브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익의 항산화 활성과 품질 특성에 미치는 영향

오재복* · 이혜정†

*한정혜 요리학원, 가천의과학대학교 식품영양학과

Effect of Cake Improver on Antioxidant Activity and Properties Characteristics of Pound Cakes Prepare using Broccoli Stem Powder

Jae Bok Oh* and †Hye Jeong Lee

*Jyong Hye Han Cooking Academy, Seoul 110-320, Korea

Dept. of Food & Nutrition, Gachon University of Medicine and Science, Incheon 406-799, Korea

Abstract

A study was undertaken to examine the antioxidative activity and the quality attributes of broccoli stem powder pound cakes. Broccoli stem powder was added to the batter at a ratio of 5, 10 and 15% respectively. The antioxidant activity was estimated by DPPH free radical scavenging activity, the total phenolic compounds content and flavonoid content in Broccoli stem powder and pounds cakes. Antioxidative activity was highly correlated with the total phenolic and total flavonoids contents of broccoli stem pound cakes respectively($r=0.937$, $r=0.981$). The effect of cake improver on quality characteristics of cake broccoli stem powder and pound cakes were estimated in terms of the specific load volume, hardness, hunter value of crumb and crust and sensory quality of cakes. The specific volume were increased significantly with increasing substitution level of cake improver and broccoli stem powder($p<0.01$). The lightness were significantly decreased with increases in broccoli stem powder of pound cake crust and crumb($p<0.01$, $p<0.01$). The hardness, chewiness and gumminess and cohesiveness were tended to reduce in both of powder. The consumer acceptability score for 5~10% broccoli stem pound cakes ranked significantly($p<0.01$) higher than those of the other groups in taste, flavor and overall preference. This results showed that cake improver & broccoli stem powder are a good ingredient to increase consumer acceptability and the healthy.

Key words: broccoli stem powder, pound cake, phenolic compounds, flavonoids content, quality characteristics

서론

최근 free radical과 질병 관련 연구에서 식품의 polyphenol인 epigallocatechin gallate, genistein, myricetin 그리고 quercetin은 질병과 관련이 깊은 tight junction의 transmembrane 단백질과 상호 작용하는 세포간 plaque 단백질 합성에 관여하고, 특히 콩의 주요 isoflavone인 genistein은 산화적 스트레스와 acetaldehyde, 장내 세균과 염증성 cytokine 등에 대해 tight junction

barrier를 보호하고, quercetin은 tight junction 단백질의 발현과 조합을 통해 tight junction barrier 기능을 강화하는 것으로 보고했다(Suzuki & Hara 2011).

Rutin은 quercetin rutinoside로 주요 quercetin 배당체 중에 하나로 rutin 배당체에서 분리된 quercetin은 rutin보다 빨리 흡수되는 것으로 추정하고, 흡수에 영향 주는 인자는 flavonoids의 glycoside moiety로 quercetin 3-glucose가 quercetin 자체보다는 소장 내에서 흡수가 더 좋고, 한편 펙틴은 장내 미생물총

† Corresponding author: Hye Jeong Lee, Dept. of Food & Nutrition, Gachon University of Medicine & Science, Incheon 406-799, Korea. Tel: +82-32-820-4232, Fax: +82-32-813-3570, E-mail: hjlee@gachon.ac.kr

에 대사 활성을 바꾸어서 quercetin의 대사 활성을 높이는 것으로 보고하여, 어떤 영양소가 항산화 물질의 소화 흡수에 영향을 주는지에 관한 연구들도 활발하게 이루어지고 있다 (Tamura 등 2007).

일반적인 브로콜리 등의 십자화과 식물은 allysithiocyanate의 전구물질인 sinigrin의 함량이 높으나, 브로콜리는 sinigrin 함량은 낮고 glucoraphanin 함량은 매우 높으며, glucosinolate의 효소가수 분해 산물인 isothiocyanate, nitrile 및 sulfide 등으로 이들 함량 화합물은 독특한 향기를 내고, 생체내에서는 암을 예방하고 돌연변이를 억제하는 작용 등 다양한 생리활성을 나타낸다(Sok & Kim 2003).

한편, 브로콜리 glucosinolate의 주요한 물질인 glucoraphanin은 myrosinase에 의해 가수 분해되어 항암효과가 있는 sulforaphane(SF)이나 sulforaphane nitrile(SF Nitrile)로 가수 분해되고 이 두 가지 물질의 bioactivities를 4주된 쥐의 간세포에서 비교한바 SF nitrile보다는 SF가 항암 효과가 크다고 보고했다(Matusheshik & Jeffery 2001). SF는 제 2상 무독화 효소인 glutathione S-transferase와 quinone reductase의 활성을 유도하고 발암 물질의 대사를 조절하여 암을 예방한다(Hwang ES 2010; Sok & Kim 2003).

브로콜리의 glucosinolate의 생체 이용은 isothiocyanate(ITC)가 mercapturic acid pathway를 거쳐 소변에 배설되는 SF mercapturic acid를 분석한 결과, 신선한 브로콜리와 전자렌지에서 가열한 브로콜리를 투여 후의 분석 결과, 가열 조리로 glucosinolate의 양이 감소함을 보고하였다(Hwang ES 2010).

브로콜리에서 25종의 flavonoid glycoside류와 ferulic and sinapic acid 등의 항산화제 분리를 보고하였고(Ferreres 등 2008), 이들 항산화 성분을 꽃과 줄기에서 조사한 결과 꽃이 0.96 mg/g으로 줄기의 0.76보다 많고, 줄기 부위에도 sulforaphane이 꽃 부분의 1/2 정도 함유된 것으로 보고하였다(Kim 등 2009; Lee & Park 2005). 조리시의 항산화 성분의 변화 연구에서는 끓는 물에 조리하고, 조리시간이 경과할수록 총 페놀 함량은 감소하였으며, 스팀 조리시가 생 브로콜리보다 증가하였다고 보고하였다. 유리기 소거능도 꽃 부분이 줄기보다 높았고, 끓는 물에서의 가열보다는 스팀 조리가 라디칼 소거능력이 높았음을 보고하였다(Kim 등 2009; Lee & Park 2005).

위와 같이 항산화 성분과 항암 성분인 sulforaphane이 브로콜리 꽃 부분에 가장 많이 함유되어 있으나, 조리 등으로 항산화 성분의 함량은 감소하였다는 보고에서, 장아찌 등 절임 식품으로 섭취하는 브로콜리 줄기를 동결건조, 분말화하여 파운드 케익의 원료 소재로의 활용을 검토하기로 하였다.

한편, 케익류의 최상의 상품 가치는 식감의 향상, 갓 구워낸 듯한 신선함, 지방 사용의 축소 등의 영양상 가치, 유통 효율성을 높이도록 하는 노화 억제가 목표이나(Product Data

Sheet b, Nonozymes, 2007), 생리활성이 추정되는 물질 혼합 케익의 경우 비용적이 첨가량에 따라 저하하는 결과에 대한 보고들이 있고(Kim 등 2009; Park ID 2008; Park 등 2008; Kim 등 2009; Jang 등 2010), 상반된 보고도 있다(Choi & Chung 2006; Choi & Chung 2010; Chung & Choi 2005). 그러나 비용적에 관여하는 인자인 설탕 함량과 버터, 계란 혼합량의 레시피를 고찰하면, 비용적이 낮은 경우에는 밀가루 대비 설탕, 계란, 버터 사용량이 80%씩이고, 비용적이 증가한 경우는 밀가루 대비 설탕과 계란은 100%씩이고, 버터는 80~100%였다. 비용적에 영향 주는 인자들인 설탕과 버터는 대사증후군 등 비만과 관련된 물질이므로 제조시 혼합량을 줄이면서도 생리활성 물질을 혼합하여 파운드 케익을 제조하는 방법을 찾고자 본 연구에서는 설탕 함량 55%, 버터 함량 50%로 품질이 양호한 파운드 케익을 제조하기 위해, 밀가루 전분의 70%를 가수분해하여 D.P. 6~7 정도의 작은 분자로 잘라, softness, springiness 등 식감 향상 효과가 있는 maltogenic amylase와 밀가루의 인지질을 분해하여 재료들을 극성화시켜 유화의 효과가 있는 phospholipase가 주성분인 cake improver를 사용하여 품질 특성과 특히 항산화활성에 미치는 영향 정도를 고찰 연구하기로 하였다(Product Data Sheet, Novozymes a, 2007).

실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

제주도산 브로콜리 줄기는 2011년 2월에 모용원(제주, 한국)에서 수집하여 명우분체(인천, 한국)에서 동결건조 후 100 mesh로 분말화하였고, cake improver는 (주)엔자임텍(용인, 한국)에서 제공받고, 파운드 케익을 제조하기 위해 박력분((주)CJ), 백설탕((주)CJ), 무염 버터(서울 우유), 소금(해표), 베이킹 파우더(초야 식품), 계란은 시중에서 구입하였다.

2. 파운드 케익의 제조

케익은 브로콜리 줄기 분말을 5%, 10%, 20%씩 넣었고, cake improver도 0.25%, 0.5%, 0.75%를 혼합하여 예비 실험한 결과를 참조하여 재료 배합비는 Table 1과 같이, 설탕과 버터를 상용 레시피에 비해 50% 정도로 줄여서, 반죽기(NVM-14, Daeyung, Seoul, Korea)에 설탕, 소금과 버터를 섞어 1단계에서 서서히 풀어준다. 2단계에서 믹싱하면서 계란을 3~4회에 걸쳐 투입하고 분리되지 않도록 믹싱을 조절한다. 다음 바닐라 향과 박력분, baking powder, cake improver 그리고 브로콜리 분말을 섞어 seive로 체질한 후 앞에 믹싱한 반죽에 우유를 넣어 가루가 보이지 않도록 가볍게 혼합한다. 그리고 비중이 0.7~0.8이 되도록 반죽을 조절한 후 팬닝하여 180°C에서 40~50분간 소성한다. 완성된 케익은 실온에서 2시간 방냉한 후 기계적

Table 1. Ingredients of pound cake prepared with broccoli stem powder and cake improver

Ingredients	Broccoli stem powder and cake improver(%)				
	0	0-I	5	10	15
Wheat flour	200	200	190	180	170
Broccoli stem powder	0	0	5	10	15
Butter(g)	110	110	110	110	110
Sugar	100	100	100	100	100
Whole egg	200	200	200	200	200
Salt	1	1	1	1	1
Vanilla	1	1	1	1	1
Baking powder	1	1	1	1	1
milk	50	50	50	50	50
Cake improver(g)	0	1.5	1.5	1.5	1.5

0: Pound cake without broccoli stem powder and cake improver, 0-I: Pound cake with cake improver 0.75%,

5: Pound cake with broccoli stem powder 5%+cake improver 0.75%, 10: Pound cake with broccoli stem powder 10%+cake improver 0.75%,

15: Pound cake with broccoli stem powder 15%+cake improver 0.75%.

검사 및 관능검사를 실시하였다.

3. 파운드 케익의 항산화 활성 측정

1) 항산화 활성

파운드 케익의 DPPH 라디칼 소거능은 대조군과 브로콜리 줄기 분말 첨가군들간에 상대적인 비교를 하였다. DPPH 유리기 소거능은 Lee & Kim(2009)의 방법에 따라 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거활성을 측정, 비교 분석하였다. 즉, 시료액 4 mL에 0.15mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 1 mL를 가하여 교반한 다음 암소에서 30분간 방치 후 525 nm(Libra S22, Biochrom, Cambridge, England)에서 흡광도를 측정하였다. 시료액 대신에 메탄올을 가한 대조군의 흡광도를 함께 측정하여 DPPH free radical 소거 활성을 백분율로 나타내었고, 3회 반복하여 평균값과 표준 편차로 나타내었다

2) 총 페놀 화합물 함량 측정

총 페놀 화합물 함량은 Choi HY(2009)의 방법에 준하여 측정하였다. 파운드 케익 10 g에 ethanol을 90 mL를 가하여 20℃, 24시간 동안 100 rpm으로 shaking incubator(BF-50SIR, Biofree, Korea)에서 추출한 후 여과하여 시료액으로 사용하였다. 시료액 150 μ L에 2,400 μ L 증류수와 2N Folin-Ciocalteu reagent 150 μ L를 가한 후 3분간 방치하고 1N sodium carbonate(Na_2CO_3) 300 μ L를 가하여 암소에서 2시간 반응시킨 후 spectrophotometer 725 nm(Libra S22, Biochrom, Cambridge, England)에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co.)로 검량선을 작성한 후 총 페놀 화합물 함량은 시료 100 g 중의

mg gallic acid(mg GAE/100 g)로 나타내었다. 실험은 3회 반복하여 평균값과 표준편차와 유의성 검증을 하여 나타내었다.

3) 플라보노이드 함량 측정

플라보노이드 함량은 Lee 등(2009)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 1 mg/mL 농도로 methanol에 용해시킨 시료액 10 μ L와 1N-NaOH 10 μ L, diethyleneglycol 200 μ L를 혼합하여 37℃에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 rutin을 이용하여 검량선을 작성하고, 시료 100 g 중의 mg rutin(mg rutin/100 g)로 나타내었으며, 실험은 3회 반복하여 평균값과 표준 편차와 유의성 검증을 하여 나타내었다.

4. 파운드 케익의 품질 평가

1) 물리적 특성

쪼갠을 이용한 종자 치환법으로 부피를 측정하였고, 무게 측정은 디지털 저울을 이용하였으며, 비용적(specific volume)은 파운드 케익의 부피(mL)를 무게(g)로 나눈 값으로 하였다.

2) 색도

파운드 케익의 색도는 spectrophotometer(Minolta 3500-d, Tokyo, Japan)을 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정한 후 평균값으로 나타내었다. 이 때 표준 백판의 L, a, b 값은 각각 90.89, 0.78, 3.55이었다

3) Texture

파운드 케익의 경도는 Texture Analyzer(TA-XT Express, Stable micro systems, Slurry England)로 3회 반복 측정하였다. 파운드 케익은 가로, 세로 3 cm, 높이 1 cm로 잘라서 직경 3 cm plunger를 이용하여 경도는 표면으로 10 mm 침투하여 부서지는 조직적 특성인 부서질 때 받는 최대의 힘을 TPA로 측정하였고, 측정 조건은 pre-test는 3.00 mm/s, Trigger force는 5.0 g, Test speed는 1.0 mm/s, post test speed는 1.0 mm/s, return speed는 5.0 mm/s, Test distance는 5.0 mm, Plunger는 dia. 3 cm의 조건으로 3회 이상 측정하여 평균과 표준 편차와 유의성 검증을 하여 나타내었다.

4) 관능검사

제품의 관능검사는 20명의 훈련된 검사 요원들을 대상으로 5점 척도법을 이용하여 실시하였다. 일정한 크기(가로 3 cm, 세로 3 cm, 높이 3 cm)의 쿠키를 흰색의 폴리에틸렌 1회용 접시에 담아 제공하였고, 한 개의 시료를 먹고 난 다음 물로 헹군 뒤 평가하도록 하였다. 관능검사 항목은 외관(appearance), 향(flavor), 맛(taste), 색(color), 질감(texture), 전반적인 기호도(overall preference)를 매우 좋다가 5점으로 하였다.

5) 통계처리

본 연구의 모든 결과는 통계분석 프로그램인 SPSS(version 12)를 이용하여 평균과 표준 편차를 나타내었다. 각 실험군간의 유의성 검증은 ANOVA로 분석하였으며, 사후 검증으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 파운드 케익의 항산화 물질 함량

1) 파운드 케익의 총 페놀 화합물 함량

총 페놀 화합물 함량은 Table 2에서와 같이 밀가루가 38.87 mg GAE/g, 브로콜리 줄기 분말이 487.90 mg GAE/g이고, 대조군은 176.41 mg GAE/g, cake improver를 혼합한 것은 약간 높은 185 mg GAE/g을 나타내었으며, 브로콜리 줄기 분말을 첨가

한 파운드 케익에서는 첨가량이 많아질수록 함량이 높아 15% 첨가한 시료는 232.82 mg GAE/g으로 거의 대조군의 1.3배에 이르고, 모든 시료들은 브로콜리 줄기 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 분석되었으며($p<0.01$), cake improver의 첨가는 전분 분해 등으로 파운드 케익의 총 페놀 함량에 약간의 영향을 주는 것으로 생각된다.

2) 파운드 케익의 플라보노이드 함량

루틴을 표준물질로 측정한 플라보노이드 함량은 Table 2와 같이 밀가루는 30.03 ± 0.96 mg/100 g, 브로콜리줄기 분말은 1,449.47 mg/100 g으로 대조군은 30.86 mg/100 g이고, cake improver를 혼합한 파운드 케익은 31.42 mg/100 g으로 나타났고, 브로콜리 줄기 분말의 첨가량이 많을수록 증가하여 5% 첨가군은 39.1%, 10% 혼합시료는 58.1% 그리고 15% 첨가시료는 66.3%가 대조군에 비해 증가하였으며, 증가 경향은 유의적으로 분석되었다($p<0.01$). 또한 cake improver를 혼합한 시료의 플라보노이드 함량은 대조군과 거의 유사한 수준으로 cake improver의 사용이 플라보노이드 함량에는 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

3) 파운드 케익의 DPPH 라디칼 소거능

브로콜리 줄기 분말 혼합 케익의 DPPH 라디칼 소거능 결과는 Table 2와 같다. DPPH radical 소거능은 밀가루가 18.57%, 브로콜리 줄기 분말이 267.4%로 분석되었다. 대조군은 29.98%, 대조군에 cake improver를 혼합한 파운드 케익은 21.96%로 약간 낮은 경향을 보였다. 한편, 브로콜리 줄기 분말을 첨가한 파운드 케익은 첨가량이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 유의적($p<0.01$)으로 증가하는 경향을 나타냈으며, 대조군이 29.98%에서 5% 첨가구는 30% 증가했고, 10% 첨가구가 49%, 15% 첨가구는 57%의 증가를 나타냈다.

4) 케익의 DPPH 라디칼 소거능과 항산화 물질과의 상관관계

브로콜리 줄기 분말의 총 페놀 함량은 시료들에서 첨가량에 따라 유의적으로 증가함과 동시에 항산화능의 정도를 알

Table 2. Antioxidative activity of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Items	Broccoli stem powder contents(%)					F value
	0	0-I	5	10	15	
DPPH(%)	29.98 $\pm$ 0.77 ^b	21.96 $\pm$ 1.11 ^a	42.56 $\pm$ 0.29 ^c	58.41 $\pm$ 1.13 ^d	67.74 $\pm$ 0.43 ^e	1,610.142**
Phenolic compound(mg/g)	176.41 $\pm$ 1.54 ^a	185.27 $\pm$ 2.14 ^a	198.87 $\pm$ 5.52 ^b	215.36 $\pm$ 7.63 ^c	232.82 $\pm$ 2.51 ^d	76.072**
Flavonoid(mg/100 g)	30.86 $\pm$ 0.48 ^a	31.42 $\pm$ 0.83 ^{ab}	50.58 $\pm$ 1.44 ^b	73.63 $\pm$ 2.10 ^c	91.69 $\pm$ 2.55 ^d	769.558**

¹⁾ Mean $\pm$ Standard deviation, ** $p<0.01$, * $p<0.05$,

Different superscripts(a~d) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

Table 3. Pearson's correlation coefficient between flavonoid content(mg rutin/100 g), total phenol compound and DPPH radical scavening activity(%) of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Items	Pearson's correlation coefficient	
	Phenolic compound content	Total flavonoid content
DPPH	0.937	0.981
Pearson's correction	$p<0.001$	$p<0.001$

수 있는 DPPH 라디칼 소거능 또한 증가하여 서로 양의 상관관계($r=0.937$, $p<0.001$)로 나타났다(Table 3). 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익의 플라보노이드 함량은 첨가량에 따라 유의적으로 증가함과 동시에 항산화능의 정도를 알 수 있는 DPPH 라디칼 소거능과는 양의 상관관계($r=0.981$, $p<0.001$)를 나타내었다.

위의 결과에서 파운드 케익 제조 시에 브로콜리 줄기 분말을 첨가하는 것은 항산화능이 증가되고, Suzuki & Hara(2011)가 보고한 rutin과 flavonoid 등의 장 운동 촉진 단백질 합성을 참고로 하면 브로콜리 줄기 분말 혼합 파운드 케익은 장 건강에도 유익한 식품으로 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 파운드 케익의 품질 특성

1) 수분 함량

밀가루의 수분은 $12.08\pm0.07\%$, 브로콜리 줄기 분말은 $7.98\pm0.23\%$ 이었고, 브로콜리 줄기 분말을 첨가한 파운드 케익의 수분 함량은 대조군이 26.33% 이다. 분말 첨가량에 따라 15%

첨가시에는 대조군에 비해 8% 증가하였으며, 대조군에 cake improver를 혼합한 시료에서 가장 높은 수분 함량을 나타내 softness를 유추할 수 있고, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 첨가한 시료들에서는 약간 증가하는 것으로 나타났다.

브로콜리 줄기 분말 파운드 케익의 부피, 무게, 비용적의 결과는 Table 5와 같다. 부피는 대조군이 가장 낮았고, 대조군에 cake improver를 혼합한 파운드 케익은 대조군보다 17.6% 증가하였고, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 시료들은 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였고($p<0.01$), 브로콜리 줄기 분말 10% 혼합한 파운드 케익이 가장 큰 것으로 나타났다.

무게는 대조군에 비해 cake improver를 혼합한 파운드 케익이 가벼웠고, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 파운드 케익 시료들에서는 10% 혼합까지는 대조군에 cake improver를 혼합한 시료와 유사하였으나, 15% 혼합구는 높은 값을 나타냈고, 무게는 유의적인으로 증가하였다($p<0.01$).

비용적은 대조군의 2.06임에 비해 cake improver 시료는 2.53으로 크고, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 시료들은 첨가량에 따라 5%와 10% 첨가 시료는 대조군에 cake improver를 혼합한 시료와 유사한 비용적을 나타내었으나, 15% 혼합구는 비용적이 시료들 중에서는 낮은 경향을 보였으며, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 시료들은 유의적으로 높았다($p<0.01$). 첨가량별로는 브로콜리 줄기 분말 5% 첨가구는 21%, 10% 첨가구는 17%의 증가로 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 파운드 케익의 품질 개선 효과가 있는 것으로 추정할 수 있다.

Table 4. The moisture contents of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Items	Broccoli stem powder contents(%)					F value
	0	0-1	5	10	15	
Moisture	26.33 ± 1.25^{1a}	29.39 ± 1.26^a	27.79 ± 1.62^a	26.24 ± 0.79^a	28.72 ± 0.80^a	4.195

¹⁾ Mean±Standard deviation, ** $p<0.01$, * $p<0.05$,

Different superscripts(a~e) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

Table 5. The physical properties of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Items	Broccoli stem powder contents(%)					F value
	0	0-1	5	10	15	
Volume(ml)	$1,048.33\pm2.87^{1a}$	$1,271.67\pm2.89^c$	$1,241.67\pm14.43^b$	$1,243.33\pm5.77^b$	$1,223.33\pm2.89^b$	451.922**
Weight	510.00 ± 0.00^d	502.33 ± 0.58^c	477.67 ± 0.58^a	500.00 ± 0.00^b	524.33 ± 0.58^c	4,332.167**
Specific volume	2.06 ± 0.05^a	2.53 ± 0.07^c	2.60 ± 0.03^d	2.49 ± 0.01^c	2.33 ± 0.004^b	556.962**

¹⁾ Mean±Standard deviation, ** $p<0.01$, * $p<0.05$,

Different superscripts(a~e) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

2) 파운드 케익의 색도

(1) 파운드 케익의 Crust의 색도

밀가루의 L 값은 92.18 ± 0.05 , a 값은 0.25 ± 0.02 , b 값은 8.36 ± 0.02 이고, 브로콜리 줄기 분말의 L 값은 55.33 ± 0.14 , a 값은 5.48 ± 0.05 , b 값은 39.03 ± 0.03 으로 브로콜리 줄기 분말의 명도가 밀가루 대비 매우 낮은 편이며, 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익 crust의 색도를 측정한 결과는 Table 6과 같다. 파운드 케익 crust 색도 측정에서 대조군에 비해 브로콜리 줄기 분말 첨가량이 증가할수록 L 값은 유의적으로 낮아졌고($p < 0.01$), a 값은 대조군에 비해 브로콜리 줄기 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌다($p < 0.01$). b 값은 브로콜리 줄기 분말의 첨가량이 증가할수록 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$).

결과적으로 브로콜리 줄기 분말의 첨가량이 증가할수록 대조군에 비해 파운드 케익 시료들의 명도는 낮아지고, 적색도와 황색도는 유의적으로 감소하는 것으로 확인되었으며, cake

improver를 대조군에 혼합한 시료들은 대조군과 명도를 비롯한 Hunter value가 유사한 수준이었으나, 시료들의 명도의 저하와 a, b 값의 변화는 열에 의한 Maillard 반응이 원인으로 사료된다.

(2) 파운드 케익 Crumb의 색도

브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익 crumb 색도는 Table 7과 같이 L 값은 대조군에 비해 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌고($p < 0.01$), a 값은 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높아졌으며($p < 0.01$), b 값은 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.01$). 여기서 b 값의 증가는 브로콜리 줄기 분말을 혼합하여 구운 파운드 케익 내부가 연한 초록색을 나타낸 결과로 보여진다.

3) 파운드 케익의 조직감

브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익의 조직감을 Texture Analyzer로 측정한 결과는 Table 8과 같다. 파운드 케익 샘플들의 경도(hardness)는 대조군에 cake improver를 혼합한

Table 6. Effect on the color measurements crust of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Hunter value	Broccoli stem powder contents(%)					F value
	0	0-I	5	10	15	
L	42.41 ± 0.35^d	36.05 ± 0.80^b	29.27 ± 0.11^c	30.61 ± 0.42^c	20.21 ± 0.12^a	1027.697**
a	22.08 ± 0.14^d	20.45 ± 0.53^c	20.27 ± 0.06^c	18.99 ± 0.22^b	18.08 ± 0.16^a	97.274**
b	43.35 ± 0.39^d	37.40 ± 1.11^c	40.36 ± 0.17^d	42.47 ± 0.65^a	32.38 ± 0.32^b	153.273**
Delta L	0	-16.35 ± 0.96	-13.13 ± 0.47	-11.80 ± 0.40	-22.19 ± 0.38	117.318**
Delta a	0	-1.64 ± 0.40	-1.82 ± 0.20	-3.10 ± 0.09	-4.01 ± 0.07	46.639**
Delta b	0	-5.96 ± 0.73	-2.99 ± 0.24	-0.88 ± 0.30	-10.83 ± 0.25	196.050**
Delta ab	0	17.49 ± 1.16	13.59 ± 0.49	12.23 ± 0.42	25.07 ± 0.33	140.037**

¹⁾ Mean±Standard deviation, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$,

Different superscripts(a~d) in a row indicate significant differences at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

Table 7. Effect on the color measurements crumb of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Hunter value	Broccoli stem powder contents(%)					F value
	0	0-I	5	10	15	
L	69.31 ± 0.03^d	74.95 ± 0.32^c	56.39 ± 0.81^c	49.42 ± 0.20^b	43.84 ± 0.04^a	3,235.035**
a	6.40 ± 0.01^b	4.87 ± 0.17^a	8.21 ± 0.23^c	9.54 ± 0.38^d	9.46 ± 0.08^d	257.295**
b	41.51 ± 0.12^b	38.89 ± 0.37^a	49.42 ± 0.30^d	48.73 ± 0.13^d	47.02 ± 0.16^c	1,160.141**
Delta L	0	5.64 ± 0.29	-12.92 ± 0.77	-19.89 ± 0.18	-25.47 ± 0.07	2,017.335**
Delta a	0	-1.53 ± 0.18	1.81 ± 0.23	2.94 ± 0.05	3.07 ± 0.08	382.185**
Delta b	0	-2.63 ± 0.26	7.92 ± 0.42	7.02 ± 0.59	5.51 ± 0.27	281.614**
Delta ab	0	6.42 ± 0.26	15.26 ± 0.76	21.36 ± 0.12	26.24 ± 0.08	859.732**

¹⁾ Mean±Standard deviation, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$,

Different superscripts(a~e) in a row indicate significant differences at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

시료는 대조군에 비해 50% 정도 낮은 것으로 분석되었고, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 시료들은 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아서, 브로콜리 분말 첨가량이 가장 많은 15% 첨가 시료는 대조군에 비해 38.5%가 낮았다($p<0.01$). 씹힘성도 대조군에 비해 대조군에 cake improver를 혼합한 파운드 케익에서는 52.8% 낮았고, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 파운드 케익은 거의 대조군에 비해 50% 정도 낮은 경향을 보였다($p<0.01$). Gumminess도 대조군이 가장 높았으며, 대조군에 cake improver를 혼합한 시료는 거의 50% 낮은 값을 보였으며, cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 대조군에 비해 50% 정도의 낮은 값을 보였다. 응집성(cohesiveness)은 대조군에 비해 대조군에 cake improver를 넣은 시료는 약간 높은 경향을 보였으나, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 시료들은 대조군에 비해 유의적으로 낮아졌다($p<0.01$). Springiness는 대조군과 대조군에 cake improver를 혼합한 시료는 거의 유사한 정도를 나타내었으나, 브로콜리 줄기 분말과 cake improver를 혼합한 시료들은 약간 낮은 경향을 나타내었다($p<0.01$).

위와 같은 결과는 브로콜리 줄기 분말의 식이섬유소 함량이 높을 것으로 가정하면, 식이섬유소 함량이 높은 미강은 첨

가량에 따라 hardness가 유의적으로 낮아짐을 보고하였고(Jang 등 2010), 미역과 다시마 가루(Ahn & Song 1999), β -glucan 첨가 파운드 케익에서 hardness는 증가함을 보고 하여(Shin YM 등 2005), 식이 섬유소가 조직감을 낮게 하는 원인으로 보이나, β -glucan 첨가에서는 다른 결과를 보고하여 앞으로 연구되어야 할 과제로 생각된다.

4) 파운드 케익의 관능적 특성

Cake improver를 일정량 혼합하고, 브로콜리 줄기 분말의 첨가량을 달리한 시료들의 관능검사 결과는 Table 9와 같다. Color 항목에서 대조군과 cake improver를 혼합한 시료는 대조군에 비해 낮은 점수를 받았으나, 브로콜리 줄기 분말의 첨가량은 증가할수록 유의적으로 높은 기호도를 나타냈다($p<0.01$). 이는 외부보다는 내부가 초록색 또는 연한 녹색이어서 높은 기호도 평가를 한 것으로 유추된다. Texture 항목에서는 cake improver를 넣은 시료는 대조군에 비해 높게 평가되었으며, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 첨가한 시료들은 대조군에 비해 유의적으로 높았으며($p<0.01$), 특히 15% 혼합군이 가장 높게 평가되었다. 이는 cake improver의 혼합의 영향으로 유추할 수 있다. Taste 항목에서는 대조군이 가장 높은 값을 보였으며, cake improver를 혼합한 시료와 일정

Table 8. Texture characteristics of pound cakes prepared with different additions of broccoli stem powder

Items	Broccoli stem powder contents(%)					F value
	0	0-I	5	10	15	
Hardness(g/s)	1,268.67 $\pm$ 237.68 ^{1b}	694.47 $\pm$ 6.84 ^a	793.70 $\pm$ 80.73 ^a	830.57 $\pm$ 146.00 ^a	780.47 $\pm$ 22.44 ^a	9.061**
Chewiness(g/s)	829.82 $\pm$ 89.72 ^b	391.53 $\pm$ 23.09 ^a	401.28 $\pm$ 20.35 ^a	383.11 $\pm$ 54.08 ^a	356.18 $\pm$ 14.50 ^a	49.708**
Gumminess(g/s)	925.50 $\pm$ 141.11 ^b	441.47 $\pm$ 16.60 ^a	482.99 $\pm$ 43.54 ^a	485.56 $\pm$ 71.39 ^a	445.51 $\pm$ 14.86 ^a	23.558**
Adhesiveness	-0.20 $\pm$ 0.2 ^b	0.43 $\pm$ 1.01 ^b	-2.10 $\pm$ 0.52 ^{ab}	-4.70 $\pm$ 2.16 ^a	-5.10 $\pm$ 1.60 ^a	9.370**
Springiness	0.90 $\pm$ 0.04 ^b	0.89 $\pm$ 0.03 ^b	0.83 $\pm$ 0.03 ^{ab}	0.79 $\pm$ 0.01 ^a	0.80 $\pm$ 0.02 ^a	8.488**
Cohesiveness	0.61 $\pm$ 0.13 ^a	0.64 $\pm$ 0.03 ^a	0.59 $\pm$ 0.01 ^a	0.57 $\pm$ 0.01 ^a	0.55 $\pm$ 0.09 ^a	0.480

¹⁾ Mean $\pm$ Standard deviation, ** $p<0.01$, * $p<0.05$,

Different superscripts(a~b) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

Table 9. The result of sensory evaluation for acceptance test of pound cake prepared with different broccoli stem powder

Characteristics	Broccoli stem powder contents(%)					F-value
	0	0-I	5	10	15	
Color	2.33 $\pm$ 0.84 ^{1b}	1.56 $\pm$ 0.51 ^a	3.28 $\pm$ 0.58 ^c	3.72 $\pm$ 0.75 ^c	4.83 $\pm$ 0.38 ^d	71.497**
Texture	3.39 $\pm$ 0.85 ^a	3.83 $\pm$ 1.29 ^{ab}	3.44 $\pm$ 0.78 ^a	3.94 $\pm$ 0.87 ^{ab}	4.50 $\pm$ 0.70 ^b	4.237**
Taste	3.61 $\pm$ 0.61 ^a	3.44 $\pm$ 1.50 ^a	3.22 $\pm$ 1.22 ^a	3.06 $\pm$ 1.11 ^a	2.83 $\pm$ 1.25 ^a	1.236
Flavor	3.17 $\pm$ 0.92 ^{ab}	2.94 $\pm$ 1.11 ^a	3.67 $\pm$ 0.91 ^{ab}	3.94 $\pm$ 0.73 ^{ab}	4.17 $\pm$ 1.29 ^b	4.663**
Overall preference	3.61 $\pm$ 0.78 ^a	3.50 $\pm$ 1.42 ^a	3.56 $\pm$ 0.98 ^a	3.89 $\pm$ 0.96 ^a	2.94 $\pm$ 1.26 ^a	1.749

¹⁾ Values are mean $\pm$ standard deviation, ** $p<0.01$, * $p<0.05$,

Different superscripts(a~d) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test, Refer to Table 1.

량의 cake improver를 혼합하고 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 첨가량 증가에 따라 낮게 평가하였고, 특히 15% 혼합 시료는 매우 낮아 첨가량을 조절할 필요가 있겠다. Flavor 항목에서는 대조군에 비해 cake improver를 혼합한 시료는 기호도가 낮게 평가되었으나, 브로콜리 줄기 분말을 첨가한 시료들은 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 높게 평가되었다($p<0.01$). 전체적인 기호도에서는 대조군에 비해서 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 약간씩 낮게 평가되었으나 유의적이지 않았고, 브로콜리 줄기 분말 10%를 혼합한 시료가 가장 높게 평가되었다. 결과적으로 cake improver를 혼합한 시료는 조직감에서는 높은 평가를 받았으나, 그 외의 항목에서는 대조군에 비해 낮은 평가를 받았고, 브로콜리 줄기 분말과 일정량의 cake improver를 혼합한 시료들은 색, 조직감, 향 항목에서 유의적으로 높은 평가를 받아 브로콜리 줄기 분말은 파운드 케익 제조에 유익한 영향을 주는 것으로 유추할 수 있었으며, cake improver와 브로콜리 줄기 분말 혼합 케익 제품 개발 가능성을 제시할 수 있겠다.

요약 및 결론

건강에 유익하고, 케익류에 80% 이상을 차지하는 설탕, 버터의 양을 1/2 정도로 줄이면서도, 생리적으로 유용한 물질을 혼합한 품질이 좋은 케익을 개발하고자 cake improver 0.75%와 브로콜리 줄기 분말을 5%, 10%, 15% 혼합하여 파운드 케익을 제조하여 항산화 활성 및 파운드 케익의 이화학적 특성을 분석하였다. 브로콜리 줄기 분말의 총 페놀 함량은 밀가루가 38.87 mg GAE/100 g에 비해 브로콜리 줄기 분말은 487.90 mg GAE/100 g에 비해 높고, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 샘플들의 총 페놀 함량은 브로콜리 줄기 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.01$). 플라보노이드 함량은 밀가루가 30.03 mg rutin/100 g 이고, 브로콜리 줄기 분말은 1,449.47 mg rutin/100 g이었고, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 첨가한 시료들에서는 브로콜리 줄기 분말의 혼합량이 증가할수록 플라보노이드 함량은 유의적으로 증가하였다($p<0.01$). 따라서 브로콜리 줄기 분말 혼합 파운드 케익 제조에서 cake improver를 혼합하는 것이 항산화 성분 함량에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. DPPH 유리 라디칼 소거능은 밀가루가 87.38%, 브로콜리 줄기 분말이 285.3%였고, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들에서는 브로콜리 줄기 분말의 첨가량에 유의적으로 증가하였다($p<0.01$). DPPH 유리 소거능과 총 페놀 함량과 플라보노이드 함량은 항산화 활성에 영향을 미치는 것으로 나타났다($r=0.9371$, $p<0.001$, $r=0.981$, $p<0.001$).

브로콜리 줄기 분말 혼합 파운드 케익의 수분 함량은 대조군에 cake improver를 혼합한 시료가 가장 높고, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 첨가한 시료들에서는 대조군에 비해 증가하는 경향이였다. 브로콜리 줄기 분말 파운드 케익의 품질 특성 중 부피는 대조군에 비해 대조군에 cake improver를 첨가한 군이 가장 높았으며, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 브로콜리 줄기 분말의 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.01$). 비용적도 대조군에 cake improver를 혼합한 시료가 대조군에 비해 높은 값을 나타냈고, 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익에서는 브로콜리 줄기 분말의 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.01$). 파운드 케익 crust 색도 중 L 값은 대조군에 비해 유의적으로 낮아졌고($p<0.01$), b 값은 유의적으로 감소하였다($p<0.01$). 또한 파운드 케익 crumb의 L 값 유의적으로 낮아졌고($p<0.01$), a 값은 첨가량 증가에 따라 유의적으로 높아졌으며($p<0.01$), b 값도 유의적으로 높아졌다. 대조군에 cake improver를 혼합한 시료의 crust에서는 L 값 a와 b 값이 대조군에 비해 낮았으나, crumb에서는 L 값은 증가하고, a와 b 값은 대조군에 비해 낮아 cake improver는 파운드 케익의 색도에서는 특이한 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. Hardness에서는 대조군에 cake improver를 혼합한 시료가 가장 낮은 값을 나타냈고, 일정량의 cake improver와 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들에서는 브로콜리 줄기 분말 첨가량 증가에 따라 유의적으로 낮아 cake들의 softness를 유추할 수 있고, 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익 제조에서 cake improver는 비용적과 부피를 향상시키고, 수분 함량을 높이고 hardness는 낮아 식감 개선과 색상에서는 명도를 약간 높이는 것으로 볼 수 있다.

관능 특성 평가에서 갈색의 정도를 본 color 항목에서는 대조군에 cake improver를 혼합한 시료는 낮은 평가를 받았으나, 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 첨가량 증가에 따라 유의적으로 높은 평가를 받았고($p<0.01$), texture 항목에서도 대조군에 cake improver를 혼합한 시료는 높은 선호도를 보였으며, 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 첨가량 증가에 따라 유의적으로 높은 기호도를 보였다($p<0.01$). 맛의 항목에서는 cake improver를 혼합한 시료가 높은 기호도를 보였으며, 브로콜리 줄기 분말의 첨가량 증가에 따라 낮게 평가되어 브로콜리 줄기 분말 첨가를 10% 정도로 제조할 필요가 있어 보인다. Flavor 항목에서는 대조군에 비해 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들은 첨가량 증가에 따라 유의적으로 높게 평가되었다($p<0.01$). 종합적인 기호도에서도 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 시료들 중 15% 시료는 아주 낮게 평가되었다($p<0.01$). 따라서 브로콜리 줄기 분말을 혼합한 파운드 케익 제조에서 cake improver를 사용하는 것이 버터와 설탕을

적게 사용하면서 제조하는 경우 파운드 케익의 품질 가치인 volume, softness 등에 대해 영향을 미치는 것으로 볼 수 있으며, 브로콜리 줄기 분말의 동결 건조 분말은 10% 정도, 버터 50%, 설탕 50%의 혼합비로 파운드 케익을 제조하는 것은 품질과 건강에 유익한 식품 가공으로 소개할 수 있을 것 같다.

참고문헌

- 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
- Choi HY. 2009. Antioxidant activity and quality characteristics of pine needle cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1414-1421
- Choi SN, Chung NY. 2006. Quality characteristics of pound cake with vegetable oils. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 808-814
- Choi SN, Chung NY. 2010. Quality characteristics of pound cake with addition of Cashew nuts. *Korean J Food Cookery Sci* 26:198-205
- Chung NY, Choi SN. 2005. Quality characteristics of pound cake with chlorella powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 669-676
- Chung NY, Choi SN. 2006. Quality characteristics of pound cake with olive oil. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 222-228
- Ferreres F, Valentao P, Pereira JA, Bento A, Nottes A, Seabra RM, Andrade PB. 2008. HPLC-DAD-MS/MS-ESI screening of phenolic compounds in *Pieris brassicae* L. reared on *Brassica rapa* var. *para* L. *J Agric Food Chem* 56:844-853
- Hwang ES. 2010. Changes in glucosinolate component content in urine after ingestion of fresh and cooked broccoli. *Korean J Food Cookery Sci* 26:804-810
- Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. 2010. The quality characteristics of pound cake prepared with rice bran powder. *Korean J Food Preserv* 17:250-255
- Kim JY, Park SH, Lee KT. 2009. Sulforaphane content and antioxidative effect of cooked broccoli. *J East Asian Soc Dietary Life* 19:564-569
- 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
- Kim KH, Hwang MHY, Jo YJ, 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
- Kim KH, Lee JO, Paek SH, Yook HS. 2009. Quality characteristics of pound cake containing various levels of aged garlic during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 238-246
- Kim MR, Lee KJ, Kim HY. 1997. Effect of processing on the content of sulforaphane of broccoli. *Korean J Soc Food Sci* 13:422-426
- 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* 34:759-764
- Lee KI, Kim SM. 2009. Antioxidative and antimicrobial activities of *Eriobotrya japonica* Lindl. leaf extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:267-273
- Lim EJ, Kim JY. 2009. Quality characteristics of cookies added with broccoli(*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 19:210-215
- Matusheshki NV, Jeffery EH. 2001. Comparison of the bioactivity of two glucoraphanin hydrolysis products found in Broccoli, sulforaphane and sulforaphane nitrile. *J Agric Food Chem* 49:5743-5749
- Matusheshki NV, Jeffery EH. 2001. Comparison of the bioactivity of two glucoraphanin hydrolysis products found in broccoli, sulforaphane and sulforaphane nitrile. *J Agric Food Chem* 49:5743-5749
- Park ID. 2008. Effects of *Cucurbita maxima* Duchesne puree on quality characteristics of pound and sponge cakes. *Korean J Food Culture* 23:748-754
- Park YS, Shin S, Shin GM. 2008. Quality characteristics of pound cake prepared with madarin powder. *Korean J Food Preserv* 15:662-668
- Product data sheet a, Novozymes, Jan. 2007.
- Product data sheet b, Novozymes, Oct. 2007.
- 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
- 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* 32:315-319
- Suzuki T, Hara H. 2011. Role of flavonoids in intestinal tight junction regulation. *Journal of Nutritional Biochemistry* 22:

401-408

Tamura M, Nakagawa T, Hiraya K, Itoh K. 2007. Effect of pectin enhancement on plasma quercetin and fecal flora in rutin-supplemented mice. *Journal of Food Science* 72:S648-S6511

접 수 : 2011년 9월 23일
최종수정 : 2011년 11월 4일
채 택 : 2011년 11월 16일