

연구노트

건조방법과 첨가물에 따른 마 현탁액의 점도

김인현 · 손현주 · 정구민*

안동대학교 식품생명공학과

Viscosity of Yam Suspension by Drying Methods and Additives

In Hyun Kim, Hyun Ju Son, and Koo Min Chung*

Department of Food Science and Biotechnology, Andong University

Abstract Yam powders were prepared by freeze, fan, hot-air, and coal-heat drying. The viscosities of their suspensions and supernatants and the viscosity changes with addition of sugar, salt, and citric acid were investigated. Viscosity (43 mPa·s) of 7.5% suspension of fan-dried yam powder was lower than that of freeze dried yam (58.1 mPa·s), but much higher than that of the conventional, hot-air dried yam (17.2 mPa·s). Coal-heat dried yam had a viscosity of only 4.5 mPa·s. The viscosity was related to the protein denaturation induced by heat and acid. Addition of sugar to yam powder increased the viscosity of the suspension but no changes were evident with salt addition. Viscosities decreased when 0.5% citric acid was added (pH 3.4-3.5).

Key words: yam, drying method, viscosity, additives

서론

마는 예로부터 자양, 강장, 당뇨, 설사 등에 효과가 있다 하여 약용 및 식용으로 소비되고 있는 다년생 덩굴 초본이며 가식부는 뿌리부분이며, 마의 특징의 하나는 점성을 갖는 것이다. 마의 점질물의 구성성분에 관한 연구를 보면, Misaki 등(1)은 점질물을 구성하는 주요성분은 단백질(71.8%)과 mannan(13.8%)이며 mannan의 평균중합도는 110이라고 보고하였다. Tomoda 등(2)은 점질물은 부분적으로 아세틸화한 mannan과 약간의 인이 결합된 단백질로 구성되어 있으며 그 비는 1:2.2라고 하였다. Ohtani와 Murakami(3)에 의하면 mannan은 90%내외의 mannose와 10% 내외의 galactose와 glucose로 구성되어 있다고 한다. Tanoue와 Simozono(4)도 마의 다당류는 주로 mannose이고 약간의 arabinose, glucose, galactose와 미량의 xylose와 rhamnose가 있다고 보고하였다. Han 등(5)은 생마와 증건한 마의 점질물의 점도와 성분을 조사한 결과, 증건한 마 점액의 점도는 생마에 비해 상당히 낮았으며 단백질의 함량도 낮았다고 하였다. 반면에 mannose의 함량은 증건한 것이 더 높다고 하였다.

현재 마는 주로 생마로 소비되거나 열풍건조한 마를 분쇄하여 가루 형태 혹은 마의 불추출액을 원료로 한 음료로 가공되어 판매되고 있으며, 농가에서 연탄불로 건조한 것은 한약재로 유통되고 있다. 그러나 열풍건조나 연탄건조한 것은 생마가 가지고 있는 마 특유의 점성이 없을 뿐 아니라, 마의 영양성분이 열이나 야황산가스에 의해 일부 파손될 염려가 있다. 건조 방법에 따른

마의 점성을 보면 Lee 등(6)은 동결 건조한 것이 마 고유의 점성을 가장 잘 유지하여 생마와 거의 유사하였고 열풍 건조하면 점성이 상당히 감소하였다고 하였다. 또한 Lee와 Kim(7)은 냉풍 건조는 냉동건조보다는 못하지만 열풍건조보다는 우월하다고 하였다. 이와 같이 냉동건조와 냉풍건조는 마의 주요 성질인 점성을 보존하는 데는 좋지만, 설치비용과 운영비용이 비싼 단점이 있다. 이에 농가에서 실온에서 선풍기로 통풍하면서 건조하면 건조 중 수분증발로 마의 품온이 낮아진 상태로 건조되기 때문에 경제적이면서도 간편하게 비교적 점성이 유지되는 건조마를 생산할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 마를 4가지 방법(냉동, 열풍건조, 선풍기통풍, 연탄)으로 건조한 후, 마 현탁액의 점도와 단백질간의 관계, 첨가물에 따른 마 현탁액의 점성 변화를 조사하고자 하였다. 또한 선풍기로 통풍건조한 마의 점성을 다른 방법으로 건조한 것과 비교하였다.

재료 및 방법

재료

경북 안동시 북후농협에서 획득한 마(장마, *Dioscorea batatas* DECNE)를 박피하고 약 2 mm 두께로 절단한 후, 다음과 같이 건조하였다. 냉동건조마는 영하 50°C에서 얼린 후 냉동건조기(모델 SFDSF 24, 삼원냉열엔지니어링)로 건조하였고, 열풍건조마는 60°C에서 강제송풍건조기(전열식, 한국위스코주식회사)로 건조하였으며, 선풍기건조마는 11월 하순경 실온에서 선풍기 바람을 이용하여 건조하였다. 선풍기건조의 경우 건조에 소요되는 시간은 1-2 일 정도였다. 연탄건조마는 경북 안동시 북후면의 한 농가에서 연탄화덕을 이용하여 건조한 것이었다. 연탄건조는 화덕의 약 60 cm 위에 선반을 설치하고 건조하는 것이었다. 건조된 마는 분쇄기(1095 Knifetec Sample Mill, Foss Tecator AB, Sweden)로 60메시 체를 통과하게 마쇄하였다.

*Corresponding author: Koo Min Chung, Department of Food Science and Biotechnology, Andong University, 388 Songchondong, Andong, Gyeongbuk 760-749, Korea
Tel: 82-54-820-5492
Fax: 82-54-820-6264
E-mail: kmchung@andong.ac.kr
Received February 27, 2006; accepted May 10, 2006

성분분석

수분함량은 자동수분측정기(Model LJ16, Mettler, Switzerland)로 측정하였으며, 조단백질 함량은 켈달방법으로 측정하였다.

점도측정

마분말을 7.5%(w/w) 농도로 물에 균일하게 현탁시킨 현탁액과 이를 1,000×g로 원심분리하여 얻은 상정액(불추출물)의 점도를 small sample adapter가 부착된 Brookfield 점도계(Model DV-II+, Brookfield Engineering Lab., USA)로 100 rpm(shear rate; 34 sec⁻¹)과 25°C에서 측정하였다. 첨가물에 따른 점도 변화는 위의 현탁액에 설탕은 5, 10, 15%(w/w), 소금은 1, 3, 5%(w/w), 구연산은 0.01, 0.1, 0.5%(w/w)의 농도로 첨가한 후, 각각의 현탁액과 상정액의 점도를 측정하여 조사하였다.

처리온도에 따른 마 상정액의 점도변화는 다음과 같이 측정하였다. 냉동건조 마 현탁액(10%, w/w)을 앞의 조건으로 원심분리하여 얻은 상정액을 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80°C 수욕조에서 한 시간 열처리한 후, 25°C로 시료의 온도를 조정하여 다음 앞에서의 조건으로 점도를 측정하였다.

통계처리

측정은 최소 2반복 이상 실시하였으며, 평균간 비교는 SAS 프로그램을 이용하여 Duncan's multiple test(α=0.05)로 실시하였다.

결과 및 고찰

건조방법에 따른 마 현탁액과 추출액의 점도

건조 마의 점도는 건조방법에 따라 많은 차이를 보여주고 있다. 마 분말의 농도를 7.5%로 하여 만든 현탁액과 이를 원심분리하여 얻은 물 추출액 분획(상정액)의 점도를 Brookfield 점도계로 34 sec⁻¹의 전단속도에서 측정한 결과를 보면(Table 1), 냉동건조한 마 현탁액의 점도는 58.1 mPa·s였다. 선풍기 건조한 것은 이보다 조금 낮아 43 mPa·s의 점도를 보였으나 열풍건조한 것의 17.2 mPa·s와 연탄건조한 것의 4.5 mPa·s 보다는 훨씬 높았다. 이는 선풍기로 건조하여도 마의 특성인 점성을 유지할 수 있다는 것을 말해주며, 마의 수확 후 건조시기가 11, 12월로 상당히 실온이 저온인 상태이므로 농가에서 부업으로 선풍기로 통풍건조한다면 많이 사용되는 열풍건조보다 우수한 마 분말을 경제적으로 생산할 수 있을 것으로 보인다. Lee와 Kim(7)은 10% 건조 마 현탁액의 점도를 50 sec⁻¹의 전단속도에서 측정한 결과, 냉동건조마는 약 120 mPa·s, 냉풍건조마는 약 50 mPa·s, 열풍건조마는 약 35 mPa·s의 점도를 보였다고 하였다. 이 보고와 본 실험의 점성치를 비교해보면 상대적으로 선풍기 건조가 냉풍건조보다 점성을 유지하는 데 더 유리한 것으로 보인다. 참고로 생마의 점도는 냉동건조마의 점도와 거의 같은 것으로 보고되고 있다(6,7). 현탁액과 마찬가지로 상정액의 점도도 건조방법에 따라 달랐

Table 1. Viscosities of dried yams

Sample ¹⁾	Viscosity (mPa·s) ²⁾			
	Freeze dried	Fan dried	Hot-air dried	Coal-heat dried
Suspension	58.1 ± 1.5	43.0 ± 1.5	17.2 ± 0.3	4.5 ± 3.1
Supernatant	34.7 ± 3.8	19.1 ± 2.8	5.6 ± 1.1	3.7 ± 0.8

¹⁾Suspension: 7.5% solids, supernatant: after centrifugation of suspension at 1,000×g for 10 min.
²⁾Average of three measurements ± S.D.

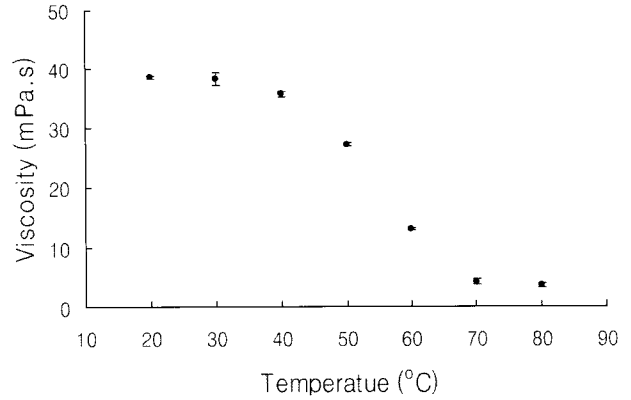


Fig. 1. Effect of heating temperature on viscosity of supernatant of freeze-dried yam. Each point is average of two measurements and each bar represents standard deviation.

으며 경향은 현탁액과 마찬가지로 냉동건조한 것이 34.7 mPa·s로 제일 높았으며 연탄건조한 것이 3.7 mPa·s로 제일 낮았고 열풍건조한 것도 비교적 점도가 낮았다.

열처리에 의한 마 분말의 점도 변화

냉동건조한 마 분말의 상정액을 20-80°C에서 한 시간 열처리하고 점도를 측정한 결과(Fig. 1), 40°C까지는 가열온도에 따라 별 차이가 없어 20°C 처리한 것은 38.6 mPa·s, 30°C 처리는 38.3 mPa·s, 40°C는 35.7 mPa·s이었다. 그러나 그 이후에는 점도가 급격히 떨어져 50°C 처리한 것은 27.2 mPa·s, 60°C 처리한 것은 13.1 mPa·s이었다. 이 결과는 Hironaka 등(8)의 생마의 현탁액의 상정액의 점도가 60°C까지는 별 변화가 없다는 보고와 다소 차이가 있는 것인데 이는 시료의 차이 때문이라 여겨진다.

한편, 각 건조마의 현탁액을 원심분리하여 상정액과 침전물에 존재하는 단백질의 분포를 보면(Table 2), 냉동건조마는 상정액에 79.5%의 단백질이, 침전물에는 20.5%의 단백질이 분포하였다. 선풍기건조마는 상정액과 침전물에 각각 70.7과 29.3%가 존재하였으며, 열풍건조마는 66.3과 33.7%가 존재하여 건조 중 열에 의해 일부 단백질이 응고됨을 알 수 있었다. 연탄건조마는 가장 많이 변성되어 상정액에 단백질의 47.8%만이 존재하였다. 이는 건조 중 열변성과 황 화합물에 의한 산변성 등으로 단백질이 많이 불용화되었다는 것을 의미하며 열풍건조마와 연탄건조마의 점성이 낮은 이유를 설명해 준다.

첨가물에 따른 마분말의 점도 변화

마를 식품에 널리 활용하기 위해서는 식품가공 시 많이 첨가하는 성분에 따라 마의 고유 성질인 점도가 어떻게 변하는 가를 알 필요가 있다. 따라서 건조마 현탁액에 설탕, 소금, 산을 가한 다음 이들의 효과를 조사하였다.

설탕을 첨가한 마 현탁액과 상정액의 점도는 모든 건조마에서

Table 2. Distribution of protein in supernatant and precipitate of dried yams

Sample ¹⁾	Protein distribution (%)			
	Freeze dried	Fan dried	Hot-air dried	Coal-heat dried
Supernatant	79.5 ± 0.1	70.7 ± 0.8	66.3 ± 0.0	47.8 ± 0.2
Precipitate	20.5 ± 0.1	29.3 ± 0.8	33.7 ± 0.0	52.2 ± 0.2

¹⁾After centrifugation of suspension at 1,000×g for 10 min.

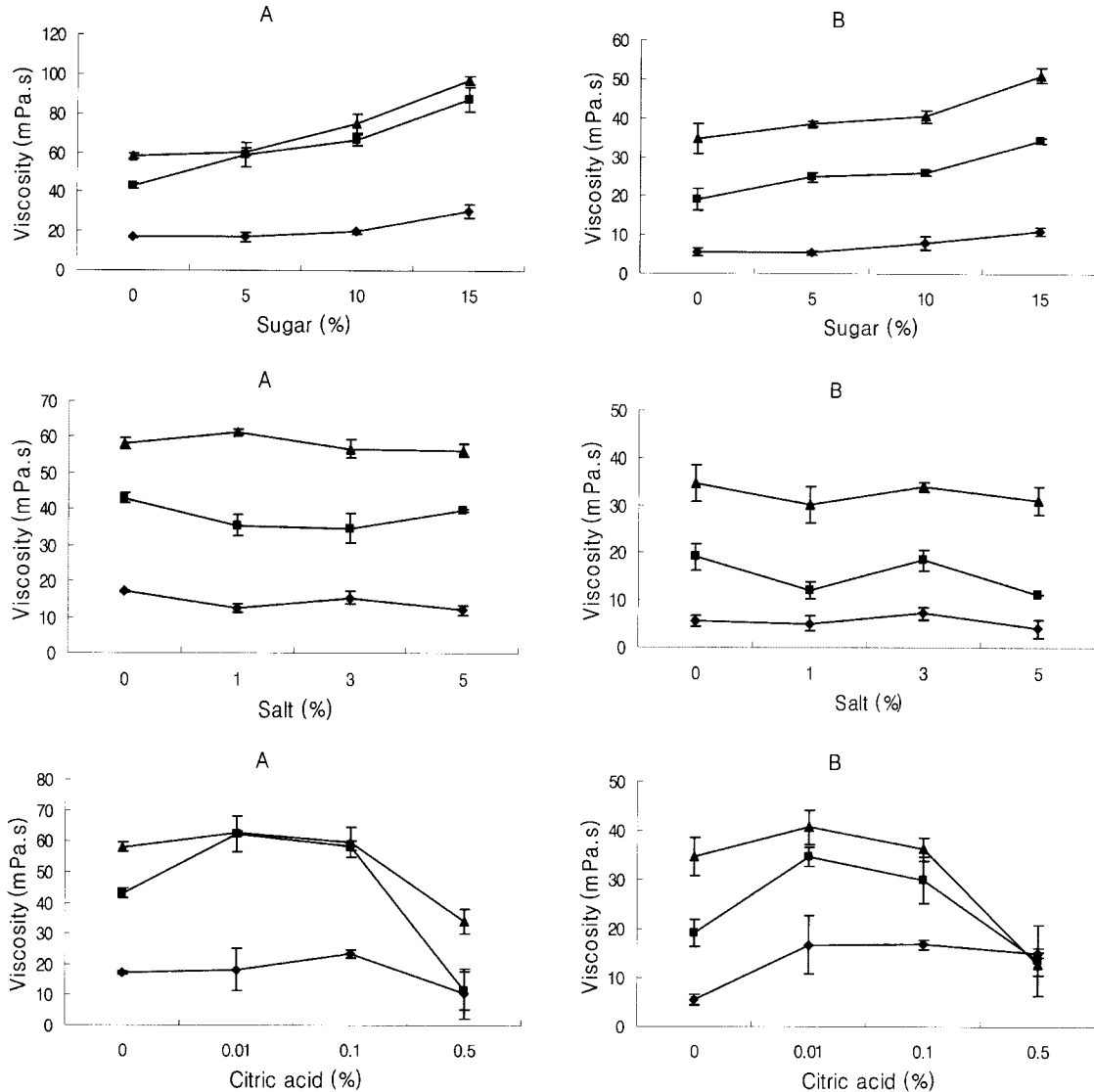


Fig. 2. Effects of additives on viscosities of dried yams. A; suspensions, B; supernatants. ▲: freeze dried, ■: fan dried, ◆: hot-air dried. Each point is average of three measurements and each bar represents standard deviation.

증가하였다(Fig. 2). 냉동건조마의 현탁액의 경우 무첨가 시 58.1 mPa·s인데 반해 5% 설탕첨가 시 60.0, 10% 첨가 시 75, 15% 첨가 시 97.2 mPa·s로 각각 증가하였다. 선풍기건조마의 경우 무첨가가 43 mPa·s였으나 15% 첨가 시 87.6 mPa·s이었다. 열풍건조마는 무첨가 시 17.2, 15% 첨가 시 30.5 mPa·s이었다. 상징액의 경우 점도는 현탁액보다는 적지만 설탕의 첨가로 역시 모두 농도가 진할수록 점도가 상승하는 경향을 보여주었다. 단순히 15% 설탕액의 점도가 1.8 mPa·s인데 비해 같은 농도의 설탕이 가해졌을 때 점도 상승이 이보다 큰 것은 설탕에 의한 시너지 효과가 있음을 암시해 준다.

소금의 효과를 보면, 설탕과 달리 마 현탁액이나 상징액의 점도에 큰영향을 끼치지 않아 통계적으로 유의성이 없거나 차이가 적었다.

산성조건에서의 점도변화를 보면, 현탁액의 경우 구연산의 농도가 0.1%까지는 선풍기건조를 제외하고는 별 차이가 없었으나 0.5% 농도에서는 점도가 급격히 낮아졌다. 특히 점도가 높은 냉동건조마와 선풍기건조마의 경우 낙폭이 컸다. 냉동건조마의 현탁액의 점도는 0.5% 첨가 시 33.9 mPa·s이었으며 선풍기건조마는 11.5 mPa·s이었다. 상징액의 점도는 냉동건조마와 선풍기건조

마의 경우는 산의 첨가로 점도가 상승하다가 산의 농도가 커지면 현탁액과 마찬가지로 급격히 점도가 감소하였다. 그러나 점도가 낮은 열풍건조마의 경우는 산의 첨가로 점도가 상승하였다. 냉동건조마와 선풍기건조마의 현탁액과 상징액의 점도가 0.5% 농도(pH 3.4-3.5)의 구연산에서 급격히 떨어지는 것은 건조마 제조 중 열에 의한 변성이 덜 일어난 자연상태의 단백질이 산에 의해 변성되기 때문이라 여겨진다. 구연산 농도가 0.01%일 때, 선풍기건조마의 현탁액과 모든 건조마의 상징액의 점도가 무첨가보다 높은 이유는 의문으로 남는다.

요 약

마를 냉동건조, 선풍기건조, 열풍건조, 연탄건조한 후 이들의 현탁액과 상징액의 점도와 첨가물에 따른 점도변화를 조사하였다. 선풍기건조한 마 현탁액(7.5%)의 점도는 43 mPa·s로 냉동건조한 것의 58.1 mPa·s보다는 낮았지만 시중에서 많이 사용하는 열풍건조한 것의 17.2 mPa·s보다는 높았다. 이는 농가에서 저렴한 방법으로 점성이 상당히 유지되는 건조마를 생산할 수 있음을 말해준다. 건조방법 별로 점도차이가 나는 것은 건조 중 점질

물의 단백질이 열변성되었기 때문이었다. 마현탁액과 상징액에 설탕을 첨가하면 점도가 상승하였으나 소금의 첨가로는 별 영향이 없었다. 구연산은 0.5% 첨가하였을 때 점도가 감소하였다.

감사의 글

이 논문은 2003학년도 안동대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

문헌

- Misaki A, Ito T, Harada T. Constitutional studies on the mucilage of "Yamanoimo" *Dioscorea batatas* Decne, *forma Tsukune*. Agr. Biol. Chem. Tokyo 36: 761-771 (1972)
- Tomoda M, Ishikawa K, Yokoi M. Plant mucilages. XXX. Isolation and characterization of a mucilage, "Dioscorea-mucilage B" from the rhizophors of *Dioscorea batatas*. Chem. Pharm. Bull. 29: 3256-3261 (1981)
- Ohtani K, Murakami K. Structure of mannan fractionated from water-soluble mucilage of Nagaimo (*Dioscorea batatas* DECNE). Agr. Biol. Chem. Tokyo 55: 2413-2414 (1991)
- Tanoue H, Simozono H. Chemical and rheological properties of viscous polysaccharides from three species of yam (*Dioscorea*). Nippon Shokuhin Kyogo Gakkaishi 38: 751-757 (1991)
- Han YN, Hahn SH, Lee IR: Purification of mucilages from *Dioscorea batatas* and *D. japonica* and their content analysis. Korean J. Pharmacogn. 21: 274-283 (1990)
- Lee BY, Park DJ, Ku KH, Mok C. Mucilage separation of Korean yam using microparticulation/air classification process. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 596-602 (1994)
- Lee BY, Kim HK. Quality properties of Korean yam by various drying methods. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 877-882 (1998)
- Hironaka K, Shindou T, Ishibashi K. Viscoelasticity of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb. cv. Nagaimo). Nippon Shokuhin Kyogo Gakkaishi 36: 891-897 (1989)