

가열처리가 잡곡류의 *in vitro* 전분가수분해율에 미치는 영향 - 연구노트 -

이 영 택
경원대학교 생명공학부

Effect of Heat Treatments on *in vitro* Starch Hydrolysis of Selected Grains

Young-Tack Lee

Dept. of Food and Bioengineering, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea

Abstract

The effect of heat treatments on *in vitro* starch hydrolysis of proso millet, sorghum, Job's tears, and buckwheat by pancreatic α -amylase was investigated. Grain samples were tested raw, boiled in water, or steamed/roasted. Starch content of the grains varied from 59.5% in Job's tears to 65.5% in proso millet, and amylose content varied from 5.3% in Job's tears to 36.3% in buckwheat. The *in vitro* starch hydrolysis of raw and heat-treated grains continuously increased during 60 min of hydrolysis. The starch hydrolysis (%) of raw grains after 60 min incubation was in the order of buckwheat (5.7%), proso millet (33.0%), Job's tears (51.2%), and sorghum (57.6%). Grains treated with steaming/roasting appeared to have higher starch hydrolysis rates than those with boiling except proso millet. Hydrolysis rates of buckwheat with a high amylose content appeared to be lower, compared to proso millet, sorghum, and Job's tears containing low amylose contents.

Key words: sorghum, proso millet, buckwheat, Job's tears, *in vitro* starch hydrolysis

서 론

우리나라는 전통적으로 쌀과 함께 보리, 수수, 조, 기장, 메밀, 옥수수 등의 잡곡류를 많이 섭취하였으나 식생활 양상의 변화와 더불어 한동안 섭취량이 크게 줄어들었으며 생산량 역시 미미한 실정이다(1). 잡곡은 쌀밥에 부족한 영양성분을 보충해 줄 수 있는 것으로 잘 알려져 있으며 건강에 대한 관심과 영양지식이 높아지면서 잡곡류의 중요성이 증대되고 있다. 쌀에 여러 가지 잡곡류를 혼합함으로써 상호보충효과에 의한 각종 영양성분과 여러 가지 생리활성물질들을 보충할 수 있으며(2-4) 잡곡밥은 또한 당뇨병을 비롯한 여러 가지 성인병을 위한 식이요법에서 많이 이용된다.

곡류는 전분을 주성분으로 하며 전분은 포도당의 형태로 에너지를 제공하는 식이다당류이다. 전분의 체내 이용률은 인체의 건강과 영양적인 관점에서 중요하며 전분질 식품에 따라 전분의 체내 흡수율 및 정도에 다양한 차이를 보인다(5,6). 인체 내의 혈당반응은 식품에 따라 다르게 나타나 소화, 흡수가 느린 탄수화물 식품은 혈당반응이 느린데 비하여 소화, 흡수가 빠른 탄수화물 식품은 혈당반응이 급격히 증가하였다가 감소할 뿐만 아니라 인슐린 및 다른 내분비물의

반응도 상승시킨다(7). 전분의 가수분해 차이는 인체의 식후 혈당농도와 관련하며 전분흡수율을 낮추는 것은 인슐린의 요구를 낮추고 식후 포도당 반응을 낮추어 특히 당뇨병 환자에 효과가 있다. 전분의 *in vitro* 가수분해율에 있어서의 차이는 전분의 출처, 입자크기, amylose/amylopectin 비율, 결정성 정도, amylose-lipid 복합체, 식이섬유와 관련한 전분의 분포, α -amylase 저해제, 가공조건 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다(8-11).

식생활이 발전하면서 곡류의 섭취형태도 다양하게 되었으며 일반적으로 밥을 통해서 섭취하던 곡류를 이제는 선식이나 생식을 통해서도 쉽게 섭취할 수 있게 되었다. 예로부터 곡물을 볶아 가루로 만든 미숫가루와 곡류를 기본으로 한 선식이 최근 들어 간편한 식사대용으로 소비되고 있다(12,13). 이와 같이 잡곡밥뿐만 아니라 선식과 생식의 관심이 증가하고 있으나 곡류로부터 분리한 전분이 아닌 곡류 자체에 대한 전분소화율에 대하여 행해진 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 잡곡류 중 수수, 기장, 울무, 메밀의 원곡상태와 가열처리방법에 따른 *in vitro* 전분가수분해율에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

잡곡 시료로서 수수(*sorghum*, *Sorghum bicolor* L. Moench), 기장(*proso millet*, *Panicum miliaceum*), 울무(*Job's tears*, *Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yeun* Stapf), 메밀(*buckwheat*, *Fagopyrum esculentum*)을 시중에서 구입하여 사용하였다.

가열처리

잡곡 시료의 가열처리는 2가지 방법을 사용하였다. 가열처리 A. 수수, 기장, 울무, 메밀을 각각 뚜껑이 있는 알루미늄 용기(61 mm i.d.×36 mm)에 넣고 가수율을 1.4로 조절하여 증류수를 첨가하였다. 이를 1,500 mL의 증류수가 담긴 자동전기밥솥 내의 금속철망 위에서 30분간 가열하였으며 스위치를 끄고 15분간 뜸을 들인 후 실온에서 냉각하였다. 가열처리 후 잡곡 시료를 55°C 열풍건조기에서 16시간 건조하였다. 가열처리 B. 수수, 기장, 울무, 메밀 시료에 10 배량의 증류수를 첨가하여 실온에서 12시간 수침시켜 호화에 필요한 수분을 충분히 흡수시킨 다음 건져낸 후 30분간 증자처리하였으며 45°C 열풍건조기에서 18시간 건조하였다. 건조 후 잡곡 시료를 200°C로 조절한 볶음기(Taehwan Automatic Industry, Seoul, Korea)를 사용하여 45 rpm의 속도로 저어주면서 12분간 볶음처리하였다. 가열처리한 잡곡 및 원곡 시료는 0.5 mm 스크린을 장착한 Cyclotec 1093 sample mill(Tecator, Hoganas, Sweden)을 사용하여 분쇄하였다.

전분 및 amylose 함량 측정

잡곡 시료의 전분함량은 starch-glucoamylase 방법(AACC 76-11)(14)에 의하여 측정하였으며 amylose 함량은 Juliano 등(15)에 의한 iodine colorimetry 방법에 의해 측정하였다.

α-Amylase 전분가수분해율 측정

잡곡 시료의 *in vitro* α-amylase 전분가수분해율은 Xue 등의 방법(16)을 변형하여 측정하였다. 시료 1 g에 0.04% (w/v) NaCl을 포함하는 0.05 M sodium phosphate buffer(pH 6.9) 용액 50 mL를 넣고 37°C 항온수조에 넣어 10분간 유지시켰으며 이 용액에 0.2 mL α-amylase(504 U/mL)를 넣어 37°C에서 반응시켰다. α-Amylase 효소액은 porcine pancreatic α-amylase(Sigma Co., St. Louis, MO, USA, 1,370 U/mg)로부터 조제하였다. 효소반응 중 0, 15, 30, 45, 60분의 간격으로 0.2 mL 용액을 취하여 생성된 환원당을 3,5-dinitrosalicylic acid 시약을 사용한 비색법으로 흡광도를 측정하였다. 표준당으로 maltose를 사용하였으며 전분의 가수분해율(%)은 [standard curve로부터 환산된 maltose 함량(mg)/전분함량(mg)]×100으로 계산하였다.

결과 및 고찰

전분 및 amylose 함량

잡곡 시료의 원곡과 가열처리에 의한 전분의 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 원곡의 전분 함량은 울무가 59.5%로 가장 낮았으며 기장, 수수, 메밀이 62~65%로 비슷하게 나타났다. 기장, 수수, 울무, 메밀 시료의 전분에 대한 amylose 함량을 측정한 결과 메밀의 amylose 함량이 36.3%로 가장 높았으며, 기장, 수수, 울무의 amylose 함량은 5.3~6.2% 정도로 낮게 나타나 찰성에 가까운 특성을 보여주었다. 잡곡 시료는 원곡에 비해 가열처리하였을 때 전분의 함량이 다소 증가하였는데 이는 가열처리 시에 시료의 수용성 성분이 소실 또는 유출됨에 따라 건물량 대비 전분의 함량이 높아졌기 때문으로 추측되었다. 한편 열탕 처리한 잡곡 시료가 증자 후 볶음 처리한 시료에 비해 전분함량이 약간 높은 것으로 분석되었다.

가열처리가 잡곡류의 전분가수분해율에 미치는 영향

기장, 수수, 울무, 메밀의 원곡과 가열처리한 시료에 대하여 pancreatic α-amylase에 의한 1시간 반응 후 전분의 *in vitro* 전분가수분해율을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 모든 잡곡 시료에서 원곡 시료는 가열처리한 시료에 비해 전분가수분해율이 훨씬 낮았다. 원곡의 경우 amylose 함량이 높은 메밀은 전분가수분해율이 5.4%로 가장 낮았으며 amylose 함량이 낮은 기장, 수수, 울무는 전분가수분해율이 31.3~54.7%로 비교적 높은 수치를 주었다. 잡곡류 시료에 열탕 또는 증자/볶음에 의한 가열처리를 하였을 때 전분가수분해

Table 1. Total starch contents of selected grains with different heat treatment¹⁾

	Amylose (%, starch basis)	Total starch (% dry basis)		
		Raw	Heat-treat- ment ²⁾ A	Heat-treat- ment B
Proso millet	6.15	65.45	69.95	67.37
Sorghum	6.18	62.19	66.30	64.77
Job's tears	5.25	59.54	63.47	63.03
Buckwheat	36.30	64.63	67.67	64.13

¹⁾Values are means of triplicate analyses.

²⁾A, boiling; B, steaming/roasting.

Table 2. Relative starch hydrolysis¹⁾ *in vitro* of selected grains with different heat treatment

	Raw	Heat-treatment ²⁾	
		A	B
Proso millet	31.33	64.11	85.11
Sorghum	54.67	99.23	76.63
Job's tears	48.25	81.07	84.14
Buckwheat	5.38	48.61	71.85

¹⁾Measured as degree of starch hydrolysis (%) with α-amylase after 1 hr of incubation at 37°C. Values are means of duplicate analyses.

²⁾A, boiling; B, steaming/roasting.

율은 현저히 증가하였다. 그러나 원곡상태에서 뿐만 아니라 열처리 가공처리후 메밀의 전분가수분해율이 다소 낮은 것은 메밀의 amylose 함량이 높기 때문으로 판단되었으며, 이는 전분현탁액의 소화율이 amylose 함량과 부의 상관관계를 가지고 있다는 Li 등의 결과(17)와 유사한 것으로 나타났다.

기장, 수수, 울무, 메밀 시료를 1시간 동안 가수분해 시 전분가수분해율의 변화를 측정된 결과는 Fig. 1~4에 나타나 있다. 전분가수분해율은 곡종 간뿐만 아니라 원곡과 가열처리한 시료 간에 차이를 보여주었다. 기장 원곡은 α -amylase 분해시간이 증가함에 따라(15~60분) 12.5~31.3%의 가수분해율로 나타났으며 열탕처리는 24.8~64.1%, 증자 후 볶음처리는 33.2~85.1%로 증가하여 증자 후 볶음에 의한 가열처리가 열탕처리에 비해 가수분해율이 높게 나타났다. 수수 원곡의 전분가수분해율은 15분 분해 시 24.4%에서 60분 분해 시 54.7%로 증가하여 본 실험에 사용한 잡곡류 원곡

중 가장 높은 전분가수분해율 수치를 나타내었다. 가열처리에 의해 사용된 모든 곡류의 전분가수분해율은 사용된 곡류에 관계없이 증가하였으며, 실험에 사용한 잡곡류 중 타 곡류와는 달리 수수는 가열처리 중 열탕처리가 증자 및 볶음처리에 비해 전분가수분해율이 높은 것으로 분석되었다. 이는 열탕취반한 수수의 전분구조가 α -amylase 가수분해에 보다 민감하며, 수수의 혈당반응이 타 곡류에 비해 가장 높았다고 보고한 결과(18)와 유사한 것으로 나타났다.

울무 원곡은 α -amylase 분해시간이 증가함에 따라 전분가수분해율이 12.8%에서 48.3%까지 증가하였다. 울무의 가열처리는 열탕 또는 증자 후 볶음처리에 의한 가열처리 모두 유사한 수치로 전분가수분해율이 증가함을 보여주었다. 울무는 수수와 유사하게 취반 후 전분가수분해율이 곡류중에서 상대적으로 높은 것으로 보고된(7) 바 있다. 울무는 여러 가지 약효성분으로 오래전부터 약용은 물론 건강식품 소재

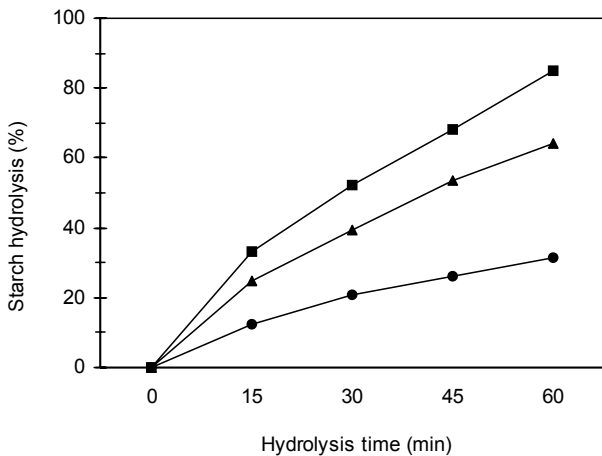


Fig. 1. *In vitro* starch hydrolysis rates of proso millet with different heat treatment. ●-●, raw; ▲-▲, boiling; ■-■, steaming/roasting.

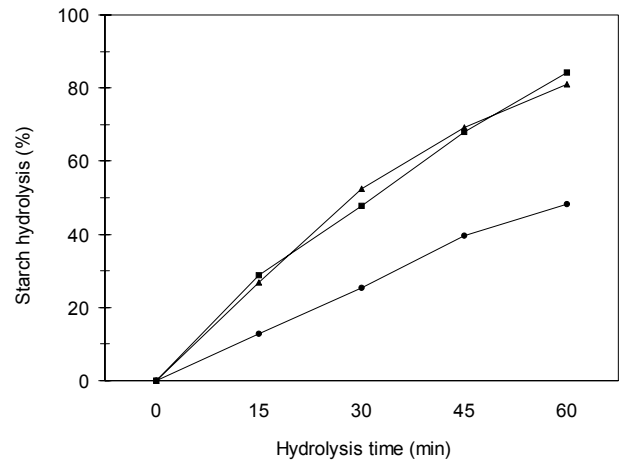


Fig. 3. *In vitro* starch hydrolysis rates of Job's tears with different heat treatment. ●-●, raw; ▲-▲, boiling; ■-■, steaming/roasting.

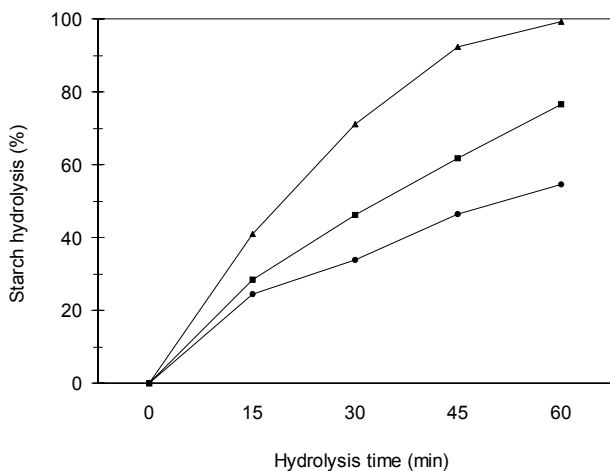


Fig. 2. *In vitro* starch hydrolysis rates of sorghum with different heat treatment. ●-●, raw; ▲-▲, boiling; ■-■, steaming/roasting.

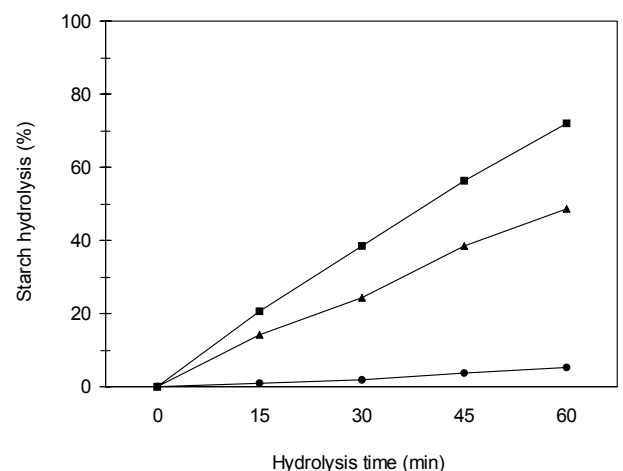


Fig. 4. *In vitro* starch hydrolysis rates of buckwheat with different heat treatment. ●-●, raw; ▲-▲, boiling; ■-■, steaming/roasting.

이며 율무쌀뿐만 아니라 미숫가루, 율무차 등으로 이용되고 있다. 율무 가공 시 열탕, 증자, 볶음과 같은 가열처리는 전분을 호화시켜 가공성을 용이하게 하고 바람직한 향을 주며 조직감 및 소화성을 향상시켜주는 중요한 공정으로 작용한다. 메밀 원곡 전분의 가수분해율은 15~60분의 가수분해시간 동안 1.0~5.4% 정도로 잡곡 시료 중 가장 낮게 나타났다. 또한 메밀은 가열처리에 의해 전분가수분해율이 증가하였으나 타 곡류에 비해서는 낮은 경향을 보였다. 이는 메밀이 쌀이나 다른 곡류제품에 비하여 glycemic index가 낮으며 메밀식이 혈당조절 효과가 있다는 보고(5,19)와 관련이 되는 것으로 사료되었다. 곡류의 전분가수분해율에서의 차이는 곡립의 물리적 구조 및 전분의 화학적 구성이 다르기 때문이며 이러한 *in vitro* 전분가수분해율은 혈당반응과 관계가 있어 *in vivo* 혈당반응을 예측하는데 중요한 인자라고 설명한 바 있다(20,21).

요 약

잡곡류인 수수, 기장 율무, 메밀의 가열처리에 따른 *in vitro* 전분가수분해율을 원곡과 비교하여 분석하였다. 잡곡류의 가열처리로서 열탕처리 또는 증자 후 볶음처리를 하였으며 원곡 상태 또는 가열처리한 후 pancreatic α -amylase를 사용하여 60분간 배양하면서 *in vitro* 전분가수분해율을 측정하였다. 잡곡류는 α -amylase 가수분해가 진행됨에 따라 전분가수분해율(%)이 지속적으로 증가하였다. 원곡의 경우 60분후 전분가수분해율이 메밀 5.4%, 기장 31.3%, 율무 48.3%, 수수 54.7% 순으로 큰 차이가 있었다. 전분가수분해율은 원곡 상태에 비해 가열처리한 곡물에서 48.6~99.2%로 현저히 높았으며 증자 후 볶음처리 방법이 열탕처리에 비해 수수를 제외하고 전분가수분해율이 높은 경향이였다. 본 실험에 사용한 잡곡류 중 amylose 함량이 낮은 기장, 수수, 율무가 amylose 함량이 높은 메밀에 비해 원곡 상태와 가열처리후의 전분가수분해율이 높게 나타났다.

문 헌

1. 농림부. 2004. 농림통계연보. p 206-207.
2. Lim S, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 52-57.
3. Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS. 2004. Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet and Job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 921-929.
4. Ukita T, Tanimura A. 1961. Studies on the anti-tumor component in the seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var *Ma-yuen*. *Chem Pharm Bull* 9: 43-46.
5. Jenkins D, Wolever T, Taylor R, Barker H, Fielden H, Baldwin J, Bowling A, Newman H, Jenkins A, Goff D. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate change. *Am J Clin Nutr* 34: 362-366.
6. O'Dea K, Holm J. 1985. Rate of starch hydrolysis *in vitro* as a predictor to metabolic responses to complex carbohydrate *in vivo*. *Am J Clin Nutr* 34: 1991-1993.
7. Lee JS, Shin HK. 1988. Correlation between glycemic index and *in vitro* starch hydrolysis of cereals. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1229-1235.
8. Snow P, O'Dea K. 1981. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in foods. *Am J Clin Nutr* 34: 2721-2727.
9. Holm J, Bjorck I, Ostrowska S, Eliasson AC, Asp NG, Larsson K, Lundquist I. 1983. Digestibility of amylose-lipid complexes *in vitro* and *in vivo*. *Starch* 35: 294-297.
10. Wursch P, Dal Vedovo S, Koellreuter B. 1986. Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume. *Am J Clin Nutr* 43: 25-29.
11. Kayisu K, Hood LF. 1979. Effects of dehydration and storage conditions on the pancreatic α -amylase susceptibility of various starches. *J Food Sci* 44: 1728-1731.
12. Kim JH, Park PS, Kim JK. 2005. Manufacture of nutritionally balanced α -amylase for the moderns: Its quality characteristics. *Korean J Food Preserv* 12: 123-129.
13. Hwang JK. 2002. Function of uncooked foods. *Food Industry and Nutrition* 7(3): 16-19.
14. AACC. 2000. *Approved Method of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
15. Juliano BO, Perez CM, Blakeney AB, Castillo DT, Kongseree N, Laignelet B, Lapis ET, Murty VVS, Paule CM, Webb BB. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch* 33: 157-163.
16. Xue Q, Newman RK, Newman CW. 1996. Effects of heat treatment of barley starches on *in vitro* digestibility and glucose responses in rats. *Cereal Chem* 73: 588-592.
17. Li JH, Vasanthan T, Hoover R, Rosnagel BG. 2004. Starch from hull-less barley: V. *In-vitro* susceptibility of waxy, normal, and high-amylose starches towards hydrolysis by alpha-amylases and amyloglucosidase. *Food Chem* 84: 621-632.
18. Lee JS, Lee JS, Yang CB, Shin HK. 1997. Blood glucose response to some cereals and determination of their glycemic index to rice as the standard food. *Kor J Nutr* 30: 1170-1179.
19. Lee JS, Lee MH, Chang YK, Ju JH, Son HS. 1995. Effects of buckwheat diet on serum glucose and lipid metabolism in NIDDM. *Kor J Nutr* 28: 809-817.
20. Granfeldt Y, Bjorck I, Drews A, Tovar J. 1992. An *in vitro* procedure based on chewing to predict metabolic response to starch in cereal and legume products. *Eur J Clin Nutr* 46: 649-660.
21. Goni I, Garcia-Alonso A, Saura-Calixto F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res* 17: 427-437.

(2006년 2월 23일 접수; 2006년 9월 7일 채택)