

Millet 품종별 전분의 이화학적 성질

정 구 민*

국립안동대학교 생명자원과학부 식품생명공학전공

Physicochemical Properties of Millet Starch Varieties

Koo Min Chung*

Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

Abstract The physicochemical properties such as blue value, iodine affinity, degree of polymerization (DP), α -amylase digestibility, particle size, RVA pasting, and gel hardness of 4 different millet starches (foxtail, waxy foxtail, proso, and waxy proso) were investigated. The iodine affinity value of the four samples were 4.22, 0.49, 1.07, and 0.21%, and the DP values were 1830, 3880, 4660, and 4130, respectively. The levels of α -amylase digestibility of the raw starches were 20.1, 30.7, 18.2 and 35.6%, respectively. The mean size of the proso millet starch was the smallest, 8.25 μ m, and the size distribution of the particles was the narrowest among all the samples. Foxtail starch showed the largest peak viscosity and setback viscosity in RVA pasting.

Key words: millet, starch, physicochemical properties

서 론

메조(foxtail millet), 차조(waxy foxtail millet), 기장(proso millet), 찰기장(waxy proso millet) 등의 잡곡은 쌀, 보리 등에 비해 생산량이 적어 큰 관심은 끌지 못하고 있지만, 앞으로는 건강을 위해 다양한 곡물을 소비하고자 하는 추세에 부응할 수 있는 소재이다. 현재 이들은 쌀과 함께 밥으로 이용되거나 선식, 생식 등의 원료로 일부 소비되고 있으나, 이들 곡물은 크기가 작고 색소 등에 의한 다양한 기능성을 갖고 있을 수 있어 널리 활용할 수 있을 것이다. 조와 기장을 많은 식품의 원료로 이용하기 위해서는 식품의 기본 성질에 영향을 많이 주는 주성분에 대한 특성을 알 필요가 있다.

조와 기장의 다량 성분 등의 이화학적 성질에 대한 연구동향을 살펴보면, 국내산 메조와 차조 전분의 이화학적 특성과 전분 호화액의 유동특성에 대한 연구(1,2)가 있으며, 조와 기장의 단백질 특성에 관한 연구(3), 메조의 단백질에 관한 연구(4), 조와 기장의 지질 및 지방산 조성에 관한 연구(5), 기장의 탄닌과 피틴에 관한 연구(6) 등이 있는 정도이다.

이 연구에서는 네 가지 다른 품종의 millet 전분을 분리하여 이화학적 성질, 소화도, 호화양상, 겔의 저장 중 강도 변화 등을 조사하였다. 이들 자료는 조와 기장을 여러 식품에 접목시키는 데 유용한 기초자식을 제공해 줄 것이며 다양한 식품을 개발하는 데 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

재료

지역 농협마트에서 구입한 국내산 메조, 차조, 기장, 찰기장을 사용하였다. 일반성분 측정용 곡물가루는 물로 세척 후 풍건한 다음 분쇄하여 100 mesh 체를 통과하게 하였다.

전분제조

전분은 알카리 침지법(7)으로 다음과 같이 제조하였다. 곡물을 물로 세척하고 2시간 동안 물에 침지한 후 건져낸 다음, 4배 분량의 0.02 N NaOH 용액을 가하여 waring blender로 2분간 마쇄하였다. 슬러리를 100 mesh와 400 mesh 체로 거른 후 전분 현탁액을 증류수로 하루에 한 번 세척액이 중성이 될 때까지 세척한 다음, 40°C에서 풍건한 후 마쇄하여 100 mesh 체를 통과하게 하였다.

일반 성분

단백질은 켈달방법, 지방은 에테르 추출법, 회분은 직접회화법으로 측정하였으며, 식이섬유는 총 식이섬유 함량으로 Enzymatic-Gravimetric 방법(8)으로 측정하였다.

전분의 이화학적 성질과 소화율

청가(Blue value)는 Gilbert 등의 방법(9)으로, 요오드 친화도(Iodine affinity)는 potentiometric titration법(10)으로 측정하였다. 평균중합도(DP, Degree of Polymerization)는 포도당을 표준당으로 하여 페놀-황산법(11)으로 측정한 총 탄수화물의 양을 변형된 Park-Johnson법(12,13)으로 측정된 환원력으로 나누어 계산하였다. 팽윤력(Swelling power)과 용해도(Solubles)는 Schoch의 방법(14)으로 전분을 85°C에서 가열하고 냉각시켜 측정하였다.

소화율은 다음과 같이 측정하였다. 전분 100 mg에 3 mL의 acetate buffer(pH 5.4, 0.5 M sodium acetate:0.05 M HCl=1:2, v/v)

*Corresponding author: Koo Min Chung, Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, Andong, Gyeongbuk 760-749, Korea
Tel: 82-54-820-5492
Fax: 82-54-820-6264
E-mail: kmchung@andong.ac.kr
Received August 19, 2009; revised October 23, 2009; accepted October 24, 2009

와 2 mL의 효소액[1 g의 α -amylase(Type VI-B, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)와 2 mL의 AMG(glucoamylase, Novo Nordisk, Bagsvaerd, Denmark)의 혼합물을 100 mL로 희석한 것]을 넣고 37°C에서 2시간 수욕조에서 100 rpm으로 진탕하면서 분해하였다. 반응 후 끓는 물에서 5분간 가열하여 효소를 불활성화시켰으며, 냉각 후 27 mL의 95% ethanol을 가하고 원심분리(2000 rpm, 15분)하여 상등액을 얻었다. 이를 희석한 후 앞서의 Park-Johnson 방법(12)으로 환원력을 측정하여 분석하였다.

전분 입자의 분포

전분을 물에 현탁시킨 후, Particle Size Analyzer(Mastersizer 2000, Malvern Instrument Ltd., Malvern, UK)로 측정하였다.

전분의 호화양상

RVA(Rapid Visco-analyzer, Model 3D, Newport Scientific Ltd., Narrabeen, Australia)에 의한 호화 양상을 다음과 같이 측정하였다. 시료 농도는 10%(건물기준)이었으며, 기기의 운영은 제조사가 제시한 일반 pasting 조건으로 실시하였다. 즉, 1분까지 50°C 유지, 4분 42초까지 95°C로 가열, 7분 12초까지 95°C 유지, 11분까지 50°C로 냉각, 13분까지 50°C로 유지시켰다.

전분 겔의 경도

전분 겔(전분 농도 12 혹은 25%)은 다음과 같이 제조하였다. 즉, 전분 현탁액 200 g을 끓는 물에서 30분간 가열한 후(초기 5분간은 전분의 침전을 막기 위해 저어주었음.) 직경이 25 mm, 높이가 20 mm인 틀에 틀 높이보다 약 5 mm 높게 페이스트를 부었다. 수분증발을 막기 위해 플라스틱 랩을 이중으로 덮은 다음 냉장고에서 3일 보관하였다.

겔의 강도는 랩을 제거하고 틀 위의 여분 겔을 칼로 잘라낸 다음, 틀에서 전분 겔을 분리한 후 물성분석기(Texture Analyzer, Model TA.XT2, Stable Micro System, Surrey, UK)로 측정하였다. 사용한 탐침은 직경 12.5 mm의 ball type probe(P/0.5S)이었으며,

탐침은 겔의 10 mm 깊이까지 초당 2 mm의 속도로 침투시켰다. 분석한 경도는 겔의 5 mm 깊이에서의 힘이었다.

결과 및 고찰

일반성분

메조와 차조의 단백질 함량은 각각 10.99와 11.34%이었으며, 기장과 찰기장은 이들보다는 높아 각각 14.89 및 14.26%이었다(Table 1). 네 시료의 지방 함량은 1.08-1.93%이었으며, 회분 함량은 1.04-1.61%이었다. 식이섬유의 함량은 찰기장이 13.47%로 제일 많았고 다른 시료의 함량은 8.94-11.47%이었다.

이들 시료로 제조한 전분의 단백질 함량은 0.12-0.58%, 지방 함량은 0.08-0.22%, 회분 함량은 0.10-0.24%이었다. 식이섬유 함량은 찰기장이 3.91%로 다른 전분보다 월등히 많았으며, 이는 알파 아밀라아제에 의해 분해되지 않는 전분이 많다는 것을 의미한다. 다른 전분의 식이섬유 함량은 trace-0.72%이었다.

전분의 이화학적 성질

아밀로오스의 함량을 나타내는 청가를 보면 메조 전분은 0.304이었다(Table 2). 이는 Chung(13)의 6가지 메 전분(쌀, 밀, 옥수수, 메밀, 녹두, 도토리)의 청가인 0.28-0.45와 유사하였으나, Kim 등(1)이 보고한 메조 전분의 청가 0.69와는 차이를 보였다. 기장은 0.098로 일반 메 전분보다 많이 낮은 값을 나타냈다. 한편, 차조와 찰기장 전분의 청가는 각각 0.056과 0.037을 보였는데 이는 Merca 등(15)의 찰쌀 전분의 0.04-0.05, Kwon(16)의 찰수수 전분의 0.02와 비슷하였다.

아밀로펙틴 함량을 나타내는 또 다른 지표인 요오드 친화도는 청가와 같은 경향을 보였다. 메조는 4.22를 보여 일반 메 전분(13)의 3.70-6.43과 유사한 값을 보였다. 그러나 기장은 1.07을 보여 상당히 낮은 값을 보였다. 이는 실험에 사용한 기장 전분의 아밀로펙틴 함량이 일반 메 전분보다 월등히 많다는 것을 의미한다. 차조와 찰기장 전분의 요오드 친화도가 각각 0.49와 0.21

Table 1. Chemical composition of millets (dry basis)

Millet sample	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)	Dietary fiber (%)
Grain				
Foxtail	10.99±0.13 ¹⁾	1.22±0.18	1.04±0.00	8.94±1.38
Waxy foxtail	11.34±0.12	1.93±0.38	1.61±0.12	11.17±1.62
Proso	14.89±0.00	1.42±0.44	1.42±0.00	11.47±1.88
Waxy proso	14.26±0.13	1.08±0.37	1.34±0.05	13.47±2.37
Starch				
Foxtail	0.58±0.04	0.08±0.00	0.10±0.00	0.27±0.20
Waxy foxtail	0.13±0.10	0.22±0.08	0.24±0.03	0.72±0.66
Proso	0.39±0.11	0.10±0.05	0.20±0.03	trace
Waxy proso	0.12±0.08	0.11±0.03	0.12±0.03	3.91±3.08

¹⁾Values are mean±SD.

Table 2. Physicochemical properties and digestibility of millet starches

Millet sample	Blue value	Iodine affinity (%)	DP ²⁾	Swelling power	Solubles (%)	Digestibility (%)
Foxtail	0.304±0.020 ¹⁾	4.22±0.01	1830±10	24.0±0.1	42.4±0.3	20.1±0.4
Waxy foxtail	0.056±0.001	0.49±0.02	3880±60	17.9±0.3	42.8±0.9	30.7±0.6
Proso	0.098±0.003	1.07±0.00	4660±230	14.3±0.3	52.8±0.8	18.2±2.2
Waxy proso	0.037±0.002	0.21±0.02	4130±110	19.3±0.3	68.9±0.6	35.6±0.3

¹⁾Values are mean±SD.

²⁾Degree of polymerization.

Table 3. Distribution of particle size of millet starches

Millet sample	~1.9 μm (%)	~5.0 μm (%)	~10.0 μm (%)	~15.1 μm (%)	~20.0 μm (%)	20.0 μm ~ (%)	Mean (μm)
Foxtail	1.62	3.86	47.25	34.08	10.92	2.27	10.33
Waxy foxtail	6.26	0.82	33.79	41.64	14.16	3.33	11.10
Proso	0	13.60	60.56	22.69	3.15	0	8.25
Waxy proso	9.63	4.47	35.16	26.38	12.47	11.89	11.53

Table 4. RVA profiles of millet starches (10% paste)

Millet sample	Pasting temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Peak time (min)	Viscosity (RVU)				
			Peak	Trough	Final	Breakdown	Setback
Foxtail	76.8 \pm 0.9 ¹⁾	4.2 \pm 0.0	318 \pm 6	142 \pm 1	288 \pm 3	176 \pm 6	146 \pm 4
Waxy foxtail	77.8 \pm 0.1	4.1 \pm 0.1	279 \pm 2	129 \pm 1	177 \pm 2	150 \pm 2	48 \pm 1
Proso	81.3 \pm 0.6	4.2 \pm 0.1	279 \pm 4	155 \pm 3	214 \pm 5	125 \pm 0	59 \pm 1
Waxy proso	76.4 \pm 0.6	4.3 \pm 0.0	294 \pm 3	186 \pm 2	217 \pm 8	108 \pm 5	31 \pm 10

¹⁾Values are mean \pm SD.

를 나타내었다(Table 2). 이는 자포니카쌀 전분의 아밀로펙틴의 요오드 친화도인 0.39-0.87과 유사하였다(17).

전분의 평균 중합도인 DP를 보면, 청가와 요오드 친화도가 큰 메조가 1830으로 아밀로오스가 많음을 알 수 있었으며, 이에 비해 차조, 기장, 찰기장 전분은 3880-4660을 보여 아밀로펙틴의 함량이 많음을 알 수 있었다. 특히 실험에 사용한 기장 전분의 청가와 요오드 친화도가 낮고 DP가 일반 메 전분보다 높아 특이한 점을 보였다. 이것은 사용한 기장이 교잡 등의 이유로 찰기장의 성질을 보이는 것으로 추정한다.

전분의 팽윤력은 메조가 24.0으로 가장 높았고 차조는 17.9, 기장이 14.3, 찰기장이 19.3이었다. 용해도는 기장과 찰기장이 각각 52.8과 68.9로 메조와 청차조의 42.4와 42.8보다 높았다. Kim 등 (1)은 메조와 차조의 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 팽윤력을 각각 9.66과 15.56, 용해도를 3.78과 2.14로 보고한 바 있는데, 이는 이 실험에서의 결과와 절대값과 상대적 순위에서 모두 큰 차이를 보이고 있다.

호화시키지 않은 생전분의 α -아밀라아제에 의한 분해도는 메조와 기장이 20.1과 18.2%로 낮았으며, 차조와 찰기장이 30.7과 35.6으로 높았다. 이는 찰 전분이 더 소화가 잘 된다는 것을 의미한다.

전분의 입자 크기를 보면 기장이 평균적으로 8.25 μm 로 제일 작았으며 찰기장이 11.53 μm 로 제일 컸으며, 메조와 차조는 각각 10.33 μm 와 11.10 μm 이었다(Table 3). 전반적으로 비교 목적으로 측정된 쌀 전분의 평균 직경인 9.83 μm 과 비슷한 크기를 보였다. 입자의 분포를 보면 차이는 있지만 모든 전분이 1.9 μm 보다 작은 것부터 20 μm 이상의 크기를 갖는 입자가 분포한 데 비해, 기장은 1.9 μm 이하의 아주 작은 입자와 20 μm 이상의 아주 큰 입자가 분포하지 않아 특이하였다. 가장 많은 분포를 갖는 크기를 보면, 차조의 10.0-15.1 μm 를 제외하고는 모든 전분이 5.0-10.0 μm 이었다.

전분의 호화 양상

RVA에 의한 전분의 호화 양상을 보면, 기장의 호화개시온도가 81.3 $^{\circ}\text{C}$ 로 제일 높았고 나머지 시료는 76.4-77.8 $^{\circ}\text{C}$ 이었다(Table 4). 피크 점도는 조의 경우 메조(318 RVU)가 차조(279 RVU)보다 높았으나, 기장의 경우 메기장(279 RVU)이 찰기장(294 RVU)보다 낮았다. 일반적으로 아밀로오스의 함량과 최고점도와는 역의 관계가 있어, 밀 전분(18,19), 쌀 전분(20), 명아주 전분(21)의 연구에서 아밀로오스 함량이 많으면 전분의 팽윤이 제한되기

Table 5. Gel hardness of millet starches

Millet sample	Gel hardness at 5 mm depth (g)
Foxtail (12%) ¹⁾	155.6 \pm 5.8 ²⁾
Waxy foxtail (25%)	628.0 \pm 89.0
Proso (25%)	321.0 \pm 69.7
Waxy proso (25%)	242.7 \pm 16.0

¹⁾Concentration of starch pastes.

²⁾Means of five measurements \pm SD.

때문에 점도가 낮아진다고 하였다. 기장의 점도 양상은 이들 연구 결과와 부합하나 조의 경우는 특이하게 다른 결과가 나왔다. 다른 점도 지표인 Trough와 Final 점도도 Peak 점도가 같은 양상을 보였다.

노화 정도를 나타내는 Setback(Final-Trough) 점도도 메조가 제일 높아 146 RVU이었다. 다른 시료는 31-59 RVU로 작았는데 이는 Table 2에서 보는 바와 같이 메조를 제외하고는 찰 전분의 성질을 보이기 때문이라 여겨진다. 밀 전분(18,19)과 쌀 전분(20)에서도 아밀로오스 함량이 크면 Setback 점도도 크게 나타났다. 그러나 명아주 전분(21)에서는 그 반대 현상을 나타내기도 하였다.

전분 겔의 강도

시료의 겔 강도를 5 mm 깊이에서 측정한 결과, 메조를 제외하고는 12% 농도에서 겔을 형성하지 않아 측정할 수 없었다. 따라서 차조, 기장, 찰기장의 겔은 25%로 하여 측정하였다. 25% 농도에서의 겔 강도는 찰기장이 제일 작아 242.7 g이었으며 차조가 628.0 g로 제일 컸다(Table 5).

요 약

메조 전분의 청가와 요오드 친화도는 각각 0.304와 4.22%로 일반 메 전분과 비슷하였으나 기장 전분은 각각 0.098과 1.07%로 찰 전분에 가까운 성질을 보였다. 차조와 찰기장 전분의 청가는 각각 0.056과 0.037, 요오드 친화도는 각각 0.49와 0.21%이었다. 전분의 평균중합도는 메조 전분이 1830이었으며, 나머지 세 전분은 3880-4660으로 비슷하였다. 생전분의 알파 아밀라아제 소화율은 찰기장 전분이 제일 커 35.6% 이었으며, 기장 전분이 제일 적어 18.2% 이었다. 전분 입자의 평균 크기는 기장이 8.25 μm 로 제

일 작았으며, 나머지 세 전분은 10.33-11.53 μm 이었다. 입자 분포에서도 가장 전분만 1.9 μm 이하와 20.0 μm 이상의 크기를 갖는 입자가 없어 좁은 분포도를 보였다. 가장 전분의 호화개시온도가 다른 전분보다 3.5-4.9°C 높았으며, 최고 점도와 노화정도를 나타내는 Setback 점도는 메조 전분이 제일 컸다. 메조 전분을 제외하고는 12% 농도에서 겔을 형성하지 못하였으며, 25% 농도에서의 겔 강도는 차조, 가장, 찰기장 순이었다.

감사의 글

이 논문은 2006학년도 안동대학교 연구교수 지원사업에 의해 연구되었음.

문 헌

- Kim NS, Seog HM, Nam YJ. Physicochemical properties of domestic millet starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 245-249 (1987)
- Kim NS, Nam YJ. Rheological properties of gelatinized millet starch dispersion. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 742-748 (1989)
- Ha YD, Lee SP. Characteristics of proteins in Italian millet, sorghum, and common millet. *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* 8: 187-192 (2001)
- Naren AP, Virupaksha K. α - and β -Seratins: Methionine-rich proteins of Italian millet. *Cereal Chem.* 67: 32-34 (1990)
- Sridhar R, Lakshminarayana G. Contents of total lipids and lipid classes and composition of fatty acids in small millets: Foxtail, Proso, and Finger. *Cereal Chem.* 71: 355-359 (1994)
- Lorenz K. Tannins and phytate content in Proso millets. *Cereal Chem.* 60: 424-426 (1983)
- Kim YS, Kim JB, Lee SY, Pyun YR. Rheological properties of gelatinized dilute rice starch solution. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 11-16 (1984)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC, Method 985.29, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (1990)
- Gilbert GA, Springer SP. Iodimetric determination of amylose. Vol. IV, p. 168. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler R, BeMiller J (eds). Academic Press, NY, USA (1964)
- Schoch TJ. Iodimetric determination of amylose. Vol. IV, p. 157. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler R, BeMiller J (eds). Academic Press, NY, USA (1964)
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Regers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356 (1956)
- Park JT, Johnson MJ. A submicrodetermination of glucose. *J. Biol. Chem.* 181: 149-151 (1949)
- Chung KM. Molecular structure and lipid in starches for mook. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 633-641 (1991)
- Schoch TJ. Swelling power and solubility of granular starches. Vol. IV, p. 106. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler R, BeMiller J (eds). Academic Press, NY, USA (1964)
- Merca FE, Juliano BD, Banos L. Physicochemical properties of starch of intermediate-amylose and waxy rices differing in grain quality. *Starch* 33: 253-260 (1981)
- Kwon SK. Preparation of enzyme-resistant starch from waxy sorghum. MS thesis. Andong National University, Andong, Korea (2001)
- Takeda Y, Hizukuri S. Structures of rice amylopectins with low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.* 168: 79-88 (1987)
- Zeng M, Morris C, Batey I, Wrigley C. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chem.* 74: 63-71 (1997)
- Sasaki T, Yasui T, Matsuki J. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation, and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy wheat and their F1 seeds. *Cereal Chem.* 77: 58-63 (2000)
- Hagenimara A, Ding X. A comparative study on pasting and hydration properties of native rice starches and their mixtures. *Cereal Chem.* 82: 70-76 (2005)
- Lindeboom N, Chang P, Falk K, Tyler R. Characteristics of starch from eight Quinoa lines. *Cereal Chem.* 82: 216-222 (2005)