

Microwave Oven을 이용한 취반에 관한 연구(II) - 압력솥 및 전기밥솥 취반미와의 취반특성 비교 -

김 영 아

인하대학교 식품영양학과

Microwave Cooking of Rice (II) - The comparison with pressure and electric cooker -

Young-A Kim

Department of Food and Nutrition, Inha University

Abstract

The Properties of cooked rice prepared by microwave oven was compared with those by pressure cooker. There was no significant difference in sensory evaluation between microwave-cooked and pressure-cooked rices, however, the rice cooked by electric cooker was less preferred to others. The hardness of pressure-cooked rice was greater than others. As the storage time for cooked rice increased, the extent of gelatinization decreased, however, there were no significant differences among three samples.

Key words: Microwave cooking, Rice, Texture, Sensory evaluation

I. 서 론

Microwave oven은 electromagnetic wave(Microwave)를 이용하여 식품을 유전가열방식으로 가열하는 조리기구이다. Microwave oven의 magnetron 장치가 low frequencies(60 Hz)의 electric energy를 고주파인 electromagnetic wave로 전환시키며 에너지 효율은 약 52~58%이다. Electromagnetic wave는 +, - charge가 빠르게 반전된다. 전자렌지 발진 주파수는 2450 MHz로 1초 동안에 24억 5천만번이나 전계방향을 바꾸어 준다. 이 주파수가 물분자에 대한 가열 공진 주파수 즉, 물분자를 발열시킬 수 있는 최적조건의 주파수이므로 특별히 조리기구에 이용되도록 국제규약으로 인가되어 있다. 이것을 식품에 가하면 dipole인 물분자는 전기적 인력과 반발력에 의해 electromagnetic wave 전계에 따라 재정렬하는 과정에서 진동과 회전을 일으키므로 물분자들 사이의 수소결합이 파괴되고 분자간의 마찰에 의한 열이 발생하게 된다. 이 원리를 이용한 것이 유전가열방식이다. 이외에, 발생된 열이 식품전체에 전도, 대류 되는 과정도 일부 이루어진다.

본 연구는 대우전자주식회사와의 산학협동 연구의 결과물로서 연구 내용의 일부는 특히 출원된 것임을 밝힙니다.

단백질이나 탄수화물, 유지 등과 같은 큰 분자들은 분자전체의 회전운동이 일어나기 어렵고 작은 분자들만이 진동, 회전하여 전파energy를 흡수한다. 식품 속에 용해되어 있는 salt의 + - ion 들도 electromagnetic wave와 상호작용 하여 열을 발생케 한다. 발열정도는 frequency, 온도, density, 비율, 유전손실등에 따라 달라지는데, 전기를 끌어 열에너지로 변환시킬 수 있는 힘으로 표시되는 유전손실이 큰 물질은 쉽게 발열되나 침투깊이가 짧다. Microwave cooking이 조리시간을 단축시키고 경제적이며 간편하다는 장점을 살려 음식을 조리하는 기구로서 폭넓게 이용될 수 있도록 하기 위해서는 microwave와 식품성분과의 상호작용 특성을 파악하는 기초적인 연구와 아울러 조리조건의 최적화에 관한 연구가 수행되어야 하겠다.

본 연구에서는 전보¹⁾의 연구결과에서 최적조건으로 설정된 전자렌지 취반조건으로 취반한 밥의 특성이 기존의 조리기구를 사용하여 취반한 것과 차이가 있는지를 비교, 평가하기 위하여 전자렌지, 압력솥, 전기밥솥으로 취반한 밥의 관능적 특성, 기계적 texture 특성, 호화도를 측정하였고, microwave cooking이 물분자의 진동과 마찰방식에 의한 발열과정으로 인해 수분증발이 잘 일어나는 점을 고려하여 전자렌지 취반

미의 노화진행이 빨리 일어나는지의 여부를 조사하기 위하여 저장중의 취반미의 특성을 함께 측정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료와 기구

실험에 사용한 쌀은 시중에서 일반미를 구입하여 사용하였다. 전자렌지는 동질성 실험을 시행한 결과 전자렌지에 따른 차이가 나타나지 않음을 확인한 대우 전자렌지 (KOR-9000K, shower형) 5대를 사용하였고, 각 단계별 평균 출력은 Table 1과 같았다. 취반용기는 원통형의 Pyrex 그릇(Simax)을 사용하였고, 그릇의 크기는 직경 171 mm, 깊이 41 mm, 부피 975 ml이었다.

2. 실험내용 및 방법

(1) 취반 방법

전자렌지 취반은 전보¹⁾의 결과에서 설정된 다음과 같은 대표적인 취반조건으로 수행하였다.

<대표적인 취반조건>

- 1) 출력⑦ 5:00분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00 - 출력② 6:00 - 출력⑦ 4:00
- 2) 출력⑧ 4:25분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00 - 출력② 5:00 - 출력⑥ 4:00
- 3) 출력⑨ 3:40분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00 - 출력③ 6:00 - 출력⑦ 2:00

압력솥(풍년압력솥)취반은 쌀 500 g을 깨끗이 씻어 마른 쌀 분량의 1.4배의 물을 넣고 1시간 동안 침지시킨 후, 가스레인지에서 센 불로 가열하여 압력추가 돌기 시작하면 2분 동안 더 끓인 후 불을 끄고 15분 동안 그대로 두어 뜰을 들였다²⁾.

전기밥솥(삼성전기밥솥, EC-1050, 1.0 l) 취반은 쌀 500 g을 깨끗이 씻어 마른 쌀 분량의 1.45배의 물을 넣고 1시간 동안 침지시킨 후 취반하였다. 전기밥솥의 자동소화버튼이 올라가면 전기코드를 빼지 않은 채로 20분간 두어 뜰을 들었다.

(2) 관능 검사

관능검사는 인하대학교 식품영양학과 4학년생 7명을 Panel로 선정하여 취반미의 전체적인 선호도에 관하여 순위법을 실시하였다. 시료는 취반 직후 뚜껑이

있는 샤아레에 담아 무작위로 제공하였고, 시료의 번호는 난수표를 이용해 3자리 숫자로 표시하였다. 관능검사는 4일 동안 2회씩, 8회 반복 실시하였고, 그 중 7회분의 data를 통계 처리하였다.

(3) Texture 측정

취반기구 및 저장에 따른 취반미의 기계적인 Texture 특성을 Rheometer(FUDOFR-801, Japan)로 측정하였다. 취반직후의 시료와 취반미를 샤아레에 2/3 정도 담아 뚜껑을 덮어 실온에서 4시간 방치한 것과 4°C의 냉장고에서 1, 2, 3일 저장한 것을 시료로 사용하였고, 냉장고에 저장한 시료들은 측정하기 1시간 전에 꺼내 실온이 되도록 한 후 측정하였다.

측정 방법은 밥알의 크기가 중간이고 모양이 온전한 것을 2알 핀셋으로 조심스럽게 시험대 위에 놓고 two bite compression test를 실시하였다. 측정은 매회 5회씩 측정하였고, 이를 2회 반복하였다. Rheometer 측정조건은 Force range: 2000 g full scale, Sweep speed: 1000 mm/min, Test speed: 50 mm/min, Adaptor diameter: 30.0 mm, Clearance: 0.8 mm이었다. 측정한 parameter들은 Hardness, Chewiness, Elasticity, Adhesiveness이었다.

(4) 호화도

1) 효소용액

실험에 사용한 효소용액은 다음과 같았다.

° β-amylase: 東京化成工業株式會社製, Japan, from soybean, 3.0552 IU/mg

° Pullulanase(PROMOZIME, 600 I): Novo Nordisk A/S, Denmark, 0.9134 IU/mg

° β-amylase-pullulanase 용액: β-amylase 26.18 mg과 pullulanase 1758 mg을 0.8 M acetate buffer solution (pH 6.0)에 용해시킨 후 100 ml까지 정용 하였다. 이 용액 1 ml 중에는 β-amylase 0.8 IU와 pullulanase 3.4 IU가 포함되어 있다.

2) 효소의 활성도 측정

β-amylase는 2% soluble starch(pH 6.0, 0.8 M acetate buffer) 용액에, pullulanase는 2% pullulan(pH 6.0 acetate buffer) 용액에 각 효소를 가하여 40°C water bath 위에서 30분간 반응시킨 후 환원당을 Somogyi-Nelson^{3,4)}법으로 측정하였다. 효소의 활성도는 1분 동안 1 μmol의 glucose에 대응하는 환원당을 생성하는 enzyme의 양을 1 IU라 정하였다.

3) 취반미의 호화도

취반미의 호화도는 β-amylase-pullulanase(BAP)법^{5,6)}을 수정하여 측정하였다. 취반미 6입자를 취하고 완충용액 10 ml를 가하여 glass homogenizer로 분산시킨

Table 1. 전자렌지의 단계별 출력

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9
출력 (W)	108.6	178.6	251.0	318.2	394.4	463.4	540.6	611.4	698.2

후, 2 ml씩 25 ml 눈금이 있는 공전시험관 2개에 각각 넣었다. 그 중 1개는 혼탁시료(dispersed sample)로써 0.8 M acetate buffer solution으로 25 ml 눈금까지 회석 하였고, 다른 한 개는 alkali 호화시료로써 10 N NaOH 0.2 ml를 넣어 50°C에서 10분간 반응시켜 완전호화시킨 후, 2 N acetic acid 1.07 ml(예비실험을 통해 pH 6.0으로 조정하는데 요구되는 양)를 넣어 pH 6.0으로 조절하였다. 그런 다음, 0.8 M acetate buffer를 사용하여 25ml까지 정용하였다. 각 용액을 4 ml씩 시험관에 취하여 효소액 1 ml를 가하고 40°C water bath에서 30분간 반응시켰다. 공시료는 4 ml의 기질(혼탁시료)과 끓는 물에서 10분간 끓여 불활성화시킨 효소를 1 ml 넣어 만들었다. 반응종결 후, 각각 1 ml씩을 공전시험관에 취하여 5분간 boiling water bath 안에서 효소를 불활성화시키고, 중류수 4 ml를 넣어 5배로 회석하였다. 이 중 1 ml를 취해 Somogyi-Nelson 법으로 환원당을 측정하였다. 즉 blank, dispersed sample, alkaline gelatinized sample을 각각 1 ml씩 공전시험관에 취하고, Somogyi reagent를 1 ml 넣어 잘 혼합시킨 후 boiling water에서 10분간 반응시킨 다음 5분간 흐르는 물에서 냉각하였다. 이 용액에 Nelson reagent 1 ml를 첨가하여 발색시키고 중류수 4 ml로 회석한 후 Spectrophotometer(Spectronic 20, BAUSH & LOMB)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 읽었다. 환원당 함량은 maltose 용액을 사용한 표준곡선을 이용하여 구하였다. Somogyi reagent는 anhydrous disodium phosphate 28 g 와 Rhochelle salt(K · Na · C₄H₉O₆ · 2H₂O) 40 g을 700 ml의 중류수로 녹이고, 100 ml의 1 N NaOH를 넣었다. 이 용액에 10% Copper sulfate solution 180 g을 넣어 완전히 용해시킨 후 중류수로 1 l까지 정용하였다. 이 용액을 1~2일 방치한 후 사용하였으며, 갈색 병에 넣어 15°C 이상의 암소에서 보관하면서 사용하였다. Nelson reagent는 Ammonium molybdate[(NH₄)₂MoO₄ · 4H₂O] 25 g을 중류수 450 ml에 녹이고 친한황산 21 ml를 첨가시킨 용액과, Na₂AsO₄ · 7H₂O 3 g을 중류수 25 ml에 녹인 용액을 잘 혼합하여 37°C에서 24~48시간 방치시킨 후 갈색 병에 담아 실온, 암소에 보관하면서 사용하였다.

4) 호화도 계산

$$\text{호화도 (\%)} = \frac{\text{dispersed sample} - \text{blank}}{\text{alkali sample} - \text{blank}} \times 100$$

3. 통계처리

실험결과 data 분석은 통계처리용 SPSS-X를 이용하여 분산분석과 Duncan의 다중법위검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 관능검사 결과

전자렌지 취반미와 기존의 취반기구인 압력솥 및 전기밥솥 취반미의 선호도를 순위법으로 측정한 결과는 Table 2와 같았다. 전자렌지 취반미들은 압력솥 취반미에 비해 약간 낮은 선호도를 나타냈으나 유의적인 차이는 없었고, 전기밥솥 취반미 보다는 우수한 선호도를 나타냈다. 따라서 본 연구의 취반조건으로 취반한 전자렌지 취반미의 선호도가 기존의 취반기구인 압력솥과 전기밥솥으로 취반한 밥과 비교해 보았을 때 선호도가 낮지 않음을 알 수 있었다.

2. Texture 특성

취반기구와 저장에 따른 취반미의 기계적인 texture를 Rheometer로 측정한 결과는 Fig. 1 및 Table 3와 같았다. Hardness는 취반 직후의 시료에서 압력솥 > 전기밥솥 > 전자렌지 순이었으나, 4시간 저장 후에는 시료간에 차이가 없다가 1일 저장 이후부터 급격히 증가하였는데 그 중 압력솥 취반미가 다른 시료에 비해 현저히 커졌으며, 전기밥솥 취반미와 전자렌지 취반미는 유의적인 차이가 없었다. Chewiness는 압력솥 취반미가 전자렌지나 전기밥솥 취반미에 비해 큰 값을 지녔으며 이러한 양상은 저장기간이 경과될수록 두드러졌다. Elasticity는 취반 직후의 시료들에서 유의적인 차이가 보이지 않았고 저장에 의한 영향도 보이지 않았으나, 전반적으로 압력솥이 큰 값을 보였다. Adhesiveness는 거의 시료간에 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 4시간 저장하였을 때 최고치를 나타내다가 그 이후에는 급격히 감소하는 경향을 나타냈다.

전체적으로 볼 때 전자렌지 취반미의 기계적 텍스쳐가 취반 직후에는 압력솥이나 전기밥솥 취반미의

Table 2. 취반기구에 따른 취반미의 관능검사 결과

Samples	Mean
Microwave oven 1)	2.58 ^a
Microwave oven 2)	2.94 ^a
Microwave oven 3)	3.13 ^a
Pressure cooker	2.56 ^a
Electric cooker	3.79 ^b

Microwave oven 1) 출력⑦ 5:00분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00
- 출력② 6:00 - 출력⑦ 4:00
Microwave oven 2) 출력⑧ 4:25분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00
- 출력② 5:00 - 출력⑥ 4:00
Microwave oven 3) 출력⑨ 3:40분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00
- 출력③ 6:00 - 출력⑦ 2:00
Means with the same letter are not significantly different ($\alpha=0.05$).

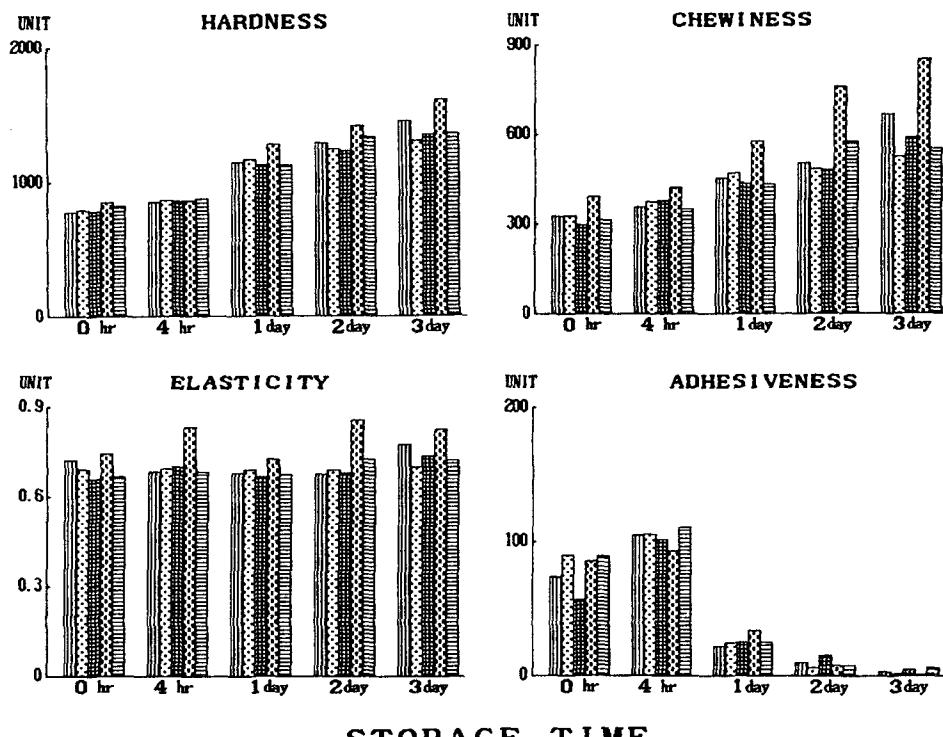


Fig. 1. 취반기구와 저장에 따른 취반미의 기계적 텍스처 특성 (▨; Microwave 1), □; Microwave 2), ■; Microwave 3), ▨; Pressure cooker, ▁; Electric cooker).

Table 3. 취반기구에 따른 취반미의 텍스처 특성치에 대한 Duncan의 다중범위검정결과

Storage time	Hardness	Chewiness	Elasticity	Adhesiveness
0 hr	① ③ ②	③ ① ②	NS	NS
4 hr	NS	③ ① ②	③ ① ②	NS
1 day	③ ① ②	③ ① ②	③ ① ②	① ③ ②
2 day	① ③ ②	① ③ ②	① ③ ②	NS
3 day	③ ① ②	③ ① ②	③ ① ②	NS

①: Microwave oven, ②: Pressure cooker, ③: Electric cooker.
Levels with the same line are not significantly different ($\alpha=0.05$).

경우와 다르게 나타나지 않았고, 저장한 시료에서는 압력솥 보다는 전기밥솥 취반미의 텍스처와 유사한 경향을 보였다. 압력솥 취반미가 다른 취반미보다 저장 중에 더 단단해지는 것으로 보아 노화속도가 빠른 것으로 생각된다. 따라서 전자렌지 취반미를 냉장보관시 밀폐만 시켜준다면 쉽게 노화되는 현상을 막을 수 있을 것이라 사료된다.

3. 호화도

취반기구 및 저장에 따른 취반미의 호소법에 의한

Table 4. 취반기구에 따른 취반미의 호화도(%)

Sample	Storage time (day)		
	취반 직후	1일	2일
Microwave oven 1)	AB93.1 ^c	^67.7 ^b	^53.7 ^a
Microwave oven 2)	AB95.5 ^c	^67.4 ^b	^60.2 ^{ab}
Microwave oven 3)	A91.7 ^c	^65.7 ^b	^58.2 ^b
Pressure cooker	B98.1 ^c	^65.1 ^b	^51.6 ^a
Electric cooker	AB97.0 ^c	^66.9 ^b	^56.8 ^{ab}

Microwave oven 1) 출력⑦ 5:00분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00
- 출력② 6:00 - 출력⑦ 4:00

Microwave oven 2) 출력⑧ 4:25분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00
- 출력② 5:00 - 출력⑥ 4:00

Microwave oven 3) 출력⑨ 3:40분 - 출력① 5:00 - 출력② 5:00
- 출력③ 6:00 - 출력⑦ 2:00

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha=0.05$).

a, b, c: 각 시료별 저장기간에 따른 차이검정 결과(in row).

A, B: 각 저장기간별 시료들간의 차이검정 결과(in column).

호화도의 측정결과는 Table 4와 같았다. 취반기구에 따른 취반미의 호화도는 시료간에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 전자렌지로 취반한 밥의 호화도가 전기밥솥이나 압력솥으로 취반한 밥에 비해 다소 낮은 경향을 띠었다. 저장에 따른 호화도는 저장기간이 경과함에 따라 모든 시료의 호화도가 유의적으로 감소

하였으며, 감소양상도 모두 비슷하여 저장기간 1일 경과 시에는 취반 직후에 비해 매우 급격한 감소를 나타내다가 그 이후에는 완만한 감소속도를 보였다.

IV. 요 약

전자렌지를 사용하여 취반한 밥과 기존의 취반기구인 압력솥과 전기밥솥으로 취반한 밥의 관능적 특성, 기계적인 텍스처, 호화도를 조사하였고, 저장중의 변화도 함께 측정하였다. 관능검사결과, 전자렌지와 압력솥 취반미는 유의적인 차이가 없었고, 전기밥솥 취반미가 다른 취반기구에 비해 유의적으로 낮은 선호도를 나타냈다. 기계적인 텍스처 특성은 취반 직후에는 시료간에 유의적인 차이가 없었으나 저장한 시료에서는 압력솥 취반미의 hardness가 다른 취반미에 비해 큰 것으로 나타났다. 즉, 전자렌지 취반미가 다른 취반기구의 취반미에 비해 노화가 빨리 일어나지는 않았다. 효소법에 의한 호화도를 측정한 결과, 저장기간이 경과됨에 따라 모든 취반미 시료의 호화도가 감소되었으

나, 취반기구에 따른 차이는 유의적이지 않았다.

참고문헌

1. 김영아, 김현숙: Microwave Oven을 이용한 취반에 관한 연구 - 출력 및 가열시간의 최적화-, 한국조리과학회지, **14**(1): 44-49 (1998).
2. 김혜영, 김광옥: 압력솥 및 전기솥 취반미의 관능적 특성. 한국식품과학회지, **18**(4), 319 (1986).
3. Somogyi, M.: A New Reagent for the Determination of Sugars. *J. Biol. Chem.*, **160**: 61-68 (1945).
4. Nelson, N.: A Photometric Adaptation of the Somogyi Method for the Determination of Glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**: 375-380 (1944).
5. 貝沼圭二, 松永暁子, 板川正秀, 小林昭一: -アミラ-セ-フルラナ-セ(BAP)系を用いた澱粉の糊化度,老化度の新測定法. 澱粉科學, **28**(4): 235-240 (1981).
6. 松永暁子, 貝沼圭二: 澱粉質食品の老化に関する研究(第1報)米飯の老化について, 家政學雑誌, **32**(9): 653-659 (1981).

(1998년 9월 25일 접수)