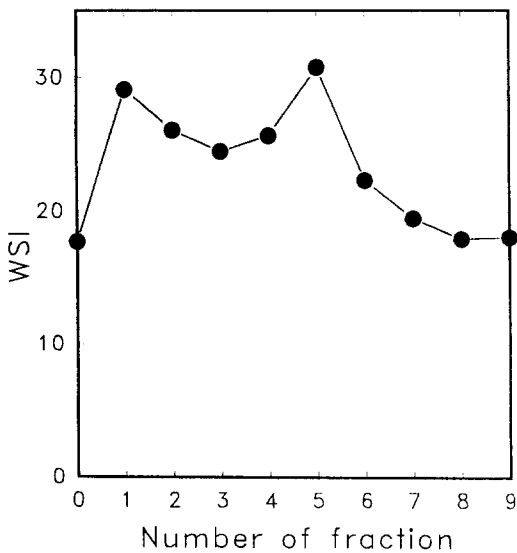


Fig. 9. Shear stress vs shear rate plot of 10% yam powder suspensions by air classification

FDFE; fine fraction of freeze drying, FDCF; coarse fraction of freeze drying HADFF; fine fraction of hot air drying, HADCF; coarse fraction of hot air drying

획에 비해 크기가 매우 작을뿐 아니라 모양도 대부분 구형이 아닌 부정형의 입자로 구성되어 있어서 작은 부정형 입자들이 점질물의 주성분인 식이섬유와 단백질 들임을 알 수 있었다. 6번 분획의 입자모양을 보면 부정형의 작은 입자들은 거의 보이지 않고 구형에 가까운 입자들만 모여 있는데 Table 3의 결과로 판단해 볼 때 구형의 입자들은 탄수화물로 구성된 전분 입자들임을 알 수 있었다.

ACWS 15,000 rpm에서 분급된 분획들의 점도

건조실험 결과에서 가장 좋은 건조 방법으로 나타난 동결건조와 50°C 열풍건조 마에 대하여 Table 3의 결과에서 나타난 점질물의 주 구성성분인 식이섬유와 단백질들이 공기분급에 의해 농축되는 15,000 rpm을 기준 ACWS로 설정하여 대량으로 분급된 분획들의 점도를 측정 한 결과는 Fig. 9와 같다. 동결건조 마의 경우 ACWS 15,000 rpm에서 분획된 미분획(FDFE)의 점도는 0.0800 Pa·s로 조분획(FDCF)의 점도 0.0080 Pa·s보다 10배 정도 높게 나타났으며, 열풍 건조 마의 경우 15,000 rpm에서 분획된 미분획(HADFF)과 비교해서도 2.3배 정도 높게 나타났다. 따라서 이상의 결과를 종합해 볼 때 마를 동결건조후 초미세분쇄하고 ACWS를 15,000 rpm으로 공기분급시키면 점질물 성분들을 대량으로 농축할 수 있다고 판단되었다.

요 약

국내에서 재배량 및 생산량이 가장 많은 장마로부터 마의 점질물을 농축시키기 위한 건조조건, 초미세분쇄 조건 및 공기분급조건을 조사하였다. 마의 건조는 동결 건조방법이 마 고유의 색 및 점질물을 보존시킬 수 있는 가장 좋은 방법이었으며, 열풍건조시 40°C, 70°C, 80°C 등의 건조온도에서는 갈변과 점성이 소실되는 현상이 심하여 50°C 정도의 건조온도가 적당한 것으로 나타났다. 동결건조하여 초미세분쇄된 마의 공기분급시 ACWS가 높은 분획으로 갈수록 식이섬유, 단백질 및 지방 함량이 급격히 증가하였다. 특히 ACWS 15,000 rpm을 기준으로 비교하면 분급하지 않은 마 분말보다 식이섬유와 단백질 함량이 2.5~9.0배 정도 농축되는 결과를 보여주었다. 탄수화물의 함량은 ACWS가 증가할수록 88.31%에서 16.84%로 감소하여 분급하는 ACWS에 따라 성분들의 분리가 일어나고 있음을 확인할 수 있었다. ACWS 15,000 rpm 이상의 분획들의 WSI와 WAI는 그 이하의 분획

들보다 1.5~3.0배 이상 높았으며, 입자의 모양과 크기도 구형이 아닌 15  $\mu\text{m}$  이하의 부정형의 작은 입자들로 구성되어 있었다. 전단 속도 1000 l/s에서의 겔보기점도의 경우 ACWS 15,000 rpm 이상의 분획은 0.0800 Pa·s 이었고, 그 이하의 분획은 0.0080 Pa·s로 나타나 10배 정도 점질물이 농축되었다. 이와같은 결과를 종합해보면 마로부터 점질물을 분리, 농축하기 위해서는 마를 동결건조하고 5~30  $\mu\text{m}$ 크기의 입자로 초미세분쇄한 뒤 ACWS 15,000 rpm 이상으로 공기분급을 실시하면 가능한 것으로 판단되었다.

## 문 헌

1. 생약학 연구회: 현대 생약학. 학창사, 서울(1993)
2. 도정애: 한국산 산약류의 생약학적 연구. 한국생약학회지, 15, 30(1984)
3. 박부길: *Dioscorea batatas* DECNE 성분에 관한 연구. 강원대학 연구 논문집, 6, 89(1972)
4. Misaki, A., Ito, T. and Harada, T.: Constitutional studies on the mucilage of "Yamanjimo" *Dioscorea batatas* DECNE. *Agr. Biol. Chem.*, 36, 761(1972)
5. Hironaka, K., Takada, K. and Ishibashi, K.: Chemical composition of mucilage of Chinese yam. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37, 48(1990)
6. Tomoda, M., Ishikawa, K. and Yokoi, M.: Plant mucilages(Isolation and characterization of a mucilage "Dioscorea-mucilage B", from the rhizophors of *Dioscorea batatas*). *Chem. Pharm. Bull.*, 29, 3256(1981)
7. Ohtani, K. and Murakami, K.: Structure of mannan fractionated from water soluble mucilage of nagaimo (*Dioscorea batatas* DECNE). *Agric. Biol. Chem.*, 55, 2413(1991)
8. 차연수: 참마(*Dioscorea japonica* THUNB)전분의 이화학적 특성에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위 논문(1993)
9. 김화선, 김상순, 박용근, 석호문: 한국산 마전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, 23, 554(1991)
10. 이부용, 이영철, 김홍만, 김철진, 박무현: 마전분 호화액의 리올리지 특성. 한국식품과학회지, 24, 619(1992)
11. 최일숙, 이임선, 구성자: 마(*Dioscorea batatas* DECNE) 전분의 rheogy 및 열적 특성에 관한 연구. 한국조리과학회지, 8, 57(1992)
12. Suzuki, A., Kanayama, M., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Physicochemical properties of nagaimo(yam) starch. *J. Jpn. Soc. Starch. Sci.*, 33, 191(1986)
13. Rasper, V. and Coursey, D.G.: Properties of starches of some west African yams. *J. Sci. Food Agric.*, 18, 240(1967)
14. Nagashima, T. and Kamoi, I.: Some properties of starch from yam(*Dioscorea*). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37, 124(1990)
15. Hironaka, K., Shindou, T. and Ishibashi, K.: Viscoelasticity of Chinese yam(*Dioscorea opposita* THUNB cv. Nagaimo). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 36, 891(1989)
16. Tanoue, H., Hobara, S. and Ishihata, K.: Determination of viscous polysaccharide of yam(*Dioscorea*) by gel permeation chromatography and correlation of its content with mechanical characteristics of Tororo. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35, 595(1988)
17. Tanoue, H. and Simozono, H.: Chemical and rheological properties of viscous polysaccharide from three species of yam(*Dioscorea*). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 38, 751(1991)
18. 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)
19. 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)
20. Stringfellow, A.C., Pfeifer, V.F. and griffin, E.L.: Air classification of rice flours. *Rice J.*, 64(7), 30(1961)
21. 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)
22. 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)
23. Han, J.Y. and Khan, K.: Physicochemical studies of pin-milled and air-classified dry edible bean fractions. *Cereal Chem.*, 67, 384(1990)
24. Posner, E.S.: Mechanical separation of a high dietary fiber fraction from wheat bran. *Cereal Foods World*, 36, 553(1991)
25. AOAC: Official Methods of Analysis of the AOAC, 14th ed., *Association of Official Analytical Chemists*, Washington D.C., U.S.A.(1984)
26. Prosky, L., Asp, N.G., Schewizer, T.F., Devries, J.W. and Furda, I.: Determination of insoluble and total dietary fiber in food and foods product interlaboratory study. *J. AOAC*, 71, 1017(1988)
27. Anderson, R.A.: Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked grain products. *Cereal Chem.*, 59, 265(1982)
28. AACC: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, Vol.2, 8th ed., 76-30A(1986)

(1994년 7월 15일 접수)