

조리방법에 따른 고구마의 당 함량 변화

서형주 · 정수현 · 최양문* · 배송환** · 김영순

고려대학교 병설 보건대학 식품영양과, *고려대학교 생물공학원

**고려대학교 자연자원연구소

Changes in Sugar Content of Sweet Potato by Different Cooking Methods

Hyung Joo Suh, Soo Hyun Chung, Yang Mun Choi*, Song Hwan Bae** and Young Soon Kim

Department of Food and Nutrition, College of Health Sciences, Korea University

*Graduate School of Biotechnology, Korea University

**Institute of Natural Resources, Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

The changes in weight, reducing sugar content, sugar composition and enzyme activities (β -amylase and invertase) of sweet potato were studied with three kinds of cooking methods, microwave oven, gas oven, and steaming. The weights of sweet potato cooked by microwave oven and gas oven were decreased with increasing cooking time, whereas that of steaming was increased with cooking time. Reducing sugar content of sweet potato cooked by microwave oven was increased till 40 seconds, but decreased thereafter. In the cooking methods using gas oven and steaming, reducing sugar content were increased with cooking time. And reducing sugar content were 334.60 mg/g and 381.29 mg/g, respectively at 100°C of cold point in sweet potato cooked by gas oven and steaming. Raw sweet potato consisted of fructose (1.56 mg/g), glucose (1.79 mg/g), sucrose (5.58 mg/g), and maltose (2.22 mg/g). The contents of fructose, glucose, and sucrose were decreased during cooking process. But maltose content was increased with cooking time. Especially, maltose contents were 24.81 mg/g and 28.10 mg/g at 100°C of cold point in sweet potato cooked by gas oven and steaming. The activities of β -amylase and invertase were decreased with cooking time. Microwave oven-cooked sweet potato did not show on invertase activity.

Key words: sweet potato, sugar content, β -amylase

I. 서 론

고구마(*Ipomoea batatas*)는 열대 및 아열대 지방에서 재배되는 작물로 넓은 지역에서 많은 양이 생산되고 있으며 쌀이나 옥수수의 대용식으로 소비되고 있다. 특히 개발도상국에서는 고구마의 소비량은 소득에 반비례하며 주식대용으로 사용되고 있는 실정이다. 특히 고구마는 많은 양의 당을 함유하고 있으며, 만복감을 부여하는 잇점 때문에 대용식으로 사용된다¹⁾. 고구마는 가열 후의 조직 특성에 따라 분질 고구마와 점질 고구마로 구분되며, 고구마의 저장중이나 가열 중에 전분가수분해효소의 활성이 증가되어 당이 생성된다^{2,3)}. 고구마 가열 조리시 고구마에 함유되어 있는 대부분의 전분은 α - 또는 β -amylase에 의해 가수분해되어 텍스트린이나 maltose를 생성하며⁴⁾, 그 외 sucrose, glucose, fructose를 생성하기도 한다⁵⁾. 가열

조리과정에서 생성된 당은 고구마의 조직감 및 기호도에 커다란 영향을 미친다. 특히 maltose양은 기호도 외에 산업적으로 이용되는 puree나 flakes의 질에도 커다란 영향을 미친다. 고구마의 품질에 중요한 영향을 미치는 당에 대한 연구는 고구마 숙성, 저장 및 가공중에 당의 함량변화에 대한 연구^{6,7)}, 고구마내에 포함되어 있는 전분가수분해효소의 작용에 의해 생성된 당의 함량과 전분가수분해효소의 특성에 대한 연구^{8,9)}가 이루어져 왔으나, 가열 방법 즉 조리 방법에 따른 고구마의 당의 변화와 전분가수분해효소의 활성에 대한 연구는 전혀 이루어져 있지 않다. 본 연구에서는 전자렌지, 가스오븐렌지, 증자 등 가열 조리 방법을 달리하여 환원당 함량의 변화, 당의 조성 변화 및 전분가수분해효소 특히 β -amylase의 활성을 측정하여 바람직한 조리방법을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

고구마는 전라도 무안에서 수확된 분질 고구마인 원기를 사용하였으며, 그 외의 분석용 시약은 일급이상의 시약을 사용하였다.

2. 조리용 시료 제조 및 조리방법

고구마의 크기에 따라 열이 전달되는 속도가 다르므로 이를 방지하고자 고구마를 강판에 마쇄 후 25 g 씩 취하여 고구마 볼(ball)을 만들어 조리 실험을 실시하였다. 또한 조리과정이 동일하게 진행되도록 ball 중심에 온도 탐지기를 설치하여 고구마 볼의 중심온도가 100°C에 도달하였을 때를 조리가 완료되는 시점으로 삼아 동일한 조리가 이루어지도록 하였다.

3. 당 추출 및 환원당 측정

고구마의 당함량을 측정하고자 Picha 방법⁹⁾에 의해 당을 추출하였다. 조리한 고구마 25 g에 70% 알콜 50 ml을 가하고 마쇄후 30분간 환류하였다. 추출액은 Whatman #4 여과지를 사용하여 여액을 회수하여 환원당의 함량과 HPLC에 의한 당 조성 분석용 시료로 사용하였다.

고구마 조리과정 중 환원당의 변화는 DNS법¹⁰⁾에 의해 측정하였으며, 당의 성분변화는 Bio-Sil Amino 5S column(Bio-Rad Labs)을 사용하여 이동상(70% acetonitrile: 30% water)을 1.0 ml/min의 속도로 흘려보

내 당 조성 분석에 사용하였다.

4. 효소의 추출 및 효소활성 측정

고구마에 존재하는 효소의 활성을 측정하고자 Takahata 등⁹⁾의 방법에 따라 효소 추출하였다. 즉, 고구마 25 g에 50 mM HEPES-NaOH(pH 7.4) buffer를 50 ml 가하여 막자사발로 마쇄 후 원심분리($\times 2800$ g)하여 얻은 상정액을 조효소액으로 사용하였다.

β -amylase의 활성은 Hodge 방법¹¹⁾에 따라 측정하였으며, 분당 1 μ g에 상응하는 maltose 양을 생성하는 효소의 양을 1 unit로 정의하였다.

Invertase는 Takahata 등⁹⁾의 방법에 따라 측정하였으며, 분당 생성되는 1 μ g에 상응하는 glucose양을 생성하는 효소의 양을 1 unit로 정의하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조리과정 중의 무게 변화

일반적으로 가정에서 고구마 조리에 가장 많이 사용하는 방법인 전자렌지, 가스오븐렌지 및 증자에 의해 조리하였을 때 고구마의 중량변화를 측정한 결과(Fig. 1), 전자렌지와 가스오븐렌지를 이용한 경우 수분의 증발이 일어나 중량이 감소되는 경향을 보였다. 본 실험에서는 조리과정이 동일하게 이루어지도록 고구마볼을 제조하여 고구마의 중심온도가 100°C 도달하였을 때 조리를 완료하였다. 그러나 전자렌지에 의해 조리하였을 때 전자렌지의 특성상 고구마볼의 중

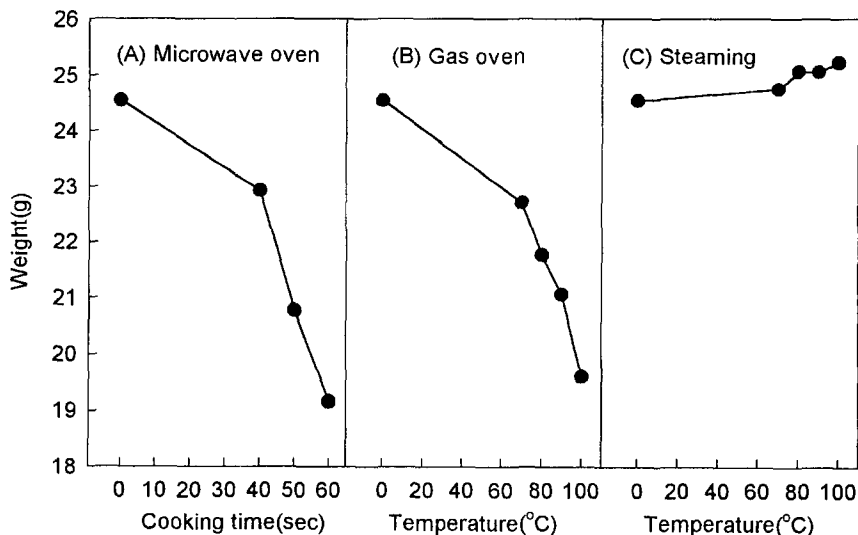


Fig. 1. Changes in weight of sweet potato cooked by various methods. Temperature was measured at cold point of sweet potato during cooking.

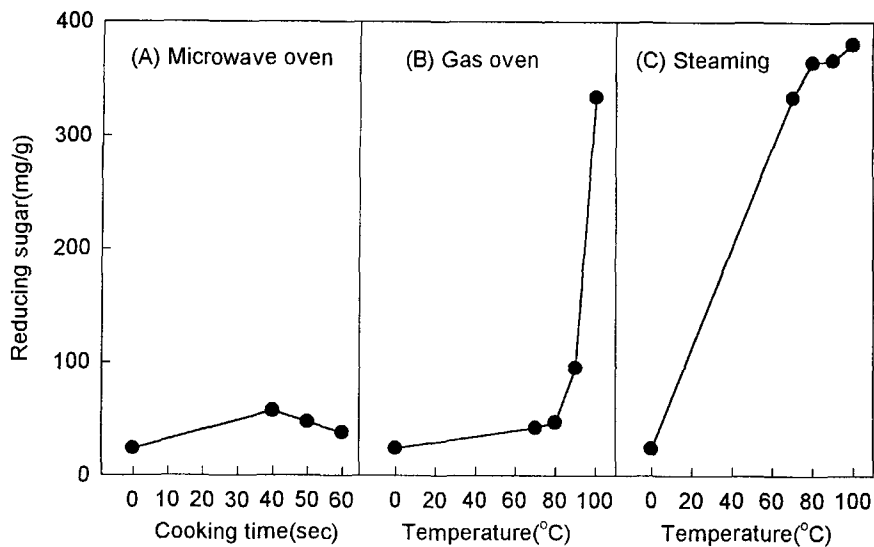


Fig. 2. Changes in reducing sugar content of sweet potato cooked by various methods. Temperature was measured at cold point of sweet potato during cooking.

심부위 온도가 30초 가열시 100°C에 도달하였으나 고구마의 조리가 완료되지 않았으므로 가열 조리시간을 60초로 늘려 조리한 결과, 가스오븐렌지를 이용하여 조리하였을 때 고구마볼의 중심부 온도가 100°C에 도달할 때의 중량이 19.6 g으로 감소하는 결과와 유사하게 19.1 g으로 감소되는 결과를 나타내어 가스오븐렌지에서의 조리정도와 전자렌지에서 60초 가열 조리 과정이 동일할 것으로 추정된다. 반면 증자에 의해 조리시 증가하는 동안 발생하는 수증기에 의해 중량이 증가되는 경향을 보였다. 고구마볼 중심부 온도가 70°C일 때 24.76 g으로 0.21 g 증가하였으며, 중심온도가 100°C일 때 25.240 g으로 조리전에 비해 0.69 g 중량이 증가하였다.

2. 조리과정 중의 환원당 함량

조리방법을 각각 달리하여 환원당의 변화를 측정된 결과(Fig. 2), 전자렌지를 이용하여 조리한 경우 조리과정 중 환원당의 양이 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 즉, 조리전 환원당은 24.45 mg/g이었으나 40초 조리시 57.50 mg/g으로 증가하다가 50초와 60초 조리시 47.67 mg/g과 38.33 mg/g으로 점차 감소하는 경향을 보였다. 이는 조리과정 중에 생성되는 환원당이 갈색화반응에 의해 제거되는 것으로 추정된다. 반면 가스오븐렌지나 증자에 의한 조리과정 중 환원당의 양은 중심부의 온도가 증가할수록 증가하는 경향을 보여 중심부의 온도가 100°C일 때 가스오븐렌지와

증자시 각각 334.60 mg/g과 381.29 mg/g으로 상당히 많은 양의 환원당이 생성되었다.

고구마의 기호도는 당이 지니는 단맛에 기인하므로 전자렌지에 의해 조리하는 것보다는 가스오븐렌지나 증자에 의해 조리하였을 때보다 많은 양의 당이 생성되므로 기호도를 높일 수 있는 조리방법이 될 것이다.

3. 조리과정 중의 당의 변화

조리 방법을 달리하여 당의 성분변화를 측정된 결과(Fig. 3), 가열전 fructose, glucose, sucrose는 각각 1.56 mg/g, 1.79 mg/g, 5.58 mg/g의 함량을 보였으나, 조리과정 중 fructose, glucose, sucrose는 조리전에 비해 감소되는 경향을 보였다. 반면 maltose는 조리전 2.22 mg/g의 함량을 보이다가 조리가 진행될수록 증가하여 전자렌지에서 60초 조리시 9.01 mg/g, 가스오븐렌지에서 중심온도가 100°C일 때 24.81 mg/g, 증자시 중심온도가 100°C일 때 28.10 mg/g으로 증가하였다. 전자렌지에서 조리시 maltose양은 40초 조리시 14.74 mg/g으로 높은 함량을 보이다가 조리시간이 증가할수록 감소되는 경향을 보였으며 이는 조리과정 중에 환원당의 양은 40초 조리시 가장 많은 함량을 보이다가 조리시간이 증가할수록 환원당의 양이 감소하는 경향과 일치하는 결과를 보였다. 가스오븐렌지와 증자에 의해 조리 중 glucose, fructose, sucrose는 중심부의 온도가 증가할수록 즉, 가열시간이 증가할수록 감소되는 경향을 보였으나, maltose의 양은 조리시간

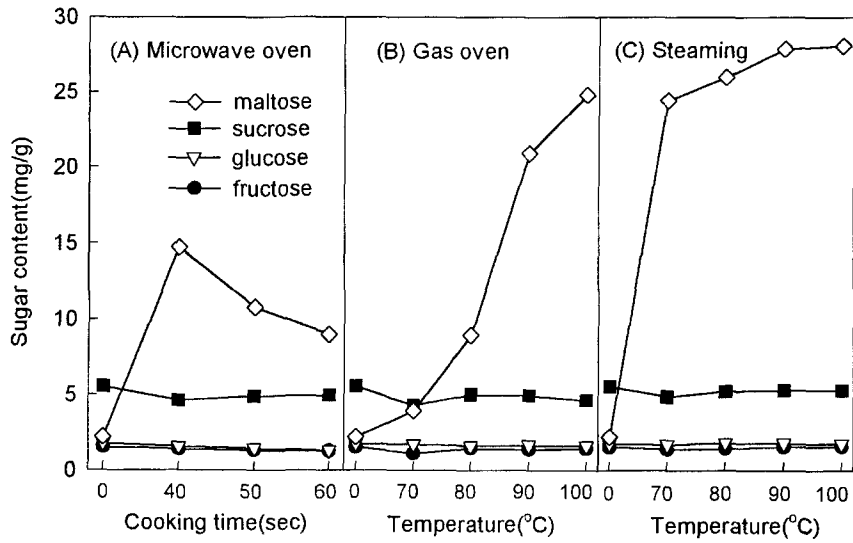


Fig. 3. Changes in sugar composition of sweet potato cooked by various methods. Temperature was measured at cold point of sweet potato during cooking.

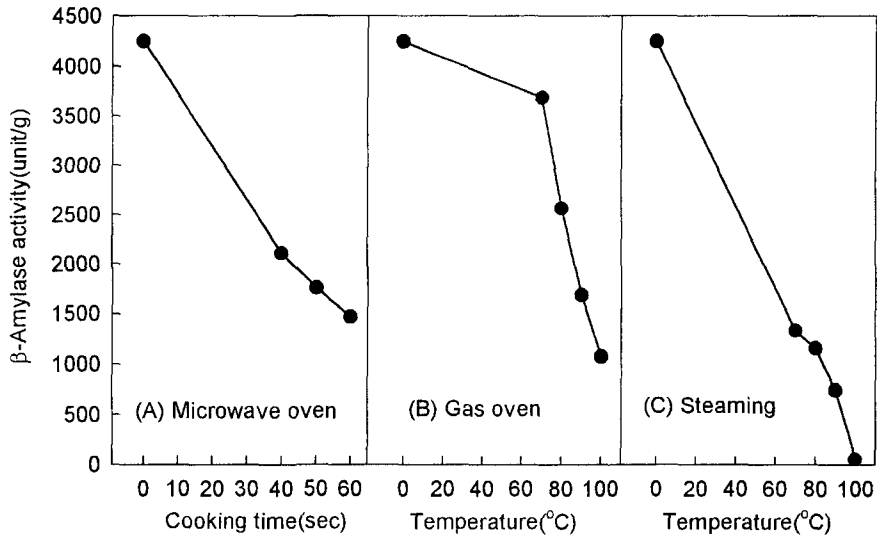


Fig. 4. Changes in β -amylase activity of sweet potato cooked by various methods. Temperature was measured at cold point of sweet potato during cooking.

이 증가할수록 증가되는 경향을 보였다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이 고구마의 주된 단맛은 maltose에 기인하며, 이는 조리된 고구마의 주된 당이 maltose라고 보고한 Walter 등¹⁾과 Shen과 Sterling¹²⁾의 보고와 일치하는 결과이다. 또한 이들은 maltose의 생성이 amylase의 활성과 밀접하다고 하였다.

4. 조리과정 중의 효소의 활성 변화

조리과정 중에 증가되는 경향을 보인 maltose는 전

분분해효소 중에 β -amylase의 활성과 밀접한 관계를 가지므로 조리과정중의 β -amylase의 활성을 측정된 결과(Fig. 4), 조리과정이 진행될수록 β -amylase의 활성이 감소되는 경향을 보였다. β -amylase의 활성은 특히 열전도율이 높은 증자에 의해 조리하였을 때 전자렌지나 가스오븐렌지에 비해 효소의 활성이 급격히 감소되는 경향을 보였으며, 전자렌지에 의한 조리과정 중 환원당의 양이나 maltose의 양에 비해 비교적 높은 효소의 활성을 보였다. 이는 효소의 잔존활성이

조리과정 중에 중요하지만 효소와의 반응시간이 얼마나 지속되는가도 효소의 잔존활성 못지 않게 중요한 것으로 생각되어진다. 전자렌지에 의한 조리는 60초간 짧은 시간에 조리가 완료되므로 충분한 효소의 활성을 가지고 있더라도 반응시간이 짧아 적은 양의 maltose가 생성된 것이며, 가스오븐렌지 또는 증자에 의한 조리는 15~20분 정도 장시간 반응하므로 효소의 잔존활성이 다소 낮더라도 비교적 많은 양의 maltose가 생성된 듯하다. 이와 같이 조리과정 중에 생성되는 maltose는 β -amylase에 기인한다는 많은 보고^{1,3,13)}가 있었으나, Baba 등¹⁴⁾은 조리시 β -amylase의 활성과 환원당의 양은 상관관계가 없다고 보고하였다. 이는 효소의 활성보다는 효소와 반응할 시간이 더 중요한 의미를 갖는 듯하다.

고구마에는 전분을 분해하는 효소외에 sucrose를 분해하여 glucose와 fructose를 생성하는데 관여하는 invertase의 효소활성을 가지고 있으므로 조리과정 중의 invertase의 잔존활성을 측정한 결과(Table 1), 전자렌지를 이용한 경우 invertase의 활성은 전혀 측정되지 않은 반면, 가스오븐렌지와 증자에 의해 중심온도가 70°C와 80°C에 도달하였을 때 각각 56.8 unit, 3.2 unit와 65.7 unit, 13.3 unit의 잔존활성을 보였으나 중심온도가 90°C와 100°C일 때 잔존활성은 측정되지 않으므로 고구마 조리과정 중 invertase 활성보다는 β -amylase의 활성이 고구마의 단맛에 중요한 영향을 끼치는 것 같다.

이상의 결과에 의하면 β -amylase의 잔존활성도 중요하지만 β -amylase가 반응할 수 있는 충분한 시간을 부여하는 것이 고구마 조리 중 가장 중요한 것으로 생각된다. 고구마는 전자렌지에서 조리하는 것보다는 가스오븐렌지나 증자에 의해 조리하는 것이 고구마의 기호도를 높일 수 있으며, 가스오븐렌지나 증자에 의

해 조리할 때에는 가급적 낮은 온도에서 서서히 조리하여 β -amylase가 반응할 수 있는 충분한 시간을 주는 것이 고구마 기호도 향상에 도움이 될 것이다.

요 약

일반적으로 가정에서 고구마 조리에서 가장 많이 사용하는 방법인 전자렌지, 가스오븐렌지 및 증자에 의해 조리과정 중 고구마의 중량, 환원당의 양, 당의 조성 및 효소의 활성 변화를 측정하였다. 조리과정 중의 중량변화는 전자렌지와 가스오븐렌지를 이용하여 조리하였을 때 수분의 증발이 일어나 중량이 감소되는 경향을 보인 반면, 증자의 경우에는 중량이 증가되는 경향을 보였다. 환원당의 함량은 전자렌지를 이용하여 조리한 경우 조리과정 중 환원당의 양이 증가하다가 감소하는 경향을 보였으며, 가스오븐렌지와 증자시 환원당의 양이 증가되는 경향을 보여, 중심부의 온도가 100°C일 때 334.60 mg/g과 381.29 mg/g으로 상당히 많은 양의 환원당이 생성되었다. 조리시 당의 성분변화는 가열전 fructose, glucose, sucrose는 각각 1.56 mg/g, 1.79 mg/g, 5.58 mg/g의 함량을 보였으나, 조리과정 중 fructose, glucose, sucrose는 조리전에 비해 감소되는 경향을 보였다. 반면 조리전 2.22 mg/g의 함량을 보인 maltose는 조리가 진행될수록 증가하여 전자렌지에서 60초 조리하였을 때 9.01 mg/g, 가스오븐렌지에서 중심온도가 100°C일 때 24.81 mg/g, 증자시 중심온도가 100°C일 때 28.10 mg/g으로 증가하였다. 조리과정 중의 β -amylase의 활성은 조리과정이 진행될수록 감소되는 경향을 보였다. 특히 열전도율이 높은 증자에 의한 조리시 전자렌지나 가스오븐렌지에 비해 효소의 활성이 급격히 감소되는 경향을 보였다. 또한 invertase의 효소활성 역시 조리가 진행될수록 감소되는 경향을 보였다. 가스오븐렌지와 증자에 의해 중심온도가 70°C와 80°C에 도달하였을 때 56.8 unit, 3.2 unit와 65.7 unit와 13.3 unit의 잔존활성을 보였으나 중심온도가 90°C와 100°C일 때 잔존활성은 측정되지 않았다.

참고문헌

1. Walter, W.M., Purcell, A.E. and Nelson, A.M.: Effects of amylolytic enzymes on moistness and carbohydrate changes of baked sweet potato cultivars. *J. Food Sci.*, **40**: 703(1975).
2. Rao, V.N.M., Hamman, D.D. and Humphries, E.G.: Mechanical testing as a measure of kinesthetic quality

Table 1. Invertase activity of sweet potato cooked by various methods

Cooking method	Cooking condition	Invertase activity (unit)
Control		90.4
Microwave oven	40 sec	0.0
	50 sec	0.0
	60 sec	0.0
Gas oven	70°C*	56.8
	80°C	3.2
	90°C	0.0
	100°C	0.0
	Steaming	70°C
	80°C	13.3
	90°C	0.0
	100°C	0.0

*Temperature was measured at cold point of sweet potato during cooking.

- of raw and baked sweet potatoes. *Transactions of the ASAE*, 1187(1974).
3. Walter, W.M., Purcell, A.E. and Hoover, M.W.: Changes in amyloid carbohydrates during preparation of sweet potato flakes. *J. Food Sci.*, **41**: 1374(1976).
 4. Picha, D.H.: HPLC determination of sugars in raw and baked sweet potatoes. *J. Food Sci.*, **50**: 1189(1985).
 5. Trong, V.D., Biermann, C.J. and Marlett, J.A.: Simple sugars, oligosaccharides, and starch concentrations in raw and cooked sweet potato. *J. Agric. Food Chem.*, **34**: 421(1986).
 6. Takahata, Y., Noda, T. and Nagata, T.: Varietal diversity of free sugar composition in storage root of sweet potato. *Jpn. J. Breed.*, **42**: 515(1992).
 7. Kawabata, A., Gareia, V.V. and Rosario, R.R.: Tropical root crops; Postharvest physiology and processing, Japan Scientific, Tokyo, p. 183, 1984.
 8. Chang, C.T., Liou, H.Y., Tang, H.L. and Sung, H.Y.: Activation, purification and properties of β -amylase from sweet potatoes. *Biotech. Appl. Biochem.*, **24**: 13(1996).
 9. Takahata, Y., Noda, T. and Nagata, T.: Effect of β -amylase stability and starch gelatinization during heating varietal differences in maltose content in sweet-potatos. *J. Agric. Food Chem.*, **42**: 2564(1994).
 10. Bernfeld, P.: *Methods in Enzymology*. Academic Press, New York, Vol. 1, p. 149, 1955.
 11. Hodge, J.E.: *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Academic Press, New York, Vol. 1, p. 386, 1964.
 12. Shen, M.C. and Sterling, C.: Changes in starch and other carbohydrates in baking Ipomoea batatas. *Starch/Staerke*, **33**: 261(1981).
 13. Kiribuchi, T. and Kubota, K.: Studies on cooking of sweet potato. (Part 1) Changes in sugar content and β -amylase activity during cooking. *Kaseigaku Zasshi*, **27**: 418(1976).
 14. Baba, T., Nakama, H., Tamaru, Y. and Kono, T.: Changes in sugar and starch contents during storage of new type sweetpotato(low β -amylase activity in roots). *J. Jpn. Soc. Food Sci. Tech.*, **34**: 249(1987).

(1998년 5월 14일 접수)