

감마선 조사에 따른 미역귀(*Undaria pinnatifida* Sporophyll) 열수추출물 첨가 파운드케이크의 품질 특성

김다미¹ · 김경희¹ · 윤영식¹ · 김재훈² · 이주운² · 육홍선^{1*}

¹충남대학교 식품영양학과

²한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소

Quality Characteristics of Pound Cake Made with Gamma Irradiated Hot Water Extracts of *Undaria pinnatifida* Sporophyll

Da-Mi Kim¹, Kyoung-Hee Kim¹, Young-Sik Yun¹, Jae-Hun Kim²,
Ju-Woon Lee², and Hong-Sun Yook^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

Abstract

This study investigated the quality changes and characteristics (0, 3, 6, 9%) of pound cake made with flour that included gamma irradiated (50 kGy) hot water extracts of *Undaria pinnatifida* sporophyll (WEUS). The pH of pound cakes decreased with increasing powder concentration, and gamma-irradiated pound cakes had lower pH than non-irradiated pound cakes at the same powder concentrations. The height, volume, specific loaf volume, and baking loss showed no significant differences between control and experimental groups. With increasing powder concentration, the L value of the crust and crumbs decreased, but the a value increased. The b value showed different tendencies between crust and crumb. The crust value was reduced with higher content of WEUS, but the crumb value increased. Gamma-irradiated pound cakes were also less hard than non-irradiated pound cakes. On the other hand, adhesiveness and springiness decreased with increasing powder concentration, but were not significantly different from the control. Also, gumminess and chewiness decreased but not significantly so. The hardness after several days of storage (5, 10, and 15 days) was higher than the control, and the springiness and cohesiveness were significantly reduced with increasing concentration compared to the control. The retrogradation increased in the control group, but it did not in the experimental groups. Results of radical scavenging activity using DPPH indicated that the gamma-irradiated group was higher than the non-irradiated group and it was also higher with higher concentrations of powder. In a sensory evaluation, when compared to the control, pound cake with 3% WEUS was superior in taste, flavor, and overall preference. Therefore, it was found that pound cake with 3% WEUS powder with gamma irradiation of 50 kGy added could improve the yield, taste, and antioxidant activity of pound cake.

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

서 론

해조류는 미네랄, 비타민, 식이섬유 등을 함유하고 있으므로 영양적으로 가치가 있으며, alginic acid와 fucan과 같은 항산화제로서의 역할을 담당할 수 있는 물질이 다량 함유되어 있어 세포를 공격하는 위험한 활성산소 라디칼을 중화시켜주고, 심장병, 암 발생의 예방에 기여한다(1). 또한 다량의 무기질, 비타민, 섬유소, 단백질뿐만 아니라 수용성 다당류가 풍부하게 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(1).

미역(*Undaria pinnatifida*)은 우리나라 식탁에서 늘 애용해오던 대표적인 갈조류(brown algae)로서 곤포과에 속하

는 1년생이며 칼슘, 칼륨, 철분, 요오드 등의 무기질 성분과 각종 비타민과 정미성분이 함유되어 있고(2,3), 최근 생리활성물질로서 각광을 받고 있는 항암효과가 있는 것으로 밝혀진 fucoidan과 미역의 세포막 구성성분으로 다량 존재하는 alginic acid 등의 산성 다당류가 대량으로 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(4-6). Fucoidan 및 alginic acid는 갈조류의 점질다당류로 묽은 산이나 염기 혹은 열수로 추출되며 이들 수용성 다당류들은 식이섬유소로서의 정장작용, 중금속 배출 및 콜레스테롤의 혈관 침착 방지 등의 효과뿐만 아니라 항혈액응고활성, 항종양활성 및 항바이러스 활성 등도 보고되었다(7-10). 특히 alginic acid는 D-mannuronic acid

*Corresponding author. E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6840, Fax: 82-42-821-8887

와 L-guluronic acid가 동일 분자 내에 β-1,4 결합을 하고 있는 직쇄상의 복합다당류로 콜레스테롤 배출 작용, 중금속(Cd), 방사능 물질(Sr)의 체내 흡수 억제 및 배출 작용과 정장작용이 있어 식이섬유로서 효과가 알려져 있다(7,8).

한편 방사선 이용은 식품 소재의 부패방지, 제품의 안전성 및 보존성 향상의 효과가 보고되어 현재 널리 이용되고 있으며, 이온화 방사선의 물리적인 특성을 이용하여 기능성 소재의 생리활성 개선 및 추출률 증가 등의 다양한 연구들이 보고되었다(11-14). World Health Organization(WHO) 또한 발암성 생물학 검정 및 다세대 생식 독성 평가를 포함하는 많은 범위의 독성학 연구 결과, 감마선 조사와 관련된 어떠한 독성을 발견하지 못하였다고 보고하고 있다(15). 방사선 이용 식품, 의약품, 화장품용 등 고부가가치 천연 기능성신소재 생산·가공기술 개발결과는 2000억 달러 이상의 세계 시장을 형성하고 있는 식품·생명공학분야 관련 산업에서 이용 및 파급효과가 매우 클 것이다. 최근에는 방사선·생명공학 융합기술을 활용한 식의약품 소재 개발의 산업화가 빠르게 진행되고 있으므로 이를 이용한 실용화 가공식품을 개발하고자 한다.

빵 및 케이크류는 식생활의 간편화에 따른 제과 이용의 확대에 따라 소비량이 크게 증가하고 있는 식품으로, 건강에 대한 일반인들의 높아지는 의식수준에 따라 생리활성이 높은 환경 친화적인 소재를 첨가하여 품질 향상을 도모하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있다(16-18).

본 연구에서는 미역의 부위 중 알긴산 함량이 높은 미역귀(*Undaria pinnatifida* sporophyll)가 일부 식용으로 사용하고 있으나 거의 대부분 식품개발품에서 소외되고 있는 점에 착안하여 미역귀를 이용한 2차 가공제품 개발의 일환으로 미역귀 열수추출 첨가 파운드케이크 제품을 제조하여 품질 특성 연구를 통한 새로운 미역 가공제품의 생산 및 고부가가치 제품의 생산을 위한 개발 가능성을 타진해 보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 미역귀는 부산광역시 기장읍에서 구입

하여 열수추출 하여 사용하였다. 일반성분은 Kim 등(19)의 연구에서 수분함량이 83.6%, 조단백 함량 2.4%, 조지방 함량 1.6%, 탄수화물 함량 9.1%, 조회분 함량 3.3%로 보고되어 있으며 미역귀 열수추출물을 동결건조(SFDSM12-60Hz, Samwon, Seoul, Korea)한 후 분쇄기(MCH600SI, Tongyang Magic Co., LTD., Seoul, Korea)로 분쇄한 뒤 100체의 표준체(체눈크기 0.149 mm)에 쳐서 내려 분말화 한 후 사용하였다. 밀가루는 영양성분이 탄수화물 77.3%, 단백질 8.7%, 지방 0.8%, 수분 12.8%, 섬유소 0.2%인 박력밀가루(Daehan flour mills Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하였고, 그 외 마가린(Sam Lip General Foods Co., Ltd., Seoul, Korea), 백설탕(Samyang Co., Ltd., Seoul, Korea), 베이킹파우더(Samjinfood Co., Ltd., Gwangju, Gyeonggi-do, Korea), 계란(Hanal farming association Co., Ltd., Seoul, Korea), 우유(Seoul Milk Co., Ltd., Seoul, Korea)를 구입하여 사용하였으며, Table 1과 같은 배합비율로 하였다.

열수추출 및 감마선 조사

미역귀 열수추출은 Kwak 등(20)의 연구를 응용하였다. 미역귀 10 g(건조중량)에 3차 증류수 100 mL를 가하여 50 kGy로 감마선 조사 후 2시간 동안 100°C에서 환류 추출하였고, 여과(Wattman, No.4)하여 이를 동결건조 하여 본 실험에 사용하였다. 미역귀 열수추출물의 수율을 측정된 결과, 50 kGy의 감마선 조사가 비조사구에 비해 1.65배 높은 수율을 나타내는 것을 확인할 수 있었으므로, 산업적 부가가치 창출의 가능성을 보아 본 실험에서 파운드케이크에 적용하여 실험해보았다. 감마선의 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소(Jeongeup, Korea)내 선원 11.1 PBq, ⁶⁰Co 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co., Ltd., Ottawa, ON, 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.

Table 1. Formula for pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Ingredients (g)	Control (%)	WEUS ¹⁾ by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	3	6	9	3	6	9
Flour	300	291	282	273	291	282	273
WEUS	0	9	18	27	9	18	27
Total	300	300	300	300	300	300	300
Margarine	240	240	240	240	240	240	240
Sugar	160	160	160	160	160	160	160
Egg	240	240	240	240	240	240	240
Milk	60	60	60	60	60	60	60
Baking powder	6	6	6	6	6	6	6

¹⁾WEUS means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll.

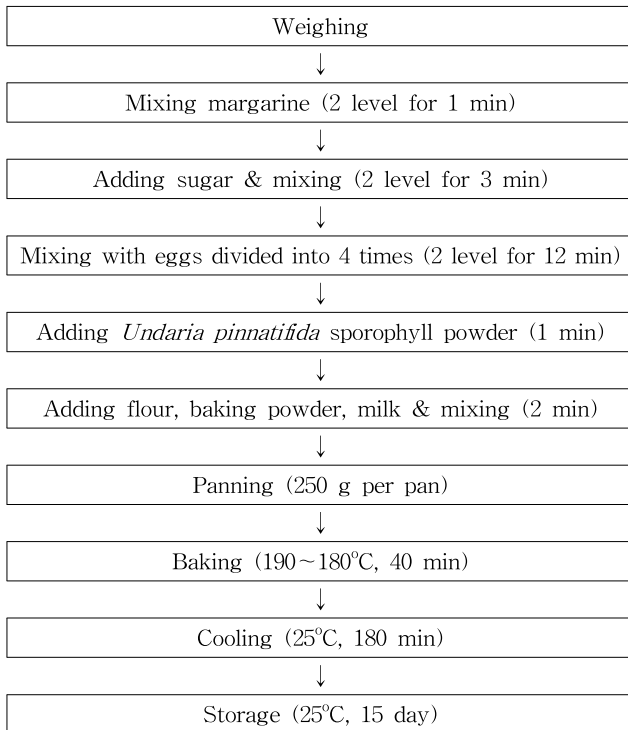


Fig. 1. Flow diagram for pound cake by the creaming method.

파운드케이크의 제조 및 저장

파운드케이크는 크림법(21)의 파운드케이크 제조 방법을 변형시켜 적용하였으며, Table 1과 같이 미역귀 열수추출 분말을 밀가루에 대하여 비율(w/w)을 달리하여 밀가루 100 g 기준에 대해 미역귀 열수추출 분말을 첨가하지 않고 만든 대조구와 감마선 비조사 3, 6, 9% 첨가구 및 감마선 조사 3, 6, 9% 첨가구로 각각 달리하여 첨가하였다. 반죽기(NVM-14, Daeyung, Seoul, Korea)에 마가린과 설탕을 넣어 1분 동안 잘 풀어준 다음, 3분간 설탕결정이 보이지 않을 때까지 크림화 하였다(Fig. 1). 계란은 유지와 분리되지 않도록 3~4회 나누어 넣으면서 12분간 부드러운 크림이 되도록 섞으면서 박력밀가루를 기준으로 비율에 맞게 미역귀 열수추출 분말을 첨가하였다. 반죽에 체질한 박력밀가루, 베이킹파우더와 우유를 넣어 가볍게 혼합하면서 반죽을 완료하였다. 혼합 완료된 반죽은 파운드케이크 팬(147×67×60 mm)에 담아 윗불을 180°C, 아랫불을 190°C로 예열된 오븐(SM-6039, Sinmag, Taipei, Taiwan)에서 38~40분간 구워 실온에서 식힌 후 폴리에틸렌 팩에 밀봉하여 25°C incubator(Wise cube, Daihan Scientific, Seoul, Korea)에서 15일간 저장하면서 0일, 5일, 10일, 15일에 분석을 실시하였다.

반죽의 pH

반죽의 pH는 pH meter(PHM 210, Radiometer Analytical, Lyon, France)로 실험구 별로 5회 반복 측정하였다. 각각 시료 5 g에 증류수 45 mL을 넣고, 충분히 교반시킨 후 혼합액 상태의 시료를 측정하였다.

높이, 비용적 및 굽기 손실률

파운드케이크의 높이는 완성된 케이크를 균등하게 5등분한 후 파운드케이크의 양쪽 끝부분을 포함한 6곳의 높이를 측정하여 평균값으로 나타내었다. 케이크의 비용적(cm^3/g)은 케이크의 부피를 케이크의 무게로 나누어 표시하였다. 케이크의 굽기 손실률은 반죽의 중량과 파운드케이크의 중량을 이용하여 다음과 같이 산출하였다(22,23).

굽기 손실률(%)=

$$\left(1 - \frac{\text{반죽의 중량(g)} - \text{파운드케이크의 중량(g)}}{\text{반죽의 중량(g)}}\right) \times 100$$

색도

미역귀 열수추출 분말을 첨가한 파운드케이크의 색도는 실온에서 파운드케이크를 3시간 식힌 후 crust와 crumb로 나누어 crust 부분은 그대로, crumb 부분은 분쇄한 다음 투명한 petri dish(50×12 mm)에 담아 색차계(ND-300A, Nippon Denshoku Industries Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 표준백판(L: 97.14, a: -0.22, b: 0.45)으로 보정하였다. 파운드케이크의 색도는 L(lightness), a(redness), b(yellowness)을 12회 반복하여 측정하여 평균값을 구하였다(24).

물성 및 노화도

미역귀 열수추출 분말을 첨가한 파운드케이크의 물성은 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Microsystem Ltd., Surrey, UK)로 Table 2와 같은 조건으로 12회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 파운드케이크는 2×2×1 cm로 잘라 절단면을 압착하였을 때 얻어지는 force distance curve로부터 시료의 TPA(texture profile analysis)를 컴퓨터로 분석하여 그 결과로부터 각 시료의 hardness(경도), adhesiveness(부착성), springiness(탄력성), cohesiveness(응집력), gumminess(검성), chewiness(씹힘성)를 측정하였다.

파운드케이크의 노화도는 위의 물성 측정 결과에서 측정된 hardness를 이용하여 아래의 계산식으로 산출하였다(25).

$$\text{노화도(}\%) = \frac{\text{저장기간별 경도}}{\text{제빵 직후의 경도}} \times 100$$

항산화 활성

파운드케이크의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거능 측정방법(26)에 따라 측정하였다. 시료 1 g을 methanol 9 mL

Table 2. Operation condition of texture analyzer for pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Operation conditions	
Test mode and option	TPA (texture profile analysis)
Pre test speed	2.0 mm/sec
Test speed	1.0 mm/sec
Post test speed	2.0 mm/sec
Strain	70%
Load cell	5 kg
Calibrate probe	P 20 mm DIA cylinder aluminium

에 현탁 시킨 후 실온에서 24시간 추출한 뒤 원심분리(3,000 rpm, 10분)하여 얻은 상등액을 시료용액으로 사용하였다. 수소 공여능의 측정은 0.2 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 용액 1 mL과 시료용액 1 mL을 혼합한 뒤 30분 후에 methanol을 blank로 하여 517 nm에서 UV/Vis-spectrophotometer(Shimadzu UV-1800, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 흡광도를 측정하고 후 다음과 같은 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

관능검사

관능검사는 남녀 대학생 24명을 panel로 선정하여 본 실험의 목적과 평가방법 및 측정 항목에 대해 잘 인지될 수 있도록 충분히 설명한 후 실시하였다. 평가항목은 케이크의 색, 향미, 맛, 씹힘성, 촉촉함, 전반적인 기호도로 매우 선호도가 높을수록 7점, 매우 선호도가 낮을수록 1점을 표시하도록 하고, 케이크의 색, 미역귀 향미, 미역귀 맛, 기공 상태, 부드러움, 촉촉함에 대하여 매우 강할수록 7점, 매우 약할수록 1점을 표시하도록 하였다. 각 시료마다 무작위로 조합된 3자리 숫자가 주어졌으며, 동일 크기로 자른 후에 시료의 번호가 코팅된 일회용 접시에 담아서 제시되었다.

통계분석

본 연구의 실험 결과는 SPSS Statistics 18.0 Network Version(on release 18.0.1 of PASW Statistics) 프로그램을 이용하여 통계 처리하여 분석하였다. 분석 방법으로는 평균, 표준편차 및 Duncan's multiple rage test로 p<0.05 수준에서 구간 유의차를 검증하였다.

결과 및 고찰

파운드케이크 반죽의 pH

미역귀 열수추출 분말을 첨가한 반죽의 pH를 측정한 결과를 Table 3에 나타내었다. 반죽의 pH는 대조구가 7.65, 미역귀 열수추출 분말을 첨가한 비조사구에서는 각각 7.55, 7.51, 7.40을 보였고, 조사구에서는 각각 7.26, 7.25, 7.19를 보이며 유의적으로(p<0.05) 감소하는 것으로 나타났다. 버찌분말을 첨가한 파운드케이크의 연구(24)에서는 버찌분말 첨가량에 따른 반죽 pH의 감소가 버찌 내 함유되어 있는 유기산 함량이 pH 감소에 영향을 미쳤다고 하였다. 미역의 부위별 성분 분석(27)을 실시한 연구에서 부위별 알긴산 함량 중 포자엽에서 32.2%로 가장 많은 함량을 보였고, Ca, P, Mg, K, Na, S의 무기물 함량(563.5~6130.2 mg%)이 매우 높았다고 보고하여 미역귀 열수추출의 여러 성분들이 반죽의 pH에 영향을 준 것으로 생각된다. 본 실험에서 사용된 미역귀 열수추출 분말 자체에 대한 pH 측정 결과, 비조사 분말 5.29와 50 kGy 감마선 조사 분말 5.78로 측정되어 미역귀 열수추출 분말 첨가에 의해 첨가량이 증가할수록 pH가 영향을 받아 감소한 것으로 여겨진다. 이는 흑마늘(28), 감귤 분말(29) 등을 첨가한 파운드케이크 연구에서 첨가 부재료에 함유된 유기산과 당이 반죽에 영향을 주어 반죽의 pH가 낮아진다는 연구와 같은 결과이다.

높이, 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실률

미역귀 열수추출 분말을 첨가한 파운드케이크의 높이, 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실률을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 케이크의 높이, 부피 및 비용적은 대조구와 비교하여 미역귀 열수추출 분말의 첨가량의 증가에 따라 유의차를 보

Table 3. pH Values of batter added with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Properties	Control (%)	WEUS ¹⁾ by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	3	6	9	3	6	9
pH	7.65±0.09 ^{2)a3)}	7.55±0.09 ^{b)}	7.51±0.05 ^{b)}	7.40±0.06 ^{c)}	7.26±0.02 ^{d)}	7.25±0.02 ^{d)}	7.19±0.03 ^{d)}

¹⁾WEUS means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll.

²⁾Mean±SD (n=5).

³⁾Values with different letters (a-d) within a same row are significantly different at p<0.05.

Table 4. Height, weight, volume, specific loaf volume and baking loss rate of pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll

	Control (%)	WEUS ¹⁾ by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
	0	3	6	9	3	6	9
Height (cm)	5.32±0.02 ^{2)a3)}	5.18±0.11 ^{a)}	5.35±0.16 ^{a)}	5.65±0.24 ^{a)}	5.41±0.11 ^{a)}	5.69±0.01 ^{a)}	5.64±0.46 ^{a)}
Weight (g)	208.00±0.00 ^{a)}	204.00±2.83 ^{b)}	208.00±0.00 ^{a)}	205.00±1.41 ^{ab)}	208.00±0.00 ^{a)}	206.00±0.00 ^{ab)}	208.00±0.00 ^{a)}
Volume (cm ³)	497.64±2.21 ^{a)}	484.38±9.93 ^{a)}	500.76±15.44 ^{a)}	528.84±22.06 ^{a)}	506.22±9.93 ^{a)}	532.74±1.10 ^{a)}	528.06±43.02 ^{a)}
Specific loaf volume (cm ³ /g)	2.39±0.01 ^{a)}	2.37±0.02 ^{a)}	2.41±0.07 ^{a)}	2.58±0.09 ^{a)}	2.43±0.05 ^{a)}	2.59±0.01 ^{a)}	2.54±0.21 ^{a)}
Baking loss rate (%)	16.80±0.00 ^{b)}	18.13±0.92 ^{a)}	16.80±0.00 ^{b)}	18.13±0.46 ^{a)}	16.80±0.00 ^{b)}	18.13±0.92 ^{a)}	16.80±0.00 ^{b)}

¹⁾WEUS means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll.

²⁾Mean±SD (n=3).

³⁾Values with different letters (a,b) within a same row are significantly different at p<0.05.

Table 5. Hunter's color value of pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* Sporophyll

		Control (%)	WEUS ¹⁾ by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
		0	3	6	9	3	6	9
Crust	L (lightness)	44.44±3.53 ^{2a3)}	42.87±2.42 ^a	42.05±4.91 ^a	37.70±4.78 ^b	41.25±2.45 ^a	36.90±3.35 ^b	35.75±1.57 ^b
	a (redness)	11.09±1.54 ^b	11.82±2.27 ^{ab}	12.35±2.65 ^{ab}	12.56±0.49 ^{ab}	13.10±2.09 ^a	13.26±0.98 ^a	13.26±0.36 ^a
	b (yellowness)	21.81±2.61 ^a	20.78±0.43 ^a	21.57±0.12 ^a	17.31±1.08 ^c	20.75±1.43 ^a	19.31±1.20 ^b	18.17±0.73 ^{bc}
Crumb	L (lightness)	61.50±0.65 ^a	58.34±0.39 ^b	55.78±1.11 ^c	53.42±1.52 ^e	54.81±1.11 ^d	52.90±0.95 ^e	52.07±0.83 ^f
	a (redness)	-2.40±0.13 ^g	-1.87±0.18 ^f	-1.53±0.20 ^e	-0.82±0.25 ^c	-1.26±0.24 ^d	-0.61±0.26 ^b	0.61±0.31 ^a
	b (yellowness)	19.05±0.17 ^d	19.23±0.80 ^{cd}	19.23±0.11 ^{cd}	19.84±0.72 ^{ab}	19.63±0.42 ^{abc}	19.47±0.22 ^{bcd}	19.99±0.30 ^a

¹⁾WEUS means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll.

²⁾Mean±SD (n=12).

³⁾Values with different letters (a-g) within a same row are significantly different at p<0.05.

이지 않았다. 케이크 대조구의 무게는 208.00 g으로 미역귀 열수추출 분말 첨가구인 비조사구 204.00, 208.00, 205.00 g, 조사구 208.00, 206.00, 208.00 g과 비교하여 유의적 차이는 없었다. 굽기 손실률은 대조구의 16.80%에 비하여 미역귀 열수추출 분말 첨가구는 각각 비조사구 18.13, 16.80, 18.13%와 조사구 16.80, 18.13, 16.80%를 나타냈으며, 첨가량의 증가에 따른 굽기 손실률 내 유의차는 없었다. 첨가량의 증가에 대해 굽기 손실률이 증가하는 결과는 다양한 수준의 클로렐라(30), 버찌(24) 분말을 첨가한 파운드케이크에 관한 연구가 있으며, 마(31), 밀감(32), 대두유(33) 분말 첨가 파운드케이크의 굽기 손실률 측정에 있어서 감소하는 결과를 나타냈다.

색도

파운드케이크의 색도는 crust와 crumb로 나누어 측정하였으며, 그 결과를 Table 5에 나타내었다. Crust의 경우 crumb의 색도 측정 결과보다 명도가 낮은 것으로 측정되었으며, crust와 crumb의 대조구 값인 44.44, 61.50에 대하여 미역귀 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로(p<0.05) 감소하였다. 반면 적색도의 경우 crust와 crumb 각각의 대조구인 11.09와 -2.40과 비교하여 미역귀 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로(p<0.05) 증가하였다. 황색도의 결과 값은 crust와 crumb 사이에 경향의 차이를 보이는데, crust는 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 비조사구 3, 6, 9% 첨가량에서 20.78, 21.57, 17.31, 조사구 3, 6, 9% 첨가량에서 20.75, 19.31, 18.17로 감소하는 경향을 보였으며, crumb의 경우는 비조사구 3, 6, 9% 첨가량에서 19.23, 19.23, 19.84, 조사구 3, 6, 9% 첨가량에서 19.63, 19.47, 19.99로 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 색도의 변화는 미역귀 다시마 가루의 첨가가 케이크의 크림색을 얼어지게 하고 해조 특유의 색깔인 녹색을 띄어 색이 짙어지는 경향을 나타낸 연구결과(34)와 유사하였다.

물성 및 노화도

저장기간 동안 미역귀 열수추출 분말을 첨가한 파운드케이크의 물성은 경도, 부착성, 탄력성, 응집력, 검성, 씹힘성을 측정하여 Table 6에 나타내었다. 파운드케이크의 경도는 저장 0일에서 미역귀 열수추출 분말 첨가에 따라 감소하는 경

향을 보였으며, 비조사 첨가구에 비하여 조사 첨가구에서 낮은 값을 나타내었다. 저장기간에 따른 변화를 살펴보면 미역귀 열수추출 분말 첨가구 및 대조구 모두 0일에 비하여 저장기간(5, 10, 15일)에서 높은 값을 보였으며, 경도와 반대로 부착성은 미역귀 열수추출 분말 첨가에 의해 감소하였으나 유의차는 보이지 않았다. 파운드케이크의 탄력성은 0, 5, 10, 15일의 대조구 값인 0.70, 0.68, 0.67, 0.62와 비교하여 미역귀 열수추출 분말을 첨가함에 따라 감소하였으며, 비조사구와 비교하여 조사구에서 낮은 값을 보였다. 또한 저장기간에 따른 변화를 살펴보았을 때 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로(p<0.05) 감소함을 나타내었다. 저장기간에 따라 응집성은 감소하였는데, 미역귀 열수추출 분말 첨가구의 경우 저장 0일과 5일간은 유의차를 나타내었으나 이후의 저장기간에서는 경향을 나타내지 않았다. 검성 및 씹힘성은 미역귀 열수추출 분말 첨가량에 따라 유의성을 나타내며 감소하였다. 감귤 분말을 첨가한 파운드케이크의 경우(32), 저장 중 경도, 부착성, 점착성 및 씹힘성은 저장기간이 길어질수록 증가하였고 탄력성과 응집성은 감소하는 경향을 나타내었다. β-glucan 첨가 파운드케이크의 경우(35), β-glucan이 케이크 내부의 수분을 유지시켜 저장 6일째에도 β-glucan 첨가 케이크에서 제조 직후의 경도를 유지하여 β-glucan 첨가가 케이크의 노화를 지연시켜 줄 수 있음을 시사한다. 이를 통해 첨가되는 부재료의 특성이 파운드케이크의 물성에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

경도로 계산한 파운드케이크의 노화도는 Table 7에 나타내었다. 저장 5일 및 15일의 파운드케이크 경도는 저장 초기 파운드케이크 경도보다 증가하여 100% 이상의 노화도를 나타내었으며, 대조구에서는 저장기간에 따라 136.41, 146.50, 206.93으로 노화도가 증가하는 경향을 보였으나 첨가구에서는 유의차를 나타내지 않았다.

항산화 활성

파운드케이크의 항산화 활성 측정 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 미역귀 열수추출 분말 무첨가구의 라디칼 소거능은 24.48%로 나타났으며, 비조사 3, 6, 9% 첨가구의 라디칼 소거능은 28.35, 31.36, 33.04%를 나타내어 미역귀 열수추출

Table 6. Textural characteristics of pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll stored for 15 days under the conditions of 25°C

	WEUS ¹⁾ (%)	Storage period (day)				
		0	5	10	15	
Hardness	control	0	1536.03 ± 115.94 ^{2)abD3)}	2793.66 ± 818.93 ^{ab}	2250.32 ± 422.39 ^{aC}	3467.55 ± 546.55 ^{aA}
		3	1680.76 ± 107.31 ^{aC}	2741.64 ± 580.63 ^{aA}	1837.47 ± 464.19 ^{bBC}	2155.64 ± 194.28 ^{bB}
		6	1375.32 ± 150.31 ^{bcC}	2961.02 ± 997.45 ^{aA}	1696.75 ± 350.82 ^{bBC}	2134.60 ± 379.58 ^{bB}
	non irradiation	9	1366.85 ± 133.91 ^{bcBC}	3146.62 ± 991.47 ^{aA}	1066.72 ± 224.03 ^{cC}	1774.81 ± 247.39 ^{cB}
		3	1397.58 ± 91.66 ^{bcC}	3470.86 ± 980.69 ^{aA}	1047.15 ± 204.03 ^{cC}	2171.68 ± 444.87 ^{bB}
		6	1191.84 ± 480.80 ^{cBC}	3176.61 ± 796.48 ^{aA}	1044.45 ± 184.14 ^{cC}	1468.93 ± 238.87 ^{cdB}
	gamma irradiation	9	1154.50 ± 117.19 ^{cB}	3220.43 ± 519.03 ^{aA}	956.61 ± 293.97 ^{cB}	1239.98 ± 433.70 ^{dB}
		0	-8.27 ± 10.43 ^{abA}	-12.15 ± 15.15 ^{aA}	-15.16 ± 15.09 ^{abA}	-17.60 ± 23.38 ^{aA}
		3	-10.13 ± 12.56 ^{abA}	-17.91 ± 25.77 ^{aA}	-6.42 ± 7.67 ^{abA}	-8.95 ± 7.84 ^{aA}
non irradiation	6	-3.31 ± 2.14 ^{aA}	-10.46 ± 17.86 ^{aA}	-28.63 ± 31.41 ^{bcB}	-6.48 ± 3.05 ^{aA}	
	9	-17.72 ± 12.14 ^{bB}	-6.49 ± 10.09 ^{aA}	-4.16 ± 4.04 ^{aA}	-10.69 ± 6.85 ^{abAB}	
	3	-4.94 ± 2.30 ^{aA}	-14.26 ± 16.55 ^{aA}	-12.12 ± 9.73 ^{abA}	-9.64 ± 7.85 ^{aA}	
gamma irradiation	6	-9.71 ± 9.62 ^{abA}	-3.16 ± 1.90 ^{aA}	-6.41 ± 5.04 ^{abA}	-8.15 ± 8.79 ^{aA}	
	9	-9.14 ± 2.70 ^{abA}	-4.98 ± 4.61 ^{aA}	-37.72 ± 39.18 ^{cB}	-7.73 ± 6.82 ^{aA}	
	0	0.70 ± 0.03 ^{aA}	0.68 ± 0.03 ^{aAB}	0.67 ± 0.03 ^{aB}	0.62 ± 0.03 ^{aC}	
control	3	0.70 ± 0.02 ^{aA}	0.67 ± 0.03 ^{abB}	0.67 ± 0.03 ^{aB}	0.57 ± 0.03 ^{aC}	
	6	0.67 ± 0.03 ^{bA}	0.68 ± 0.02 ^{abA}	0.66 ± 0.03 ^{aA}	0.63 ± 0.03 ^{aB}	
	9	0.62 ± 0.04 ^{cA}	0.63 ± 0.03 ^{aA}	0.62 ± 0.04 ^{bA}	0.57 ± 0.05 ^{bcB}	
non irradiation	3	0.69 ± 0.02 ^{abA}	0.65 ± 0.02 ^{bcB}	0.68 ± 0.03 ^{aA}	0.60 ± 0.04 ^{abC}	
	6	0.64 ± 0.05 ^{cB}	0.60 ± 0.04 ^{dA}	0.65 ± 0.02 ^{aC}	0.56 ± 0.03 ^{bB}	
	9	0.62 ± 0.03 ^{cA}	0.58 ± 0.03 ^{eBC}	0.59 ± 0.04 ^{eAB}	0.55 ± 0.03 ^{cC}	
gamma irradiation	0	0.44 ± 0.02 ^{aA}	0.35 ± 0.02 ^{abB}	0.33 ± 0.03 ^{bcC}	0.28 ± 0.03 ^{bdD}	
	3	0.40 ± 0.01 ^{bA}	0.33 ± 0.03 ^{abB}	0.32 ± 0.02 ^{bcB}	0.28 ± 0.01 ^{bc}	
	6	0.39 ± 0.02 ^{bA}	0.33 ± 0.04 ^{abB}	0.34 ± 0.02 ^{bbB}	0.33 ± 0.01 ^{ab}	
non irradiation	9	0.35 ± 0.01 ^{cA}	0.30 ± 0.02 ^{bcB}	0.34 ± 0.02 ^{bA}	0.29 ± 0.02 ^{bc}	
	3	0.40 ± 0.01 ^{bA}	0.28 ± 0.06 ^{cd}	0.36 ± 0.01 ^{ab}	0.32 ± 0.02 ^{aC}	
	6	0.35 ± 0.01 ^{cA}	0.28 ± 0.03 ^{cC}	0.33 ± 0.02 ^{bcB}	0.29 ± 0.01 ^{bc}	
gamma irradiation	9	0.33 ± 0.02 ^{dA}	0.25 ± 0.02 ^{dC}	0.32 ± 0.02 ^{aA}	0.29 ± 0.01 ^{bb}	
	0	690.18 ± 65.86 ^{abB}	1077.85 ± 418.16 ^{aA}	720.81 ± 73.42 ^{abB}	977.90 ± 77.67 ^{aA}	
	3	670.97 ± 45.31 ^{abB}	896.82 ± 239.89 ^{aA}	582.10 ± 119.13 ^{bbB}	606.30 ± 53.34 ^{cbB}	
non irradiation	6	482.89 ± 57.17 ^{cC}	934.27 ± 384.55 ^{aA}	571.28 ± 63.69 ^{bbC}	668.10 ± 116.35 ^{bbB}	
	9	472.06 ± 60.37 ^{cB}	967.65 ± 333.11 ^{aA}	376.96 ± 89.11 ^{cbC}	503.21 ± 89.39 ^{dbB}	
	3	555.78 ± 51.20 ^{bbB}	925.87 ± 349.27 ^{aA}	380.46 ± 76.98 ^{cC}	624.73 ± 110.39 ^{bcB}	
gamma irradiation	6	351.07 ± 55.37 ^{dbB}	876.81 ± 255.01 ^{aA}	354.24 ± 66.41 ^{cbB}	415.24 ± 85.12 ^{ebB}	
	9	386.41 ± 47.92 ^{dbB}	857.82 ± 259.33 ^{aA}	303.73 ± 98.39 ^{cbB}	398.93 ± 54.84 ^{ebB}	
	0	490.24 ± 67.03 ^{abB}	737.65 ± 305.54 ^{aA}	485.42 ± 84.45 ^{abB}	593.68 ± 74.30 ^{aAB}	
control	3	483.66 ± 47.84 ^{abB}	600.51 ± 174.67 ^{abcA}	381.77 ± 87.16 ^{bcB}	346.27 ± 28.93 ^{cC}	
	6	315.29 ± 31.05 ^{cbB}	720.82 ± 320.82 ^{abA}	367.25 ± 66.21 ^{bbB}	421.32 ± 72.94 ^{bbB}	
	9	311.64 ± 34.05 ^{cbB}	601.26 ± 195.78 ^{abcA}	230.24 ± 72.53 ^{cdB}	287.84 ± 66.20 ^{dbB}	
non irradiation	3	381.22 ± 35.80 ^{bbB}	536.59 ± 177.79 ^{abcA}	259.19 ± 62.26 ^{cC}	375.10 ± 68.81 ^{bcB}	
	6	241.72 ± 29.09 ^{dbB}	513.02 ± 198.60 ^{bcA}	231.08 ± 48.22 ^{cdB}	241.58 ± 45.64 ^{deB}	
	9	239.98 ± 30.78 ^{dbB}	482.03 ± 182.35 ^{cA}	180.93 ± 63.86 ^{dbB}	227.31 ± 37.34 ^{ebB}	
gamma irradiation	0	490.24 ± 67.03 ^{abB}	737.65 ± 305.54 ^{aA}	485.42 ± 84.45 ^{abB}	593.68 ± 74.30 ^{aAB}	
	3	483.66 ± 47.84 ^{abB}	600.51 ± 174.67 ^{abcA}	381.77 ± 87.16 ^{bcB}	346.27 ± 28.93 ^{cC}	
	6	315.29 ± 31.05 ^{cbB}	720.82 ± 320.82 ^{abA}	367.25 ± 66.21 ^{bbB}	421.32 ± 72.94 ^{bbB}	
non irradiation	9	311.64 ± 34.05 ^{cbB}	601.26 ± 195.78 ^{abcA}	230.24 ± 72.53 ^{cdB}	287.84 ± 66.20 ^{dbB}	
	3	381.22 ± 35.80 ^{bbB}	536.59 ± 177.79 ^{abcA}	259.19 ± 62.26 ^{cC}	375.10 ± 68.81 ^{bcB}	
	6	241.72 ± 29.09 ^{dbB}	513.02 ± 198.60 ^{bcA}	231.08 ± 48.22 ^{cdB}	241.58 ± 45.64 ^{deB}	
gamma irradiation	9	239.98 ± 30.78 ^{dbB}	482.03 ± 182.35 ^{cA}	180.93 ± 63.86 ^{dbB}	227.31 ± 37.34 ^{ebB}	

¹⁾WEUS means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll. ²⁾Mean ± SD (n=12).

³⁾Values with different letters in a row (A-D) and a column (a-e) are significantly different at p<0.05.

Table 7. Retrogradation of pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll stored for 15 days under the conditions of 25°C

	Storage period (day)	Control (%)	WEUS ¹⁾ by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)		
		0	3	6	9	3	6	9
Retrogradation (%)	5	136.41 ± 93.99 ^{2)ab3)}	135.93 ± 70.77 ^a	161.47 ± 115.35 ^a	191.84 ± 111.00 ^a	186.26 ± 127.27 ^a	222.11 ± 120.07 ^a	209.21 ± 131.86 ^a
	10	146.50 ± 27.50 ^a	109.32 ± 27.62 ^b	123.37 ± 25.51 ^b	78.04 ± 16.39 ^c	68.68 ± 25.72 ^c	80.33 ± 29.27 ^c	82.86 ± 25.46 ^c
	15	206.93 ± 73.47 ^a	117.57 ± 38.63 ^{bc}	155.21 ± 27.60 ^b	129.85 ± 18.10 ^{bc}	142.44 ± 54.16 ^{bc}	112.98 ± 40.39 ^c	107.40 ± 37.57 ^c

¹⁾WEUS means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll. ²⁾Mean ± SD (n=12).

³⁾Values with different letters (a-c) within a same row are significantly different at p<0.05.

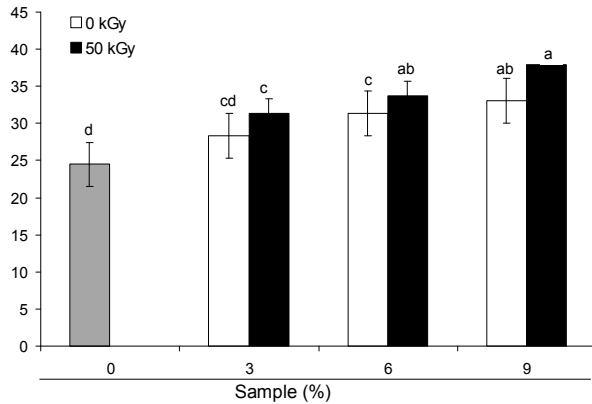


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll. Percentage (%) of required for reduction of 0.2 mM DPPH after 30 min. Different letters (a-d) differ significantly ($p < 0.05$).

분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로($p < 0.05$) 라디칼 소거능이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 조사 3, 6, 9% 첨가구의 라디칼 소거능은 31.36, 33.74, 37.95%로 비조사 첨가구와 비교하여 유의적으로($p < 0.05$) 높은 라디칼 소거능을 보였다. 이러한 미역귀 열수추출 분말 첨가에 의한 라디칼 소거능 증가는 미역귀 내에 함유된 수용성 다당류인 fucoidan 및 carotenoid계 색소인 fucoxanthin 등의 영향으로 보인다(36,37). 또한, 감마선 조사를 통한 생리활성 개선 및 항산화 활성 증가에 미치는 다양한 연구를 살펴보았을 때, 해조류의 한 종류인 지충이의 항산화 활성을 연구한 Lee 등(14)의 연구에 의하면 비조사구와 조사구와의 비교에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, Kwon 등(38)은 소목 추출물에 감마선 조사 시 비조사구에 비해 유의적으로 라디칼 소거능이 증가한다고 보고하였다. 따라서 감마선 조사에 따른 항산화 효과의 변화에 대한 일반적인 경향은 밝혀지지 않았으나 식

물체의 종류와 추출용매 및 감마선 조사선량에 따라 다른 경향을 보이는 것으로 사료된다.

관능검사

미역귀 열수추출 분말 첨가량을 달리하여 제조한 파운드 케이크의 관능평가는 Table 8과 같다. 파운드케이크의 제조에서 밀가루에 다른 소재를 첨가할 경우 케이크의 색상, 씹을 때의 조직감 및 부드러운 정도 등이 주로 영향을 받기 때문에(31,39) 미역귀 열수추출 분말의 첨가가 파운드케이크의 품질 특성에 미치는 영향을 강도 및 기호도적인 측면에서 평가하였다. 색도 측정 결과와 미역귀 색에 대한 강도평가 결과를 비교해 볼 때, 미역귀 열수추출 분말 첨가량이 증가할수록 파운드케이크의 명도가 감소하면서 육안으로 보기에도 색상에 대한 강도의 차이를 볼 수 있었으며, 이러한 색에 대한 변화는 미역귀 열수추출 분말을 첨가하지 않을 때보다 색에 대한 선호도를 감소시킬 수 있었다. 미역귀 냄새에 대한 강도측정 결과 대조구에서 3.09로 가장 낮은 값을 보였고, 조사 6% 첨가구에서 4.39로 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 미역귀 맛에 대한 강도측정에서는 비조사 9%에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 선호도 조사 결과 가장 낮은 선호도로 평가되었다. 기공 상태에 대한 강도측정 결과에서는 유의차를 보이지 않았으나, 부드러운 정도를 나타내는 강도 측정에서는 조사 6% 첨가구에서 4.96의 높은 점수로 유의차를 보이며 가장 높게 측정되었고, 대조구에서 3.09로 가장 낮게 평가되었다. 강도평가에서의 촉촉한 정도는 대조구와 비조사 6%에서 가장 낮은 값인 3.13으로 평가되었으며 조사구에서는 유의차를 나타내지 않았다. 케이크의 촉촉함에 대한 선호도 측정 결과, 비조사 및 조사 9%에서 낮은 점수를 보여 미역귀 열수추출 분말 첨가와 비례하여 선호도를 감소시킨다고 사료되었다. 전체적인 기호도 평가를 강도평가와 비교해 보았을 때, 미역귀 맛 및 향을

Table 8. Sensory test of pound cake with various levels of hot water extracts powder contents from *Undaria pinnatifida* sporophyll

Sensory characteristics	Control (%)	WEUS ¹⁾ by non irradiation (%)			WEUS by gamma irradiation (%)			
	0	3	6	9	3	6	9	
Intensity	Color	2.61 ± 1.53 ^{3)d4)}	4.70 ± 1.29 ^b	3.74 ± 0.75 ^c	4.96 ± 1.46 ^a	3.52 ± 1.41 ^c	4.13 ± 0.87 ^{bc}	5.26 ± 1.42 ^a
	UPS ²⁾ aroma	3.09 ± 1.28 ^b	3.87 ± 1.52 ^{ab}	3.26 ± 1.14 ^b	4.30 ± 1.36 ^a	3.30 ± 1.58 ^b	4.39 ± 1.41 ^a	4.30 ± 1.43 ^a
	UPS taste	2.65 ± 1.34 ^b	4.17 ± 1.64 ^a	3.26 ± 1.10 ^b	4.70 ± 1.61 ^a	2.91 ± 1.38 ^b	4.13 ± 1.22 ^a	4.43 ± 1.31 ^a
	Air cell	3.52 ± 1.38 ^b	4.78 ± 1.51 ^a	3.78 ± 1.13 ^b	3.74 ± 1.18 ^b	4.17 ± 0.94 ^{ab}	3.96 ± 1.40 ^b	4.30 ± 1.29 ^{ab}
	Softness	3.09 ± 1.41 ^d	3.96 ± 1.43 ^{bc}	3.39 ± 1.47 ^{cd}	3.74 ± 1.05 ^{bcd}	4.52 ± 1.04 ^{ab}	4.96 ± 1.11 ^a	4.39 ± 1.27 ^{ab}
	Texture	3.13 ± 1.55 ^c	3.65 ± 1.27 ^{bc}	3.13 ± 1.58 ^c	4.04 ± 1.22 ^{ab}	4.83 ± 0.98 ^a	4.83 ± 1.27 ^a	4.30 ± 1.06 ^{ab}
Acceptability	Color	5.43 ± 1.12 ^a	3.35 ± 1.27 ^{de}	4.52 ± 1.08 ^{bc}	3.04 ± 1.19 ^c	4.70 ± 1.40 ^d	3.19 ± 1.04 ^{cd}	2.87 ± 1.18 ^e
	Smell	4.87 ± 1.10 ^a	4.65 ± 1.07 ^a	4.61 ± 1.12 ^a	3.70 ± 1.43 ^b	5.22 ± 0.95 ^a	3.30 ± 1.33 ^b	3.22 ± 1.35 ^b
	Taste	4.39 ± 1.03 ^b	4.04 ± 1.11 ^{bc}	4.52 ± 1.20 ^{ab}	3.30 ± 1.46 ^c	5.09 ± 1.04 ^a	4.04 ± 1.30 ^{bc}	3.52 ± 1.34 ^c
	Chewiness	3.52 ± 1.24 ^b	4.43 ± 1.08 ^a	4.04 ± 1.26 ^{ab}	4.09 ± 1.12 ^{ab}	4.35 ± 1.07 ^a	4.70 ± 1.02 ^a	4.13 ± 1.06 ^{ab}
	Texture	3.26 ± 1.36 ^c	4.22 ± 1.38 ^b	3.39 ± 1.23 ^c	4.35 ± 1.07 ^{ab}	4.91 ± 0.95 ^{ab}	5.00 ± 1.28 ^a	4.48 ± 1.04 ^{ab}
	Overall quality	4.22 ± 1.17 ^{bc}	4.39 ± 1.16 ^b	4.35 ± 1.19 ^{bc}	3.65 ± 0.98 ^c	5.26 ± 1.05 ^a	4.52 ± 1.27 ^b	3.96 ± 1.07 ^{bc}

¹⁾WES means hot water extracts from *Undaria pinnatifida* sporophyll.

²⁾UPS means *Undaria pinnatifida* sporophyll.

³⁾Mean ± SD (n=24).

⁴⁾Different letters (a-e) within a same row are significantly different at $p < 0.05$.

약하게 느낄 정도의 범위일수록 선호도가 높은 추세를 보였으며 일정 범위 이상의 강도에서는 선호도의 감소를 나타냈다. 또한 같은 첨가량에서 실험구간을 비교할 때, 조사구의 선호도가 비조사구의 선호도보다 높음을 확인할 수 있었다.

이를 통하여 미역귀 열수추출 분말의 첨가는 첨가량이 증가함에 따라 색, 냄새, 맛에 대한 선호도를 감소시키지만, 3% 첨가량에서는 대조구보다 높은 선호도를 나타내었다. 따라서 높은 수율 및 항산화 활성과 미역귀 열수추출 분말을 첨가한 파운드케이크의 전체적인 선호도를 고려할 때 첨가량은 조사 첨가구 중 3% 첨가구가 가장 적당할 것으로 사료된다.

요 약

감마선(50 kGy)을 조사한 미역귀 열수추출 분말을 첨가한 파운드케이크(0, 3, 6, 9%)를 같은 첨가량의 비조사 첨가구와 비교하여 품질 특성을 알아보았다. 반죽의 pH는 미역귀 열수추출 분말첨가에 의한 첨가량이 증가할수록 유의적으로($p<0.05$) 감소하였으며 비조사 첨가구와 비교하여 조사 첨가구에서 낮은 값을 나타내었다. 파운드케이크의 높이, 부피, 비용적 및 굽기 손실률은 비조사 및 조사 첨가구에서 첨가량의 증가에 따른 유의차를 보이지 않았다. 색도 측정 결과, 명도에서는 미역귀 분말 첨가량이 증가할수록 crust와 crumb 모두 유의적으로 감소하였으나, 적색도의 경우 첨가량의 증가에 따라 유의적인 차이를 보이며 증가하였다. 황색도에서는 crust와 crumb에서 경향 차이를 나타내는데, crust에서는 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 crumb의 경우는 증가하는 경향을 보였다. 미역귀 열수추출 분말 첨가에 의한 경도 변화는 비조사 첨가구에 비해 조사 첨가구에서 낮은 값을 보이며 첨가량 증가에 따라 감소하는 경향을 보이는 반면, 부착성 및 탄력성은 첨가량의 증가에 의해 감소하였으나 유의차는 보이지 않았다. 또한 검성 및 씹힘성은 첨가량의 증가에 따라 유의성을 나타내며 감소하였다($p<0.05$). 저장기간에 따른 경도 변화를 측정한 결과 0일에 비하여 저장기간(5, 10, 15일)에서 높은 값을 보였으나 저장기간에 따른 경향은 보이지 않았으며, 탄력성 및 응집성은 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 저장기간에 따른 노화도는 대조군에서 증가하는 경향을 보였으나 첨가구에서는 뚜렷한 변화가 없었다. 파운드케이크의 항산화능 측정에서는 첨가량의 증가에 따라 유의적으로($p<0.05$) 높아지는 경향을 보였으며, 조사 첨가구는 대조구 및 비조사 첨가구보다 높은 라디칼 소거능을 보여 감마선 조사에 의한 항산화 활성 증가를 확인할 수 있었다. 관능검사 결과, 색에 대한 선호도를 제외하고는 조사 3% 첨가구에서 가장 높은 평가를 나타내었다. 따라서 높은 수율, 관능특성 및 기능성을 포함한 산업적 활용 측면을 고려하였을 때, 미역귀 열수추출 분말 첨가량은 감마선 조사한 3% 첨가구가 최적 조건일 것으로 판단되었다.

감사의 글

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

문 헌

1. Kehrer JP. 1993. Free radicals as mediators of tissue injury and disease. *CRC Crit Rev Toxicol* 23: 21-48.
2. Choi HS, Kim SS, Kim JG, Kim WJ. 1992. Effect of temperature on some quality characteristics of aqueous extracts of sea mustard. *Korean J Food Sci Technol* 24: 382-386.
3. Kim WJ, Choi HS. 1994. Development of combined methods for effective extraction of sea mustard. *Korean J Food Sci Technol* 26: 44-50.
4. Lee DS, Kim HR, Pyeon JH. 1998. Effect of low-molecularization on rheological properties of alginate. *J Korean Fish Soc* 31: 82-89.
5. Koo JG, Jo KS, Do JR, Woo SJ. 1995. Isolation and purification of fucoidans from *Laminaria religiosa* and *Undaria pinnatifida* in Korea. *J Korea Fish Soc* 28: 227-236.
6. Zhuang C, Itoh H, Mizuno T, Ito H. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, *Umitoranoo* (*Sargassum thunbergii*). *Biosci Biotech Biochem* 59: 563-567.
7. Rhee SH. 1972. A study on the calcium and iron content of the *Undaria pinnatifida suringar*. *J Korean Soc Food Nutr* 1: 25-31.
8. Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai T, Hirano T. 1993. Effect of sodium alginates rich in guluronic acid and manuronic acids on cholesterol levels and digestive organs of high-cholesterol-fed rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 545-551.
9. Hosokawa M, Kudo M, Maeda H, Kohno H, Tanaka T, Miyashita K. 2004. Fucoxanthin induces apoptosis and enhances the antiproliferative effect of the PPAR γ ligand, troglitazone, on colon cancer cells. *Biochim Biophys Acta* 1675: 113-119.
10. Thompson KD, Dragar C. 2004. Antiviral activity of *Undaria pinnatifida* against herpes simplex virus. *Phytother Res* 18: 551-555.
11. Byun EH, Kim JH, Sung NY, Choi JI, Lim ST, Kim KH, Yook HS, Byun MW, Lee JW. 2008. Effects of gamma irradiation on the physical and structural properties of β -glucan. *Radiat Phys Chem* 77: 781-786.
12. Kim JH, Sung NY, Kwon SK, Srinivasan P, Song BS, Choi J, Yoon Y, Kim JK, Byun MW, Kim MR, Lee JW. 2009. γ -Irradiation improves the color and antioxidant properties of Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) extract. *J Med Food* 12: 1343-1347.
13. Cho HO, Lee SR. 1974. Effectiveness of gamma irradiation on the extraction of algal polysaccharides. *Korean J Food Sci Technol* 6: 36-41.
14. Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Yoon SY, Lee CJ, Jung JY, Park NB, Kwak JH, Park JG, Kim JH, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. 2010. Effects of gamma irradiation on antioxidant, antimicrobial activities and physical characteristics of *Sargassum thunbergii* extract. *Korean J Food Sci Technol* 42: 431-437.
15. WHO. 1999. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with dose above 10 kGy. *WHO Technical report series*. Geneva, Switzerland.
16. Chung NY, Chio SN. 2005. Quality characteristics of pound

- cake with chlorella powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 669-676.
17. Lee KH. 1996. Sensory characteristics of pound cake baked from Korean wheat flour. *Korean J Food Nutr* 9: 419-423.
 18. Shin YM, Kim MK, Cho HY, Kim MR. 2005. Physicochemical characteristics of pound cake added with β -glucan. *J East Asian Soc Dietary Life* 15: 728-737.
 19. Kim SJ, Moon JS, Kim JM, Kang SG, Jung ST. 2004. Preparation of jam using *Undaria pinnatifida* sporophyll. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 598-602.
 20. 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.
 21. Kim YS. 2008. *Practice test to be a craftsman in bakery and confectionery*. Hyun-nung, Seoul, Korea. p 3.
 22. Woo NRY, Ahn MS. 2004. The study of the quality characteristics of cake prepared with far substitute. *Korean J Food Culture* 19: 506-515.
 23. Summu G, Sahin S, Sevimli M. 2005. Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking. *J Food Eng* 71: 150-155.
 24. Kim KH, Hwang HR, Yun MH, Jo JE, Kim MS, Yook HS. 2009. Quality characteristics of pound cakes prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. spontanea Max. wils.) fruit powder during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 926-934.
 25. Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997. Interrelation between physicochemical properties of milled rice and retrogradation of rice bread during cold storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 886-891.
 26. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 27. 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.
 28. Kim KH, Lee JO, Paek SH, Yook HS. 2009. Quality characteristics of pound cakes containing various levels of aged garlic during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 238-246.
 29. Park YS, Shin S, Sin GM. 2008. Quality characteristics of pound cake with citrus mandarin powder during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 1022-1031.
 30. Chung NY, Choi SN. 2005. Quality characteristics of pound cake with chlorella powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 669-676.
 31. Yi SY, Kim CS, Song YS, Park JH. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 48-55.
 32. Park YS, Shin S, Shin GM. 2008. Quality characteristics of pound cake prepared with mandarin powder. *Korean J Food Preserv* 15: 662-668.
 33. Yang HY, Cho YJ, Oh SS, Park KH. 2003. Effects of ratio and temperature of soybean oil or butter on the quality of sponge cake. *Korean J Food Sci Technol* 35: 856-864.
 34. Ahn JM, Song YS. 1999. Physico-chemical and sensory characteristics of cakes added sea mustard and sea tangle powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 534-541.
 35. Shin YM, Yang YH, Kim MK, Cho HY, Kim MR. 2005. Quality characteristics of pound cake added to β -glucan during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 950-958.
 36. Cha SH, Lee JS, Kim YS, Kim D, Moon JC, Park K. 2009. Properties of fucoidan as raw materials of water-holding cream and cosmetics. *Korean Chem Eng Res* 48: 27-32.
 37. Kim SJ, Kim HJ, Moon JS, Kim JM, Kang SG, Jung ST. 2004. Characteristic and extraction of fucoxanthin pigment in *Undaria pinnatifida*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 847-851.
 38. 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.
 39. Jeong CH, Shim KH. 2004. Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 716-722.

(2011년 8월 8일 접수; 2011년 9월 24일 채택)