

건조방법에 따른 마의 품질특성

이부용 · 김현구
한국식품개발연구원

Quality Properties of Korean Yam by Various Drying Methods

Boo-Yong Lee and Hyun-Ku Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

To establish optimum drying methods for Korean yam, freeze drying, cool air drying and hot air drying methods were compared by determining some quality criteria. The native color, odor, taste and viscosity of raw yam were preserved by only freeze drying at less than 40°C. The native white color of yam changed to brown and odor and taste of yam decreased largely by cool air drying and hot air drying. Especially cooked and roasted flavor was developed in hot air dried yam. The viscosity of cool and hot air dried yam was about half than that of freeze dried yam. Conclusively freeze drying method was shown optimum to preserve quality properties of yam such as viscosity, color, odor and taste. The physical properties of yam powder such as dispersiveness and solubility was the best in 40~60 mesh particle size.

Key words: Korean yam, drying methods, quality properties

서 론

일반적으로 마는 마(*Dioscorea*)과에 속하는 다년생 덩굴초본이다. 식용이나 약용으로 사용하는 가식부위는 뿌리가 원주상으로 비대한 생근형태로서 지하괴근(塊根)의 주피(周皮)를 제거하여 그대로 또는 썰서 말린 부위이다. 괴근의 내부는 유백색이나 황갈색을 띠며 끈끈한 점질물을 다량 함유하고 있다. 맛은 약간 달고 담백하며, 마 특유의 고유한 냄새가 난다. 한방에서는 산약(山藥)이라고도 부르며 예로부터 자양(滋養), 강장(強壯), 강정(強精), 폐결핵 등에 유효하게 이용되어 왔다⁽¹⁻³⁾.

마는 알칼리성 식품이며, 여러 가지 소화효소가 함유되어 있어서 고구마나 감자와같은 다른 지하 괴근과는 달리 익혀먹지 않고 생식을 하여도 소화흡수가 잘 된다. 특히 마의 끈끈한 점질물의 주성분은 mannan으로 이루어진 섬유질이 대부분이며 단백질과 무기질, 소량의 glucose, fructose 등으로 이루어져 있어서 당뇨병이나 설사 등에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다⁽⁴⁻⁸⁾.

마에 대한 국내 연구결과를 살펴보면 차⁽⁹⁾, 김 등⁽¹⁰⁾의 마전분의 이화학적 구조 특성에 대한 연구, 생약학적 약효 연구^(2,3), 이 등⁽¹¹⁾의 마전분 호화액의 리올리시 특성 및 최 등⁽¹²⁾의 열적 특성에 관한 연구 등이 있다.

국외 연구로는 Suzuki 등⁽¹³⁾, Rasper 등⁽¹⁴⁾, Nagashima 등⁽¹⁵⁾의 외국산 마전분에 대한 이화학적 특성 연구와 점질물의 성분과 구조에 대한 연구, 마의 점탄성에 대한 연구⁽¹⁶⁾, 점질성 다당류의 정량과 분석 등에 관한 연구⁽¹⁷⁾, 여러 종류의 마점질 다당류들의 화학적 조성 및 유동 특성 등에 대한 연구⁽¹⁸⁾ 등이 있을 뿐이다.

마의 이용, 소비실태를 살펴보면 현재는 생마를 수확하여 저온 저장하거나 수확하지 않고 그대로 땅속에 묻어 두었다가 이듬해 3월 정도까지 필요량 만큼 수확하여 유통시키기도 하지만, 생마는 저온저장이나 땅속에 묻어 두어도 갈변이 심하고 부패가 빨리 일어나는 등 저장성이 극히 제한되어 있어서 수확기만 지나면 생마를 구하여 그 점질성을 이용한 식품을 제조하기가 매우 어렵다. 따라서 마를 건조시켜서 저장하거나 유통시키는 것이 좋은 방법이지만 시중에 유통되고 있는 건조 마분말들은 점성도 거의 없고 색도 갈변되어 그 품질이 열악한 상태이다. 건조된 마의 식품학적 품질 특성 중 가장 중요하게 고려되는 것은 점질

Corresponding author: Boo-Yong Lee, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

물 성분에 의한 끈끈한 물성과 생마의 백색 내지는 연한 미색이 그대로 유지되느냐 하는 것이다.

따라서 본 연구에서는 마를 현재 가장 널리 사용되고 있는 동결건조, 냉풍건조 및 열풍건조 방법으로 건조시 각 건조 방법의 최적 조건을 조사하고, 3가지 건조 방법에 따른 마의 식품학적 품질 특성을 비교 평가하여 적정 건조방법을 고찰해 보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 마는 경북 안동에서 수확된 마 (*Dioscorea bulbifera* L.)를 12월 수확기에 직접 구입하였다.

동결건조

생마를 선별하여 박피한 후 4~5 mm 두께로 세절하여 -20°C 이하로 동결시켰다. 동결건조시 열판(Heating plate)의 가열온도를 10~70°C까지 10°C 간격으로 가열시켜, 즉 마의 품온을 각각 다르게 유지시키면서 건조하여 동결건조된 마의 색도 및 점도를 측정하였다. 동결건조시 진공도는 100 mmHg 이하로 하였다.

냉풍건조

냉풍건조시 온도는 15, 20, 25°C로 하여 수분함량 10% 정도까지 건조시켰다.

열풍건조

열풍건조는 예비 실험에서 건조된 마의 색깔이 가장 생마에 가장 가까웠고 겉보기 점도가 가장 높았던 50°C 열풍건조 조건을 설정하여 수분함량을 10% 정도까지 건조시켰다.

색도

건조된 마를 입자크기 40~60 mesh로 분쇄한 후 색차계(Chromameter CR-300, Minolta Camera Co., Japan)로 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값을 측정하였다. 이 때 사용한 표준백색 판의 L, a, b 값은 각각 97.75, -0.49, 1.96이었다.

점도

40~60 mesh 사이의 입자크기로 분쇄된 마분말과 생마에 대하여 고형분 10%의 현탁액을 제조하여 20°C에서 원통형 점도계(Haake Viscometer RV20, U.K.)로 전단속도 1,000 1/s에서 겉보기점도를 측정하였다.

수분용해지수(WSI, water soluble index)와 수분흡수지수(WAI, water absorption index)

40~60 mesh 사이의 입자크기로 분쇄된 마분말 10% 현탁액 30 g을 1시간 정도 방치 후 5,000×g로 원심분리한 뒤 상등액의 고형분량과 상등액의 침전물의 양을 측정하여 수분용해지수와 수분흡수지수를 다음과 같이 계산하였다⁽¹⁾.

$$WSI(\%) = \frac{\text{상등액 1g당 고형분량} \times 27}{\text{시료량(건물)}} \times 100$$

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

분산성 및 용해성

건조방법 별로 건조된 마분말(40~60 mesh)이 얼마나 물에 잘 풀어지는가의 정도인 분산성(dispersiveness)과 물의 흡수량에 따라서 점성이 얼마나 빠르게 복원되는 정도인 용해성(solubility)을 관능적인 육안 관찰을 하여 상대적인 차이를 비교하였다.

관능평가

본실험실에서 훈련된 10명의 패널들에게 생마 10% 현탁액을 대조구로 하여 건조방법 별로 건조된 마분말 10% 현탁액을 제시하여 향, 맛을 비교하게 하였으며 minitab 프로그램으로 통계처리를 실시하였다.

결과 및 고찰

적정 동결건조 조건

동결된 마를 동결건조시 마의 품온이 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70°C가 유지되도록 가열온도를 조절하여 건조시킨 뒤 마의 색깔 및 전단속도 1,000 1/s에서 겉보기 점도를 측정된 결과는 Table 1과 같다.

일반적으로 곡류를 동결건조 시킬 때 가열온도는 그 곡류의 탄화점 이하로 가열시켜 대상물이 가열되어 변색되지 않도록 하면서 수분을 빨리 제거시키는 것이 보통이다. 그러나 마는 가열온도가 50°C가 넘으면 점도가 0.0120 Pa·s로 급격하게 감소하면서 색깔도 노란색과 갈색으로 갈변되어 품질이 좋지 않은 동결건조 마가 된다. 생마를 동결건조 시킬때 건조 효율을 높이기 위해서 가열판의 온도를 높여 품온을 증가시키더라도 40°C 이하로 품온이 유지되도록 하여야만 건조 후 마의 겉보기 점도가 0.0160 Pa·s, 연한 백색의 색깔이 보존되어 동결건조된 마의 색깔 및 점도가 생마와 거의 같은 상태로 유지된다는 것을 알 수 있었다.

Table 1. Colors and apparent viscosities of 10% yam suspensions by freeze drying conditions

Materials	Color	Apparent Viscosity (Pa · s)
Raw yam	white	0.0170
F.D. ¹⁾ yam at 10°C	white	0.0170
F.D. yam at 20°C	white	0.0170
F.D. yam at 30°C	white	0.0165
F.D. yam at 40°C	light yellow	0.0160
F.D. yam at 50°C	yellow	0.0120
F.D. yam at 60°C	yellow-brown	0.0080
F.D. yam at 70°C	brown	0.0050

¹⁾freeze-dried.

적정 분말화 조건

일반적으로 건조된 마는 분쇄하여 물에 타먹는 분말 식품으로 많이 이용되기 때문에 적정 분말화 조건을 조사 하였다. 조건별로 동결건조된 마를 분산성과 용해성이 다같이 뛰어나도록 입자 크기에 따라 분쇄하여 분산성(dispersiveness)과 용해성(solubility)을 측정 한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 마분말에 물을 첨가할 때 입자가 클수록 분산성은 좋아서 잘 풀리지만 용해성이 불량하여 점성이 즉시 복원되지 않았으며, 입자가 작을수록 용해성은 양호하여 점성은 쉽게 복원되나 분산시키는데는 시간이 오래 걸리는 등 분산성은 매우 불량한 것으로 나타났다. 즉 분산성과 점성이 복원되는 용해성이 다같이 적절한 조건은 40~60 mesh 크기의 입자 상태로 된 마분말이 가장 좋은 것으로 나타났다.

색도

동결건조시의 최적 조건인 40°C 동결건조와 15, 20, 25°C 냉풍건조 및 예비실험에서 마의 색깔과 점도가 가장 양호 하였던 50°C 열풍건조 조건으로 각각 건조하여 얻은 건조 마를 40~60 mesh 크기의 입자 상태로 분말화하여 색도를 명도(L), 적색도(a), 황색

Table 2. Dispersiveness and solubility of freeze dried yam powders with different particle sizes

Particle size	Dispersiveness ¹⁾	Solubility ¹⁾
20~30 mesh	+++++	+
30~40 mesh	+++++	++
40~50 mesh	++++	++++
50~60 mesh	++++	+++++
60~70 mesh	+++	++++
70~80 mesh	++	++++
80~90 mesh	+	+++

¹⁾+++++, very good; +++++, good; +++++, general; ++, bad; +, very bad.**Table 3. Surface color of yam powders prepared by different drying methods**

Drying condition	Color Value		
	L	a	b
Freeze Drying at 40°C	98.96	-0.97	1.78
Cool-air drying at 15°C	94.95	-0.16	4.60
Cool-air drying at 20°C	94.72	+2.19	4.97
Cool-air drying at 25°C	93.44	+0.27	6.32
Hot-air drying at 50°C	95.21	+0.55	3.56

도(b) 값으로 측정하여 얻은 결과는 Table 3과 같다.

동결건조시킨 건조 마분말의 색도는 생마의 색도와 거의 같았으므로 동결건조 시킨 마분말을 기준으로 하여 다른 건조 방법으로 건조시킨 마의 색도를 비교 하였다. 냉풍건조나 열풍건조시킨 마분말의 명도는 크게 감소하여 전체적으로 어두운 값을 나타내었다. 특히 25°C 냉풍건조의 경우가 가장 낮은 명도값을 보여주었다. 적색도 값은 큰 차이를 나타내지 않았으나, 건조시 갈변반응에 의해 나타나는 황색도 값은 동결건조에 비해 냉풍건조나 열풍건조시의 값들이 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 명도값이 가장 낮게 나타난 25°C 냉풍건조의 경우가 황색도 값도 가장 높게 나타나서 육안으로 보기에 갈변이 상당히 일어남을 알 수 있었다. 이와같은 마의 갈변 현상은 Suzuki 등⁽¹³⁾과 Tanoue 등⁽¹⁸⁾의 보고에 의하면 주로 polyphenol oxidase와 같은 갈변 효소들의 작용과 약간의 비효소적 갈변작용에 의해 일어난다고 하였다. 동결건조나 50°C 열풍건조에서는 갈변 효소들의 작용이 적합하지 않은 온도이고, 25°C 냉풍건조의 경우 상대적으로 효소들의 작용이 활발한 조건이라서 훨씬 더 갈변된 것으로 판단된다.

점도

건조 조건 별로 제조된 마분말 10% 현탁액의 겔보 기점도를 측정하여 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 앞의 실험결과에서 40°C 동결건조 마의 경우 0.0160 Pa · s로 생마와 거의 유사한 점도를 보여 주었던 것과는 달리 열풍건조중 가장 좋은 조건이었던 50°C 열풍건조의 경우도 겔보기점도가 0.0080 Pa · s로 가장 크게 감소하였으며, 25°C 냉풍건조도 동결건조보다 상당히 떨어지는 0.0100 Pa · s정도의 겔보기점도를 나타내어 열풍건조나 냉풍건조시 마분말의 점질성이 매우 떨어지는 것으로 나타났다.

수분용해지수와 수분흡수지수

Fig. 2의 수분용해지수는 40°C 동결건조 마의 경우

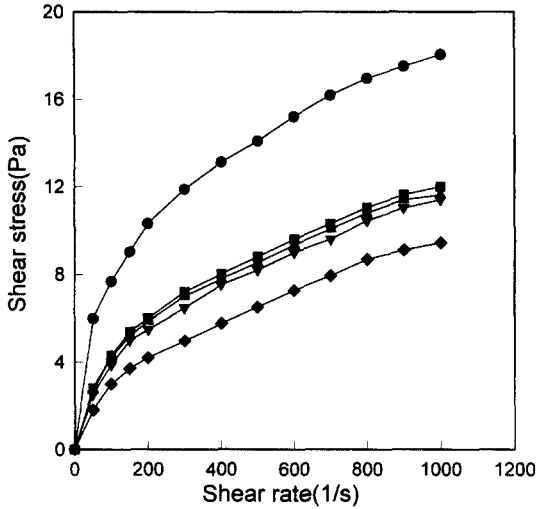


Fig. 1. Shear stress vs shear rate plot of 10% suspension of yam powders prepared by different drying methods. ●—●, Freeze drying at 40°C; ■—■, Cool air drying at 15°C; ▲—▲, Cool air drying at 20°C; ▼—▼, Cool air drying at 25°C; ◆—◆, Hot air drying at 50°C.

약 26% 정도로 높지만 냉풍건조와 열풍건조의 경우 15~20% 정도의 낮은 값들을 나타내어 용해성이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 20°C 냉풍건조의 경우 약 15% 정도의 가장 낮은 수분용해지수를 나타내었다.

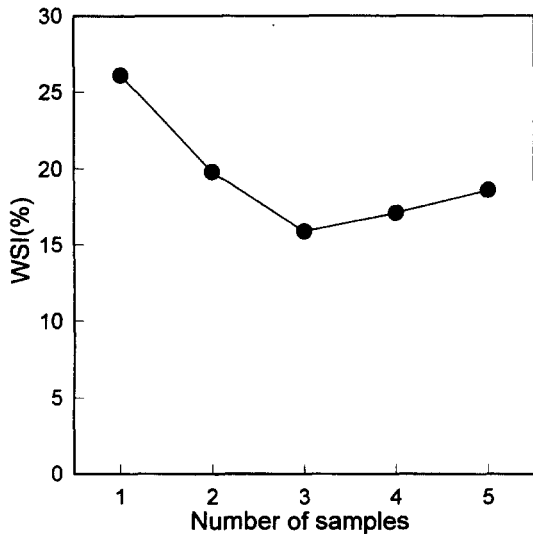


Fig. 2. Water soluble indexes (WSI) of yam powders prepared by different drying methods. 1, Freeze drying at 40°C; 2, Cool air drying at 15°C; 3, Cool air drying at 20°C; 4, Cool air drying at 25°C; 5, Hot air drying at 55°C.

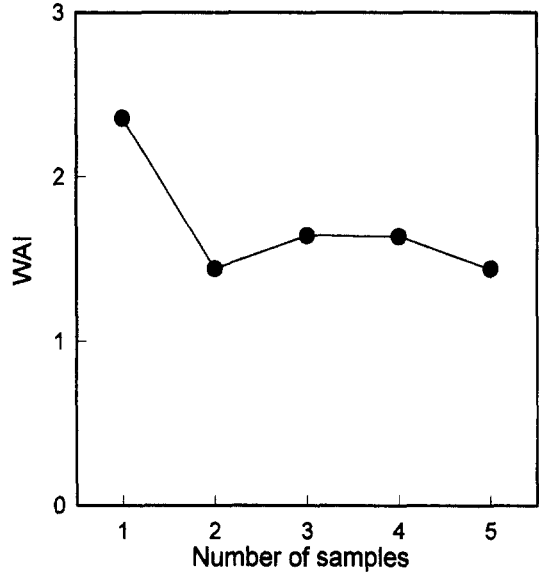


Fig. 3. Water absorption indexes (WAI) of yam powders prepared by different drying methods. 1, Freeze drying at 40°C; 2, Cool air drying at 15°C; 3, Cool air drying at 20°C; 4, Cool air drying at 25°C; 5, Hot air drying at 55°C.

Fig. 3의 수분흡수지수도 40°C 동결건조 마의 경우 약 2.4 정도로 높게 나타났지만 냉풍건조와 열풍건조의 경우 1.3~1.6 범위로 낮게 나타났다. 따라서 건조조건에 따라 마의 수분흡수지수와 수분용해지수가 크게 차이를 알 수 있었다. 즉 분말을 물에 풀 때 40°C에서 동결건조 시킨 마가 가장 잘 풀어진다는 사실을 뒷받침 해주었다.

분산성 및 용해성

건조 방법 별로 제조된 마분말을 동결건조시 분산성과 용해성이 우수하였던 적정분말화 조건인 40~60 mesh의 입자 크기로 모두 분쇄한 후 일정량을 일정량의 물에 분산시키면서 분산성과 점성이 얼마나 빨리 복원되는가의 용해성을 관능적으로 측정된 결과는 Table 4와 같다.

분산성은 입자크기를 40~60 mesh로 하였기 때문에 모두 양호하였으나 점성이 복원되는 용해성은 동결건조 마의 경우, 즉시 생마와 같은 상태로 복원되었으나 냉풍건조나 열풍건조는 용해성이 매우 떨어지는 것으로 나타났다. 이와같은 현상은 동결건조의 경우 건조 후 마의 구조가 다공질로 유지되어 수분의 흡수 및 용해가 빠르고 열에 의한 성분 변화가 적은 반면에 열풍건조나 냉풍건조의 경우에는 건조시 마의 조직이 수축되어 다공질 구조가 형성되지 못하고 지속적인 열

Table 4. Dispersiveness and solubility of yam powders prepared by different drying methods

Drying conditions	Dispersiveness ¹⁾	Solubility ¹⁾
Freeze drying at 40°C	++++	+++++
Cool-air drying at 15°C	++++	++
Cool-air drying at 20°C	++++	++
Cool-air drying at 25°C	++++	++
Hot-air drying at 50°C	++++	++

¹⁾++++, very good; +++++, good; +++, general; ++, bad; +, very bad.

Table 5. Sensory evaluation for color, odor and taste of yam powders prepared by different drying methods

Drying conditions	Odor ¹⁾	Taste ¹⁾
Freeze drying at 40°C	2.75±0.25 ²⁾	2.85±0.19
Cool-air drying at 15°C	1.81±0.23	2.11±0.31
Cool-air drying at 20°C	1.69±0.19	1.87±0.28
Cool-air drying at 25°C	1.45±0.27	1.73±0.22
Hot-air drying at 50°C	1.31±0.15	1.42±0.24

¹⁾1, Very weak; 2, weak; 3, very same.

²⁾Mean±standard deviation at p<0.05.

에 의해 동결건조 보다는 점성을 나타내는 성분들의 손상이 심하기 때문인 것으로 판단된다.

관능검사

건조 조건 별로 제조된 마분말을 일정량 물에 풀어서 생마의 점수를 3점으로 가늠하여 마 고유의 향, 맛 등을 강도로서 비교한 결과는 Table 5와 같다.

건조 조건에 따른 마의 향과 맛의 경우 동결건조시료는 생마의 향이나 맛이 거의 보존되는 것으로 평가되었으나, 열풍건조시료의 경우 생마의 고유한 향이나 맛보다도 가열취와 약간 구수한 맛이 나면서 마 고유의 향이나 맛이 매우 떨어지는 것으로 나타났다. 냉풍건조시료의 경우 가열취나 구수한 맛은 크게 나타나지 않는 것으로 나타났으나 역시 생마의 고유한 향이나 맛은 동결건조시료에 비해 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

결론적으로 생마의 식품학적 주요 특성인 점질성, 색, 마 고유의 향과 맛을 유지하며 분산성과 용해성을 높이는 건조 방법으로는 동결건조가 가장 좋은 것으로 평가되었으며, 분말화시 분말의 용도에 적합한 용해성 및 분산성 같은 물성이 높게 나타나는 적정 입자 크기는 40~60 mesh 사이가 적당한 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 생마의 적정 건조방법을 알아 보고

자 동결건조, 냉풍건조 및 열풍건조 방법으로 마를 건조시 각 건조 방법의 최적 조건을 조사하고, 3가지 건조 방법에 따른 마의 식품학적 품질 특성을 비교 평가하여 최적 건조방법을 고찰해 보고자 하였다. 동결건조시 40°C 이하로 가열하면서 건조 시키면 건조후 마 고유의 색, 향, 맛과 점질성이 생마와 거의 같은 수준으로 유지되었다. 열풍건조나 냉풍건조의 경우 건조 후 마의 색이 연한 백색이나 미색을 나타내지 않고 갈변되었다. 향이나 맛의 경우 냉풍건조시는 마 고유의 향이나 맛이 감소되었으며 열풍건조에서는 마 고유의 향이나 맛이 감소되었을 뿐 만 아니라 가열취나 구수한 맛도 나타났다. 40°C 동결건조 마는 생마와 유사한 0.0160 Pa·s의 겔보기 점도를 나타내었으나 열풍건조와 냉풍건조는 생마의 반 이하 수준으로 점도가 감소하여 점질성을 거의 나타내지 않았다. 결론적으로 생마의 식품학적 주요 특성인 점질성, 색, 마 고유의 향과 맛을 유지하며 분산성과 용해성을 높이는 건조 방법으로는 동결건조가 가장 좋은 것으로 평가되었으며, 분말화시 분말의 용도에 적합한 용해성 및 분산성 같은 물성이 높게 나타나는 적정 입자 크기는 40~60 mesh 사이인 것으로 나타났다.

문 헌

1. 생약학연구회: 현대 생약학, 학창사, 서울, p. 267 (1993)
2. Toh, C.A.: Pharmacognostical study on the *Dioscoreae* Rhizoma in Korea (in Korean). *Korean J. Pharmacogn.*, **15**, 30-38 (1984)
3. Park, B.K.: Studies on the components of *Dioscorea* DECNE (in Korean). Kangwon Univ. Research Report, **6**, 89-92 (1972)
4. 佐利夫: 粘質物の 組成과 構造. *日本化學雜誌*, **88**(9), 985-990 (1967)
5. Misaki, A., Ito, T. and Harada, T.: Constitutional studies on the mucilage of "Yamanoimo" *Dioscorea batatas* DECNE. *Agr. Biol. Chem.*, **36**, 761-771 (1972)
6. Hironaka, K., Takada, K. and Ishibashi, K.: Chemical composition of mucilage of chinese yam. *Nippon Shokuhin kogyo Gakkaishi*, **37**, 48-51 (1990)
7. Tomoda, M., Ishikawa, K. and Yokoi, M.: Plant mucilage XXX. *Chem. Pharm. Bull.*, **29**, 3256-3261 (1981)
8. Ohtani, K. and Murakami, K.: Structure of mannan fractionated from water soluble mucilage of nagaimo (*Dioscorea batatas* DECNE). *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 2413-2417 (1991)
9. Cha, Y.S.: Physicochemical properties of *Dioscorea japonica* THUNB starch. *MS Thesis*, Sookmyong Women's Univ., Seoul, Korea (1983)
10. Kim, W.S., Kim, S.S., Park, Y.K. and Seog, H.M.: Physicochemical properties of several Korean yam starches (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 554-560 (1991)

11. Lee, B.Y., Lee, Y.C., Kim, H.M., Kim, C.J. and Park, M.H.: Rheological properties of the gelatinized yam starch solution (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 619-622 (1992)
12. Choi, I.S., Lee, L.S. and Koo, S.J.: Study on rheological and thermal properties of *Dioscorea batatas* DECNE starch (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **8**, 57-63 (1992)
13. Suzuki, A., Kanayama, M., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Physicochemical properties of nagaimo (yam) starch. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **33**, 191-198 (1986)
14. Rasper, V. and Coursey, D.G.: Properties of starches of some west african yams. *J. Sci. Food Agric.*, **18**, 241-248 (1967)
15. Nagashima, T. and Kamoi, I.: Some properties of starch from yam (*Dioscorea*). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **37**, 124-129 (1990)
16. Hironaka, K., Shindou, T. and Ishibashi, K.: Viscosity of Chinese yam (*Dioscorea opposita* THUNB cv. Nagaimo). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **36**, 891-897 (1989)
17. Tanoue, H., Hobara, S. and Ishigata, 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**, 595-603 (1988)
18. Tanoue, H. and Simozono, H.: Chemical and rheological properties of viscous polysaccharides from three species of yam (*Dioscorea*). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **38**, 751-757 (1991)
19. Kim, H.K., Lee, B.Y. and Kim, Y.E.: Development of functional new materials from some Korean medicinal plants (in Korean). *Korea Food Research Institute Report* E1218-0420 (1993)

(1998년 4월 20일 접수)