

## 해조류 첨가 가정간편식(HMR) 즉석밥의 소화율 및 항산화 활성

최영진 · 최혜인<sup>1</sup> · 김수민<sup>1</sup> · 김현정<sup>1</sup> · 임상빈<sup>1</sup> · 오명철<sup>2\*</sup>

제주한라대학교 호텔조리과, <sup>1</sup>제주대학교 식품생명공학과, <sup>2</sup>제주국제대학교 식품외식학과

## Digestibility and Antioxidant Activity of Instant Cooked Rice with Seaweed for Home Meal Replacement

Youngjin Choi, Hyein Choi<sup>1</sup>, Soo Min Kim<sup>1</sup>, Hyun Jung Kim<sup>1</sup>, Sangbin Lim<sup>1</sup> and Myung-Cheol Oh<sup>2\*</sup>

Department of Hotel Culinary Art, Jeju Halla University, Jeju 63092, Korea

<sup>1</sup>Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science and Industry, Jeju International University, Jeju 63309, Korea

In recent years, the home meal replacement (HMR) market has expanded and the consumption of ready-to-heat (RTH) rice has significantly increased. In this study, RTH rice products containing seaweed were prepared with different types of grain: white rice, a mixture of white rice and barley, barley, and mixed grains. The control was a commercial RTH white rice without seaweed. The proximate components, total dietary fiber, *in vitro* starch digestibility, and antioxidant activity were compared. The ash content of the RTH seaweed rice was higher than that of the control ( $P < 0.05$ ). The total dietary fiber of the RTH seaweed rice was in the range of 1.03-6.57%, which directly impacted the *in vitro* starch digestibility. The *in vitro* antioxidant activity including total phenolic content, reducing power, DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) and ABTS<sup>+</sup> (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging activity of the seaweed rice with barley and the white rice/barley mixture was greater than that of the other rice products ( $P < 0.05$ ). These results indicate that the *in vitro* digestibility and antioxidant activity of the HMR RTH seaweed rice were greater than those of the control. In addition, when the RTH seaweed rice was prepared with barley, the functional activity improved.

Keywords: HMR, Ready-to-heat rice, Seaweed, *In vitro* digestibility, Antioxidant activity

### 서 론

쌀은 한국인의 주식으로 상용되는 대표적인 곡물이지만 최근 1인당 하루 가정용 쌀 소비량이 약 절반 수준으로 감소되고 있는 실정이다(Han and Pyo, 2008; Kim et al., 2016). 이에 반해 1인가구 및 여성의 사회참여 증가로 가정 간편식(home meal replacement, HMR) 시장이 확대됨에 따라 가공밥의 수요가 크게 증가하였으며(Kim et al., 2016; Kim et al., 2018) 무균처리밥, 레토르트밥, 냉동밥, 통조림밥 등 다양한 제품들이 개발되고 있다(Sim et al., 2017). 그 중 무균처리 즉석밥(ready-to-eat, RTH rice)은 발아현미밥, 찰밥, 잡곡밥, 흑미밥, 귀노아밥 등 다양한 종류의 잡곡을 첨가하여 즉석잡곡밥 형태로 판매되고 있고(Yun, 2016), 시중에 판매되고 있는 즉석잡곡밥은 기존의 냉동밥, 레토르트밥 보다 품질이 높다고 보고되어 있다(Kim and

Kim, 2007). 잡곡은 식량작물 중 백미, 찰쌀을 제외한 보리와 밀, 조, 기장, 콩, 메밀 등을 말하며(Hwang et al., 2011), 이들은 무기질, 비타민, 식이섬유 등의 영양성분이 풍부하다. 이와 함께 최근 잡곡의 건강기능적인 면이 대두되면서 즉석잡곡밥의 소비자 선호도가 증가하고 있다(Yun, 2016). 특히 잡곡의 식이섬유는 백미에 비해 2-3배 이상 많고(Jung et al., 2009), 인체 내 소화기관에서 분해되지 않으며 점성이 높은 특성을 가지고 있다(Kim and Kim, 2007). 이러한 특성으로 인해 장내의 내용물의 이동속도가 감소되어 전분 소화율이 저하되게 된다(Lee and Shin, 2002). 이 외에도 곡류전분의 물리적 형태와 가공방법도 소화율에 영향을 미치고(Lee and Shin, 2002), 이는 혈당지수(glycemic index, GI)와 큰 연관성을 가지고 있다(Kim and White, 2013). GI는 식품을 섭취한 뒤의 혈당반응과 기준식품을 섭취한 뒤 혈당반응을 비교하여 나타낸 것으로, 식품의 소

\*Corresponding author: Tel: +82. 64. 754. 0360 Fax: +82. 64. 754. 0360

E-mail address: mychul@jeju.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0395>

Korean J Fish Aquat Sci 53(3), 395-402, June 2020

Received 17 April 2020; Revised 18 May 2020; Accepted 5 June 2020

저자 직위: 최영진(교수), 최혜인(대학원생), 김수민(대학원생), 김현정(교수), 임상빈(교수), 오명철(교수)

화와 흡수율을 고려하여 인체 내 생리반응을 반영한 지수이다 (Lee and Shin, 1998). 혈당반응은 식품에 따라 다르게 나타나며, GI가 낮은 식품은 소화가 느리고 혈당반응이 느리게 나타나며, GI가 높은 식품은 소화가 빠르고 혈당반응도 빠르게 나타난다 (Lee et al., 1997; Han, 2009). 잡곡은 백미에 비해 GI가 낮다고 보고되었으며, 이는 항당뇨 및 항고지혈증과 같은 생리적 기능을 갖는 것으로 보고되고 있다 (Goñi et al., 1997). 이와 같이 생리적 기능이 높은 잡곡을 활용한 즉석잡곡밥이 개발되고 있지만, 기존 제품과 차별화된 기능성 강화식품의 개발이 요구되어 최근에는 해조류, 홍삼 추출물 등을 첨가하여 기능성에 초점을 둔 다양한 종류의 즉석잡곡밥 제품이 개발되고 있다 (Choi et al., 2019; Lee et al., 2012).

해조류는 해양에서 서식하는 거대조류로서 바다에 생육하는 다세포 원생동물을 지칭하며, 무기질과 비타민 같은 미량 영양 성분을 함유하고 있다 (Jun et al., 2018). 또한 육상식물과는 다르게 불포화지방산, 필수지방산, 수용성 식이섬유가 풍부하며 (Son et al., 2016), 일부 특정 성분에서는 항균, 항산화, 항고혈압 등의 건강기능특성을 가지고 있다 (Heu et al., 2010). 특히 톳의 fucoxanthine, 모자반의 phlorotannin, 다가불포화지방산, 황산기를 가진 다당류 등의 항산화 물질이 알려져 있으나 (Kwak et al., 2005), 해조류의 가공식품으로서의 이용은 염제품, 건제품, 그리고 식품첨가물에 그치며, 그 가공현황이 미비한 상황이다 (Jun et al., 2018). 최근 제주에서는 지역특산품을 활용한 제품이 다양하게 개발되고 있고, 특히 해조류를 이용한 즉석밥이 판매되고 있지만 (Choi et al., 2019) 이에 대한 이화학적 특성이나 품질특성에 관한 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주 지역 해녀의 주요 소득자원인 해조류를 첨가한 HMR 즉석밥을 곡류 조성을 달리하여 제조를 한 다음 *in vitro* 소화율 및 항산화 활성을 측정하였으며, 하고 이에 대한 이화학적 특성 및 소화율을 측정하였으며, 이로부터 해조류를 활용한 HMR 즉석밥 제조에 대한 기초 연구 자료를 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에서 사용된 해조류인 톳 (*Hijikia fusiformis*), 모자반 (*Sargassum fulvellum*), 미역 (*Undaria pinnatifida*) 은 제주 동문시장 (Jeju, Korea)에서 구입하여 이물질 제거 후 수돗물로 3회 세척하였다. 이후 90°C에서 5분 동안 블렌칭 처리한 뒤 5 cm 길이로 잘라 냉동하여 즉석밥 제조에 사용하였다. 쌀(백미), 쌀보리, 찰보리, 잡곡(16종 곡물)은 제주시 하나로마트 (Jeju, Korea)에서 구입한 뒤 본 실험에 사용하였다.

### 해조류 즉석밥 제조

해조류 즉석밥 준비를 위한 해조류의 혼합비율은 사전에 해

조류를 첨가하여 밥을 지은 후의 관능평가 결과에서 해조류를 10% 이상 첨가할 경우 해조취가 너무 강하여 기호도를 저하시키는 것으로 나타나 해조류 첨가량을 10% 이하로 조절하였다 (data not shown). 이에 따른 해조류 즉석밥의 조성 비율은 Table 1에 나타내었다. 해조류 즉석밥은 영농조합법인 화심 (Asan, Korea)에 있는 레토르트조리 및 멸균장치 (STERI-ACE, Kyunghan Co., Gyeongsan, Korea)를 이용하여 제조하였다. 레토르트 즉석밥은 polyethylene 포장재에 총 충전량 210 g, 압력 1.73 kg/cm<sup>3</sup>, 온도 118°C의 조건에서 40분 동안 처리하였다. 이후 온도 40°C에서 25분 동안 냉각하고 하루 동안 상온에 방치한 뒤, 외포장하여 본 실험에 사용하였다. 또한 시중에 판매되고 있는 해조류를 첨가하지 않은 HMR 백미 즉석밥 (CJ Co., Incheon, Korea)을 대조군으로 사용하였다.

### 분석용 시료의 조제

해조류 즉석밥의 일반성분과 총 식이섬유 함량 분석을 위해 시료를 다음과 같이 균질화 하였다. -20°C 온도의 냉동고 (IBK-600F, Infobiotech Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 8시간 이상 보관한 즉석밥을 믹서기 (SMX-8000EMT, Shinil, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄 후 냉동 보관하며, 분석용 시료로 사용하였다. *In vitro* 소화율 측정을 위한 시료는 전자레인지 (RE-C21KW, Samsung, Seoul, Korea)에 2분간 조리한 뒤 사용하였다. *In vitro* 항산화 활성 측정을 위한 시료는 다음과 같은 방법으로 준비하였다. 냉동 보관 후, 믹서기 (SMX-8000EMT, Shinil, Seoul, Korea)로 분쇄한 시료 5 g과 80% 에탄올 95 mL를 균질기 (HG-15A, Daihan Scientific, Wonju, Korea)를 이용하여 균질시켰다. 이를 상온에서 하루 동안 shaking incubator (JSSI-100C, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 추출을 하였다. 추출물을 Whatman No. 2 (Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지를 이용하여 여과 후 -20°C에서 보관하여 사용하였다.

Table 1. Formulation of ready-to-heat (RTH) cooked rice with seaweed

Ingredients (% wt/wt)	RTH cooked rice with seaweed				
	A	B	C	D	
Grain	White Rice	48.6	34.3	-	-
	Barley	-	14.3	48.6	-
	Grain Mix <sup>1</sup>	-	-	-	48.6
Seaweed	<i>Hizikia fusiformis</i>	2.4	2.4	2.4	2.4
	<i>Sargassum fulvellum</i>	4.7	4.7	4.7	4.7
	<i>Undaria pinnatifida</i>	2.4	2.4	2.4	2.4
Water	41.9	41.9	41.9	41.9	
Total	100	100	100	100	

<sup>1</sup>Grain mix is the commercially available product mixed with 16 kinds of grains.

**일반성분 분석**

해조류 즉석밥의 일반성분 분석은 AOAC법에 준하여 행하였으며(AOAC, 1990), 수분함량은 상압가열건조법, 조단백질 함량은 Kjeldhal법, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법, 조회분 함량은 직접회화법으로 측정하였다. 탄수화물 함량은 100%에서 수분 함량, 조단백질함량, 조지방함량, 조회분 함량을 감한 값으로 계산하였다.

**총 식이섬유 함량 분석**

총 식이섬유 함량은 Prosky et al. (1988)의 방법에 따라, total dietary fiber assay kit (Megazyme, Wicklow, Island)를 이용하여 측정하였다. 비커에 시료 1 g과 MES-TRIS buffer 40 mL 첨가하고, 저속으로 교반하면서 heat-stable  $\alpha$ -amylase solution을 50  $\mu$ L (3000 U/mL, Megazyme, Wicklow, Island) 넣었다. 알루미늄 호일로 입구를 막은 비커를 98-100°C shaking water bath (JSSB-30T, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 30분간 반응하였다. 혼합물의 온도를 60°C까지 낮춘 뒤, protease solution 100  $\mu$ L (350 Tyrosine U/mL, Megazyme, Wicklow, Island)를 첨가 후, 30분간 추가 반응하였다. 반응이 완료된 혼합물을 교반하면서 0.561 M HCl 5 mL를 첨가하였으며, 5% HCl과 5% NaOH를 사용하여 혼합물의 pH를 4.1 - 4.8로 조정하였다. Amyloglucosidase solution 200  $\mu$ L (3300 Units/mL, Megazyme, Wicklow, Island)를 첨가한 뒤, 비커의 입구를 밀봉 후, 60°C shaking water bath에서 30분간 반응시켰다. 60°C로 미리 예열한 95% 에탄올 용액 225 mL를 반응이 끝난 혼합물에 첨가한 뒤, 입구를 잘 밀봉하여 실온에서 60분간 방치하였다. 미리 항량시킨 유리여과기에 1.0 g의 celite (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 취한 뒤, 78% 에탄올을 가하여 분산시켰다. 흡인과 여과 과정을 통해 celite층을 평평하게 하고 비커에 있는 내용물을 여과하였다. 비커에 남아있는 물질들은 각각 78% 에탄올, 95% 에탄올, 아세톤 15 mL를 2번씩 비커에 넣어 주며 전부 여과하였다. 유리여과기는 105°C dry oven (JSOF-150, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 하룻밤 동안 건조 시킨 뒤, 데시케이터(DH. DeADLH, DAIHAN Scientific, Wonju, Korea)에서 방냉하여 항량된 식이섬유 잔류물 및 celite를 포함한 유리여과기의 무게를 0.1 mg 단위까지 칭량하였다. 조단백질 함량(Kjeldahl법)과 조회분함량을 측정한 후, 총 식이섬유 함량을 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{Total dietary fiber (\%)} = \frac{\text{weight of residue} - (\text{crude protein} + \text{crude ash}) - \text{blank}}{\text{weight of sample}} \times 100$$

**소화율 측정**

해조류 첨가 HMR 즉석밥의 *in vitro* 소화율 측정은 Kim and White (2013)의 방법에 따라 측정하였다. 2분간 조리한 즉석밥

을 효소에 의해 분해하여 시간에 따른 소화율을 측정하였다. 소화 효소는 pancreatin (from porcine pancreas, 8 USP specifications, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 효소 용액(8 mL 증류수에 pancreatin 0.9 g를 분산시킨 뒤, 1500 g에서 10분간 원심분리) 상층액 5.4 mL과 amyloglucosidase (3260 U/mL, Megazyme, Wicklow, Island) 용액(amyloglucosidase 0.64 mL와 증류수 0.8 mL를 혼합한 것) 0.8 mL, 증류수 0.5 mL를 혼합한 것을 사용하였다. 균일하게 잘 혼합한 시료 0.1 g과 직경 5 mm의 유리비즈 10개, 0.05 M의 HCl을 2 mL, 그리고 pepsin (from porcine gastric mucosa,  $\geq 250$  units/mg solid, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10 mg을 50 mL conical tube에 넣었다. 37°C shaking water bath에서 120 rpm으로 30분간 혼합물을 반응시켰다. 반응이 완료되면 0.5 M sodium acetate (pH 5.2) 4 mL를 넣고 1분 후, 소화 효소 용액을 1 mL 첨가하여 37°C shaking water bath에서 120 rpm 속도로 반응 시켰다. 반응시간 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180 분에 혼합물 100  $\mu$ L를 15 mL conical tube에 취하여 1 mL의 50% 알코올을 넣어 효소 반응을 종결 시켰다. 800 g에서 5분간 원심분리 후, D-glucose assay kit (Megazyme, Wicklow, Island)을 이용하여 glucose 농도를 측정하였다. 대조구의 180분 소화 실험 결과를 100%로 나타내고, 시간과 각 시료 별 소화율을 계산하였다.

**총 폴리페놀 함량**

해조류 첨가 HMR 즉석밥의 총 폴리페놀 함량은 Lee et al. (2020)의 방법을 응용한 Folin-Ciocalteu법으로 측정하였다. 시료 추출물 100  $\mu$ L에 증류수 1.5 mL, 2 N Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 시약 100  $\mu$ L를 넣은 뒤, 30초 동안 반응시켰다. 이후 20% sodium carbonate (OCI, Incheon, Korea) 300  $\mu$ L를 가하고 암소에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계(Optizen, Mecasys Co., Daejeon, Korea)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 동일한 방법으로 gallic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 이용하여 표준곡선을 작성하였고, 총 폴리페놀 함량을 시료 1 g 중의  $\mu$ g gallic acid equivalents ( $\mu$ g GAE/g)으로 나타내었다.

**환원력**

해조류 첨가 HMR 즉석밥의 환원력은 Kim et al. (2015)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 추출물 1 mL에 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 1 mL, 1% potassium ferricyanide 1 mL를 넣고, 50°C에서 20분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 10% trichloroacetic acid (TCA) 1 mL를 혼합한 다음 상층액 2 mL와 증류수 2 mL, 0.1 % ferric chloride 400  $\mu$ L를 첨가하였다. 이들을 10분간 암소에서 반응시키고, 분광광도계(Optizen, Mecasys Co., Daejeon, Korea)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

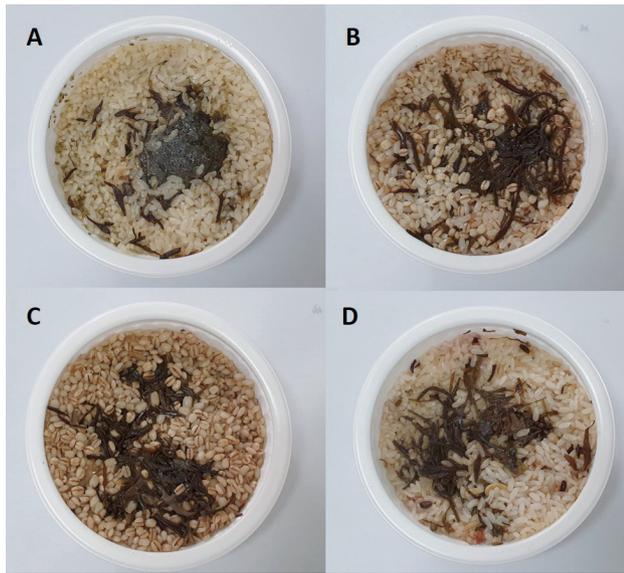


Fig. 1. Picture of ready-to-heat (RTH) cooked rice with seaweed. The description of RTH seaweed rice is in Table 1. A, RTH rice prepared by white rice added with *Hijikia fusiformis* 2.4%, *Sargassum fulvellum* 4.7%, *Undaria pinnatifida* 2.4%; B, prepared by a mixture of white rice and barley added with seaweed; C, prepared by barley added with seaweed; D, prepared by mixed grains added with seaweed; Control, commercial RTH white rice without seaweed.

#### DPPH 자유 라디칼 소거능

DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl, Sigma-Aldrich) 자유 라디칼 소거 활성은 Lee et al. (2020)의 방법을 응용하여 측정하였다. 1 mM DPPH 시약을 준비한 후 517 nm에서 흡광도가  $1.0 \pm 0.05$ 가 되도록 99.5% 에탄올을 혼합하며 조절하였다. DPPH 시약 140  $\mu$ L와 시료 70  $\mu$ L을 잘 혼합한 후, 암소에서 30 분 동안 반응시켰다. Microplate reader (EpochTM, BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 517 nm에서

시료의 흡광도를 측정하였다. 이 때 대조구는 시료 추출 용매인 에탄올을 사용하여 실험하였고, DPPH 자유 라디칼 소거 활성은 아래의 식을 이용해 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH free radical scavenging (\%)} = [1 - (As/Ac)] \times 100$$

As, absorbance of sample at 517 nm

Ac, absorbance of control at 517 nm

#### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능

ABTS<sup>+</sup> (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) 라디칼 소거 활성은 Sung et al. (2018)의 방법을 응용하여 다음과 같이 측정하였다. 7 mM ABTS (Roche Diagnostics GMBH, Mannheim, Germany)와 2.45 mM potassium persulfate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 실온과 암소 조건에서 16 시간 이상 반응하며 ABTS 양이온을 형성시켰다. ABTS 시약은 사용 직전에 흡광도가  $0.8 \pm 0.02$ 가 되도록 증류수로 조정하였다. 시료 20  $\mu$ L에 ABTS 용액 180  $\mu$ L를 혼합하여 실온에서 6 분간 반응시키고, microplate reader (EpochTM, BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 추출 용매인 에탄올을 이용하여 실험하였고, ABTS 양이온 라디칼 소거 활성은 아래의 식을 이용해 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{ABTS}^+ \text{ radical scavenging (\%)} = [1 - (As/Ac)] \times 100$$

As, absorbance of sample at 734 nm

Ac, absorbance of control at 734 nm

#### 통계분석

실험 결과는 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 모든 실험 결과의 유의성 검증은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA

Table 2. Proximate composition of ready-to-heat (RTH) cooked rice with seaweed

RTH <sup>1</sup> seaweed rice	Proximate composition (%) <sup>2,3</sup>				
	Moisture	Protein	Fat	Ash	Carbohydrate
A	35.26 $\pm$ 1.01 <sup>ab</sup>	2.62 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	0.17 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.23 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	61.72 $\pm$ 1.01 <sup>ab1,2</sup>
B	33.85 $\pm$ 1.16 <sup>c</sup>	3.10 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	0.52 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.34 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	62.19 $\pm$ 1.27 <sup>ab</sup>
C	31.73 $\pm$ 0.17 <sup>d</sup>	4.12 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	0.55 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.36 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	63.23 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>
D	34.55 $\pm$ 0.41 <sup>bc</sup>	2.40 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup>	0.53 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	0.24 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	62.28 $\pm$ 0.43 <sup>ab</sup>
Control	35.97 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	2.61 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	0.05 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.07 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	61.30 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>The description of RTH cooked rice with seaweed is in Table 1 (A, RTH rice prepared by white rice added with *Hijikia fusiformis* 2.4%, *Sargassum fulvellum* 4.7%, *Undaria pinnatifida* 2.4%; B, prepared by a mixture of white rice and barley added with seaweed; C, prepared by barley added with seaweed; D, prepared by mixed grains added with seaweed; Control, commercial RTH white rice without seaweed).

<sup>2</sup>Percentages of wet weight basis. <sup>3</sup>All values are expressed as mean $\pm$ SD of triplicates.

(analysis of variance)를 따르고, 실험값 사이의 차이는 Duncan의 다중범위검정을 실시하였다. 각 실험값 사이의 유의적인 차이는 P<0.05 수준에서 검증하였다.

### 결과 및 고찰

#### 해조류 첨가 HMR 즉석밥의 일반성분

곡류를 달리하여 제조한 해조류 첨가 HMR 즉석밥은 Fig. 1과 같고, 그 일반성분 함량은 Table 2에 나타내었다. 해조류 첨가 HMR 즉석밥의 수분함량은 31.73-35.26%이었으며 해조류를 첨가한 보리 즉석밥(RTH rice C)이 가장 낮은 수분함량을 나타내었다. 해조류 첨가 즉석밥의 탄수화물 함량은 61.72-63.23%, 조단백 2.40-4.12%, 조지방 0.17-0.55% 및 조회분 0.24-0.36%을 보였다. 한편 해조류가 첨가되지 않은 대조군의 조회분 함량이 가장 낮게 나타났는데, 이는 해조류에는 무기질이 풍부하게 함유되어 있어(Im et al., 2006) 해조류 첨가 즉석밥의 회분 함량 증가에 도움을 준 것으로 생각된다. 또한 조지방 함량은 해조류 첨가 백미 즉석밥(RTH rice A)과 해조류를 첨가하지 않은 대조구가 유의적으로 낮은 값을 나타내었는데 이는 쌀이 보리에 비해 조지방 함량이 적기 때문인 것으로 생각된다(Kim et al., 1993). 해조류 첨가 즉석밥과 해조류를 첨가하지 않은 대조구 간의 일반성분 함량은 큰 차이를 보이지 않았으나, 첨가되는 곡류 종류에 따라서 다르게 나타났다.

#### 해조류 첨가 HMR 즉석밥의 총 식이섬유 함량

해조류 첨가 즉석밥의 총 식이섬유 함량은 Table 3에 나타내었다. 총 식이섬유 함량이 제일 높았던 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)의 식이섬유 함량은 6.57%였으며, 이에 반해 대조구는 0.92%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 보리와 쌀이 함께 섞인 해조류 첨가 즉석밥(RTH rice B)은 총 식이섬유 함량이 3.21%로 두 번째로 높은 값을 보였으나 잡곡으로 제조된 해조류 첨가 즉석밥(RTH rice D)의 총 식이섬유 함량은 상대적으로 그 값이 낮았던 대조구 및 해조류 첨가 백미 즉석밥(RTH rice A)과 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). Kim et al. (1993)의 연구에서 백미의 식이섬유 함량이 1.21%이고, 보리의 식이섬유 함량이 10.38%로 보고된 바 있는데 원료 자체의 함량 차이에 의해 즉석밥을 제조한 뒤에도 두 곡류의 식이섬유 함량 차이가 나타난 것으로 생각된다. 보리에는 수용성 식이섬유인 β-glucan의 함량이 높은 것으로 알려져 있으며(Kim et al., 2002), β-glucan은 콜레스테롤 저하효과 및 혈중 포도당 농도를 조절하는 기능도 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Kim and White, 2013). 따라서 보리를 이용한 해조류 첨가 즉석밥을 섭취할 경우 풍부한 식이섬유를 제공받을 수 있을 것으로 생각된다. Hwang et al. (1996)의 연구에서는 모자반, 미역, 툇의 식이섬유 함량이 56.54, 43.36, 39.56% (건조물 기준)로 나타났다. 본 연구에서 모자반, 미역, 툇의 첨가량이 10% 이하로 즉석밥의

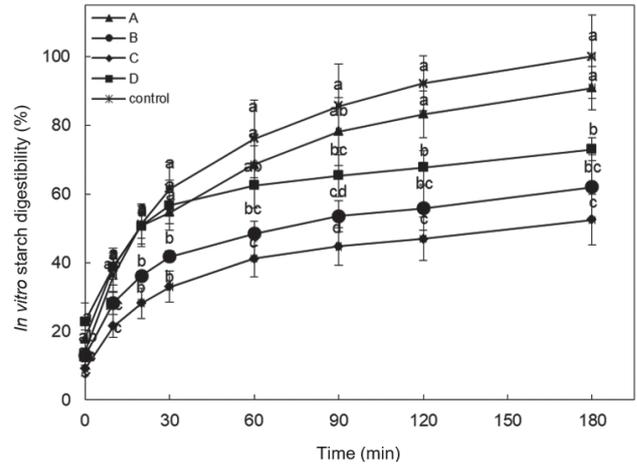


Fig. 2. *In vitro* starch digestibility of ready-to-heat (RTH) cooked rice with seaweed. The description of RTH cooked rice with seaweed is in Table 1. A, RTH rice prepared by white rice added with *Hijikia fusiformis* 2.4%, *Sargassum fulvellum* 4.7%, *Undaria pinnatifida* 2.4%; B, prepared by a mixture of white rice and barley added with seaweed; C, prepared by barley added with seaweed; D, prepared by mixed grains added with seaweed; Control, commercial RTH white rice without seaweed. All values are expressed as mean±SD of triplicates. Different letters within digestion time indicate significant difference at P<0.05.

식이섬유에 직접적으로 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

#### 해조류 첨가 HMR 즉석밥의 in vitro 소화율

해조류 첨가 즉석밥에 대한 *in vitro* 소화율 측정 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 소화율이 제일 높은 경향을 보이는 것은 해조류 첨가 백미 즉석밥(RTH rice A)으로 180분간 소화실험 진행 시에 90.89%의 소화율을 나타냈다(대조구 100%). 반면에 가장

Table 3. Total dietary fiber contents of ready-to-heat (RTH) cooked rice with seaweed

RTH cooked rice with seaweed <sup>1</sup>	Total dietary fiber(%)
A	1.03±0.05 <sup>c2</sup>
B	3.21±0.71 <sup>b</sup>
C	6.57±0.10 <sup>a</sup>
D	1.29±0.40 <sup>c</sup>
Control	0.92±0.13 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>The description of RTH cooked rice with seaweed is in Table 1 (A, RTH rice prepared by white rice added with *Hijikia fusiformis* 2.4%, *Sargassum fulvellum* 4.7%, *Undaria pinnatifida* 2.4%; B, prepared by a mixture of white rice and barley added with seaweed; C, prepared by barley added with seaweed; D, prepared by mixed grains added with seaweed; Control, commercial RTH white rice without seaweed). <sup>2</sup>All values are expressed as mean±SD of triplicates.

Table 4. *In vitro* antioxidant activity of ready-to-heat (RTH) cooked rice with seaweed

RTH seaweed rice <sup>1</sup>	Total phenolic compounds (µg GAE/g)	Total reducing power (absorbance)	DPPH free radical scavenging activity (%)	ABTS <sup>+</sup> free radical scavenging activity (%)
A	4.29±0.19 <sup>d2</sup>	0.19±0.00 <sup>c</sup>	4.42±0.21 <sup>d</sup>	0.60±0.24 <sup>d</sup>
B	9.49±0.58 <sup>b</sup>	0.25±0.00 <sup>a</sup>	14.43±0.32 <sup>b</sup>	5.04±0.28 <sup>b</sup>
C	15.97±0.44 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>a</sup>	16.53±0.29 <sup>a</sup>	7.49±0.29 <sup>a</sup>
D	6.02±0.19 <sup>c</sup>	0.21±0.00 <sup>b</sup>	6.47±0.21 <sup>c</sup>	1.62±0.45 <sup>c</sup>
Control	3.27±0.29 <sup>e</sup>	0.17±0.00 <sup>d</sup>	5.35±1.27 <sup>d</sup>	0.25±0.21 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>The description of RTH cooked rice with seaweed is in Table 1 (A, RTH rice prepared by white rice added with *Hijikia fusiformis* 2.4%, *Sargassum fulvellum* 4.7%, *Undaria pinnatifida* 2.4%; B, prepared by a mixture of white rice and barley added with seaweed; C, prepared by barley added with seaweed; D, prepared by mixed grains added with seaweed; Control, commercial RTH white rice without seaweed).

<sup>2</sup>All values are expressed as mean±SD of triplicates.

소화율이 낮은 경향을 보인 것은 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)으로 180분 소화 후에 52.46%의 소화율을 나타냈다. 이러한 결과는 Soong et al. (2014)의 쌀, 밀, 귀리, 옥수수, 보리가루로 만든 머핀의 전분 소화율에 대한 연구에서 쌀가루로 만든 머핀의 전분소화율이 가장 높고, 보리가루로 만든 머핀의 전분 소화율이 가장 낮았다는 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 실험결과를 나타내는 이유는 백미로 제조한 해조류 첨가 백미 즉석밥(RTH rice A)과 보리로 만든 해조류 첨가 즉석밥(RTH rice C)의 전분 함량이 각각 다르기 때문이라고 생각된다. Snow and O'Dea (1981)의 연구에서 백미의 총 전분 함량이 82.2%인 것에 비해 보리가루의 총 전분 함량이 72.4% 였는데, 이와 같이 백미의 전분 함량이 더 높아 둘의 소화율 차이에 영향을 주었다고 생각된다. 또한 해조류 첨가 백미 즉석밥(RTH rice A)과 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)의 식이 섬유 함량이 각각 1.03% 및 6.57%으로, 식이섬유 함량의 차이가 있어 소화율에 영향을 준 것인데, 이는 식이섬유는 체내 소화효소에 의해서 가수분해 되지 않기 때문에 해조류 즉석밥의 소화율 저해에 영향을 미친 것으로 판단된다(Yang et al., 1997). 이와 마찬가지로 보리와 백미를 혼합해 지은 해조류 첨가 백미 보리 즉석밥(RTH rice B)의 경우 보리에 의해 소화율이 낮았던 것으로 생각된다. 한편 해조류 첨가 백미 즉석밥(RTH rice A)이 소화율에서 대조구에 비해 낮게 나타나 해조류의 첨가에 의한 소화율 저하로 사료된다. 이상의 결과로부터 해조류는 식이 섬유가 풍부하고(Son et al., 2016) 체내 소화효소에 의해 가수분해 되지 않기에(Yang et al., 1997) 해조류가 첨가된 즉석밥의 소화율이 더 낮게 나타남에 따라 해조류를 활용한 HMR 즉석밥을 제조할 경우 낮은 GI 식품이 되어 비만예방 및 건강에 도움이 될 것으로 기대된다.

#### 해조류 첨가 HMR 즉석밥의 *in vitro* 항산화 활성

해조류 첨가 HMR 즉석밥의 *in vitro* 항산화 활성은 Table 4와 같다. 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 높았던 것은 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)으로 15.97 µg GAE/g를 나타냈다(P<0.05). 해조류 첨가 보리 즉석밥 다음으로는 해조류 첨

가 백미보리 즉석밥(RTH rice B), 잡곡 즉석밥(RTH rice D), 백미 즉석밥(RTH rice A), 대조구(control) 순으로 높은 총 폴리페놀 함량을 나타냈다(P<0.05). 환원력은 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)과 백미보리 즉석밥(RTH rice B)이 각각 0.30, 0.25의 값을 나타내며 시료 중 유의적으로 높은 값을 띄었고(P<0.05), 해조류 첨가 잡곡 즉석밥(RTH rice D), 백미 즉석밥(RTH rice A), 대조구(control) 순의 환원력을 나타냈다. 또한 DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거활성은 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)이 16.53%, 7.49%로 가장 높은 소거 활성을 나타냈으며 활성 순서는 총 페놀함량 및 환원력과 같은 순으로 나타났다(P<0.05). Soong et al. (2014)의 쌀, 밀, 귀리, 옥수수, 보리가루로 만든 머핀의 항산화능을 나타낸 연구결과에서, 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성이 보리로 만든 머핀이 가장 높고, 쌀로 만든 머핀이 가장 낮았다고 보고하였다. 본 연구 또한 보리로 만든 해조류 첨가 즉석밥의 항산화 활성이 가장 높았으며, 백미로만 제조된 해조류 첨가 즉석밥과 대조구가 항산화 활성이 낮아 보고된 연구결과와 유사한 경향을 보였다. Kwak et al. (2005)의 김, 미역, 다시마, 톳과 파래를 에탄올로 추출하여 총 페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거활성을 측정된 연구결과에서는 파래, 김, 미역, 톳, 다시마 순으로 총 페놀 함량의 높았으며, 300 µg/mL 농도에서 파래, 톳, 김, 미역, 다시마, 미역 순으로 DPPH 라디칼 소거 활성 능력이 높았다고 보고하였다. 본 연구에서 제조된 해조류가 첨가된 즉석밥의 항산화 활성에서는 해조류보다 곡류의 종류에 따라 활성이 달라지는 경향을 보였다. 이는 사전에 해조류 첨가밥에 대한 관능평가에서 해조류를 10% 이상으로 조절하자 해조 취에 의해 기호도가 낮아지는 현상이 발생하여 본 연구에서는 해조류 첨가량을 10% 이하로 조절하였기에 해조류에 의한 항산화 활성의 변화가 낮게 나타난 것으로 생각된다. 또한 해조류 첨가 보리 즉석밥(RTH rice C)이 가장 높은 값을 보이는 것은 보리에는 페놀산, 플라보노이드, 리그난, 피토스테롤 등의 식물성 화학물질들이 포함되어 있는데, 이러한 식물성 화학물질들의 항산화 역할은 잘 알려져 있다(Idehen et al. 2017).

## 사 사

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(해역별 특성을 고려한 전통수 산가공식품 개발 및 상품화)로 이에 감사드립니다.

## References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official method of analysis. 15th ed. AOAC, Washington DC, U.S.A., 777-784.
- Choi YJ, Yang TSM, Lim SB and Oh MC. 2019. HMR consumption status and product improvement requirement for the development of new instant rice product added with seaweeds: focused on Jeju province consumers. *Culi Sci Hos Res* 25, 173-189. <https://doi.org/10.20878/cshr.2019.25.11.018>.
- Goñi I, Garcia-Alonso A and Saura-Calixto F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res* 17, 427-437. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9).
- Han GS and Pyo SH. 2008. Standardization of the recipe for the large-scale production of salbob and ogokbob. *Korea J Food Cookery Sci* 24, 682-690.
- Han JA. 2009. Digestive, physical and sensory properties of cookies made of dry-heated OSA-high amylose rice starch. *Korean J Food Sci Technol* 41, 668-672.
- Heu MS, Yoon MS, Kim HJ, Park KH, Lee JH, Jo MR, Lee JS, Jeon YJ and Kim JS. 2010. Improvement on the antioxidant activity of instant noodles containing enzymatic extracts from ecklonia cava and its quality characterization. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 391-399. <https://doi.org/10.5657/kfas.2010.43.5.391>.
- Hwang JG, Yang JW, Kim JY, Yoo SM, Kim GC and Kim JS. 2011. Quality characteristics of saccharified rice gruel prepared with different cereal koji. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40, 1617-1622. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.11.1617>.
- Hwang SH, Kim JI and Sung CJ. 1996. Analysis of dietary fiber content of some vegetables, mushrooms, fruits and seaweed. *J Nutr Health* 21, 89-96.
- Jun JY, Lee MH, Jeong IH, Jung MJ and Kim BM. 2018. Effects of seaweeds on rice koji production and enzyme activity. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 369-375. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0369>.
- Im YG, Choi JS and Kim DS. 2006. Mineral contents of edible seaweeds collected from gijang and wando in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 39, 16-22. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.016>.
- Idehen E, Tang Y and Sang S. 2017. Bioactive phytochemicals in barley. *J Food Drug Anal* 25, 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>.
- Jung EY, Suh HJ, Hong YH, Lee IY, Kim DG, Kim MO and Chang UJ. 2009. Effects of glycemic index for boiled white rice and boiled white rice mixed with grains on food consumption and satiety rate. *J Korean Diet Assoc* 15, 179-187.
- Kim DH and Kim HS. 2007. Sensory profiles of cooked rice, including functional rice and ready-to-eat rice by descriptive analysis. *Korea J Food Cook Sci* 23, 761-769.
- Kim EH, Maeng YS and Woo SJ. 1993. Dietary fiber contents in some cereals and pulses. *J Nutr Health* 26, 89-106.
- Kim HJ and White PJ. 2013. Impact of the molecular weight, viscosity, and solubility of  $\beta$ -Glucan on *in vitro* oat starch digestibility. *J Agric Food Chem* 61, 3270-3277. <https://doi.org/10.1021/jf305348j>.
- Kim HS, Oh IK, Yang SK and Lee SY. 2018. A comparison of rheological measurement methods of instant cooked rice by a texture analyzer. *Food Eng Prog* 22, 381-385. <https://doi.org/10.13050/foodengprog.2018.22.4.381>.
- Kim JM, Cho ML, Seo KE, Kim YS, Jung TD, Kim YH, Kim DB, Shin GH, Oh JW, Lee JS, Lee JH, Kim JY, Lee DW and Lee OH. 2015. Effect of extraction conditions on *in vitro* antioxidant activities of root bark extract from *Ulmus pumila* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44, 1172-1179. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2015.44.8.1172>.
- Kim SI, Kang JH and Lee JS. 2016. Effect on rice image for connectedness formation and meal culture settlement. *J Foodserv Manage* 19, 25-49.
- Kim SR, Seok HM, Choi HD and Park YK. 2002. Cholesterol-lowering effects in rat liver fed barley and  $\beta$ -glucan-enriched barley fraction with cholesterol. *Korean J Food Sci Technol* 34, 319-324.
- Kwak CS, Kim SA and Lee MS. 2005. The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34, 1143-1150. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.8.1143>.
- Lee C and Shin JS. 2002. Effects of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride levels in normal subject. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 1048-1051.
- Lee KS, Kim GH, Kim HH, Seong BJ, Kim SI, Han SH and Lee GH. 2012. Quality of insambob containing added raw and red ginseng extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41, 1151-1157. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.8.1151>.
- Lee JH, Kim HJ, Jee YH, Jeon YJ and Kim HJ. 2020. Antioxidant potential of *Sargassum horneri* extract against urban particulate matter-induced oxidation. *Food Sci Biotechnol* 29, 855-865. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00729-y>.
- Lee JS, Lee JS, Yang CB and Shin HK. 1997. Blood glucose response to some cereals and determination of their glycemic index to rice as standard food. *J Nutr Health* 30, 1170-1179.
- Lee JS and Shin HK. 1998. Correlation between glycemic index and *in vitro* starch hydrolysis of cereals. *Korean J Food Sci Technol* 30, 1229-1235.
- Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, Devries JW and Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem* 71, 1017-1023.

- Sim EY, Park HY, Kim MJ, Lee CK, Jeon YH, Oh SK, Won YJ, Lee JH, Ahn EK and Woo KS. 2017. Studies on the palatability and texture of Korean rice cultivars for the cooked-rice processing. *Korean J Food Nutr* 30, 880-888. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2017.30.5.880>.
- Son HJ, Um MY, Kim IH, Cho SM, Han DS and Lee CH. 2016. *In vitro* screening for anti-dementia activities of seaweed extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45, 966-972. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2016.45.7.966>.
- Snow P and O'Dea K. 1981. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in food. *Am J Clin Nutr* 34, 2721-2727. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.12.2721>.
- Soong YY, Tan SP, Leong LP and Henry JK. 2014. Total anti-oxidant capacity and starch digestibility of muffins baked with rice, wheat, oat, corn and barley flour. *Food Chem* 164, 462-469. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.041>.
- Sung HM, Seo YS and Yang EJ. 2018. Anti-oxidant and anti-inflammatory activities of hot water extract obtained from *Geranium thusbergii* using different extraction temperatures and times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47, 1006-1013.
- Yang JL, Suh MJ and Song YS. 1997. Postprandial plasma lipid levels and digestive enzyme activities after high fat meal in rats adapted to dietary fiber. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26, 116-122.
- Yun IJ. 2016. Effect of selection attributes of convenience food instant japgog (mixed cereals) rice on customer satisfaction and loyalty. Ph.D. Dissertation, Catholic Kwandong University, Gangneung, Korea.