

취반중 쌀의 수분 흡수 및 열수 가용성화 특성

강길진 · 노일환*

광주지방식품의약품안전청, *전라남도청

Hydration and Hot-water Solubilization of Milled Rice During Cooking

Kil-Jin Kang and Il-Hwan Lho*

Korea Food & Drug Administration, Kwangju

*Chonnam Provincial Government, Kwangju

Abstract

The characteristics of hydration and hot-water solubilization of milled rice during cooking were investigated using Korean rice [3 varieties of Japonica type and 3 varieties of Tongil type (Japonica-Indica breeding type)]. The water uptake rate constants of Japonica type varieties during cooking were later than those of Tongil type varieties. The contents of solubles and soluble amylose among Japonica type varieties during cooking were similar, but those among Tongil type varieties were different. At the same cooking conditions, Japonica type varieties showed higher contents and leaching rate constants of solubles as well as soluble amylose than Tongil type varieties.

Key words: milled rice, cooking, hydration, hot-water solubilization

서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 전세계 인구의 약 40%, 특히, 아시아 아프리카와 라틴 아메리카 지역에서 주식으로 이용하고 있는 곡류로서 크게 자포니카형(Japonica type)과 인디카형(Indica type)으로 구분되는데, 자포니카형은 쌀알이 둥글고 밥은 끈기가 있으나 인디카형은 길고 가늘며 밥의 끈기가 약한 특징을 보인다⁽¹⁾. 우리나라에서는 전통적으로 자포니카형 쌀을 재배하여 왔으며 1970년대 이후에 자포니카와 인디카의 교배종인 통일계가 보급되어 현재, 우리나라 쌀은 크게 일반계와 통일계로 나누어진다. 일반적으로 식미는 아밀로오스 함량에 크게 영향을 받는데⁽²⁾, 일반계와 통일계는 아밀로오스 함량이 20% 정도로서 서로 유의적인 차이를 보이지 않는다⁽³⁾. 그러나 식미는 일반계가 통일계 보다 좋은 것으로 인식되고 있다. 이러한 사실은 우리나라 쌀의 경우 아밀로오스 함량 차이만으로는 식미의 차이를 충분히 설명할 수 없음을 가리킨다.

일반계와 통일계 쌀의 식미 차이를 이해하기 위하여 많은 연구가 이루어졌는데, 최근, 강 등⁽⁴⁻¹⁰⁾은 쌀 전

분의 분자구조는 일반계와 통일계의 사이에 그 특성의 차이를 보이며, 또한, 밥의 텍스처에도 관계하고 있음을 밝혔다. Bhattacharya 등⁽¹¹⁾은 쌀밥의 텍스처가 쌀가루의 열수 불용성 아밀로오스에 의해 좌우된다고 하였다. 이렇듯 일반계와 통일계 쌀의 식미 차이는 여러 관점에서 연구되어 그 특성이 밝혀지고 있으나, 쌀의 취반 및 쌀의 가공에 있어서 기초자료가 되는 취반중 수분흡수 특성 및 열수에 의한 가용화 특성에 대한 연구는 아직 미비한 상태이다.

쌀을 이용하여 취반 또는 기타의 가공을 하게 될 경우 수분은 호화에 있어서 가장 필수적인 것으로서 쌀의 수분 흡수 특성을 정확히 파악하는 것은 매우 중요한 의미를 지닌다. 이러한 수분 흡수는 품종, 재배 조건, 저장 조건 및 시간에 따라서 달리 나타난다⁽¹²⁾. 수화 온도 및 시간은 쌀 내부의 수용성 기질, 색상, 냄새와 맛에 중요한 영향을 미치며, 수화에 사용되어지는 물 속의 무기성분이나 기타의 다른 물질들은 가공 후 최종 제품의 맛과 냄새 등에 심각한 영향을 미치게 된다.

따라서 본 연구에서는 아직까지 보고되지 않은 계통이 다른 우리나라 쌀인, 일반계와 통일계 쌀의 취반중 수분흡수 및 열수 가용성화 특성을 비교 연구하므로써 쌀의 취반 특성 및 가공 적성을 이해하는 기초 자

Corresponding author: Kil-Jin Kang, Korea Food & Drug Administration, Woosan-dong 1582-2, Kwangsan-ku, Kwangju 506-050, Korea

료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

재료

전라남도 농촌진흥원 평동 시험포장에서 수확한 벼로서 일반계인 동진벼, 추청벼, 탐진벼와 통일계인 삼강벼, 남영벼, 용주벼를 사용하였다. 시료는 정미기(모델 RJ 150, Kiya Seisakuho사, Japan)를 이용, 백미로 도정하여 사용하였는데 각 시료의 일반 성분은 Table 1과 같았다.

일반성분 분석

쌀의 일반성분은 AOAC법⁽¹³⁾에 따라, 전분의 아미로오스 함량은 Williams 등⁽¹⁴⁾의 방법으로 분석하였다. 아밀로오스의 표준곡선은 Takeda와 Hizukuri의 방법⁽¹⁵⁾에 따라 쌀로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정한 비율로 섞어 작성하였다.

취반조건

쌀 10 g을 물로 5회 씻은 다음 300 mL 비이커에 취하여 10 배량의 물을 가하여 30분간 침지 후 전기밥솥을 이용하여 가열하였다. 전기밥솥에 200 mL의 증류수를 넣고 시료가 담긴 비이커를 넣은 다음 10분, 20분, 30분, 40분 가열하였다. 이 때 전기밥솥 내의 물을 끓이는데 소요시간은 5-6분이었다.

수분흡수 속도의 분석

100°C에서 취반중 수분흡수 속도는 쌀 10 g을 300 mL 비이커에 취하여 10배량의 물을 가하여 전기밥솥을 이용하여 취반하면서 일정 시간별로 꺼내어 표면수를 제거하고 무게 증가량으로부터 1 g당 수분 증가량(건량기준)을 계산하였다⁽¹⁶⁾. 이와같은 과정을 3회

상 반복하여 평균값을 취하였다.

수분흡수 속도는 Becker의 개략적인 확산 방정식⁽¹⁷⁾에 의하여 다음과 같이 계산하였다.

$$m - m_0 = k \sqrt{t}$$

여기에서 m 은 일정시간 취반후의 수분함량(g H₂O/g dry matter), m_0 는 쌀의 초기 수분함량(g H₂O/g dry matter), t 는 취반시간(min), k 는 수분흡수속도상수(min^{-1/2})이다.

열수가용화 특성 분석

과량(10배)의 물과 함께 100°C에서 취반하면서 일정시간별로 열수 가용화 특성을 분석하였다. 이때 열수가용성 성분은 가열된 시료를 2,000×g에서 20분간 원심분리하여 상징액으로부터 얻었다. 원심 분리한 상징액으로부터, 열수 가용성 전분은 페놀-황산 방법⁽¹⁸⁾으로, 열수 가용성 아미로오스 함량은 Williams 등⁽¹⁴⁾의 방법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

수분 흡수 특성

백미에 과량의 물을 가하고 100°C에서 취반하면서 조사한 백미의 수분 흡수량은 Fig. 1과 같다. 취반 시간에 따라 수분 흡수량은 취반 30분까지 증가하고 40분 이후에는 더 이상 증가하지 않았다. 각 취반 시간에서 수분 흡수량은 통일계인 삼강벼가 가장 많았고 통일계인 용주벼가 가장 낮았으며 일반계는 그 중간 값을 보였다. 100°C에서 30분 취반후에 수분 흡수량은 1.94~2.35 g H₂O/g rice로서 김 등⁽¹⁹⁾이 보고한 30°C에서 30분 침지후에 수분 흡수량 0.29~0.35 g H₂O/g rice 보다 6.6~6.9배 증가하였다. 이것은 취반 중에 백미의 약 90% 이상을 차지하는 전분이 팽윤-호화 되면서 많은 양의 수

Table 1. Proximate composition of milled rices

	Moisture (%)	Protein (%) ¹⁾	Lipid (%)	Ash (%)	Amylose (%)
Japonica type					
Tongjinbyeo	12.9	7.0	0.92	0.37	21.0
Chucheongbyeo	12.6	6.8	1.10	0.31	20.8
Tamjinbyeo	13.3	7.2	0.99	0.34	20.4
Tongil type					
Samgangbyeo	13.2	7.8	0.90	0.35	19.6
Namyongbyeo	12.5	8.2	0.85	0.31	18.8
Yongjubyeo	12.8	8.0	0.92	0.37	19.5

¹⁾N × 5.95.

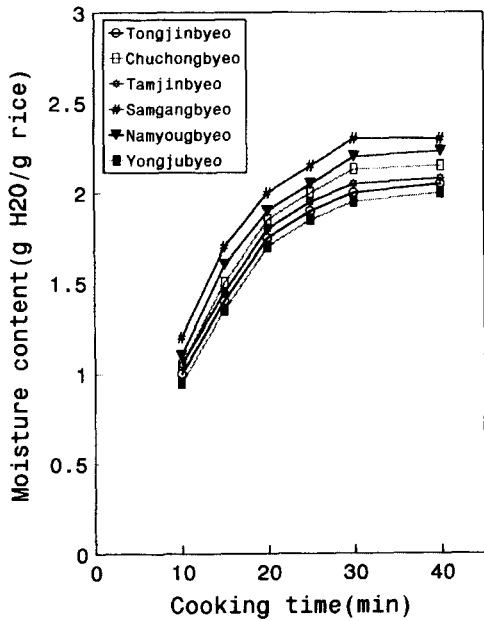


Fig. 1. The change of moisture contents of milled rice during cooking.

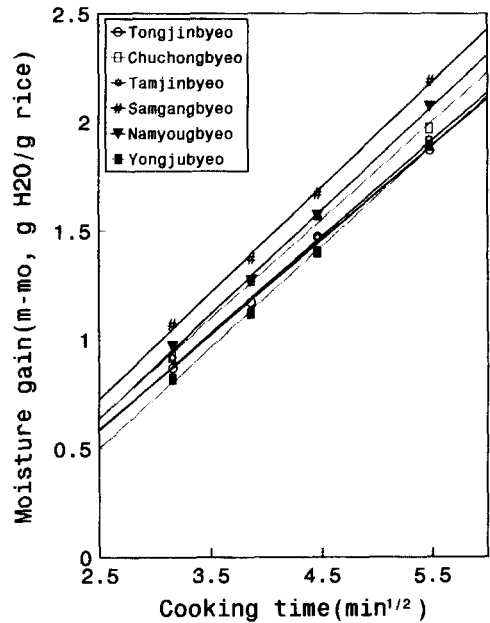


Fig. 2. Relation between the moisture gain and the square root of the absorption.

분을 필요로 하기 때문이다.

백미의 취반시 물의 흡수량은 쌀의 각 품종에 따라 각각 특징을 보였는데, 이것은 적절한 취반 조건 뿐만 아니라 쌀 가공에도 중요한 인자로서 작용할 것으로 생각된다.

취반중 백미의 수분 증가량과 취반시간의 평방근과의 관계는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 직선 관계를 보여 Becker 식⁽¹⁷⁾이 잘 적용되었다. 따라서 취반중에 백미의 수분 증가는 기본적으로 수분의 확산에 의하여 일어남을 알 수 있다.

Fig. 2의 직선 기울기로부터 구한 수분 흡수 속도 상수는 Table 2 와 같다.

취반중 백미의 수분 흡수 속도 상수는 일반계가 0.43~0.47 $m^{-1/2}$ 이고 통일계가 0.49~0.53 $m^{-1/2}$ 로서 일반계가 더 작았다. 김 등⁽¹⁹⁾은 30°C에서 침지중 수분 흡수 속도 상수는 일반계가 0.033~0.039 $m^{-1/2}$ 으로서 통일계의 0.047~0.048 $m^{-1/2}$ 보다 더 작았다고 하였다. 따라서 30°C 침지와 100°C 취반중 백미의 수분 흡수는 일반계가 통일계 보다 더 느리게 일어남을 알 수 있었다. 또한 100°C 취반중 수분 흡수는 30°C 침지중 수분 흡수 보다 11.3~13.0배나 빠른 속도로 이루어짐을 알 수 있었다.

김 등⁽²⁰⁾은 우리나라 쌀을 수분 흡수 속도(23°C)에 따라 6개 그룹으로 분류하고 통일계 쌀의 수분 흡수

Table 2. Water uptake rate of milled rice during cooking

	Water uptake rate ($min^{-1/2}$)
Japonica type	
Tongjinbyeo	0.44
Chucheongbyeo	0.47
Tamjinbyeo	0.43
Tongil type	
Samgangbyeo	0.53
Namyoungbyeo	0.51
Yongjubyeo	0.49

속도가 일반계 쌀의 것 보다 다소 빠르다고 하였다.

쌀의 열수 가용화

백미에 10배량의 물을 넣고 100°C에서 취반하면서 일정 시간별 용출되는 열수 가용성 물질과 가용성 아밀로오스 함량 변화는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

백미의 열수 가용성 물질은 취반 20분 후에 1.88~3.60%, 취반 40분 후에 12.25~15.76%로 증가하였으며, 취반 시간에 관계없이 일반계가 통일계 보다 높았다. 또한, 가용성 아밀로오스도 취반 20분 후에 1.20~2.76%, 취반 40분 후에 7.86~9.79%로 증가하였으며 취반 시간에서 모두 일반계가 통일계 보다 높았다. 열수 가용성 물질과 가용성 아밀로오스의 품종간 차이

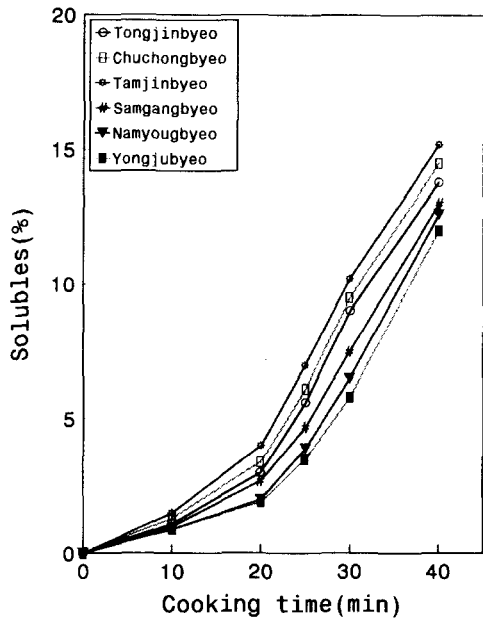


Fig. 3. The change of solubles during cooking of milled rice.

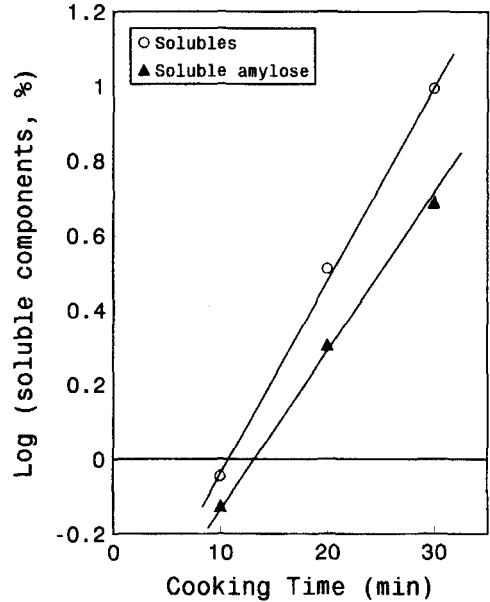


Fig. 5. The change of solubles and soluble amylose during cooking of milled rice (Chuchongbyeo).

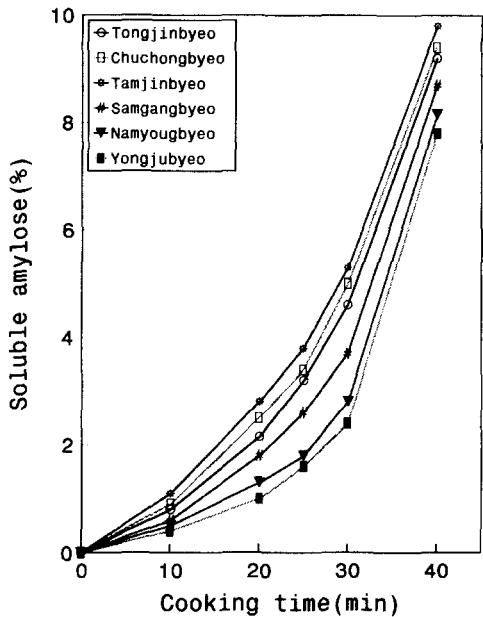


Fig. 4. The change of soluble amylose during cooking of milled rice.

Table 3. The leaching rate constant of hot-water soluble components in cooking of milled rice

	Leaching rate constant (min ⁻¹)		
	Solubles (S)	Amylose (A)	A/S
Japonica type			
Tongjinbyeo	0.050	0.040	0.80
Chucheongbyeo	0.052	0.040	0.77
Tamjinbyeo	0.050	0.039	0.78
Tongil type			
Samgangbyeo	0.049	0.038	0.77
Namyoungbyeo	0.046	0.034	0.74
Yongjubyeo	0.046	0.033	0.72

는 30분 동안 취반했을 때 가장 큰 차이를 보였는데, 일반계가 통일계보다 높았으며 특히, 통일계인 용주벼와 남영벼가 가장 낮은 값을 보였다. 이러한 결과로

볼 때, 취반중에 일어나는 열수 가용성 성분의 용출은 일반계가 통일계보다 더 쉽게 일어남을 알 수 있었다.

백미의 취반 시간에 대한 가용성 물질과 가용성 아밀로오스의 대수값은 직선적인 관계를 보였다(Fig. 5). 이 직선의 기울기로 부터 구한 가용성 물질과 가용성 아밀로오스의 용출 속도 상수는 Table 3과 같다. 백미로 부터 가용성 물질의 용출 속도 상수는 일반계가 0.050~0.052 min⁻¹로서 통일계의 0.046~0.049 min⁻¹보다 높은 값을 보였으며, 또한, 아밀로오스 용출 속도 상수도 일반계가 0.039~0.040 min⁻¹로서 통일계의 0.033~0.038 min⁻¹보다 높은 값을 보였다. 일반계의 품종간에는 가용성 물질 이나 아밀로오스의 용출 속도가 서로

차이를 보이지 않았지만, 통일계의 경우 남영벼와 용주벼는 다른 품종에 비하여 가장 낮은 값을 보였으며 삼강벼는 일반계 품종에 가까운 값을 보였다. 이러한 결과는 일반계가 통일계 보다 열수에 가용성 물질이나 아밀로오스의 용출이 더 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있었다.

취반하는 동안 가용성 성분의 조성 비율은 취반 시간에 따라 달라졌는데, 취반중 일정 시간별 가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스의 비율을 나타낸 결과는 Fig. 6과 같다. 가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스의 비율은 취반 10분 후에 79~89%에서 취반 30분 후에 44~56%까지 감소하다가 다시 취반 40분 후에 60~70%로 증가하였다. 또한, 취반 30분 후에 그 비율이 일반계 쌀이 51~55%, 통일계 쌀이 44~48%로서 일반계 쌀이 다소 높았다. 이러듯 취반중에 가용성 성분의 용출패턴이 취반 30분을 경계로 다른 양상을 보인 것은 취반 특성 및 쌀의 가공에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다.

일반계의 가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스의 비율은 취반 시간에 관계없이 통일계 보다 높은 값을 보였다.

취반하는 동안 불용성 아밀로오스의 변화는 Fig. 7과 같다.

취반중 불용성 아밀로오스는 쌀의 전체 아밀로오스 함량에서 가용성 아밀로오스 함량을 뺀 값으로 나타

내었다.

불용성 아밀로오스는 취반 20분 후에 일반계가 18.3~19.3%, 통일계가 16.5~17.7%이었고, 취반 40분 후에는 일반계가 9.2~9.8%, 통일계가 10.5~12.3%이었다.

불용성 아밀로오스 함량은 품종에 상관없이 취반 시간이 지날수록 감소하였는데 취반초기(10분, 20분)에는 통일계가 일반계보다 높았으나 취반후기(30분, 40분)에서는 일반계가 통일계가 높으므로 정반대 현상으로 변화하였다. Bhattacharya 등⁽¹¹⁾은 불용성 아밀로오스 함량이 많을수록 밥의 텍스처가 나쁘다고 보고하였다.

Table 4는 백미를 과량(10배량)의 물에서 30분간 취반했을 때 열수에 가용화되는 특성을 나타낸 결과이다. 30분간 취반했을 때 가용성 물질, 가용성 아밀로오스 모두 일반계가 통일계보다 높은 값을 보였는데, 가용성 물질은 일반계가 9.36~9.98%, 통일계가 6.00~7.95%이었으며, 가용성 아밀로오스는 일반계가 4.63~4.89%, 통일계가 2.65~3.56%이었다.

전체 아밀로오스에 대한 가용성 아밀로오스의 비율은 일반계가 22.01~23.51%, 통일계가 13.59~18.16%로서 일반계가 더 높았다. 열수에 가용화되지 않고 남아 있는 불용성 아밀로오스는 일반계가 15.37~15.91%로서 통일계의 16.04~6.85% 보다 낮았다. 이것은 일반계의 아밀로오스가 통일계의 아밀로오스보다 더 쉽게

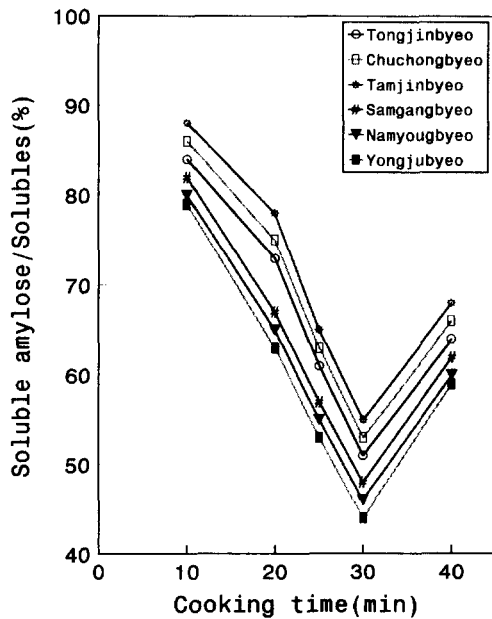


Fig. 6. The ratio change of soluble amylose against solubles during cooking of milled rice.

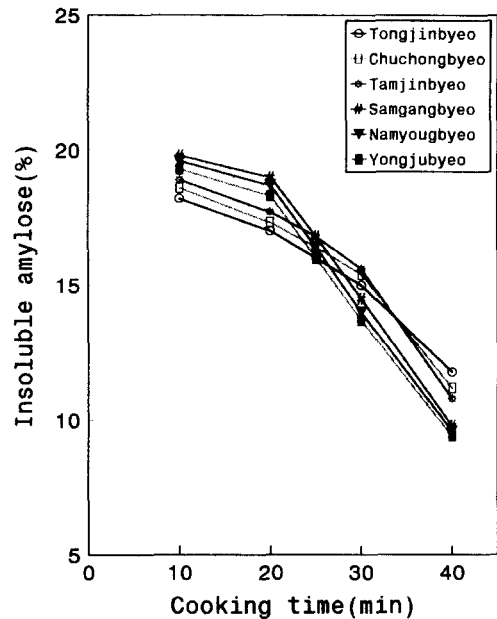


Fig. 7. The change of insoluble amylose during cooking of milled rice.

Table 4. Hot-water soluble components of milled rice prepared by cooking for 30 min

	Solubility (%)			Total amylose ¹⁾ (TA) (%)	SA/TA (%)	Insoluble ²⁾ amylose (%)
	Solubles (SS)	Amylose (SA)	SA/SS			
Japonica type						
Tongjinbyeo	9.36	4.63	49.5	21.0	22.01	15.37
Chucheonbyeo	9.86	4.89	49.6	20.8	23.51	15.91
Tamjinbyeo	9.98	4.66	46.7	20.4	22.84	15.74
Tongil type						
Samgangbyeo	7.95	3.56	44.8	19.6	18.16	16.04
Namyongbyeo	6.16	2.69	43.7	18.8	14.31	16.11
Yongjubyeo	6.00	2.65	44.2	19.5	13.59	16.85

¹⁾Based on the untreated rice starch.

²⁾Difference between soluble amylose and total amylose.

열수에 가용화 됨을 알 수 있다.

최근 강 등⁸⁾은 전분의 열수 가용화와 전분의 분자 구조가 깊은 관련이 있으며, 또한 밥의 텍스처와도 관련이 있다고 하였다.

이렇듯 취반시에 용출되는 가용성 성분(주로 전분)의 량과 그 조성 비율은 취반 조건과 쌀의 품종에 따라 다른 특성을 나타내며, 이러한 특성이 밥의 텍스처 뿐만 아니라 가공적성에도 큰 영향을 미칠것으로 생각된다.

요 약

우리나라 쌀로서 계통이 다른 일반계와 통일계 쌀의 취반 및 가공 적성을 이해하기 위하여 취반 중 백미의 수분 흡수 특성과 열수 가용화 특성을 조사하였다. 100°C에서 취반 중 백미의 수분 흡수 속도는 일반계가 0.43~0.47 m^{-1/2}이고 통일계가 0.49~0.53 m^{-1/2}로서 일반계가 통일계보다 더 느린 속도로 일어났다. 쌀의 취반에 따른 열수 가용화 특성은 가용성 물질 뿐만 아니라 가용성 아밀로오스 모두 통일계 쌀이 일반계 쌀보다 더 빠른 속도로 가용화가 일어났다. 가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스의 비율은 취반 30분 후에 일반계 쌀이 51~55%, 통일계 쌀이 44~48%로서 일반계 쌀이 다소 높았으며, 30분 이전까지는 그 비율이 점차 감소하였으나 30분 이후에는 증가하는 현상을 보였다. 이러한 결과에서 취반 중 백미의 수분 흡수 및 열수 가용화 특성은 취반 및 가공 적성에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

문 헌

1. Juliano, B.O.: In *Rice Chemistry and Technology*. ed. B.

O. Juliano, American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul. Minnesota. U.S.A., p.443 (1985)
 2. Juliano, B.O.: *The International Rice Research Institute*, Los Banos, Philippines p.69 (1979)
 3. Lee, B.Y., Yoon, I.H., Iwasaki, T., Kamoi, I. and Obara, T.: Cooking quality and texture of japonica-indica breeding type and japonica type Korean rice (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 613-619 (1989)
 4. Kang, K.J., Kim, K., Kim, S.K. and Murata, A.: Relationship between molecular structure of amylose and texture of cooked rice of Korean rice. *J. Applied Glycosci.*, **41**, 35-40 (1994)
 5. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: Relationship between molecular structure of rice amylopectin and texture of cooked rice (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 105-111 (1995)
 6. Kang, K.J., Kim, K. and Murata, A.: Molecular structure characterization of acid-treated starches from Korean rices. *Bull. Fac. Agr. Saga Univ.*, **76**, 113-120 (1994)
 7. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: Three stage hydrolysis pattern of rice starch by acid-treatment. *J. Applied Glycosci.*, **41**, 201-204 (1994)
 8. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: Structure of hot-water soluble rice starch in relation to the structure of rice starch and texture of cooked rice (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 757-761 (1995)
 9. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: Structure and properties of hot-water insoluble rice starch (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 631-634 (1995)
 10. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: structure and properties of starch on rice variety (in Korean), *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 684-689 (1995)
 11. Bhattacharya, K.R., Suwbhagya, Y.M. and Indudhara Swamy, C.M.: Importance of insoluble amylose as determinant of rice quality. *J. Sci. Food Agri.*, **29**, 359-365 (1978)
 12. Gariboldi, F.: Parboiled rice. In *Rice: Chemistry and Technology*, Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, Mtl., p. 353 (1972)
 13. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1980)

14. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, L.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411-417 (1970)
15. Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B.O.: Purification and structure of amylose from rice starch. *Carbohydr. Res.*, **148**, 299-308 (1986)
16. Song, B.H, Kim, D.Y. and Kim, S.K.: Comparison hydration and cooking rates of brown and milled rices (in Korean). *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, **31**, 211-216 (1988)
17. Becker, H.A.: On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.*, **37**, 309-315 (1960)
18. Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J.K., Revers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350-356 (1956)
19. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: Relationship between hot-water solubles of rice and texture of cooked rice (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 498-502 (1991)
20. Kim, S.K., Han, K.Y., Park, H.H, Chae, J.C. and Ree, J. H.: Hydration rate of milled rice (in Korean). *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, **28**, 62-67 (1985)

(1998년 2월 21일 접수)