

쌀의 열수 가용성 물질과 밥의 텍스처와의 관계

김 관 · 강길진 · 김성곤*

전남대학교 식품공학과, *단국대학교 식품영양학과

Relationship Between Hot Water Solubles of Rice and Texture of Cooked Rice

Kwan Kim, Kil-Jin Kang and Sung-Kon Kim*

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University

*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

Abstract

The relationships between the textural properties of cooked rice and hot water-solubles of rice or rice flour were studied. The amounts of solubles or soluble amylose among japonica varieties were similar, but those among Tongil type varieties were different. At the same heating conditions, japonica varieties showed higher contents of solubles as well as soluble amylose than Tongil varieties. The solubles and soluble amylose from rice or rice flour showed a negative correlation with hardness but a positive correlation with adhesiveness of rice cooked with optimum water.

Key words: solubles, soluble amylose, texture of cooked rice

서 론

우리나라 쌀은 일반계와 통일계로 나누는데 식미는 서로 차이를 보이고 있다. 일반적으로 식미는 아밀로오스 함량에 크게 영향을 받는데⁽¹⁾, 우리나라 쌀의 경우 일반계와 통일계는 아밀로오스 함량이 20% 정도로서 서로 유의적인 차이를 보이지 않는다^(2,3).

쌀의 식미 평가방법은 크게 취반특성과 밥의 관능적 특성을 평가하는 직접적인 방법과 아밀로오스 함량, 쌀 가루의 소화성질 등에 의한 간접적인 방법으로 나눌 수 있다⁽⁴⁾. 우리나라 쌀밥의 관능적 성질에 대해서는 최근 일부 연구⁽⁵⁻¹⁰⁾가 있으나 아직 식미에 영향을 주는 인자는 확실하게 밝혀지지 않고 있다. 최근 Lee⁽³⁾은 일반계와 통일계 쌀을 과량의 물로 취반했을 때 아밀로오스 함량은 밥의 부착성과 부의 상관을, 단백질 함량은 밥의 경도와 점의 상관성을 보인다고 하였다. 일본의 경우 밥의 텍스처 중 경도와 끈기의 비가 식미를 결정짓는 인자로 보고되어 있다⁽¹¹⁾. Bhattacharya⁽¹²⁾은 미질평가에 있어서 쌀가루의 불용성 아밀로오스가 중요하다고 하였다.

이 연구는 쌀 전분의 분자구조적 특성에 의한 미질 특성에 대한 연구의 일부로서 일반계와 통일계 쌀의 가열에 의한 가용성 아밀로오스와 밥의 텍스처와의 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

전라남도 농촌진흥원 평동 시험포장에서 수확한 벼로서 일반계인 동진벼, 추청벼, 탐진벼와 통일계인 삼강벼, 남영벼, 용주벼를 사용하였다. 시료는 정미기(모델 RA 150, Kiya Seisakuho사, Japan)를 이용 백미로 도정하여 사용하였다.

일반성분 및 특성분석

쌀의 일반성분은 AOAC법⁽¹³⁾에 따라, 전분의 아밀로오스 함량은 Williams⁽¹⁴⁾의 방법으로 분석하였다. 아밀로오스의 표준곡선은 Takeda와 Hizukuri⁽¹⁵⁾의 방법으로 쌀로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정한 비율로 섞어 작성하였다. 쌀 알의 무게는 쌀 알 100개의 무게를 3회 반복 측정하고 평균값으로 나타내었고, 쌀 알의 경도는 인스트론으로 측정하였다. 쌀의 30°C에서의 수분흡수속도는 Becker⁽¹⁶⁾의 확산방정식을 이용하여 김⁽¹⁷⁾의 방법으로 구하였다.

쌀의 가열 중 가용성 성분의 분석

쌀 10g을 물로 5회 씻은 다음 300 ml 비이커에 취하고 10배량의 물을 가하여 30분간 침지 후 전기밥솥을 이용하여 가열하였다. 전기밥솥에 200 ml의 증류수를 넣고 시료가 담긴 비이커를 넣은 다음 10, 20분과 30분간 가열하였다. 이 때 전기밥솥 내의 물을 끓이는데 소요된 시간은 5~6분이었다. 가열된 시료는 2,000×g에서 20

Corresponding author: Kwan Kim, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Table 1. Proximate composition and physicochemical properties of milled rice

Milled rice	Protein (N×5.95) (%)	Fat (%)	Ash (%)	Amylose (%)	One kernel weight (mg)	Hardness (kg)	Water uptake rate at 30°C (min ^{-1/2})
Japonica type							
Tongjinbyeo	7.0	0.92	0.37	21.0	20.8	6.1	0.033
Chucheongbyeo	6.8	1.10	0.31	20.8	18.8	5.9	0.039
Tamjinbyeo	7.2	0.99	0.34	20.4	20.8	6.0	0.037
Tongil type							
Samgangbyeo	7.8	0.90	0.35	19.6	17.2	6.4	0.047
Namyongbyeo	8.2	0.85	0.31	18.5	16.7	6.2	0.046
Yongiubyeo	9.0	0.88	0.37	19.5	18.6	6.2	0.048

Table 2. Changes in solubles during heating of rice

	Heating time at 100°C (min) ^a					
	10		20		30	
	Solubles (%)	A/S ^b (%)	Solubles (%)	A/S (%)	Solubles (%)	A/S (%)
Japonica type						
Tongjinbyeo	0.95	85.3	3.00	72.0	9.36	49.5
Chucheongbyeo	0.90	83.3	3.24	75.0	9.86	49.6
Tamjinbyeo	1.00	83.0	3.60	76.6	9.98	46.7
Tongil type						
Samgangbyeo	0.85	83.5	2.68	74.6	7.95	44.8
Namyongbyeo	0.75	84.7	1.88	63.8	6.16	43.7
Yongiubyeo	0.70	84.2	2.00	64.5	6.00	44.2

^aRice in excessive water was heated with an electric cooker. The time to reach at boiling temperature of water was approximately 5 min.

^bRatio of soluble amylose(A) to solubles(S). The solubles was expressed as total carbohydrate.

분간 원심분리하고 상징액의 총 당은 페놀-황산법⁽¹⁸⁾으로, 아밀로오스 함량은 Williams들⁽¹⁴⁾의 방법으로 구하였다.

쌀가루의 가열 중 가용성 성분의 분석

쌀가루의 가열에 따른 가용성 성분의 분석은 Juliano들⁽¹⁹⁾의 방법에 따라 분석하였다. 쌀가루(60메시) 200 mg을 80°C 또는 98°C의 물 40 ml에 현탁시키고 80°C에서는 1시간, 98°C에서는 2~8분간 유지시킨 다음 1,000 ×g에서 20분간 원심분리하고 위와 같이 상징액의 총 당과 아밀로오스 함량을 구하였다.

밥의 텍스처

쌀 20g을 물로 5회 씻은 다음 300 ml 비이커에 취하고 물을 1.5배량 가한 다음 비이커 윗부분을 은박지로 덮고 물 200 ml를 넣은 자동 전기밥솥으로 취반하였다. 취반 완료 후 보온상태에서 1시간 유지시킨 다음 밥알 1개의 경도와 부착성을 Instron Universal Testing Machine (모델 1000)으로 측정하였다. 기기조작 조건은 cross

head 속도는 분당 10 cm, 힘은 1 kg, 기록저속도는 분당 10 cm, 변형율은 70%이었다. 시료는 1회에 30개 이상을 측정하고 3회 반복한 다음 평균값으로 표시하였다.

결과 및 고찰

일반성분과 특성

시료 쌀의 일반성분과 특성은 대체로 일반계와 통일계는 큰 차이를 보이지 않았다(Table 1). 그러나 수분 흡수속도는 일반계가 통일계보다 낮았는데, 이러한 결과는 기존의 보고^(20, 22)와 같은 경향이었다.

가용성 물질

쌀에 10배량의 물을 넣고 취반조건으로 가열했을 때 밥물 중 가용성 물질과 가용성 아밀로오스 함량의 변화는 Table 2와 같다. 쌀의 가용성 물질은 가열시간에 관계없이 일반계가 통일계보다 높았으며, 모든 시료에서 가용성 물질의 함량은 가열시간이 10분씩 증가됨에 따라 약 3배씩 증가하였다.

가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스의 함량의 비율은 가열 10분 후에는 시료간에 큰 차이를 보이지 않았으나 가열시간이 길어짐에 따라 감소하였는데, 감소 비율은 통일계 쌀이 다소 높은 경향이었다. 특히 통일계인 남영벼와 영주벼는 가열 20분 후의 비율이 다른 쌀보다 10% 정도 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 쌀의 가열에 따른 가용성 물질의 용출은 일반계가 통일계보다 쉬우며, 또한 가용성 아밀로오스 함량도 일반계가 높음을 가리킨다.

쌀가루에 대한 98°C에서 가열시간에 따른 가용성 물질과 가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스의 비율은 Table 3과 같다. 가용성 물질과 가용성 아밀로오스 함량의 변화는 쌀의 경우(Table 2)와 같은 경향을 보였다.

쌀의 가열시간에 대한 가용성 아밀로오스의 대수값은 직선적인 관계를 보였다(Fig. 1). 이러한 관계는 쌀가루의 경우에도 마찬가지이었다. 그림으로부터 구한 아밀로오스의 용출속도 상수값은 Table 4와 같다. 일반계는 품종간에 차이를 보이지 않았으나 통일계 중 삼강벼는

Table 3. Changes in solubles during heating of rice flour

	Heating time at 98°C (min)							
	2		4		6		8	
	Solubles (%)	A/S ^b	Solubles (%)	A/S	Solubles (%)	A/S	Solubles (%)	A/S
Japonica type								
Tongjinbyeo	8.6	87.3	13.6	87.5	15.6	85.3	17.2	82.5
Chucheongbyeo	8.9	87.9	13.9	87.1	16.4	84.1	18.1	82.3
Tamjinbyeo	9.2	86.9	15.0	82.7	17.0	81.7	18.0	81.6
Tongil type								
Samgangbyeo	8.0	83.7	11.3	83.2	13.9	83.1	15.6	78.8
Namyongbyeo	7.2	86.1	10.3	85.4	12.8	82.8	14.8	77.7
Yongjubyeo	6.7	87.2	9.6	85.4	12.0	83.0	14.2	78.5

^bRatio of soluble amylose(A) to solubles(S). The solubles was expressed as total carbohydrate.

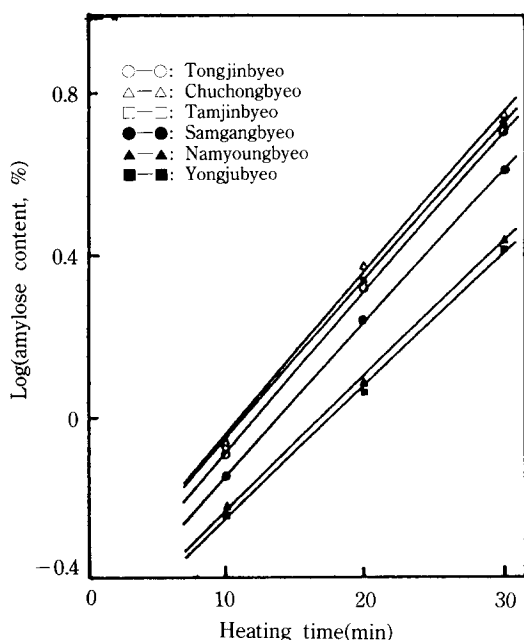


Fig. 1. Changes in soluble amylose content during heating of rice at 100°C

일반계에 가까운 값을 보였다. 쌀가루에 대한 쌀의 용출속도 상수값의 비율은 일반계는 모두 비슷한 값을 보였으나, 통일계는 품종마다 차이를 보였다. 이러한 결과는 쌀 또는 쌀가루의 경우 용출속도는 일반계는 품종간에 차이가 없었으나, 통일계는 쌀의 경우에는 품종간 차이를 보이나, 쌀가루의 경우에는 차이를 보이지 않기 때문이다. 따라서 품종간 차이를 보기 위하여는 쌀가루 보다는 쌀의 용출속도가 더욱 바람직한 방법으로 생각된다.

쌀가루를 80°C에서 1시간 또는 98°C에서 8분간 가열했을 때의 가용성 물질의 변화를 보면 Table 5와 같다.

Table 4. Values of the rate constant in leaching of soluble amylose during heating of rice(100°C) and rice flour(98°C)

	Rate constant (min ⁻¹)		
	Rice(A)	Rice flour(B)	B/A
Japonica type			
Tongjinbyeo	0.040	0.063	1.58
Chucheongbyeo	0.040	0.063	1.58
Tamjinbyeo	0.039	0.062	1.59
Tongil type			
Samgangbyeo	0.038	0.061	1.61
Namyongbyeo	0.034	0.060	1.76
Yongjubyeo	0.033	0.060	1.82

^aRatio of soluble amylose to solubles. The solubles was expressed as total carbohydrate.

가용성 물질과 가용성 아밀로오스 함량은 모두 일반계가 통일계보다 높았다. 가용성 물질에 대한 가용성 아밀로오스 함량의 비는 80°C에서는 일반계는 85.9~89.5%, 통일계는 80.7~84.4%이었고 98°C에서는 각각 81.6~82.5%와 71.6~73.2%로서 뚜렷한 차이를 보였다. Juliano 들⁽¹⁹⁾은 인도계 쌀의 경우 쌀가루를 80°C에서 1시간 가열했을 때의 가용성 전분은 3.4~6.8%, 가용성 아밀로오스는 1.6~6.0%이었고, 98°C에서 8분간 가열했을 때는 각각 9.7~19.7%와 4.7~13.4%이었다고 하였다.

전체 아밀로오스에 대한 가용성 아밀로오스의 함량의 비율은 80°C에서는 일반계가 통일계보다 약 1.7배, 98°C에서는 약 1.3배 높은 값을 보였다(Table 5). 이러한 결과는 앞에서 설명한 것과 같이 일반계가 통일계보다 가열에 의한 가용성 물질의 용출이 쉬우며 또한 가용성 아밀로오스 함량도 높음을 가리킨다.

온도 98°C에서의 값과 80°C에서의 값의 비율을 보면 가용성 물질은 일반계는 1.96~2.05, 통일계는 3.00~3.15 이었고, 가용성 아밀로오스는 일반계가 1.84~1.96, 통일계는 2.65~2.73으로 일반계가 모두 낮은 값을 보였다.

Table 5. Solubles of rice flour heated at 80°C and 98°C

	1 hr at 80°C (A)				8 min at 98°C (B)				B/A	
	Solubles (S) (%)	Soluble amylose (A) (%)	A/S	A/TA ^a	Solubles (%)	Soluble amylose (%)	A/S	A/TA	Solubles	Soluble amylose
Japonica type										
Tongjinbyeo	8.6	7.7	89.5	36.6	17.2	14.2	82.5	67.5	1.97	1.84
Chucheongbyeo	8.8	7.6	86.4	36.5	18.1	14.9	82.3	71.5	2.05	1.96
Tamjinbyeo	9.2	7.9	85.9	38.5	18.0	14.7	81.6	71.7	1.96	1.86
Tongil type										
Samgangbyeo	5.2	4.2	80.7	21.4	15.6	11.2	71.8	57.0	3.00	2.66
Namyongbyeo	4.9	4.0	81.6	21.2	14.8	10.6	71.6	56.2	3.02	2.65
Yongjubyeo	4.5	3.8	84.4	19.5	14.2	10.4	73.2	53.3	3.15	2.73

^aTotal amylose content

이러한 이유는 일반계는 통일계보다 온도증가에 따른 가용성 물질의 증가정도가 낮기 때문이다.

밥의 텍스처

밥의 경도와 부착성을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 밥의 경도는 일반계가 통일계보다 낮았으나, 부착성은

반대로 일반계가 높았다. 이에 따라 경도/부착성의 비율은 일반계가 1.61~1.81, 통일계는 2.08~2.61로서 일반계가 낮은 값을 보였다.

Lee 등³¹⁾은 텍스트로메타로 측정한 일반계와 통일계 밥의 경도는 통일계가 유의적으로 높았으나 부착성은 유의적인 차이가 없었으며, 경도/부착성의 비율은 일반계가 1.74~2.76, 통일계는 1.69~2.51으로서 유의적인 차이가 없었다고 하였다.

Table 6. Textural properties of cooked rice

	Hardness(H) (kg)	Adhesiveness (A)	A/H
Japonica type			
Tongjinbyeo	0.68	0.39	0.57
Chucheongbyeo	0.66	0.41	0.62
Tamjinbyeo	0.69	0.37	0.53
Tongil type			
Samgangbyeo	0.75	0.36	0.48
Namyongbyeo	0.86	0.33	0.38
Yongjubyeo	0.87	0.34	0.39

밥의 텍스처와 가용성 물질과의 상관관계

밥의 텍스처 성질과 쌀 또는 쌀가루의 가용성 물질과의 상관관계는 Table 7과 같다. 밥의 경도는 가열방법과 시간에 관계없이 쌀 또는 쌀가루의 가용성 물질과 가용성 아밀로오스와 모두 부의 상관을 보였다. 그러나 밥의 부착성은 쌀의 경우 30분 가열 후의 가용성 물질 또는 가용성 아밀로오스와 정의 상관을 보였으나, 쌀가루의 경우에는 가열온도에 관계없이 모두 정의 상관을 보였다. 부착성/경도의 비율은 가열방법과 시간에 관계없이 쌀

Table 7. Correlation coefficients between textural properties of cooked rice, solubles and soluble amylose

	Heating temperature (°C)	Time (min)	Textural properties of cooked rice		
			Hardness	Adhesiveness	A/H
Rice					
Solubles	100	10	-0.9223**	0.7264	0.8241*
		20	-0.9374**	0.7974	0.8723*
		30	-0.9847***	0.8823*	0.9435**
Soluble amylose	100	10	-0.9082*	0.7206	0.8173*
		20	-0.9314**	0.7826	0.8605*
		30	-0.9880***	0.9263**	0.9712***
Rice flour					
Solubles	80	60	-0.9120*	0.8363*	0.8898*
	98	8	-0.9187**	0.8718*	0.8690*
Soluble amylose	80	60	-0.8980*	0.8398*	0.8876*
	98	8	-0.9234**	0.8551*	0.9055*

*significant at p<0.05, **significant at p<0.1, ***significant at p<0.001

또는 쌀가루의 가용성 물질 또는 가용성 아밀로오스와 모두 정의 상관을 보였다.

이상의 결과를 보면 가열에 따른 가용성 물질의 변화는 일반계는 품종간에 큰 차이가 없었으나 통일계는 품종간에 차이를 보였다. 또한 일반계는 통일계보다 용출된 가용성 물질의 함량이 높았고, 가용성 아밀로오스 함량도 높았다. 쌀 또는 쌀가루의 가용성 물질 또는 가용성 아밀로오스 함량은 밥의 텍스처 성질 즉 경도, 부착성과 이들의 비율과도 상관을 보였다. 이러한 결과는 일본 쌀의 경우 밥의 부착성/경도의 비율은 밥맛과 밀접한 관계가 있다는 보고⁽¹¹⁾를 기준으로 할 때, 우리나라 쌀의 경우 쌀 또는 쌀가루의 가용성 물질 또는 가용성 아밀로오스 함량으로부터 쌀의 품질을 평가할 수 있는 가능성을 제시한다고 볼 수 있다.

요 약

일반계와 통일계 쌀의 가열에 따른 가용성 물질과 밥의 텍스처와의 관련성을 연구하였다. 가열에 의한 쌀 또는 쌀가루의 가용성 물질 또는 가용성 아밀로오스 함량은 일반계는 품종간에 큰 차이가 없었으나 통일계는 품종간에 차이를 보였다. 같은 가열조건에서 일반계는 통일계보다 가용성 물질의 함량이 높았고 가용성 아밀로오스 함량도 높았다. 쌀 또는 쌀가루의 가용성 물질과 아밀로오스 함량은 밥의 경도와는 부의 상관을, 부착성과는 정의 상관을 보였다.

감사의 글

이 논문은 "쌀 전분의 분자구조적 특성에 의한 미질 평가"의 일부로 1990년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구된 것으로서 이에 감사드린다.

문 헌

- Juliano, B.O.: *Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, p.69(1979)
- 김성곤, 한기영, 박홍현, 채제천, 이정행: 백미의 수분 흡수속도. 한국농화학회지, 28, 62(1985)
- 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. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 613(1989)
- Juliano, B.O.: IRRI Research Paper Series No.77, The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines(1982)
- 김혜영, 김광옥: 압력솥 및 전기솥 취반미의 관능적 특성. 한국식품과학회지, 18, 319(1986)
- 양성희: 쌀의 종류와 취반방법에 따른 취반 기호 및 Texture 특성에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문(1983)
- 김우정, 김종근, 김성곤: 쌀밥의 관능적 품질평가 및 비교. 한국식품과학회지, 18, 38(1986)
- 정해옥: 품종과 산지를 달리한 쌀의 이화학적 성질 및 식미에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문(1984)
- 김종근, 황진선, 김우정: 쌀품종에 따른 쌀밥의 물리적 및 관능적 특성 연구. I. 저장 중 쌀밥의 풍미 및 결 모양의 변화. 한국농화학회지, 30, 109(1987)
- 황진선, 김종근, 변명우, 장학길, 김우정: 쌀품종에 따른 쌀밥의 물리적 및 관능적 특성 연구. II. 쌀밥의 저장이 텍스처에 미치는 영향. 한국농화학회지, 30, 118(1987)
- Okabe, M.: Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. *J. Texture Studies*, 10, 131(1979)
- Bhattacharya, K.R., Sowbhagya, Y.M. and Indudhara Swamy, C.M.: Importance of insoluble amylose as a determinant of rice quality. *J. Sci. Food Agri.*, 29, 359 (1978)
- A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.(1980)
- 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 (1970)
- Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Purification and structure of amylose from rice starch. *Carbohydr. Res.*, 148, 299 (1986)
- Becker, H.A.: On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.*, 37, 309(1960)
- 김성곤, 정순자, 김 관, 채제천, 이정행: 수화 특성에 의한 쌀의 분류. 한국농화학회지, 27, 204(1984)
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350 (1956)
- Juliano, B.O., Villareal, R.M., Perez, C.M., Villareal, C.P., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Varietal difference in properties among high amylose rice starch. *Starch*, 39, 390(1987)
- 이순옥, 김성곤, 이상규: 일반 쌀 및 다수화 쌀의 수화 속도. 한국농화학회지, 26, 1(1983)
- 조은경, 변유량, 김성곤, 유주현: 쌀의 수화 및 취반특성에 관한 속도론적 연구. 한국식품과학회지, 12, 285 (1980)
- 박선희, 조은자, 김성곤: 일반계(천마벼)와 다수계(가야벼) 쌀의 조리특성. 한국영양식량학회지, 16, 69(1987)

(1991년 6월 17일 접수)