

비트 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질특성 및 저장 기간에 따른 노화 억제 효과

송가영 · 오현빈 · 장양양 · 정기영 · 김영순[†]

고려대학교 식품영양학과

Effects of Beetroot (*Beta vulgaris*) Powder on Quality Characteristics and Retarding Retrogradation by Shelf-life of Sponge Cake

Ka-Young Song · Hyeonbin O · Yangyang Zhang · Ki Youeng Jeong · Young-Soon Kim[†]

Department of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

Abstract

Purpose: This study investigated quality characteristics and retarding retrogradation of sponge cake added beetroot powder. **Methods:** Sponge cakes were prepared using 0%, 2%, 4%, 6%, and 8% of beetroot powder. The specific capacity, baking loss, and dough yield were calculated. Moisture content and pH were also measured. Color values were assessed using a color measurement spectrophotometer. The retarding retrogradation was calculated employing the Avrami equation. **Results:** The specific capacity increased in parallel to the addition of beetroot powder's elevation, but baking loss significantly decreased. The dough yield was high in 6% and 8% additions however moisture content did not differ. The pH was increased in 0-4% additions. L and b-values significantly decreased according to the level of beetroot powder. For retarding retrogradation, a 4% addition had the effect of delaying the sponge cake's staling. **Conclusion:** These results suggested that the beetroot can be considered a good material to improve the quality characteristics, sensory properties, and after the addition of 4% of beetroot powder was able to delay staling. Therefore, so it is assumed to improve the sponge cake shelf life.

Key words: beetroot powder, quality characteristics, retarding retrogradation, sponge cake

I. 서론

비트는 명아주과로 재배가 쉽고 식물 전체를 이용할 수 있어 서양에서는 가정에서 주로 재배하며 인기가 많은 작물이다(Kim SJ 2009). 비트는 베타인(betaine), 플라보노이드, 폴리페놀, 비타민, 엽산 등 천연 항산화 물질의 공급원으로(Kim BS 등 2010) 다당류의 갈락탄(galactans), 펙틴(pectin), 아스파라긴(asparagine) 및 글루타민(glutamine) 등과 아미노산, 유기산, 올리고당 등의 성분도 함유하고 있다(Kim SJ 2009). 비트 뿌리의 영양성분은 100 g당 43 kcal로 저칼로리 식품이고 탄수화물 함량의 대부분인 79.92%가 당류이며 비타민 B₆(엽산)과 망간(manganese)이 풍부한 식품으로 호모시스틴의 축적을 방해하여 동맥손

상을 방지하는 역할을 한다(Pajares MA & Pérez-Sala D 2006). 비트 뿌리는 베타인 색소를 가지고 있으며, 수용성인 베타인 색소 중 적자색을 띠는 것은 베타시아닌(beta-cyanin)이다(Lee TS 등 2005). 비트의 주 색소성분인 베타시아닌은 안토시아닌계 화합물로 항산화 및 항암의 효능을 지니고 있다(Lee TS 등 2005). 베타시아닌은 산업적으로 적자색 컬러를 내는데 이용되어왔으며, 기능성 천연 식품소재로 토마토 페이스트나 소스, 디저트류, 잼, 젤리, 아이스크림, 캔디류, 시리얼 등의 색과 향을 개선시키는데 사용되어왔다(Grebben GJH & Denton OA 2004). 비트를 이용한 선행연구로는 비트 분말 첨가 흰쌀떡보리 증편의 제조 및 품질특성(Jeong IJ 2014), 비트 가루 첨가 량에 따른 머핀의 품질특성(Seo EO & Ko SH 2014), 비

[†]Corresponding author: Young-Soon Kim, Department of Food and Nutrition, Korea University, 145, Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02841, Korea

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9223-4039>

Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2-921-7207, E-mail: kteresaa@korea.ac.kr



트를 첨가한 설기떡과 절편의 품질특성 연구(Ko SH 2012), 레드비트 추출물의 항산화 활성 및 레드비트를 첨가한 돈육패티의 냉장저장 중 이화학적 성상 및 미생물의 변화(Lee JH & Chin KB 2012), 강황과 비트를 첨가한 젤리의 품질특성(Cho Y & Choi MY 2010), 레드 비트의 첨가가 냉장저장 중 저지방 소시지의 품질과 발색 안정성에 미치는 영향(Jeong HJ 등 2010), 비트 가루를 첨가한 발아현미 쿠키의 제조조건 최적화(Joo NM & Kim SJ 2010), 시금치주스, 비트주스, 오징어먹물을 첨가한 생면 파스타의 품질특성에 관한 연구(Shim JH 등 2003) 등이 있다.

스폰지 케이크는 케이크의 기본으로 거품 반죽을 형성하는 계란 단백질의 변성에 의해 만들어진다(Woo I 등 2006). 스펀지 케이크는 주로 전란을 이용하여 포립하는 공립법에 의해 제조되며 공립법은 난백만을 사용하여 거품 반죽을 형성하는 별립법과 달리 기공이 미세하며 크림형태의 기포로 촉촉하고 윤기있는 느낌을 준다(Chae YC 1997). 최근 스펀지 케이크의 품질향상을 위해 밀가루만을 사용한 것보다는 기능성 재료를 첨가한 제품에 대한 수요가 증가하고 있어 곡물이나 채소, 과일 등의 분말을 이용하고 있는 추세이다. 선행연구로는 돼지감자 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질특성(Suh KH & Kim KH 2014), 자색고구마 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질특성(Park JS 등 2011), 렌틸-밀 분말을 첨가한 케이크의 품질특성(de la Hera E 등 2012), 그리고 녹차 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질특성(Lu TM 등 2010) 등이 있으며 비트를 제과제빵 분야에 적용하여 이용 가능성을 확인한 연구는 아직까지 미비한 실정이다.

본 연구에서는 저칼로리와 단맛, 항산화 및 항암효과 등을 지닌 비트 분말을 첨가하여 스펀지 케이크를 제조하고 품질 특성 및 노화에 미치는 영향에 대해 분석하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

비트(Haesolfood, Jeju, Korea)는 -60°C 이하에서 동결 건조(FD8508, Ilshinbiobase Co., Ltd., Gyeonggi, Korea)한 후, 믹서기(HMF-560HK, Hanil, Incheon, Korea)로 분말화하여 80 mesh 체(testing sieve, Chunggye Industrial MFG., Co., Seoul, Korea)에 내려 -20°C에서 냉동 보관(KF-600F, Lassele Co., Ltd., Gyeonggi, Korea)하면서 시료로 사용하였다. 박력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Incheon, Korea), 버터(Seoul Milk, Co., Ltd., Ansan, Korea), 달걀(Pulmuone Co., Ltd., Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Incheon, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Shinan, Korea), 구연산(Qingdao Fuso Refining & Processing Co.,

Ltd., Qingdao, China)은 시중에서 구입하였다.

2. 스펀지 케이크의 제조

스폰지 케이크는 Hong HH & Min KC(2003), Yi SY 등(2001)의 연구에 수록되어있는 방법을 변형한 공립법을 이용하여 박력분 중량의 0%, 2%, 4%, 6% 및 8% 수준을 비트 분말로 대체하여 스펀지 케이크를 제조하였다(Table 1). 볼(bowl)에 180 g 분량의 달걀을 넣어 1단에서 30초간 table mixer(KMC010, Kenwood, Havant, England)를 이용하여 저어주고, 설탕과 소금, 구연산을 넣고 4단에서 5분간 휘핑하였다. 스페툴라를 이용하여 저어주고 4단에서 5분간 다시 휘핑하였다. 그 후 1단에서 30초간 휘핑하였다. 박력분은 2회 체에 친 후, 비트 분말과 실온에 녹여놓은 버터를 넣고 혼합하여 반죽을 완성하였다. 완성된 반죽은 비중, 굽기 손실률과 반죽 수율을 시료당 3회씩 반복하여 측정하였다. 혼합이 완료된 반죽은 8 inch의 팬에 350 g씩 각각 담아 170°C의 미리 예열된 오븐(MC366GAAW5A, Youngreem electron, Seoul, Korea)에서 20분간 구워 실온에서 1시간 방냉 후 분석을 실시하였다.

3. 반죽의 비중, 굽기 손실률, 반죽 수율의 측정

스폰지 케이크 반죽의 비중(specific gravity), 굽기 손실율(baking loss), 반죽 수율(dough yield)은 AACC method (2000)에 따라 시료당 3회씩 반복하여 측정한 후 각각 계산하였다.

$$\text{Specific gravity (mL/g)} = \frac{\text{Weight of cake dough}}{\text{Weight of water}}$$

$$\text{Baking loss (\%)} = \frac{(\text{Weight of dough} - \text{Weight of cake})}{\text{Weight of dough}} \times 100$$

Table 1. Formulas for sponge cake prepared with different levels of beetroot powder

Ingredient	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
Soft flour	100	98	96	94	92
Beetroot powder	0	2	4	6	8
Citric acid	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
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 beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

$$\text{Dough yield (\%)} = (\text{Weight of cake} / \text{Weight of dough}) \times 100$$

4. 수분함량

수분함량은 1 cm 두께로 자른 스펀지 케이크의 내부(crumb) 5 g을 취하여 적외선 수분측정기(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)로 시료의 무게가 변하지 않을 때까지의 수분함량을 시료당 3회씩 반복하여 측정 후 평균값과 표준편차로 나타내었다.

5. pH 측정

pH는 케이크 내부 10 g을 90 mL 증류수와 혼합한 후 균질기(Unidrive 1000D, Ingeni-eurburo CAT M.Zipper GmbH, Staufen, Germany)로 1분간 균질화 시킨 후 pH meter(SP-701, Suntex, New Taipei City, Taiwan)를 이용하여 시료당 3회씩 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

6. 색도 측정

색도는 색차색도계(CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L값(명도), a값(적색도) 및 b값(황색도)을 측정하였으며, ΔE값(색차값)은 표준 백색판과 비교한 시료의 색도 차이를 나타내는 값으로 다음 식을 이용하여 계산하였다. 이때 사용된 표준 백색판의 L값은 95.74, a값은 0.34, b값은 1.87이었다. 모든 값은 시료당 3회씩 반복하여 측정하였다.

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

7. 조직감 측정

스푼지 케이크의 조직감은 rheometer(Compac-100II, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시료는 30 × 30 × 30 mm의 크기로 two-bite compression test로 원통형 probe(20 mm diameter)를 이용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)을 각 3회씩 반복하여 측정하였다.

8. 노화 속도 측정

저장 기간에 따른 스펀지 케이크의 노화 속도는 rheometer(Sun Scientific Co., Ltd.)를 이용하여 경도를 측정 후, Avrami 방정식(Rojas JA 등 2001)을 이용하여 Avrami 지수(n)와 시간상수(1/k)를 구하였다.

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

E_1 : 최대경도, E_t : t시간 후의 경도, E_0 : 초기의 경도, k:

반응속도상수(time-1), n: Avrami 지수

9. 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 대학원생 30명을 대상으로 실시하였다. 시료는 30 × 30 × 30 mm의 크기로 지름 20 cm의 백색접시에 담아 세자리 난수표로 시료번호를 표시하여 제공하였다. 평가방법은 7점 척도법으로 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 촉촉함(moistness) 및 씹힘성(chewiness)을 평가하여 통계처리하였다.

10. 통계처리

통계처리는 SPSS Statistics(ver. 12.0, 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.

III. 결과 및 고찰

1. 반죽의 비중, 굽기 손실률과 반죽 수율

비트 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 반죽의 비중, 굽기 손실률 및 반죽 수율의 측정결과는 Table 2와 같다. 비중은 대조군이 0.67, 비트 분말의 첨가량이 증가할수록 비중은 0.55-0.71로 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 검은콩 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 비중이 대조군이 0.61, 40% 첨가군이 0.73으로 증가한 결과와 일치하였으며(Jeong HC & Yoo SS 2010), 돼지감자 분말의 첨가량에 따라 비중이 0.35-0.53으로 증가하는 결과와 유사하였다(Suh KH & Kim KH 2014). 비파열 때 분말 첨가 쉬폰 케이크에서도 첨가량이 증가함에 따라 비중이 0.57-0.59으로 증가하는 경향을 나타내었다(Jung SY 등 2015). 굽기 손실률의 경우, 비트 분말 첨가량에 따라 굽기 손실률이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 굽기 손실률은 굽는 과정 중 반죽에 열이 침투하여 수증기압이 증가되어 비점이 낮은 액체, 물 등이 팽창하여 기체로 변형되어 손실되는 것으로 비트의 베타인 색소의 친수성과 전분과 식이섬유의 강한 수분결합력에 의해 굽기 손실율이 낮게 나타난 것으로 여겨진다(Choi GY 등 2007). 흑마늘 분말과 캐슈 파운드 케이크에서 흑마늘과 캐슈 분말 첨가량이 증가함에 따라 굽기 손실율이 감소하는 결과와도 유사하였다(Kim KH 등 2009b, Choi SN & Chung NY 등 2010). 비트 스펀지 케이크의 반죽 수율은 비트 분말 6%와 8% 첨가군이 93.07%와 92.16%로 가장 높게 나타났다.

2. 수분함량

비트 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 수분함량은 Table

Table 2. Specific gravity, baking loss, dough yield and moisture content of sponge cake with different levels of beetroot powder

Properties	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
Specific gravity	0.67±0.01 ^{1)b}	0.55±0.01 ^d	0.64±0.02 ^c	0.65±0.01 ^{bc}	0.71±0.02 ^a
Baking loss (%)	9.35±0.01 ^b	10.17±0.01 ^a	8.94±0.02 ^c	6.93±0.17 ^e	7.84±0.05 ^d
Dough yield (%)	90.65±0.01 ^d	89.83±0.01 ^c	91.06±0.02 ^c	93.07±0.17 ^a	92.16±0.05 ^b
Moisture (%)	30.08±1.94 ^a	31.23±0.62 ^a	30.73±3.51 ^a	31.47±1.58 ^a	28.40±2.24 ^a

Control: without added beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

¹⁾ Values are Mean±SD of 3 replicates.

^{a-e} Different superscripts within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

2와 같다. 비트 분말 8% 첨가군이 28.40%로 가장 낮은 수분함량을 나타내었으며 시료간 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 이는 비트의 베타인 색소 및 전분과 식이섬유의 강한 수분결합력으로 인한 것으로 여겨지며, 수분결합력이 높을수록 시료의 수분함량은 감소하게 된다(Lee TS 등 2005). 또한 밀가루의 수분함량이 11.69%, 비트 분말의 수분함량이 5.24%로 나타나 밀가루 중량에 대비하여 비트 분말의 첨가량이 증가할수록 스펀지 케이크의 수분함량이 감소한 것으로 여겨진다. 계피 분말의 첨가량이 증가할수록 스펀지 케이크에서 수분함량이 대조군 36.59%, 계피 분말 1%가 36.08%, 2% 첨가군이 35.80%, 3% 첨가군이 35.05%, 4% 첨가군이 34.00%로 감소하는 결과와 유사하였으며(Lee S & Lee JH 2013), 홍삼 분말을 첨가한 스펀지 케이크에서도 대조군의 수분함량이 36.00%, 홍삼 분말 6% 첨가군이 33.00%으로 홍삼 분말의 첨가량이 증가함에 따라 수분함량이 감소하는 경향을 나타내었다(Seo EO 등 2015).

3. pH

비트 스펀지 케이크의 pH는 Table 3과 같다. 대조군의 pH가 6.88, 비트 분말 2% 첨가군이 6.98, 4% 첨가군이 7.00으로 0-4% 첨가시, 첨가량이 증가함에 따라 pH가 증가하는 경향을 보였으며 6% 첨가군과 8% 첨가군에서는 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 비트의 첨가는 대조군

과 비교하여 제조 당시의 pH 변화에는 큰 영향을 주지 않지만 저장 기간이 길어짐에 따라 pH가 급격하게 감소하는 대조군과는 달리 비트의 첨가 농도가 높을수록 pH의 감소 변화가 완만하게 나타나게 된다(Park BH 등 2009). 비트와 함께 안토시아닌계 화합물을 주색소로 가지고 있는 자색고구마 스펀지 케이크에서도 pH가 대조군이 7.69, 5% 첨가군이 7.45, 10% 첨가군이 7.63, 15% 첨가군이 7.56으로 나타나 시료간 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Kim JH & Lee KJ 2013).

4. 색도

비트 스펀지 케이크의 색도는 Table 4와 같다. 비트 분말의 L값은 37.56, a값은 17.18, b값은 3.93, ΔE값은 61.68이었으며 비트 분말의 첨가량이 증가함에 따라 스펀지 케이크의 L값과 b값은 유의적으로 감소한 반면 a값은 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). ΔE값의 경우, 비트 분말의 첨가량이 증가함에 따라 28.19-51.02로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 안토시아닌계 화합물인 베타시아닌 색소에 의한 것으로 L값의 경우 베타시아닌 색소가 증가함에 따라 빛의 투과가 감소되어 명도가 감소하면서 L값이 낮아진 것으로 판단되며 반면 적색도를 나타내는 a값은 증가한 것으로 여겨진다(Son EJ 등 2003). 비파열매 분말 첨가 쉬폰 케이크에서 첨가량 증가에 따라 L값과 b값이 감소하고 a값이 증가하는 결과와

Table 3. pH values of sponge cake with different levels of beetroot powder

Properties	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
pH	6.88±0.03 ^{1)b}	6.98±0.02 ^a	7.00±0.02 ^a	6.87±0.02 ^b	6.89±0.02 ^b

Control: without added beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

¹⁾ Values are Mean±SD of 3 replicates.

^{a,b} Different superscripts within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

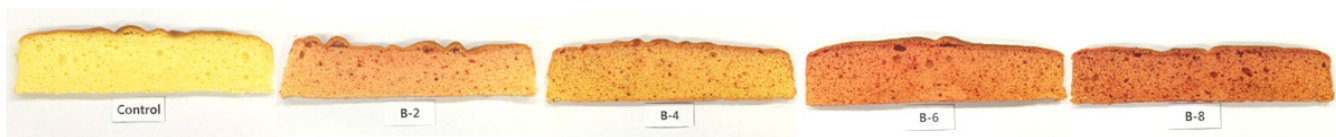
Table 4. Color values of sponge cake with different levels of beetroot powder

Hunter's color value	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
L	74.99±1.56 ^a	63.02±2.27 ^b	62.58±1.96 ^b	51.81±2.43 ^c	48.05±1.12 ^d
a	-2.91±0.09 ^c	9.35±0.54 ^c	5.55±0.19 ^d	12.95±0.54 ^b	14.27±0.64 ^a
b	21.53±1.22 ^a	18.59±1.16 ^b	21.62±0.85 ^a	16.54±0.83 ^c	15.74±1.10 ^c
ΔE	28.19±0.47 ^d	37.26±1.39 ^c	38.35±1.29 ^c	47.44±1.95 ^b	51.02±1.01 ^a

Control: without added beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

¹⁾ Values are Mean±SD of 3 replicates.

^{a-c} Different superscripts within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

**Fig. 1.** Photograph of sponge cake with different levels of beetroot powder.

일치하였으며(Jung SY 등 2015), 흑미 가루 첨가 스폰지 케이크(Park YS & Chang HG 2007)와 버찌 분말 첨가 파운드 케이크(Kim KH 등 2009a)에서 첨가량이 증가함에 따라 L값과 b값이 감소하고 a값이 증가하는 결과와 유사하였다. 오디 분말 첨가 옐로우 케이크에서도 첨가량 증가에 따라 L값이 감소하고 a값이 증가하는 경향을 나타내었다(Park HM 등 2011). 스폰지 케이크의 색도에 영향을 주는 주요인자로는 첨가되는 분말의 종류와 색, 굽는 과정 중의 아미노카르보닐 반응, 열 분해에 의한 갈변정도로 보고되고 있다(Shin JH 등 2007).

5. 조직감

비트 스폰지 케이크의 조직감 특성을 알아보기 위해 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성 등을 측정하였으며, 결과는

Table 5과 같다. 경도는 대조군(86.97 N)과 비교하여 비트 분말 첨가군이 125.47-147.03 N으로 비트 분말 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하였으며, 탄력성의 경우, 비트 분말 2% 첨가군을 제외하고 시료간 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 응집성의 경우 0.72-0.73으로 시료간 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 씹힘성의 경우, 대조군(57.14 J)에 비해 비트 분말 첨가군은 82.43-93.95 J로 높은 씹힘성을 나타내었다. 이는 비트 가루 첨가 머핀에서 비트 분말 첨가량이 증가할수록 씹힘성이 유의적으로 증가하는 결과와 유사하였으며(Seo EO & Ko SH 2014), 홍삼 분말 첨가 스폰지 케이크와 자색고구마 첨가 스폰지 케이크에서 부재료의 첨가량에 따라 경도와 씹힘성이 증가하고 응집성에 유의적인 차이가 없는 결과와 일치하였다(Kim JH & Lee KJ 2013, Seo EO 등 2015). 또한 홍삼박 분말

Table 5. Texture properties of sponge cake with different levels of beetroot powder

Textural characteristics	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
Hardness (N)	86.97±9.53 ^{1)b}	147.03±30.47 ^a	125.47±16.74 ^a	130.03±11.40 ^a	143.00±16.65 ^a
Springiness (mm)	0.90±0.70 ^a	0.86±3.03 ^b	0.90±0.68 ^a	0.90±0.37 ^a	0.90±0.92 ^a
Cohesiveness	0.73±1.20 ^a	0.72±3.46 ^a	0.73±1.95 ^a	0.73±1.89 ^a	0.73±3.83 ^a
Chewiness (J)	57.14±9.36 ^b	91.04±40.29 ^a	82.43±21.53 ^a	85.43±16.37 ^a	93.95±16.00 ^a

Control: without added beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

¹⁾ Values are Mean±SD of 3 replicates.

^{a,b} Different superscripts within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

첨가 스펀지 케이크에서 경도가 대조군 137.71 g에서 15% 첨가군 186.86 g으로 증가하였으며, 씹힘성이 대조군 167.87에서 15% 첨가군 206.07로 증가하는 결과와도 유사하였다(Park YR 등 2008). 이는 부재료의 첨가가 케이크 내 기포의 얇은 막 형성과 팽창을 방해하여 케이크의 내부 조직을 단단하게 만든 것으로 여겨지며, 케이크의 수분함량, 기공의 발달 정도, 부피 등에 따라 케이크의 견고성이 달라지는 것으로 사료된다(Park YR 등 2008).

6. 노화도 분석

비트 스펀지 케이크를 4°C에서 0, 12, 24, 36 및 48시간 보관하면서 일어나는 경도의 변화를 Avrami 방정식에 의해 분석하였다(Table 6). Avrami 지수(n)는 결정체의 형성 시간과 속도를 이용하여 결정화 형태를 나타내주는 1-4 사이의 값으로 1-2값은 결정핵 발생 분포가 일정한 것이 특징이며 3-4의 값은 결정핵 발생이 산발적이고 포화가 완전히 이루어질 때까지 결정화가 진행됨을 나타낸다(Korea Food Research Institute 1997). 대조군과 비교하여 노화 억제 효과의 기준을 Avrami 지수(n)가 낮은 값으

로 판단하였다(Kim SS & Chung HY 등 2010). 대조군의 Avrami 지수(n) 값은 1.1959를 나타내었으며 비트 분말 4% 첨가군과 8% 첨가군이 0.9634와 0.6644로 대조군과 비교하여 노화 지연 효과가 있는 것으로 나타났다. 시간상수($1/k$)는 속도상수(k)의 역수로 속도상수는 노화 진행 속도를 나타내며 속도상수의 값이 작을수록, 시간상수의 값이 클수록 노화 지연 효과가 큰 것을 나타낸다(Kim SS & Chung HY 등 2010). 시간상수($1/k$)의 값은 대조군이 13.79, 비트 분말 2% 첨가군이 5.94, 4% 첨가군이 22.22, 6% 첨가군이 41.32, 8% 첨가군이 54.64로 대조군과 비교하여 비트 분말 4% 이상 첨가 시 노화 억제 효과가 나타나는 것으로 판단되었다. 이는 hydrocolloid(CMC, k-carrageenan)를 식빵에 첨가 시, 식빵의 경도 증가 폭이 대조군에 비해 낮게 나타나 식빵의 경도 증가를 억제하는 결과와 유사하였으며(Lee SJ 등 2008), 비트에 함유된 친수성의 베타인과 전분 및 식이섬유로 인해 시료 내 수분보유력이 높아지면서 스펀지 케이크의 노화가 지연된 것으로 여겨진다. Chung HC(2008)의 연구에서도 sourdough의 첨가량이 증가함에 따라 시간 상수($1/k$)의 값이 증가

Table 6. Avrami exponent (n), rate constant (k) and time constant ($1/k$) of sponge cake with different levels of beetroot powder

Avrami equation analysis	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
Avrami exponent (n) ¹⁾	1.1959	2.1593	0.9634	1.9932	0.6644
Rate constant (k) ²⁾	7.25×10^{-2}	16.83×10^{-2}	4.50×10^{-2}	2.42×10^{-2}	1.83×10^{-2}
Time constant (hr) ($1/k$) ³⁾	13.79	5.94	22.22	41.32	54.64

Control: without added beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

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.

3) Values are Mean±SD of 3 replicates.

Table 7. Sensory properties of sponge cake with different levels of beetroot powder

Textural characteristics	Beetroot powder content (g/100 g of wheat flour)				
	Control	B-2	B-4	B-6	B-8
Appearance	4.48±1.56 ^{1)a}	4.48±1.83 ^a	5.12±1.39 ^a	4.60±1.55 ^a	4.96±1.46 ^a
Flavor	5.28±1.06 ^{ab}	4.72±1.21 ^{ab}	4.72±1.02 ^{ab}	4.72±1.31 ^a	4.24±1.39 ^b
Taste	5.00±0.96 ^{ab}	4.92±1.29 ^{ab}	4.88±1.13 ^{ab}	5.24±1.01 ^a	4.28±1.49 ^b
Moistness	4.68±1.41 ^{ab}	4.56±1.36 ^b	4.76±1.20 ^{ab}	5.36±0.95 ^a	4.72±1.28 ^{ab}
Chewiness	4.92±1.35 ^a	4.68±1.28 ^a	4.84±1.11 ^a	5.36±0.95 ^a	4.84±1.31 ^a

Control: without added beetroot powder; B-2: addition of 2 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-4: addition of 4 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-6: addition of 6 g of beetroot powder/100 g of wheat flour; B-8: addition of 8 g of beetroot powder/100 g of wheat flour.

1) Values are Mean±SD of 3 replicates.

ab Different superscripts within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

함으로써 노화 속도가 감소하는 결과를 나타내었다.

7. 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 외관, 향미, 맛, 촉촉함 그리고 씹힘성에 대하여 7점 척도법으로 평가되었다. 외관의 경우, 대조군(4.48)에 비해 비트 분말 첨가군이 4.48-5.12로 높은 기호도를 보였으며, 촉촉함의 경우 대조군(4.68)과 비교하여 비트 분말 첨가군이 4.56-5.36으로 높은 기호도를 나타내었다. 반면 향미에서는 대조군이 5.28로 가장 높은 기호도를 나타내었으며 비트 분말 첨가군은 낮은 기호도를 나타내었다. 맛의 경우, 비트 분말 6% 첨가군이 5.24로 가장 높은 기호도를 나타내었다. 씹힘성은 대조군(4.92)과 비교하여 비트 분말 6%(5.36)를 제외하고 낮은 씹힘성을 나타내었다. 이는 비트 분말 첨가량이 증가함에 따라 씹힘성이 높게 나타난 기기 측정 결과와 비교하여 상반된 결과를 나타내었으며, 높은 수분결합력에 따른 촉촉함의 선호도는 일치하는 경향을 나타내었다. 또한 시료의 a값(적색도)이 증가할수록 소비자들의 외관에 대한 선호도는 증가하는 경향을 나타내었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 밀가루 중량의 0%, 2%, 4%, 6% 및 8%를 비트 분말로 대체하여 스펀지 케이크를 제조하고 스펀지 케이크의 품질 특성 및 노화 억제 효과를 살펴보고자 하였다. 스펀지 케이크의 비중은 대조군이 0.67이고 비트 분말 첨가량이 증가할수록 비중이 0.55-0.71로 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 굽기 손실률은 비트 분말 첨가량에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 반죽 수율은 비트 분말 6% 및 8% 첨가군이 93.07%와 92.16%로 가장 높게 나타났다. 수분함량의 경우, 시료간 유의적인 차이는 없었으며($p < 0.05$), pH의 경우 대조군(6.88)과 비교하여 비트 분말 0-4% 첨가군에서 증가하는 경향을 보이다가 비트 분말 6% 및 8% 첨가군에서 감소하는 경향을 나타내었다. 비트 스펀지 케이크의 색도는 비트 분말 첨가량이 증가함에 따라 L값과 b값은 유의적으로 감소하였으며 반면 a값은 증가하는 경향을 나타내었다. 경도는 비트 분말 첨가량에 따라 증가하였으며, 반면 탄력성과 응집성은 시료간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 씹힘성은 대조군과 비교하여 비트 분말 첨가군에서 높게 나타났다. 비트 스펀지 케이크의 노화도 경우, 비트 분말 4% 이상 첨가 시 스펀지 케이크의 노화 속도를 지연시켜주어 노화 억제 효과를 보였다. 소비자 기호도 조사에서는 비트 분말 6% 첨가군이 외관, 촉촉함, 맛 및 씹힘성에서 높은 선호도를 나타내었다. 이상의 결과로 미루어 보아, 비트 분말의 첨가는 스펀지 케이크의 품질 향상 및 기호도 향상에 기여할 것으로 여겨

지며 4% 이상의 비트 분말 첨가 시 스펀지 케이크의 노화를 지연시켜 저장성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- AACC. 2000. Approved methods of AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA. Method 44-40.
- Chae YC. 1997. The role of baking and eggs. Korean J Culin Res 3:367-383.
- Cho Y, Choi MY. 2010. Quality characteristics of jelly containing added turmeric (*Curcuma longa* L.) and beet (*Beta vulgaris* L.). Korean J Food Cook Sci 26(4):481-489.
- Choi GY, Bae JH, Han GJ. 2007. The quality characteristics of sponge cake containing a functional and natural product. J East Asian Diet Life 17(5):703-709.
- Choi SN, Chung NY. 2010. Quality characteristics of pound cake with addition of cashew nuts. Korean J Food Cook Sci 26(2):198-205.
- Chung HC. 2008. Properties of sourdough-added bread. Korean J Food Sci Technol 40(6):643-648.
- de la Hera E, Ruiz-París E, Oliete B, Gómez M. 2012. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. LWT-Food Sci Technol 49(1):48-54.
- Grebber GJH, Denton OA. 2004. Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands. pp 398-399.
- Hong HH, Min KC. 2003. Exercise book for the baker's license. Kwangmoonkag, Seoul, Korea. pp 172-174.
- Jeong HC, Yoo SS. 2010. Quality characteristics of sponge cake by black soybean powder of different ratios. J East Asian Soc Diet Life 20(6):909-915.
- Jeong HJ, Lee HC, Chin KB. 2010. Effect of red beet on quality and color stability of low-fat sausages during refrigerated storage. Korean J Food Sci Anim Resour 30(6):1014-1023.
- Jeong IJ. 2014. Preparation and quality characteristics of glutinous barley Jeung-pyun added with beet (*Beta vulgaris* L.) powder. Master's thesis. Sookmyung University, Seoul, Korea. p 23.
- Joo NM, Kim SJ. 2010. Optimizing production conditions of germinated brown rice cookie prepared with beet powder. J Korean Diet Assoc 16(4):332-340.
- Jung SY, Bing DJ, Chun SS. 2015. Quality characteristics of chiffon cake made with loquat fruits (*Eriobotrya japonica*) powder. Korean J Food Cook Sci 31(2):144-152.
- Kim BS, Oh YJ, Kim NH, Song HJ, Kim MJ, Ko SB, Jo JW.

2010. Manufacture for make use of red-beet functional a drink. presented at Spring Conference of Korean Academia-Industrial Cooperation Society, Cheonan, Korea. pp 736-737.
- Kim JH, Lee KJ. 2013. Antioxidant activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. *J East Asian Soc Diet Life* 23(6):750-759.
- Kim KH, Hwang HR, Yun MH, Jo JE, Kim MS, Yook HS. 2009a. Quality characteristics of pound cakes prepared with flowering cherry fruit powder during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(7):926-934.
- Kim KH, Lee JO, Paek SH, Yook HS. 2009b. Quality characteristics of pound cakes containing various levels of aged garlic during storage. *J East Asian Soc Diet Life* 19(2):238-246.
- Kim SJ. 2009. Change of the anti-oxidative activity and quality characteristics of *Maejakgwa* with coloring matter powder during the period of storage. Master's thesis. Chungnam National University, Daejeon, Korea. pp 10-11.
- Kim SS, Chung HY. 2010. Retarding retrogradation of Korean rice cakes (*Karaedduk*) with a mixture of trehalose and modified starch analyzed by Avrami kinetics. *Korean J Food and Nutr* 23(1):39-44.
- Ko SH. 2012. Quality characteristics of *Sulgidduck* and *Julpyun* with beet (*Betavulgaris* L.) leaf and root. Doctorate dissertation. Sejong University, Seoul, Korea. p 101.
- Korea Food Research Institute. 1997. Development of automated single equipment for rice cake production. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea. pp 45-46.
- Lee JH, Chin KB. 2012. Evaluation of antioxidant activities of red beet extracts, and physicochemical and microbial changes of ground pork patties containing red beet extracts during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Anim Resour* 32(4):497-503.
- Lee S, Lee JH. 2013. Quality of sponge cakes supplemented with cinnamon. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(4):650-654.
- Lee SJ, Cho SK, Lee SJ. 2008. Study on the texture and staling of bread with addition of various hydrocolloids. *Korean Food Cook Sci* 24(5):636-644.
- Lee TS, Jang YM, Hong KH, Park SK, Park SK, Kwon YK, Park JS, Chang SY, Hwang HS, Kim EJ, Han YJ, Kim BS, Won HJ, Kim MC. 2005. Survey of beet red contents in foods using TLC, HPLC. *J Food Hyg Saf* 20(4):244-252.
- Lu TM, Lee CC, Mau JL, Lin SD. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chem* 119(3):1090-1095.
- Pajares MA, Pérez-Sala D. 2006. Betaine homocysteine S-methyltransferase: Just a regulator of homocysteine metabolism? *Cell Mol Life Sci* 63(23):2792-2803.
- Park BH, Jeon ER, Kim SD, Cho HS. 2009. Changes in the quality characteristics of lotus root pickle with beet extract during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(8):1124-1129.
- Park HM, Hwang SY, Kang KO. 2011. Quality characteristics of yellow layer cake with mulberry powder during storage. *J East Asian Soc Diet Life* 21(6):830-837.
- Park JS, Bae JO, Choi GH, Chung BW, Choi DS. 2011. Antimutagenicity of Korean sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(1):37-46.
- Park YR, Han IJ, Kim MY, Choi SH, Shin DW, Chun SS. 2008. Quality characteristics of sponge cake prepared with red ginseng marc powder. *Korean J Food Cook Sci* 24(2):236-242.
- Park YS, Chang HG. 2007. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of black rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 39(4):406-411.
- Rojas JA, Rossell CM, Benedito de Barber C. 2001. Role of maltodextrins in the staling of starch gels. *Eur Food Res Technol* 212(3):364-368.
- Seo EO, Ko SH. 2014. Quality characteristics of muffins containing beet powder. *Korean J Culin Res* 20(1):27-37.
- Seo EO, Ko SH, Jeong HC. 2015. Research quality characteristics of sponge cake added with red ginseng powder. *Korean J Culin Res* 21(2):130-140.
- Shim JH, Kim KM, Bae DH. 2003. Comparisons of physicochemical and sensory properties in noodles containing spinach juice, beetroot juice and cuttlefish ink. *Food Eng Prog* 7(1):37-43.
- Shim JH, Choi DJ, Kwon OC. 2007. Physical and sensory characteristics of sponge cakes added steamed garlic and yuza powder. *Korean J Food Nutr* 20(4):392-398.
- Son EJ, Oh SH, Heo OS, Kim MR. 2003. Physicochemical and sensory characteristics of turnip pickle added with chitosan during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(8):1302-1309.
- Suh KH, Kim KH. 2014. Quality characteristics of sponge cake added with *Helianthus tuberosus* powder. *J East Asian Soc Diet Life* 24(1):126-135.
- Woo I, Kim YS, Song TH, Lee SK, Choi HS. 2006. Quality characteristics of sponge cake with added dried sweet pumpkin powders. *Korean J Food Nutr* 19(3):254-260.
- 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(1):48-55.

Received on Aug.18, 2016/ Revised on Nov.3, 2016/ Accepted on Nov.7, 2016