

산지가 다른 메밀전분의 이화학적 특성

김진기* · 김성곤¹

(주)풀무원 식문화연구원, ¹단국대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties of Buckwheat Starches from Different Areas

Jin-Ki Kim* and Sung-Kon Kim¹

R&D Center, Pulmuone Corp.

¹Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

Physicochemical properties of crystalline-structured buckwheat starches cultivated and harvested in Taiwan, China, Korea, and USA were compared. X-ray diffraction pattern showed that all starches were type A as are most natural starches. Moisture contents of starches were 6.30-9.58%, and crude protein contents of Taiwanese and Chinese buckweats were higher than those of Korean and American ones, whereas Korean and Chinese buckweats had higher fat contents. Blue-value of Chinese buckwheat was highest at 0.39 and that of Korean buckwheat was lowest at 0.32. Amylose content of American buckwheat was highest at 27.6 and that of Korean buckwheat was lowest. Highest water-binding capacity was shown in Taiwanese buckwheat and lowest in American one. Higher amylase contents in Chinese and American buckweats reduced expansion and solubility. Highest values of viscosity measured by RVA, breakdown indicating process stability, and setback closely connected to retrogradation of American buckwheat resulted in relatively hard gel.

Key words: buckwheat, starch, amylose content

서 론

메밀은 세계 각 지역에서 재배 이용되고 있는 1년생 직립 작물로 식물학적으로는 다대과(Polygonaceae)의 메밀속(*Fagopyrum*)에 속한다. 메밀은 크게 보통메밀(*Fagopyrum esculentum*)과 쓴메밀(*F. tartaricum*) 2종으로 나뉘며, 전자는 동남아를 제외한 전 세계에서 재배 되는데 재배 면적이 가장 큰 곳은 중국이며 다음으로 러시아, 캐나다, 미국, 폴란드 순이다. 우리나라는 강원도 지역에서 메밀을 재배하고 있지만 그 수요가 충분하지 않기 때문에 수요의 80% 이상을 중국, 캐나다, 미국 등지에서 수입하고 있다.

메밀은 특히 우리나라와 일본에서는 메밀국수, 냉면, 묵 등(1)으로, 동 유럽에서는 죽과 스프의 재료로, 북미에서는 밀가루, 옥수수가루, 쌀가루 및 팽창제를 혼합하여 pancake mix로 이용되고 있으며(2,3), 빵, 국수, 스파게티 및 마카로니의 제조를 위하여 밀가루와 혼합하여 사용하기도 한다(4,5).

또한 메밀은 종실과 식물체로써 무공해 건강별미 식품의 공급원으로 중요한 위치를 차지하고 있으며 소화도 잘되고 맛이

있으며 영양도 풍부한 단백질과 전분으로 되어 있다. 탈피한 메밀에는 12-15%의 단백질이 함유되어 있고 lysine함량도 5-7%로 풍부하게 함유되어 있다. 또한 메밀은 다른 식물에 비해 루틴이 풍부하며 그 외 비타민 B₁, 비타민 E 등이 풍부하여 현대인의 건강식품으로는 경쟁력이 우수한 작물이라고 보여진다. Shibata 및 Miyahara 등에 의하면 메밀은 산지에 따라 품질의 차이가 있으며 일반적으로 북부지방은 남부지방보다 품질이 좋다고 하였다(6). 이와 같이 산지별 메밀의 품질에 차이가 있는 것은 기후풍토에 의한 영향과 메밀품종에 의한 재배시기가 품질에 영향을 미치는 것으로 논의 되고 있다. 하지만 이러한 메밀에 대한 연구는 아주 미비하며, 특히 메밀전분의 전반적인 이화학적 특성에 대하여서는 Kim 등(7), Chung(8)과 Jou 등(9)의 분헌 외에는 거의 찾을 수가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 각기 다른 기후 및 토양에서 자란 메밀전분의 특성을 비교 분석하여 각기 다른 산지에서 생산된 메밀을 이용한 가공특성과 식량자원으로서의 기초를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

메밀원료는 재배지역에 따라 대만산(台中 농업개량장 제공), 한국산(농촌 진흥청 작물시험장 제공), 중국산(중국 내몽고 농

*Corresponding author: Jin-Ki Kim, R&D Center, Pulmuone Corp., Seodaemun-gu, 120-600 Seoul, Korea
Tel: 82-2-3277-8341
Fax: 82-2-3277-8503
E-mail: jkkim@pulmuone.co.kr

업과학원 제공), 미국산 (미국에서 재배 후 수입) 제품을 시중 구매 하였다.

전분 제조

탈피메밀을 분쇄한 후 0.1% NaOH에 12-24 hr을 침지시킨 다음 상징액을 제거하고 다시 0.1% NaOH용액을 첨가하여 메밀 입자를 메밀 현탁액으로 만든 다음, 큰 유리볼에 담아 다시 0.1% NaOH를 충분히 넣어 희석한 후 약 10분간 침전 시켰다. 상징액의 유백색 부분은 보관하고, 아래층의 유황색 불순물 부분은 다시 0.1% NaOH 용액을 첨가하여 상징액이 투명해 질 때까지 교반 및 침전의 순서로 반복 작업하여 63 µm 여과포 (blotting cloth)에 여과시키고 남은 침전물을 증류수로 깨끗이 씻어내고 건조한 후 메밀 전분으로 보관하였다.

전분의 분획

시료는 Hizukuri(10)의 방법에 의해 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 분리하였다. 즉, 10 g의 메밀 전분을 300 mL dimethyl sulfoxide(DMSO)에 용해한 후 질소를 흘려 보내면서 끓는 물에 15분간 가열 교반 한 후, 300 mL의 ethanol을 첨가하였다. 이 용액을 0°C에서 3시간동안 방치시켜서, 원심분리(2,500×g, 20 min)한 침전물을 수집하였으며, 이 방법을 1회 반복하여 얻은 침전물을 400 mL 뜨거운 증류수와 100 mL n-butanol, 100 mL iso-butanol 및 1,300 mL의 증류수를 첨가하고 질소를 흘려 가면서 3시간 가열한 후 50°C로 냉각하여 그 온도가 유지되도록 보온 상자에 시료를 12-24시간 보관하였다가 8°C에서 48시간 정치하였다. 그 후 다시 원심분리기로(10,000×g, 20 min, 4°C) 원심분리 한 후 침전물과 상징액을 얻었다. 이때 침전물을 조 아밀로오스 전분으로, 상징액을 조 아밀로펙틴 전분으로 분리하여 얻었다. 조 아밀로오스 전분시료는 1,000 mL 10% n-butanol에 혼합하고 1시간 동안 질소를 흘려 보내고, 8°C에서 24시간 냉각한 후 다시 4°C에서 원심분리(10,000×g, 20 min) 하였다. 원심분리된 침전물을 질소가스를 흘려 보내면서 80-90°C 증류수 450 mL을 첨가한 후 교반하였다. 다시 25°C에서 원심분리(38,000×g, 60 min)한 후 얻어진 상징액에 70°C 증류수 500 mL와 100 mL n-butanol을 넣어 혼합하고 10분간 질소가스를 흘려 보낸 후 G-3 유리 여과기로 여과하였다. 이 여과액에 몇 분간 질소가스를 흘려보낸 후 냉각하여 얻어진 침전물을 제1차 결정체로 하였다. 이를 4°C에서 원심분리(10,000×g, 20 min) 하여 침전물을 수집하였고, 다시 10°C n-butanol을 넣어가면서 가열한 후 냉각방법을 3회 반복하여 얻어진 침전물을 ethanol로 씻어 내고 건조하여 순수 메밀 아밀로오스를 얻었다.

조 아밀로펙틴인 상징액은 40°C에서 400 mL 될 때까지 농축하였고, 농축액에 800 mL의 ethanol을 첨가하여 G-3 유리여과기를 통하여 침전물을 수집하였으며, 침전물을 다시 ethanol로 깨끗이 정제 건조하여 메밀의 순수 아밀로펙틴을 얻었다.

일반성분분석

전분의 일반성분 분석은 AACC방법(11)에 의하여 분석하였으며, 극대흡수파장(λ_{max})과 청가(blue value, BV)는 Gilbert와 Spragg 등(12)의 방법, 요오드친화도는 Schoch(13)의 Potentiometric titration방법으로 측정하였다. 아밀로오스 함량은 Juliano 등(14)의 방법에 따라 구하였으며, 아밀로오스 전분(potato amylose Sigma사)과 아밀로펙틴 전분(potato amylopectin Sigma사)을 사용하여 표준곡선을 얻었다.

호화패턴 측정

전분의 호화패턴은 신속 점도계(Rapid Visco Analyzer, RVA)를 사용 하여 Blakeney 등(15)과 Villareal 등(16)의 방법으로 측정하였다. 즉 시료 2.5 g에 증류수 25 g을 용기에 넣고, 50°C에서 1분간 유지한 다음 95°C까지 1분당 12°C로 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지시킨 다음 1분당 12°C로 50°C까지 냉각 시키고 50°C에서 2분간 유지 하였다. RVA viscogram으로부터 전분 호화개시온도(pasting temperature, PT), 최고점도(peak), 붕괴점도(breakdown), 95°C 유지 2.5분간의 점도 및 회용점도(set-back) 등을 기록하였다.

물 결합력 및 팽윤력 및 용해도 측정

전분의 물 결합력(water binding capacity)은 Wotton 등(17) 방법으로 측정하였다. 용기에 전분시료 3 g을 넣은 후 75 mL의 증류수를 혼합하여 실온에서 1시간 동안 진탕한 후 원심분리(5,800×g, 15 min)하여 상징액을 버리고 중량(W)을 측정하였으며, 팽윤력(swelling power) 및 용해도(solubility) 측정은 Lii 등(18) 및 Schoch(13)의 방법을 사용 하였다. 2.5 g의 전분(건량기준)을 계량된 원심분리기 통에 투입하고 30 mL의 증류수를 혼합하여 균일하게 만들어서 각 온도별로 55, 75, 85 및 95°C의 수욕조에서 5분 간격으로 30분 진탕 교반 하였다. 원심분리(3,000×g, 15 min)한 후 상징액을 증발 접시에 담아 105°C에서 건조하여 상징액의 건조된 중량을 측정하였으며, 침전물은 별도로 측정하였으며, 다음 식을 이용하여 팽윤력과 용해도를 계산 하였다.

$$\text{용해도(Solubility)\%} = \frac{\text{상징액의 건량(g)}}{\text{시료의 건량(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(Swelling power)\%} = \frac{\text{침전물 중량}}{\text{시료무게(건량기준)} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

주사 전자현미경(Scanning electron microscopy, SEM)

전분입자의 외관을 JEOL Model JSM-6300(JEOL Co., Japan)의 주사식 전자현미경으로 관찰하였으며, 가동시 전압은 15 KV-20 KV로 하였으며, 확대배수는 20×-3,000×로 전분 입자의 외관을 관찰하였다.

X-ray 관찰

전분시료를 X-ray 접시(X-ray diffractometer, Siemens D5000형)에 담아서 측정하였다. 이때 전압은 40 KV, 전류는 30 mA, 주사속도는 0.02 m/sec, 주사각도는(2θ) 4-30°로 측정하였다.

통계처리

실험 결과의 통계처리는 SAS package를 이용하여 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

메밀전분의 분획

4종 메밀전분의 산지에 따른 품질 특성을 비교하기 위하여 전분을 회수하고 회수된 전분중 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분획 결과를 Table 1에 나타냈다. 본 실험에서 얻어진 메밀전분의 수율은 중국산이 64.8%로 나타났으며 한국산은 61.6%로 가장 적게 획득하였다. 또한 순수 아밀로오스의 회수율은 미국산

이 36%로 가장 많이 회수 되었으며, 대만산과 한국산이 32%로 비교적 적게 회수 되었다. 순수 아밀로펙틴은 미국산이 48%로 가장 많았으며, 중국산은 40%로 가장 적게 회수 되었다. 본 연구에서 메밀전분의 회수율이 비교적 낮은 원인으로는 반복 침전분리 및 원심 분리시 시료의 상징액 손실로 보여지며, 분획시 혼합할 수 있는 중간물질의 원인이 아닌가 생각되며, 이러한 중간물질에 대하여서는 향후 지속적으로 연구가 필요하다고 생각된다.

메밀전분의 일반성분 분석

4종 메밀전분의 일반성분 분석 결과를 Table 2에 나타냈다. 수분은 미국산이 가장 높은 9.58%로 나타났으며 대만산이 6.3%로 가장 낮게 나타났다. 조 단백질은 대만산과 중국산이 비교적 높은 0.51, 0.55%를 나타냈으며, 미국산은 0.41% 한국산은 0.39%로 4종의 시료 중 가장 낮았다. 또한 지방은 미국산이 0.84%였으며, 중국산은 0.98%로 가장 높게 나타났으나 그 차이는 크지 않았다. 회분은 미국산이 0.06%로 가장 낮고, 한국산은 0.13%로 시료중 비교적 높게 나타났다.

메밀전분의 극대흡수파장(λ_{max}) 및 청가(blue value)

메밀전분의 극대흡수파장 및 청가에 대한 결과를 Table 3과 같다. 일반적으로 아밀로오스 함량이 높을수록 요오드 반응의 극대흡수파장 값 역시 높게 나타난다. 본 결과를 살펴보면 4종 메밀 전분의 극대흡수파장은 미국산과 중국산이 각각 626 nm과 625 nm으로 높게 나타났으며, 대만산과 한국산은 610 nm으로 비교적 낮게 나타나 아밀로오스 함량이 높으면 극대흡수파장의 값도 높게 나타나는 상관관계가 있다는 것을 알 수 있었다. 청가 (Blue value) 역시 4종 메밀전분의 결과를 살펴보면, 대만산은 0.35, 한국산은 0.32, 중국산은 0.39와 미국산은 0.35로 중국산의 청가가 비교적 높은 것을 알 수 있었다. 청가는 전분과 요오드 분자가 결합한 후 680 nm의 분광 광도계를 이용하여 흡광치를

측정해보면 청가의 크기에 따라 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량관계를 잘 판단 할 수 있었다. 아밀로오스 함량이 높을수록 청가 역시 높다는 결과는 우리나라 메밀전분 결과인 Kim 등(7)의 0.35, Chung(8)의 0.39와도 비슷한 결과를 나타냈다.

아밀로오스의 함량 측정

아밀로오스 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 함량별 결과를 살펴보면 미국산이 가장 높은 27.6%를 나타냈으며, 한국산이 가장 낮은 25.1%로 나타났지만 큰 차이를 보이지 않았다. Colonna 등(19) 및 Juliano 등(14)은 아밀로오스 함량 측정시 시료에 전분의 가치가 길수록 비교적 많은 요오드량이 필요하며, 그 결과 파장 620 nm 값이 높게 나타난다고 하였다. 이는 비교적 아밀로오스가 높은 함량치를 나타낼 수 있다고 하였다. 이러한 이론을 토대로한 본 실험에서 아밀로오스의 함량을 측정한 결과는 Lee와 Sohn(20)의 32.6, 38.9%와는 다소 낮은 수치를 나타냈으나, Kim(7)의 25.0%와 Chung(8)의 26.4%와는 비슷한 결과를 나타내었다.

물 결합력 및 팽윤력 및 용해도 측정

4종 전분시료의 물 결합력 측정결과는 Table 4에 나타냈다. 4종 메밀 전분의 보수율은 105.5-107.3%로 그 중 대만산의 보수성이 비교적 높게 나타났으며, 미국산이 비교적 낮게 나타났다. 메밀 전분의 물 결합력은 Kim 등(7)의 103.7%과 본 실험은 부합된 결과를 나타냈지만, Jou 등(9)의 209.9%의 결과와는 비교적 큰 차이를 보였다. Beleina (21)은 각종 전분 입자의 흡수 능력은 그 차이를 나타내는데 이는 전분입자내의 결정형구와 비 결정형구의 차이로 인하여 나타나며, 결정형구 중 전분은 불규칙형구의 결정체에 비하여 비율이 높다고 할 수 있으며, 그로 인하여 물 결합력도 비교적 높다고 할 수 있다고 한 이론과 잘 부합되는 결과라 보여진다.

팽윤력(Swelling power)의 측정결과는 Fig. 1, 용해도(solubility)의 측정결과는 Fig. 2와 같이 나타냈다. 그 결과를 살펴보면

Table 1. Yield of buckwheat starches from different areas including its amylose and amylopectin respectively

Sample	Starch (%)	Amylose (%)	Amylopectin (%)
Taiwanese buckwheat	62.8	32	41
Korean buckwheat	61.6	32	44
Chinese buckwheat	64.8	34	40
American buckwheat	63.2	36	48

Table 4. Water binding capacity (WBC) of buckwheat starches

Starch	Water binding capacity (%)
Taiwanese buckwheat	107.3
Korean buckwheat	106.3
Chinese buckwheat	106.0
American buckwheat	105.5

Table 2. Proximate composition of buckwheat starches

Starch	Moisture (%)	Crude protein (N×6.31, %)	Crude fat (%)	Ash (%)
Taiwanese buckwheat	6.30	0.51	0.86	0.10
Korean buckwheat	7.35	0.39	0.91	0.13
Chinese buckwheat	7.73	0.55	0.98	0.08
American buckwheat	9.58	0.41	0.84	0.06

Table 3. Blue value and absorption maximum of buckwheat starches amylose content

Starch	Amylose content(%)	λ_{max} (nm)	Blue value
Taiwanese buckwheat	25.8	610	0.35
Korean buckwheat	25.1	610	0.32
Chinese buckwheat	26.2	625	0.39
American buckwheat	27.6	626	0.35

Fig. 1. Swelling power of buckwheat starches.

4종 시료 모두 65°C에서부터 서서히 상승하였으나 75-85°C 구간에서는 명확하게 상승하는 효과를 나타내지 못하였다. 이를 추측하여 볼 때 이는 분자내와 분자간의 물 결합력이 불균형하게 이루어짐으로 인하여 발생된 원인이라 생각되며, 분자구조가 변하는 현상이 발생되었으리라 생각된다. 하지만 최고점은 95°C에 도달하여 이는 Jou(9)의 실험 결과와 같은 양상으로 나타났다. Sandhya 등(22)의 문헌을 살펴보면 저(低) 아밀로오스 함량의 전분 과립은 비교적 견고하지 못하여 가열과정 중 자유롭게 팽윤되는 반면 반대로 전분 과립의 아밀로오스 함량이 높으면 입자가 비교적 단단하여 팽윤에 비교적 제한을 받는다고 되어있다. Tester와 Morrison(23) 및 Morrison 등(24)에 발표된禾穀(벼)류 전분의 팽윤력은 주로 아밀로펙틴과 관계가 있다고 보고하고 있어 아밀로오스 전분이 팽윤에 영향력을 받을 가능성이 크다고 할 수 있다. 또한 Lii 등(25)은 전분 과립

Fig. 2. Water solubility of buckwheat starches.

구조의 견실도와 아밀로오스 함량은 정비례하여 전분 과립의 정도와는 상반관계를 나타낸다고 보고 하고 있다. 그러므로 본 실험에서의 4종 시료인 메밀 전분은 아밀로오스 함량이 비교적 높은 중국산과 미국산의 팽윤력이 95°C에 도달했을 때 비교적 낮게 나타나는 현상을 나타내므로 앞에서 서술한 연구자들의 결과와 잘 부합되는 결과라고 보여진다.

호화 패턴 측정

4종의 메밀전분을 이해하기 위해서 신속점도계(Rapid Visco Analyzer, RVA)을 이용하여 메밀전분의 호화형태 성질의 차이를 분석한 결과는 Table 5에 나타났다. 4종 메밀 전분(9% 건물량)의 RVA 측정 결과, 호화개시 온도는 약 65.3-67.0°C간에 이루어졌다. 호화개시온도는 최고 점도의 온도차이는 크게 차이가 나지 않지만 최고 점도는 모두 다르게 나타났으며, 그 중 미국산 품종이 가장 높게 나타났으며, 한국산 전분은 가장 낮

Table 5. The pasting properties of buckwheat starches measured by RVA

Starch	Pasting temperature (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak	Trough	Final	Breakdown	Setback
Taiwanese buckwheat	65.6	1,244	1,183	2,004	61	821
Korean buckwheat	65.3	911	798	1,532	113	734
Chinese buckwheat	65.3	1,402	1,366	2,343	36	977
American buckwheat	67.0	1,549	1,243	2,560	126	1,317

Fig. 3. SEM pictures of cross section of Korean buckwheat.
(a) with hull, (b) dehulled.

Fig. 4. SEM pictures of cross section of buckwheat starch granules.

(a) Taiwanese buckwheat, (b) Korean buckwheat, (c) Chinese buckwheat, (d) American buckwheat.

게 나타나 한국산 전분이 비교적 팽윤이 어려우며 아밀로오스 전분 함량의 영향을 받아 최고 점도가 낮게 나타난 것으로 보인다. holding strength 은 중국산이 가장 컸으며, 가공의 안정도를 나타내는 breakdown 및 노화와 밀접한 관계를 나타내는 setback 역시 미국산이 가장 높게 나타나 미국산 품종이 비교적 hard gel의 경향을 나타내 주었다.

SEM 현미경 결과

Fig. 3은 한국산의 결과를 나타냈으며, SEM 주사 전자 현미경으로 전분의 과립을 관찰한 결과는 Fig. 4에 나타났다. 시료의 외관 성질은 모두 동일종으로 나타났으며, 다른 곡류와 달리 외관은 3각형의 형태이며, 배이는 S자 형태를 취하고 있었다. 그 외 외형은 다각형으로 입자의 직경의 크기는 넓게 분포되어 있으며, 이러한 결과는 Kim 등(7)과 Jou 등(9)의 메밀 전분 과립의 외관과 유사하게 나타났다.

X-ray 관찰

모든 전분은 X-ray로 살펴보면 A, B, C 3종의 형태로 나누어 지는데, 대다수의 천연전분은 A형에 속해 있으며, X-ray 기계의 각은 $2\theta = 15.3, 17.1, 18.2, 20.3$ 및 23.5° 일 때 그 peak가 나타난다고 하였으며, 그 종류에는 소맥, 쌀, 옥수수, 메밀, 수수 등이 이에 속한다고 볼 수 있으며, 줄기(tuber)전분은 B형 타입으로 $2\theta = 17.2$ 및 22.2° 에 비교적 강한 peak를 나타내며, 감자와 백합 등이 B형에 속하고, 뿌리류(root), 씨앗류(seed) 및 두과(豆科) 전분은 C형 결정이라 할 수 있다(26,27). 이는 A형과 B형간의 중간 결정 형태를 취하고 있다고 할 수 있다. X-ray로 살펴본 시료의 전분 결정 형태는 Fig. 5에 나타난 결과와 같이 메밀전분의 주사형태는 모두 비슷한 형태를 나타냈으며, 관련된 파장치를 살펴보면 4종 전분 모두가 A형에 속한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 5. X-ray diffraction pattern of buckwheat starch granules.

(a) Taiwanese buckwheat, (b) Korean buckwheat, (c) Chinese buckwheat, (d) American buckwheat.

요 약

산지가 다른 지역(대만, 중국, 한국, 미국)에서 자란 4종의 메밀전분의 이화학적 특성을 살펴 보았다.

그 결과를 살펴보면 전분의 외형은 4종 모두 다각형의 입자로 넓게 분포 되어 있으며, X-ray 관찰결과 대다수의 천연 전

분과 마찬가지로 4종 모두 A형에 속해 있었다. 수분함량은 6.3-9.58%사이에 있었으며, 조 단백질은 대만산과 중국산이 한국산과 미국산시료보다 높게 나타났으며, 지방함량은 한국산과 중국산이 다른 2종의 시료보다 높게 나타났다. 청가(BV)를 살펴보면 중국산이 0.39로 가장 높게 나타났고, 한국산이 0.32로 가장 낮게 나타났다. 아밀로오스 함량은 미국산이 27.6으로 가장 높고, 한국산이 가장 낮았다. 물결합력에서는 대만산의 시료가 가장 높고, 미국산이 가장 낮았다. 아밀로오스 함량이 비교적 높은 중국산과 미국산은 팽윤력과 용해도에서 낮게 나타났다. 신속 점도측정기(RVA)에 의한 측정결과 최고점도, 가공의 안정성을 나타내는 breakdown, 노화에 밀접한 관계를 나타내는 setback 모두 미국산이 가장 높게 나타나 미국산이 비교적 hard gel한 경향을 나타내었다.

문 헌

1. Cho SA, Kim SK. Particle size distribution, pasting pattern and texture of gel of acorn, mungbean and buckwheat starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1291-1297 (2000)
2. Marshall HG, Pomeranz Y. Buckwheat description, breeding production and utilization: In advances in cereal science and technology. *J. Am. Assoc. Cereal Chem.* 59: 167-172 (1982)
3. Taira H. Buckwheat. pp. 139. In: *Encyclopedia of Food Technology*. Johnson AH, Peterson MP (eds). Avi Publishing Co., Westport, CT, USA (1974)
4. Mazz G, Campbell CG. Influence of water activity and temperature on dehulling of buckwheat. *Cereal Chem.* 62: 31-36 (1985)
5. Mazz G. Buckwheat browning and color assessment. *Cereal Chem.* 63: 361-364 (1986)
6. Shigehisa S, Toru I, Shinjiro C, Takayoshi M. The use of heterosis in buckwheat. *Rept. Nat'l. Food Res. Inst.* 34: 1-7 (1979)
7. Kim SK, Hahn TR, Kwon TW, D'Appolonia BL. Physicochemical properties of buckwheat starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 9: 138-143 (1977)
8. Chung KM. Molecular structure and lipid in starches for mook. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 633-641 (1991)
9. Jou RY. Physicochemical properties and gel forming properties of mungbean and buckwheat crude starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 52:1-4 (1989)
10. Hizukuri S. Polymodal distribution of the chain lengths of amylopectins, and its significance. *Carbohydr. Res.* 147:342-347 (1986)
11. AACC. Approved Method of the AACC. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1991)
12. Gilbert LM, Gilbert GA, Spragg SP. Amylose and amylopectin from potato starch. *Meth. Carbohydr. Chem.* 4: 25-27 (1964)
13. Schoch TJ. Iodimetric determination of amylose. *Meth. Carbohydr. Chem.* 4: 157-160 (1964)
14. Juliano BO, Perez CM, Blakeney AB, Castillo T, Kongseree N, Laignelet B, Lapis ET, Murty VVS, Paule CM, Webb BD. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch/Starke* 33:157-162 (1981)
15. Blakeney AB, Welsh LA, Bannon DR. Rice quality analysis using a computer controlled RVA. 180-182. In: *Cereal International*. Martin DJ, Wrugley CW (eds). Royal Australian Chemical Institute, Victoria, Australia (1991)
16. Villareal CP, Juliano BO, Hizukuri S. Varietal differences in amylopectin staling of cooked waxy milled rices. *Cereal Chem.* 70: 735-758 (1993)
17. Wootton M, Bamunuarachchi A. Water binding capacity of commercial produced native and modified starches. *Starch/Starke* 30: 306 (1978)
18. Lii CY, Chang SM, Yang HL. Correlation between the physicochemical properties and the eating quality of milled rice in Taiwan. *Inst. Chem. Academia Sinica* 33: 55-62 (1986)
19. Colonna P, Bulen A, Mercier C. Pisum sativum and Vicia faba carbohydrates: structural studies of starches. *J. Food Sci.* 46: 88-93 (1981)
20. Lee MS, Sohn KH. A study on the physicochemical properties of buckwheat starches. *Korean J. Soc. Food Sci.* 8: 291-296 (1992)
21. Beleina A, Variario-Marsyon E, Hosney RC. Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.* 57: 300-303 (1980)
22. Sandhya Rani MR, Bhattacharya KR. Rheology of riceflour pastes: Effect of variety, concentration, and temperature, and time of cooking. *J. Text. Studies* 20: 127-137 (1989)
23. Tester RF, Morrison WR. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem.* 67: 551-557 (1990)
24. Morrison WR, Tester FF, Snape CE, Law F, Gidley MJ. Swelling and gelatinization of cereal starches: Some effects of lipid-complexed amylose and free amylose in waxy and normal barley starches. *Cereal Chem.* 70: 385-391 (1993)
25. Lii CY, Tsai ML, Tseng KH. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem.* 73: 415-420 (1996)
26. Schoch TJ. Swelling power and solubility of granular starches. *Meth. Carbohydr. Chem.* 4: 106-108 (1964)
27. Zobel HF. X-ray analysis of starch granules. *Meth. Carbohydr. Chem.* 4: 109-113 (1964)

(2004년 3월 2일 접수; 2004년 8월 9일 채택)