

## 감마선 조사 미역귀(*Undaria pinnatifida* Sporophyll) 열수추출물을 첨가한 초콜릿의 품질 및 항산화 활성

김다미 · 김경희 · 육홍선<sup>†</sup>  
충남대학교 식품영양학과

### Quality Characteristics of Chocolate with Added Hot Water Extracts of *Undaria pinnatifida* Sporophylls under Gamma Irradiation

Da-Mi Kim, Kyoung-Hee Kim, and Hong-Sun Yook<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

#### Abstract

The objectives of this study were to find the optimal mixing conditions and evaluate the antioxidant activity of chocolate with both non-irradiated and gamma-irradiated (50 kGy) hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophylls (WEUS) at weight percentages of 0, 1, 3, and 5%. The moisture content of the WEUS chocolate was significantly higher than that of the control. On the other hand, the pH of chocolate had a tendency to decrease with the addition of WEUS, but there were no significant differences between non-irradiated and gamma-irradiated samples of the same concentrations. The lightness (L) value and yellowness (b) value decreased significantly with the addition of WEUS powder. However, the redness (a) value increased as the concentration increased. The hardness increased on the addition of WEUS powder, and gamma-irradiated chocolates were higher than non-irradiated chocolates. As the amount of WEUS powder increased, DPPH radical scavenging activity and total polyphenol content increased. The DPPH radical scavenging activity of gamma-irradiated groups was also higher than that of non-irradiated groups. The aroma, taste, sweetness, and overall acceptability of chocolate were significantly higher in the chocolate containing 1% WEUS powder. These results indicate that gamma-irradiated 1% WEUS chocolate was optimal.

**Key words:** *Undaria pinnatifida* sporophyll, hot water extracts, chocolate, quality characteristics, antioxidative effect

#### 서 론

경제성장과 더불어 건강한 삶을 위한 현대인의 관심은 최근 건강식품이나 기능성식품의 소비 증대를 일으켰다. 또한 현대인들의 서구적인 식습관이 각종 질병의 원인이 되어감에 따라 다양한 생리 화학적 효과가 있는 식물성 식품을 첨가한 가공품이 각광받고 있다.

미역귀(*Undaria pinnatifida* sporophyll)는 갈조류의 곤포과에 속하는 1년생 해조류로서 칼슘, 칼륨, 철분, 요오드 등의 무기질 성분 및 각종 비타민 등의 영양성분과 정미성분이 함유되어 있다(1,2). 미역귀는 열량이 낮고 지방함량이 적어 다이어트에 적합하며 식이섬유가 풍부해 콜레스테롤을 낮춰주고 변비를 예방해준다. 또한 미역에 들어있는 점질물과 다당류는 콜레스테롤의 체내 흡수를 방해하며, 농약 등으로 오염된 식품 중의 중금속을 흡착 배설하는 효과가 있다. 갈조류 세포막의 중요 구성성분인 alginic acid는 D-mannuronic acid와 L-glucuronic acid의 혼성중합체로 콜레스테롤

배출작용 및 Cd, Sr의 체내 흡수억제와 정장작용이 있는 식이섬유로 알려져 있다(3,4).

초콜릿은 테오브로마 카카오나무(*Theobroma cacao*)의 종실에서 얻은 숙성한 카카오 콩을 볶은 뒤 이를 갈아서 만든 카카오 매스와 지방 성분만으로 만들어진 코코아 버터를 혼합하여 가공한 후, 코코아원료에 식품 또는 식품첨가물 등을 가하여 가공한 것으로서 코코아고형분 함량 35% 이상(코코아버터 18% 이상, 무지방 코코아고형분 14% 이상)인 것을 말한다(5). 초콜릿은 고칼로리와 높은 포화지방산의 함량으로 인해 부정적으로 인식되었으나 최근 코코아 버터와 초콜릿을 이용한 동물실험과 임상 실험 결과, 정상적 섭취 또는 과잉섭취라 할지라도 고혈압과 동맥경화증의 원인이 되는 혈청 총 콜레스테롤과 젓산 탈수소효소가 증가하지 않는 것이 증명되었다(6). 이밖에 다른 연구에서도 카카오 버터의 포화지방산 중 34%를 차지하는 스테아르산은 다른 지방산에 비해 혈중 콜레스테롤을 증가시키지 않음이 밝혀졌다(7).

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr  
Phone: 82-42-821-6840, Fax: 82-42-821-8887

사람이 이용하는 산소의 일부는 유해한 활성산소가 되어 조직 손상과 각종 질병의 발생 원인이 되어 노화나 발암, 동맥경화, 뇌·심장혈관계 장애까지 발생시킨다고 연구되어 있다(8-10). 이러한 문제에 있어 기존의 산화방지제 외에 경구적으로 섭취하는 항산화물질의 효과·효능 등이 최근 주목을 받고 있으며, 최근 코코아의 산화 방지 효과를 총 폴리페놀 함량, DPPH 및 ABTS radical 소거능으로 평가하였을 때 녹차나 포도주보다 높다고 보고되어 있다(11).

식품에 대한 방사선 조사는 원료물질로부터 어떤 화학적 과정을 거쳐 목적물질을 얻는 경우에 추출수율을 높이기 위해 사용되며, 미생물에 대한 살균효과와 동시에 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질을 유지하게 하는 것에 목적을 둔다(12). 감마선 조사기술은 식품의 저장 중 영양 및 관능적인 품질 저하 없이 병원성, 부패성 미생물을 없애는 효율적인 방법으로 알려져 있다(13). 또한 방사선 조사는 식품 내 잔류 독성이 없어 식품원래의 품질을 유지시킴과 함께 여러 긍정적인 효과가 보고되어 있다(14).

따라서 본 연구는 국내 연안에서 대량 생산되지만 폐기되고 있는 갈조류의 일종인 미역의 포자엽 부분인 미역귀의 이용성 증진을 위한 연구의 일환으로 50 kGy 감마선 조사된 미역귀 열수추출물을 첨가한 초콜릿을 제조하여 품질 특성 및 항산화 효과를 살펴 식품개발로서의 이용 가능성을 검토해보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 미역귀는 부산광역시 기장읍에서 구입하여 열수추출에 사용하였다. 초콜릿은 유통 중인 속이 비어 있는 원형 초콜릿의 외형(shell, dark chocolate)에 내부(inner, white chocolate)로 (주)제원인터내셔널(Jewon International Corp., Seoul, Korea) 제품을 사용하였고, 생크림은 남양유업(주)(Namyang Dairy Product Co., Ltd., Seoul, Korea) 제품을 시중에서 구입하여 사용하였다.

### 열수추출 및 감마선 조사

미역귀 열수추출은 Kwak 등(15)의 연구를 응용하여 적용하였다. 미역귀 10 g(dry weight)에 증류수 100 mL를 가하여 50 kGy로 감마선 조사 후 2시간 동안 100°C에서 환류 추출하였고, 이를 여과(Whatman, No.4)한 후 동결건조기

(SFDSM12-60Hz, Samwon, Seoul, Korea)를 이용하여 건조시켜 본 실험에 사용하였다. 미역귀 열수추출물(WEUS, powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll)의 수율을 측정된 결과, 감마선 조사를 50 kGy 하였을 때의 수율이 비조사구의 수율인 6.12%에 비해 2.31 배 높은 14.13%인 것을 확인할 수 있었으므로, 산업적 부가가치 창출의 가능성을 보아 본 실험에서 초콜릿에 적용하여 실험해보았다. 감마선의 조사는 한국원자력연구원 방사선 과학연구소(Jeongeup, Republic of Korea)내 선원 11.1 PBq, <sup>60</sup>Co 감마선 조사시설(point source AECL, IR-777 MDS Nordion International Co., Ltd., Ottawa, Canada)을 이용하여 실온(22±1°C)에서 시간당 10 kGy의 선량률로 50 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. 비조사구인 0 kGy는 동일한 온도효과를 얻기 위하여 감마선 조사시설 외부에 보관하였고, 조사 직후 조사 처리구와 함께 4°C 냉장고에 저장하였다.

### 초콜릿의 제조

미역귀 초콜릿의 제조를 위한 배합비는 Table 1과 같다. Shell은 dark chocolate을 부순 후 50°C에서 증탕시키고 mold에 부어 상온에서 약간 식힌 후 중간부분의 초콜릿을 약간 털어내었다. Inner는 white chocolate을 부순 후 50°C에서 증탕시키고 살짝 끓인 생크림, 미역귀 분말을 0%(0 g), 비조사구 및 조사구 각각 1%(1 g), 3%(3 g), 5%(5 g)씩 첨가하여 충분히 저어가며 만든 후 셀 안에 2/3가량 채운 후 4°C에서 한 시간 가량 굳혀 초콜릿을 제조하였다(16).

### 수분함량

미역귀 초콜릿의 수분함량은 시료 약 3 g을 AOAC(17)의 표준법에 준하여 105°C 상압가열건조법으로 정량하였으며, 각 실험에서 3회 반복하여 얻은 값을 평균값과 표준편차로 나타내었다.

### pH

미역귀 초콜릿의 pH는 초콜릿 5 g에 증류수 45 mL를 넣어 충분히 교반시킨 용액을 pH meter(PH-220L, iSTEK, Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 상온에서 5회 반복 측정하였다.

### 색도

균일하게 섞인 각각의 초콜릿 15 g을 색차계(ND-300A,

Table 1. Formulation of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Samples	Control (%)	WEUS <sup>1)</sup> by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	1	3	5	1	3	5
WEUS	0	1	3	5	1	3	5
Dark chocolate (shell)	50	50	50	50	50	50	50
White chocolate (inner)	40	39	37	35	39	37	35
Fresh cream	10	10	10	10	10	10	10
Total	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup>WEUS means powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll.

Nippon Denshoku, Tokyo, Japan)로 측정하여 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)으로 나타내었다. 이때 표준 백판의 L, a, b 값은 97.13, -0.23, 0.46이었다.

**경도**

제조한 초콜릿의 경도는 texture analyzer(TA-XT2, SMS, Surrey, England)로 측정하였으며, 각 실험군 별로 10회 반복하여 측정한 값의 평균값과 표준편차로 나타내었다. Inner로 쓰인 부재료가 첨가된 ganache를 2×2×1 cm로 잘라 절단면을 압착하였을 때 얻어지는 force distance curve로부터 시료의 T.P.A(texture profile analysis)를 컴퓨터로 분석하여 그 결과로부터 각 시료의 경도를 나타내었다. 측정시의 조건은 option TA, pre test speed 2.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post test speed 2.0 mm/sec, 압축 시 변형률(stain)은 70%로 직경이 2 mm인 알루미늄 원통형 probe P2를 장착하여 측정하였다.

**총 페놀함량**

총 페놀함량은 Folin-Ciocalteu법에 준하여 측정하였다(18). 증류수에 50 mg/mL로 교반(150 rpm, 2 hr, 25°C) 후 원심분리(3000 rpm, 10 min)한 상등액이나 표준물질(gallic acid: Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 0.2 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 시약(Sigma Chemical Co.)과 증류수를 1:2로 섞은 혼합액 0.2 mL을 첨가한 후 3분 후 10% 후 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 3 mL을 첨가하여 교반하고 상온에서 60분 동안 정치시켰다. 정치한 후 UV/Vis-spectrophotometer(Shimadzu UV-1800, SHIMADZU Co., Kyoto, Japan) 증류수에 5765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid로 검량곡선을 작성하여 계산하였으며 1 g에 대한 mg gallic acid equivalents(GAE)로 나타내었다.

**DPPH 라디칼 소거능**

Blois의 방법(19)에 의해 항산화 활성을 측정하였다. 미역귀 첨가군은 methanol에 50 mg/mL로 2시간 진탕 추출한 시료 1 mL에 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 가한 뒤 볼텍싱하고 상온에서 30분간 방치한 후 UV/Vis-spectrophotometer(Shimadzu UV-1800)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 같은 조건에서 시료 대신 methanol을 이용하여 실험한 후 흡광도를 측정하였으며 아래와 같은 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} =$$

$$\left(1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{control absorbance}}\right) \times 100$$

**관능평가**

미역귀 초콜릿의 관능평가는 20대 남녀 대학생 및 대학원생 22명을 패널로 선정된 뒤 이루어졌다. 각 시료마다 무작위로 조합된 3자리 숫자가 주어졌으며, 동일크기로 자른 후 시료의 번호가 코팅된 흰색 폴리에틸렌 일회용 접시에 담아서 제공하였고, 한 개의 시료를 먹고 난 뒤 물로 헹군 후 평가하도록 하였다. 평가항목은 초콜릿의 색(color), 미역귀 향미(*U. pinnatifida* aroma), 미역귀 맛(*U. pinnatifida* taste), 딱딱함(hardness), 달콤함(sweetness), 조직감(texture)에 대하여 매우 강할수록 7점, 매우 약할수록 1점을 표시하도록 하고, 선호도는 초콜릿의 색(color), 향미(smell), 맛(taste), 딱딱함(hardness), 달콤함(sweetness), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall acceptability)로 선호도가 가장 높을수록 7점, 선호도가 가장 낮을수록 1점을 표시하도록 하였다.

**통계처리**

본 실험의 모든 실험은 3회 이상 반복 측정 후 그 결과는 통계 분석용 프로그램인 SPSS Statistics 18.0 Network Version(on release 18.0.1 of PASW Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**수분함량**

미역귀 열수추출 분말을 첨가하여 제조한 초콜릿의 수분함량은 Table 2와 같다. 대조구는 11.91로 가장 낮은 값을 나타내었고, 대조구와 유의적으로 비조사 5% 첨가구에서 15.24%로 가장 높은 값을 나타내었으며, 미역귀 열수추출 분말을 첨가할수록 수분함량이 증가함을 보였으나 실험구간의 유의성은 보이지 않았다. 조사 첨가구에서는 첨가량 증가에 따른 일정한 경향을 보이지 않았으며, 비조사 및 조사 첨가구에서의 유의성 또한 나타나지 않았다. 첨가량의 증가에 따라 수분함량이 증가하는 것은 미역귀 분말을 첨가할수록 미역귀 내 식이섬유소의 수분결합력으로 인한 보수성 때문인 것으로 사료된다(20,21).

**pH 측정**

미역귀 열수추출 분말을 첨가한 ganache의 pH는 Table

**Table 2.** The moisture content of chocolate added with hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Samples	Control (%)	WEUS <sup>1)</sup> by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	1	3	5	1	3	5
Moisture content (%)	11.91 ± 1.72 <sup>2)3)</sup>	13.97 ± 0.69 <sup>a</sup>	14.62 ± 0.83 <sup>a</sup>	15.24 ± 0.22 <sup>a</sup>	13.92 ± 0.23 <sup>a</sup>	14.94 ± 0.12 <sup>a</sup>	14.54 ± 0.36 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>WEUS means powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll.

<sup>2)</sup>Mean ± SD (n=3).

<sup>3)</sup>Different letters (a,b) within a same row differ significantly (p<0.05).

Table 3. The pH of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Samples	Control (%)	WEUS <sup>1)</sup> by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	1	3	5	1	3	5
pH	6.87±0.02 <sup>2)a3)</sup>	6.83±0.01 <sup>b</sup>	6.77±0.01 <sup>c</sup>	6.67±0.02 <sup>d</sup>	6.85±0.02 <sup>ab</sup>	6.78±0.02 <sup>c</sup>	6.64±0.03 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>WEUS means powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=5).

<sup>3)</sup>Different letters (a-d) within a same row differ significantly (p<0.05).

3에 나타내었다. 비조사구 및 조사구 모두 미역귀 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 비조사 및 조사 첨가구 사이의 비교에서는 조사구가 높았던 1% 첨가구를 제외한 실험구에서 유의차를 보이지 않았다. 또한 대조구의 pH는 6.87로 가장 높았으며 조사 5% 첨가구의 pH가 6.64로 가장 낮았다. 이는 실험에 사용된 미역귀의 산성 다당류의 영향으로 ganache의 pH에 영향을 미친 것으로 사료된다(1,22,23). 다시마를 이용하여 제조한 쿠키의 pH를 측정할 실험에서도 첨가량에 따라 pH가 감소하며 유사한 결과를 나타내었다(24).

#### 색도 측정

미역귀 열수추출 분말 첨가 ganache의 색도는 Table 4와 같다. L값(lightness)은 73.89로 대조구에서 가장 높았고, 비조사구 및 조사구 모두 분말 첨가 농도가 증가할수록 L값이 유의적으로 낮아지는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 버찌 분말(25), 소청롱탕 한약 농축분말(26)을 첨가한 초콜릿에서 첨가 수준이 증가할수록 명도 값이 감소하는 경향과 같은 결과를 보였다. 시료의 적색도를 나타내는 a값(redness)은 조사 5% 첨가구에서 0.83으로 가장 높게 나타났으며, 대조구에서 -4.16으로 가장 낮게 나타났다. 비조사구와 비교하여 조사구에서 유의적으로(p<0.05) 높았으며, 첨가량이 증가할수록 a값이 높아지는 경향을 보였다. 또한 b값(yellowness)은 대조구에서 20.24를 나타내었으며 비조사 5% 첨가구에서 19.35로 가장 낮았으며, 전반적으로 미역귀 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 이는 해조류의 일종인 다시마로 쿠키

를 제조하여 색도 평가를 했을 시 9% 첨가군에서 a값이 유의적으로 특성이 강한 경향을 나타내며, b값에서 첨가량이 적은 3%와 대조군에서 높은 수치를 나타내는 것과 유사하였다(24).

#### 경도 측정

초콜릿 제조 시 미역귀 열수추출 분말 첨가에 따른 ganache의 경도는 Table 5와 같다. 미역귀 열수추출 분말 1% 첨가구에서는 비조사구 및 조사구 각각 18.96, 20.92로 낮은 경도를 나타냈으며, 5% 첨가구에서는 각각 35.10, 35.37로 높은 값을 나타내며 첨가량의 증가에 따라 높은 경도를 보였다. 이는 미역귀에 들어있는 섬유소로 인해 첨가량이 증가할수록 높은 값을 나타내는 것으로 사료된다. 해조류의 일종인 다시마 분말 첨가 쿠키(24)와 클로렐라 분말 쿠키(27)에서도 분말 첨가량이 증가할수록 쿠키의 경도가 높아졌다고 보고된 바 있다.

#### 총 페놀함량

미역귀 열수추출 분말 첨가 초콜릿의 총 페놀 함량을 분석한 Fig. 1에 나타내었다. 초콜릿의 폴리페놀은 항산화력에 영향을 주는 원인 중 하나이고 카테킨 함량은 적포도주나 녹차보다 그 함량이 높다고 보고된 바 있다(11). 비조사 1% 첨가구의 페놀 함량은 1.08 mg/g으로 가장 낮게 나타났고, 조사 5% 첨가구의 값은 2.34 mg/g으로 가장 높게 나타났으며 유의적 차이를 보이며 조사구 값이 비조사구보다 높게 나타났다. Jeong 등(28)은 감귤 과피에 존재하는 polyphenol 화합물이 원적외선에 의해 절단된 후 유리되어 페놀 함량이

Table 4. Hunter's color values of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Color values	Control (%)	WEUS <sup>1)</sup> by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	1	3	5	1	3	5
L (lightness)	73.89±0.41 <sup>2)a3)</sup>	67.46±0.15 <sup>c</sup>	60.24±0.21 <sup>e</sup>	54.21±0.39 <sup>g</sup>	68.15±0.60 <sup>b</sup>	61.39±0.44 <sup>d</sup>	56.28±0.15 <sup>f</sup>
a (redness)	-4.16±0.43 <sup>g</sup>	-3.63±0.07 <sup>f</sup>	-2.51±0.19 <sup>e</sup>	-2.04±0.11 <sup>d</sup>	-1.52±0.42 <sup>c</sup>	-0.33±0.11 <sup>b</sup>	0.83±0.13 <sup>a</sup>
b (yellowness)	20.24±2.25 <sup>a</sup>	20.31±3.23 <sup>a</sup>	19.78±0.49 <sup>b</sup>	19.35±0.08 <sup>c</sup>	20.09±0.52 <sup>ab</sup>	19.89±0.25 <sup>b</sup>	19.84±0.10 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>WEUS means powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=10).

<sup>3)</sup>Different letters (a-g) within a same row differ significantly (p<0.05).

Table 5. Hardness of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Hardness (g)	Control (%)	WEUS <sup>1)</sup> by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	1	3	5	1	3	5
Hardness (g)	25.35±3.14 <sup>2)b3)</sup>	18.96±2.02 <sup>c</sup>	25.10±3.94 <sup>b</sup>	35.10±6.04 <sup>a</sup>	20.92±1.55 <sup>c</sup>	25.70±3.87 <sup>b</sup>	35.37±3.18 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>WEUS means powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=10).

<sup>3)</sup>Different letters (a-c) within a same row differ significantly (p<0.05).

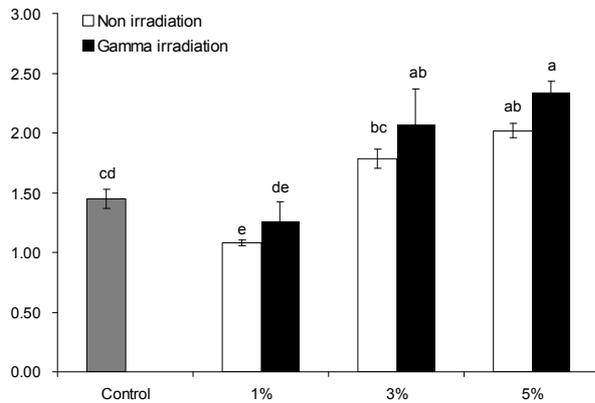


Fig. 1. The polyphenol content of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll. <sup>a-c</sup>Values with different superscript letters in the same solvent are significantly different ( $p < 0.05$ ).

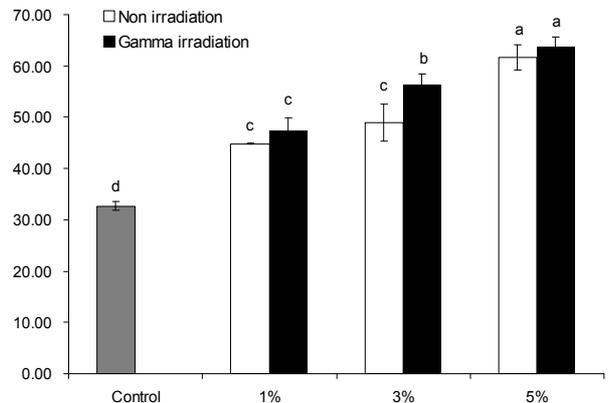


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll. <sup>a-d</sup>Values with different superscript letters in the same solvent are significantly different ( $p < 0.05$ ).

증가되었다고 보고하였다. 본 실험에서도 해조류에 존재하는 polyphenol이 감마선 조사에 의해 절단되어 페놀 함량이 증가된 것으로 사료된다. 또한 Pyo 등(29)의 연구에서는 polyphenol 함량이 전자공여능 증가에 중요한 역할을 한다고 보고하였으며, Kim과 Chung(30) 역시 전자공여능과 총 polyphenol 함량과는 높은 상관관계를 가진다고 보고하였다. 따라서 감마선 조사한 미역귀 열수추출 분말 첨가 초콜릿은 높은 항산화능을 가지는 기호품으로 이용가치가 높을 것으로 사료된다.

DPPH 라디칼 소거능

감마선 조사의 유무와 첨가량에 따른 항산화 활성을 알아보기 위하여 DPPH 라디칼 소거능을 Fig. 2에 나타냈다. 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 높은 항산화 활성을 나타내었으며 실험구 중 조사 5% 첨가구에서 63.78%로 가장 높은 항산화능을 보였고, 같은 첨가량에서 비교해 보았

을 때 조사구가 비조사구보다 높은 경향을 보였다. 이는 소목 추출물과 로즈마리에 감마선 조사 시 비조사구에 비해 유의적으로 라디칼 소거능이 증가한다고 보고한 결과와 일치한다(31,32). 또한 비조사구 및 조사구 모두 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 높아진 것으로 보아 항산화 활성의 증가는 항산화 활성을 나타내는 성분인 총 폴리페놀 성분과 fucoidan 등과 같은 생리활성물질의 증가에 의한 것으로 사료되었다(22,33).

관능평가

미역귀 열수추출 분말을 첨가하여 제조한 초콜릿의 관능검사는 특성과 선호도 항목으로 나누었다. 관능평가 실시는 20대 남녀 대학생 및 대학원생 22명을 패널로 선정된 뒤에 동일 크기로 잘린 시료에 무작위로 조합된 3자리 숫자가 주어졌고 결과는 Table 6과 같다. 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 유의성 있게 색깔의 특성을 강하게 느꼈다.

Table 6. Sensory test of chocolate added with hot water extracts powder from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Sensory characteristics	Control (%)	WEUS <sup>1)</sup> content by non irradiation (%)			WEUS content by gamma irradiation (%)			
	0	1	3	5	1	3	5	
Intensity	Color	2.82 ± 1.59 <sup>3)4)</sup>	3.90 ± 0.79 <sup>c</sup>	5.00 ± 1.10 <sup>ab</sup>	5.74 ± 1.59 <sup>a</sup>	4.11 ± 0.88 <sup>c</sup>	4.37 ± 0.90 <sup>bc</sup>	5.63 ± 1.01 <sup>a</sup>
	UPS <sup>2)</sup> aroma	2.33 ± 1.37 <sup>e</sup>	3.06 ± 1.18 <sup>de</sup>	4.28 ± 1.64 <sup>bc</sup>	5.42 ± 1.71 <sup>a</sup>	2.81 ± 1.17 <sup>de</sup>	3.47 ± 1.43 <sup>cd</sup>	4.61 ± 1.79 <sup>ab</sup>
	UPS taste	2.55 ± 1.64 <sup>e</sup>	3.95 ± 0.85 <sup>d</sup>	5.00 ± 1.03 <sup>bc</sup>	6.35 ± 1.11 <sup>a</sup>	2.95 ± 1.13 <sup>e</sup>	4.37 ± 1.26 <sup>cd</sup>	5.65 ± 1.27 <sup>ab</sup>
	Hardness	4.42 ± 0.96 <sup>a</sup>	2.95 ± 0.99 <sup>c</sup>	3.42 ± 0.80 <sup>bc</sup>	3.84 ± 0.97 <sup>ab</sup>	3.32 ± 0.87 <sup>bc</sup>	3.33 ± 0.81 <sup>bc</sup>	3.71 ± 0.94 <sup>b</sup>
	Sweetness	4.89 ± 1.23 <sup>a</sup>	4.28 ± 1.14 <sup>ab</sup>	3.67 ± 0.87 <sup>bc</sup>	2.60 ± 1.41 <sup>d</sup>	4.43 ± 0.70 <sup>a</sup>	3.05 ± 0.78 <sup>cd</sup>	2.47 ± 0.80 <sup>d</sup>
	Texture	4.65 ± 1.14 <sup>a</sup>	3.50 ± 0.63 <sup>b</sup>	3.50 ± 0.89 <sup>b</sup>	3.89 ± 0.96 <sup>b</sup>	3.35 ± 0.91 <sup>b</sup>	3.59 ± 0.51 <sup>b</sup>	3.95 ± 0.97 <sup>b</sup>
Acceptability	Color	5.14 ± 1.56 <sup>a</sup>	4.52 ± 1.17 <sup>ab</sup>	3.40 ± 0.88 <sup>cd</sup>	3.05 ± 1.39 <sup>d</sup>	4.70 ± 1.30 <sup>a</sup>	3.90 ± 1.22 <sup>bc</sup>	3.15 ± 0.75 <sup>cd</sup>
	Smell	4.30 ± 1.08 <sup>a</sup>	4.05 ± 0.94 <sup>ab</sup>	3.38 ± 1.12 <sup>bc</sup>	2.71 ± 1.71 <sup>c</sup>	4.52 ± 0.75 <sup>a</sup>	3.81 ± 1.17 <sup>ab</sup>	3.95 ± 1.19 <sup>ab</sup>
	Taste	4.05 ± 1.66 <sup>b</sup>	4.10 ± 1.48 <sup>b</sup>	3.05 ± 1.19 <sup>c</sup>	1.74 ± 1.10 <sup>d</sup>	5.35 ± 1.09 <sup>a</sup>	3.60 ± 1.43 <sup>bc</sup>	2.21 ± 1.13 <sup>d</sup>
	Hardness	4.47 ± 0.96 <sup>a</sup>	3.85 ± 0.88 <sup>bc</sup>	3.75 ± 0.97 <sup>b</sup>	3.63 ± 1.12 <sup>b</sup>	4.05 ± 0.97 <sup>ab</sup>	3.58 ± 0.69 <sup>b</sup>	3.53 ± 0.96 <sup>b</sup>
	Sweetness	4.57 ± 1.25 <sup>a</sup>	4.14 ± 1.28 <sup>ab</sup>	3.05 ± 1.12 <sup>cd</sup>	2.52 ± 1.57 <sup>d</sup>	4.81 ± 0.81 <sup>a</sup>	3.43 ± 1.40 <sup>bc</sup>	2.86 ± 1.62 <sup>cd</sup>
	Texture	4.33 ± 1.24 <sup>a</sup>	3.33 ± 1.15 <sup>bc</sup>	3.71 ± 0.85 <sup>ab</sup>	2.90 ± 1.37 <sup>c</sup>	3.90 ± 0.94 <sup>ab</sup>	3.62 ± 1.07 <sup>abc</sup>	3.43 ± 1.25 <sup>bc</sup>
	Overall acceptability	4.48 ± 1.57 <sup>ab</sup>	4.00 ± 1.48 <sup>b</sup>	2.95 ± 1.07 <sup>c</sup>	1.83 ± 1.34 <sup>d</sup>	5.14 ± 0.91 <sup>a</sup>	3.78 ± 1.44 <sup>b</sup>	2.32 ± 1.16 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup>WEUS means powder with hot water extract of *Undaria pinnatifida* sporophyll.

<sup>2)</sup>UPS means *Undaria pinnatifida* sporophyll.

<sup>3)</sup>Mean ± SD (n=22).

<sup>4)</sup>Different letters (a-e) within a same row differ significantly ( $p < 0.05$ ).

초콜릿의 냄새에 있어서는 비조사구 및 조사구에서 첨가량이 높아짐에 따라 미역귀를 강하게 느꼈고, 맛에 대한 평가 결과 미역귀가 첨가될수록 맛을 강하게 느꼈고 비조사 5% 첨가구에서 6.35로 유의성 있게 가장 강하게 미역귀 맛을 느꼈다. 특성 평가 중 강도에서는 유의성을 보이며 증가하였으나 대조구에서 4.42로 가장 강하게 느꼈으며, 이는 첨가 수준의 증가에 따라 경도가 증가하던 기계적인 경도 측정 결과와 유사함을 보였다. 미역귀가 첨가될수록 단맛의 특성은 약해졌고, 조직감의 특성은 대조구에서 가장 높았으며 비조사 첨가구와 조사 첨가구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 선호도 평가에서 초콜릿색은 대조구에서 5.14로 가장 높은 선호도를 가졌고 비조사구 및 조사구에서 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 색깔의 선호도는 낮아짐을 보였다. 향에 대한 선호 조사로는 1% 첨가구에서 4.52로 가장 높은 냄새 선호를 나타냈다. 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 맛의 선호도는 유의성 있게 감소하는 걸 알 수 있으며, 조사된 미역귀 분말 1%의 첨가가 5.35로 대조구 4.05에 비해서도 가장 맛의 선호에 적합하다는 것을 나타내었다. 또한 대조구에서 강도의 선호도가 가장 높았으며, 단맛의 선호에서는 조사 1% 첨가구에서 4.81로 가장 높은 점수를 보였으나 대조구와 유의적 차이는 없었다. 조직감의 선호도는 특성평가와 마찬가지로 대조구에서 가장 높았으며, 실험구에서는 비조사 3% 및 조사 1% 첨가구에서 유의적으로( $p < 0.05$ ) 높은 점수를 보였다. 전반적인 기호도는 단맛과 마찬가지로 조사 1% 첨가구에서 5.14로 가장 강한 선호를 나타내었으며, 이러한 관능평가 결과를 통해서 비조사 5% 첨가구에서 1.83으로 가장 낮은 선호를 나타내었다. 이로 볼 때 미역귀 분말 첨가량이 3% 이상일 때 단맛을 약하게 느끼며 전반적인 선호도가 낮아짐을 보였다. 미역귀에 50 kGy 감마선 조사를 하였을 때 비조사구보다 선호도가 좋았고, 높은 첨가량에서 항산화 활성이 좋았지만 특유의 미역귀 특성으로 인해 기호도를 떨어뜨림으로 많은 양을 넣는 것보다는 1%를 첨가했을 때 미역귀 분말의 적은 첨가량으로 항산화 활성과 관능적 기호도를 동시에 만족시키며 개발 가능성이 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

미역귀를 이용한 가공식품개발을 위해 비조사구와 감마선 50 kGy 조사구의 미역귀 열수추출 분말을 첨가(1, 3, 5%)한 초콜릿을 제조하여 품질 특성을 알아보았다. 초콜릿의 수분함량에서는 첨가량이 증가할수록 증가하는 반면, pH는 미역귀 열수추출 분말 첨가에 의해 유의적으로 감소하였다. 색도의 L과 b값은 비조사구 및 조사구에서 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였으나, a값은 증가하는 경향을 보였다. 경도는 첨가량이 증가할수록 유의성을 보이며 높아졌고, 비조사구보다 조사구에서 경도가 높았다. DPPH 라디칼

소거능 및 총 페놀함량에서는 조사 5% 첨가구에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 비조사구보다 조사구에서 높은 항산화 활성이 나타났다. 초콜릿의 활성이 결과 냄새와 맛, 달콤함과 전반적인 기호도 측면에서 조사 1% 첨가구가 대조구보다 높은 점수를 얻은 것으로 보았을 때, 감마선 조사 열수추출 분말 1% 첨가의 비율로 미역귀 초콜릿을 제품개발함으로써 대중화가 가능할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업 및 한국 원자력연구원 기본사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Lee YJ. 2004. A study on mineral and alginic acid contents by different parts of sea mustards (*Undaria pinnatifida*). *Korean J Food Culture* 19: 691-700.
2. Kim WJ, Choi HS. 1994. Development of combined methods for effective extraction of sea mustard. *Korean J Food Sci Technol* 26: 44-50.
3. Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai T, Hirano T. 1993. Effect of sodium alginates rich in guluronic acid and mannanuronic acids on cholesterol levels and digestive organs of high-cholesterol-fed rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 545-551.
4. Koo JG. 2001. Biosorption of lead and cadmium by fucoidan from *Undaria pinnatifida*. *J Korean Fish Soc* 34: 521-525.
5. Korea Food and Drug Administration. 2011. *Korean food standards codex*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 472-473.
6. De Graaf J, De Sauvage-Nolting PRW, Van Dam M, Belsey EM, Kastelein JJP, Pritchard PH, Stalenhoef AFH. 2002. Consumption of tall oil-derived phytosterols in a chocolate matrix significantly decreases plasma total and low-density lipoprotein-cholesterol levels. *Br J Nutr* 88: 479-488.
7. Kim SY, Roh HJ, Oh DK. 1997. Effect of addition of fractionated milk fats on fat composition and melting behavior of cocoa butter. *Korean J Food Sci Technol* 29: 482-491.
8. Murphy KJ, Chronopoulos AK, Singh I, Francis MA, Moriarty H, Pike MJ, Turner AH, Mann NJ, Sinclair AJ. 2003. Dietary flavonols and procyanidin oligomers from cocoa (*Theobroma cacao*) inhibit platelet function. *Am J Clin Nutr* 77: 1466-1473.
9. Posaci C, Erten O, Uren A, Acar B. 1994. Plasma copper, zinc and magnesium levels in patients with premenstrual tension syndrome. *Acta Obstet Gynecol Scand* 73: 452-455.
10. Rein D, Paglieroni TG, Wun T, Pearson DA, Schmitz HH, Gosselin R, Keen CL. 2000. Cocoa inhibit platelet activation and function. *Am J Clin Nutr* 72: 30-35.
11. Lee KW, Kim YJ, Lee HJ, Lee CY. 2003. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *J Agric Food Chem* 51: 7292-7295.
12. Kim HJ, Jo CH, Lee NY, Son JH, An BJ, Yook HS, Byun MW. 2005. Effect of gamma irradiation on physiological activity of citrus essential oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 797-804.
13. WHO. 1981. Wholesomeness of irradiated food: Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee on the whole-

- someness of irradiated food. World Health Organization Technical Report Series, No. 659.
14. Ahmed M. 1993. Up-to-date status of food irradiation. *Radiat Phys Chem* 42: 245-251.
  15. Kwak DY, Kim JH, Kim JK, Shin SR, Moon KD. 2002. Effects of hot water extract from roasted safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed on quality of cookies. *Korean J Food Preserv* 9: 304-308.
  16. Moon SW, Park MS, Ahn JB, Ji GE. 2003. Quality characteristics of chocolate blended with *Bifidobacterium*-fermented isoflavone powder. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1162-1168.
  17. AOAC. 1996. *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of Official Chemists, Arlington, VA, USA. Vol 2, 31.1.04, 31.4.02, 31.5.02, 33.5.02, 33.5.08.
  18. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
  19. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
  20. Hwang JK. 1996. Physicochemical properties of dietary fibers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 715-719.
  21. Yang MO. 2009. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with cabbage powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 729-735.
  22. Koo JG, Jo KS, Do JR, Woo SJ. 1995. Isolation and purification of fucoidans from *Laminaria religiosa* and *Undaria pinnatifida* in Korea. *J Korean Fish Soc* 28: 227-236.
  23. Chang DS, Cho HR, Lee HS, Park MY, Lim SM. 1998. Development of alginic acid hydrolysate as a natural food preservative for fish meat paste products. *Korean J Food Sci Technol* 30: 823-826.
  24. Cho HS, Park BH, Kim KH, Kim HA. 2006. Antioxidative effect and quality characteristics of cookies made with sea tangle powder. *Korean J Food Culture* 21: 541-549.
  25. Yoon MH, Kim KH, Hwang HR, Jo JE, Kim MS, Yook HS. 2009. Quality characteristics and antioxidant activity of chocolate containing flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1600-1605.
  26. Yoo KM, Lee KW, Moon BK, Hwang IK. 2005. Antioxidant characteristics and preparation of chocolate added with Sochungryoung-Tang (oriental medicinal plants extract). *Korean J Food Cookery Sci* 21: 585-590.
  27. Gouveia L, Batista AP, Miranda A, Empis J, Raymundo A. 2007. *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innov Food Sci Emerg Technol* 8: 433-436.
  28. Jeong SM, Kim SY, Park HR, Lee SC. 2004. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of extracts from *Citrus unshiu* peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1580-1583.
  29. Pyo YH, Lee TC, Logendra L, Rosen RT. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cykla*) extracts. *Food Chem* 85: 19-26.
  30. Kim YC, Chung SK. 2002. Reactive oxygen radical species scavenging effects of Korean medicinal plant leaves. *Food Sci Biotechnol* 11: 407-411.
  31. Kwon HJ, Jung U, Park HR, Shin DH, Jo SK. 2007. Effects of gamma irradiation on color changes and antioxidative activities of *Caesalpinia sappan* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1055-1061.
  32. Perez MB, Calderon NL, Croci CA. 2007. Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chem* 104: 585-592.
  33. Zhung C, Itoh H, Mizuno T, Ito H. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, *Umitoranoo* (*Sargassum thunbergii*). *Biosci Biotech Biochem* 59: 563-567.

(2011년 10월 11일 접수; 2011년 11월 29일 채택)