

파보일미(Parboiled rice)의 이화학적 특성 - III. 파보일미(추청벼)의 취반 및 노화특성 -

이명선 · 조은자
성신여자대학교 식품영양학과

Cooking Characteristics and Firming Rate of Cooked Parboiled Rice

Myung-Sun Lee and Eun-Ja Cho
Department of Food & Nutrition, Sungshin Women's University

Abstract

To investigate physicochemical and cooking properties of parboiled rice, choochung paddy processed to parboiled rice by three methods (PL, PT, PA) milled and examined hydration, cooking qualities and firming rate of cooked parboiled rice. The results were obtained as follows. The longer the steaming time during parboiling the larger EMC of soaked parboiled rice. Water uptake rate constants (k) of all the parboiled rice during soaking except for PT rice were generally increased than those of raw rice. The longer the steaming time during parboiling the greater volume increase rate constants (k_v) of parboiled rice samples. The gelatinization temperature of parboiled rice flour by DSC was more increased than that of raw rice flour. Gelatinized enthalpy was decreased and gelatinization content (%SG: degree of starch gelatinization) was increased by parboiling process. In cooking tests, parboiled rices were harder than raw rice and softness (reciprocal of hardness) was greater PT30, PA, PL30 in turns the cooking time of the parboiled rice took longer 3-10 min than that of raw rice, PL30 took longer time than anyother rices. Cooking water of parboiled rices could be observed lighter turbidities than that of raw rice. Firming rate constants of cooked rice during storage 24 hours were generally decreased by parboiling-processing. The time constants, reciprocal of firming constants of cooked PL30 rice were 2 times slower than those of cooked raw rice.

Key words: parboiled rice, choochung paddy, water uptake rate, degree of gelatinization, firming rate

I. 서 론

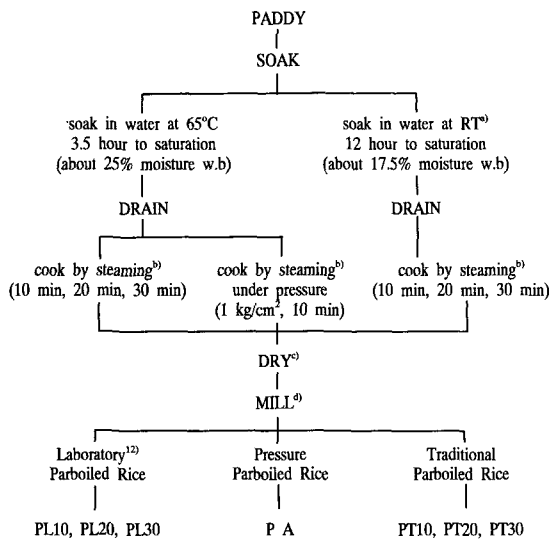
파보일미(parboiled rice)는 인도가 기원이며 수세기 동안 이용해 왔다. 아직까지도 인도와 주변 나라에서 널리 소비되고 있으며 세계의 다른 많은 지역에서도 식용되고 있고 인도에서는 쌀생산량의 1/2이, 세계 쌀생산량의 1/5이 파보일된다¹⁾. 파보일미는 일반 주식용(cooked rice) 이외에도 각종 쌀요리, 통조림 제품(canned rice), 팽화제품(expanded, flaked rice)을 만드는 등 다양도로 이용되고 있다²⁾. 파보일링처리는 쌀의 이화학적 성질을 많이 변화시키며 그 중 중요한 물리적 변화의 하나는 수화(hydration)와 조리성(cooking propeties), 식미특성, 제품특성(product-making quality)의 현저한 변화이다^{3,6,26,33)}. 파보일미의 조리하는 동안의 수분흡수는 파보일하지 않은 생쌀(raw rice)보다 낮다는 것이 일찍부터 주목되어 왔다^{10,33)}. 파보일미의 쌀알의 쌀가루는 호화온도이하(60°C)에서는 생쌀보다

더 빨리 수화되고 수화율은 파보일링처리가 심해짐에 따라 상승하며 반대로 호화온도 이상(96°C)에서의 수화는 생쌀보다 느리다³⁾. 즉 보통 조리온도에서의 수화는 생쌀보다 느려서 파보일미를 조리하는 데는 생쌀보다 더 많은 시간이 걸린다^{5,24,26)}, 쌀가루의 호화양상에 관한 연구에서 파보일미의 호화온도는 생쌀(raw rice)보다 높고³²⁾ 열처리가 심할수록 호화엔탈피와 호화온도범위는 감소한다고 한다¹⁸⁾. 파보일미는 물에 씻을 때 영양손실이 감소되며, 조리시 조리수에 고형분 손실량이 감소하고 조리후의 밥알의 형태는 원래 모양 그대로 유지되고 으깨지지 않는 등의 특성이 알려져 있으며^{5,27,32)}, 이러한 성질의 변화는 대부분이 전분의 회합과 관련이 된 것이다. 그러나 우리나라 방법으로 지은 파보일미 밥의 취반특성과 취반 후의 노화에 대한 연구는 보이지 않고 있다. 본 연구는 전분에 있어서 3가지 방법으로 제조한 파보일백미의 취반 및 노화특성을 검토하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시료제조

본 실험에 사용된 시료는 1993년 10월에 수확한 추청벼로서 농과대학 시험포장에서 제공 받아 다음과 같이 제조하였다¹²⁻¹⁵⁾.



¹²⁾ RT: room temperature (18°C-20°C).
¹³⁾ Steaming 용기: PL, PT-stainless 쪄통(직경 31 cm, 높이 27.5 cm)/PA-autoclave (Han Yaing사, 39×39 cm)
 연료: 프로판가스(propane gas)
¹⁴⁾ DRY(건조): 실온(18-20°C)에서 수분 함량이 15% 내외가 될때까지 건조
¹⁵⁾ MILL(도정): 파보일미(parboiled paddy)는 현미기(TARSEE INTECO사)로 제현한 다음 도정기(Satake McGill Mill)로 백미는 무게비 8%, 현미는 2%로 도정하였다. 실험 기간중 시료는 Polyethylene bag에 500 g씩 포장하여 4°C에 보관하면서 실험하였다.

2. 수화특성

(1) 수분흡수속도 측정

파보일미 1 g을 30°C로 조절한 물에 파보일 백미는 3분-140분까지 일정시간 침지시킨 후 여과지위에 걸쳐서 표머수를 제거한 다음 무게 증가량으로부터 건물 1 g당 수분증가량을 계산하였다. 이와 같은 과정을 3회 반복하여 평균값을 취하고 수분흡수 속도는 Becker의 확산 방정식에 의하여 계산하였다¹⁶⁾.

$$m - m_0 = k\sqrt{t} \quad (1)$$

여기에서 m 는 일정시간 침지 후의 수분증가량(g H₂O/g DRY MATTER)이며, m_0 는 시료의 초기 수분 함량(g H₂O/g DRY MATTER), t 는 침지시간(min), k 는 수분흡수 속도의 상수(min^{1/2})이다.

(2)부피증가 속도 측정

쌀의 침지 중 부피변화는 5 ml의 메스실린더에 3 ml의 증류수를 가한 다음 침지한 쌀을 넣어 증가한 부피 변화량으로 부터 측정하였다. 이와 같은 과정을 3회 이상 반복하고 평균값을 취하였다. 침지 중 쌀알의 부피증가 속도는 다음 식으로부터 계산하였다.¹⁸⁾

$$V - V_0 = k_v\sqrt{t} \quad (2)$$

여기에서 V 는 일정시간 침지 후의 쌀알의 부피(ml), V_0 는 쌀알의 초기부피(ml), k_v 는 쌀알의 부피증가속도 상수(min^{1/2}), t 는 침지시간(min)이다

3. 호화 양상 (Differential Scanning Calorimetry)측정

파보일미를 분쇄기로 마쇄한 후 100 mesh체를 통과시켜 얻은 쌀가루 10 mg을 aluminum sample pan에 취하여 여기에 시료의 3배량의 증류수를 가하여 하룻밤 방치시킨 다음, 시차주사 열량 측정기(PERKIN, ELMER, DSC-4, U.S.A)를 이용하여 10°C/min의 속도로 20°C부터 130°C까지 가열하여 흡열피크를 얻었다.

이 흡열피크로부터 호화제시 온도(T₀), 호화점정 온도(T_p), 호화종료 온도(T_c) 및 호화 엔탈피(ΔH)를 구하였다. 실험은 최소한 3회 이상 반복하고, 반복결과가 0.5°C 이내의 것을 취하였다.

4. 취반 특성

(1) 취반

내열성 시험관(반지름 15 mm, 높이 18 mm)에 시료 2 g을 넣고 생쌀은 2.8 ml(1.4배)의 증류수를 가하여 30분간 침지한후 30분, 파보일미는 3.2 ml(1.6배)의 증류수를 가하여 120분간 침지하여 40분간 각각 취반하였다.

(2) 취반속도

각 시료의 취반 중 밥알의 경도는 Rheometer(SUN Co, Japan)로 측정하였고, 일정 시간 취반 한 후 실온에 1분간 방치하여 중간 부분의 밥알 20개씩을 취하여 밥알의 단단함을 측정하였다. 이 과정을 반복하여 총 밥알의 40개의 평균값으로 나타내었다. Rheometer의 사용 조건은 다음과 같다. 측정부하는 1 kg: 테이블 속도는 50.00(mm/min):기록지 속도는 80.00(no/sec): clearance는 0.7 mm였다. 취반온도와 취반 시간에 따른 호화도(α)는 다음 식으로부터 계산하였다^{19, 20)}.

$$\alpha = \frac{H - H_0}{H_0 - H_L} \quad (3)$$

여기서 H₀는 취반 전 쌀알의 경도, H_t는 t시간 취반 후의 밥알의 경도, H_L는 완전히 취반된 후의 밥알의

경도이다. 취반 속도는 취반 되지 않은 부분(1- α)과 취반 시간 t 와의 관계부터 구하였다.

$$\ln(1 - \alpha) = -k_c \cdot t \quad (4)$$

여기서 K_c 는 취반속도 상수(min^{-1}), t 는 취반 시간(min)이다.

(3) 취반수 중에 유출된 고형분량

내열성 시험관에 쌀 3 g과 물 20 ml을 넣고 30분 침지한 후에 30분간 가열했을 때의 혼탁정도를 측정하였다.

(4) 취반부피

눈금이 있는 내열성 시험관에 쌀 5 g과 물 10 ml를 넣고 30분 침지한 후에 10분, 30분간 취반했을 때의 취반부피를 측정하였다.

5. 밥의 노화 속도 측정

쌀 2 g을 앞에서와 같이 끓는물에서 25분간 취반한 다음 실온(23-25°C)에서 24시간 방치하면서 일정시간 별로 꺼내어 Rheometer로 밥알의 단단함을 측정하여 밥의 노화 속도를 계산하였다. 밥알의 단단함은 Avrami식으로 분석하였고^{29,31)}, Avrami 지수 n 과 노화 시간 상수($1/k_s$)는 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\theta = \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} = \exp(-k_s \cdot t^n) \quad (5)$$

$$\text{Log} \left(-\text{Loge} \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} \right) = \text{Log} k_s - n \text{Log} t \quad (6)$$

여기에서 θ 는 일정시간 후에 남아 있는 비결정 부분, E_L 은 이론적으로 무한대 시간후의 밥알의 경도, E_0 , E_t 는 0, t 시간 후의 밥알의 경도이다. Avrami 지수 n 은 노화 메카니즘에 따라 1-4의 값을 갖게 되며 전분의 노화 메카니즘은 1로 대표된다. 밥의 노화 속도 상수(k_s)의 역수인 $1/k_s$ 은 밥의 노화 시간 상수로 정의되며, E_L 값은 실온에서 24시간 방치한 시료로부터 구하였다. Avrami 지수 n 은 식 (6)의 우변과 $\text{Log} t$ 의 그래프 기울기로부터 계산하였다²¹⁾.

III. 결과 및 고찰

1. 수화특성

(1) 수분흡수속도

30°C의 물에 침지한 각 시료의 침지시간에 따른 수분흡수는 그림 1, 표 1과 같다. 파보일링에 의해 R시료(raw rice)보다 파보일미의 수분흡수가 빠르게

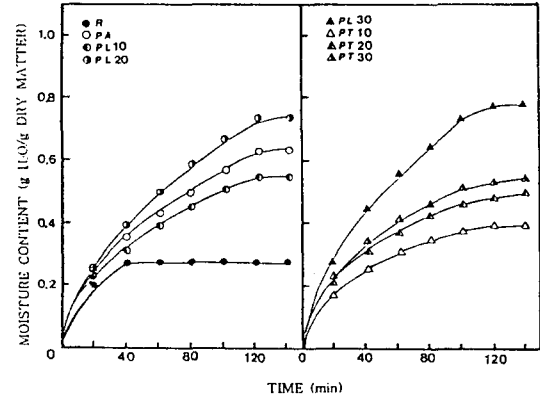


Fig. 1. Changes in moisture content of parboiled mill-ed rice during soaking at 30°C.

증가하였으며, PL시료가 PT시료보다 높았고, PL30시료가 86%로 가장 높았으며 파보일 가열 시간이 길수록 증가되는 경향이였다. 파보일미의 수분평함량에 도달하는 시간은 R시료보다 파보일미가 2-4.5배 이상 오래 걸렸으며, PL시료가 PT시료보다 오래 걸렸고 PL30이 140분으로 가장 오래 걸렸다. Indu-wara swamy¹⁰⁾와 Bfiswas³³⁾ 등의 연구에서도 파보일 가열 시간이 길어질수록 실온 상태에서의 수화력이 증가했다고 보고하고 있어 본 연구와 비슷한 경향을 보였다. 파보일미의 수분흡수속도상수(k)는 표 1과 같이 R시료는 $0.0592 \text{ min}^{1/2}$ 이었으며 PA와 PL시료의 k 는 파보일링에 의하여 증가하였고 파보일 가열 시간이 길어짐에 따라 증가하였다. PT시료의 k 는 R시료보다 오히려 낮은 수치를 보였으나 파보일 가열 시간이 길어질수록 증가하는 경향이였다. Ail & Bhattacharya³⁾는 호화온도이하(60°C)에서 파보일미는 생쌀보다 빠르게 수화되며 호화온도 이상(96°C)에서는 수분이 느리게 흡수된다고 하였으며 이것은 파보일미의 호화된 전분이 제회합 되었기 때문이라고 하였다.

(2) 부피증가속도

각 시료쌀의 침지중 부피변화는 그림 2와 같다. 파보일미의 침지중 부피는 파보일 가열시간이 길수록 증가하였으며, PL시료가 PT시료보다, PA시료는 PT30시료보다 증가량이 높았다. 파보일미의 EV는 파보일 가열시간이 길어짐에 따라 증가하였으며 PL시료가 PT시료보다 높았다. 평형부피에 도달하는 시간은 표 1과 같이 파보일 열처리 시간에 따른 차이는 크지 않았으며 PL시료가 PT시료보다 오래 걸렸고 PL30이 120분으로 가장 오래 걸렸다. 생쌀의 부피증가속도상수는 $0.0636 \text{ min}^{1/2}$ 으로서 조등²²⁾이 보고한 $0.0620 \text{ min}^{1/2}$ 와

Table 1. Hydration quality of parboiled milled rice during soaking at 30°C

Sample	Water			Volume		
	EMC (%)	Time (min)	water uptake rate (min ^{1/2})	EV (%)	Time (min)	volume uptake rate (min ^{1/2})
R	37	30	0.0592	35	30	0.0636
PA	65	90	0.0642	81	110	0.0591
PL 10	63	90	0.0600	70	110	0.0531
PL 20	78	120	0.0671	95	120	0.0717
PL 30	86	140	0.0815	100	120	0.0822
PT 10	49	60	0.0507	50	100	0.0391
PT 20	52	70	0.0519	64	110	0.0487
PT 30	60	80	0.0578	70	110	0.0514

EMC: Equilibrium Moisture Contents.
EV: Equilibrium Volume.

Table 2. DSC Characteristics of parboiled milled rice flour

Sample	Temperature				ΔH	%SG ^{b)}	Head rice Yield
	T _o	T ^p	T _c	ΔT ^{a)}			
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(cal/g)	(%)	(%)
R	62.06	69.08	78.28	16.22	1.71	0	74.06
PA	67.31	73.43	81.67	14.36	0.92	46.2	35.08
PL 20	68.06	72.69	81.69	13.73	0.60	64.9	28.38
PT 20	65.80	71.16	71.16	13.05	1.02	40.0	37.92

^{a)} ΔT: Difference between conclusion temperature (T_c) and onset temperature (T_o)²⁸⁾.

^{b)} % SG: [(1-ΔH_{parb}/ΔH_{raw})] × 100¹⁸⁾.

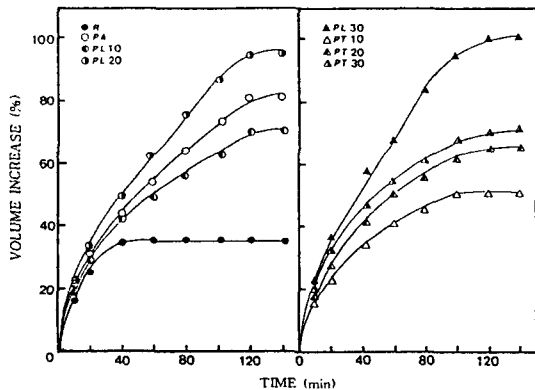


Fig. 2. Volume change of parboiled milled rice during soaking at 30°C.

거의 비슷한 경향을 보였다. 파보일미의 부피증가속도상수는 파보일 가열시간이 길수록 증가했으며, PL 시료가 PT시료보다 빠르게증가하는 경향이였다. R, PL20, PL30시료의 부피증가속도상수는 수분흡수속도상수보다 증가하였으나 그 외의 시료는 오히려 감소하였다.

2. DSC에 의한 호화 양상

파보일미 쌀가루의 DSC thermogram 표 2와 같다. 생쌀가루의 호화온도는 62.06 - 78.28°C로서 조 등²²⁾의 연구에 비하여 온도범위가 넓게 나타났다. 대체로 파보일 처리한 시료가 생시료보다 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종료온도가 높았다. 호화온도범위와 호화엔탈피는 파보일처리에 의해서 낮아졌으며, 호화온도범위는 PT시료가 가장 낮았으며 호화엔탈피는 PL시료가 가장 낮았다. Mahanta와 Ali²³⁾ 등은 쌀가루와 쌀전분의 DSC에 의한 호화엔탈피는 파보일 처리에 따라 차츰 감소한다고 하여 분결과와도 비슷하였다. 생시료에 대한 파보일미의 호화엔탈피의 백분율로 계산한 호화율¹⁸⁾ (%SG: Degree of Starch Gelatinization)은 PL이 가장 높았으며 완전립 수율은 가장 낮았다.

3. 취반특성

파보일미의 취반에 따른 연화도는 그림 3과 같이 직선적인 관계를 보였다. 파보일미의 연화도는 R시료의 연화도보다 감소하였으며, PT30 > PA > PL30의 순으로 증가했다. 취반속도 상수와 취반완료 시간은 표

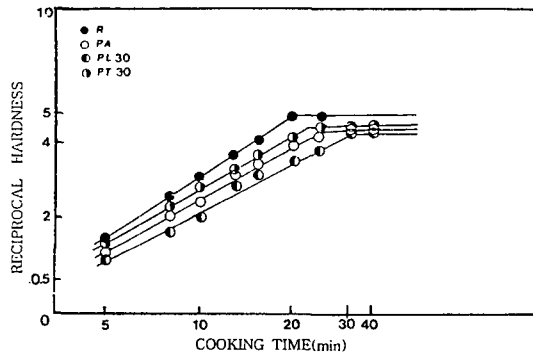


Fig. 3. Relationship between the reciprocal hardness of cooked rice grains and cooking time.

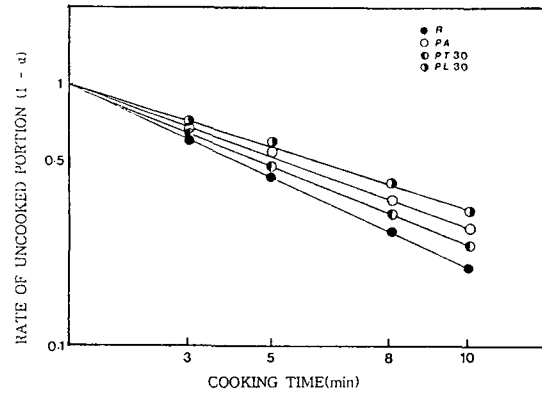


Fig. 4. The rate of uncooked portion of rice grains as a function of cooking time.

Table 3. The cooking rate constant and terminal point of cooked rice

Sample	k_c	Terminal point of cooking time
	min^{-1}	(min)
R	0.0794	20
PA	0.0702	25
PL 30	0.0640	30
PT 30	0.0732	23

R: Raw rice.
 PA: Pressure Parboiled rice.
 PL: Laboratory parboiled rice.
 PT: Traditional parboiled rice.

3과 같으며 일정 취반시간후에는 각 시료 모두 일정한 경도를 나타내었고 이점을 취반 완료점으로 가정하였다²¹⁾. 취반 완료점은 R시료가 20분이었으며 PL30시료는 30분이었다. 여러 연구에서^{5), 24-26)} 쌀보다 파보일미의 취반시간이 길어진다고 하였으며, 이것은 파보일링에 의해서 쌀알이 단단해졌기 때문이라고 보고하고 있다. 취반 시간에 따른 미취반된 부분과 취반시간과의 관계는 그림 4와 같이 직선적인 관계를 나타내었다. 이직선의 기울기로부터 구한 취반속도상수는 $R\text{의 } k_c = 0.0794 \text{ min}^{-1}$ 이고 파보일미의 취반속도상수는 R시료의 취반속도상수보다 감소하였으며 PL30의 취반속도상수가 0.06407 min^{-1} 으로 가장 낮은 값을 보였다. 30분 가열했을 때의 취반수 중의 고형분 유출로 인한 혼탁정도는 그림 5와 같이 PT시료를 제외한 모든 파보일미의 취반수는 R시료의 취반수보다 맑게 나타났다. 파보일미의 가수·가열시의 고형분 유출은 R시료보다 적음을 알 수있었다. Rao⁹⁾와 Gariboldi²⁷⁾의 연구에서도 Indica type 파보일미로 2시간 침지후 10분 가열한 취반수 중의 고형분은 쌀보다 적게 유출 되었다고 하였다. 10분, 30분간 취반했을 때의 부피는 그

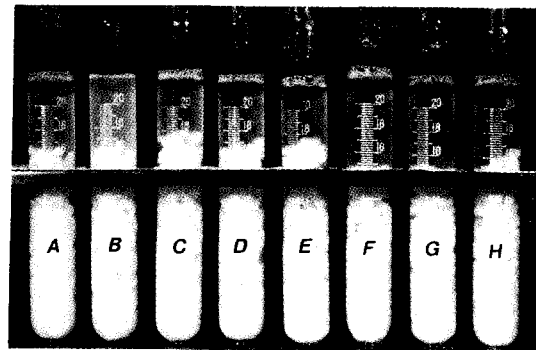


Fig. 5. Turbidities of cooking water of cooked raw milled rice and parboiled milled rice for 30 min. A, R; B, PT-10; C, PT-20; D, PT-30; E, PL-10; F, PL-20; G, PL-30; H, PA.

림 6과 같이 파보일밥의 부피가 쌀밥의 부피보다 더 많이 증가하였다. PT 파보일밥의 부피증가는 파보일링시간에 관계없이 비슷하였고 PT 파보일밥의 부피는 파보일 가열시간이 길어짐에 따라 감소하였다. PA 파보일밥의 부피는 PL30 파보일밥의 부피와 비슷하였다. Damir³²⁾는 쌀과 파보일미의 이화학적 특성과 미세구조의 비교연구에서, 파보일미는 쌀에 비하여 밥알의 세포벽에 붕괴되지 않았고 부드럽게 조리하는데 더 많은 시간이 필요하다고 하였다. 이것은 파보일 처리 중에 일어난 호화가 건조과정에서 쌀알을 단단하게 만들기 때문이며, 같은 시간 동안 조리했을 때의 파보일미밥알의 평균길이는 쌀의 밥알보다 짧고, 폭은(width) 더 크며 조리에 의해서 짧고 통통한(short and plump) 외관을 갖는다고 하였다⁶⁾

4. 노화속도 특성

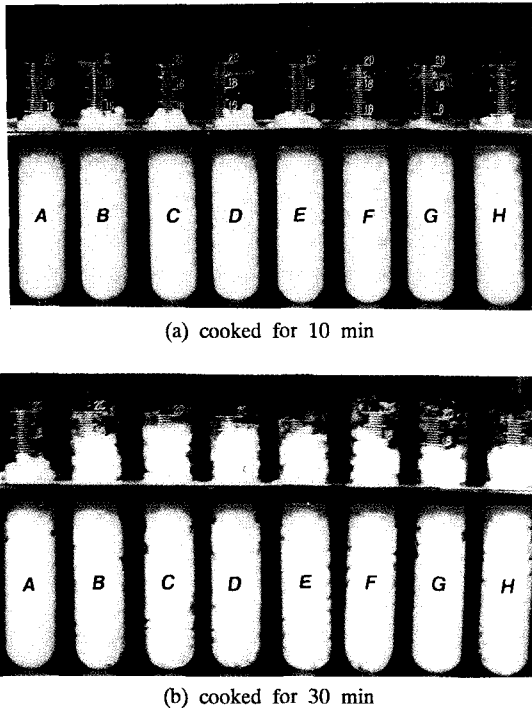


Fig. 6. Volume of cooked raw milled rice and parboiled rice for 10, 30 min. A, R; B, PT-10; C, PT-20; D, PT-30; E, PL-10; F, PL-20; G, PL-30; H, PA.

실온(23-25°C)에서 24시간 동안 저장하면서 밥알의 경도를 Rheometer로 측정된 결과는 표 4와 같다. R시료밥알의 경도는 저장초기(3시간)에 크게 증강되었고 12시간 이후에는 완만한 증가를 나타내었으며 파보일한 PA, PL30, PT30 시료의 밥알의 경도는 저장 24시간동안 큰 차이없이 비슷한 값을 나타내었다. 저장하지 않은(0시간) 밥알의 경도는 R시료가 PA, PL30, PT30시료보다 훨씬 작은 값을 보여 생쌀과 파보일미의 경도의 현저한 차이를 보였다. 모든 시료가 저장 시간이 증가함에 따라 경도도 커짐을 나타내었다. R시료는 저장하지않은 상태에서 0.23 kg 저장 24시간에 0.40 kg을 나타내어 약 0.17 kg의 증가를 나타내었으나 PA시료는 0.38 kg에서 0.42 kg로, PT30은 0.37 kg에서 0.45 kg로, PL30은 0.38 kg에서 0.47 kg로 각각 0.04, 0.08, 0.09의 증가를 보여 경도의 증가량은 R시료보다 파보일시료가 훨씬 적은 값을 보였다. 표 4의 결과를 Avrami식으로 분석하여 그림 7, 8를 얻었고 R시료와 파보일시료 모두 직선의 관계를 보였다. 그림 7의 기울기로부터 구한 Avrami지수 (n)와 밥의 노화시간 상수(1/kg)는 표 5와 같다.

Table 4. Hardness of cooked rice stored at room temperature

Sample	Storage Time (hrs)					
	0	3	6	9	12	24
R	0.23	0.29	0.33	0.36	0.36	0.40
PA	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	0.42
PL30	0.37	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45
PT30	0.38	0.39	0.41	0.42	0.43	0.47

Operating condition of rheometer

- Force scale: 1 kg
- Table speed: 50.00 (mm/min)
- Chart speed: 80.00 (no/sec)
- Clearance: 0.7 mm

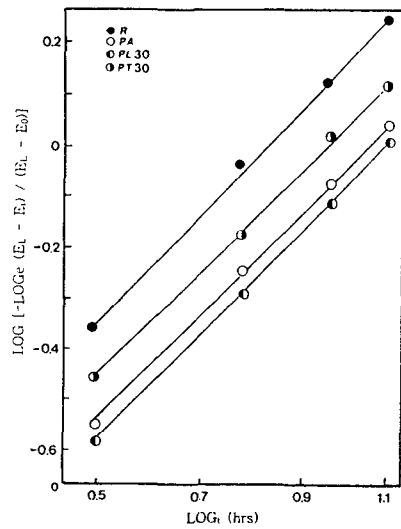


Fig. 7. Plot of $\log [(-\log_e (E_t - E_0))/(E_t - E_0)]$ against $\log t$ of cooked rice stored at room temperature.

R시료 및 파보일시료 취반한 밥의 Avrami지수는 모두 1에 가까운 값을 보여 파보일링 과정이 바바의 기본적인 노화메카니즘에 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 저장 중의 노화속도 상수는 R시료밥보다 파보일시료밥이 더 큰값을 보였고, PL30시료밥의 노화속도상수가 11.66시간으로 가장 큰값을 보였다. 따라서 노화시간은 PL30 > PA > PT30 > R시료의 순으로 P-L30이 가장 길었다. 취반후 저장하지 않은 시료와 12시간 저장한 밥알의 경도를 %로 표 6에 나타내었다.

R시료가 83.33%, PA는 67.35%, PL30은 64.58%, PT30은 73.61%로서 파보일링에 의하여 노화량이 감소됨을 알 수 있었다. 밥의 노화에 관하여, 박²¹⁾ 등은 취반온도가 올라 길수록 저장 중 노화될 수 있는 물질이 양은 감소한다고 하였고 Ali & Bhattacharyya³⁾은

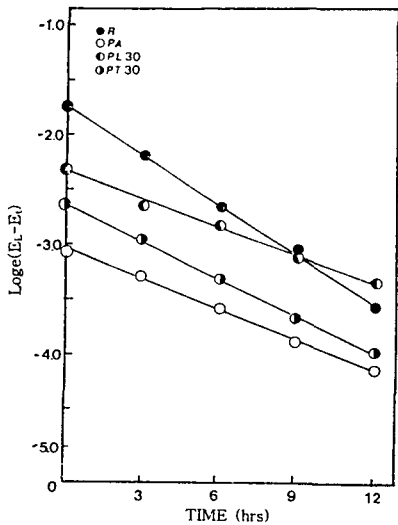


Fig. 8. Plot of $\log_e(E_L - E_0)$ against time of cooked rice stored at room temperature.

Table 5. Avrami exponent (n) and time constant (1/k_a) for cooked rice

Sample	n	1/k _a (hr)
R	1.0227	6.69
PA	0.9996	10.71
PL 30	0.9992	11.66
PT 30	0.9905	8.88

Table 6. Retrogradation ratio of cooked rice stored at room temperature

Sample	E ₀	E ₁₂	E _L	$\frac{E_{12} - E_0}{E_L - E_0} \times 100$
R	0.23	0.38	0.40	83.33
P A	0.38	0.41	0.42	67.35
PL 30	0.37	0.43	0.47	64.58
PT 30	0.38	0.43	0.45	73.61

E₀: 취반직후의 밥알의 경도.
 E₁₂: 취반 후 12시간 저장시의 경도.
 E_L: 이론적 무한대 시간후의 밥알의 경도.

파보일미의 수분량과 저장온도에 의한 노화정도를 관찰하여 실온에서는 수분함량 25%에서 노화가 최대로 진행된다고 하였다.

IV. 결 론

1. 실온(25°C)에서 침지시 수분평형함량(EMC)은 PL이 PT보다 높았다. PL30의 수분함량은 86%로 가장 높았으며 파보일 가열시간이 길수록 높은 경향이

었다. PT를 제외한 모든 파보일미의 수분흡수속도상수(k)는 생쌀의 수분흡수속도상수보다 대체로 증가하는 경향이었으며 파보일 가열시간이 길어질수록 수분흡수속도상수는 증가했으며 특히 PL에서 크게 증가했다. PT의 수분흡수속도상수는 생쌀보다 낮은 수치를 나타내었다.

2. 모든 파보일미의 침지 중 평형 부피는 파보일 가열시간이 길수록 증가 하였으며 PL이 PT백미보다 증가량이 높았으며 PL30의 평형 부피가 가장 컸다. 파보일 가열시간이 길어질수록 파보일미의 부피증가속도상수는 증가했다.

3. 파보일미 쌀가루의 DSC에 의한 호화온도는 생쌀가루보다 높았으며, PT 쌀가루의 호화계시 온도는 파보일 가열시간이 길어질수록 증가하는 경향이였다. 호화 흡열량은 감소하였고, DSC 호화엔탈피에 의한 호화량은 증가하였다.

4. 파보일미의 취반에 따른 연화도는 생쌀 취반 연화보다 감소하였으며, PT30 > PA > PL30의 순으로 컸다. 파보일미의 취반속도상수는 생쌀 취반속도상수보다 감소하였으며 PL30의 취반속도상수가 가장 낮은 값을 보였다. 파보일 쌀밥의 취반완료 시간은 파보일 하지 않은 쌀보다 3-10분이 더 걸렸으며 PL30이 가장 오래 걸렸다. 30분 가열했을 때의 취반수의 혼탁정도는 생쌀보다 낮게 관찰되었다.

5. 쌀밥의 저장 중의 노화속도상수는 파보일링 가공에 의한 감소하는 경향이였다. 취반한밥의 실온저장 24시간 후의 노화된 양은 생쌀밥이 83.33%, PL30이 64.58%로서 파보일링에 의하여 감소하는 경향을 보였다. 밥의 노화시간 상수는 파보일링에 의하여 PL30 쌀밥이 생쌀밥보다 2배정도 길었다.

참고문헌

1. Borasio, L. Garibold, F., Parboiled rice-producted and use, *The Rice Journal* **68**: 32 (1965).
2. Burns, E.E., Canned eice foods. Rice: Chemistry and Technology, **1**: 419-427 (1972).
3. Ali, S.Z., Bhattacharta, K.R., Hydration and amylose-solubility behavior parboiled rice, *Le-bensm, Wiss. Technol.*, **5**: 207 (1972a).
4. Bhattacharya, K.R and Surrarao, P.V., Effect of processing conditions pn quality of par-boiled rice, *J. Agric. Food Chem.*, **14**: 476 (1966b).
5. Raghavendra Rao, S.N., Juliano, B. O., Effect of parboiling on some physicochemical prop-ties of rice, *J. Agric. Food Chem.*, **18**: 289 (1970).
6. Kurien, P.P., Murthy, R.R., Desikachar, H.S.R., Su-

- brahmanyam, V., Effect of parboiling on the swelling quality of rice, *Cereal Chem.*, **41**: 16 (1964).
7. Ali, S.Z., Bhattacharya, K.R., Starch retrogradation and starch damage in parboiled rice flaked rice, *Starke.*, **28**: 233 (1976b).
 8. Pristley, R.J., Studies on parboiled rice II: Quantitative study of the effects of steaming on various properties of parboiled rice. *Food. Chem.*, **1**: 139 (1976b).
 9. Priestley, R.J., Studies on parboiled rice III: Characteristics of parboiled rice on re-cooking. *Food Chem.*, **2**: 43 (1977).
 10. Indura swamy, Y.M., Ali, S.Z., Bhattacharya, K.R., Hydration of and parboiled rice and paddy at room temperatures, *J. Food Sci. Technol.*, **8**: 20 (1971).
 11. Ferrel, R.E., Pence, J.W., Use of the amylograph to determine extent of cooking in steam-treated rice, *Cereal Chem.*, **41**: 1 (1964).
 12. 양미옥, 조은자, 파보일미의 이화학적 특성: I. 추청벼 파보일미의 도정 및 영양특성, 한국조리학회지, **11**(1): 51 (1995).
 13. 박선희, 조은자, 파보일미의 이화학적 특성: II. 파보일미(추청벼)의 물리적 성질 및 조리 특성, 한국조리학회지, **11**(2): 126 (1995).
 14. Juliano, B.O., Parboiling of rice. Chemistry and Technology, 2nd ed., Houston, D.F(ed), *Am. Assoc. Cereal Chem.*, 289(1985).
 15. Luh, B.S., Mickus, R.R., Parboiled rice, Van Nostrand Reinhold, New York, 5(1977).
 16. Becker, H.A., On the absorption of liquid water by the wheat kernel, *Cereal Chem.*, **37**: 309 (1960).
 17. Raghavendra Rao, A.K., Desikachar, H.S.R., Studies on the effect of parboiling on Japonica and Indica rice, *J. Jap. J. Trop. Agric.*, **19**: 7 (1975).
 18. Marshall, W.E., Wadsworth, J.I., Velupillai, L., Determining the degree of gelatinization in parboiled rice: comparison of a subjective and objective method, *Cereal chem.*, **70**: 226 (1993).
 19. McIver, R.G., Axford, D.W.E., Colwell, K.H. and Elton, G.A.H., Kinetic of the retrogradation of gelatinization starch, *J. Sci. Food. Agric.*, **19**: 56 (1968).
 20. Batcher, O.M., Deary, P.A and Dawson, E.H., Cooking quality of 26 varieties of milled white rice, *Cereal Chem.*, **34**: 277 (1957).
 21. 박선희, 천마벼와 가야벼의 조리특성 및 밥의 노화속도에 미치는 영향 성신여대 석사 학논문, (1987).
 22. 조은자, 쌀의 저장중 이화학적인 성질 변화. 단국대학교 박사학위 논문, (1980).
 23. Mahanta, C.L., Ali, S.Z., Bhattacharya, K.R. and Mukherjee, P.S., Nature of starch crystallinity in parboiled rice, *Starke.*, **41**: 171 (1989).
 24. Unnikrishnan K.R., and Bhattacharya K.R., Influence of varietal difference on properties of parboiled rice, *Cereal chem.*, **64**: 315 (1987).
 25. Sowbhagya C.M., and Ali, S.Z., Effect of presoaking on cooking time and texture of raw and parboiled rice, *J. Food Sci. Technol.*, **28**: 76 (1991).
 26. Kaur, A., Sekhon, K.S., Nagi, H.P.S., parboiling of rice, Effect of physicochemical, milling and cooking properties, *J. Food Sci. Technol.*, **28**: 384 (1991).
 27. Gariboldi, F., FAO consultant, Rice parboiling In., FAO Agricultural Development paper, Rome, **97**: 8 (1974).
 28. 이수정, 일반계와 다수계의 몇가지 특성 비교, 단국대학교 석사 학위 논문, (1991).
 29. Avrami, M., Kinetics of phase change, *J. Chem. Phys.*, **7**: 103Z (1939).
 30. Avrami, M., Kinetics of phase change, *J. Chem. Phys.*, **8**: 212 (1940).
 31. Avrami, M., Kinetics of phase change, *J. Chem. Phys.*, **9**: 177 (1941).
 32. Damir, A.A., Comparative studies on the physicochemical properties and micro-moisture of raw and parboiled rice, *Food Chemistry*, **16**: 1 (1985).
 33. Biswas, S.K, Juliano, B.O., Laboratory parboiling procedures and properties of parboiled rice from varieties differing in starch properties, *Cereal chem.*, **427** (1988).
-
- (1995년 12월 18일 접수)