

## 소맥 gluten 산가수분해물을 이용한 마이야르 반응물질의 이화학적 특성 및 항산화성

김윤숙\* · 문지혜 · 최인욱 · 최희돈  
한국식품연구원

### Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Maillard Reaction Products from Hydrolyzed Wheat Gluten

Yoon-Sook Kim\*, Ji-Hye Moon, In-Wook Choi, and Hee-Don Choi  
Korea Food Research Institute

**Abstract** Maillard reaction products (MRPs) were produced from aqueous solution of various sugars with hydrolyzed wheat gluten (HWG) with different temperatures, pressures, pH values and solvents. The physicochemical properties of MRPs were investigated and DPPH and hydroxyl radical scavenging activity and sensory properties were also assessed. MRPs from ribose and HWG evidenced the highest preference for meaty flavor and antioxidant activity and also evidenced higher antioxidant activity with larger pH reductions and higher browning index increases than were observed in other MRPs. The antioxidant activities were increased with increased reaction temperature and pressure. The most preferred meaty flavor was obtained from MRPs with ribose at 140°C in an oil bath with the pH adjusted to 9 in water as a solvent, and heated for 30 mins.

**Key words:** reaction flavor, maillard reaction, antioxidant, hydrolyzed vegetable protein

### 서 론

식품 향미의 역사는 인류의 역사와 함께 성장, 발전하였으며 식품의 가공 및 저장기술과 천연성분의 분석, 화학 합성법 등이 급속히 발전되어 인류가 먹고 마시는 음식의 맛과 질의 향상 또는 새로운 맛의 창조에 지금도 끊임없이 연구되고 있다. 식품 풍미에 관한 연구는 미국과 유럽을 중심으로 비휘발성 향미성분의 연구, 크로마토그래피의 개발과 동정기술의 발전으로 식품에 포함되어 있는 휘발성 향미 물질의 분리 및 동정 등의 정성 및 정량적인 분석에 치중되어 왔다(1,2). 식품 풍미제는 음식의 관능특성을 증대시키고 식욕을 증진시키며 소화흡수를 용이하게 하기 위한 식품 가공 및 조리에서 사용되는 부재료로 과거 소비자의 기호충족을 위한 발효조미료인 MSG(mono sodium glutamate), 핵산 조미료와 같은 식품 향 생산에서 벗어나 최근에는 소득증대로 인하여 화학적 합성향에 대한 거부감 등에 초점을 맞춰 천연소재 향미(flavor)에 대한 연구가 요구되고 있다(3-5).

이 천연반응향료 생산에 있어서 그 주요 가공기술로는 열처리 및 효소작용을 들 수 있는데 특히 마이야르반응이 중요한 반응으로 활용되고 있다. 이는 유리된 aldehyde group이나 keto group을 가진 환원당 또는 가수분해 되어 환원당을 만들 수 있는 당류와 아미노산, 펩타이드, 단백질 등과 같은 amino group을 가진

질소화합물이 가열 반응하여 갈색물질을 형성하면서 특유한 냄새를 갖는다. 이 마이야르 반응은 기질의 종류 및 농도, 반응온도 및 시간(6), pH(6-8), 반응용매(9-12) 등의 요인에 의해 식품의 색, 향, 안전성 등에 큰 영향을 미친다. 또한 MRP는 강한 항산화활성을 가지는 것으로 알려져 있으며(7) 사과, 감자 등의 polyphenol oxidase의 활성을 저해하고(13,14), 지질의 산화율을 낮추며 radical chain-breaking 활성과 metal chelation 등의 항산화능력이 높은 것으로 알려져 있다(15). 또한 기질의 농도와 양, pH 등이 항산화 활성에 영향을 주는 중요한 인자로 알려져 있다(7,16).

향료의 이용은 분말향료, 조리용향료, 음료 또는 제과용 향료 등 많은 부분을 차지하고 있다. 그 중 조리용 향료는 기호품의 다양화로 인해 snack류, 즉석면류, 수산 연제품 등에서 고급화와 차별화를 위한 수요에 부응하여, 가열 반응시켜 기호적인 풍미를 생성시킨 reaction flavor, seasoning flavor 등 용도별로 개발되고 있는 실정이다. 국내에서는 이 reaction flavor 중 육향을 지닌 반응향료의 천연소재로는 축산, 수산물의 엑기스를 주원료로 하는 것으로부터 최근 가수분해형 조미료인 hydrolyzed animal protein(HAP), hydrolyzed plant protein(HPP), hydrolyzed vegetable protein(HVP) 등이 이용되고 있다. 특히 산업적으로 soy, wheat, corn 등을 산 또는 효소로 분해하여 얻은 식물성 단백질 가수분해물(HVP)은 고기향 등을 내는 기본 전구물질로 향료산업에 이용되고 있으며, 당과 아미노산에 식물단백 가수분해물(HVP)과 yeast extract 첨가에 의한 고기향의 개발(3)과 HVP를 기본원료로 하여 온도와 시간, pH에 따른 향기성분의 동정(18), HVP, ribose, cysteine 등을 이용하여 구운 쇠고기 향을 생성의 반응 최적조건을 찾고자 한 바 있다(19).

따라서 본 연구에서는 식물단백 가수분해물인 소맥 gluten 산

\*Corresponding author: Yoon-Sook Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9281  
Fax: 82-31-780-9281  
E-mail: kimyus@kfri.re.kr  
Received October 10, 2008; revised February 6, 2009;  
accepted February 12, 2009

가수분해물과 여러 종류의 환원당을 기질로 한 연구들을 바탕으로 하여 MRP의 기능성을 향상시키고자 반응온도, 반응시간, pH, 반응용매 등 다양한 반응 model system에서 생산하여 이화학적 특성, 항산화 특성, 관능적 특성을 종합적으로 비교분석하여 meat flavor에 근접하는 최적의 반응조건을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 시약

본 연구에서 사용한 당은 D-(+)-glucose, D-(-)-fructose, D-ribose 로 Sigma사(St. Louis, MO, USA)의 일급시약을 사용하였고 식물 단백질 가수 분해물은 (주)매일식품에서 2007년에 생산된 소맥 gluten 산 가수분해물(W)을 사용하였다. DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), 2-deoxyribose, EDTA(ethylene diaminetetraacetic acid), mono-sodium phosphate, di-sodium phosphate, potassium chloride, trichloro acetic acid(TCA)는 Sigma사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였고 2-Thiobarbituric acid(TBA)는 Tokyo Kasei사(Tokyo, Japan)의 제품을 사용하였다.

### MRP의 제조

미야르 반응에 적합한 기질과 반응조건을 선정하기 위해 전구물질로 소맥 gluten 산가수분해물을 기본원료로 하여 여기에 일반적으로 마이야르 반응에 많이 이용되는 당류를 조합하였다. 반응조합은 glucose, fructose, ribose와 소맥 gluten 산가수분해물액의 비율을 1:1로 하되 각각의 고형분은 2 g씩 되도록 조절하였고 최종 부피를 50 mL로 하였다. 반응은 대기압상태로에서 water bath(C-WBE, Chang Shin Science Co., Seoul, Korea)를 이용하여 100°C에서 4시간, oil bath(C-WHT, Chang Shin Science Co)를 이용하여 120°C에서 2시간, 140°C에서 1시간 동안 반응을 시켰다. 고온, 고압의 상태로는 autoclave(AC-300, CPK, Inc., Seoul, Korea)에서 121°C에서 1.5 kg/cm<sup>2</sup>, 140°C는 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 30분 동안 반응시켰다.

선정된 기질의 풍미를 개선시키기 위하여 반응액 초기 pH 조절을 실시하였다. 1 N NaOH와 1 N HCl을 사용하여 pH 3, 5, 7, 9, 11로 조절하여 준 후 최종 반응용액의 양을 50 mL로 하여 환류냉각관을 연결시킨 뒤 oil bath에서 140°C로 유지시켜 30분간 반응시킨 후 시료 간의 특성을 비교하였다. 반응용매에 따른 MRP의 이화학적 특성과 항산화 활성을 비교하기 위해 ribose/소맥 gluten 산가수분해물을 pH 9의 증류수, 50% ethanol 및 50% glycerol 용매에 용해한 후 최종 부피를 50 mL로 정용하여 oil-bath에서 140°C로 30분간 반응시킨 후 냉각시켜 분석을 행하였다.

### 이화학적 특성

MRP용액의 pH는 pH meter(720 A, Orion Research Inc., Beverly, MA, USA) 를 사용하여 측정하였다. 갈변도는 MRP를 증류수로 희석하여 spectrophotometer(DU650 spectrophotometer, Beckman, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 갈색색소의 측정범위인 420 nm에서 측정하였다. 반응조건별로 제조된 MRP용액의 색도는 색도계(Color QUEST II, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, USA)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness/greenness), 황색도(b, yellowness / blueness)로 나타내었다.

### 항산화 효과 측정

#### DPPH assay에 의한 항산화 활성(IC<sub>50</sub>)

항산화 활성은 Brand Williams 등(20)의 DPPH에 의한 전자 공

여능의 방법을 변형하여 측정하였다. 0.1 mM DPPH 용액(in ethanol) 1.0 mL에 에탄올 1.0 mL, 농도별로 증류수로 희석한 MRP 0.5 mL를 넣고 10초간 vortexing 한 후 암소에서 15분간 반응시킨 후에 520 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

측정치는 다음 식에 대입하여 계산하였고 IC<sub>50</sub>값은 각 MRP의 DPPH radical 소거율이 50%일 때의 희석배수(DF)로 산출하여 각 MRP의 소거활성을 비교하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

(A<sub>0</sub>: Absorbance of control, A<sub>1</sub>: Absorbance of sample)

#### Hydroxyl radical 소거활성(IC<sub>50</sub>)

농도별로 희석된 반응액의 hydroxyl radical 소거활성은 Fe<sup>3+</sup>/ascorbate/EDTA/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> system에서 발생하는 OH·에 의해서 deoxyribose 산화를 억제하는 각 MRP의 활성으로 측정하였다(21). 시험관에 0.02 M sodium phosphate buffer(pH 7.4) 0.3 mL, 10 mM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 및 10 mM EDTA 0.15 mL, 10 mM 2-deoxyribose용액 0.15 mL를 가하고 농도별로 증류수로 희석한 MRP 0.075 mL, 증류수 0.525 mL를 첨가한 후 마지막으로 10 mM의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>용액 0.15 mL를 첨가하였다. 이것을 37°C에서 2시간 incubation을 시킨 후에 2.8% trichloroacetic acid(TCA) 0.75 mL와 1.0% TBA/50 mM NaOH 0.75 mL를 첨가하여 끓는 물에서 10분 동안 boiling 하였다. 즉시 ice water에서 냉각시켜 spectrophotometer를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Hydroxyl radical 소거율이 50%일 때의 MRP의 희석배수(DF)를 산출하여(IC<sub>50</sub>) 각 시료의 소거활성을 비교하였다.

$$\text{OH} \cdot \text{scavenging activity (\%)} = \{1 - [(A_s - A_0) / (A_c - A_0)]\} \times 100$$

(A<sub>0</sub>: Absorbance with no treatment, A<sub>c</sub>: Absorbance of control, A<sub>s</sub>: Absorbance of sample)

### 관능적 특성 측정

여러 반응조건에 따라 제조된 MRP에 대하여 관능검사를 실시하였다. 반응 후 생성된 MRP는 전문가로 구성된 3명의 관능 평가단에 의하여 관능적 특성이 구분되었으며 최적의 반응 조건은 5명으로 구성된 패널에 의하여 5점 척도(매우좋다(5점), 좋다(4점), 보통이다(3점), 싫다(2점), 매우싫다(1점))의 기호도 평가를 반영하여 선정하였다. 관능검사요원은 현재 한국식품연구원에 재직 중인 연구원 중 5명을 선발하였고 고기향 및 고소한 향에 대한 기호도 조사를 실시하였다. 세척한 후에 건조시킨 15 mL tube에 시료를 담아 50°C oven에서 예열시켜 사용하였고 관능검사의 오류를 제거하기 위해서 시료는 무작위로 순서를 정하였다.

### 통계처리

실험 데이터는 SAS(statistical analysis system) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석을 행하였으며 ANOVA 분석 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다. 모든 항목은 3회 반복 실험하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### pH변화

미야르 반응이 진행됨에 따라 반응 후 반응용액의 pH 감소가 일어나며 이것은 온도나 시간, 압력 등의 요인으로 인해 반응이 극대화 되어 pH감소의 폭도 커지는 것을 확인한 바 있다(6).

본 마이아르 반응에 적합한 당류를 선정하기 위하여 3종류의 당 (glucose, fructose, ribose)과 소맥 gluten 산가수분해물을 각각 등량으로 조합하여 대기압과 가압상태에서 온도와 압력에 따른 pH 변화를 관찰하였다(Table 1). 대기압 조건의 모든 온도에서 R/HWG(ribose/wheat gluten solution)와 F/HWG(fructose/wheat gluten solution) 반응기질 사이에 pH 변화는 큰 차이가 없었으며 가압 상태에서 R/HWG가 유의적으로 낮은 pH를 나타내어 대체적으로 5탄당인 ribose로 반응 생성된 MRP가 glucose 또는 fructose와 같은 6탄당으로 제조된 MRP보다 반응이 훨씬 활발히 진행된 것을 알 수 있었다. Ko 등(4)은 여러 가지 당과 glycine의 마이아르 반응 후에 pH 변화로 ribose와 xylose와 반응시킨 MRP의 pH가 급격히 낮아지고 이러한 결과는 반응속도가 빠른 5탄당일수록 낮은 pH를 나타낸다는 보고와 유사하였고 Benjakul 등(16)은 당과 PPP(porcine plasma protein)로 제조한 MRP의 pH 변화에서 fructose와 galactose보다 glucose와 조합된 MRP의 pH가 높다는 결과와 다소 차이가 있었다.

R/HWG를 기질로 하여 각 반응온도에 대한 반응시간을 세분화하여 시간별 pH 변화를 보면(Table 2), 가압상태에서 반응시간이 증가함에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였다. 가압 하에서 140°C에서 30분간 반응시킨 R/HWG는 pH 3.81로 가장 낮은 pH를 보여 높은 반응성을 나타냈다. Morales와 Jimenez-Perez 등(22)은 glucose와 alanine, glycine, lysine을 각각 마이아르 반응시켰을 때 반응시간이 증가할수록 pH가 감소한다는 결과와 유사하였으며 Ames 등(23)은 마이아르 반응 중의 pH 감소의 원인은 formic acid와 acetic acid 등의 유기산 형성 때문인 것으로 보고한 바 있다.

반응 pH의 영향으로 R/HWG의 초기 pH를 조절하여 140°C의 oil-bath에서 30분 반응시킨 결과(Table 3), 알칼리성으로 접근함에 따라 pH가 감소하는 경향을 나타냈으며 pH 3의 MRP는 2.98로

미비한 감소를 보인 반면 pH 11의 MRP는 반응 후 pH 8.86까지 감소하여 감소의 폭이 컸으며 염기성 영역에서 반응성이 증가되는 것으로 판단된다. 반응 용매로 pH 9의 50% ethanol과 50% glycerol 용액을 140°C에서 30분 동안 반응시킨 R/HWG의 pH 변화는 Table 4와 같았다. 초기 pH는 모두 9인 것에 반해 반응 후 pH는 각각 8.14와 6.31로 대조구인 증류수로 제조한 MRP가 7.59인 것과 차이를 보였으며 특히 50% glycerol 반응 용매 처리구가 가장 큰 pH 감소를 보였다.

#### 갈변도 변화

당 종류에 따른 MRP의 갈변도를 비교한 결과는 Fig. 1의 A에 나타내었다. G/HWG(glucose/wheat gluten solution) < F/HWG (fructose/wheat gluten solution) < R/HWG(ribose/wheat gluten solution) 순으로 갈변도가 높아졌으며 그 중에서도 R/HWG기질을 140°C, 2.8 kg/cm<sup>2</sup> 압력 하에 30분 반응 후 24.58로 가장 높은 갈변도를 보였다. Spark 등(24)은 갈변속도는 반응하는 환원당의 종류에 대한 영향을 많이 받는데 환원당의 반응성은 aldopentose > aldohexose > ketohexose > disaccharides의 순서로, 이는 본 연구와 R/HWG 경우에는 유사하나 G/HWG보다 F/HWG의 갈변도가 높아 일치하지 않는 것으로 나타났다. F/HWG가 G/HWG보다 갈변도가 더 높은 것은 fructose의 경우 glucose보다 부분적으로 chain의 open이 더 쉬워서 아미노산-당의 복합체를 형성하기 쉽기 때문인 것으로 알려져 있다(25).

R/HWG 기질에 대하여 반응시간을 좀 더 세분화하여 갈변도 변화를 측정된 결과(Fig. 1, B), 반응시간이 증가됨에 따라 갈변도는 증가하였다. 대기압상태의 120°C와 140°C에서 반응하였을 때 30분 후에는 각각 0.59, 1.05, 1시간 후에는 1.69, 2.51로 2시간 후 4.21, 9.11으로 2배 높은 갈변도 보였다. 가압상태의 121°C

**Table 1. Changes in pH and color of various sugar-hydrolyzed wheat gluten MRPs heated under atmospheric and high pressure at different temperatures**

| Substrate           | Reaction temp.(°C)<br>temp./time(hr) | Pressure<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Final<br>pH                  | Color (L, a, b)            |                             |                            |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                     |                                      |                                   |                              | L <sup>4)</sup>            | a <sup>5)</sup>             | b <sup>6)</sup>            |
| G/HWG <sup>1)</sup> |                                      |                                   | 5.13±0.16 <sup>7)a8)</sup>   | 6.97±0.27 <sup>bcd)</sup>  | 3.12±0.01 <sup>cde)</sup>   | 10.66±0.11 <sup>bc)</sup>  |
| F/HWG <sup>2)</sup> | 100/ 4                               | atm.                              | 4.93±0.03 <sup>def)</sup>    | 5.82±0.08 <sup>bcd)</sup>  | 3.26±0.14 <sup>cde)</sup>   | 4.61±5.71 <sup>c)</sup>    |
| R/HWG <sup>3)</sup> |                                      |                                   | 4.94±0.02 <sup>cdef)</sup>   | 0.37±0.35 <sup>d)</sup>    | 2.04±1.64 <sup>de)</sup>    | 0.63±0.61 <sup>c)</sup>    |
| G/HWG               |                                      |                                   | 4.97±0.01 <sup>bcddef)</sup> | 9.78±0.98 <sup>abcd)</sup> | 3.30±0.45 <sup>cde)</sup>   | 10.96±1.87 <sup>bc)</sup>  |
| F/HWG               | 120/ 2                               | atm.                              | 5.08±0.01 <sup>abc)</sup>    | 20.01±0.35 <sup>a)</sup>   | 5.51±1.94 <sup>bc)</sup>    | 23.45±7.13 <sup>a)</sup>   |
| R/HWG               |                                      |                                   | 5.02±0.00 <sup>abcde)</sup>  | 2.11±0.78 <sup>d)</sup>    | 6.94±1.95 <sup>b)</sup>     | 1.99±0.56 <sup>c)</sup>    |
| G/HWG               |                                      |                                   | 5.04±0.00 <sup>abcd)</sup>   | 13.54±2.38 <sup>abc)</sup> | 2.11±0.70 <sup>de)</sup>    | 17.68±3.52 <sup>b)</sup>   |
| F/HWG               | 140/ 1                               | atm.                              | 5.02±0.02 <sup>abcde)</sup>  | 16.74±0.03 <sup>ab)</sup>  | 2.50±2.45 <sup>cde)</sup>   | 19.72±6.72 <sup>ab)</sup>  |
| R/HWG               |                                      |                                   | 4.86±0.01 <sup>f)</sup>      | 2.84±0.82 <sup>cd)</sup>   | 9.75±2.13 <sup>a)</sup>     | 4.89±1.41 <sup>c)</sup>    |
| G/HWG               |                                      |                                   | 4.89±0.01 <sup>ef)</sup>     | 8.30±0.11 <sup>bcd)</sup>  | 3.53±0.09 <sup>cde)</sup>   | 12.10±0.11 <sup>abc)</sup> |
| F/HWG               | 121/ 0.5                             | 1.5                               | 5.10±0.02 <sup>ab)</sup>     | 7.51±0.52 <sup>bcd)</sup>  | 4.84±1.00 <sup>bcd)</sup>   | 11.55±0.23 <sup>abc)</sup> |
| R/HWG               |                                      |                                   | 4.53±0.00 <sup>g)</sup>      | 0.26±0.06 <sup>d)</sup>    | 1.81±0.31 <sup>de)</sup>    | 0.46±0.09 <sup>e)</sup>    |
| G/HWG               |                                      |                                   | 4.46±0.00 <sup>g)</sup>      | 0.73±0.14 <sup>d)</sup>    | 4.18±0.74 <sup>bcdde)</sup> | 1.18±0.30 <sup>e)</sup>    |
| F/HWG               | 140/ 0.5                             | 2.8                               | 4.39±0.05 <sup>g)</sup>      | 1.83±0.16 <sup>d)</sup>    | 10.37±0.45 <sup>a)</sup>    | 2.99±0.13 <sup>e)</sup>    |
| R/HWG               |                                      |                                   | 3.92±0.16 <sup>h)</sup>      | 0.16±0.12 <sup>d)</sup>    | 1.21±0.87 <sup>e)</sup>     | 0.27±0.87 <sup>e)</sup>    |

<sup>1)</sup>Glucose-hydrolyzed wheat gluten solution

<sup>2)</sup>Fructose-hydrolyzed wheat gluten solution

<sup>3)</sup>Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution

<sup>4)</sup>L: degree of lightness

<sup>5)</sup>a: degree of redness

<sup>6)</sup>b: degree of yellowness

<sup>7)</sup>Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>8)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 2. Changes in pH and color of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs heated under atmospheric and high pressure at different times**

| Substrate           | Reaction condition |                                |          | Final pH                  | Color (L, a, b)         |                         |                         |
|---------------------|--------------------|--------------------------------|----------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     | Temp.(°C)          | Pressure (kg/cm <sup>2</sup> ) | Time(hr) |                           | L <sup>2)</sup>         | a <sup>3)</sup>         | b <sup>4)</sup>         |
| R/HWG <sup>1)</sup> | 120                | atm.                           | 0.5      | 5.32±0.00 <sup>5)6)</sup> | 11.41±2.12 <sup>a</sup> | 4.07±0.22 <sup>c</sup>  | 16.07±0.04 <sup>a</sup> |
|                     |                    |                                | 1        | 5.53±0.01 <sup>a</sup>    | 4.54±0.05 <sup>c</sup>  | 9.90±2.11 <sup>b</sup>  | 7.39±2.24 <sup>c</sup>  |
|                     |                    |                                | 2        | 5.02±0.03 <sup>cd</sup>   | 2.66±0.06 <sup>e</sup>  | 8.31±0.03 <sup>c</sup>  | 1.59±0.03 <sup>e</sup>  |
| R/HWG               | 140                | atm.                           | 0.5      | 5.68±0.03 <sup>a</sup>    | 9.06±0.04 <sup>b</sup>  | 7.35±1.00 <sup>d</sup>  | 14.27±0.01 <sup>b</sup> |
|                     |                    |                                | 1        | 4.80±0.07 <sup>d</sup>    | 3.42±1.21 <sup>d</sup>  | 11.25±0.02 <sup>a</sup> | 5.88±2.11 <sup>d</sup>  |
|                     |                    |                                | 2        | 5.00±0.03 <sup>c</sup>    | 0.25±0.01 <sup>h</sup>  | 1.45±0.03 <sup>j</sup>  | 0.43±0.00 <sup>g</sup>  |
| R/HWG               | 121                | 1.5                            | 0.25     | 5.19±0.02 <sup>bc</sup>   | 0.69±0.30 <sup>f</sup>  | 3.22±0.00 <sup>f</sup>  | 1.19±0.00 <sup>f</sup>  |
|                     |                    |                                | 0.5      | 4.53±0.00 <sup>e</sup>    | 0.22±0.02 <sup>h</sup>  | 1.60±0.10 <sup>i</sup>  | 0.39±0.01 <sup>g</sup>  |
| R/HWG               | 140                | 2.8                            | 0.25     | 4.32±0.01 <sup>f</sup>    | 0.46±0.22 <sup>g</sup>  | 2.70±0.02 <sup>g</sup>  | 0.43±0.02 <sup>g</sup>  |
|                     |                    |                                | 0.5      | 3.81±0.00 <sup>g</sup>    | 0.24±0.13 <sup>h</sup>  | 1.82±0.35 <sup>h</sup>  | 0.41±0.07 <sup>g</sup>  |

<sup>1)</sup>Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution

<sup>2)</sup>L: degree of lightness

<sup>3)</sup>a: degree of redness

<sup>4)</sup>b: degree of yellowness

<sup>5)</sup>Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>6)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 3. Changes in pH and color of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various initial pHs heated at 140°C for 30 min in oil-bath**

| Substrate                               | Initial pH | Final pH                  | Color (L, a, b)         |                         |                         |
|---|------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   |            |                           | L <sup>2)</sup>         | a <sup>3)</sup>         | b <sup>4)</sup>         |
| R/HWG 140°C, 30 min, atm. <sup>1)</sup> | 3          | 2.98±0.08 <sup>5)6)</sup> | 27.09±0.57 <sup>a</sup> | 3.74±0.51 <sup>c</sup>  | 30.27±0.83 <sup>a</sup> |
|   | 5          | 5.00±0.01 <sup>d</sup>    | 13.03±2.47 <sup>b</sup> | 9.97±2.11 <sup>b</sup>  | 20.56±3.22 <sup>b</sup> |
|   | 7          | 6.05±0.17 <sup>c</sup>    | 7.18±0.62 <sup>c</sup>  | 17.41±2.43 <sup>a</sup> | 11.45±1.00 <sup>c</sup> |
|   | 9          | 7.59±0.07 <sup>b</sup>    | 0.56±0.06 <sup>d</sup>  | 3.03±0.26 <sup>c</sup>  | 0.84±0.21 <sup>d</sup>  |
|   | 11         | 8.86±0.06 <sup>a</sup>    | 0.02±0.00 <sup>d</sup>  | 0.04±0.03 <sup>c</sup>  | 0.03±0.00 <sup>d</sup>  |

<sup>1)</sup>Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution during heating at 140°C for 30 min under atmospheric condition

<sup>2)</sup>L: degree of lightness

<sup>3)</sup>a: degree of redness

<sup>4)</sup>b: degree of yellowness

<sup>5)</sup>Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>6)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4. Changes in pH and color of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various solvents heated at 140°C for 30 min in oil-bath**

| Substrate                               | Reaction solvent | Initial pH | Final pH                  | Color (L, a, b)        |                        |                         |
|---|------------------|------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|   |                  |            |                           | L <sup>2)</sup>        | a <sup>3)</sup>        | b <sup>4)</sup>         |
| R/HWG 140°C, 30 min, atm. <sup>1)</sup> | D. W             | 9          | 7.59±0.07 <sup>5)6)</sup> | 0.56±0.06 <sup>b</sup> | 3.03±0.26 <sup>b</sup> | 0.84±0.21 <sup>b</sup>  |
|   | 50 % ethanol     | 9          | 8.14±0.01 <sup>a</sup>    | 1.34±0.03 <sup>a</sup> | 5.93±0.16 <sup>a</sup> | 1.75±0.04 <sup>a</sup>  |
|   | 50 % glycerol    | 9          | 6.31±0.23 <sup>c</sup>    | 0.23±0.06 <sup>c</sup> | 0.91±0.45 <sup>c</sup> | -0.19±0.11 <sup>c</sup> |

<sup>1)</sup>Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution during heating at 140°C for 30 min under atmospheric condition(initial pH 9).

<sup>2)</sup>L: degree of lightness

<sup>3)</sup>a: degree of redness

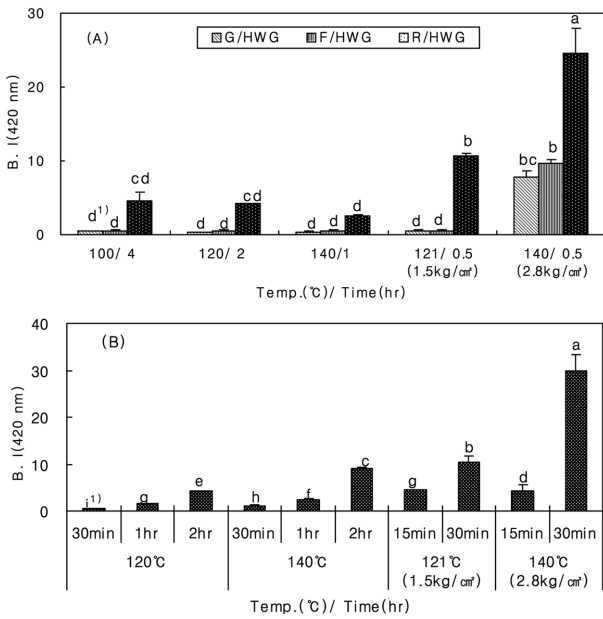
<sup>4)</sup>b: degree of yellowness

<sup>5)</sup>Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>6)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

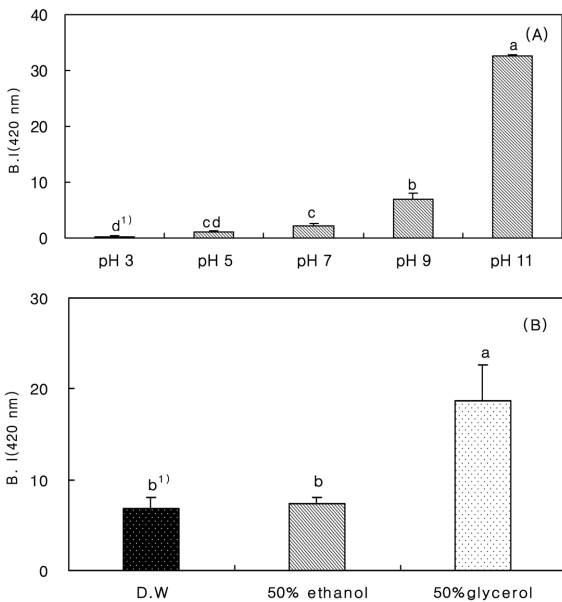
와 140°C에서 15분 반응한 후 갈변도는 약 4.4 정도로 그 수준이 비슷하였으나 30분 반응 후 3배 정도의 갈변도 차이를 나타내었다. R/HWG를 140°C, 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 30분 반응 후에는 갈변도가 24.58로 최대값을 나타냈다. 반응액의 초기 pH 영향은 반응액의 pH가 높아질수록 갈변도가 급격하게 증가하였다 (Fig. 2. A). Ajandouz 등(8)의 연구에서 glucose/lysine과 fructose/lysine의 MRP의 pH가 증가함에 따라 갈변도가 증가하는 사실과

Lertittikul 등(7)의 pH를 8에서 12로 조절한 glucose-PPP의 MRP중 pH 12로 제조된 MRP가 가장 높은 갈변도를 보이는 결과와 유사하였다. 이는 높은 pH에서 형광물질들이 갈색색소를 형성하는 경향이 높다고 보고와도 일치한다. 50% ethanol과 50% glycerol을 반응용매로 하여 반응시킨 후의 갈변도는 각각 7.38, 18.72로 대조구인 증류수를 반응용매로 사용한 것에 비교하였을 때 모두 갈변도가 상승되었고 50% glycerol의 경우 3배 정도 높은 양상을



**Fig. 1.** Changes in browning index of various sugar-hydrolyzed wheat gluten MRPs produced under various conditions. (G/W, Glucose-hydrolyzed wheat gluten solution; F/W, Fructose-hydrolyzed wheat gluten solution; R/W, Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution). Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>1)</sup>Different letters indicate significant difference at the level of *p* < 0.05 between samples.



**Fig. 2.** Changes in browning index of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various initial pHs (A) and solvents (B) heated at 140°C for 30 min in oil-bath. Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>1)</sup>Different letters indicate significant difference at the level of *p* < 0.05 between samples.

보였다(Fig. 2. B). Mustapha 등(11)은 xylose와 lysine의 경우 반응용매가 물보다는 glycerol에서 더 큰 갈변을 보였는데 이러한

결과는 glycerol에 반응물이 녹아서 반응에 직접적으로 관여해 갈변반응의 화학반응경로를 바꾸기보다는 반응속도를 증진시키는 영향을 주는 것과 비슷한 양상을 가지는 것으로 생각된다.

**색도의 변화**

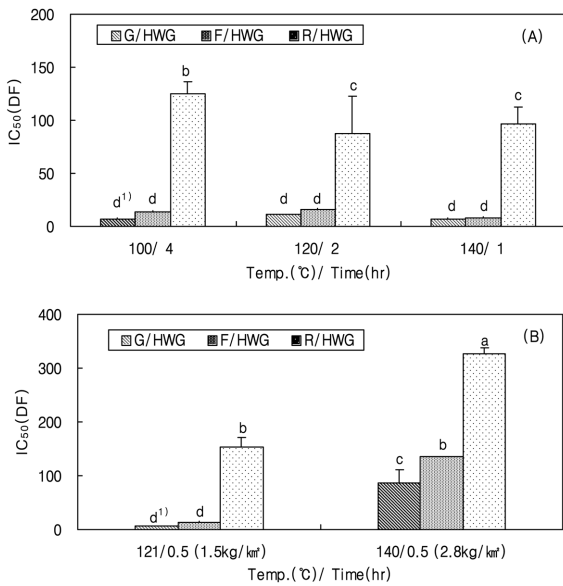
R/HWG의 경우 높은 갈변으로 인해 반응액의 명도가 어두워져 0에 가까운 값을 나타내었으며 온도와 압력의 영향으로 대기압 하의 MRP에 비하여 140°C에서 30분 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 압력 하에서 제조한 G/HWG F/HWG R/HWG가 각각 0.73, 1.83, 0.16으로 L값이 낮아 반응액이 상대적으로 어두운 색을 나타내었다(Table 1). 적색도를 나타내는 a값은 온도에 따라 일정한 경향을 보이지 않았으나 F/HWG를 가압반응기에서 140°C에서 30분 반응시킨 MRP가 10.37로 가장 높은 적색도를 보였고 같은 조건에서 R/HWG를 반응시킨 것이 1.21로 가장 낮았다. 황색도를 나타내는 b값은 대체적으로 R/HWG가 황색도가 낮았다.

반응시간별 색 변화를 측정된 결과(Table 2), L값은 모든 온도에서 반응시간이 증가할수록 감소하였으며 대기압상태보다 가압시 MRP의 L값이 대체적으로 낮게 나타났다. 적색도를 나타내는 a값은 120°C와 140°C에서 30분 반응 후 4.07, 7.35에서 1시간 후 9.90, 11.25로 적색도가 높아졌다가 2시간 반응 후 8.31, 14.5로 감소하는 경향을 보였다. 가압상태에서 121°C와 140°C에서 제조한 MRP는 3.22, 2.70으로 15분 반응시킨 것보다 30분 반응 후 1.60, 1.82로 적색도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 갈변반응이 진행되어 생성물에 의해 적색에서 어두운 색으로 변화된 것으로 판단된다. 또한 b값은 모든 온도와 시간대에서 황색도를 나타내는 +b값을 나타내었고 L값과 비슷하게 반응시간이 증가할수록 감소하였다. Ko 등(3)은 HVP첨가구의 경우 반응시간이 증가함에 따라 L값은 감소한다고 하였는데 이는 마이아르 반응이 활발히 진행되어 갈변도가 높아지고 생성물의 증가로 반응액의 탁도가 높아졌기 때문이라는 결과와 유사하였다. a값과 b값의 경우 반응시간이 증가함에 따라 증가하였다는 결과와는 다소 차이가 있었다.

초기 반응액의 pH에 따른 반응액의 색도 변화는 L값인 명도는 pH 3에서 27.09로, 초기 pH가 증가함에 따라 감소하여 pH 11에서는 0.02로 낮아졌다(Table 3). b값인 황색도 또한 감소하는 경향을 나타내어 pH 3에서 30.27인 것에 반해 pH 11에서 0.03을 나타냈다. pH가 높아질수록 갈변도가 증가하여 이러한 결과가 나타나는 것으로 보인다. 반면 a값인 적색도는 중성범위인 pH 7에서 17.41로 최고 수치를 내었으나 산성과 염기성범위에서는 낮은 수치를 나타내었다. 반응용매에 따른 색도의 변화는 Table 4와 같았다. 증류수의 경우 L값은 0.56, a값은 3.03, b값은 0.84로 나타났으며 50% ethanol은 L값은 1.34, a값은 5.93, b값은 1.75나타났다. 50% glycerol로 반응 후 L값은 0.23, a값은 0.91, b값은 -0.19로 다른 용매 처리구에 비해 L, a, b값이 낮게 나타났다.

**DPPH radical 소거활성**

반응 MRP의 DPPH radical 소거활성에 의한 수용액 계에서의 항산화효과를 검토한 결과는 Fig. 3과 같았다. 당 종류의 영향으로 온도와 압력에 관계없이 모든 조건에서 G/HWG F/HWG의 6탄당의 기질보다 반응성이 큰 5탄당인 ribose를 기질로 한 MRP가 소거활성이 높았다. Lim과 Kim 등(26)의 결과에서 색도를 동일하게 조정하여 MRP의 항산화 효과를 측정된 결과, 5탄당인 xylose와 반응시킨 arginine이 가장 높은 항산화 활성을 보여 당의 경우 pentose가 hexose보다 반응성이 크고 항산화 효과가 매우 크다는 것을 확인하였다. 또한 Benjakul과 Lertittikul 등(16)의 연구에서도 여러 가지 당과 PPP(porcine plasma protein)를 기질로

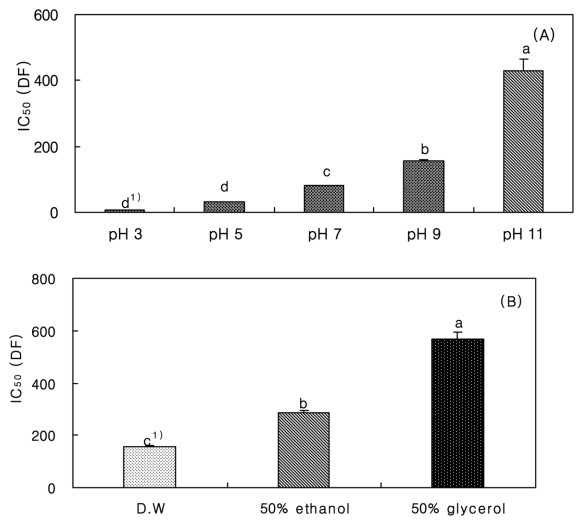


**Fig. 3.** DPPH radical scavenging activity of various sugar-hydrolyzed wheat gluten MRPs produced at atmospheric (A) and high pressure (B) conditions. (G/W, Glucose-hydrolyzed wheat gluten solution; F/W, Fructose-hydrolyzed wheat gluten solution; R/W, Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution). Values represent the mean±SD of three replications.  
<sup>1)</sup>Different letters indicate significant difference at the level of  $p < 0.05$  between samples.

한 연구에서 galactose와 반응시킨 것이 항산화성이 가장 높았고 그 다음으로 fructose, glucose 순으로 나타나 본 연구의 ribose 다음으로 fructose, glucose의 순서의 결과와 유사하였다. 기질 중 R/HWG가 140°C에서 30분 동안 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 압력 하에서 326.8 (DF)로 가장 높은 활성을 보였다. 가압조건에서는 R/HWG 기질로 하였을 때 121°C보다 140°C에서 제조된 MRP가 2배 이상의 소거 활성을 나타내었다.

반응 초기 pH를 3, 5, 7, 9, 11로 하여 반응시킨 R/HWG의 경우 DPPH radical 소거활성은(Fig. 4. A), 반응액이 염기성 영역으로 접근할수록 DPPH radical 소거활성 효과는 향상되었으며 가장 높은 항산화 활성은 IC<sub>50</sub>이 430.3(DF)으로 pH 11에서 나타났다. 이러한 결과는 pH가 높은 상태에서 PPP-glucose model system의 항산화 효과가 극대화되는 결과(7)와 lysine이나 arginine과 같은 염기성 아미노산을 기질로 한 MRP의 항산화활성이 높은 결과에 의해 뒷받침되고 있다(15). Arginine과 lysine 같은 염기성 아미노산과 조합된 MRP는 다른 아미노산들보다 반응초기 pH가 높아 수소기여 능력 등으로 radical 소거에 더 유력한 조건을 가지고 있기 때문으로 판단된다. 따라서 소맥 gluten 산가수분해물을 이용하여 MRP를 제조할 때 반응액의 pH 조건은 반응속도 뿐 아니라 MRP가 나타내는 항산화 효과에 큰 영향을 미치는 중요한 인자로 확인되었다.

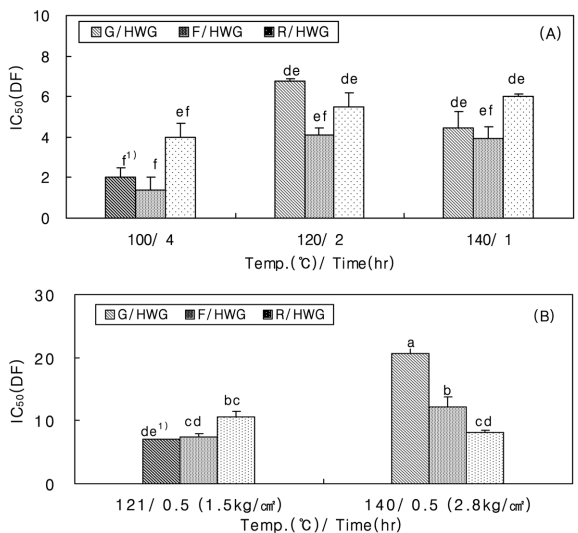
Fig. 4. B는 기질로 선발된 R/HWG를 pH 9의 50% ethanol과 50% glycerol 용액에 용해하여 140°C의 oil-bath에서 30분 반응 후 소거활성을 측정한 것이다. 50% ethanol과 50% glycerol에서 각각 286.3(DF), 566.0(DF)으로 대조구인 증류수가 155.2(DF)인 것에 반해 활성이 증가하였다. 그 중 50% glycerol의 MRP가 가장 높은 소거활성을 보여 증류수에서 반응보다 약 3배 이상 높은 효과를 보였다.



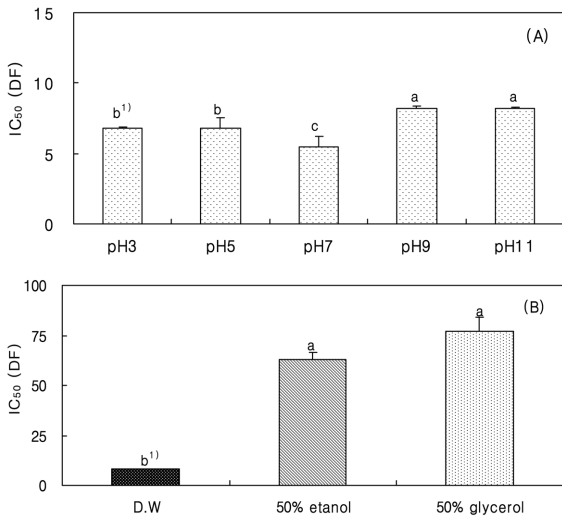
**Fig. 4.** DPPH radical scavenging activity of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various initial pHs (A) and solvents (B) heated at 140°C for 30 min in oil-bath. Values represent the mean±SD of three replications.  
<sup>1)</sup>Different letters indicate significant difference at the level of  $p < 0.05$  between samples.

Hydroxyl radical 소거활성

당 종류의 영향으로 대기압 조건의 100°C와 140°C에서 R/HWG가 120°C에서는 G/HWG가 높은 소거활성을 보인 반면 모든 반응 온도에서 F/HWG의 기질이 hydroxyl radical 소거활성이 낮았다. 가압상태에서 당 종류에 따른 뚜렷한 경향은 없었으며 가장 높은 활성을 보인 기질은 G/HWG로 140°C에서 30분 동안 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 가한 것이 20.7(DF)로 높은 활성을 보였다(Fig. 5). 초



**Fig. 5.** Hydroxyl radical scavenging activity of various sugars-hydrolyzed wheat gluten MRPs produced at atmospheric (A) and high pressure (B) conditions. (G/W, Glucose-hydrolyzed wheat gluten solution; F/W, Fructose-hydrolyzed wheat gluten solution; R/W, Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution). Values represent the mean±SD of three replications.  
<sup>1)</sup>Different letters indicate significant difference at the level of  $p < 0.05$  between samples.



**Fig. 6. Hydroxyl radical scavenging activity of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various initial pHs (A) and solvents (B) heated at 140°C for 30 min in oil-bath. Values represent the mean±SD of three replications.**  
<sup>1</sup>Different letters indicate significant difference at the level of  $p < 0.05$  between samples.

기 pH를 3, 5, 7, 9, 11로 조절 시 중성 영역인 pH 7로 조절하여 제조한 MRP가 5.43(DF)으로 가장 낮은 소거활성을 보였다(Fig. 6. A). DPPH 소거활성에서는 pH 증가에 따라 radical 소거활성이 증가한 것과 달리 중성 상태에서 소거활성이 감소하고 산성과 염기성 상태에서 비교적 높은 활성을 띄었다. pH 9와 pH 11 사이에서 소거활성이 유의적으로 높게 나타났으며 가장 높은 소거활성은 pH 11에서 8.21(DF)로 나타났다. 반응용매로 pH 9로 조절한 50% ethanol과 50% glycerol에 반응시킨 R/HWG의 hydroxyl radical 소거활성은(Fig. 6. B), IC<sub>50</sub>이 증류수를 사용한 대조구가 8.16(DF)인 반면 50% glycerol을 용매로 사용한 MRP가 76(DF)으로 hydroxyl radical 소거 활성이 급격하게 증가하였다.

**관능적 특성**

반응에 적합한 당류를 선정하기 위해 마이야르 반응 후 발생하는 향기의 특성을 검토한 결과, 기질로서 대체적으로 R/HWG가 G/HWG, F/HWG에 비해 구운 고기 냄새에 대한 근접도가 높아졌다(Table 5). 대기압 하의 반응상태보다 압력을 가한 121°C와 140°C에서 강한 탄내와 암모니아 냄새 등의 평가로 오히려 기호도가 저하되는 경향을 나타내었다. Ko 등(3)은 HVP 첨가구의 시간에 따른 향 변화로 황내와 탄내에서 시간이 증가할수록 고기 냄새에 가까워지고 시간이 더 경과될수록 탄내를 나타내어 시간이 증가할수록 관능적 특성이 저하된 바 있다. R/HWG를 140°C에서 1시간 반응 후 mild한 고기 냄새와 약간의 달콤한 향으로 가장 양호하여 다음 단계의 기질과 반응조건으로 선정하였다. 선정된 R/HWG를 반응시간을 세분화하여 반응시킨 결과(Table 6), oil-bath에서 140°C로 반응시킨 MRP구에서 대체적으로 양호한 점수를 나타냈으며 그 중 30분 반응시킨 MRP가 향이 mild한 구운 고기 냄새와 달콤한 향으로 높은 기호성을 나타냈다. Yoon 등(18)은 탈지대두박을 산가수분해한 HVP에 fructose syrup, cystine, methionine, beef fat, MSG 등의 조성물을 첨가해 120°C에서 1시간 반응시켰을 때 MRP의 관능적 특성이 좋았으나 1시간 이후 관능특성이 저하되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 환원당과 아

**Table 5. Sensory evaluation of various sugar-hydrolyzed wheat gluten MRPs heated under atmospheric and high pressure at different temperatures**

| Substrate          | Reaction temp.(°C) /time(hr) | Pressure (kg/cm <sup>2</sup> ) | Preference (score)            |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| G/HWG <sup>1</sup> |                              |                                | 1.67±0.58 <sup>4)(bcd5)</sup> |
| F/HWG <sup>2</sup> | 100/ 4                       | atm.                           | 1.33±0.58 <sup>cd</sup>       |
| R/HWG <sup>3</sup> |                              |                                | 2.67±0.58 <sup>abc</sup>      |
| G/HWG              |                              |                                | 2.33±0.58 <sup>bcd</sup>      |
| F/HWG              | 120/ 2                       | atm.                           | 2.33±1.15 <sup>bcd</sup>      |
| R/HWG              |                              |                                | 1.33±0.58 <sup>cd</sup>       |
| G/HWG              |                              |                                | 2.67±0.58 <sup>abc</sup>      |
| F/HWG              | 140/ 1                       | atm.                           | 2.33±0.58 <sup>bcd</sup>      |
| R/HWG              |                              |                                | 4.00±0.01 <sup>a</sup>        |
| G/HWG              |                              |                                | 3.00±0.01 <sup>ab</sup>       |
| F/HWG              | 121/ 0.5                     | 1.5                            | 1.66±0.58 <sup>bcd</sup>      |
| R/HWG              |                              |                                | 3.00±0.01 <sup>ab</sup>       |
| G/HWG              |                              |                                | 2.67±0.58 <sup>abc</sup>      |
| F/HWG              | 140/ 0.5                     | 2.8                            | 3.00±0.01 <sup>ab</sup>       |
| R/HWG              |                              |                                | 1.00±1.73 <sup>d</sup>        |

<sup>1</sup>)Glucose-hydrolyzed wheat gluten solution  
<sup>2</sup>)Fructose-hydrolyzed wheat gluten solution  
<sup>3</sup>)Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution  
<sup>4</sup>)Values represent the mean±SD of three replications.  
<sup>5</sup>)Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 6. Sensory evaluation of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs heated under atmospheric and high pressure at different times**

| Substrate          | Reaction condition |                                |          | Preference(score)            |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|----------|------------------------------|
|                    | temp.(°C)          | Pressure (kg/cm <sup>2</sup> ) | time(hr) |                              |
| R/HWG <sup>1</sup> | 120                | atm.                           | 0.5      | 2.67±0.52 <sup>2)(ab3)</sup> |
|                    |                    |                                | 1        | 2.14±0.69 <sup>ab</sup>      |
|                    |                    |                                | 2        | 2.67±1.03 <sup>ab</sup>      |
| R/HWG              | 140                | atm.                           | 0.5      | 3.00±0.89 <sup>a</sup>       |
|                    |                    |                                | 1        | 2.83±1.17 <sup>ab</sup>      |
|                    |                    |                                | 2        | 2.50±0.54 <sup>ab</sup>      |
| R/HWG              | 121                | 1.5                            | 0.25     | 2.33±0.52 <sup>ab</sup>      |
|                    |                    |                                | 0.5      | 2.50±0.55 <sup>ab</sup>      |
|                    |                    |                                | 0.25     | 2.33±0.52 <sup>ab</sup>      |
| R/HWG              | 140                | 2.8                            | 0.25     | 2.33±0.52 <sup>ab</sup>      |
|                    |                    |                                | 0.5      | 2.00±0.01 <sup>b</sup>       |
|                    |                    |                                | 0.5      | 2.00±0.01 <sup>b</sup>       |

<sup>1</sup>)Ribose-hydrolyzed wheat gluten solutions  
<sup>2</sup>)Values represent the mean±SD of three replications.  
<sup>3</sup>)Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

미노산이 분해되는 시점까지는 다양한 향미물질이 생성되나 그 후로 마이야르 반응의 중간 및 후기반응이 진행됨에 따라 이미를 나타내는 물질이 증가한다는 보고와 유사한 양상으로 해석된다. 반응온도와 시간을 140°C에서 30분으로 고정하였을 경우, 반응액의 pH와 반응용매가 마이야르 반응생성물의 풍미를 발현시키는 데 미치는 영향을 알아본 결과는 Table 7과 같았다. 초기 pH 3, 5, 7 처리구에서 서로 비슷한 강도를 보였으며 초기 pH가 높아짐에 따라 점점 달콤한 향과 고소한 향의 강도는 증가하였다. pH 3의 MRP는 약간의 달콤한 향이 있었으며 pH 5와 7로 조절하

**Table 7. Sensory evaluation of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various initial pHs heated at 140°C for 30 min in oil-bath**

| Substrate                               | Reaction pH | Preference(score)          |
|---|-------------|----------------------------|
| R/HWG 140°C, 30 min, atm. <sup>1)</sup> | 3           | 2.50±1.00 <sup>2)a3)</sup> |
|   | 5           | 3.25±0.50 <sup>a</sup>     |
|   | 7           | 3.25±1.26 <sup>a</sup>     |
|   | 9           | 3.50±1.00 <sup>a</sup>     |
|   | 11          | 2.75±1.50 <sup>a</sup>     |

<sup>1)</sup>Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution after heating at 140°C for 30 min under atmospheric condition

<sup>2)</sup>Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>3)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

여 생산한 MRP는 구운 고기향으로 평가되었다. pH 9의 MRP가 가장 높은 기호도를 나타내었고 이는 고소한 향, 오징어 향, 새우 향 등의 해산물 냄새와 고기 향으로 평가되었다. 반면 pH 11의 MRP는 탄내가 주요 노트로 나타났다. 따라서 소맥 gluten 산가수 분해물을 기질로 하여 MRP를 생산할 때 가장 최적의 조건은 ribose를 당원으로 하고 pH를 9로 조절하여 oil-bath로 140에서 30분 동안 반응하는 것으로 이 조건에서 가장 최적의 갈변과 향산화활성 및 관능적 기호도를 나타내었다. 이에 대해 높은 pH에서는 아미노산들의 아미노기가 protonation 및 deamination이 쉽게 일어나 암모니아가 많이 생성돼 아미노산보다 먼저 당과 반응해 flavor 생성보다는 갈변화 증가로 반응유도되므로 좋은 flavor를 갖기 위해서 높은 pH에서의 반응을 피해야 한다는 보고도 있다(18).

반응용매를 50% ethanol과 50% glycerol로 처리한 시료와 증류수로 반응시킨 대조구의 관능검사를 실시한 결과는 Table 8과 같았다. 증류수로 제조한 MRP의 경우 고기 향에 근접한 향과 적절한 강도로 높은 관능평가를 받은 반면 50% ethanol을 사용하여 제조한 것에는 간장냄새와 툇 쏘는 향 등의 이취로 평가가 좋지 못하였으며 50% glycerol로 제조한 MRP의 경우에는 고기 향에 근접한 향을 내었으나 향이 강하여 냄새 피로를 쉽게 유발하였다. 따라서 MRP 생성을 위한 최종 기질로 R/HWG를 물을 반응용매로 하여 pH 9에서 140°C, 30분 동안 반응시킨 것을 최적 조건으로 선정하였다.

## 요 약

본 연구는 식물단백 가수분해물(HVP)인 소맥 gluten 산가수분해물과 환원당(glucose, fructose, ribose)을 기본 원료로 하여 여러 가지 반응온도, 반응시간, pH, 반응용매 등 다양한 반응조건 model

**Table 8. Sensory evaluation of ribose-hydrolyzed wheat gluten MRPs with various solvents heated at 140 for 30min in oil-bath**

| Substrate                             | Reaction solvent | Preference(score)          |
|---------------------------------------|------------------|----------------------------|
| R/HWG 140°C 30min, atm. <sup>1)</sup> | D. W             | 3.80±1.30 <sup>2)a3)</sup> |
|                                       | 50% ethanol      | 2.00±0.71 <sup>b</sup>     |
|                                       | 50% glycerol     | 3.20±0.84 <sup>ab</sup>    |

<sup>1)</sup>Ribose-hydrolyzed wheat gluten solution after heating at 140°C for 30 min under atmospheric condition(initial pH 9)

<sup>2)</sup>Values represent the mean±SD of three replications.

<sup>3)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

system 하에서 MRP를 제조하였다. 이와 더불어 이화학적 특성, 향산화 특성, 관능적 특성을 종합적으로 비교하여 meat flavor에 근접하는 적절한 반응조건을 찾고자 하였다.

반응온도와 압력, 시간 등 반응조건이 높아짐에 따라 갈변도와 향산화 활성효과는 증가하였으며 이러한 이화학적 특성과 향산화 활성을 고려하여 관능적 특성이 meat-like flavor에 근접하는 적당한 기질로 ribose/소맥 gluten 산가수분해물로 조합된 MRP를 선정하였다. R/HWG의 고기향 발현에 대한 관능평가 결과를 바탕으로 이에 대하여 반응시간을 세분화한 결과 mild한 고기 냄새와 달콤한 향을 가져 높은 기호성을 나타낸 최적의 반응조건으로 oil-bath에서 140°C, 30분의 온도와 시간을 설정하였다. 선정된 기질과 반응온도를 고정해두고 반응액의 pH가 변화됨에 따른 반응 생성물의 반응성과 향미변화를 관찰하였는데 pH가 높아질수록 갈변도와 향산화 효과 모두 증가하나 pH 11에서 탄내 등을 나타내 관능적 평가가 낮아져 pH 9로 조정하는 것이 가장 좋았으며 풍미가 상당히 개선되었다. 이에 대하여 반응성을 증가시키기 위해 반응용매로 증류수, 50% ethanol, 50% glycerol의 반응용매를 사용한 결과 증류수보다는 50% ethanol, 50% glycerol로 반응 시 DPPH radical 소거율과 hydroxy radical 소거활성이 더 높았으며 50% glycerol을 사용한 경우가 가장 높은 효과를 보였다. 그러나 관능평가에서 50% ethanol 사용 시 간장냄새와 다른 이취가 높았고 50% glycerol은 고기 향에 근접하였으나 높은 강도로 인해 기호도가 높지 않았다. 본 연구에서는 최종적으로 ribose/소맥 gluten 산가수분해물 반응계를 이용하여 물을 반응용매로 하여 pH 9로 조절하여 140°C, 30분 동안 반응시킨 것이 고기향에 근접한 향의 발현에 가장 좋은 조건으로 선정되었다.

## 문 헌

1. Angelini P, Forss DA, Bazinet ML, Merrit Jr C. Methods of isolation and identification of volatile compounds in lipids. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 44: 26 (1967)
2. Nawar WW, Fagerson IS. Directs gas chromatographic analysis as an objective method of flavor measurement. *Food Technol-Chicago.* 16: 107 (1962)
3. Ko SN, Nam HS, Kim WJ. Development of meat-like flavor by maillard reaction with addition of natural flavoring materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 839-846 (1997)
4. Ko SN, Yoon SH, Yoon SK, Kim WJ. Development of meat-like flavor by maillard reaction of model system with amino acids and sugars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 827-838 (1997)
5. Yoo SS. Reaction flavor technique for generation of food flavor. *Food Indus. Nutr.* 6: 27-32 (2001)
6. Chun YH, Kim CK, Kim WJ. Effects of temperature, pH, and sugars on kinetic property of maillard reaction. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18: 55-60 (1986)
7. Lertittikul W, Benjakul S, Tanaka M. Characteristics and antioxidative activity of maillard reaction products from a porcine plasma protein-glucose model system as influenced by pH. *Food Chem.* 100: 669-677 (2007)
8. Ajandouz EH, Tchiakpe LS, Dalle OF, Benajiba A, Puigserver A. Effects of pH on caramelization and maillard reaction kinetics in fructose-lysine model system. *J. Food Sci.* 66: 926-931 (2001)
9. Shen SC, Wu JSB. Maillard browning in ethanolic solutions. *J. Food Sci.* 69: 273-279 (2004)
10. Shen SC, Tseng KC, Wu JSB. An analysis of maillard reaction products in ethanolic glucose-glycine solution. *Food Chem.* 102: 281-287 (2007)
11. Mustapha WAW, Hill SE, Blanshard JMV, Derbyshire W. Maillard reactions: Do the properties of liquid matrices matter. *Food Chem.* 62: 441-449 (1998)
12. Cerny C, Guntz-Dubini R. Role of the solvent glycerol in the maillard reaction of d-fructose and l-alanine. *J. Agr. Food Chem.*



- 54: 574-577 (2006)
13. Tan BK, Harris ND. Maillard reaction products inhibit apple polyphenoloxidase. *Food Chem.* 53: 267-273 (1995)
  14. Lee MK, Park IS. Inhibition of potato polyphenol oxidase by maillard reaction products. *Food Chem.* 91: 57-61 (2005)
  15. Maillard MN, Billaud C, Chow YN, Ordonaud C, Nicolas J. Free radical scavenging inhibition of polyphenoloxidase activity and copper chelating properties of model maillard systems. *Food Sci. Technol.* 40: 1434-1444 (2007)
  16. Benjakul S, Lertittikul W, Bauer F. Antioxidant activity of maillard reaction products from a porcine plasma protein-sugar model system. *Food Chem.* 93: 189-196 (2005)
  17. Manley CH, Ahmed S. The development of process flavor. *Trends Food Sci. Technol.* 6: 46-51 (1995)
  18. Yoon SH, Lee JK, Nam HS, Lee HJ. Formation of meatlike flavors by maillard reaction using hydrolyzed vegetable protein. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 781-786 (1994)
  19. Kim DS, Kim JS. Manufacturing of meat flavor extract used for browning reaction. *Korean J. Food. Nutr.* 17: 313-321 (2004)
  20. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 28: 25-30 (1995)
  21. Halliwell B, Gutteridge JMC, Aruoma OI. The deoxyribose method: A simple test tube assay for determination of rate constant for reaction of hydroxy radicals. *Anal. Biochem.* 165: 215-219 (1987)
  22. Morales FJ, Jimenez-Perez S. Free radical scavenging capacity of maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chem.* 72: 119-125 (2001)
  23. Ames JM. Applications of the maillard reaction in food industry. *Food Chem.* 62: 431-439 (1998)
  24. Spark AA. Role of amino acids in non-enzymatic browning. *J. Sci. Food Agr.* 20: 308-316 (1969)
  25. Naranjo GB, Malec LS, Vigo MS. Reducing sugars effect on available lysine loss of casein by moderate heat treatment. *Food Chem.* 62: 309-313 (1998)
  26. Lim WY, Kim JS, Moon GS. Antioxidative effect and characteristics of different model melanoidins with same color intensity. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 1045-1051 (1997)