

호박잎 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질 특성, 항산화 활성 및 저장 기간에 따른 노화 억제 효과

송가영 · 오현빈 · 장양양 · 정기영 · †김영순
고려대학교 식품영양학과

Effects of Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) Leaf Powder on Quality Characteristics, Antioxidant Activities, and Retarding Retrogradation by Shelf-life of Sponge Cake

Ka-Young Song, Hyeonbin O, Yangyang Zhang, Ki Youeng Joung and †Young-Soon Kim
Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

Abstract

This study investigated the quality characteristics, antioxidant activities, and retarding retrogradation of sponge cakes made with 0%, 1%, 3%, 5% and 7% pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) leaf powder. Specific capacity significantly increased with the addition (0.33~0.38), but baking loss and dough yield were not significantly different ($p < 0.05$). In color, there was a decrease in the L-value, a-value and b-value, but ΔE increased in proportion to the amount of pumpkin leaf powder. Moisture content increased in the 0~3% additions, from 27.90~31.68%, but decreased in 5% and 7% (22.37% and 28.15%, respectively). pH tended to decrease significantly according to the amount of pumpkin leaf powder ($p < 0.05$). Hardness increased with the addition of pumpkin leaf powder, and pumpkin leaf groups presented higher springiness and cohesiveness than the control. Chewiness was not significantly differ ($p < 0.05$). In retarding retrogradation, Avrami exponent (n) showed that addition of 5% (0.1329) had more retarding retrogradation effect than the control (0.4319), whereas time constant ($1/k$) showed both 3% (100.00) and 5% (70.42) addition had more effect than control (18.45). Total phenols and flavonoids content increased proportionate to the addition levels. ABTS radical scavenging activity tended to increase according to the level of pumpkin leaf powder. In sensory properties, 5% addition showed maximum color, and 3% addition had the highest scores in flavor, moistness, sweetness, chewiness and overall acceptability. These results suggested that pumpkin leaf was a good addition to improve the quality characteristics, health and sensory preferences. The most appropriate proportion to have the effect of retarding retrogradation in sponge cake is 3%.

Key words: pumpkin leaf powder, sponge cake, quality characteristics, antioxidant activities, retarding retrogradation

서 론

호박(*Cucurbita moschata* Duch.)은 열대 아메리카 지역과 아시아 지역에서 재배되는 일년생의 덩굴성 식물로서(Kwak & Ju 2013) 적응력이 높아 비교적 재배하기가 쉬운 작물이다(Kang HY 등 1978). 우리나라에서 주로 재배되는 호박은 동양계 호박으로 애호박, 풋호박, 늙은호박 등이 있다(Lee JM 등

2011). 호박은 주로 열매, 잎, 씨 부위가 식용되며, 그 중 호박의 잎 부위는 씹을 싸먹는 우리나라의 독특한 식생활과 어울려 예부터 친숙하게 식용되어 왔다(Cha YY 2009). 호박잎의 칼슘 함량은 과육과 비교하여 약 6~45배 높으며, 과육뿐만 아니라 과피 및 씨 부위보다 총 페놀화합물 및 플라보노이드 함량, 라디칼 소거 활성 등이 높은 것으로 보고되었다(Kwak & Ju 2013). 그러나 호박의 과육 및 씨 부위에 비하여 호박잎

† Corresponding author: Young-Soon Kim, Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea. Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2-921-7207, E-mail: kteres@korea.ac.kr

에 대한 연구는 아직까지 미비한 실정이다.

제과제빵 산업은 식품 산업이 발전함에 따라 급속도로 발전하게 되었으며, 제과제빵 산업의 발달은 식생활에 많은 영향을 주었다(Chae YC 1997). 스펀지 케이크는 케이크의 기본으로서 전란을 이용하여 포집하는 공립법에 의해 제조된다(Chae YC 1997). 공립법은 난백만을 사용하여 거품 반죽을 형성하는 별립법과 달리 기공이 미세하며, 크림형태의 기포로 촉촉하고 윤기있는 느낌을 준다(Chae YC 1997). 케이크의 저장 기간은 보통 1~4주이며, 제과제빵 산업에서는 주로 특정 첨가제를 이용하여 저장 기간을 더 연장하는 것이 보편적이다(Gomez M 등 2011). 케이크의 품질은 쓰이는 재료와 제조 과정 등의 영향을 받으며(Chaiya & Pongsawatmanit 2011), 특히 첨가되는 재료는 케이크의 품질 변성에 큰 영향을 준다(Gomez M 등 2011). 본 연구에서는 식이섬유 및 항산화 물질을 다량 함유하고 있는 호박잎 분말을 첨가하여 스펀지 케이크를 제조하고, 품질 특성 및 저장 기간에 따른 노화 억제 효과를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구의 시료인 호박잎은 전라남도 신안군 압해도에서 4개월 생육된 것으로 2015년 9월 1일에 구입하여 -60°C 이하에서 동결 건조한 후(FD8508, Ilshinbiobase Co., Ltd, Gyunggi, Korea) 분말화하여 40 mesh 체를 통과한 것을 -20°C 에서 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다. 박력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Korea), 버터(Seoul Milk, Co., Ltd, Korea), 달걀(Pulmuone Co., Ltd, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Korea)은 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 스펀지 케이크의 제조

스펀지 케이크는 예비실험을 통해 첨가 농도를 설정한 후, 박력분 중량의 0%, 1%, 3%, 5% 및 7%를 호박잎 분말로 대체하여 Hong & Min(2003), Yi 등(2001)의 방법을 변형한 공립법으로 제조하였다(Table 1). 볼(bowl)에 분량의 달걀을 넣어 1단에서 30초간 Table mixer (KMC010, Kenwood, England)를 이용하여 저어주고, 설탕과 소금을 넣고 4단에서 5분간 휘핑하였다. 스페툴라를 이용하여 저어준 후, 다시 한번 4단에서 5분간 휘핑하였다. 그 후 1단에서 30초간 다시 휘핑하였다. 박력분은 2회 체로 친 후 호박잎 분말과 실온에 녹여놓은 버터를 넣고 혼합하여 반죽을 완성하였다. 완성된 반죽은 8 inch의 팬에 350 g씩 각각 담아 170°C 에서 미리 예열된 오븐(MC366GAA W5A, Youngreem electron, Korea)에서 20분간 구워 실온에서 1시간 방냉 후 분석을 실시하였다.

Table 1. The recipe for sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Ingredients	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Wheat flour	100	99	97	95	93
Pumpkin leaf powder	0	1	3	5	7
Butter	20	20	20	20	20
Egg	180	180	180	180	180
Sugar	120	120	120	120	120
Salt	1	1	1	1	1

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

3. 분석방법

1) 반죽의 비중, 굽기 손실율, 반죽수율의 측정

스펀지 케이크 반죽의 비중(specific gravity), 굽기 손실율(baking loss), 반죽수율(dough yield)은 AACC method (2000)에 따라 각 3회 제조과정 중 무게를 측정하여 아래 식으로 각각 계산하였다.

Specific gravity (mL/g) = Weight of cake dough/Weight of water

Baking loss (%) = (Weight of dough - Weight of cake)/Weight of dough \times 100

Dough yield (%) = (Weight of cake/Weight of dough) \times 100

2) 색도 측정

스펀지 케이크의 crust와 crumb 부분을 색차색도계(CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였으며, ΔE (색차값)은 다음 식을 이용하여 계산하였다. 각 3회 측정값의 평균값을 나타내었다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}})^2}$$

3) 수분함량

수분함량은 $0.3 \times 0.3 \times 0.3$ cm 두께로 자른 스펀지 케이크 5 g을 취하여 적외선 수분측정기(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)를 이용하여 시료의 무게 변화가 없을 때까지의 수분함량을 각 3회 반복하여 측정 후, 그 평균값을 나타내었다.

4) pH 측정

pH는 케이크 내부(crumb) 10 g을 90 mL 증류수와 혼합한 후,

균질기(Ingenieurburo CAT M.Zipperer, Staufen, Germany)로 1분간 균질화 시킨 후 pH meter(SPL-701, Suntext, Taiwan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

5) 조직감 측정

스폰지 케이크의 조직감 측정은 Rheometer(Compac-100 II, Sun scientific Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료(30 × 30 × 30 mm)를 3회 반복 two-bite compression test로 원통형 probe (20 mm diameter)를 이용하여 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 씹힘성(Chewiness)을 측정하였다.

6) 노화도 측정

저장 기간에 따른 스폰지 케이크의 노화 속도는 Rheometer(Compac-100 II, Sun scientific Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도를 측정 후, Avrami 방정식(Rojas 등 2001)을 이용하여 Avrami 지수(n)와 시간상수($1/k$)를 구하였다.

$$\log \left[-\ln \frac{E_1 - E_t}{E_1 - E_0} \right] = \log k + n \log t$$

E_1 : 최대경도, E_t : t 시간 후의 경도, E_0 : 초기의 경도, k : 반응 속도상수(time^{-1}), n : Avrami 지수

7) 총 페놀화합물 함량

총 페놀화합물 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(Akay 등 2011)을 응용하여 측정하였다. 내부(crumb)의 시료 2 g을 2차 증류수 20 mL와 혼합하고, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 시료로 사용하였다. 희석한 시료 용액 0.8 mL에 0.9 N Folin-Ciocalteu reagent(96703-8130, Junsei Chemical Co., Ltd, Japan) 0.05 mL와 20% Sodium carbonate solution(1.932 11.0500, Merck, Germany) 0.15 mL를 가하여 혼합하고, 빛이 차단된 상온에서 2시간 방치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다.

8) 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Chung HJ(2014)와 Park 등(2012)의 방법을 응용하여 시료용액 40 μ L에 0.1% DMACA (Dimethylamino-cinnamaldehyde)를 혼합하여 빛이 차단된 상온에서 10분간 방치한 후 640 nm에서 흡광도를 측정하였다.

9) ABTS 라디칼 소거 활성

ABTS radical 소거능은 Chung HJ(2014)와 Park 등(2012)의 방법을 응용하여 7.4 mM의 ABTS (2,2'-azino-bis(3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)와 2.6 mM의 Potassium persulfate를 혼합하여 빛이 차단된 상온에서 60분간 방치한 후에 414 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS inhibition (%) =

$$[1 - (\text{O.D of sample}/\text{O.D of control})] \times 100$$

10) 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 대학원생 20명을 대상으로 실시하였다. 시료는 10 × 10 × 10 mm의 크기로 지름 20 cm의 백색접시에 담아 세자리 난수표로 시료번호를 표시하여 제공하였다. 평가방법은 7점 척도법(1 = 대단히 싫어함, 4 = 보통, 7 = 대단히 좋아함)으로 색(Color), 향(Flavor), 촉촉함(Moistness), 단맛(Sweetness), 씹힘성(Chewiness) 및 전반적인 기호도(Overall acceptability)를 평가하였다.

11) 통계처리

통계처리는 SPSS 12.0 program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 각 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 반죽의 비중, 굽기 손실율과 반죽수율

Table 2. Specific gravity, baking loss, and dough yield of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Properties	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Specific capacity	0.33±0.01 ^d	0.35±0.00 ^c	0.36±0.00 ^b	0.38±0.00 ^a	0.38±0.00 ^a
Baking loss (%)	96.52±0.00 ^a	96.90±0.00 ^a	96.41±0.00 ^a	96.77±0.00 ^a	96.87±0.00 ^a
Dough yield (%)	3.480±0.00 ^a	3.10±0.00 ^a	3.59±0.00 ^a	3.23±0.00 ^a	3.13±0.00 ^a

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

호박잎 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 반죽의 비중, 굽기 손실 및 반죽수율의 측정결과는 Table 2와 같다. 호박잎 스폰지 케이크의 비중은 0.33~0.38으로 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). Lu 등(2010)과 Kang & Moon(2009)의 연구에서 녹차 분말과 로즈마리 분말의 첨가량이 증가할수록 스폰지 케이크 반죽의 비중이 증가하였으며, 이는 첨가된 분말이 달걀 기포 형성을 방해함에 따라 비중이 증가하는 것으로 사료된다(Kang & Moon 2009). 굽기 손실율은 96.52~96.90%로 시료간 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 굽기 손실율은 반죽에 열이 침투하여 수증기압이 증가되는 굽는 과정에서 비점이 낮은 액체와 물이 팽창하여 기체로 빠져나가며 발생하는 손실로 기체가 빠져나가면서 케이크에 기공이 생기는 구조적 변형의 원인이 된다(Choi 등 2007). Cheon 등(2014)의 연구에서도 인삼 잎 분말 첨가량에 따른 시료간 굽기 손실율에는 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 호박잎 스폰지 케이크의 반죽수율은 3.10~3.59%로 시료간 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$).

2. 색도

색도는 Table 3과 같이 호박잎 분말의 첨가량에 따라 crumb와 crust 모두 영향을 받는 것으로 나타났으며, 모든 값은 Hunter's value로 나타내었다. 일반적으로 호박잎 분말의 첨가량이 증가할수록 crumb의 색도는 점점 어두워졌다(Fig. 1). Crumb는 호박잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 L(명도)값, a(적색도)값 및 b(황색도)값이 모두 감소한 반면, ΔE (색차값)은 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 진한 녹색을 띄는 보리순 분말의 첨가량이 증가함에 따라 Yellow layer cake의 L값이 감소하는 경향과 일치하였으며(Kim YA 2011), 인삼 잎 분말의 첨가량의 증가에 따라 머핀의 a값과 b값이 감소하는 연구 결과와 유사하였다(Cheon 등 2014). 솔잎 분말을 첨가한 스폰지 케이크에서 첨가량이 증가함에 따라



Fig. 1. Photograph of sponge cakes with various proportions of pumpkin leaf powder.

라 L값과 b값이 유의적으로 감소하는 결과와도 일치하였으며(Lee & Lee 2013), 반면 바나나 분말 첨가시 스폰지 케이크의 L값, a값과 b값은 모두 감소하는 결과를 나타내었다(Park 등 2010). 스폰지 케이크의 색도에 영향을 주는 주요 인자로는 첨가되는 분말의 종류와 색, 굽는과정 중의 아미노카르보닐 반응, 열 분해에 의한 갈변정도로 보고되고 있다(Shin 등 2007).

3. 수분함량

호박잎 스폰지 케이크의 수분함량은 Table 4와 같다. 호박잎 분말의 첨가량이 0~3%으로 증가함에 따라 수분함량은 27.90~31.68%로 증가한 반면, 5% 및 7% 첨가군에서는 22.37%와 28.15%로 수분함량이 다시 감소하는 경향을 나타내었다(Table 4). 이는 솔잎 분말 첨가량이 증가함에 따라 수분함량이 증가하다가 6% 첨가군과 8% 첨가군에서 케이크의 수분이 감소한 연구 결과와 일치하였으며(Lee & Lee 등 2013), 꾸지뽕잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 수분함량이 유의적으로 감소하는 연구 결과와 유사하였다(Lee & Son 2011). Lu TM 등(2010)의 연구에서도 녹차 분말의 첨가량이 증가함에 따라 스폰지 케이크의 수분함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 식이섬유소에 의한 수분흡착 작용과 첨가된 분말로 밀가루가 대체됨으로써 밀가루와 단백질의 수분 흡수율의 차이에 의한 것으로 사료된다(Lee & Lee 등 2013; Lee J 등 2009).

Table 3. Color values of sponge cakes with various proportions of pumpkin leaf powder

Properties	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7	
Crumb	L	73.51±2.97 ^a	60.42±1.09 ^b	54.05±0.82 ^c	51.82±1.39 ^c	47.78±0.73 ^d
	a	-3.74±0.12 ^a	-6.06±0.14 ^b	-7.12±0.23 ^c	-7.8 ±0.21 ^d	-8.06±0.32 ^d
	b	21.02±1.11 ^a	16.94±0.46 ^b	16.83±0.63 ^b	16.42±0.43 ^b	14.93±0.68 ^c
	ΔE	29.72±1.53 ^c	38.93±0.86 ^d	44.92±0.52 ^c	46.99±1.14 ^b	50.42±0.55 ^a
Crust	L	46.28±0.62 ^b	47.87±1.34 ^a	44.53±0.46 ^c	48.23±0.29 ^a	45.30±0.16 ^c
	a	8.23±0.18 ^a	7.23±0.22 ^b	5.35±0.13 ^c	3.05±0.24 ^d	1.65±0.12 ^c
	b	11.61±0.53 ^c	12.93±0.55 ^a	10.62±0.17 ^d	12.37±0.26 ^{ab}	11.67±0.29 ^{bc}
	ΔE	51.03±0.48 ^a	49.62±1.22 ^b	52.19±0.44 ^a	48.73±0.30 ^b	51.40±0.20 ^a

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

4. pH

pH는 Table 4와 같다. 호박잎 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH는 유의적으로 감소하였으며 1% 첨가군이 8.41, 3% 첨가군이 8.11, 5% 첨가군이 7.95, 7% 첨가군이 7.78을 나타내었다 ($p < 0.05$). 이는 솔잎 분말의 첨가량이 증가할수록 스펀지 케이크의 pH가 유의적으로 감소하는 연구 결과와 일치하였으며, 이는 첨가되는 시료의 pH가 낮기 때문으로 사료된다(Lee & Lee 등 2013).

5. 조직감

호박잎 스펀지 케이크의 조직감은 Table 5와 같다. 경도의 경우, 호박잎 분말 첨가량이 증가할수록 경도가 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 스테비아잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 경도가 2.18~4.08 kg/cm²로 유의적으로 증가하는 결과와 유사하였으며, 첨가된 분말이 수분을 흡수하면서 구조의 밀집도가 높아짐에 따른 것으로 사료된다(Choi 등

2013). Lee 등(2009)과 Lu 등(2010)의 연구에서도 꾸지뽕잎 분말과 녹차 분말의 첨가량이 증가함에 따라 스펀지 케이크의 경도가 증가하는 경향을 나타내었다. 탄력성과 응집성의 경우, 대조군에 비해 호박잎 첨가군에서 탄력성과 응집성이 높은 경향을 나타내었다. 응집성은 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 척도로 스테비아잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 카스텔라의 응집성이 증가하는 연구 결과와 일치하였으며(Choi 등 2013), 인삼 잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 응집성이 증가하는 연구 결과와도 유사한 경향을 나타내었다(Cheon 등 2014). 씹힘성은 1.18~1.43 J로 시료간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$).

6. 노화도 분석

호박잎 분말을 농도별로 첨가하여 스펀지 케이크를 제조한 후, 4°C에서 0, 12, 24 및 36시간 경과 후 경도의 변화를 Avrami 방정식에 의해 분석하였다(Table 6, 7). 대조군과 비교하여 노

Table 4. Moisture content and pH of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Properties	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Moisture (%)	27.90±2.40 ^a	30.75±0.40 ^a	31.68±1.27 ^a	22.37±0.26 ^b	28.15±4.61 ^a
pH	8.24±0.01 ^b	8.41±0.01 ^a	8.11±0.01 ^c	7.95±0.02 ^d	7.78±0.01 ^c

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

Table 5. Textural properties of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Properties	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Hardness (N)	1.21±0.07 ^{ab}	1.13±0.22 ^{ab}	1.30±0.08 ^a	1.05±0.09 ^b	1.24±0.07 ^{ab}
Springiness (mm)	0.90±0.29 ^c	0.92±0.81 ^a	0.91±0.40 ^{ab}	0.91±0.57 ^{bc}	0.89±0.73 ^c
Cohesiveness	0.71±0.01 ^a	0.75±0.05 ^a	0.72±0.02 ^a	0.74±0.02 ^a	0.74±0.01 ^a
Chewiness (J)	1.32±0.12 ^a	1.28±0.24 ^a	1.43±0.09 ^a	1.18±0.06 ^a	1.40±0.10 ^a

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

Table 6. Hardness of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder for 36 hr (N)

Times (hr)	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
0	1.21±0.08 ^{ab}	1.13±0.23 ^{ab}	1.30±0.08 ^a	1.06±0.08 ^b	1.24±0.08 ^{ab}
12	1.80±0.13 ^{bc}	1.26±0.09 ^d	1.48±0.23 ^{cd}	1.92±0.11 ^{ab}	2.23±0.33 ^a
24	1.67±0.23 ^{abc}	1.47±0.16 ^c	1.53±0.22 ^{bc}	2.02±0.24 ^a	1.93±0.23 ^{ab}
36	1.95±0.06 ^a	1.60±0.15 ^b	1.92±0.12 ^a	1.94±0.16 ^a	2.07±0.09 ^a

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

Table 7. Avrami exponent (*n*), rate constant (*k*) and time constant (1/*k*) of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Avrami equation analysis	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Avrami exponent (<i>n</i>) ¹⁾	0.4319	2.4582	2.2589	0.1329	0.9966
Rate constant (<i>k</i>) ²⁾	5.42×10 ⁻²	7.75×10 ⁻²	1.00×10 ⁻²	1.42×10 ⁻²	5.50×10 ⁻²
Time constant (hr) (1/ <i>k</i>)	18.45	12.90	100.00	70.42	18.18

¹⁾ Values obtained from slop of plot $\log\{-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\}$ vs $\log t$.

²⁾ Values obtained from slop of plot $\ln(E_L - E_t)$ vs time.

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

화 억제 효과의 기준을 Avrami 지수(*n*)가 낮은 값으로 판단하였다(Kim & Chung 2010). Avrami 지수(*n*)의 값은 대조군이 0.4319를 나타내었으며, 호박잎 분말 1% 첨가군은 2.4582, 3% 첨가군은 2.2589, 5% 첨가군은 0.1329, 7% 첨가군은 0.9966을 나타내었다. 이는 식이섬유와 전분의 상호작용이 케이크의 수분보유력을 높여 조직감의 변화를 작게 만드는 것으로 대조군과 비교하여 호박잎 분말 5% 첨가시 노화 억제 효과가 있는 것으로 여겨진다(Gomez 등 2009). 일정 농도에서 노화 억제 효과를 나타내는 Song 등(2016)과 Kim & Chung(2010)의 연구 결과와 유사하였다. 노화 억제 효과의 기준으로 시간상수(1/*k*)의 값은 대조군과 비교하여 높은 값으로 판단하였다(Kim & Chung 2010). 시간상수(1/*k*)의 값은 대조군이 18.45, 호박잎 분말 1% 첨가군이 12.90, 3% 첨가군이 100.00, 5% 첨가군이 70.42, 7% 첨가군이 18.18으로 대조군과 비교하여 노화 억제 효과를 나타내는 시료는 3% 및 5% 첨가군으로 판단되었다.

7. 총 페놀화합물 및 플라보노이드 함량

호박잎 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 총 페놀화합물 함량과 플라보노이드 함량은 Table 8과 같다. 총 페놀화합물 함량의 경우, 호박잎 분말의 첨가량이 증가할수록 대조군 (0.17 µg GAE/mg)에 비해 0.18~0.36 µg GAE/mg으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 플라보노이드 함량의 경우 대조군 (1.00 µg/mg)에 비해 호박잎 분말 첨가군은 1.13~1.30 µg/mg

으로 높게 나타났다. 이는 솔잎 분말의 첨가량이 증가할수록 총 페놀화합물의 함량이 증가하는 Lee & Lee(2013)의 연구 결과와 유사하였으며, 꾸지 뽕잎 분말의 첨가량이 증가할수록 총 페놀화합물이 증가하는 결과와 일치하였다(Lee & Son 2011). 대조군의 총 페놀화합물 함량은 밀가루에 함유된 phytochemical 성분에 의한 것으로 여겨진다(Adom 등 2005).

8. ABTS 라디칼 소거 활성

호박잎 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 ABTS radical 소거 활성을 측정한 결과는 Table 8과 같다. Ascorbic acid (38.81 µg/mL)를 기준으로 ABTS radical 소거활성의 IC₅₀ 값을 구했을 때 대조군이 27.52 µg/mL, 1% 첨가군이 28.95 µg/mL, 3% 첨가군이 17.31 µg/mL, 5% 첨가군이 6.00 µg/mL, 7% 첨가군이 3.45 µg/mL로 호박잎 첨가량이 증가함에 따라 ABTS radical 소거활성이 증가하는 경향을 보였다. 이는 녹차 분말의 첨가량이 증가함에 따라 스펀지 케이크의 IC₅₀ 값이 감소하여 라디칼 소거활성이 증가하는 연구 결과와 일치하였으며 조리 과정에 영향을 받지 않고 호박잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 항산화 활성이 증가하는 경향을 나타내었다(Lu 등 2010). Cheon 등(2014)의 연구에서 인삼 잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 항산화 활성이 증가하였으며, Lee & Lee 등 (2013)에서도 솔잎 분말 첨가량이 증가함에 따라 항산화 활

Table 8. Antioxidant activities of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Properties	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Polyphenol (µg GAE/mg)	0.17±0.01 ^d	0.18±0.11 ^d	0.23±0.01 ^c	0.28±0.02 ^b	0.36±0.01 ^a
Flavonoids (µg/mg)	1.00±0.02 ^d	1.30±0.01 ^a	1.27±0.02 ^{ab}	1.21±0.03 ^b	1.13±0.07 ^c
ABTS IC ₅₀ (µg/mL)	27.52±9.29 ^a	28.95±8.41 ^a	17.31±5.43 ^{ab}	6.00±2.73 ^{bc}	3.45±1.02 ^c

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

Table 9. Sensory properties of sponge cakes prepared with different proportions of pumpkin leaf powder

Properties	Control	PL-1	PL-3	PL-5	PL-7
Color	4.55±1.32 ^b	4.20±1.51 ^b	5.40±1.14 ^b	6.15±0.75 ^a	5.55±1.32 ^a
Flavor	4.60±1.27 ^b	4.45±1.36 ^b	5.65±0.93 ^a	4.85±1.23 ^{ab}	5.10±1.52 ^{ab}
Moistness	4.70±1.49 ^a	4.50±1.64 ^a	4.95±1.32 ^a	4.35±1.42 ^a	4.60±1.64 ^a
Sweetness	4.80±1.11 ^{ab}	4.40±1.60 ^b	5.60±0.99 ^a	5.15±1.14 ^{ab}	5.40±1.39 ^a
Chewiness	4.50±1.28 ^a	4.50±1.32 ^a	5.35±0.99 ^a	4.80±1.51 ^a	5.00±1.13 ^a
Overall acceptability	4.35±1.23 ^b	4.45±1.54 ^b	5.45±1.19 ^a	5.05±1.57 ^{ab}	5.20±1.36 ^{ab}

Control: Without added pumpkin leaf powder. PL-1: Addition of 1 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-3: Addition of 3 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-5: Addition of 5 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour. PL-7: Addition of 7 g of pumpkin leaf powder per 100 g of wheat flour.

성이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

9. 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 색(Color), 향(Flavor), 촉촉함(Moistness), 단맛(Sweetness), 씹힘성(Chewiness) 그리고 전반적인 기호도(Overall acceptability)에 대하여 7점 척도법으로 평가되었으며, 패널 20명이 참여하였다. 호박잎 분말 첨가군은 대조군에 비해 전반적으로 높은 기호도를 나타내었다(Table 9). 호박잎 분말 5% 첨가군이 다른 시료들에 비해 색(6.15)에서 가장 높은 기호도를 나타내었으며, 향(5.65), 촉촉함(4.95), 단맛(5.60), 씹힘성(5.35) 그리고 전반적인 기호도(5.45)에서는 3% 첨가군이 가장 높은 기호도를 나타내었다. 이상의 결과로 미루어볼 때 호박잎 분말의 첨가는 색에 대한 기호도를 증진시켜주며, 향, 촉촉함, 단맛, 씹힘성 등을 고려하여 소비자들의 기호도를 만족시키기에는 호박잎 분말 3%의 첨가가 가장 적합한 것으로 여겨진다.

요약 및 결론

본 연구에서는 밀가루 중량의 0%, 1%, 3%, 5% 및 7%의 비율을 호박잎 분말로 대체하여 스펀지 케이크를 제조하고, 스펀지 케이크의 품질 특성, 항산화 활성 및 노화 억제 효과를 살펴보고자 하였다. 호박잎 스펀지 케이크 반죽의 비중은 호박잎 분말 첨가량이 증가할수록 0.33~0.38로 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며($p<0.05$), 굽기 손실율과 반죽수율은 시료간 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$). 색도의 경우, 호박잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 L 값, a 값, b 값이 모두 감소하였으며, ΔE 값은 증가하는 경향을 나타내었다. 수분함량은 호박잎 분말 0~3% 첨가군에서는 27.90~31.68%로 증가한 반면, 5% 및 7% 첨가군에서는 22.37%와 28.15%로 감소하는 경향을 나타내었다. pH는 호박잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.05$).

호박잎 스펀지 케이크의 경도는 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 탄력성과 응집성은 대조군에 비해 호박잎 분말 첨가군에서 높게 나타났다. 씹힘성은 시료간 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 노화도 분석을 위한 Avrami 지수(n)의 값은 5% 첨가군(0.1329)이 대조군(0.4319)에 비해 노화 지연 효과가 있는 것으로 나타났으며, 시간상수($1/k$)의 값은 3% 첨가군(100.00)과 5% 첨가군(70.42)이 대조군(18.45)과 비교하여 노화 지연 효과가 있는 것으로 판단되었다. 호박잎 스펀지 케이크의 총 페놀화합물 및 플라보노이드 함량은 대조군에 비해 호박잎 분말 첨가군이 모두 높게 나타났다. ABTS 라디칼 소거 활성의 경우, 호박잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 항산화 활성이 증가하는 경향을 보였다. 소비자 기호도 조사 결과, 5% 첨가군이 색에서 높은 기호도를 나타내었으며, 향, 촉촉함, 단맛, 씹힘성 및 전반적인 기호도에서는 3% 첨가군이 가장 높은 기호도를 나타내었다. 이상의 결과로 미루어 보아 호박잎 분말의 첨가는 스펀지 케이크의 품질 개선과 건강기능 보완 및 기호도에 대한 요구를 충족시키며, 저장성을 고려한 노화 억제 효과를 위해서는 3%의 호박잎 분말의 첨가가 적합한 것으로 사료된다.

References

- AACC International. 2000. Approved Methods of Analysis (10th ed). In Method 44-40. 01. Moisture-Modified Vacuum-Oven Method. St. Paul, MN, USA: The American Association of Cereal Chemists
- Adom KK, Sorrells ME, Liu RH. 2005. Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. *J Agric Food Chem* 53:2297-2306
- Akay, S., Alpak, I., Yesil Celiktas, O. 2011. Effects of process parameters on supercritical CO₂ extraction of total phenols from strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: An optimization

- study. *Journal of Separation Science* 34:1925-1931
- Cha YY. 2009. Experimental study on effects of *Cucurbita moschata* Duch. on antioxidation. *J Society of Korean Medicine for Obesity Research* 9:57-63
- Chae YC. 1997. The role of baking and eggs. *Korean J Culinary Res* 12:367-383
- Chaiya B, Pongsawatmanit R. 2011. Quality of batter and sponge cake prepared from wheat-tapioca flour blends. *Nat Sci* 45:305-313
- Cheon SY, Kim KH, Yook HS. 2014. Quality characteristics of muffins added with ginseng leaf. *Korean J Food Cook Sci* 30:333-339
- Choi GY, Bae JH, & Han GJ. 2007. The quality characteristics of sponge cake containing a functional and natural product. *J East Asian Dietary Life* 17:703-709
- Choi SN, Kim HJ, Joo MK, Chung NY. 2013. Quality characteristics of castella prepared by substituting sugar with stevia leaf powder. *Korean J Food Cookery Sci* 29:153-160
- Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1349-1356
- Gomez, M., Ruiz-Paris, E. Oliete B. Pando, V. 2009. Modeling of texture evolution of cakes during storage. *Journal of Texture Studies* 41:17-33
- Gomez M, Ruiz E, Oliete B. 2011. Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. *LWT-Food Science and Technology* 44:911-916
- Hong HH, Min KC. 2003. Exercise Book for The Baker's License. Kwangmoonkag. Seoul. Korea. pp.172-174
- Kang BS, Moon SW. 2009. Effect of rosemary powder on the physicochemical characteristics of sponge cake during storage. *Korean J Food Preserv* 16:155-159
- Kang HY, Park SJ, Shin UP, Yeo IH, Yoo KB, Jung YK. 1978. Vegetable Crop Science. Hakmun Publishing Inc., Seoul, Korea. p.201
- Kim SS, Chung HC. 2010. Retarding retrogradation of Korean rice cakes(*Karaedduck*) with a mixture of trehalose and modified starch analyzed by Avrami kinetics. *Korean J Food and Nutr* 23:39-44
- Kim YA. 2011. Effects of young barley leaf powders on the quality characteristics of yellow layer cakes. *Korean J Food Preserv* 18:830-835
- Kwak Y, Ju J. 2013. Antioxidant and anti-cancer activities of squash (*Cucurbita moschata* Duch.) leaf extract *in vitro*. *Korean J Food Sci Technol* 45:770-776
- Lee J, Seong Y, Jeong B, Yoon S, Lee I, Jeong Y. 2009. Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1222-1228
- Lee JH, Son SM. 2011. Effect of cudrania tricuspidata leaf powder addition on the quality of sponge cakes. *Food Engineering Progress* 15:376-381
- Lee JM, Park DK, Kwon YM. 2011. Pumpkin-fall in love with pumpkins. National Institute of Horticultural and Herbal Science Rural Development Administration, Suwon, Korea. pp.128-129
- Lee SE, Lee JH. 2013. Quality and antioxidant of sponge cakes incorporated with pine leaf powder. *Korean J Food Sci Technol* 45:53-38
- Lu TM, Lee CC, Mau JL, Lin SD. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry* 119: 1090-1095
- Park JS, Lee YJ, Chun SS. 2010. Quality characteristics of sponge cake added with banana powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1509-1515
- Park YO, Choi JJ, Choi JH, Kim MS, Yim SH, Lee HC. 2012. Antioxidant activities of young and mature fruit in three Asian pear cultivars. *Korean J Hort Technol* 30:208-213
- Rojas JA, Rossell CM, Benedito De Barber C. 2001. Role of maltodextrins in the staling of starch gels. *Eur Food Res Technol* 212:364-368
- Shin JH, Choi DJ, Kwon OC. 2007. The quality characteristics of sponge cake with added steamed garlic powder. *Korean J Food Cookery Sci* 23:692-702
- Song KY, Kim JH, O HB, Zhang Y, Kim YS. 2016. Quality characteristics and retarding retrogradation of sponge cakes containing red yeast rice(*Monascus nuruk*) flour. *Culinary Science & Hospitality Research* 22:11-21
- Yi SY, Kim CS, Song YS, Park JH. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with additional of yam powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:48-55

Received 05 August, 2016

Revised 24 October, 2016

Accepted 07 December, 2016