

침지조건과 압력이 현미의 취반특성에 미치는 효과

박정우 · 채선희 · 윤 선*
연세대학교 식품영양학과

The Effects of Steeping and Cooking Pressure on Qualities of Cooked Brown Rice

Jeong-Woo Park, Seonhee Chae, Sun Yoon*

Department of Food and Nutrition, Brain Korea 21 Project, Yonsei University College of Human Ecology, Yonsei University

Abstract

This study was conducted to determine the optimal cooking conditions for brown rice using an electric pressure rice cooker. The effects of steeping conditions and cooking pressure on the hydration, gelatinization, texture and palatable properties of cooked brown rice were evaluated. Based on water uptake and DSC data, the optimal steeping time and temperature for brown rice were determined to be 25 minutes and $\sim 60^{\circ}\text{C}$, respectively. The cooking conditions for brown rice were then divided into the following 6 categories: steeping at 25°C for 25 minutes and cooking at an atmospheric pressure of 1.7 (25P) or 1.9 (25HP), steeping at 57°C for 25 minutes and cooking at an atmospheric pressure of 1.7 (57P) or 1.9 (57HP), steeping at 85°C for 15 minutes and cooking at an atmospheric pressure of 1.7 (85P) or 1.9 (85HP). The susceptibility of cooked brown rice starch to degradation into maltose by α -amylase, which is related to the degree of gelatinization and in vitro digestibility, were then determined. The amount of maltose produced by cooked brown rice samples was highest in the 57HP group, followed by the 57P and 85HP groups. Storing cooked brown rice at 73°C for 24 hours resulted in significantly higher amounts of starch being degraded into maltose in the 57P, 57HP and 85HP groups than in the other groups. Textural analysis demonstrated that the 57P, 57HP and 85HP groups had significantly lower gumminess and chewiness values when compared to the other groups, and that 57HP received had the lowest hardness of all treatments. These results were confirmed by the results of the sensory evaluations. Furthermore, the 57P and 57HP groups were found to have a higher glossiness, stickiness, aroma and taste score than the other groups. These findings were taken to indicate that steeping conditions and pressure exerted a positive synergistic effect on the cooking quality of brown rice. The texture analyzer also revealed that storing the cooked rice at 73°C for 24 hours only led to significantly lower scores in gumminess, hardness and chewiness in the 57P and 57HP groups, which indicates that these groups underwent a lesser degree of retrogradation than other groups. Taken together, the results of the present study demonstrate that steeping brown rice at 57°C for 25 minutes and a higher cooking pressure improved the palatability and in vitro digestibility of brown rice significantly.

Key Words: steeping, DSC (Differential scanning calorimetry), texture characteristics, sensory evaluation, digestibility

1. 서 론

쌀은 도정도가 높아짐에 따라 양적 감소뿐만 아니라 단백질, 지방질, 무기질, 비타민 및 섬유질 등 영양 성분도 감소한다. 그러나 현미는 백미로 도정하는 동안 제거되는 섬유소, 무기질, 비타민 특히 비타민 B1, 지방질 등이 종피에 많이 포함되어 있고 그 중 섬유소는 악성종양을 포함한 장관의 질환, 동맥경화증 및 비만증 같은 여러 가지 질병의 억제 효과 및 생리 활성 효과가 있다고 생각되어 현미에 대한 관심이 높아지고 있다(Choi 등 1986; Kim 등 1995). 현미의 영양적인 유용성이 알려지면서 현미밥에 대한 수요가 증

가하고 있으나, 현미는 벼에서 겉겨만 제거한 것이므로 치밀한 쌀겨 층으로 인하여 외피가 두껍고 질기며 수분의 침투가 어려워 수분 흡수율이 낮기 때문에 소화 제한성이 따른다(Song 등 1988). 현미 취반에 있어 백미에 비하여 소화도와 식감이 떨어지는 문제는 해결되어야 할 과제이다.

현미에 관한 연구로는 일반계 및 다수계 현미의 이화학적 특성, 현미와 백미의 무기질 함량, 현미내의 칼슘, 인, 철, 비타민 B1 및 B2의 분포, 식이섬유, 지방질 함량 및 조성 등이 연구되고 있을 뿐 현미밥의 식감과 소화도를 증진시킬 수 있는, 실용적인 취반조건 설정을 위한 연구는 아직 미미한 상태이다(Kim & Cheigh 1979; Song 1987; Lee 등

*Corresponding author: Sun Yoon, Department of food and nutrition, Yonsei University, 134 Shinchon-dong, Seodaemunku, Seoul, Korea
Tel: 82-2-2123-3119 Fax: 82-2-365-3118 E-mail: snkim@yonsei.ac.kr

1988a; Lee 등 1988b; Kim 등 1990). 멥쌀현미와 찹쌀 현미의 수분증가량은 25°C에서 침지시켰을 때 수침 6시간까지는 급격한 증가를 보였고 수침 9시간 이후에는 수분증가량이 적었으며 수분함량이 평형에 도달하는 시간은 18시간이었다(Kim 등 1995). 가수율이 증가함에 따라서 쌀밥의 경도(hardness)는 감소하는 반면 끈기(stickiness)는 증가한다고 하였고 전기솥으로 취반 시 취반 용량이 증가함에 따라서 최적 가수율은 감소된다고 하였다(Min 등 1992; Min 등 1994). 또한 침지 온도가 높아지거나 침지 시간이 길어짐에 따라서 경도는 감소되는 반면 끈기는 증가한다고 하였다(Kim 1992). 쌀알의 외부로부터 확산된 물은 전분을 호화하는데 사용되어지므로 가수량은 전분의 호화에 큰 영향을 미친다. Park & Woo(1991)는 쌀을 침지시켜 취반하게 되면 충분한 물의 흡수가 이루어져 취반기구가 달라도 호화가 알맞게 이루어지는데 현미는 도정이 안 된 외피의 구조적 특성 때문에 압력밥솥의 사용이 더 좋다고 하였고 침지 시간은 기계적 특성인 견고성에 가장 큰 영향을 미치는 요인이었다고 하였다. Kim & Kim(1986)은 가수량을 달리하여 전기솥과 압력솥으로 지은 밥으로 관능검사를 실시한 결과 압력솥으로 지은 밥의 호화도와 선호도의 높음을 보고하였으며 Chang & Whang(1988)은 취반기구를 달리하여 지은 밥의 외모나 텍스처 특성 차에서 유의적인 차이를 보였고 특히 견고성이 텍스처 특성 차와 관련성이 높았다고 하였다.

현미의 호화특성에 영향을 미치는 조건으로는 물의 양, 침지 온도 및 시간, 취반시의 온도 및 압력 등이므로 본 연구는 이러한 조건들을 통해 현미의 바람직한 취반조건을 탐색하기 위해서 현미의 수화양상, DSC를 이용한 호화패턴 측정을 통하여 바람직한 침지조건을 설정하고 상온 침지 후 취반된 현미밥과 시판되고 있는 전기밥솥의 현미밥 기능으로 취반된 현미밥과의 차이를 α -amylase에 의한 가수분해정도 측정, 기계적 텍스처 측정, 관능검사를 통해서 비교하여 알아보았다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 및 전기밥솥의 준비

실험에 사용된 현미와 백미는 전라북도 남원에서 2004년에 수확한 무농약 오리벼(추청벼)를 구입하여 사용했다. 본 연구에 사용한 밥솥은 압력은 1.7기압과 1.9기압 두 종류이고, 침지 온도, 침지 시간, 최고 온도를 조절할 수 있도록 설계된 전기 압력 밥솥과 기존 시판되고 있는 전기 압력 밥솥이었다.

2. 현미 전분의 호화 패턴

현미가루 20 mg을 stainless pan 시료 용기에 취하고 시료의 2.0배량의 증류수를 가하고 실온에서 50분간 방치한

다음 DSC(Perkin-Elmer, DSC-4, USA)를 이용하여 40°C로부터 130°C까지 분당 10°C로 가열하였다. 흡열 peak로부터 호화 개시 온도(T_0), 호화 정점 온도(T_p), 호화 종료 온도(T_c) 구하였다. 실험은 5회 반복했다.

3. 현미의 수화에 따른 함수량 측정

비커에 현미 1 g에 물 100 mL를 넣고, 30, 40, 50, 60°C로 각각 조정된 incubater에서 침지시키면서, 일정시간 간격으로 현미를 꺼내어 여과지 위에서 표면수를 제거하고 중량을 측정하였다. 무게 증가량으로부터 현미 1 g당 함수량을 계산하였다. 실험은 3회 반복하여 평균값을 취하였다.

4. 취반조건 및 방법

예비 연구를 통하여 가수량을 1.58배로 설정 하였다. 현미 멥쌀 468 g(4인분)을 5회 수세한 후, 가수량을 1.58 배로 하여 취반 한다. 취반 기구로는 현미취반 모드가 설정된 기존 전기 압력 밥솥과 압력, 온도, 시간을 조절할 수 있도록 설계된 전기 압력 밥솥을 사용하였고, 실험 목적에 따라 밥솥의 침지 조건 및 취반 시 압력 조건을 조정 하였다. 본 실험에서는 기존의 취반 방법과의 비교를 위하여 3가지의 침지 조건과 2가지의 압력 조건을 조합 하여 설정 하였다. 침지 조건은 일반 백미 취반 시 불림 조건인 25°C(상온), 25분, 기존 전기 압력 밥솥의 현미 취반 시 침지 조건인 85°C, 15분, 그리고 본 연구를 위해 설계한 침지 조건인 57°C, 25분이며 기압조건은 1.7기압, 1.9기압이다. 위 3가지의 침지 조건과 2가지의 압력 조건을 조합한 총 6가지의 취반 조건을 다음과 같이 설정하였다.

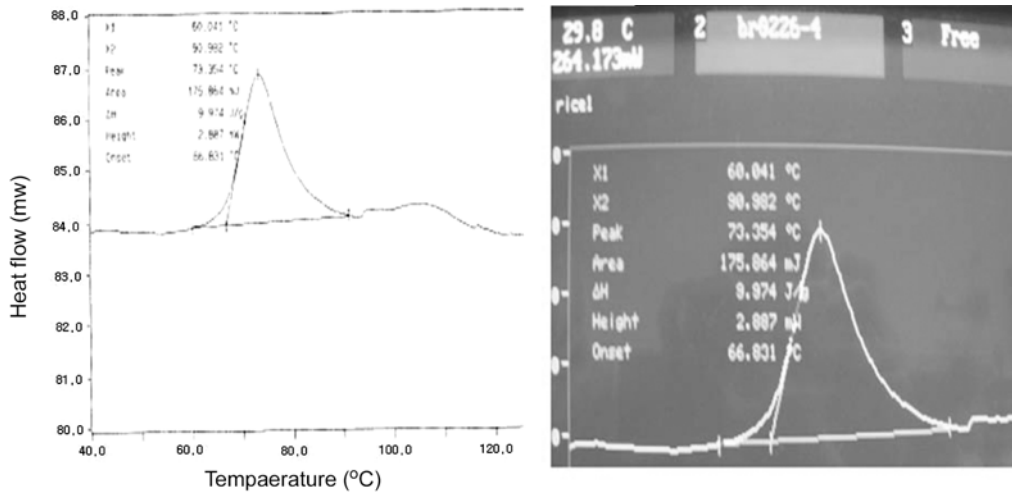
25P(25°C, 25분 상온 침지, 1.7기압), 57P(57°C, 25분 침지, 1.7기압), 85P(85°C, 15분 침지, 1.7기압)과 25HP(25°C, 25분 상온 침지, 1.9기압), 57HP(57°C, 25분 침지, 1.9기압), 85HP(85°C, 15분 침지, 1.9기압)로 나누어 실험 하였다.

5. α -amylase에 의한 가수분해정도 측정

취반 된 현미밥의 호화도는 α -amylase에 의해 유리 되어 나온 말토스 함량을 DNS법을 사용하여 측정하였다.

6. 텍스처 특성 측정

현미밥의 텍스처 특성은 Texture Analyzer(Model TA-XT2, Stable Micro System, Haslemere, UK)를 사용하였고, 조건을 달리하여 취반된 현미밥을 직경 4 cm, 높이 1 cm로 제작된 용기에 담아서 plate 중앙에 높이가 평행이 되도록 놓고 시료를 두 번 압착하였을 때 얻어진 곡선으로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹히는 성질(chewiness)을 측정하였다.



<Figure 1> Differential scanning calorimeter curve of brown rice

7. 관능검사

연세대학교 식품영양학과 대학원생 및 한국식품연구원에 있는 12명의 훈련된 panel을 대상으로, 현미밥의 관능 평가를 위해 7점 척도를 이용하여 풍미, 맛, 질감, 외관에 관하여 평가하였다. 6개의 시료는 취반이 끝난 후 고르게 섞어 난수표를 이용한 3자리수로 표기한 용기에 담아 향온기에 옮긴 후 평가 전 한꺼번에 제공하였으며, 평가는 온도와 습도가 조절된 관능 실험실에서 실시하였고 하나의 평가지에 한 시료에 관하여 평가하도록 하였으며 3회 반복 실험하였다.

8. 자료 분석 방법

자료의 통계분석은 SPSS 통계분석프로그램(SPSS for Windows, version 11.0)을 이용하였다. 측정된 결과는 분산 분석을 통해서 분석하고, 평균값들에 대해 Duncan의 다중비교를 실시하였다. 기계적으로 측정된 텍스처 특성과 관능검사를 통해 얻은 질감 특성간의 결과에 대해 Pearson's 상관 계수(r)를 계산하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

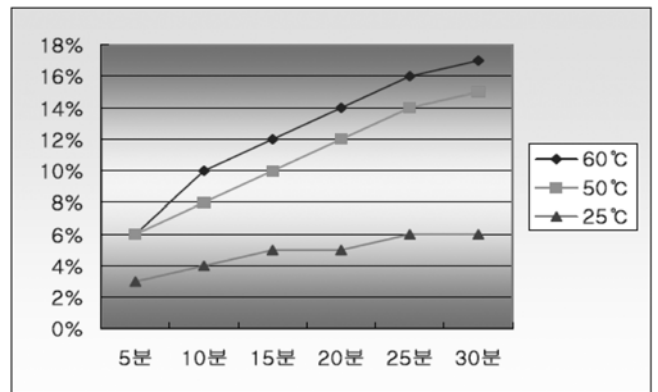
1. 현미밥의 최적 취반조건 분석

1) DSC를 이용한 현미 전분의 호화 pattern

DSC 측정 결과 얻어진 시료 현미의 호화 양상을 <Figure 1>에 나타내었다. 호화 개시 온도는 약 60.5°C로 나타났으며 현미 grain의 경우 외층으로 쌓여 있어서 이 온도 보다 낮은 경우에는 호화가 일어나지 않는 것으로 판단되었다. 호화 종료 온도는 90.7°C로 나타났고, 흡열이 최대에 이르는 온도는 74°C로 나타났다.

2) 침지 온도에 따른 현미의 함수량

상온(25°C)과 30°C에서 10°C 간격으로 60°C까지 침지 온도를 높이면서, 현미의 함수량을 측정한 결과 온도가 높아



<Figure 2> Water uptake of brown rice during soaking at various temperatures and time

짐에 따라, 현미의 함수율이 증가하였다. 60°C를 넘는 경우는 호화가 일어날 수 있는 온도이므로 침지조건으로는 부적당하다고 생각되어 배제하였다. 현미의 최적 침지 온도로 추정되는 60°C에서 최대 25분간 침지시키면서, 5분 간격으로 함수량 증가 비율을 측정하였다. 현미를 각각 25, 50, 60°C에서 25분간 침지시키면서 5분 간격으로 수분 증가율을 측정한 결과는 <Figure 2>에 나타난 바와 같다. 침지 온도가 높을수록 침지 시간에 따른 현미의 함수량이 더 많이 증가하였으나, 25분 이후에는 함수율의 증가폭이 완만해지는 경향을 보였다. Park(1991)에 의하면 일정 수분 함량에 도달하여 평형상태가 되었을 때의 수분 함유율은 원료 쌀의 무게의 1.2~1.27배라 하였다. 본 연구 결과 60°C에서 25분 동안 침지 시켰을 때의 수분 함유율이 원료 쌀 무게의 약 1.16배에 달하였다. 이 정도의 함수량은 압력 밥솥임을 고려할 때 적당한 수분 증가 비율로 판단된다.

3) 현미 취반 조건을 적용한 밥솥의 침지조건

현미의 DSC 결과와 침지 온도에 따른 함수량, 전기밥솥

<Table 1> Temperature of bottom sensor and water in electric rice cooker

Time (sec)	Temperature (°C)	
	Water in electric cooker	Bottom sensor of electric cooker
0	12.0	85
180	19.4	65
300	31.4	65
400	46.6	65
500	45.9	65
600	51.8	65
700	54.0	65
800	55.0	65
900	56.0	65
990	57.0	65
1500	57-58	60

의 특성상 정확한 온도 제어가 어려운 점등을 고려하여, 침지 온도를 호화 개시 온도인 60°C 보다는 낮은 57°C 부근으로 유지시키는 것으로 결정하였다. 처음 bottom sensor를 85°C 보다 높게 올릴 경우 열판의 잔열에 의해 온도가 너무 높게 올라가게 되어, 초기 180초 동안에는 bottom sensor를 85°C로 설정했고 일정시간 bottom sensor의 유지 온도를 65°C로 한 다음 물의 온도가 57°C가 되었을 때 bottom sensor의 온도를 60°C로 유지 시켜, 밥솥안의 물의 온도를 57°C로 유지시키는 알고리즘을 설정하였다. 실험에 사용한 전기 압력 밥솥 bottom sensor와 물의 온도 변화를 <Table 1>에 나타내었다. 전기 압력 밥솥의 침지 시간을 25분으로 setting 하였을 때, 밥솥 안의 물의 온도는 처음 8분 20초 동안 적정 침지 온도에 미달하였으나, 16분 30초 이후에 57°C에 도달하는 것으로 나타났다. 적정 침지 온도에 빨리 도달하여, 유지 시간을 증가시킨다면, 현미의 수화가 더 효율적으로 이루어 질 것으로 추정된다.

4) 취반조건에 따른 현미밥의 특성 측정

(1) 취반 조건이 현미밥의 *in vitro* digestibility에 미치는 영향

침지 조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 *in vitro* digestibility를 α -amylase에 의한 가수분해 정도로 측정하여 table 2에 나타냈다. 취반 직후현미밥의 α -amylase에 의한 maltose 생성량은 57HP가 유의적으로 가장 높게 나타났고 그 다음이 85HP, 57P순이었다. 보온 24시간 후의 maltose 생성량은 57HP가 유의적으로 가장 높게 나타났다. 1.7기압에서 취반 하였을 때 취반 직후나 보온 24시간 후에도 57°C 침지 조건이 다른 침지 조건에 비해 유의적으로 높은 *in vitro* digestibility를 나타냈다. 1.9기압에서 취반 하였을 때도 취반 직후나 보온 24시간 후 모두 57°C 침지 조건이 다른 침지 조건에 비해 유의적으로 높은 *in vitro* digestibility를 나타냈다. 동일한 57°C 침지 조건에

<Table 2> Maltose contents of cooked brown rice after α -amylase treatment Steeping and pressure¹⁾

Steeping and pressure ¹⁾	Maltose content (mg/mL) ²⁾	
	After cooking	After hot-holding for 24 hrs at 73°C
25P	0.42 ^a	0.35 ^a
57P	0.47 ^b	0.41 ^{ab}
85P	0.44 ^a	0.38 ^a
25HP	0.42 ^a	0.36 ^a
57HP	0.57 ^c	0.46 ^b
85HP	0.48 ^b	0.41 ^{ab}

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

서는 1.9기압의 취반 조건이 1.7 기압보다 높은 *in vitro* digestibility를 보였다. 이 결과는 57°C 침지 조건과 높은 압력 조건이 현미밥의 소화율을 향상 시키는데 기여하는 중요한 취반 조건임을 입증하였다.

(2) Texture Analyzer를 이용한 현미밥의 질감 특성 측정

Park & Woo(1991)는 현미는 외피의 구조적 특성 때문에 압력밥솥의 사용이 더 좋다고 하였고 침지시간은 기계적 특성인 견고성에 가장 큰 영향을 미친다고 하였다. 취반 조건에 따른 텍스처 측정치는 <Table 3>과 같다. 탄성(Springness), 응집성(cohesiveness)과 부착성(adhesiveness)의 경우에는 침지 조건이나 압력 차이에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 경도(hardness)는 침지 조건에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 57°C, 25분 침지의 경우 가장 좋은 것으로 나타났다. 검성은 상온 침지의 경우 가장 높게 나타났고, 높은 압력 조건에서 감소하였다. 씹힘성의 경우 1.7기압에서는 57°C침지 조건에서 가장 유의적으로 낮은 값을 보였으며, 1.9기압에서는 85°C의 침지 조건이 가장 낮은 값을 가졌으나 57°C침지 조건과 유의적인 차이는 없었다. 압력에 따른 씹힘성의 차이는 없었으나 85°C의 침지 조건에서는 높은 기압에서 유의적으로 낮은 씹힘성을 가졌다. 경도의 경우 기압 조건에 관계없이 57°C침지 조건에서 가장 낮게 나타났고, 상온의 침지 조건에서 가장 높았다. 경도는 1.7 압력보다 1.9 압력에서 유의적으로 낮아졌다. 따라서 침지 조건과 압력 조건이 모두 경도에 영향을 주었으며, 25°C, 25분 침지, 1.7압력 조건에서 가장 낮은 경도를 가진 현미밥을 취반하였다.

(3) 취반 조건이 현미밥의 관능에 미치는 영향

① 외관에 미치는 영향

침지조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 외관 차이는

<Table 3> Texture of cooked brown rice determined by a Texture Analyzer

Steeping and pressure ¹⁾	Attributes ²⁾					
	SP	GU	CO	AD(g)	HD(g)	CW
25P	0.98 ^a	410.15 ^c	0.21 ^a	-37.51 ^{ab}	1447.45 ^d	495.51 ^c
57P	0.90 ^a	319.44 ^a	0.23 ^a	-44.83 ^a	1224.37 ^b	296.16 ^a
85P	0.99 ^a	371.29 ^b	0.27 ^a	-34.54 ^{ab}	1362.75 ^c	429.41 ^b
25HP	0.97 ^a	375.36 ^b	0.22 ^a	-44.63 ^a	1387.94 ^c	478.18 ^{bc}
57HP	0.89 ^a	309.46 ^a	0.24 ^a	-50.62 ^a	1177.93 ^a	329.67 ^a
85HP	0.93 ^a	347.49 ^{ab}	0.27 ^a	-51.99 ^a	1271.22 ^b	305.72 ^a

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

SP: springiness, GU: gumminess, CO: cohesiveness, AD: adhesiveness, HD: hardness, CW: chewiness

<Table 4> Appearance of cooked brown rice determined by sensory evaluation

Steeping and pressure ¹⁾	Appearance ²⁾	
	Glossiness	Stickiness
25P	2.41 ^a	2.51 ^a
57P	4.99 ^c	4.72 ^c
85P	3.33 ^b	2.89 ^{ab}
25HP	3.26 ^b	3.17 ^b
57HP	5.85 ^d	5.63 ^d
85HP	4.44 ^c	4.44 ^c

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

Table 4와 같다. 윤택(glossiness)과 차질음(stickiness)의 경우 1.7기압에서는 57P가, 1.9기압에서는 57HP가 유의적으로 높은 값을 받았다. 동일한 압력 하에서는 57°C침지 조건을 적용한 것이 가장 좋았으며, 동일한 침지 조건에서는 압력이 높은 것이 유의적으로 더 좋게 나타났다. 57HP가 57P와 85HP보다 유의적으로 좋게 나타난 것으로 보아, 57°C 침지와 높은 압력 조건의 조합이 현미밥의 외관에 좋은 결과를 준 것으로 풀이된다.

② 냄새에 미치는 영향

침지 조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 풍미(aroma)의 차이는 Table 5와 같다. 구수한 냄새(savoriness)의 경우 1.7기압에서는 57P가 가장 좋았으며, 1.9기압에서는 57HP와 85HP가 25HP에 비해 유의적으로 좋은 구수한 냄새를 나타냈다. 또한 침지 조건에 관계없이 높은 압력 조건에서 취반한 현미밥이 더 높은 구수한 냄새를 나타냈다. 느끼한 냄새(greasy flavor)의 경우 57°C의 침지 조건과 높은 압력의 취반 조건이 느끼한 냄새를 감소 시켜 풍미 향상에 기여한 것으로 나타났다. 상온 침지 조건은 압력에 관계

<Table 5> Aroma of cooked brown rice determined by sensory evaluation

Steeping and pressure ¹⁾	Aroma ²⁾	
	Savoriness	Greasy flavor
25P	2.42 ^a	6.00 ^c
57P	4.70 ^c	3.00 ^a
85P	2.44 ^a	4.56 ^b
25HP	3.18 ^{bc}	4.86 ^b
57HP	5.67 ^d	2.70 ^a
85HP	5.22 ^d	2.56 ^a

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

없이 다른 처리 군에 비해 유의적으로 구수한 냄새는 낮았고, 느끼한 냄새는 높게 평가되어, 상대적으로 풍미가 떨어진 결과를 보였다.

③ 맛에 미치는 영향

Kim & Kim(1986)은 관능적으로 압력솥으로 지은 밥이 일반솥으로 지은 밥 보다 선호도가 높다고 하였다. 침지 조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 맛의 차이는 table 6과 같다. 구수한 맛(savory taste)과 느끼한 맛(greasiness)의 경우 57P와 57HP 그리고 85HP가 유의적으로 좋게 나타났다. 57P의 값이 57HP, 85HP와 동일하게 나타났는데 이러한 점에서 57°C 침지의 영향이 크고 압력에 따른 영향은 적은 것으로 보인다. 단맛(sweetness)의 경우에는 1.7기압에서는 57P가, 1.9기압에서는 57HP가 유의적으로 가장 좋은 점수를 받았다. 동일한 압력하에서는 57°C 침지 조건을 적용한 것이 가장 좋은 것으로 나타났고, 동일한 침지 조건에서는 압력이 높은 것이 유의적으로 더 좋게 나타났다. 57HP가 57P나 85HP보다 유의적으로 좋게 나타난 것으로 보아 57°C침지와 높은 압력의 취반 조건이 단맛을 증가 시킨 결

<Table 6> Taste of cooked brown rice determined by sensory evaluation

Steeping and pressure ¹⁾	Taste		
	Savory taste	Sweetness	Greasiness
25P	2.87 ^a	2.48 ^a	5.84 ^c
57P	4.42 ^b	3.91 ^{bc}	2.75 ^a
85P	3.33 ^a	2.22 ^a	4.11 ^b
25HP	3.12 ^a	3.42 ^b	4.44 ^b
57HP	5.33 ^b	5.22 ^d	2.11 ^a
85HP	4.56 ^b	4.56 ^c	2.67 ^a

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

과를 나타냈다. 이 결과는 <Table 2>에서 나타난 maltose 함량의 증가와 일치하는 것으로, 57°C에서 침지하고 1.9기 압으로 취반하였을 경우 단맛이 높게 평가 된 것은 증가된 maltose 함량에 기인 된 결과로 풀이된다.

④ 질감에 미치는 영향

침지조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 질감 차이는 <Table 7>과 같다. 질음(wateriness)의 경우에는 57P와 57HP 그리고 85HP가 유의적으로 좋았다. 57P의 값이 57HP, 85HP와 동일하게 나타났는데 이러한 점에서 57°C 침지의 영향이 크고, 압력에 따른 영향은 작게 나타난 것으로 보인다. 부드러움(softness), 딱딱함(hardness)의 경우에는 1.7기압에서는 57P가, 1.9기압에서는 57HP가 유의적으로 가장 좋은 것으로 나타났다. 동일한 압력 하에서는 57°C 침지조건을 적용한 것이 가장 좋은 것으로 나타났고, 동일한 침지 조건에서는 압력이 높은 것이 유의적으로 더 좋았다. 57HP가 57P와 85HP보다 유의적으로 좋게 나타난 것으로 보아 57°C 침지 조건과 압력에 따른 시너지 효과가 있는 것으로 나타났다. 쫄득함(cohesiveness)의 경우에는 1.7기압에서는 57P가 가장 좋은 것으로 나타났고 1.9기압에서는 57HP와 85HP가 유의적으로 가장 좋게 나타났다.

<Table 7> Texture of cooked brown rice determined by sensory evaluation

Steeping and pressure ¹⁾	Texture			
	Wateriness	Softness	Cohesiveness	Hardness
25P	2.21 ^a	2.45 ^a	2.88 ^a	5.88 ^d
57p	4.64 ^c	4.89 ^{bc}	4.86 ^c	3.11 ^{ab}
85p	3.84 ^b	3.44 ^{ab}	3.78 ^b	5.22 ^c
25hp	2.62 ^a	2.89 ^a	3.21 ^{ab}	5.68 ^{cd}
57hp	4.89 ^c	5.11 ^c	5.21 ^c	2.67 ^a
85hp	4.42 ^c	4.11 ^b	4.89 ^c	3.44 ^b

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

(4) 기계적 검사와 관능검사의 상관관계

침지 조건과 압력 조건을 달리한 현미밥의 질감을 기계적 방법으로 측정된 값과 관능검사를 통해 평가한 값 사이의 상관관계를 분석한 결과는 <Table 8>과 같다. 질음(wateriness)의 경우 gumminess, chewiness와 부의 상관관계가 유의적으로 나타났고, 차질음(stickiness), 부드러움(softness)의 경우 gumminess, hardness, chewiness와 부의 상관관계가 유의적으로 나타났다. 관능적으로 평가한 딱딱함(hardness)의 값은 기계적으로 측정된 gumminess, hardness와 정의 상관관계를 나타냈다.

(5) 보온 24시간 후 침지조건 차이에 따른 텍스처 특성

보온 24시간 후 침지조건 차이에 따른 텍스처의 기계적 측정치는 <Table 9>와 같다. 취반 후 측정된 텍스처 <Table 3>와 비교할 때 gumminess, adhesiveness, hardness, chewiness의 경우 낮은 값을 나타냈다. 보온 24시간 후 침지조건 차이에 따른 텍스처는 Springness, cohesiveness, adhesiveness의 경우에는 시로 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 57P와 57HP의 경우 gumminess, hardness, chewiness에서 다른 조건에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. 보온 24시간 후에는 압력 차이에 따른 현미밥의 차

<Table 8> Pearson correlation coefficients (r) between the texture of cooked brown rice determined by sensory evaluation and texture analyzer

Sensory Evaluation	Texture Analyzer ^{1,2)}					
	SP	GU	CO	AD(g)	HD(g)	CW
Stickiness	-0.322	-0.622**	-0.053	-0.380	-0.612**	-0.546**
Wateriness	-0.384	-0.519**	-0.294	-0.028	-0.338	-0.529**
Softness	-0.256	-0.684**	-0.350	-0.196	-0.523**	-0.438*
Cohesiveness	-0.014	-0.285	-0.072	0.143	-0.264	-0.084
Hardness	0.060	0.693**	0.184	0.327	0.621**	0.323

¹⁾SP: springiness, GU: gumminess, CO: cohesiveness, AD: adhesiveness, HD: hardness, CW: chewiness.

²⁾*: significant at p<0.05, **: significant at p<0.01.

<Table 9> Texture of stored brown rice for 24 hours after cooking determined by texture analyzer

Steeping and pressure ¹⁾	Attributes ²⁾					
	SP	GU	CO	AD(g)	HD(g)	CW
25P	0.97 ^a	1306.39 ^c	0.24 ^a	-221.51 ^{ab}	5339.63 ^c	1269.07 ^c
57P	0.96 ^a	964.43 ^a	0.23 ^a	-248.05 ^a	4128.68 ^a	940.54 ^a
85P	1.00 ^a	1104.95 ^b	0.25 ^a	-281.73 ^a	4486.90 ^b	1101.55 ^b
25HP	0.97 ^a	1227.41 ^{bc}	0.23 ^a	-216.30 ^{ab}	5301.69 ^c	1169.75 ^b
57HP	0.98 ^a	919.19 ^a	0.24 ^a	-283.24 ^a	4144.99 ^a	950.52 ^a
85HP	0.99 ^a	1063.59 ^b	0.24 ^a	-276.04 ^a	4462.76 ^b	960.49 ^a

¹⁾25P: steeping at 25°C, 25 min and 1.7atm, 57P: steeping at 57°C, 25 min and 1.7atm, 85P: steeping at 85°C, 15 min and 1.7atm, 25HP: steeping at 25°C, 25 min and 1.9atm, 57HP: steeping at 57°C, 25 min and 1.9atm, 85HP: steeping at 85°C, 15 min and 1.9atm.

²⁾Mean of six measurements. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan’s multiple range test, p<0.05).

SP: springiness, GU: gumminess, CO: cohesiveness, AD: adhesiveness, HD: hardness, CW: chewiness.

이는 거의 나타나지 않았으며, 침지 조건에 따른 효과가 남아 있는 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 57°C 침지 조건이 보온 후에도 현미밥의 질감에 좋은 결과를 미친 것으로 풀이된다.

IV. 요약 및 결론

현미 전분의 호화 개시 온도는 약 60.5°C이었으며, 압력 밥솥을 이용한 취반시 적절한 함수량은 60°C에서 25분간 침지했을 때로 쌀 무게의 약 1.16배에 해당하였다. 따라서 전기 압력 밥솥의 알고리즘을 조정하여 침지 온도와 시간을 적정 조건(57°C, 25분)으로 조절하여, 기존 전기 압력 밥솥의 침지 조건(85°C, 15분)과 백미 침지 조건(25°C, 25분)에서 취반한 현미밥의 품질과 비교 연구하였다. 취반 시 압력은 1.7과 1.9기압을 적용하였다. 침지 조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 호화도를 α-amylase에 의한 가수분해 정도로 측정된 결과 압력에 관계없이 취반 직후나 보온 24시간 후에도 57°C 침지 조건이 다른 침지 조건에 비해 유의적으로 높은 *in vitro* digestibility를 나타냈다. 동일한 57°C 침지 조건에서는 1.9기압의 취반 조건이 1.7 기압보다 높은 *in vitro* digestibility를 보여, 57°C 침지 조건과 높은 압력 조건이 현미밥의 소화율을 향상 시키는데 기여하는 중요한 취반 조건이라고 판단되었다. 질감 측정 결과 Springness와 cohesiveness, adhesiveness의 경우에는 취반 조건에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 gumminess, hardness, chewiness에서 유의적인 차이를 나타냈다. 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 경도(hardness)는 57°C, 25분 침지의 경우 가장 좋은 것으로 나타났으며, 압력이 높을 때 낮은 측정치를 나타냈다.

취반 조건에 따른 현미밥의 품질을 관능 검사법으로 평가한 결과 윤택(glossiness)과 차질음(stickiness)의 경우 동일한 압력 하에서는 57°C 침지 조건을 적용한 것이 가장 좋았으며, 동일한 침지 조건에서는 압력이 높은 것이 유의적으로 더 좋게 나타났으며, 결과적으로 57°C 침지와 높은 압

력 조건의 조합이 현미밥의 외관에 좋은 영향을 주었다. 침지 조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 풍미는 구수한 냄새와 느끼한 냄새 모두 57°C의 침지 조건과 높은 압력의 취반 조건에서 유의적으로 좋다고 평가되었다. 침지 조건과 압력이 현미밥의 맛에 미치는 영향을 관능 검사법으로 평가한 결과 구수한 맛과 느끼한 맛의 경우 압력에 관계없이 57°C 침지 조건이 유의적으로 좋은 결과를 나타냈다. 그러나 단맛(sweetness)의 경우에는 57°C 침지와 높은 압력의 취반 조건이 높게 평가되었는데, 이와 같은 결과는 취반 조건에 따른 maltose 생성량과 밀접한 관계가 있는 것으로 풀이된다. 침지조건과 압력의 차이에 따른 현미밥의 질감 차이는 질음의 경우는 57°C 침지의 영향이 크고, 압력에 따른 영향은 작게 나타났다. 부드러움, 딱딱함, 쫄득함 모두 동일한 압력에서는 57°C 침지조건이, 동일한 침지 조건에서는 압력이 높은 것이 유의적으로 더 좋았다. 침지 조건과 압력 조건을 달리한 현미밥의 질감을 기계적 방법으로 측정된 값과 관능 검사를 통해 평가한 값 사이의 상관관계를 분석한 결과, 질음은 기계적 측정치인 gumminess, chewiness와 유의적인 부의 상관관계를 나타냈고, 차질음과 부드러운 관능적 특성은 gumminess, hardness, chewiness와 부의 상관 관계가 있었다. 관능적으로 평가된 딱딱함은 기계적으로 측정된 gumminess, hardness와 정의 상관 관계를 나타냈다. 보온 24시간 후에 기계적으로 현미밥의 질감을 측정된 결과, 57°C 침지 조건이 보온 후에도 현미밥의 질감에 좋은 영향을 미친 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 전기 압력 밥솥을 이용하여 현미를 취반하기 위해서는 이에 적합한 침지 조건 설정이 현미밥의 소화율과 품질 향상에 중요한 요인이 될 수 있음이 입증되었다.

감사의 글

본 연구는 Brain Korea 21 Project, 식품영양유전체사업과 (주)웅진쿠첸 연구비 지원으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

■ 참고문헌

- Choi JH, Rhim CH, Kim JY, Yang JS, Choi JS. 1986. Basic studies on the development of diet for the treatment of obesity. Bull. Korean Fish. Soc. 19(4):303-311
- Chang IY, Hwang IK. 1988. A study of physico-chemical analysis and sensory evaluation for cooked rices made by several cooking methods (II). Korean J. Soc. Food Sci. 4(2):51-56
- Kim SK, Cheigh HS. 1979. Radial distribution of calcium, phosphorus, iron, thiamine and riboflavin in the degermed brown rice kernel. Korean J. Food Sci. Technol. 11(2):122-125
- Kim HY, Kim KO. 1986. Sensory characteristics of rice cooked with pressure cookers and electric cookers. Korean J. Food Sci. Technol. 18(4):319-324
- Kim SK, Han YI, Kim ES. 1990. Mineral contents of japonica and j/ indica brown and milled rices. J. Korean Soc. Food Nutr. 19(4):285-290
- Kim MH. 1992. Effect of soaking conditions on texture of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 24(5):511-514
- Kim KA, Jung LH, Jeon ER. 1995. Effect of cooking condition on the eating quality of cooked brown rice. Korean J. Soc. Food Sci. 11(5):527-535
- Lee HJ, Byun SM, Kim HS. 1998a. Studies on the dietary fiber of brown rice and milled rice. Korean J. Food SCI. Technol. 20(4):576-584
- Lee HJ, Lee HJ, Byun SM, Kim HS. 1998b. Studies on the lipid content and neutral lipid composition of brown rice and milled rice. Korean J. Food SCI. Technol. 20(4):585-593
- Min BK, Hong SH, Shin MG. 1992. Optimum ratios of added water for rice cooking at different amount of rice contents. Korean J. Food SCI. Technol. 24(6):623-624
- Min BK, Hong SH, Shin MG., Jung J. 1994. Study on the determination of the amount of added water for rice cooking by extrusion test of cooked rice. Korean J. Food SCI. Technol. 26(1):98-101
- Park HW, Woo KJ. 1991. The hydration properties and the cooking qualities of various brown rices. Korean J. Soc. Food Sci. 7(2):25-40
- Song BH. 1987. Physico-chemical properties of japonica and j/indica brown rice. J. Korean Agricultural Chemical Society. 30(2):141-146
- Song BH, Kim DY, Kim SK. 1988. Comparison of hydration and cooking rates of brown and milled rices. J. Korean Agric. Soc. 31(2):211-216

(2008년 12월 29일 신규논문접수, 2009년 1월 9일 수정논문접수, 1월 12일 채택)