

## 파보일미(Parboiled rice)의 이화학적 특성 II. 파보일미(추청벼)의 물리적 성질 및 조리특성

박선희 · 조은자  
성신여자대학교 식품영양학과

### Physical and cooking characteristic properties of parboiled rice

Sun-Hee Park and Eun-Ja Cho

Department of Food & Nutrition, Sungshin Women's University

#### Abstract

This study was undertaken to determine effect of parboiling on physical and cooking characteristic properties of milled rice. Equilibrium moisture content(EMC) of parboiled rice soaked at room temperature(25°C) and high temperature(75°C) increased 1.8~2.7 times & 1.4~1.6 times as compare to raw rice, and time to reach EMC of parboiled rice became longer 4 times and 1.7 times than raw rice respectively. Equilibrium volume(EV), time to reach EV and volume increase rate constants( $k_v$ ) were similar to EMC, time to reach EMC, and  $k_v$  of parboiled rice brought about in decrease at room temperature and increase at high temperature. The gelatinization temperature, time and peak viscosity of parboiled rice were higher than those of raw rice. Parboiling brought about in decrease in L/W of cooked parboiled rice kernels and L/W increased according to presoaking time was prolonged. Solid content of cooking water of raw rice were higher than those of parboiled rice. Hardness of uncooked PL20 & PL40 soaked for 30 min was higher than that of raw rice but that of uncooked parboiled rice soaked for 90 min was lower than that of raw rice. Springness of cooked parboiled rice for initial 10 min decreased with that of cooked raw rice and then increased sharply, cooked for 15 min then increased slowly, cooked parboiled rice for 40 min increased more than cooked raw rice. Color differences( $\Delta E$ ) of PT20 samples was the lowest L value of all the samples increased but a and b value decreased according to milling degree was high.

## I. 서 론

파보일미(parboiled rice)는 제2차 세계대전 이후, 유럽과 미국에서 대규모로 생산하게 되었고, 최근에는 파보일미를 이용하는 아시아 남부와 미국, 유럽 등지에서 원시적인 제조방법으로부터 발생하는 문제점을 개선하고자, 기계화와 산업화된 방법으로 벼를 수분함량 18~20% 정도로 수화시킨 후 높은 압력하에서 steaming하거나 침지한 벼를 뜨거운 모래나 건열로 호화하는 방법을 사용하고 있다<sup>1-3)</sup>. 파보일링은 쌀의 물리적, 화학적 및 관능적인 변화와 함께 경제적, 영양적인 장점을 가지고 있고<sup>4-7)</sup>, 이러한 특성은 파보일링(parboiling) 과정중의 침지와 열처리 정도 및 제조방법에 따라 다르다<sup>8)</sup>. 파보일링에 의한 가장 중요한 변화는 전분의 호화이며, 이와 관련된 파보일미의 특성은 쌀알의 투명도, 도정율, 팽윤성과 용해도, 점성, 열팽창성, 도정 후의 비타민, 당, 아미노산 함량 등과 관련이 있다<sup>9-13)</sup>. Ali들<sup>14)</sup>은 Amylogram 특성에서 파보일미의 호화온도는 생쌀보다 높고, 최고 점도는 생쌀보다 낮다고 하였는데, 그 이유를 Kamal들<sup>15)</sup>은 파보일미의 아밀라아제 활성이 높기 때문이

라고 하였고, Damir<sup>16)</sup>은 파보일링에 의한 전분의 노화 때문이라고 설명하였다. 파보일미의 조리시 팽윤율(swelling rate)과 팽창율(expansion rate)은 생쌀보다 낮고, 조리시간은 파보일링 조건에 따라 다르나 생쌀보다 더 많은 시간이 요구된다고 보고<sup>16,17)</sup>되어 있다. Pressure parboiling한 쌀은 다른 방법으로 파보일링한 쌀보다 수화력이 감소되기 때문에 조리시 같은 연화도(softness)에 도달하는데 걸리는 시간이 길고, 쌀알의 과도한 변색과 단단해짐을 피하기 위해 쌀알 중심부에 적은 심백(white belly)을 남기는 정도의 가공조건(1~2 kg/cm<sup>2</sup>, 10~20 min steaming)이 제시되었다<sup>18,19)</sup>. 파보일한 long grain을 조리하기전에 예비침지(pre-soaking)하면 조리시간이 감소하고 조리후 밥알의 외관은 파보일미가 생쌀보다 길이는 감소하고, 두께, 경도, 탄력성은 증가한다고 보고<sup>4,20,21)</sup>되어 있으나, Ali와 Bhattacharyar는 예비 침지하고 조리하면 파보일미는 큰 변화가 없다<sup>22)</sup>고 하였다. 따라서 본 연구는 파보일미(추청벼)의 침지시 무게와 부피의 변화에 따른 물리적 성질 및 조리특성에 대한 파보일링의 영향을 검토하여 파보일미의 수화와 조리에 대한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 시료는 1993년에 수확한 일반계 추정벼를 평택 국립종자보급소에서 분양받아 3가지 방법으로 파보일링하여 도정한 파보일미, 즉 추정벼를 60℃의 물에서 4시간 침지후 autoclaver로 121℃에서 10분간 가열한 것(PP), 실온의 물에서 12시간 침지후 찜통에서 20분(PT20), 40분(PT40) 찜것, 60℃의 물에서 4시간 침지후 찜통에서 20분(PL20), 40분(PL40) 찜것과 파보일링하지 않은 생쌀(RR)을 시료로 하여 polyethylen bag에 500g씩 포장하여 4℃의 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 방법

(1) 수화특성

1) 수분흡수속도 측정

시료 쌀 1g씩을 실온(25℃)의 증류수에서 생쌀은 5분~80분, 파보일미는 5분~200분, 고온(75℃)의 증류수에서 생쌀은 1분~40분, 파보일미는 1분~60분까지 침지시킨 후 여과지 위에 걸쳐서 표면수를 제거한 다음 무게 증가량으로부터 건물 1g당의 수분증가량을 계산하였다. 이와 같은 과정을 3회 반복하여 평균값을 취하고 수분흡수속도는 Becker의 확산방정식<sup>23)</sup>에 의하여 계산하였다.

$$m - m_0 = k \sqrt{t} \tag{1}$$

여기에서 m은 일정시간 침지 후의 수분증가량(gH<sub>2</sub>O/g dry matter)이며, m<sub>0</sub>는 시료의 초기수분함량(gH<sub>2</sub>O/g dry matter), t는 침지시간(min), k는 수분흡수속도 상수(min<sup>1/2</sup>)이다.

2) 부피증가속도 측정

쌀의 침지 중 부피변화는 5ml의 메스실린더에 3ml의 증류수를 가한 다음 일정시간 침지후 표면수를 제거한 일정량의 쌀을 넣어 증가한 부피변화량으로 부터 측정하였다. 이와 같은 과정을 3회 이상 반복하고 평균값을 취하였다. 침지 중 쌀알의 부피증가 속도는 다음식<sup>24)</sup>으로부터 계산하였다.

$$\bar{V} - V_0 = kv \sqrt{t} \tag{2}$$

여기에서  $\bar{V}$ 는 일정시간 침지후 쌀알의 부피(ml), V<sub>0</sub>는 쌀알의 초기부피(ml), kv는 쌀알의 부피증가속도 상수(min<sup>1/2</sup>), t는 침지시간(min)이다.

2. 아밀로그래프

시료의 호화양상은 Brabender사의 Visco/amylo/Graph를 사용하여 Medcalf와 Gilles의 방법<sup>25)</sup>에 따라 시료용액(10, 11, 12%, d.b.) 500ml를 amylograph bowl에 넣은 다음 25℃부터 94.5℃까지 분당 1.5℃의 속도로 가열하고, 94.5℃에서 15분간 유지시킨 후 같은 속도로

50℃까지 냉각시키면서 아밀로그래프를 얻었다. 아밀로그래프로부터 호화개시온도(℃), 호화개시시간(min), 94.5℃에서 점도(B.U.), 94.5℃에서 15분후의 점도(B.U.), 냉각점도(50℃에서의 점도), setback(냉각점도-94.5℃에서의 점도)와 breakdown(94.5℃에서의 점도-94.5℃에서 15분 후의 점도)을 구하였으며, 호화개시온도는 초기점도가 10 B.U.에 도달하는 온도로 나타내었고, 실험은 최소한 2회 이상 반복하여 평균값으로 나타내었다.

3. 취반특성

(1) 밥알의 형태적 특성

쌀 2g을 1.4배(2.4 ml)의 증류수를 넣고 실온에서 0~150분간 침지시킨 후 30분 동안 취반한 다음 Caliper(Mitutoyo Vernier Caliper, 150 mm)를 사용하여 밥알의 길이와 폭을 각각 20개씩 측정하였다. 이 과정을 2회 이상 반복하여 총 밥알 40개의 평균값으로 나타내었다.

(2) 고형분 유출량 측정

쌀 5g을 2회 헹구어 낸 다음 200 ml 비이커에 담고 증류수 100 ml를 넣고 30분간 실온에서 침지한 후 증탕으로 각각 10~40분간 가열한 다음 조리액을 미리 항량시킨 100 ml 비이커에 담아 130℃의 오븐에서 10시간 동안 건조시킨 후 남아 있는 고형분 유출량을 측정하였다. 이 과정을 3회 이상 반복하여 평균값으로 나타내었다.

(3) 밥알의 경도와 탄력성

밥알의 경도와 탄력성은 Texture Analyzer(Model TA XT-2, stable Micro system, Ltd., England)를 사용하여 Textrue profile analysis(TPA)를 행하였으며, 시료 2g을 내열성 시험관(15 mm×180 mm)에 넣고 1.4배(2.8 ml)의 증류수를 가하여 호일로 뚜껑을 한 다음 90분간 침지한 후 40분간 끓는 물에서 취반한 다음 실온에서 1분간 방치하고 중간 부분의 밥알 20개씩을 취하여 밥알의 경도와 탄력성을 측정하였다. 이때 기기의 조건은 probe: ϕ 10 mm, graph type; force vs time, force threshold; 300 g, distance threshold; 0.50 mm, distance scaling; 1.0 mm, head speed; 0.3 mm/sec이었다.

(4) 밥의 색도

0~8%로 도정한 파보일미와 생쌀을 30분간 취반한 밥의 색도는 색차계(Minolta Chroma Meters CR-200)로 측정하였으며, Hunter Scale에 의해 L(명도), a(+: 적색, -: 녹색), b(+: 황색, -: 청색)값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판의 L, a, b값은 각각 97.75, -0.49 및 +1.96이었다.

III. 결과 및 고찰

1. 수화특성

(1) 수분흡수속도

실온(25℃)와 고온(75℃)의 물에 각각 침지한 생쌀과 파보일미의 평형수분함량(EMC)과 이에 도달하는 시간은

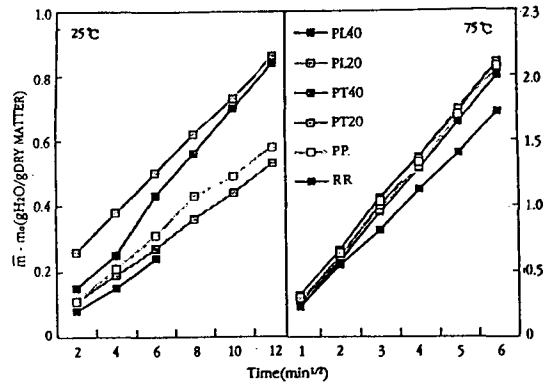
**Table 1. EMC, time to reach EMC and water uptake rate constants of raw and parboiled rice during soaking at 25°C and 75°C**

Soaking temperature (°C)	Rice	EMC (%)	Time to reach EMC (min)	Water uptake rate constant (k)
25	RR	34	30	0.0430
	PP	60	140	0.0441
	PT20	62	160	0.0433
	PT40	87	160	0.0670
	PL20	72	140	0.0471
	PL40	91	160	0.0640
75	RR	148	30	0.2981
	PP	225	50	0.3447
	PT20	237	50	0.3649
	PT40	218	50	0.3331
	PL20	221	50	0.3324
	PL40	210	50	0.3283

표 1과 같다. 실온에 침지한 경우, EMC는 생쌀이 34%, 파보일미가 60~91%로 파보일링에 의해서 약 1.8~2.7배 증가하였고, PP는 60%로 가장 낮았다. 파보일 가열시간이 길수록 EMC는 증가하였고, EMC에 도달하는 시간은 파보일미가 생쌀보다 약 4배 이상 길었으며, PP와 PL20은 140분으로 다른 시료보다 빨랐다. 고온에 침지한 경우, EMC는 파보일미가 생쌀보다 약 1.4~1.6배 정도 증가하였으나, EMC에 도달하는 시간은 50분으로 시료간에 차이가 없었고 실온에 비하여 약 2.5~3배 이상 단축되었다. 상업용 파보일미는 실온에 침지시 수화율이 향상되며 끓는 물에서의 조리시 흡수량은 변하지 않거나 수화율이 느리고, 파보일 열처리 정도에 따라 수화력은 증가된다<sup>20)</sup>고 하였고, 실온에서 3시간 침지한 경우 normal 파보일미는 41.5%, roasted 파보일미는 55.0%, pressure 파보일미는 56.4%의 수화율에 달한다고 보고<sup>22,26)</sup>한 바 있으며, 본 연구에서도 실온 침지의 경우에는 PT, PL의 경우, 파보일 가열 20분보다 40분의 수화력은 각각 25%, 19% 증가를 보였으나, 고온 침지의 경우에는 PP 시료의 EMC는 다른 시료와 큰 차이가 없었고, 파보일 열처리 시간이 길수록 EMC는 감소하였다. 침지중 각 시료의 무게증가량과 침지시간의 평방근과의 관계는 그림 1과 같이 직선의 관계를 보였으며 이로부터 수분흡수속도상수를 구하여 표 1에 나타내었다. 파보일링에 의해 수분흡수속도상수(k)는 증가하였으며 실온 침지시에는 고온 침지보다 수분흡수속도 상수의 증가폭이 작았고, 파보일 가열시간이 길수록 증가폭은 컸으나 고온의 경우는 그와 반대의 경향이었다.

(2) 부피증가속도

각 시료의 실온과 고온에 침지한 시료의 평형부피(EV)와 이에 도달하는 시간은 표 2와 같고, 실온 침지시 EV는 파보일미가 생쌀의 약 1.6~2.8배로 파보일 가열시간이 길수록 EV는 증가하였으나, 고온 침지시에는 약 1.3~1.5



**Fig. 1. Relationship between the moisture gain and the square root of the absorption time for parboiled rice.**

**Table 2. EV, time to reach EV and volume increase rate constants and parboiled rice during soaking at 25°C and 75°C**

Soaking temperature (°C)	Rice	EV (%)	Time to reach EV (min)	Volume increase rate constant (k <sub>v</sub> )
25	RR	31	30	0.0606
	PP	69	120	0.0544
	PT20	50	80	0.0400
	PT40	81	180	0.0433
	PL20	63	80	0.0590
	PL40	88	160	0.0600
75	RR	163	35	0.2531
	PP	250	50	0.2942
	PT20	250	50	0.3076
	PT40	250	50	0.2883
	PL20	250	50	0.2920
	PL40	225	50	0.2825

배로 시료간에는 큰 차이가 없었다. EV에 도달하는 시간은 실온에 침지한 경우 PP는 120분, PT40는 180분, PL40는 160분으로 생쌀보다 길었고, PT20과 PL20은 80분으로 훨씬 짧았으며, 생쌀보다는 약 2.7배 증가하였으나 고온에 침지한 모든 파보일미의 EV에 도달하는 시간은 50분으로 동일하였다. 침지중 각 시료의 부피증가율과 침지시간의 평방근과의 관계는 그림 2와 같이 직선의 관계를 나타내었으며 이 직선으로부터 구한 부피증가속도 상수(k<sub>v</sub>)는 실온 침지에서는 파보일링에 의해 약간 감소하는 경향이었고 파보일 가열시간이 길수록 컸으나, 고온 침지에서는 파보일링에 의해 약간 증가하는 경향이었고 파보일 가열시간이 길수록 작았다.

2. 아밀로그래프 특성

생쌀과 파보일미의 농도에 따른 아밀로그래프의 결과는 표 3과 같다. 각 시료의 호화개시온도는 농도가 증가함에

따라 낮아졌고 호화개시에 걸리는 시간도 단축되었으며 파보일링에 의하여 호화개시온도는 높아지고 호화개시에 걸리는 시간도 길어졌다. 최고점도는 파보일링과 농도가 높아짐에 따라 증가하였고 PT40이 가장 높은점도를 보였으며, 최고점도에 도달하는 온도(생쌀 92.5℃)는 94.5℃로 파보일미 시료간에는 차이를 보이지 않았다. 각 시료의 94.5℃에서 15분 후의 점도는 모든 농도에서 감소하였고 50℃로 냉각한 다음에는 다시 증가하는 쌀의

일반적인 아밀로그램 양상을 보였다. 생쌀의 setback은 모든 농도에서 -값을 보였으나 파보일링에 의하여 10% 농도의 모든 시료에서는 %값을 보였으나 12% 농도에서는 모든 시료가 -값을, 11% 농도에서는 PT40, PL40 시료는 +값, PP, PT20, PL20은 -값을 보여 농도와 파보일 가열시간에 따라 차이를 나타내었다.

3. 취반특성

(1) 밥알의 형태적 특성

각 시료를 일정시간 침지하여 30분간 조리한 후의 밥알의 크기를 측정된 결과는 표 4와 같다. 취반후의 밥알의 L/W는 침지에 관계없이 파보일미가 생쌀보다

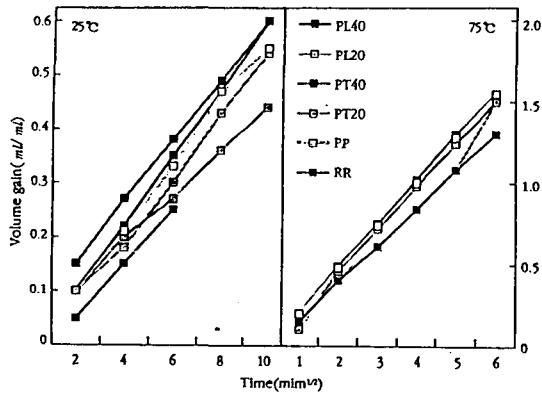


Fig. 2. Relationship between the volume gain and the square root of the absorption time for parboiled rice.

Table 4. Length/Width of cooked raw and parboiled rice during soaking at room temperature

Rice	Soaking time(min)					
	0	30	60	90	120	150
RR	2.09	1.86	1.95	1.87	1.95	1.80
PP	2.58	2.00	2.12	1.96	2.01	1.94
PT20	2.67	1.97	2.14	2.00	2.03	1.96
PT40	2.67	2.01	2.16	2.01	2.13	1.96
PL20	2.69	2.08	2.24	2.02	2.10	1.88
PL40	2.65	2.17	2.27	1.94	2.07	1.87

Table 3. Amylogram indices of raw and parboiled rice flour

Rice flour	Concentration (%)	Initial pasting time (min)	Initial pasting temp. (°C)	Peak height (B.U)	Temp. at peak (°C)	15 min height (B.U)	Height at 50°C (B.U)	Set-back <sup>1)</sup> (B.U.)	Break-down <sup>2)</sup> (B.U)
RR	10	29	68.50	690	92.50	370	620	-70	320
	11	27	65.50	940	88.80	460	740	-200	480
	12	26	64.00	1290	86.00	550	860	-430	740
PP	10	33	74.50	870	94.50	650	990	120	220
	11	29	68.50	1250	93.00	820	1150	-100	430
	12	28	67.00	1720	90.25	1030	1330	-390	690
PT20	10	29	68.50	830	94.50	590	930	100	240
	11	28	67.00	1190	91.00	760	1100	-90	430
	12	27	65.00	1630	88.75	870	1230	-400	760
PT40	10	31	71.50	880	94.50	700	1010	130	180
	11	28	67.00	1280	93.25	930	1280	0	350
	12	26	64.00	1720	90.25	1140	1540	-180	580
PL20	10	30	70.00	860	94.50	640	950	90	220
	11	29	68.50	1250	91.00	790	1120	-130	460
	12	28	66.25	1710	90.25	970	1310	-400	740
PL40	10	31	71.50	660	94.50	750	1040	380	-90
	11	28	67.00	1220	94.50	970	1410	190	250
	12	26	64.00	1700	93.25	1230	1590	-110	470

<sup>1)</sup> Setback: Viscosity on cooling to 50°C -peak viscosity

<sup>2)</sup> Breakdown: Peak viscosity-viscosity after 15 min at 94.5°C

**Table 5. Effect of cooking time of raw and parboiled rice on solid content(%)**

Rice	Cooking time(min)			
	10	20	30	40
RR	5.03	11.57	15.32	19.44
PP	4.88	9.46	13.01	16.08
PT20	4.92	11.33	14.47	17.90
PT40	4.27	9.16	11.16	13.80
PL20	4.70	9.35	12.51	15.66
PL40	3.74	7.92	9.95	12.71

**Table 6. Effect of soaking time on hardness of cooked rice during cooking at boiling water**

Soaking time (min)	Cooking time (min)	Hardness(g)					
		RR	PP	PT20	PT40	PL20	PL40
30	0	3.94	3.60	3.00	3.62	4.41	4.60
	10	0.27	0.29	0.33	0.35	0.34	0.45
	20	0.24	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27
	30	0.22	0.26	0.28	0.26	0.25	0.25
	40	0.19	0.21	0.21	0.28	0.21	0.23
90	0	3.07	1.81	1.46	0.73	1.28	1.52
	10	0.26	0.32	0.29	0.32	0.27	0.27
	20	0.19	0.28	0.28	0.28	0.26	0.27
	30	0.20	0.22	0.23	0.26	0.23	0.25
	40	0.16	0.23	0.24	0.25	0.22	0.23

켰고, 예비침지하지 않고 취반한 밥알의 L/W가 침지한 것보다 컸다. 60분 침지후 취반한 밥알의 L/W가 침지후 최대치를 보였으며 그 이상 침지시에는 오히려 감소하였다. 여러 연구자들<sup>22,26-29)</sup>은 도정한 생쌀과 파보일미의 취반시 길이의 감소와 폭이 증가함을 보고하였고 이는 본 연구와 비슷한 경향을 보였다. Kurien<sup>27)</sup>은 길이의 감소현상을 배아 끝부분이 둥글게 되고 배유부분이 더 단단하게 밀착되었기 때문이라고 보고하였고, Sowbhagya<sup>22)</sup>은 침지후 취반했을때 파보일미보다 생쌀의 길이가 현저하게 증가하는 것은 침지중에 crack이 파보일미보다 많이 형성되어 취반과정에서 물이 crack속으로 스며들어 가기 때문일 것이라고 하였으며, Araullo<sup>29)</sup>은 쌀알의 시각적 외관은 길이와 폭 또는 길이와 두께의 비에 의존하며 취반후 파보일미 폭이 팽창하여 통통한 외관을 나타낸다고 하였다.

(2) 취반수 중의 고형분 함량

파보일미의 조리중 취반수에 유출된 고형분 함량은 표 5와 같이 R>PT20>PP>PL20>PT40>PL40의 순으로 취반시간이 길어짐에 따라 점차 증가하여, 파보일링의 예비침지도나 시간, 파보일 가열시간에 의하여 영향을 받을 수 있었다. 이에 관한 연구들<sup>21,22,29,30)</sup>에서 조리수에 유출된 고형분량은 생쌀보다 파보일미가 적으며,

**Table 7. Effect of soaking time on springiness of cooked rice during cooking at boiling water**

Soaking time (min)	Cooking time (min)	Springiness(g)					
		RR	PP	PT20	PT40	PL20	PL40
30	0	0.43	0.50	0.44	0.49	0.58	0.72
	10	0.40	0.44	0.37	0.48	0.40	0.49
	20	0.54	0.62	0.54	0.70	0.49	0.65
	30	0.55	0.65	0.63	0.65	0.62	0.63
	40	0.57	0.63	0.61	0.71	0.64	0.71
90	0	0.48	0.59	0.43	0.46	0.52	0.67
	10	0.26	0.59	0.44	0.62	0.48	0.71
	20	0.40	0.67	0.61	0.68	0.60	0.71
	30	0.41	0.61	0.65	0.69	0.59	0.68
	40	0.51	0.66	0.67	0.68	0.61	0.71

열처리 시간이 길어질수록 고형분량은 적다고 하였다.

(3) 밥알의 경도와 탄력성 정도

침지시간과 취반시간에 따른 쌀과 밥의 경도는 표 6과 같다. 취반전 경도는 30분간 침지한 PP, PT20, PT40이 생쌀보다 감소하였으나 PL20, PL40은 생쌀보다 증가하였다. 90분간 침지한 시료는 30분간 침지한 시료보다 경도가 감소하였으며 그 감소폭은 생쌀보다 현저하게 컸고, PT40은 30분 침지했을 때보다 1/5로 경도가 감소하였다. 취반초기에는 30분간 침지한 파보일미의 취반 10분의 경도는 취반전보다 1/9~1/12로, 또한 90분간 침지한 파보일미의 취반 10분의 경도는 취반전보다 1/5~1/6로 감소하여 생쌀보다 적게 감소하였다. 취반완료기에는 30, 90분간 침지한 파보일미의 30, 40분 취반시의 경도는 취반시간이 길어질수록 감소하였으며 침지 시간에 따른 차이는 크지 않았다. 탄력성 침지시간과 취반시간에 따른 쌀과 밥의 탄력성은 표 7과 같다. 취반전 탄력성은 30분간 침지한 경우에는 파보일미가 생쌀보다 컸으며, 90분간 침지한 경우에는 PT20과 PT40은 오히려 생쌀보다 적은값을 보였다. 30분, 90분 침지한 파보일미의 취반초기 10분의 탄력성은 생쌀과 같이 감소하였으나 취반시간이 경과함에 따라 취반 20분까지는 증가하다가 그 이후에는 큰 변화없이 생쌀보다는 모두 증가하였다. 취반 30분에는 침지시간에 관계없이 PT40이 가장 크게 증가하였다. 파보일미의 취반경도 및 탄력성의 증가에 관한 연구들<sup>17,21,22,31,32)</sup>에서, 증가된 경도는 전분입자와 단백질(protein body)간의 adhesion/cohesion이 커졌기 때문이며 단백질의 추출력을 감소시키고 조리수에 전분용해성을 감소시킨다고 보고하였다.

(4) 밥의 색도

각 도정도별 파보일미와 생쌀을 30분간 취반한 밥의 L(색의 밝기), a(+: 적색, -: 녹색), b(+: 황색, -: 청색) 값을 측정하여 표 8에 나타내었다. 도정율이 커짐에 따라 각 시료의 L값은 증가, a, b값은 감소하는 경향이며, 모든 시료중 PT20의 ΔE값이 가장 낮았으며, 도정율 0%(현미)

**Table 8. Effect of degree of milling of raw and parboiled rice on color of raw and cooked rice**

Degree of milling(%)		RR	PP	PT20	PT40	PL20	PL40
0	L	56.79	53.28	55.31	51.96	52.42	52.52
	a	2.50	2.28	2.14	3.28	2.47	2.68
	b	16.63	15.62	17.84	18.08	16.05	17.15
	ΔE		3.659	1.945	4.541	4.408	4.234
4	L	60.72	54.58	60.24	56.26	56.76	54.91
	a	0.49	0.27	0.06	0.44	0.13	-0.13
	b	14.82	13.63	14.26	15.04	13.12	12.98
	ΔE		6.258	0.854	4.455	4.324	6.126
6	L	61.06	57.18	61.21	57.52	57.71	56.77
	a	-0.27	0.58	0.08	-0.36	-0.34	-0.58
	b	10.79	11.28	12.81	14.01	11.99	12.42
	ΔE		4.002	2.056	4.827	3.559	3.980
8	L	61.87	58.48	62.75	58.80	57.89	57.03
	a	-0.77	-1.15	-1.15	-1.05	-1.06	-0.88
	b	9.54	12.03	11.24	13.05	11.11	13.45
	ΔE		4.251	1.952	4.672	4.260	6.223
8 (cooked rice)	L	65.36	63.10	64.70	64.30	64.69	64.60
	a	-2.24	-2.22	-2.26	-2.01	-2.03	-1.88
	b	4.91	7.00	5.99	7.67	7.11	6.73
	ΔE		3.078	1.266	2.965	2.309	2.005

에서는 PT40, 4%에서는 PP, 6%에서는 PT40, 8%에서는 PL40시료의 ΔE 값이 높게 나타나 파보일 열처리 정도가 변색에 영향을 끼침을 알 수 있었다. 파보일 백미 취반 시의 L값은 모든 시료중 가장 컸으며 a,b값과 ΔE값도 미취반 시료에 비하여 매우 감소하여 파보일미의 변색은 취반후에는 생쌀과 거의 같은 흰색으로 된다는 보고<sup>33,34)</sup>와 일치하였다.

**IV. 요약**

1. 실온(25℃)과 고온(75℃)에 침지시의 평형수분함량(EMC)은 파보일미가 생쌀보다 각각 1.8~2.7배, 1.4~1.6배, EMC에 도달하는 시간은 각각 4배, 1.7배 정도 증가하였다. 수분흡수속도 상수(k)는 실온 침지시에는 PL40과 PT40이, 고온 침지시에는 PP와 PT20이 가장 컸다. 평형부피(EV)는 파보일미가 생쌀보다 실온과 고온에서 각각 1.6~2.8배, 1.3~1.5배 증가하였고, EV에 도달하는 시간은 실온에서는 시료간에 차이를 보였으나 고온에서는 차이를 보이지 않았으며, 실온 침지시의 부피증가속도 상수(k<sub>v</sub>)는 파보일링에 의해 감소하였으나 고온에서는 증가하였다.

2. 아밀로그램 특성에서 파보일미는 생쌀에 비하여 호화개시온도는 높았고 호화개시에 걸리는 시간도 길어졌으며 최고점도도 높았다. 파보일미의 setback은 10% 농도에서는 +값을, 12%농도에서는 -값을 보여 농도와 파보일 방법에 따라 차이를 나타내었다. 파보일미의

Breakdown은 10%와 11% 농도에서는 생쌀보다 작았으나 12%농도에서는 PT20은 생쌀보다 컸다.

3. 파보일미의 취반후 밥알의 L/W는 생쌀의 밥알에 비하여 감소하였으며 예비 침지 60분에서 침지후 최대치를 보였다.

4. 파보일미의 취반중 조리수에 유출된 고형분 함량은 생쌀이 파보일미보다 많았다.

5. 30분간 침지한 PL20과 PL40의 취반전 경도는 생쌀의 침지시보다 증가하였으나 90분간 침지한 파보일미는 현저하게 감소하였다. 파보일미의 탄력성은 취반 초기에는 생쌀과 같은 경향으로 감소하였으나 취반 15분 경에는 급격히 증가하였고 취반 20분 이후에는 완만하였다. 모든 파보일미의 탄력성은 취반완료기에 생쌀보다 증가하였고, 30분 침지후 각각 30분, 40분 취반시의 탄력성은 PL40이 가장 높았다.

6. 파보일 시료중 PT20의 색차(ΔE)가 가장 낮았으며 도정율이 커짐에 따라 L값은 증가하고 a,b값은 감소하였으며. 취반후의 색차도 PT20이 가장 낮았다.

**참고문헌**

1. Gariboldi, F.: Rice parboiling, *FAO Agric. Development*, p. 97 (1974).
2. Bhattacharya, K.R.: Parboiling of rice, *Chemistry and technology*, p. 289 (1985).
3. Luh, B.S. and Mickus, R.R.: Parboiling rice, *Production and Utilization*. 501 (1982).

4. Gariboldi, F.: Parboiled rice, Chemistry and technology (1972).
5. Haumann, B.F.: Rice bran linked to lower cholesterol. *J.A.O.C.S.*, p. 615 (1989).
6. Pillaiyar, P.: Rice parboiling reserch in India, *Cereal Foods World*, p. 225 (1990).
7. Kasasian, R.: Bibliography of rice parboiling. *Tropical Prod.*, p. 1950 (1982).
8. Pomeranz, Y.: Advances in cereal *sci. and Technol.*, 7: 105 (1985).
9. Filho, S.S.: Economic and social benefits of rice parboiling, *Lavoura Arroz*, 39(369): 19 (1986).
10. Bhattacharya, K.R., Sowbhagya, C.M. and Indudhara Swamy, Y.M.: Some physical properties of paddy and rice and thier interrelation. *J. Sci. Food Agric.*, 171 (1972).
11. Kaur, A., Sekhon, K.S. and Nagi, H.P.S.: Parboiling of rice, *J. Food Sci. Technol.*, 28(6): 384 (1991).
12. Bhattacharya, K.R.: Breakage of rice during milling, *A review Trop.Sci.*, 22: 255 (1977).
13. Ali, S.Z. and Bhattacharya, K.R.: Changes in sugar and amino acids during parboiling of rice. *J. Food Biochem.*, 169 (1980).
14. Ali, S.Z. and Bhattacharya, K.R.: Pasting behaviour of parboiled rice. *Textrue Stud.* 11: 239 (1980).
15. Kamal, M.A., Refai, F.Y. and Tawfik, M.A.: Effect of cooking upon the biochemical constituents of rice(in Arabic), Congress for Agricultural Research. Egypt 24, Jan. (1970).
16. Damir, A.A.: Comparative studies on physicochemical properties and microstructure of raw and parboiled rice. *food Chemistry*, 16: 1 (1985).
17. Unnikrishnan, K.R. and Bhattacharya, K.R., Influence varietal difference properties of parboiled rice. *Cereal Chem.*, 64(5): 315 (1987).
18. Ingar, N.G.C., Bhaskar, R. and Dharmajan, P.: Studies on methods of parboiling pressure parboiling. *J. Agric. Eng.*, 40 (1972).
19. Ali, S.Z. and Bhattacharyar, K.R.: Studis on pressure parboiling of rice. *J. Food Sci. Technol.*, 236 (1982).
20. Khuda, M.Q., De, H.N. and Rahman, M.: Biochemical nutritional investigations on rice products of East Parkistan. *Pak. J. Sci. Ind.*, 5: 238 (1962).
21. Raghavendra Rao, S.N. and Juliano, B.O.: Effect of parboiling on some phsicochemical properties of rice. *J. Agric. Food Chem.*, 18: 289 (1970).
22. 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(2): 76 (1991).
23. Becker, H.A.: On the absoption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.*, 37, 309 (1960).
24. 박선희, 조은자, 김성곤: 일반계(천마벼)와 다수계(가야벼)쌀의 조리특성. *한국영양식량학회지*, 16, 69 (1987).
25. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effect of lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starches, *Staeke*, 18, 101 (1965).
26. Deosthale, Y.G., Devara, S., Rao, S.O. and Balavady, B.: Effect of milling on mineral and trace elements composition of raw and parboiled rice. *J. Sci. Food Agric.*, 30: 40 (1979).
27. Kurien, P.P., Radhakrishna Murty, R., Desikachar, H.S. R. and Subrahimanyan, V.,: Effect of parboiling on the swelling quality of rice, *Cereal Chem.*, 41: 16 (1964).
28. Hiromichi K., Takeo O., Takashi T. and Yukio H.: Effect of parboiling on texure and flavor components of cooked rice. *J. Agric. Food. Chem.*, 31: 818 (1983).
29. Araullo, E.V., Padua, D.B. and Michael Graham: Rice postharvest technology, 163 (1976).
30. Bhattacharya, K.R. and Subba Rao, P.V.: Effect of processing condition on quality of parboiled rice, *J. Agric. Food Chem.*, 14: 476 (1966).
31. Biswas, S.K. and Juliano, B.O.: Laboratory parboiling procedures and properties of parboiled rice from varieties differing in starch properties. *Cereal Chem.*, 66 (5): 417 (1988).
32. Pillaiyar, P. and Mohandoss, R.: Hardness and colour in parboiled rices produced at low and high temperatures. *J. Food Sci. Technol.*, 18: 7 (1981).
33. El-Dash, A., Shaheen, A. and Elshirbeeny, A.: The effect of parboiling on the consumer acceptance of rice, *Cereal Foods World*, 20: 101,112 (1975).
34. Hassan, M.A.: Studies on parboiling of malaysian paddy varieties. FAO of the U.N. and the Government of Malaysia, 415 (1977).