

브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 품질 및 항산화 특성

이선호[†]

영남대학교 식품공학과

Quality and Antioxidant Properties of White Breads Enhanced with Broccoli (*Brassica oleracea* L.) Powder

Seon-Ho Lee[†]

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, Gyeongsan, 38541, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the quality and antioxidant properties of white breads enhanced with broccoli powder (BP) (0%, 2.5%, 5.0%, 7.5% and 10.0%). L-value significantly decreased with increasing levels of BP, but a- and b-values increased ($p < 0.05$). Baking loss rate, bread volume, and specific volume were reduced with the addition of BP, whereas the pH of the dough and bread weight increased. The hardness, gumminess and brittleness of breads with BP were higher than those of control breads ($p < 0.05$). Upon sensory evaluation, the 2.5% and 5.0% BP breads showed no significant differences in color, flavor, taste, texture, or overall acceptability compared with controls ($p < 0.05$). The 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of bread significantly increased with increasing BP content ($p < 0.05$). Accordingly, bread quality can be improved by the substitution of 5% BP in place of flour.

Key words: broccoli, white bread, sensory evaluation, nutrition, antioxidant

I. 서론

브로콜리(*Brassica oleracea* L.)는 양배추, 콜리플라워, 갓 등과 함께 십자화과에 속하는 채소로 작은 꽃봉오리가 모여서 이루어진 꽃송이 부위를 주로 식용하며 녹색 꽃양배추로도 불린다. 브로콜리는 지중해 연안에서 유래되어 주로 서양에서 식용으로 많이 소비되어 온 식물이다. 국내에서도 건강 기능성을 가진 다양한 채소에 대한 관심이 증가하고 있어 브로콜리를 재배하는 농가가 늘어나고 소비도 증가되고 있다(Kim JY 등 2009, Oh JB & Lee HJ 2011). 브로콜리는 α -carotene, β -carotene, α -tocopherol, γ -tocopherol, ascorbic acid, rutin, selenium, glutathione, quercetin 및 sulforaphane 등 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있다(Kim MR 등 1999, Kurilich AC 등 1999, Sok DE 등 2003). 브로콜리가 가지는 유용한 생리활성으로는 항균성(Lee HS & Park YW 2005, Kim MS 등 2014), 대장암세포 생육억제효과(Kim MS 등 2014),

콜레스테롤 저하 및 비만 억제효과(Lee JJ 등 2009), 항염증(Jang MW & Ha BJ 2012) 및 항산화성(Lee HS & Park YW 2005, Jang MW & Ha BJ 2012, Kim MS 등 2014)이 있다. 브로콜리는 주로 꽃봉오리 부위를 생것 또는 삶거나 데치는 방법으로 요리되고 있으며, 찹즙조작을 거쳐 섭취되기도 한다(Kim MR 등 1997). 브로콜리는 생리활성이 우수하지만 삶거나 데치는 조작 또는 찹즙하는 번거로움이 있어 일상적인 식탁에서 자주 접하기는 힘든 편이다. 최근 브로콜리를 간편하게 섭취할 수 있는 가공식품 개발에 관심이 집중되고 있으나 브로콜리를 이용한 가공식품은 많이 개발되어 있지 않다. 브로콜리를 이용한 가공식품에 관한 연구로는 브로콜리 분말을 첨가하여 제조한 파운드 케익(Oh JB & Lee HJ 2011, Lee HJ 2012), 쿠키(Lim EJ & Kim JY 2009), 고추장(Oh YS 등 2013), 스펀지케이크(Kim CH & Cho KR 2010, Lim EJ 등 2010) 등이 있다.

국내에서 빵은 간식으로의 역할을 주로 해 왔으나, 바쁜 현대생활에서 식생활이 서구화되고 생활 패턴이 바뀌면서 빵을 간식에서 주식의 하나로 섭취하는 인구가 늘어나고 있다. 식품을 구매하는 소비자의 중요한 선택 기준이 건강에 도움이 되는 식품에 집중되면서, 제빵 산업계에서도 다양한 건강 생리활성을 가진 재료를 사용하여

[†]Corresponding author: Seon-Ho Lee, Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, 280, daehak-ro, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, 38541, Korea
Tel: +82-53-795-5350
Fax: +82-53-810-4662
E-mail: lotte@yu.ac.kr

기능성을 가진 제품을 개발하고자 하는 연구들이 다양하게 시도되고 있다. 지금까지 천연재료를 첨가한 제빵 연구로는 가시오가피 추출물(Lee SH & Bae JH 2010), 양배추분말(Lee SH 2010), 참죽분말(Kim MA 등 2014), 찰흑미 분말(Kim WM & Lee YS 2007)을 이용한 식빵을 개발하는 등 많은 보고들이 있다.

본 연구는 다양한 기능성이 밝혀진 브로콜리 분말을 이용하여 건강 기능성 식빵을 개발하기 위해 수행되었다. 빵 반죽시 브로콜리 분말을 밀가루 양의 0%, 2.5%, 5%, 7.5% 및 10% 비율로 대체하여 식빵을 제조하였다. 브로콜리 분말로 밀가루를 일부 대체하여 식빵을 제조했을 때 반죽의 물성, 식빵의 품질, 기호성 및 항산화성을 조사하고 브로콜리 분말의 적정 첨가비율을 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 브로콜리는 대구 시내 마트에서 구입하여 3 mm로 세절하고 60°C에서 열풍건조(VS-1202D4, Vision Scientific, Daejeon, Korea)하였다. 건조된 브로콜리는 마쇄하여 100 mesh체를 통과시켜 분말화하여 사용하였다. 밀가루는 CJ 강력분 1등급(Seoul, Korea), 이스트는 제니코식품 생이스트(Pyeongtaek, Korea), 이스트푸드는 푸라토스코리아사 S-500(Gwangju, Korea), 쇼트닝은 롯데푸드(Seoul, Korea), 탈지분유는 서울우유협동조합(Seoul, Korea), 정백당은 삼양사(Ulsan, Korea)의 제품을 사용하였으며, 항산화성 실험을 위해 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

2. 반죽의 배합비

식빵 제조에 사용한 반죽의 배합비는 Table 1과 같다.

브로콜리 분말은 베이커 퍼센트(baker's percentage)로 계산하여 첨가량을 정하였다. 즉 대조구 배합의 밀가루 100 g을 기준으로 하고 브로콜리 분말의 양을 0%, 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10.0%로 각각 달리하여 첨가하였다. 밀가루의 양은 각 실험구에 첨가된 브로콜리 분말의 양만큼 대조구의 밀가루 양에서 줄여서 사용하였다.

3. 제빵방법

반죽은 직접 반죽법을 사용하였으며, 수직형 반죽기(NVM-95, Dae Young Co., Seoul, Korea)를 사용하였다. 즉 반죽기에 쇼트닝을 제외한 전 재료를 넣고 믹싱하여 클린업 상태가 되면 쇼트닝을 첨가하고 저속에서 2분간 혼합하였다. 이후 글루텐이 최적 상태로 형성될 때까지 중고속으로 믹싱하여 반죽온도가 27°C가 되도록 하였다. 1차 발효 조건은 온도 27±1°C, 상대습도 75% 및 발효시간 90분이었다. 1차 발효한 반죽을 170 g씩 분할하고 둥글리기한 후 15분간 중간 발효시키고 성형하였다. 성형한 반죽을 3덩어리(170 g × 3)씩 빵틀에 팬닝하여 2차발효기(온도 37±1°C, 상대습도 85±5%)에서 50분간 발효하였다. 2차 발효된 반죽을 윗불 170°C, 아랫불 190°C로 예열된 오븐(FDO-7102, Dae young Co., Seoul, Korea)에서 35분간 구운 후 실온에서 1시간 30분 냉각하고 폴리에틸렌 필름을 사용하여 포장하였다.

4. 식빵반죽의 pH 및 발효 팽창력

반죽의 pH는 pH meter(AM-30V, Toyo, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 브로콜리 분말의 양을 다르게 하여 제조한 각각의 식빵 반죽 10 g에 10배의 증류수를 가하고 homogenizer (PH 91, SMT Co., Tokyo, Japan)로 2분간 균질화한 후 측정용 시료로 사용하였다. 발효 팽창력은 식품공학실험법(Yu JH 등 1975)을 변형하여 측정하였다. 즉 믹싱한 반죽

Table 1. Formulas of the white bread containing different amount of broccoli powder

Ingredients (g)	Content (%) ¹⁾	Broccoli powder content (%)				
		0	2.5	5.0	7.5	10.0
Strong flour	90~100	1200	1170	1140	1110	1080
Broccoli powder	0~10.0	0	30	60	90	120
Compressed yeast	4	48	48	48	48	48
Yeast food	0.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Sugar	5.0	60	60	60	60	60
Salt	2.0	24	24	24	24	24
Non-fat dry milk	3.0	36	36	36	36	36
Shortening	4.0	48	48	48	48	48
Water	Variable	756	756	756	756	756

¹⁾ Baker's percent

20 g을 취하여 100 mL의 메스실린더에 넣은 후 1차 발효조건(온도 27±1°C, 상대습도 75%)의 발효기에서 15분 간격으로 90분간 측정하였다.

5. 식빵의 비용적 및 굽기손실을

빵의 무게와 부피는 빵을 굽고 실온에서 1시간 방냉하여 측정하였으며 빵의 부피는 종자 치환법(Pyler EJ 1979)으로 빵 4개를 각각 세 번씩 측정하여 산술평균으로 나타내었다. 식빵의 높이는 30 cm자를 이용하여 측정하였으며 비용적(specific volume)은 빵 1 g이 차지하는 부피(mL)로 표시하였다. 반죽수율, 굽기 손실율은 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Baking loss rate (\%)} = \frac{\text{Dough weight (g)} - \text{Bread weight (g)}}{\text{Dough weight (g)}} \times 100$$

$$\text{Specific volume (mL/g)} = \frac{\text{Bread volume (mL)}}{\text{Bread weight (g)}}$$

6. 식빵의 색도

색도는 시료를 실온까지 식힌 후 색차계(JS 555, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 표준 백판(L=98.77, a=0.03, b=-0.70)으로 보정한 후 측정하였다. 즉 시료를 세로 18 mm 두께로 잘라 빵의 내부(crumb)를 3회 반복 측정하고 그 값은 Hunter Scale에 의하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 나타내었다.

7. 식빵의 텍스처

텍스처는 빵을 제조하여 5시간 방냉 시키고 rheometer (Compac-100 II, Sun Scientific Co., Ltd., Kyoto, Japan)로 mastication test를 이용하여 측정하였다. 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 겹성(gumminess) 및 부서짐성(brittleness)을 측정하였다. 시료를 20×20×20 mm로 준비하여 텍스처를 3회 측정 후 평균으로 나타내었다. 측정조건은 sample moves 25.0 mm, plunger diameter 3 mm, table speed 60 mm/min, adapt area 0.79 cm²으로 하였다.

8. 식빵의 관능 평가

관능검사는 성인 남녀 25명의 패널요원을 구성하여 실시하였다. 브로콜리 분말을 첨가한 식빵을 제조한 후 2시간 실온에서 방냉하고 Civille GV & Szczesniak AS(1973)의 방법에 따라 7점법의 기호도 검사법을 사용하였다. 평가항목으로는 식빵의 색(color), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 종합적 기호도(overall acceptance)였으며, 각 항목별로 점수가 높을수록 특성이 강해지는 것으로 평가하였다.

9. 식빵의 항산화력 측정

식빵의 항산화력은 Blois MS(1958)의 방법을 변형한 DPPH free radical 소거능 측정에 의해 평가하였다. 동결 건조한 식빵에 70% ethanol(Duksan, Ansan, Korea)을 가하여 1시간동안 추출하고 4,200 rpm에서 30분간 원심 분리(Combi-514R, Hanil Co., Gangneung, Korea)한 후 상정액을 Whatman No. 1(Whatman International Ltd., Maidstone, UK) 여과지로 여과하여 시료용액으로 사용하였다. 시료용액 1 mL에 0.2 mM의 DPPH용액 1 mL를 넣고 교반 후 10분 방치한 다음 517 nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 측정하였다. 바탕시험인 시료 무첨가구는 시료 대신 70% ethanol을 사용하여 측정하였으며, DPPH radical 소거능(%)은 [1 - (시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도)]×100으로 나타내었다.

10. 통계적 분석

본 연구의 실험 결과의 통계처리는 SPSS 12.0 for windows program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 분산분석(ANOVA) 후 *p*<0.05 수준에서 Duncan의 다중검증법으로 시료간의 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 반죽의 pH 변화

브로콜리 분말을 첨가하여 반죽을 제조하고 pH를 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 대조구의 pH는 5.62였으며 브로콜리 분말을 첨가하는 양이 증가함에 따라 반죽의 pH는 5.71~6.04로 점차적으로 증가하였다. 대조군과 각 실험군

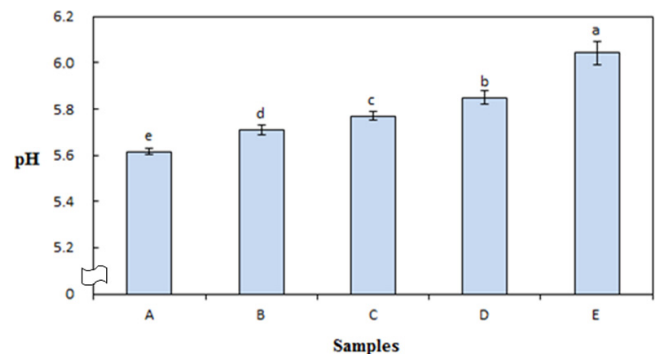


Fig. 1. Change of pH of the doughs containing different amount of broccoli powder.

- A Control, Addition of 0% broccoli powder
- B Addition of 2.5% broccoli powder
- C Addition of 5.0% broccoli powder
- D Addition of 7.5% broccoli powder
- E Addition of 10.0% broccoli powder

간의 통계적 유의성을 검증한 결과 각 실험군간에 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 브로콜리의 pH는 6.5~7 정도이며(Ludikhuyze L 등 2000), 대조구의 pH는 5.62로 브로콜리 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH가 증가하는 것은 첨가한 브로콜리 분말의 영향으로 판단된다. 브로콜리의 첨가량을 늘일수록 pH는 증가하고 반죽의 발효 팽창력이 저하 될 것으로 추정된다. 반죽의 pH 상승은 아미노카르보닐 반응에도 영향을 미치는데(Kim YS 등 2002), 본 실험에서 브로콜리 첨가에 따라 pH가 상승하고 이에 따라 당과 단백질의 반응이 용이해질 것으로 예상되며, 이에 따라 최종 제품의 색도 갈변화 경향이 증가할 것으로 추정된다.

2. 반죽의 발효 팽창력

브로콜리 분말을 첨가하고 제조한 반죽의 발효팽창력을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 각 첨가구의 반죽을 90분간 발효시키면서 15분 간격으로 발효 팽창력을 측정하였으며, 반죽시 사용한 브로콜리 분말의 양이 증가할수록 반죽의 팽창력은 저하하였다. 발효 15분후까지는 대조구와 실험구간에 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 발효 30분후의 발효팽창력은 대조구는 66.33 mL이었으며, 실험구는 49~57 mL를 나타내어 대조구와 실험구간에 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 발효 45분후부터는 대조구와 각 실험구간에 유의적인 차이가 더욱 더 심화되어 발효 45분에는 대조구는 76 mL이었으며 실험구는 69.33 mL, 65.33 mL, 60.33 mL, 53.33 mL 순으로 차이를 나타내었다. 60분, 75분 및 90분간 발효시킨 실험구에서도 45분 발효 시킨 실험의 결과와 유사하게 각 실험구간에 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). pH와 발효 팽창력을 비교했을 때 pH가 낮은 시험군에서 발효 팽창력이 우수하였

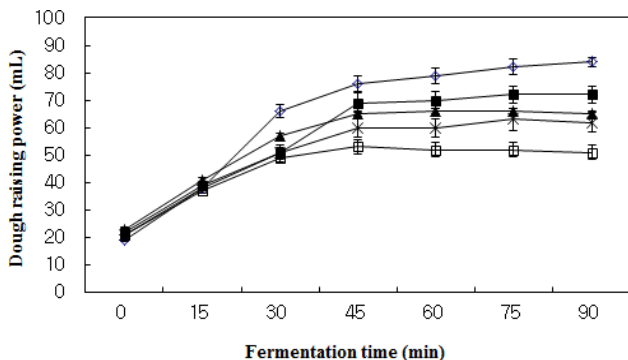


Fig. 2. Dough raising power of the doughs containing different amount of broccoli powder.

- Addition of 0% broccoli powder
- Addition of 2.5% broccoli powder
- ▲ Addition of 5.0% broccoli powder
- × Addition of 7.5% broccoli powder
- Addition of 10.0% broccoli powder

다. 이는 가시오가피 추출물을 첨가하여 제조한 식빵 반죽의 결과(Lee SH & Bae JH 2010)와 양배추 분말을 첨가하여 제조한 식빵의 경우(Lee SH 2010)와 유사한 경향이였다. Choi DM 등(2007)은 효모의 활성이 왕성한 pH 조건은 pH 5.4~5.8이며 솔잎을 첨가한 식빵 반죽의 경우 pH가 낮으면 가스 발생력이 높아져 제품의 부피가 증가한다고 하였다. 본 실험의 경우 대조구의 pH는 5.62였으며 브로콜리 분말을 첨가한 경우 반죽의 pH가 6.04까지 증가하였다. 브로콜리를 첨가하지 않은 반죽의 pH는 5.62로 브로콜리를 첨가한 반죽에 비해 효모를 활성화시키는 데 더 적합한 pH 조건이었다. 또한 브로콜리는 항균성을 가지고 있다고 보고되어 있는데(Lee HS & Park YW 2005) 브로콜리에 의해 효모의 생육이 저해되고 브로콜리 첨가군이 대조구에 비해 발효 팽창력이 낮아진 것으로 판단된다. 본 실험에서 10% 처리 실험군의 경우, 반죽의 발효 팽창력이 유의적으로 감소하였으며 완성된 식빵의 부피가 감소할 것으로 예상되었다.

3. 식빵의 색도

식빵의 색도에 대한 측정 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같이 L값(명도, Lightness), a값(적색도, Redness) 및 b값(황색도, Yellowness) 모두 전 실험군에서 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 브로콜리 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 색도의 변화가 있었다. L값은 대조구가 80.16±1.69로 가장 높았고 브로콜리 분말의 비율이 늘어남에 따라 L값은 70.72±0.83, 61.70±2.38, 57.10±1.30 및 50.10±1.03으로 점점 줄어들었다. 10%첨가구의 L값은 대조구와 비교했을 때 약 30 정도 낮은 값을 나타내었다. 즉 브로콜리 분말의 색이 밀가루와 비교했을 때 매우 어두운 색을 나타냄으로, 브로콜리를 첨가시킨 식빵을 제조

Table 2. Color value of white bread crumb containing different amount of broccoli powder

Broccoli powder (%)	Color values ¹⁾		
	L	a	b
0	80.16±1.69 ^{a2)}	-2.11±0.21 ^d	12.52±0.70 ^d
2.5	70.72±0.83 ^b	-2.36±0.22 ^d	23.03±1.63 ^c
5.0	61.70±2.38 ^c	-1.22±0.27 ^c	28.06±0.93 ^b
7.5	57.10±1.30 ^d	-0.02±0.32 ^b	30.47±0.33 ^a
10.0	50.10±1.03 ^e	1.23±0.20 ^a	30.80±0.54 ^a

¹⁾ L: Measures lightness and varies from 100 for perfect white to zero black; a: Measures redness when plus, gray when zero, and greenness when minus; b: Measures yellowness when plus, and blueness when minus.

²⁾ In a column, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. Each values are mean±SD.

할 때 브로콜리 분말의 양이 많을수록 L값이 낮아지고 식빵의 내부 및 외부 색이 어두워지는 경향을 나타내는 것으로 판단된다. 브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 a값을 측정된 결과 브로콜리 분말의 양이 많아질수록 적색도가 증가하는 경향을 나타냈으며, 각 실험군 별로 실시한 통계 분석 결과에서 브로콜리 분말의 첨가량이 증가할수록 a값도 증가하며 실험구간에 유의적인 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 브로콜리 분말의 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가하였으며($p < 0.05$), Lim EJ 등(2010)은 브로콜리 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 b값 변화는 고온 가열 처리과정에서 브로콜리의 클로로필 색소가 변화하여 황색도가 증가된 것이라고 설명한 바 있다. 브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 색도 측정 결과는 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드케이크의 색도 변화 양상과도 일치하는 경향을 나타내었다(Oh JB & Lee HJ 2011). 회귀분석을 실시한 결과 부적 상관을 보였고 $Y = -7.37X + 86.08$ ($R^2 = 0.98$)의 회귀식을 얻었다. L값의 R^2 는 0.98로 브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 색도 변화는 브로콜리 분말의 첨가와 매우 밀접한 관계가 있음을 통계적으로 확인하였다. Kim YS 등(2002)은 pH가 상승할 경우 아미노-카르보닐 반응에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 대조구의 pH는 5.62였으며 브로콜리 분말을 첨가하였을 때는 pH가 6.04까지 증가하였다. 아미노-카르보닐 반응은 아미노산의 종류, pH 등의 영향을 받으며 pH가 증가할수록 당과 아미노산이 결합된 glycosylamine 화합물은 케토형으로 전위가 촉진되기 때문에 알칼리에서는 아미노-카르보닐 반응이 증가되고 산성쪽에서는 반응속도가 낮다. pH 5.7~8.0 범위에서 행한 아미노-카르보닐 반응 실험 결과 pH가 증가할수록 갈변물질이 직선적으로 증가하였다는 보고(Yang R & Shin DB 1980)는 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다. 결론적으로 첨가된 브로콜리 자체의 색이 최종 식빵제품의 색도에 영향을 주었으며(Lim EJ 등 2010), 브로콜리 분말의 첨가로 인해 pH가 상승하고 브로콜리 분말, 밀가루 등 식빵 제조 원료의 단백질 및 당성분이 복합 반응하여 생성된 갈변 물질도 색도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 최종 식빵제

품의 색도는 브로콜리 분말의 첨가 정도와 유의적으로 상관관계가 있으며 특히 L값은 통계적 분석을 통하여 얻은 회귀식을 통하여 브로콜리 첨가 정도에 따라 식빵의 색도가 변하는 정도를 예측할 수 있는 요소로도 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 생산되는 제품의 품질을 예측하고 관리하는데 사용할 수 있을 것이다.

4. 제빵특성

브로콜리 분말을 첨가하여 제조한 식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실율의 변화는 Table 3에 나타내었다. 빵의 무게는 대조구가 449.67 ± 2.52 g이었으며, 브로콜리 분말을 첨가한 실험구의 무게는 $452.00 \pm 2.00 \sim 458.33 \pm 2.52$ g으로 브로콜리 분말을 첨가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 빵의 부피는 대조구가 $3,401.67 \pm 14.57$ mL이었고 브로콜리 분말을 첨가한 실험구는 브로콜리 분말의 첨가량을 2.5%, 5.0%, 7.5% 및 10.0%로 증가시키기에 따라 $3,395.00 \pm 21.00$ mL, $3,231.67 \pm 20.13$ mL, $3,090.00 \pm 13.23$ mL 및 $2,937.33 \pm 22.50$ mL로 부피가 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 브로콜리 분말을 첨가하는 양을 증가시킬수록 실험구의 부피는 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$) 특히 10%첨가구의 경우는 $2,937.33 \pm 22.50$ mL로 현저히 부피가 감소하여 외관상으로도 품질이 저하됨을 확인하였다. 브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 비용적은 브로콜리 분말의 양이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 즉 대조구의 비용적은 7.56 ± 0.04 mL/g 이었으며 5.0%, 7.5% 및 10.0% 첨가구의 비용적은 $7.15 \pm 0.06 \sim 6.41 \pm 0.08$ mL/g 으로 브로콜리 첨가량을 증가시킬수록 현저히 감소하였다. 굽기 손실율은 대조구는 $11.83 \pm 0.49\%$ 이었으며, 브로콜리 첨가구는 $11.37 \pm 0.39 \sim 10.20 \pm 0.40\%$ 로 브로콜리 분말을 첨가하는 양이 늘어날수록 굽기손실율은 대조구에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$).

식빵의 부피에 영향을 미친 요인으로는 밀가루 단백질인 글루텐과 효모의 역할이 중요하다. 글루텐은 신장성과 탄력성을 가진 막을 형성하고 그 막 사이에 효모 발효시 생성되는 가스를 보유하여 반죽을 팽창하게 하는 역할을

Table 3. Baking properties of white bread containing different amount of broccoli powder

Broccoli powder (%)	Bread weight (g)	Bread volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Baking loss rate (%)
0	449.67 ± 2.52^{c1}	3401.67 ± 14.57^a	7.56 ± 0.04^a	11.83 ± 0.49^a
2.5	454.33 ± 2.08^{bc}	3395.00 ± 21.00^a	7.47 ± 0.08^a	10.91 ± 0.41^{bc}
5.0	452.00 ± 2.00^{ab}	3231.67 ± 20.13^b	7.15 ± 0.06^b	11.37 ± 0.39^{ab}
7.5	455.33 ± 1.53^{ab}	3090.00 ± 13.23^c	6.79 ± 0.02^c	10.78 ± 0.20^{bc}
10.0	458.33 ± 2.52^a	2937.33 ± 22.50^d	6.41 ± 0.08^d	10.20 ± 0.40^c

¹⁾ In a column, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. Each values are mean \pm SD.

한다. Lim EJ & Kim JY(2009)는 브로콜리를 첨가하여 쿠키를 제조할 때 브로콜리 분말이 반죽의 형성에 필요한 수분과 결합하여 글루텐 형성을 억제하고 제과특성을 변화시켰다고 보고한 바 있다. 식빵을 제조할 때에도 브로콜리 분말의 수분 흡수는 밀가루의 글루텐 발달을 억제하는 원인이 될 수 있다. 또 다른 원인은 전체 반죽 중의 글루텐 함량의 감소이다. 즉 첨가되는 브로콜리 분말의 양이 많아질수록 전체 반죽에 포함된 글루텐의 함량이 대조구와 비교하여 상대적으로 줄어들게 되고 그로 인해 가스를 보유하고 반죽을 팽창시키는 능력이 저하되며, 그 결과 최종 제품의 부피가 감소하게 되는 것으로 판단된다.

효모도 제품의 부피에 영향을 미치는 중요한 요인인데 효모의 활성이 떨어지면 제품 부피가 작아질 수 있다. 브로콜리는 항균성이 있으며(Lee HS & Park YW 2005, Kim MS 등 2014) 브로콜리의 항균 성분이 효모의 생육을 저해하여 효모의 활동성이 저하되고 가스 생성량이 줄어들어 제품의 부피가 줄었을 가능성도 고려해볼 수 있다.

빵의 무게가 증가하고 부피가 줄어들어 비용적이 감소한 경우 조직이 거칠어지는 등 관능평가에서 식감이 저하되는 경향을 보이는데(Bae JH 등 2003), 브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 경우에도 브로콜리 분말의 양을 증가시킬수록 식빵의 식감이 나빠질 것으로 예상됨으로 관능평가를 통해 식감을 저해하지 않는 범위내에서 브로콜리 첨가량을 결정하는 것이 바람직 할 것이다. 채소류 분말을 첨가함에 따라 대조구와 비교하여 빵의 무게가 증가하고 굽기 손실율이 감소하는 경우 호화 정도가 나빠지는 것(Roels SP 등 1993)으로 보고되어 있는데 본 실험구에서도 대조구와 비교하여 빵의 무게는 증가하였으며 굽기 손실율이 감소하는 경향을 보여 호화에 부정적인 영향을 미칠 것이라 예상되며 이로 인해 식감도 저하될 것으로 추정된다.

5. 빵의 텍스처

브로콜리 분말을 첨가하여 식빵을 제조하고 텍스처를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 경도는 원하는 변형을 주기위해 필요한 힘을 의미하는데 식빵의 경도는 브로콜리 분말을 첨가하는 경우 첨가량을 늘일수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 대조구의 경도는 $75.30\pm 3.27 \text{ g/cm}^2$ 이었으며 브로콜리 분말의 양을 10% 첨가하였을 경우는 $806.07\pm 89.80 \text{ g/cm}^2$ 까지 유의적으로 증가함을 보였다($p<0.05$). 브로콜리를 이용하여 스펀지 케이크를 제조한 경우에도 첨가하는 브로콜리 양을 증가시킬수록 제품의 경도가 유의적으로 높아져 품질이 저하됨이 나타났다(Kim CH & Cho KR 2010). 브로콜리 분말을 첨가한 식빵의 경우 전체 반죽속의 글루텐의 함량이 낮아지고 이로 인해 글루텐 형성을 방해받아 부드러운 조직의 식빵이 아니라 거친 조직의 식빵이 제조되기 때문으로 판단되며, 부드러운 식감의 식빵을 생산하기 위해서는 첨가하는 분말의 양을 적절히 조절하는 것이 필요할 것이다. 또한 기계적 텍스처 실험 결과를 관능평가의 결과와 연관하여 품질 예측 및 관리 지표로 활용할 수도 있을 것이다. 탄력성은 유의적 차이 없었으며 겹성은 증가하였다. 겹성은 반고형상의 식품을 삼킬수 있도록 압축하고 파괴하는데 필요로 하는 에너지를 나타내는데 경도와 응집성과 관련있는 항목이다. 겹성은 대조구의 경우 $37.97\pm 4.44 \text{ g/cm}^2$ 이었으며, 10% 브로콜리 첨가구의 경우 $299.70\pm 40.56 \text{ g/cm}^2$ 로 브로콜리 첨가량이 증가할수록 겹성도 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 브로콜리 스펀지 케이크에서도 브로콜리 분말을 많이 첨가할수록 겹성이 증가하는 경향을 나타내었다(Kim CH & Cho KR 2010). 응집성은 낮아지는 경향을 보였다. 응집성은 물체가 있는 그대로를 유지하고자 하는 힘 즉 변형된 형태를 복원하는 능력을 나타내는데 브로콜리 첨가량을 증가시킬수록 응집성은 낮아지는 경향을 보였으며, 부서짐성은 증가하였다. 대조구의 응집성은 $81.60\pm 7.20\%$ 이었으며 실험구는 분말첨가량이 증가할수록 2.5% 분말 첨가구의 경우 $74.00\pm 5.57\%$ 에서 10% 브로콜

Table 4. Textural characteristics containing different amount of broccoli powder

Broccoli powder (%)	Hardness (g/cm ²)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g/cm ²)	Brittleness (g/cm ²)
0	75.30±3.27 ^{c1)}	81.60±7.20 ^a	75.56±2.23 ^{NS}	37.97±4.44 ^c	28.73±3.94 ^c
2.5	70.93±20.19 ^c	74.00±5.57 ^{ab}	66.20±11.83	35.80±3.84 ^c	26.79±3.00 ^c
5.0	114.09±25.99 ^c	73.87±0.49 ^{ab}	77.58±3.48	53.64±12.51 ^c	41.90±11.28 ^c
7.5	338.33±43.60 ^b	69.63±1.36 ^b	81.84±3.61	167.13±21.90 ^b	137.55±23.32 ^b
10.0	806.07±89.80 ^a	50.93±1.75 ^c	74.70±0.79	299.70±40.56 ^a	223.67±28.46 ^a

¹⁾ In a column, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. Each values are mean±SD.
²⁾ NS=Non-Significant.

리 첨가구의 경우 $50.93 \pm 1.75\%$ 까지 응집성이 유의적으로 낮아졌다($p < 0.05$). 부서짐성은 대조구의 경우 $28.73 \pm 3.94 \text{ g/cm}^2$ 이었으며 브로콜리를 10% 첨가한 실험군은 $223.67 \pm 28.46 \text{ g/cm}^2$ 이었다. 브로콜리를 첨가한 스펀지 케이크의 경우 브로콜리 첨가량이 증가할수록 스펀지 케이크의 골격 형성에 필요한 글루텐이 충분히 형성되지 못해 식감이 나쁘고 조직이 약화 되었다고 보고된 바 있는데(Lim EJ 등 2010), 브로콜리를 첨가하여 제조한 식빵의 부서짐성은 브로콜리 첨가량을 증가시킬수록 급격하게 증가하였다. 부서짐성은 외력에 의해 영구변형을 하지 않고 파괴되거나 일부만 영구변형을 일으키는 성질로 조직이 약하여 쉽게 부서지는 성질인데, 빵조직 속의 글루텐이 충분히 발달되었을 경우는 인장 강도가 좋아 변형된 형태를 복원하는 능력이 우수하고 잘 부서지지 않는다. 글루텐이 잘 형성되지 않은 조직의 경우 응집성이 낮고 쉽게 부서지게 되며 브로콜리를 많이 첨가할수록 글루텐 형성이 저하되어 응집성은 낮아지고 부서짐성은 증가하는 것으로 설명할 수 있다(Lee SH 2010).

6. 빵의 관능검사

브로콜리 분말을 첨가하여 제조된 식빵의 색, 맛, 향, 질감 및 전체적인 기호도에 대해 관능적 특성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 식빵의 색도는 0~5% 첨가 실험군까지는 유의적인 차이는 없었으며($p < 0.05$), 7.5% 이상의 실험군은 식빵의 내부 색이 어두워지면서 각각 4.79 ± 0.70 , 3.57 ± 0.51 로 기호도가 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 브로콜리 스펀지 케이크의 경우에도 5% 첨가군까지는 색에 대한 기호도가 향상되었으나 5% 이상을 첨가한 경우는 첨가량이 증가할수록 기호도 점수가 낮아지는 경향을 나타내어(Kim CH & Cho KR 2010) 브로콜리 분말을 많이 첨가하는 것은 색에 대한 기호도 면에서 적절하지 않음을 알 수 있다. 색차계를 이용하여 측정된 식빵의 색도 측정 결과에서 브로콜리의 첨가량을 늘일수록 유의적으로 L값, a값, b값 등의 측정치가 변화하였는데 색에 대한 기호도는 브로콜리 첨가량을 7.5% 이상 첨가한 실험

군에서 유의적으로 감소하였다. 즉 L값이 낮아져 색채가 어두워지고 a값 및 b값이 높아질수록 관능적 기호도도 낮아졌다. 식빵의 향과 맛에 대한 기호도는 브로콜리 분말 5% 첨가군까지는 대조군과 유의적인 차이 없이($p < 0.05$) 양호한 점수를 얻었다. 7.5% 첨가군부터는 대조군에 비해 유의적으로 낮은 점수를 얻었다($p < 0.05$). 브로콜리 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 결과에서도 소량의 브로콜리 분말 첨가는 향에 대한 기호도를 증가시켰으나 15%이상 첨가할 경우 오히려 기호도가 감소하는 결과를 보였다(Kim CH & Cho KR 2010). 이는 브로콜리 분말 고유의 향과 맛이 강하여 제품의 맛에 영향을 미치고 기호적으로 거부감을 느끼기 때문인데 식빵의 경우에는 5% 첨가까지는 기호도 조사에서 무난한 점수를 얻었다. 식빵의 질감에 대한 기호도 검사결과 2.5%첨가군은 대조군과 유의적이 차이가 없었으며, 5%첨가군의 경우는 대조군에 비해 비교적 낮은 기호를 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p < 0.05$). 기계적인 텍스처 검사 결과 식빵의 경도, 응집력, 탄력성, 검성, 부서짐성의 경우는 5% 첨가군까지는 유의적인 차이가 없었던 것과 일치하는 결과이다. 7.5% 이상의 분말 첨가군에서는 기계적 분석 결과치가 유의적으로 차이를 나타내었는데, 기호도 검사에서도 7.5% 및 10% 첨가군에서는 색, 향, 맛, 질감 부분에서 모두 유의적으로 낮은 점수를 나타내었다($p < 0.05$). 기계적인 경도 검사에서 브로콜리 분말의 첨가량이 증가할수록 식빵의 경도가 높아졌는데, 브로콜리 분말의 첨가로 인해 식빵이 딱딱해지고 이로 인하여 식감이 감소한 것으로 판단된다. 본 실험에서는 기계적인 검사 결과와 기호도 검사 상호간에 일치하는 패턴을 보여 기계적 검사 결과를 기호도 예측 수단으로 사용할 수 있는 가능성을 시사하였다. 전체적인 기호도를 조사한 결과 2.5%와 5% 첨가 실험군은 대조군과 비교하여 수치상 조금 낮은 점수를 보였으나 통계적으로 유의적인 차이가 없이 비슷한 기호도를 나타내었다($p < 0.05$). 이와 반대로 7.5% 및 10% 첨가군은 대조군에 비해 기호도가 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 브로콜리 분말을 이용한 앞선 연구에서 스펀지

Table 5. Sensory evaluation of white bread containing different amount of broccoli powder

	Broccoli powder (%)				
	0	2.5	5.0	7.5	10.0
Color	6.14±1.17 ^{a1)}	5.79±1.31 ^a	6.29±0.83 ^a	4.79±0.70 ^b	3.57±0.51 ^c
Flavor	6.07±1.00 ^a	5.50±1.02 ^a	5.86±1.10 ^a	4.64±1.08 ^b	3.71±0.83 ^c
Taste	6.29±0.83 ^a	6.00±0.88 ^a	5.64±1.28 ^a	4.57±1.09 ^b	3.36±0.50 ^c
Texture	6.36±0.50 ^a	6.14±0.77 ^a	5.93±0.83 ^a	4.71±1.07 ^b	3.86±1.10 ^c
Overall	6.21±0.80 ^a	6.14±0.95 ^a	5.64±1.22 ^a	4.21±0.80 ^b	3.21±0.43 ^c

¹⁾ In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. Each value is Mean±SD.

Table 6. DPPH radical scavenging activities of white bread containing different amount of broccoli powder

	Broccoli powder (%)				
	0	2.5	5.0	7.5	10.0
DPPH radical scavenging activities (%)	12.87±0.71 ^{e1)}	17.67±1.80 ^d	26.68±1.45 ^c	33.96±2.28 ^b	43.55±2.43 ^a

¹⁾ In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. Each value is Mean±SD.

케이크에 첨가하는 브로콜리의 분말의 양은 5~7%가 적당하며(Kim CH & Cho KR 2010, Lim EJ 등 2010), 쿠키에는 7%의 분말을 첨가하는 것이 적절하다(Lim EJ & Kim JY 2009)고 보고된 바 있다. 브로콜리 분말을 첨가한 식빵은 맛과 향이 강하고, 경도가 높아져 식감이 떨어지기 때문에 이상의 결과를 바탕으로 브로콜리 분말을 5% 이하로 첨가하여 식빵을 제조함이 바람직할 것으로 판단된다.

7. 전자공여능

브로콜리 분말을 첨가하여 제조한 식빵의 DPPH 전자공여능은 Table 6에 나타내었다. 에탄올로 추출한 대조구의 DPPH 전자공여능은 12.87%이고 실험구의 경우 브로콜리 분말 첨가량이 2.5~10%로 증가할수록 17.67~43.55%로 첨가량에 따라 DPPH radical 소거능이 유의적으로 증가하는 경향이 나타났다($p < 0.05$). Lee HS & Park YW (2005)은 브로콜리의 각 부위별 추출물을 이용하여 radical 소거 활성을 조사하였는데 에탄올 추출물의 활성이 가장 우수했으며, 온도변화 및 산성 pH에서도 radical 소거 활성이 비교적 안정적이었다고 보고한바 있다. 식빵제조시 고온의 열에서 굽는 과정을 거쳐야 하는데 브로콜리의 항산화성분은 온도변화와 제빵 반죽의 pH 영역에도 비교적 안정한 성분이므로 완성된 식빵의 항산화성을 부여할 수 있을 것이다. 본 실험의 결과에서 브로콜리 상태가 아닌, 브로콜리를 첨가하고 고온의 가열 공정을 거친 식빵 상태에서도 브로콜리의 항산화능이 존재함을 에탄올 추출물을 통해 확인하였다. Oh JB & Lee HJ(2011)은 브로콜리 줄기 분말을 첨가하여 제조한 파운드 케익을 알콜로 추출한 후 총페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화능을 실험한 결과, 파운드 케익에 첨가하는 브로콜리 줄기 분말의 양이 증가할수록 총페놀함량, 플라보노이드 함량 및 항산화능이 증가함을 증명한 바 있다. 본 실험의 결과 대조구와 비교했을 때 브로콜리 첨가량이 증가함에 따라 실험구의 DPPH radical 소거능이 유의적으로 증가함을 근거했을 때, 브로콜리 첨가 식빵의 항산화능의 원인은 브로콜리의 항산화성분으로부터 유래한 것으로 판단된다 (Lee HS & Park YW 2005, Jang MW & Ha BJ 2012, Kim MS 등 2014). 이상의 결과에서 브로콜리를 첨가하여 식빵을 제조하면 브로콜리의 유효 기능성 성분과 항

산화효과를 부여할 수 있으며, 브로콜리 첨가량이 많을수록 높은 항산화성을 가질 것으로 예상된다.

IV. 요약 및 결론

브로콜리 분말을 첨가한 식빵을 제조하기 위해 브로콜리 분말을 밀가루와 2.5%~10% 대체하여 첨가하여 반죽에 대한 물성, 제빵적성 및 관능적 특성을 조사하였다. 식빵의 색도는 브로콜리 분말의 첨가량이 증가할수록 L 값은 유의적으로 저하하였고, a 값과 b 값은 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 브로콜리 분말을 첨가함에 따라 빵 반죽의 pH 및 최종제품의 무게는 증가하였고, 식빵의 부피, 비용적 및 굽기 손실률은 감소하였다. 브로콜리 분말을 첨가함에 따라 경도는 유의적으로 증가하였으며, 전체적인 기호도에서는 대조구와 2.5%, 5.0% 첨가구 간에는 유의적 차이는 없었으나 7.5% 이상의 실험구에서는 낮은 기호도를 나타내었다($p < 0.05$). 항산화 특성을 나타내는 DPPH radical 소거능은 브로콜리 분말 첨가량이 증가할수록 유의적인 차이를 내며 증가하였다($p < 0.05$). 이상의 결과를 고려할 때 식빵 제조시 브로콜리를 5%까지 첨가하여 제조하는 것이 가능하며 브로콜리를 첨가하여 식빵에 항산화능 등의 기능성을 부여할 수 있을 것으로 기대된다.

References

Bae JH, U HS, Choi HJ, Choi C. 2003. Quality characteristics of the white bread added with onion powder. *Korean J Food Sci* 35(6):1124-1128

Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200

Civille GV, Szczesniak AS. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *J Texture Stud* 4(2):204-223

Choi DM, Lee DS, Chung SK. 2007. Effects of fermentation pine needle extract on the quality of plain bread. *Korean J Food Preserv* 14(2):154-159

Jang MW, Ha BJ. 2012. Effects of broccoli on anti-inflammation and anti-oxidation according to extraction solvent. *J Fd Hyg Safety* 27(4):461-465

Kim CH, Cho KR. 2010. Quality characteristics of sponge cakes made with different quantities of broccoli powder. *Korean J*

- Food Sci Technol 42(4):459-467
- Kim JY, Park SH, Lee KT. 2009. Sulforaphane content and antioxidative effect of cooked broccoli. J East Asian Soc Dietary Life 19(4):564-569
- Kim MA, Lee EJ, Jin SY. 2014. Quality characteristics and antioxidant activities of bread added with *Cedrelela sinensis* powder. Korean J Food Culture 29(1):111-118
- Kim MR, Kim JH, Wi DS, Na JH, Sok DE. 1999. Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(6):1201-1207
- Kim MR, Lee KJ, Kim HY. 1997. Effect of processing on the content of sulforaphane of broccoli. Korean J Soc Food Sci 13(4):422-426
- Kim MS, Lee YS, Kwon HY, Kim JS, Sohn HY. 2014. Antioxidative, antimicrobial, and anti-proliferative activities of the floret and stalk of broccoli (*Brassica oleracea* L.). Korean J Microbiol Biotechnol 42(1):58-66
- Kim WM, Lee YS. 2007. A study on antioxidant activity of bread with waxy black rice flour added. Korean J Culin Res 13(4):178-185
- Kim YS, Jeon SS, Jung ST. 2002. Effect of lotus root powder on the baking quality of white bread. Korean J Soc Food Cook Sci 18(4):413-425
- Kurilich AC, Tsau GJ, Brown A, Howard L, Klein BP, Jeffery EH, Kushad M, Wallig MA, Juvik JA. 1999. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. J Agric Food Chem 47(4):1576-1581
- Lee HJ. 2012. Antioxidant activity and characteristics of pound cakes prepared with Coriandrum satovim L. leaves powder and broccoli's stem powder. Korean J Food Nutr 25(3):436-446
- Lee HS, Park YW. 2005. Antioxidant activity and antibacterial activities from different parts of broccoli extracts under high temperature. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(6):759-764
- Lee JJ, Shin HD, Lee YM, Kim AR, Lee MY. 2009. Effect of broccoli sprouts on cholesterol-lowering and anti-obesity effects in rats fed high fat diet. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(3):309-318
- Lee SH. 2010. Effect of cabbage powder on baking properties of white breads. Korean J Food Preserv 17(5):674-680
- Lee SH, Bae JH. 2010. Quality characteristics of white breads containing various levels of *Acanthopanax senticosus* extracts. Korean J Food Preserv 17(4):487-493
- Lim EJ, Kim JY. 2009. Quality characteristics of cookies added with broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) powder. J East Asian Soc Dietary Life 19(2):210-215
- Lim EJ, Lee HS, Lee YH. 2010. Physical and sensory characteristics of sponge cake with added broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) powder. J East Asian Soc Dietary Life 20(6):873-880
- Ludikhuyze L, Rodrigo L, Hendrickx M. 2000. The activity of myrosinase from broccoli (*Brassica oleracea* L. cv. *italica*): Influence of intrinsic and extrinsic factors. J Food Protect 63(3):400-403
- Oh JB, Lee HJ. 2011. Effect of cake improver on antioxidant activity and properties characteristics of pound cakes prepare using broccoli stem powder. Korean J Food Nutr 24(4):567-576
- Oh YS, Baek JW, Park KY, Hwang JH, Lim SB. 2013. Physicochemical and functional properties of *Kochujang* with broccoli leaf powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(5):675-681
- Pyler EJ. 1979. Physical and chemical test methods. Baking science and technology. Vol. II. Sosland Pub. Co., Manhattan, KS, USA. pp 891-895
- Roels SP, Cleemput G, Vandewalle X. 1993. Bread volume potential of variable quality flours with constant protein level as determined by factors governing mixing time and baking absorption levels. Cereal Chem 70(3):318-323
- Sok DE, Kim JH, Kim MR. 2003. Isolation and identification of bioactive organosulfur phytochemicals from solvent extract of broccoli. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(3):315-319
- Yang R, Shin DB. 1980. A study on the amino-carbonyl reaction. Korean J Food Sci Technol 12(2):88-96
- Yu JH, Yang HC, Jung TH, Yang R. 1975. Experiments in food science and engineering. Tamgudang Publishing Co., Seoul, Korea. pp 427-428

Received on Oct.5, 2015/ Revised on Oct.14, 2015/ Accepted on Oct.16, 2015