Food Engineering Progress
Vol. 16, No. 4. pp. 362~368 (2012.11)

산업식품공학
Food Engineering Progress

자포니카 벼품종을 이용한 파보일드미의 침지 조건 및 이화학적 특성

유재수 · 백소현 · 백만기 · 박현수 · 김보경 · 하기용*
국립식량과학원 벼맥류부

Study of Soaking Conditions and Physicochemical Characteristics in Parboiled Rice Production Using of Japonica Rice Cultivars

Jae-Soo Yoo, So-Hyeon Baek, Man-Kee Baek, Hyun-Su Park, Bo-Kyeong Kim, and Ki-Young Ha*
Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA

Abstract

This study was carried out to investigate the most suitable soaking condition and the characteristics of parboiled rice using six japonica rice cultivars. It is important to maintain 30% of moisture content in the soaking process to acquire perfect and uniform gelatinization of starch of unhulled rice, and the most suitable soaking temperature and time are found to be 65°C and 4 hours, respectively. The length and width in forming of milled rice tend to be shortened in parboiled rice. The percentage of head rice in parboiled rice was higher than that of raw milled rice, and it was the highest 99.8% in Boramchan. The rate of broken and cracked rice in parboiled rice were lower than those of the raw milled rice. The crude protein contents after parboiling in all cultivars were lower than those of raw rice, whereas those of crude fat and ash increased. After parboiling, the hardness increased, colorimetric L value decreased, and increased colorimetric a and b values in comparing with those of milled rice. The reducing sugar contents increased after parboiling, and were the highest value in Seolgaeng. Solid contents in the parboiled rice were lower than those of raw milled rice in all cultivars. In a result of measuring textural properties after cooking, the hardness and springiness were measured higher in parboiled rice than raw rice, the cohesivness was measured higher in the raw milled rice than parboiled rice.

Key words: japonica, parboiled rice, soaking conditions, physicochemical characteristics

서 론

최근 들어 쌀은 소비자들의 식생활의 서구화와 품종개량에 따른 생산량 증가로 잉여분이 증가하고 의무수입량에 따른 구조적인 쌀 수급 불균형으로 재고가 늘어나고 있는 실정이다. 쌀 소비 확대를 위한 다양한 소비계층 확보 및 국제 경쟁력을 높이기 위해서는 다양한 용도별 가공적성 연구와 기능성이 강화된 가공식품의 개발이 요구된다.

파보일드미(parboiled rice)는 벼를 물에 충분히 담갔다가 흡수시킨 후 증자, 건조하여 도정한 가공쌀로서 과정 중 물리 · 화학적인 변화에 의해 다양한 특성들이 나타나게 된다(Bhattacharya, 1985; Kaddus Miah, 2002). 고대 인도, 버마 등의 남방제국에서 벼의 알곡을 쉽게 분리하기위해 처음으로 이용되었으며(Gariboldi, 1974) 다양한 장점들이 알려지면서 관심을 가지게 되었다. 파보일드미는 쌀알의 구조가 조밀하고 투명하며(Bhattacharya et al., 1966; Kaur et al., 1991), 도정수율이 높아지고(Filho, 1986), 비타민과 무기염의 함량이 높아진다는 보고가 있다(Screenivasan, 1938; Larsen, 2000).

우리나라에서는 이른 가을에 이삭을 채취하여 가마솥에서 수증기로 찌고 볕에 말려 현미로 도정하여 식용과 간식으로 먹었던 올벼쌀이 파보일드미와 유사하다. 주로 아시아, 아프리카와 일부 아메리카 국가들에 한정되어 이용되어오던 파보일드미는 점차 확대되어 세계적으로 가공되는 쌀의 20% 이상을 차지하고 있으며 미국에서 수출되는 쌀의 50% 이상이 파보일드미 형태이다(Kar et al., 1999). 파보일드미는 주식용으로 사용되는 이외에 조리 및 가열 시 안정성이 높아 통조림 형태의 편이식품 뿐만 아니라 다양한 냉동 및 팽화식품 제조에 유용하며, 압력이나 열처리 정도 등 제조기술을 조절함으로써 다양한 질의 쌀을 얻을 수 있고, 벼의 완전립 수율의 증가, 도정 중 영양소 손실 방지, 소비자의 기호성 및 저장성 등이 향상된다(Gariboldi, 1974; Pillaiyar,

*Corresponding author: Ki-Young Ha, Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan, 570-080, Korea
Tel: +82-63-840-2255; Fax: +82-63-840-2119
E-mail: ha0ky04@korea.kr
Received September 6, 2012; revised November 12, 2012; accepted November 12, 2012

1990). 또한 수출시 쌀 수출 물량에 적용받지 않는 가공 제품으로서 부가가치 향상을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 농촌진흥청에서 육성된 자포니카 품종의 벼를 이용하여 파보일드미의 최적 제조 조건 및 이화학적 특성을 조사하여 파보일드미 이용성을 높이기 위한 기초자료로 활용하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험에는 자포니카 밥쌀용 평안 및 신동진, 자포니카 초다수성 품종 보람찬 및 드래찬, 양조적성 품종 양조벼, 뽀얀멥쌀 설갱 등 6 품종을 이용하였다.

파보일드미 제조

다양한 품종의 정조를 65°C가 유지되는 물에 4 시간 침지 후 체에 바쳐 물기를 제거하고 찜기에 1 시간 동안 열을 가해 찐 후 수분함량 14%가 될 때까지 건조하였다. 건조된 정조는 현미기로 제현한 후 8% 도정미를 만들어 분쇄하였고 100 mesh 체로 쳐서 분석시료로 사용하였다.

수분흡수율

정조 2 g을 25°C와 65°C가 유지되는 물에 침지시킨 후 1 시간마다 꺼내어 여과지로 표면수를 제거한 다음 칭량하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{수분흡수율}(\%)=\frac{\text{침지 후 정조의 무게(g)}-\text{침지 전 정조의 무게(g)}}{\text{침지 전 정조의 무게(g)}}\times 100$$

형태적 특성 조사

쌀의 외관상 품위는 쌀품위 분석기(Model RN-300, Kett Co. Ltd., Hokkaido, Japan)를 사용하여 완전미(head rice), 쇄미(broken rice), 균열미(cracked rice)를 분리하여 백분율로 환산하였다. 품종별 도정미의 길이와 폭은 Caliper로 20 개씩 측정하여 평균값으로 나타내었다.

일반성분

일반성분은 AOAC 방법에 의해 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 분석하였다(AOAC, 1995).

쌀알의 경도

쌀알의 경도는 Texture Analyzer(Model TAXT, Stable Micro System Co. Ltd., Haslemere, England)를 이용하였다. 시험조건은 pre-test 3.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post-test speed 1.0 mm/sec, trigger force 5.0 g이었고, probe는 7 mm의 stainless steel 원통형이 사용되었다.

색도

일반백미와 파보일드미의 색도는 색차계를 이용하였다(Model JS555, Color Techno System Co. Ltd., Tokyo, Japan). 기기의 측정경에 표준 색판(X=94.22, Y=96.11, Z=114.55)을 설치하여 보정한 후 시료를 원형 cell에 넣고 밝은 정도를 나타내는 L(lightness), 붉은색의 정도를 나타내는 a(redness) 및 노란색의 정도를 나타내는 b(yellowness)값을 구하였다.

환원당 함량

쌀가루 5 g을 100 mL 용량플라스크에 넣고 정용하여 1 시간 동안 교반한 후 희석된 용액 1 mL을 시험관에 취하고 dinitrosalicylic acid(DNS) 시약 1 mL을 가하여 잘 섞은 후 100°C 물에서 10분간 중탕시켰다. 상온에서 충분히 식힌 후 증류수 3 mL을 넣고 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose 표준 곡선식에 대입하여 환원당 함량을 구하였다(Lee et al., 2009).

고형분 함량

쌀 5 g을 씻어 200 mL 비이커에 담고 증류수 100 mL를 넣어 30분간 실온에서 침지한 후 20분간 중탕하였다. 조리액을 미리 항량시킨 100 mL 비이커에 담아 건조시킨 후 남아 있는 고형분량을 측정하여 함량을 계산하였다(Park & Cho, 1995).

밥의 물성

알루미늄 켄에 시료 10 g을 측정하여 20 mL의 물을 넣고 10분간 상온에서 수침하여 불린 후 전기밥솥에 일정량의 물을 넣고 20 분 동안 취사하였다. 완성된 밥은 상온에 10분간 방치 후 Texture analyzer를 사용하여 Texture profile analysis (TPA)를 행하였다. 물성은 2.5 cm 알루미늄 probe를 이용하여 pre-test 3.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post-test speed 1.0 mm/sec, trigger force 10.0 g의 조건에서 각 시료의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다.

통계처리

각 시료간 유의성 검증은 SAS 통계처리 프로그램(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하였다. 각 자료는 분산분석에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 유의적인 차이를 $p<0.05$ 수준으로 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

파보일드미 제조를 위한 침지조건

파보일드미 공정 중 침지과정은 수분흡수와 외부로부터 가해지는 열전달이 쉽도록 하기 위해 행해지는데 침지 중

Table 1. Comparison of Water uptake rate and Moisture content of unhulled rice with time during soaking at 20 and 65°C.

Temperature(°C)	Time(hrs)	Water uptake rate(%)	Moisture content(%)
20°C	1	7.80±0.18	24.60±0.04
	2	9.80±0.05	25.40±0.06
	3	12.13±0.23	25.30±0.03
	4	12.47±0.03	26.70±0.07
	5	13.00±0.07	26.90±0.02
	6	13.13±0.12	25.60±0.01
	24	22.87±0.23	29.60±0.05
	30	24.67±0.37	30.30±0.12
65°C	1	10.53±0.27	26.60±0.02
	2	16.47±0.30	27.10±0.05
	3	20.20±0.19	29.20±0.01
	4	23.53±0.18	30.10±0.03
	5	23.73±0.07	30.50±0.12
	6	25.87±0.23	30.80±0.17
	24	28.40±0.27	32.70±0.04
	30	28.60±0.21	33.50±0.09

Data represents mean±S.D.

의 온도와 시간이 적절하지 못하면 도정 후 쌀의 형태가 균일하지 못하고, 발효나 효소작용으로 맛, 색 및 향 등에 나쁜 영향을 미친다(Elaine, 2004). 파보일드미 제조를 위한 정조 침지 조건 구명을 위해 침지온도 20°C 및 65°C에서 시간에 따른 수분흡수율과 수분함량을 조사하여 Table 1에 나타냈다. 수분흡수율과 수분함량은 침지시간이 길어질수록 증가되었고, 20°C에서 느리고 서서히 높아졌으며, 65°C에서 빠르고 높아져 높은 온도에서 빠른 속도로 진행되었다. Elaine(2004)은 파보일드미 제조 시 침지된 정조의 수분함량은 약 30% 유지가 적절하며 그 이상이 될 경우 찌기 과정을 거치는 동안 팽윤됨으로써 도정미의 형태가 변하여 상품성이 떨어진다고 보고 하였다. 본 연구의 결과 30%의 수분함량 유지를 위해서는 65°C의 경우 4 시간, 20°C 경우 약 30 시간이 소요되었다. 이상의 결과로부터 20°C 침지의 경우 침지시간이 길어짐에 따라 왕겨의 분리현상이 일어나고, amylase 및 lipase 등의 효소작용으로 파보일드미의 맛이 달라지며, 색이 어두워지고, 방향성 물질 등이 생성되어 냄새와 향이 나빠질 우려가 예상된다(Elaine, 2004). 따라서 파보일드미 제조 과정 중 쌀 전분이 완전하고 균일한 호화가 될 수 있도록 하기위한 정조의 침지조건은 65°C에서 4 시간 침지하는 것이 적절하다고 판단되었다.

Table 2. Comparison of form of raw and parboiled rice with various cultivars.

Unit : (mm)

Cultivars	Raw rice[1)]		Parboiled rice	
	Length	Width	Length	Width
Boramchan	4.90±0.01	3.07±0.06	4.79±0.00	3.05±0.04
Deuraechan	5.12±0.03	3.10±0.06	5.07±0.02	3.05±0.03
Pyeongan	5.61±0.02	3.12±0.09	5.59±0.04	3.10±0.02
Shindongjin	5.87±0.02	3.06±0.07	5.81±0.03	3.06±0.01
Yangjobyeo	4.94±0.04	3.03±0.03	4.94±0.01	2.99±0.03
Seolgaeng	4.94±0.04	2.89±0.01	4.89±0.03	2.83±0.03

[1)]Raw rice: Milling rice
Data represents mean±S.D.

정미의 형태적 특성

공시된 6 품종의 일반백미와 파보일드 도정미의 길이와 폭을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 품종들 간 형태에 의한 길이 및 폭의 차이는 다소 있었고, 동일 품종의 일반백미와 파보일드미간 길이와 폭은 유의한 차이는 없었으나 다소 줄어드는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 파보일링 중 쌀알의 배유부분이 단단하게 밀착되고 배아 끝부분이 둥글게 마모되어 파보일링 후 길이와 폭이 감소되었기 때문으로 판단된다(Kurien et al., 1964; Ali & Ojha, 1976). 일반백미와 파보일링 벼를 도정 후 완전미율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 파보일드미의 완전미 비율의 품종간 차이는 보람찬이 99.8%로 가장 높았고, 평안, 신동진, 양조벼가 96-98.2% 범위이었으며, 드래찬과 설갱은 각각 91% 및 94.4%로 낮은 경향이었다. 각 품종의 파보일드미와 일반 백미간 완전미 비율 차이는 3.8-6.9%이었으며, 모

Table 3. Comparison of grain appearance of raw and parboiled rice with various cultivars.

Unit : (%)

Cultivars	Raw rice[1)]			Parboiled rice		
	Head rice	Broken rice	Cracked rice	Head rice	Broken rice	Cracked rice
Boramchan	95.8±0.30	4.1±0.23	0.1±0.01	99.8±0.27	0.2±0.01	0.0±0.00
Deuraechan	85.8±0.27	13.9±0.17	0.3±0.02	91.0±0.17	8.9±0.17	0.1±0.01
Pyeongan	91.3±0.01	6.9±0.02	1.8±0.01	98.2±0.29	1.7±0.03	0.1±0.01
Shindongjin	92.8±0.34	6.9±0.13	0.3±0.01	96.9±0.17	3.0±0.01	0.1±0.01
Yangjobyeo	91.9±0.12	7.0±0.23	1.1±0.01.	97.1±0.18	2.6±0.01	0.3±0.01
Seolgaeng	90.6±0.15	9.3±0.09	0.1±0.01	94.4±0.16	5.5±0.23	0.1±0.01

[1)]Raw rice: Milling rice
Data represents mean±S.D.

Table 4. Proximate composition of raw and parboiled rice with various cultivars.

Unit : (%)

Cultivars	Raw rice[1)]			Parboiled rice		
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude ash
Boramchan	5.83±0.08	0.37±0.00	0.34±0.02	5.76±0.06	0.73±0.05	0.64±0.04
Deuraechan	6.64±0.04	0.77±0.09	0.46±0.02	6.43±0.11	0.86±0.09	0.77±0.07
Pyeongan	6.16±0.12	0.89±0.24	0.36±0.05	6.15±0.04	0.90±0.00	0.70±0.00
Shindongjin	6.30±0.17	0.42±0.02	0.36±0.05	6.29±0.12	0.55±0.07	0.71±0.04
Yangjobyeo	5.05±0.04	0.95±0.12	0.62±0.05	4.94±0.14	0.97±0.14	0.73±0.03
Seolgaeng	6.69±0.37	0.63±0.14	0.40±0.00	6.57±0.10	0.72±0.02	0.72±0.05

[1)]Raw rice: Milling rice
Data represents mean±S.D.

든 품종이 파보일링 후 도정한 경우가 완전미 비율이 높은 경향이었다. Raghavedra Raeo & Juliano(1970)은 파보일드미의 도정 특성은 파보일링시 열처리 정도와 건조 조건에 영향을 받으며 파보일링에 의해 쇄미가 적어지기 때문에 완전미의 수율이 증가된다고 보고하였다.

일반성분

품종 간 일반백미와 파보일드미의 조단백질, 조지방 및 조회분의 분석 결과는 Table 4와 같다. 조단백질 함량은 일반백미의 품종 중 설갱이 6.69%로 가장 높았고 보람찬, 평안, 신동진 드래찬은 5.83-6.64% 범위이었으며, 양조벼가 5.05%로 가장 낮았고, 파보일링 후의 품종들의 함량 범위는 4.94-6.57%를 나타내 일반백미 보다 낮은 경향이었다. 이러한 파보일드미의 단백질 함량 감소는 파보일링 과정 중 침지 시 수용성 질소 화합물이 용해되고, 비단백 질소들이 방출되었기 때문으로 판단된다(Yang & Cho, 1995). 조지방 함량은 일반백미의 경우 품종 중 양조벼가 0.95%로 가장 높았고, 평안, 드래찬, 설갱, 신동진은 0.42-0.89% 범위이었으며, 보람찬이 0.37%로 가장 낮았고, 파보일드미의 경우 0.55-0.97% 범위로 일반백미보다 증가하는 경향이었다. 파보일드미의 지방 함량은 일반백미보다 감소된다고 하였으나(Hiromichi et al., 1983), Lee et al.(2010)의 연구에서는 증가되었는데 이러한 결과의 차이는 파보일링 중의 침지시간, 증자 시의 조건 등이 다르기 때문으로 판단된다(Elaine, 2004).

조회분 함량은 일반백미 품종 중 양조벼가 0.62%로 가장 높았고 평안, 신동진, 드래찬, 설갱은 0.36-0.46%범위이었으며, 보람찬이 0.34%로 가장 낮았고, 파보일링 후의 도정미의 경우 0.64-0.77% 범위로 일반백미보다 약 2배 증가되었다. 파보일드미의 조회분 함량은 침지, 가열과정에서 쌀겨의 수용성 무기염이 쌀알로 흡수되기 때문에 증가된다고 보고되었는데(Ocker et al., 1976; Deothale et al., 1979; Damir, 1985; Lee et al., 2010) 본 연구에서도 유사한 경향을 나타냈다.

Table 5. Comparison of hardness of raw and parboiled rice with various cultivars.

Cultivars	Raw rice[1)]	Parboiled rice
Boramchan	5.18±1.05	9.89±0.88
Deuraechan	10.39±1.27	11.18±0.84
Pyeongan	11.04±1.38	10.32±0.78
Shindongjin	5.87±1.30	13.26±0.98
Yangjobyeo	8.70±1.06	9.25±0.35
Seolgaeng	4.08±0.39	7.61±0.39

[1)]Raw rice: Milling rice
Data represents mean±S.D.

경도 및 색도

공시된 품종들의 백미와 파보일드미의 경도 측정 결과는 Table 5와 같다. 경도는 모든 품종에서 백미보다 파보일링 한 후 단단해졌으며 품종 중 신동진이 가장 높게 측정되었고 드래찬 > 평안 > 보람찬 > 양조 > 설갱벼 순으로 평가되었다. 파보일링 후 쌀알의 경화가 일어나는데 그 경도는 가공 열처리의 심도에 비례하고(Pillaiyar & Mohadoss, 1981), 곡립이 단단해지고 배유조직이 치밀해져 해충의 가해가 적어지며대기중의 수분흡수도 떨어지기 때문에 저장성이 향상된다고 하였다(Elaine, 2004).

품종들의 백미와 파보일드미의 색도 측정 결과는 Table 6과 같다. 색도 중 명도(L)는 일반백미의 경우 설갱이 90.88로 가장 높았으며 파보일링 후 모든 품종에서 일반백미보다 낮은 값을 나타냈고, 적색도(a)와 황색도(b)는 각각 증가되어 파보일링 후 어두워짐을 알 수 있었다. 파보일링 후의 도정미 변색은 침지와 열처리를 거치는 동안 겨층에 있는 지방질의 산화에 의하거나(Viraktamach & Desiiachar, 1971; Shaheen & Shirbeeny, 1975; Elbert et al., 2001), 마이얄 반응 등에 의해 배유까지 흡수・확산되기 때문에 일어나는데 이러한 변색은 약산성(pH 5.0)과 아황산수소염(bisulfite)을 첨가함으로써 억제될 수 있다고 하였다(Jayanarayanan, 1964).

Table 6. Comparison of Hunter color values of raw and parboiled rice with various cultivars.

Cultivars	Raw rice[1)]			Parboiled rice		
	L	a	b	L	a	b
Boramchan	89.88[b2)]±0.20	1.68[c]±0.08	7.23[b]±0.15	87.06[a]±0.17	3.33[c]±0.08	12.78[c]±0.15
Deuraechan	89.88[b]±0.22	1.74[c]±0.07	7.43[b]±0.13	85.68[b]±0.13	4.10[a]±0.10	15.46[a]±0.18
Pyeongan	89.37[c]±0.22	1.49[c]±0.08	7.52[b]±0.09	86.21[a]±0.10	3.37[c]±0.12	12.69[c]±0.12
Shindongjin	89.73[b]±0.17	1.44[b]±0.09	6.59[c]±0.03	85.21[c]±0.29	4.10[a]±0.09	15.27[a]±0.08
Yangjobyeo	88.48[d]±0.17	2.12[a]±0.10	8.29[a]±0.02	86.91[a]±0.17	3.25[c]±0.03	12.82[c]±0.31
Seolgaeng	90.88[a]±0.10	1.43[b]±0.10	5.73[d]±0.16	85.66[b]±0.30	3.59[b]±0.07	13.73[b]±0.21

Data represents mean±S.D.
[1)]Raw rice: Milling rice
[2)]Means within column with the different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

Table 7. Contents of reducing sugar and solid of raw and parboiled rice with various cultivars.

Unit : (%)

Cultivars	Raw rice[1)]		Parboiled rice	
	Reducing sugar	Solid content	Reducing sugar	Solid content
Boramchan	3.27[b2)]±0.12	10.30[b]±1.08	5.82[b]±0.04	5.11[a]±0.26
Deuraechan	2.25[c]±0.09	8.88[c]±0.80	6.21[b]±0.01	5.34[a]±0.21
Pyeongan	2.33[c]±0.01	8.72[c]±0.83	5.67[b]±0.05	5.27[a]±0.21
Shindongjin	2.24[c]±0.16	8.34[c]±0.25	5.06[c]±0.19	4.84[a]±0.38
Yangjobyeo	2.26[c]±0.19	10.46[b]±0.13	5.89[b]±0.01	5.18[a]±0.24
Seolgaeng	5.34[a]±0.36	11.80[a]±0.35	9.01[a]±0.01	5.47[a]±0.51

Data represents mean±S.D.
[1)]Raw rice: Milling rice
[2)]Means within column with the different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

환원당 및 고형분 함량

환원당은 식품제조 시 갈변의 중요한 원인이 되는 반면(Weenen, 1998) 메일라드 반응 시 생성되는 reductone과 최종 생성물인 melanoidin은 식품의 향미나 기능성을 향상시키고 항산화제로 작용된다(Kirigaya et al., 1968; Hofmann et al., 1999; Borrelli et al., 2003).

공시된 품종들의 일반백미와 파보일드미의 환원당 함량 분석결과는 Table 7과 같다. 일반백미의 경우 품종 중 설갱이 5.34%로 가장 높았고 보람찬이 3.27%로 높았으며 평안, 드래찬, 신동진과 양조벼는 2.24-2.33%로 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 파보일드미의 경우 설갱이 9.01%로 가장 높았고 나머지 품종들은 5.06-6.21% 범위로 품종간 유의적인 차이는 없었으며 파보일링 후 약 1.7-2.8 배 높아짐을 알 수 있었다.

벼를 물에 침지하면 서당의 효소적 전이로 인해 환원당 함량이 증가되고(Anthoni & Sinfaravadivel, 1980), 파보일링 후 환원당뿐만 아니라 비환원당 함량이 증가되며(Ail & Bhattacharya, 1980), 파보일링 시 침지조건(온도와 시간)과 가열시간에 따라 환원당 함량차이를 나타낸다고 보고하여(Yang & Cho, 1995) 본 연구의 결과와 유사하였다.

쌀 가공 제품은 제조 시 적당한 수침을 하게 되는데 시간이 경과됨에 따라 전분, 수용성 단백질 및 비타민 등이 용출되어 영양적 손실과 조직감 저하 등을 초래한다(Yu & Han, 2004).

품종 별 일반백미와 파보일드미의 조리 후의 취반수에 유출된 고형분 함량은 Table 7과 같다. 일반백미의 경우 8.34-11.8% 범위로 설갱벼가 가장 높았으며 파보일링 후 5.11-5.34% 범위로 약 1.6-2.2배 감소되었고 품종 간 유의적인 차이가 없었다. 파보일링 후 고형분의 손실은 일반백미보다 적어지는데 파보일링 중 호화과정을 거치면서 전분 입자와 단백체간의 응집력이 커져 조리수에 전분이 적게 용해되고 단백질이 적게 용출되기 때문이며, 열처리시간이 길어질수록 더 감소된다(Bhattacharya & Subba Rao, 1966; Raghavendra Rao & Juliano, 1970; Sowbhagya & Ali, 1991). 이상의 결과에서 파보일드미를 이용한 가공제품은 영양적 손실이 적고, 조직감 향상 등을 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

취반 후 물성

공시된 품종들의 일반백미와 파보일드미 취반 후의 경도, 탄성, 응집성 및 씹힘성에 대한 분석 결과는 Table 8 및 9와 같다. 단단함의 정도를 나타내는 경도는 일반백미의 경우 1414.7-2098.2 g 범위로 설갱벼가 가장 낮고 신동진이 가장

Table 8. Texture characteristics of cooked rice made from raw rice of various cultivars.

Properties / Cultivars	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
Boramchan	2085.5[a1)]	0.72[c]	0.28[a]	327.1[c]	276.9[bc]
Deuraechan	1490.7[c]	0.71[d]	0.21[d]	314.9[c]	281.4[b]
Pyeongan	2046.3[ab]	0.69[e]	0.22[c]	441.7[a]	332.4[a]
Shindongjin	2098.2[a]	0.69[e]	0.20[e]	412.4[b]	280.5[b]
Yangjobyeo	2069.1[a]	0.74[a]	0.20[e]	421.1[ab]	311.9[a]
Seolgaeng	1414.7[c]	0.73[b]	0.24[b]	319.3[c]	237.4[c]

Data represents mean.
[1)]Means within column with the different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

Table 9. Texture characteristics of cooked rice made from parboiled rice of various cultivars.

Properties / Cultivars	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Boramchan	2107.4[b1)]	0.76[b]	0.19[b]	431.6[a]
Deuraechan	2019.5[b]	0.76[b]	0.20[a]	242.4[c]
Pyeongan	2432.7[a]	0.74[c]	0.20[a]	326.5[b]
Shindongjin	2299.2[a]	0.77[a]	0.19[b]	365.5[b]
Yangjobyeo	2231.9[a]	0.77[a]	0.20[a]	327.6[b]
Seolgaeng	1690.1[c]	0.74[c]	0.19[b]	253.3[c]

Data represents mean.
[1)]Means within column with the different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

높게 측정되었으며, 파보일드미의 경우 1690.1-2432.7 g로 파보일드미가 일반백미보다 높았다. 쌀을 파보일링 함으로써 조리된 쌀의 조직은 덜 끈적이며 더 단단해지고(Gariboldi, 1974), 파보일드미 증자 시 전분입자와 단백체간에 응집력이 증가되어 단단해진다고 하였다(Raghavendra Rao & Juliano, 1970). 탄성은 일반백미의 경우 0.69-0.73 범위로 파보일드미의 0.74-0.77 범위 보다 낮아 파보일링 후 높아짐을 알 수 있었다(Sowbhagya & Ali, 1991; Park & CHo, 1995).

조직 내부의 수분결합력과 관계가 있는 응집성은 일반백미의 경우 보람찬이 0.28로 가장 높았고 나머지 품종들은 0.20-0.24 범위를 나타냈고 파보일링 후 0.19-0.20 범위로 감소되어 파보일링 후 조직의 촉촉함 정도가 낮아짐을 알 수 있었다. 씹힘성은 탄성과 검성의 값으로 평가되는데 경도가 높을수록 씹힘성도 높아 모든 품종이 일반백미보다 파보일드미에서 높게 측정되었다.

상기 결과로부터 파보일링 과정 중 열안정성이 높아지고 단단해진 파보일드미는 다양한 통조림 형태의 편이식품이나 냉동 및 팽화식품 제조에 이용가능성이 높다고 판단된다.

요 약

본 실험은 6 개 자포니카 품종의 벼를 이용하여 파보일드미 제조를 위한 침지조건 및 이화학적 특성을 조사하였다. 파보일드미 제조과정 중 정조의 전분이 완전하고 균일한 호화가 될 수 있도록 하기위한 최적 수분함량은 30%이며, 침지온도와 시간은 각각 65°C 및 4 시간 이었다. 파보일드미의 길이와 폭은 모든 품종에서 감소되었고, 완전미율은 증가되었으며, 쇄미와 균열미 발생은 낮았다. 파보일드미의 조단백질 함량은 모든 품종에서 낮고, 조지방과 조회분 함량은 높아졌다. 파보일드미의 쌀알의 경도는 일반백미보다 단단하고, 명도는 낮고 적색도와 황색도는 높아졌다. 환원당 함량은 일반백미 보다 파보일링 후 증가되었고 품종 중 설갱벼가 가장 높았으며, 드래찬, 보람찬, 양조 및 평안벼 등 4 품종은 유의한 차이는 없었으며 신동진이 가장 낮게 평가되었다. 조리 중 취반수에 유출된 고형분 함량은 파보일링 후 모든 품종에서 감소되었다. 파보일드미의 취반후의 경도는 원료미보다 단단하고 탄성은 높아졌으며, 응집성은 낮아졌다.

참고문헌

Ali SZ, Ojha TP. 1976. Rice postharvest. Technology. pp.163-204.
Ail SZ, Bhattacharya KR. 1980. Change in sugars and amino acids during parboiling of rice. J. Food Biochem. 29: 169-179.
Anthoni RS, Sinfaravadivel K. 1980. Influence of soaking and steaming on the loss of simpler constituents in paddy. J. Food Sci. Technol. 17: 141-145.
AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C.
Bhattacharya KR, Subba Rao PV. 1966. Effect of processing condition on quality of parboiled rice. J. Agric. Food Chem. 14: 476-481.
Bhattacharya KR. 1985. Rice chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. pp. 289-304.
Borrelli RC, Mennella C, Barba F, Russo GL, Krome KH, Erbersdobler F, Faist Q, Fogliano V. 2003. Characterization of coloured compounds obtained by enzymatic extraction of bakery products. Food Chem. Toxicol. 41: 1367-1374.
Damir AA. 1985. Comparative studies on the physicochemical properties and microstructure of raw and parboiled rice. Food Chem. 16: 163-204.
Deothale YG, Devara S, Rao SO, Balavady B. 1979. Effect of milling on mineral and trace elements composition of raw and parboiled rice. J. Sci. Food Agric. 30: 40-46.
Elbert G, Tolaba M, Suarez C. 2001. Effect of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. J. Food Eng. 47: 37-41.
Elaine T. 2004. Rice: Chemistry and technology. American Assoc. Cer. Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
Filho SS. 1986. Economic and social benefits of rice parboiling. Lavoura Arroz. 39: 19-26.
Gariboldi F. 1974. Rice parboiling. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
Hiromichi K, Takeo O, Takashi T, Yukio H. 1983. Effect of parboiling on texture and flavor components of cooked rice. J. Agric. Food Chem. 31: 818-823.
Hofmann T, Bors W, Stettmaier K. 1999. Studies on radical intermediates in the early stage of the non enzymatic browning reaction of carbohydrates and amino acids. J. Agric. Food Chem. 47: 379-390.
Jayanarayanan EK. 1964. Effect of opening conditions on the browning of parboiled rice. J. Agric. Food Chem. 8: 129-137.
Kaddus Miah MA. 2002. Parboiling of rice. J. Food Sci. and Technol. 37: 539-545.
Kar N, Jain RK, Srivastav PP. 1999. Parboiling of dehusked rice. J. Food Eng. 39: 17-22.
Kaur A, Sekhon KS, Nagi HPS. 1991. Parboiling of rice. J. Food Sci. Technol. 28: 384-395.
Kirigaya N, Kato H, Fugimaki M. 1968. Studies on antioxidant

activity of non-enzymatic browning reaction products, reaction of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. Agric. Biol. Chem. 32: 287-293.
Kurien PP, Radhakrishna MR, Desikachar HSR, Subrahmanyan V. 1964. Effect of parboiling on the swelling quality of rice. Cereal Chem. 41: 16-22.
Larsen HN. 2000. Glycemic index of parboiled rice depends on the severity of processing. European J. Clinical Nutr. 54: 380-385.
Lee HS, Kwon KH, Kim BS, Kim JH. 2009. Quality characteristics of instant nuroong-gi to which dioscorea japonica powder was added. Korean J. Food Preserv. 16: 680-685.
Lee MK, Park JS, Na HS. 2010. Physicochemical properties of parboiled rice. Korean J. Food Preserv. 17: 208-213.
Mahadevappa M, Desikachar HSR. 1968. Expansion and swelling of raw and parboiled rice during cooking. J. Food Sci. Technol. 5: 59-62.
Ocker HD, Bolling H, Elbaya AW. 1976. Effect of parboiling on some vitamins and minerals of rice: Thiamin, riboflavin, calcium, magnessium, manganese and phosphorus. Riso. 25: 79-82.
Park SH, Cho EJ. 1995. Physical and cooking characteristic properties of parboiled rice. Korean J. Soc. Food Sci. 11: 126-132.
Pillaiyar P, Mohandoss R. 1981. Hardness and colour in parboiled rices produced at low and high temperatures. J. Food Sci. Technol. 18: 7-9.
Pillaiyar P. 1990. Rice parboiling research in Indica. Cereal Foods World. p. 225-227.
Raghavendra Rao SN, Juliano BO. 1970. Effect of parboiling on some physicochemical properties of rice. J. Agric. Food Chem. 18: 289-294.
Screenivasan A. 1938. Investigation on rice. Curr. Sci. 6: 615-616.
Shaheen A, Shirbeeny EL. 1975. Effect of parboiling of rice on the rate of lipid hydrolysis and deterioration of rice bran. 52: 1-6.
Sowbhagya CM, Ali SZ. 1991. Effect of presoaking on cooking time and texture of raw and parboiled rice. J. Food Sci. Tecnol. 28: 76-80.
Viraktamach CS, Desiiachar HSR. 1971. Inactivation of lipase in rice bran in Indian rice mills. J. Food Sci. Technol. 8: 70-75.
Weenen H. 1998. Reactive intermediates and carbohydrate fragmentation in Maillard chemistry. Food Chem. 62: 393-401.
Yang MO, Cho EJ. 1995. The effect of milling the nutrients of raw and parboiled rices. Korean J. Soc. Food Sci. 11: 51-57.
Yu JH, Han GH. 2004. Quality characteristics of rice cake with different soaking and steaming time. Korean J. Soc. Food Sci. 20: 630-636.