

마이크로웨이브 해동 조건에 따른 냉동밥의 이화학적 특성 변화

장민영¹ · 민상기¹ · 조은경² · 이미연^{2*}

¹건국대학교 바이오산업공학과, ²(주)다손 생명공학설연구소

Effects of Microwave Thawing Conditions on the Physicochemical Characteristics of Frozen Rice

Min-Young Jang¹, Sang-Gi Min¹, Eun-Kyung Cho², and Mi-Yeon Lee^{2*}

¹Department of Bioindustrial Technologies, Konkuk University

²Dason Biotechnology Research Institute

Abstract

The effects of freezing and thawing rates on the physicochemical properties of rice were investigated to improve the quality of frozen rice as a home meal replacement product. Cooked rice was frozen by an individual quick-freezing (IQF) system at -45°C or by a conventional freezing (CF) system at -24°C. The frozen rice was then thawed using a microwave oven with multiple output powers of 200, 600 and 1000 W. The quality of rice was evaluated by the water content, color and the textural properties of hardness and adhesiveness. In addition, the internal microstructure of the rice grain was observed by scanning electron microscope. Results showed that rice thawed by 600 W of microwaves contained lower water content and had harder textures than those treated with 200 or 1000 W. Lightness and redness of rice was increased by the freezing-thawing process, whereas yellowness decreased. The total color difference of individual quick-frozen rice was lower than conventional frozen rice. Microstructure imaging showed the thawed rice contained a crack in the core of the grain. Moreover, the large pore may occur with the 1000 W microwave. High freezing and thawing rates seemed to improve the quality of frozen rice. However, using more than 600 W of microwaves leads to the hardening of texture or porous structures in the rice.

Key words: Home meal replacement, Rice, Individual quick freezing, Microwave

서 론

현대 사회는 수입의 증가, 여성의 사회진출, 싱글족의 증가, 편리함을 추구하는 생활방식의 변화로 인해 음식의 소비형태도 급속도로 변해가고 있다. 소비자들이 외식을 하는 비율이 증가하고 있으며, 가정에서도 완전 조리식품 또는 반조리 식품을 구입하거나, 주문하여 식사를 하는 비율이 증가하고 있다(Kim et al., 2005). 이러한 완전조리 또는 반조리 식품을 ‘가정식사대체(Home Meal Replacement, 이하 HMR)’라고 하며 이는 완전하게 조리가 끝난 식품 또는 가열이 필요한 식품으로서 끼니를 완료할 수 있는 식사, 또는 가정에서 직접 조리를 하지 않고도 가정에서 직접 조리한 것과 같은 맛과 품질을 제공하는 식품이라 정의

되고 있다(Kim and Park, 2004). 그러나 국내의 HMR은 가정에서의 식사를 대신한다는 개념보다는 외식의 즐거움을 대신한다는 성격이 강하며, 주로 시판되고 있는 제품은 서양식이고, 조리과정이 복잡한 한국 전통 음식은 완제품의 상품을 이용하거나 외식을 통해 맛을 보는 것으로 나타났다(Lim et al., 1990). 그러나 한식은 생명유지를 위한 개념이 아닌 건강식으로 인식되어져 왔고, 최근에는 국가의 문화로써 무형적 자산으로 가치가 있다는 관점에서 한식 세계화를 위해 노력하고 있다(Choi et al., 2012). 특히 쌀은 전세계 인구의 2/3가 주식으로 하고 있으며(Cha et al., 2012), 따라서 편의성을 갖춘 HMR 형태의 한식 별미밥을 개발한다면 건강지향적인 HMR 제품 시장의 발전에 기여할 수 있다.

바쁜 생활을 하는 현대인들에게 취반은 번거로운 과정이며, 취반미는 냉장상태에서 쉽게 노화되거나 변질되어 유통기한이 짧아서(Yu et al., 2010) 간편편의식으로서 개발되는데 많은 제약이 따른다. 냉동기술은 편의식 산업에서 품질보존의 유지와 유통기한을 연장하기 위해 주로 사용되는 기술이며(Kock et al., 1995; Reid, 1998; Yu et al.,

*Corresponding author: Mi-Yeon Lee, Dason Co., Ltd., 303-601 Bucheon Technopark, Bucheon-si, Gyeonggi-do, 421-741, Korea
Tel: +82-32-329-4040; Fax: +82-32-321-9025
E-mail: myli00@hotmail.com
Received June 23, 2014; revised October 2, 2014; accepted October 6, 2014

2010), 전분이나 전분을 많이 함유한 식품을 급속냉동하면 구조의 변화와 전분의 노화를 줄일 수 있다고 보고되고 있다(Ferrero and Zaritzky, 2000; Kock et al., 1995; Muadklay and Charoenrein, 2008; Navarro et al., 1995; Olivera and Salvadori, 2009; Varavinit et al., 2002). 따라서 취반미에 냉동 기술을 적용한다면 전분의 노화가 지연되고, 장기간 유통이 가능한 다양한 형태의 가정간편편의식의 개발이 가능하다.

냉동식품은 얼음과 물의 열전도도와 열확산도의 차이에 의해 해동이 냉동에 비하여 느리게 이루어진다. 따라서 냉동식품의 품질 변화는 해동 공정에서 더 큰 영향을 받는다(Hong et al., 2007; Zhu et al., 2004). 식품의 해동에는 공기, 액체, 스팀 등을 이용하여 식품 표면으로부터 식품의 중심부까지 열전도에 의해 해동하는 방법과 초고압(Lebail et al., 2002; Shim et al., 2009), 전자파(Taher and Farid, 2001; Lee and Park, 1999), 오믹(Icier et al., 2010; Yun et al., 1998)등을 이용하여 저온에서도 빠르게 해동할 수 있는 방법이 이용되고 있다(Kim et al., 2006). 전도에 의한 해동은 열에 표면이 노출되면서 표면의 온도가 올라가 미생물학적인 문제가 발생하고 제품의 품질을 상당히 떨어뜨리는 단점을 가지고 있다(Kum et al., 1998). 따라서 단시간에 식품의 내부까지 에너지를 전달하여 균일하게 가열할 수 있는 마이크로파 해동(Ku, 2009; Cho and Park, 2009)은 냉동식품 해동에 주로 이용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 냉동식품 형태의 별미밥 HMR 개발을 위한 기초 데이터를 확립하고자 냉동 및 해동 속도에 따른 취반미의 물리화학적 특성의 변화를 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 쌀은 2013년에 수확한 호품미를 김포농협 미곡종합처리장에서 벼 상태로 구입한 후 12분 도미로 도정한 후 1kg 단위로 진공포장하고 냉장보관(4°C)하면서 시료로 사용하였다.

취반과정

취반 전 쌀은 30분간 물에 침지하였다가 물기를 제거한 후, 취반미의 120%(w/v)의 물을 첨가한 후, 전기 압력 밥솥(WHA-VF1070S, Cuchen., Ltd., Seoul, Korea)에서 취반하였다. 취반은 가열부터 뜸들이기까지 약 25분간 진행되었으며, 취반 후 상온에서 방랭한 시료가 대조구로 사용되었으며, 처리구는 방랭 후 용기에 소분(210g)하고 냉동하였다.

시료 정형

취반미는 210g씩 PP 용기(T-16, poly propylene, Moden

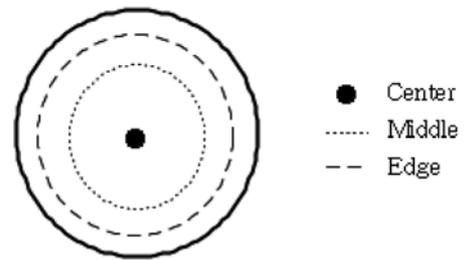


Fig. 1. Measurement position for texture of rice block.

package Co. Ltd, Seoul, Korea)에 담아 정형하였으며 해동시 온도 측정용 광센서가 통과할 수 있도록 측면에 3개의 구멍($\phi=2\text{ mm}$)을 뚫어주었다(Fig. 1). 실험에 사용된 T-16 용기의 크기는 하단 $\phi=90\text{ mm}$, 상단 120 mm , 높이 60 mm 이었으며, T-16 용기에서 1차 냉동한 취반미는 다른 PP 용기(T-250, poly propylene, bottom(ϕ)= 100 mm , top(ϕ)= 120 mm , H= 40 mm , Moden package Co. Ltd, Seoul, Korea)에 옮겨 담은 후 일반 냉동고(CF)에서 하루 정도 보관하였다.

시료의 냉동

취반미는 급속강제송풍식 냉동고(Individual Quick Freezer-IQF), Seojin, Gyeonggi, Korea)를 이용한 강제송풍냉동기법이나 일반 냉동고(Conventional Freezer-CF), CRFD-0621, Samsung, Seoul, Korea)를 이용한 일반 냉동법으로 동결하였다. 시료의 동결속도는 실온에서 시료의 중심부 온도가 25°C에 도달한 시점부터 냉동을 시작하여 온도가 -18°C에 도달할 때까지 측정하였다.

냉동 시료의 해동

냉동 취반미의 해동은 전자레인지(KR-S340TC, Daewoo, Seoul, Korea)를 사용하여 해동하였으며, 전자레인지의 출력 강도를 200, 600 또는 1000 W로 조절하여 중심 온도가 100°C에 도달할 때까지 가열하였다. 해동시 온도변화는 다중채널 온도 기록계(Temperature Multichannel Instrument8, FISO Technologies Ins., Quebec, QC, Canada)에 광센서(Fiber Optic Temperature Sensor, FISO Technologies Inc., Quebec, QC, Canada)를 연결하여 측정하였다.

수분함량 측정

해동한 취반미의 수분함량은 A.O.A.C법(1990)에 준하여 상압건조법으로 분석하였다. 냉해동한 취반미 3g을 채취하여, 105°C에서 24시간이상 항량될 때까지 건조하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

색도 측정

냉해동 공정에 따른 취반미의 색도는 Color reader(CR-10, Korea Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여

백색도(lightness, CIE L^*), 적색도(redness, CIE a^*) 그리고 황색도(yellowness, CIE b^*)로 분석하였다. 이때 표준관의 색도는 백색도 77.8, 적색도 +14.4, 황색도 -1.0이었고, 냉해동 공정에 따른 취반미의 색도변화는 냉동 전 대조구 시료로부터의 색차로 비교하였다. 냉해동 후의 샘플의 색도차를 다음과 같은 공식에 대입하여 값을 산출하였다(eq. 1). L_1^* , a_1^* 그리고 b_1^* 은 냉동 전 취반미의 색도를 나타내며, L_2^* , a_2^* 그리고 b_2^* 는 해동 후 취반미의 색도를 나타낸다.

$$\text{Total color differences}(\Delta E) = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (\text{eq. 1})$$

물성 측정

냉해동 취반미의 물리적 특성은 Texture analyzer (CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석은 해동후 상온에서 방랭하여 시료의 중심부 온도가 약 25°C에 도달하였을 때 진행하였으며 시료의 중심부(PC), 중간 부분(PM), 가장자리(PE)으로 나누어 분석하였다(Fig. 1). 취반미의 물성 측정 조건은(Table 1)과 같다.

미세구조 관찰

취반미의 미세조직은 IQF에서 냉동한 후 해동 시 전자레인지의 출력조건에 따라 관찰하였다. 취반미는 해동 후 바로 동결건조하고, 종단으로 자른 후 Ion sputter(E-1010, Hitachi, Tokyo, Japan)로 금 코팅을 하여, 시차 주사 전자현미경(Scanning electron microscope, SEM, S-3000N, Hitachi, Tokyo, Japan)으로 내부 구조를 관찰하였다. 관찰하는 동안 전자현미경은 진공상태로 유지되었으며, 시료는 5 kV 전압에서 관찰하였다.

통계처리

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA (Analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

Table 1. Measurement conditions for texture of rice.

Parameter	Value
Text type	Compression
Text Target	Deformation 50%
Trigger Load	5 g
Test speed	1 mm/sec
Return speed	1 mm/sec
Probe	25.4 mm

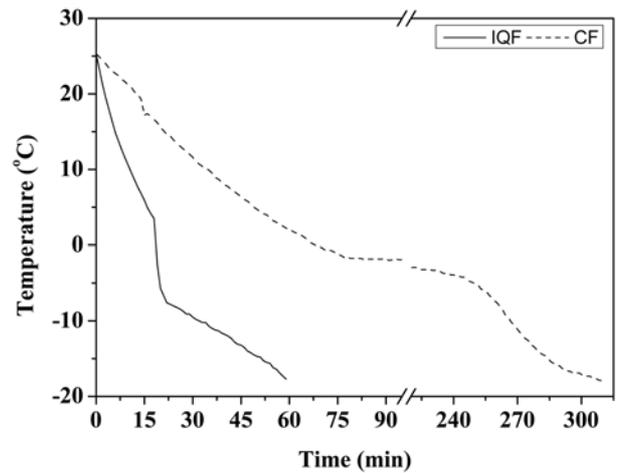


Fig. 2. Freezing curve of cooked rice according to freezing system; IQF: Individual quick freezing, CF: Conventional freezing.

결과 및 고찰

냉동속도

취반미의 동결 속도는 냉동 시스템에 따라 다르게 측정되었으며, 강제송풍냉동 시료는 0.73°C/min, 일반 냉동 시료는 0.14°C/min의 속도로 냉각되어 총 냉동 시간은 IQF에서 약 1시간, CF에서 약 5시간 정도 소요되었다(Fig. 2). 또한 식품의 수분 중 80%가 빙결정어로 변하는 최대빙결정 생성대(0~5°C)를 지나는 시간은 IQF에서 약 30초 정도 걸렸으며 CF에서는 약 181분 정도로 소요되어, IQF에서 냉동하는 것이 CF에서 냉동하는 것보다 약 300배 이상 빠른 것으로 관찰되었다. 최 등(1995)은 동결속도에 따른 쌀의 노화도 분석에서 최대 빙결정 형성 시간에 따라 취반된 쌀의 노화도가 크게 영향을 받는다고 보고하였다.

해동속도

취반미의 해동은 전자레인지기를 사용하여 진행되었으며, 전자레인지 출력 강도에 따른 해동속도는 Table 2와 같다. 200 W에서 해동한 경우 IQF, CF에서 냉동한 시료 모두 100°C까지 가열되는데 약 50분이 소요되었으며, 600 W로 가열한 시료는 냉동방법에 따라, IQF 냉동 시료는 약 7분 35초, CF 냉동 시료는 약 7분 52초가 소요되었다. 마지막으로 1000 W에서 해동한 시료들은 IQF 냉동 시료가 약 3분 20초, CF 냉동 시료가 약 3분 26초 정도 소요되었다. 냉동 시스템에 따른 취반미의 해동 속도를 비교한 결과 시료의 해동시 온도 상승 속도는 동결 방법에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 마이크로파 출력 정도에 따라 해동속도는 유의적으로 증가하는 것으로 측정되었다. 시료의 해동 시 시료 내부의 온도 분포는 균일하지 않게 상승하였으며, 중심부의 온도가 100°C까지 상승하여도,

Table 2. Thawing time and thawing rate of frozen rice according to freezing system and output of microwave in thawing process

Freezing system	Output of microwave (W)	Thawing time (min)	Thawing rate (°C/min)
CF	200	50±0.032 ^{A1)}	2.29±0.011 ^C
	600	7.86±0.676 ^B	14.6±1.374 ^B
	1000	3.44±0.319 ^C	33.63±3.467 ^A
IQF	200	49.99±0.0141 ^{a2)}	2.29±0.004 ^c
	600	7.58±0.0529 ^b	15.15±0.283 ^b
	1000	3.33±0.05 ^c	35.09±1.002 ^a

¹⁾The different capital letters (A-B) indicate significant differences between output power of microwave in thawing processing for the CF freezing system ($p < 0.05$).

²⁾The different small letters (a-c) indicate significant differences between output power of microwave in thawing processing for the IQF freezing system ($p < 0.05$).

취반미의 가장자리 부분은 60°C에 미치지 못하는 것으로 측정되었으며, 전자레인지의 출력 정도는 이러한 취반미의 온도 분포에 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. Fan et al.(2012)은 즉석밥의 전자레인지 재가열 시 온도의 분포도를 분석한 결과, 실린더 형의 취반미에서 50 초 가열 시 중심부의 온도가 가장 높게 상승하며, 90 초 가열 시 높이 1-2 cm 부분의 중심부의 온도는 90°C까지 상승한 반면, 테두리 부분은 75°C 이하로 유지된다고 보고하였다.

수분함량 변화

수분함량의 변화는(Fig. 3)에 나타내었다. 대조구의 수분함량은 60.36%로 모든 처리구는 대조구보다 낮은 수분함

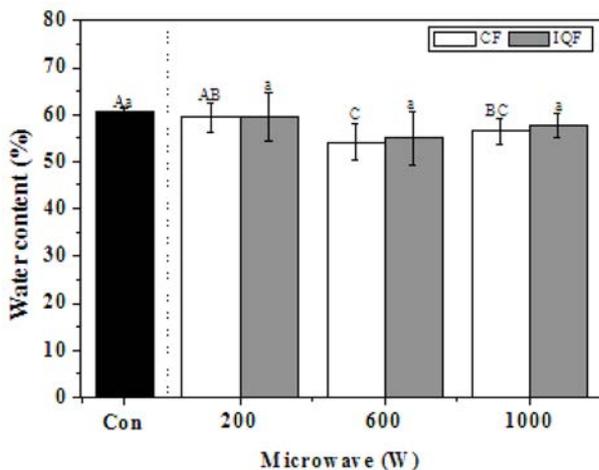


Fig. 3. Water content of rice according to freezing system and output of microwave in thawing process.

¹⁾The different capital letters (A-B) indicate significant differences between output of microwave in thawing processing for the CF freezing system ($p < 0.05$).

²⁾The different small letters (a-c) indicate significant differences between output of microwave in thawing processing for the IQF freezing system ($p < 0.05$).

량을 나타내었으며, 이러한 결과는 냉해동과정에서 수분손실이 크다는 Ha and Lee(2005)의 결과와 부합한다. 냉동에 따른 수분 손실은 유의적인 차이가 없었으며, 강제송풍 냉동 시료는 해동시 출력에 따른 유의적 차이가 없는 반면, 일반냉동 시료는 600 W에서 해동 한 경우 54.13%로 유의적으로 낮은 수분함량을 나타내었다. 이 결과는 냉동 속도가 빠를수록 수분손실이 적다는 Yu et al.(2010)의 결과와 부합하지 않았으나, 강제송풍식 냉동 취반미를 전자레인지로 해동한 경우 취반 직후의 수분함량과 유의차가 없다는 Oh(1997)의 결과와는 일치하고 있다. 또한 600 W로 가열한 시료의 수분함량은 200 W로 처리한 시료나, 1000 W로 처리한 시료에 비하여 비교적 낮은 것으로 분석되었는데, 200 W로 가열한 시료의 경우 장시간 동안 가열이 진행되는 하지만, 출력 강도가 매우 낮아 시료 내부의 수분 증발이 비교적 적은 것으로 사료되며, 1000 W로 가열한 시료의 경우, 출력 강도는 높으나, 가열 시간이 3 분 이내로 매우 짧기 때문에 600 W 처리 시료 보다 적은 양의 수분이 증발한 것으로 판단된다.

색도 변화

냉해동 과정에 의한 취반미의 색도 비교 결과는 Table 3에 나타내었다. 모든 처리구의 백색도는 대조구(74.83) 보다 낮은 값(67.79~72.52)을 나타내었으며 IQF에서 냉동한 시료(68.29~72.52)보다 일반냉동을 한 경우가 비교적 낮은 백색도(67.79~71.52)를 나타냈다. 취반미의 적색도는 대조구가 -2.55로 분석되었으며 냉해동 이후 모든 처리구가 0.04~0.34 정도 감소하는 경향을 나타내었고, 대조구의 황색도는 4.10으로 분석된 반면, 냉해동 이후 1.21~2.84 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 취반미가 냉해동이 반복되는 경우 백색도와 적색도가 유의적으로 감소하지만 황색도는 증가한다는 Ha and Lee(2005)의 결과와 부합한다. 백색도의 유의적인 감소는 냉해동 과정을 거치면서 노화가 진행됨에 따라 전분분자들이 재결합하여 명도가 떨어진 것으로 보인다 (Whitler and Paschall, 1965; Radley, 1954). 전반적인 냉동방법에 따른 색의 변화는 일반냉동을 한 처리구(4.13~7.53)보다 강제송풍식 냉동을 한 취반미(2.68~6.99)의 변화가 적은 것으로 분석되었으며, 해동시 전자레인지의 출력과 색의 변화 정도는 양의 상관관계를 가지는 것으로 분석되었으며, 600 W 이상으로 처리한 시료의 경우 유의적으로 색의 변화가 관찰되었으며, 600 W 처리와 1000 W 처리간의 차이는 없는 것으로 분석되었다.

물성 변화

해동한 시료를 상온에서 방랭(25°C)한 후 경도를 분석한 결과는(Fig. 4)에 나타내었다. 해동한 취반미의 경도는 2123~2260 g에서 냉해동 과정에 의하여 증가(3000~5000 g)하는 것으로 분석되었으며, 강제송풍으로 냉동한 시료

Table 3. Color properties and total color difference of rice according to freezing system and output of microwave in thawing process.

Freezing system	Microwave (W)	Lightness	Redness	Yellowness	Total color difference
	Control	74.83±1.399 ^{Aa1,2)}	-2.55±0.0392 ^{Aa}	4.10±0.159 ^{Bc}	0 ^{Bc}
CF	200	71.52±2.357 ^A	-2.89±0.087 ^B	6.10±0.179 ^A	4.13±1.631 ^{AB}
	600	67.90±1.115 ^B	-2.86±0.109 ^B	6.94±0.918 ^A	7.51±1.312 ^A
	1000	67.79±4.737 ^B	-2.76±0.149 ^B	6.67±0.923 ^A	7.53±4.751 ^A
IQF	200	72.52±1.350 ^b	-2.59±0.078 ^a	5.36±0.183 ^b	2.68±1.225 ^{bc}
	600	68.29±1.506 ^c	-2.66±0.077 ^a	6.54±0.405 ^a	6.99±1.467 ^a
	1000	69.96±2.153 ^c	-2.61±0.160 ^a	5.31±0.603 ^b	5.03±2.218 ^{ab}

¹⁾ The different capital letters (A-B) indicate significant differences between output of microwave in thawing processing for the CF freezing system ($p < 0.05$)

²⁾ The different small letters (a-c) indicate significant differences between output of microwave in thawing processing for the IQF freezing system ($p < 0.05$)

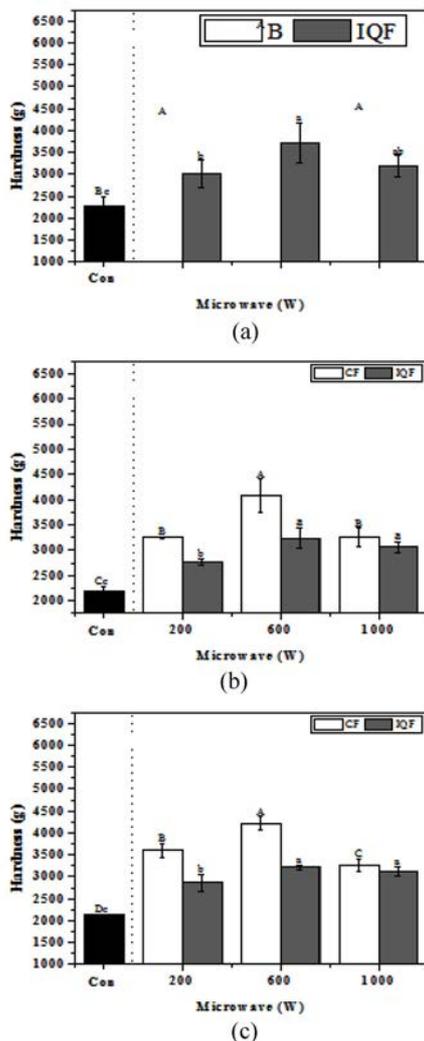


Fig. 4. Hardness of rice after cooling at room temperature according to freezing system and output of microwave in thawing process. (a) center, (b) middle, (c) edge.

¹⁾ The different capital letters (A-B) indicate significant differences between output power of microwave in thawing processing for the CF freezing system ($p < 0.05$).

²⁾ The different small letters (a-c) indicate significant differences between output of microwave in thawing processing for the IQF freezing system ($p < 0.05$).

(2,800~3,800 g) 보다 일반냉동을 한 시료(3,000~5,000 g)의 경도가 유의적으로 높게 분석되었다. 특히, 일반냉동을 하고 600 W에서 해동한 처리구가 약 4,088~4,928 g로 유의적으로 높게 분석되었다. 수분함량 분석 결과에서는 냉동 방법 간에 유의적인 차이가 관찰되지 않는 반면, 물성 분석 결과에서는 IQF로 동결한 시료의 경도가 더 낮은 것으로 분석되었다. 취반미의 부위별 온도 측정결과에서는 중심부의 온도가 주변부의 온도에 비하여 비교적 높게 분석되었다. 이는 마이크로파 가열시 중심부의 과열(overheat) 현상으로 인하여 취반미의 수분이 증발한 것으로 판단되며, 이는 Fan et al.(2012)이 보고한 원통형 취반미의 마이크로파 가열시 중심부의 온도가 다른 주변부보다 높다는 결과와 일치한다. Perdon(1999)과 Yu(2009) 등은 전분의 노화 정도가 취반미의 경도를 증가시킨다고 보고하고 있으며, Yu et al.(2010)은 냉동된 취반미의 경우 냉동 속도가 감소할수록 노화가 증가한다고 보고하고 있다.

해동한 시료를 상온(25°C)에서 방랭 후 점착성을 측정된 결과는(Fig. 5)와 같다. 대조구의 점착성은(38.1~44.7 g·m²/s²)로 분석되었으며, 모든 처리구에서 점착성이 현저히 감소(5~30 g·m²/s²)하는 경향을 보였으나 처리 조건에 따른 경향은 나타나지 않았으나 Ha and Lee(2005)의 취반미의 냉해동 과정을 반복하였을 때 전자레인지로 해동한 시료 모두 점착성이 감소한다는 결과와 부합한다. 전분의 경도와 점착성의 관계를 놓고 보았을 때 빠른 냉동은 전분의 노화를 억제시키고 전분의 노화가 진행될수록 경도는 증가하고 점착성은 감소한다는 Yu et al.(2010)의 보고에서와 같이 경도의 경우 강제송풍 냉동을 한 시료보다 일반냉동을 한 시료가 전반적으로 높게 나타났다. 그러나 점착성에 있어서는 강제송풍 냉동을 한 시료가 일반 냉동을 한 시료보다 전반적으로 값이 낮게 측정되었으며, 이는 강제송풍식 냉동과정에서 시료의 표면으로부터 많은 수분이 손실되었기 때문인 것으로 사료된다.

SEM 관찰

냉해동 조건이 취반미의 구조적 특성에 미치는 영향을

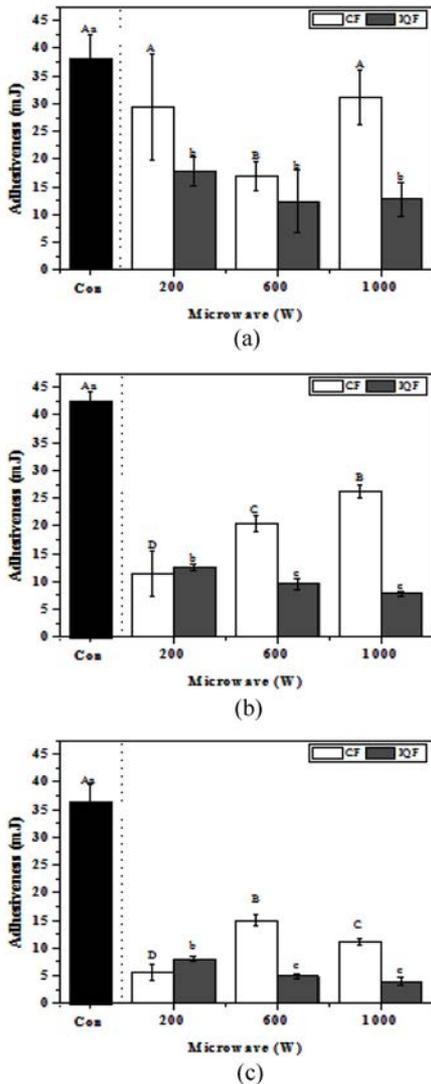


Fig. 5. Adhesiveness of rice as after cooling at room temperature according to freezing system and output of microwave in thawing process. (a) center, (b) middle, (c) edge.

1) The different capital letters (A-B) indicate significant differences between output power of microwave in thawing processing for the CF freezing system ($p < 0.05$).

2) The different small letters (a-c) indicate significant differences between output of microwave in thawing processing for the IQF freezing system ($p < 0.05$).

분석하기 위하여 취반미 입자의 내부 미세구조를 시차주사 현미경으로 관찰한 결과는(Fig. 6)의 사진과 같다. 취반미는 냉해동 과정에서 밥알의 중심 부위에 균열이 발생하는 것으로 관찰되었으며, 1,000 W에서 해동한 시료의 경우 약 0.5 mm 정도의 비교적 큰 기공이 관찰되었다. 입자의 가장자리 부분에는 모든 출력 강도에서 유사한 크기의 기공이 관찰되었으며, 특히 200과 600 W로 처리한 시료의 경우 장시간의 전자파 노출로 인한 조직의 파괴 현상이 유의적으로 발생한 것으로 사료된다. 표면 두께는 600 W에서 해

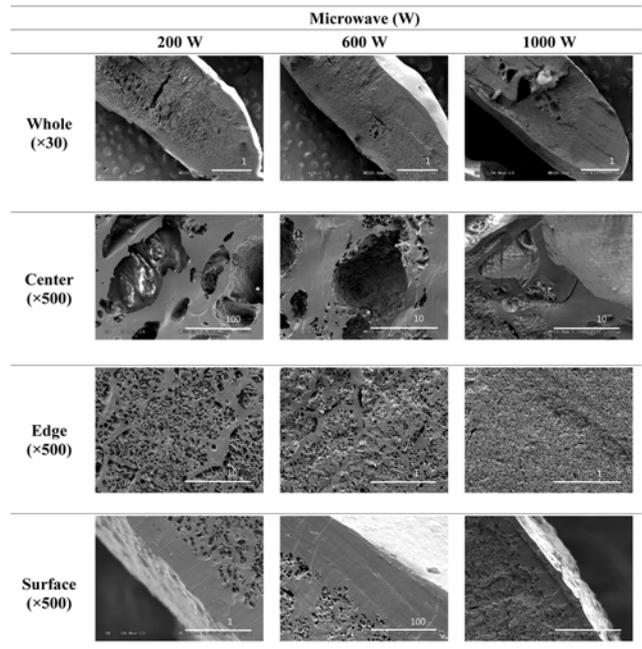


Fig. 6. Longitudinal section image of rice grain depending on output power of microwave as thawing process when rice was frozen at IQF; Scale bar indicates 1 mm (whole grain) and 100 μ m(center, edge, surface).

동한 처리구가 100 μ m 정도로 가장 두껍게 나타났으며 1000 W에서 해동한 처리구가 10 μ m 정도로 가장 얇게 분석되었다(Fig. 6). 이는 600 W으로 가열한 시료의 경우, 내부의 증발과 표면의 증발 및 가열에 의한 수축이 동시에 진행되어 표면의 두께가 증가하게 되면서 단단한 조직이 형성되는 반면(Fig 4), 1000 W에서 가열한 시료의 경우, 입자의 표면이 순간적으로 가열 및 수축되면서 내부의 수분이 외부로 용이하게 증발하지 못하고(Fig. 3), 입자의 내부에서 기공을 형성한(Fig. 6) 것으로 사료된다. 금 등(1996)은 마이크로파 재가열이 쌀밥의 품질에 미치는 영향에 관한 연구에서 냉동 취반미는 마이크로파 가열 시 전분은 재호화되지만, 가열 후 전반적으로 조직이 수축되며, 이러한 특성은 냉동저장 시료보다 냉장 저장 시료에서 유의적으로 관찰된다고 보고하였다.

요 약

본 연구는 냉동식품 형태의 별미밥 HMR 개발을 위한 기초 데이터를 확립하고자 냉동 및 해동 조건에 따른 취반미의 물리화학적 특성의 변화를 비교하였다. 본 실험에서는 냉동방법으로 강제송풍방식과 저온에서 자연적으로 냉동하는 방식을 사용하였으며, 냉동 취반미는 전자레인지의 출력세기를 200, 600 및 1000 W로 조절하여 시료의 중심부 온도가 100°C에 도달할 때까지 해동하였다. 분석결과

냉동속도는 일반냉동을 하는 것보다 강제송풍식 냉동을 하는 것이 약 300 배 이상 빨랐으며, 해동은 동결 속도가 빠르고 전자레인지 출력이 셀수록 시간이 단축되었다. 냉해동한 취반미의 수분함량 변화는 모든 조건에서 대조구보다 낮은 함량을 나타내었으며, 특히 600 W에서 해동할 경우 수분의 손실이 많은 것으로 나타났다. 취반미를 냉해동 한 후 색도의 변화에 있어서는 대조구보다 백색도와 적색도는 감소, 황색도는 증가하는 경향을 보였으며 강제송풍식 냉동을 한 취반미가 전체적인 색 변화가 적게 나타났다. 물성의 변화는 일반냉동을 한 취반미의 경도가 높게 나타났으며, 특히 600 W에서 해동한 처리구가 높게 나타났다. 점착성의 경우에는 대조구보다 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보였으나 조건에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. 강제송풍식 냉동을 한 취반미의 미세구조는 냉해동 과정에서 밥알의 중심부에 균열이 발생하였고, 1,000 W에서 해동한 처리구에서 중심부에 비교적 큰 기공이 형성되었으며 600 W에서 해동한 처리구의 경우에는 표면의 두께가 가장 두껍게 나타났다. 냉해동한 취반미의 물리화학적 변화를 전반적으로 보았을 때 냉동 속도가 빠르고 해동시 전자레인지의 출력이 1,000 W일 때 대조구와 비교하여 가장 변화가 적은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 공동연구사업(과제번호 PJ009747)의 지원에 의해 이루어진 연구의 일부로 이에 감사를 표합니다.

References

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15thed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 8-35.
- Cha HM, Han GS, Chung HJ. 2012. A study on the trend analysis regarding the rice consumption of Korean adults using Korean National Health and Nutrition Examination Survey data from 1998, 2001 and 2005. *Nutr. Res. Pract.* 6: 254-262.
- Cho KH, Park SH. 2009. The development of high efficiency tempering system using microwave. *J. Korean Inst. Illum. Electr. Install Eng.* 23: 69-74.
- Choi WS, Seo KH, Lee SB. 2012. A study on the development of HMR products of Korean food using conjoint analysis. *Korean J. Culinary Res.* 18: 156-167.
- Fan D, Li C, Ma W, Zhao J, Zhang H, Chen W. 2012. A Study of the power absorption and temperature distribution during microwave reheating of instant rice. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 640-647
- Ferrero C, Zaritzky NE. 2000. Effect of freezing rate and frozen storage on starch-sucrose-hydrocolloid systems. *J. Sci. Food Agric.* 80: 2149-2158.
- Ha JY, Lee JM. 2005. Physicochemical properties of cooked rice as affected by cooking methods and thawing conditions. *Korean J. Food Cult.* 20: 253-260.
- Hong GP, Min SG, Ko SH, Shim KB, Seo EJ, Choi MJ. 2007. Effects of brine immersion and electrode contact type low voltage ohmic thawing on the physico-chemical properties of pork meat. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 27: 416-423.
- Icier F, Izzetoglu GT, Bozkurt H, Ober A. 2010. Effect of ohmic thawing on histological and textural properties of beef cuts. *J. Food Eng.* 99: 360-365.
- Kim JY, Hong GP, Park SH, Lee S, Min SG. 2006. Effect of ohmic thawing on the physicochemical properties of frozen pork. *Food. Sci Biotechnol.* 15: 374-379.
- Kock S de, Minnaar A, Berry D, Taylor JRN. 1995. The Effect of freezing rate on the quality of cellular and non-cellular par-cooked starchy convenience food. *Food Sci. Technol.* 28: 87-95.
- Ku KH. 2009. Recent technology of refrigeration and thawing method in food industry. *Bull. Food Technol.* 22: 731-741.
- Kum JS, Lee CH, Han O. 1998. Effects of height for microwave defrosting on frozen food. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 109-114.
- LeBail A, Chevalier D, Mussa DM, Ghoul M. 2002. High pressure freezing and thawing of food: a review. *Int. J. Refrig.* 25: 504-513.
- Lee JK, Park JY. 1999. Rapid thawing of frozen pork by 915 MHz microwave. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 54-61.
- Lm JB, Seo BS, Lee HG, Chang YK. 1990. Life style and dietary pattern. *J. Korean Home Econ. Assoc.* 28: 33-52.
- Muadklay J, Charoenrein S. 2008. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze-thaw stability of tapioca starch gels. *Food Hydrocoll.* 22: 1268-1272.
- Navarro AS, Martino MN, Zaritzky NE. 1995. Effect of freezing rate on the rheological behaviour of systems based on starch and lipid phase. *J. Food Eng.* 26: 481-495.
- Oh MS. 1997. Eating qualities of frozen cooked rice on the thawing condition. *J. Korean Home Econ. Assoc.* 35: 147-157.
- Olivera DF, Salvadori VO. 2009. Effect of freezing rate in textural and rheological characteristics of frozen cooked organic pasta. *J. Food Eng.* 90: 271-276.
- Perdon AA, Siebenmorgen TJ, Buescher RW, Gbur EE. 1999. Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J. Food Sci.* 64: 828-832.
- Radley JA. 1954. *Starch and Its Derivatives*. Vol. 1, 3rd. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.
- Reid DS. 1998. Overview of physical/chemical aspect of freezing: Quality in Frozen Food. Erickson MC, Hung YC (eds). Chapman & Hall, New York, USA. pp 10-28.
- Shim KB, Hong GP, Choi MJ, Min SG. 2009. Effect of high pressure freezing and thawing process on the physical properties of pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 29: 736-742.
- Taher BJ, Farid MM. 2001. Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation. *Chem. Eng. Process.* 40: 379-389.
- Varavinit S, Shobsngob S, Varayanond W, Chinachoti P, Naivikul O. 2002. Freezing and thawing conditions affect the gel stability of different varieties of rice flour. *Starch.* 54: 31-36.
- Whistler RL, Paschall EF. 1965. *Starch: Chemistry and Technology*. Vol. 1 and 2, Academic Press, New York, USA.
- Yu S, Ma Y, Sun DW. 2009. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage.

- J. Cereal Sci. 50: 139-144.
- Yu S, Ma Y, Sun DW. 2010. Effect of freezing rate on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage, 2010. Food Sci. Technol. 43: 1138-1143.
- Yun CG, Lee DH, Park JY. 1998. Ohmic thawing of a frozen meat chunk. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 842-847.
- Zhu S, Ramaswamy HS, Simpson BK. 2004. Effect of high-pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods. LW-Food Sic. Technol. 37: 291-299.
- Kum JS, Han O, Kim YH, 1996. Effect of Microwave Reheating on the Quality of Cooked Rice. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 504-5012.
- JY Kim, Park. SS, 2004, An Exploratory Study on the Current Situation and Development Strategies of the HMR market in Korea Food Service Industry, 56th International Tourism Symposium 2004 Danyang. 3:101-113.
- Kim JY, song HJ, Park SS, 2005. Segmentation of the Home Meal Replacement(HMR) Market by Lifestyle: The Case of S Department Store in Kang-nam, Seoul, J. Foodser Manage Soc. Korea 8:138-154.
- Choi SG, Rhee C, 1995. Effects of Freezing Rate and Storage Temperature on the Degree of Retrogradation, Texture and Microstructure of Cooked Rice. J Korean Food Sic. Technol. 27; 783-788.