

자색당근 첨가 설기떡의 항산화 활성 및 품질 특성

김미리 · 김명현* · †한영실**

숙명여자대학교 식품영양학과 석사과정, *숙명여자대학교 식품영양학과 강사, **숙명여자대학교 식품영양학과 교수

Antioxidant Activities and Quality Characteristics of *Sulgidduk* Added with Black Carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.)

Mi Ri Kim, Myung Hyun Kim* and †Young Sil Han**

Master Student, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

*Part-time Instructor, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

**Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

Abstract

The purpose of this study was to evaluate of black carrot on the antioxidant activity and quality characteristics of *Sulgidduk*. *Sulgidduk* was prepared with different amounts (0, 1, 2, 3, 4%) of black carrot. As the amount of added black carrot increased, the moisture content ($p<0.05$) and pH were decreased ($p<0.001$). Sugar content results showed the increase with the addition of black carrot ($p<0.01$). L (lightness) values and b (yellowness) values decreased whereas a (redness) values increased with an increased concentration of black carrot powder ($p<0.001$). The mechanical texture of *Sulgidduk* was decreased by the addition of black carrot considering hardness, chewiness and gumminess ($p<0.001$) while those of springiness, cohesiveness increased. Consumer acceptability test revealed that the 2% black carrot groups had a higher score than the other groups in respect to color, flavor, taste, texture, overall palatability. To examine antioxidant activities of *Sulgidduk*, total phenolic, DPPH radical scavenging activity, and total anthocyanin were tested. Total phenolic, DPPH radical scavenging activity, and total anthocyanin showed good vitality as amounts of black carrot powder increased ($p<0.001$). Based on the various aspects of results, 2% of black carrot added into *Sulgidduk* showed the best functionality and sensory qualities.

Key words: black carrot, *Sulgidduk*, quality characteristics, antioxidant activities

서 론

자색당근(*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.)은 3,000년 이상 재배되어온 뿌리채소로 중동 및 극동 지역에서 주로 재배되었다(Montilla 등 2011). 일반적으로 자색당근은 유럽과 아시아 지역에서 주로 경작되고 있는데, 국내에서는 2,000년대 처음 시험 재배를 시작으로 경기도 남부와 제주도를 중심으로 재배면적을 확대하고 있다(Park 등 2015; Ko & Yoo 2018; Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2018). 검은 보라색을 띠는 자색당근은 다량의 안토시아닌 성분과 베타카로틴 등 다양한 생리활성 물질을 가지고 있으

며(Seda & Unal 2007), 풍부한 페놀성 화합물과 비타민 C, 비타민 E를 함유하고 있다(Algarra 등 2014). 자색당근은 대장염의 염증 반응을 억제할 뿐만 아니라 혈중 포도당을 저해하고 비만에도 효과적이라고 알려져 있다(Kang 등 2017). 또한 자색당근은 항암, 항당뇨, 항고혈압에 좋은 생리활성 물질을 가지고 있어 심혈관계 질환 예방(Wang 등 2012)과 대사증후군에도 긍정적인 효과가 있다고 보고되었다(Padayachee 등 2013). 특히 자색당근의 안토시아닌 성분인 cyanidin은 coumaric acid, sinapic acid, acetate에 결합되어 열, pH, 광선에 안정적이므로 식품개발 소재로 활용될 가능성이 높은 편이다(Montilla 등 2011; Hassellund 등 2013). 이러한 자색당근

† Corresponding author: Young-Sil Han, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-710-9471, Fax: +82-2-710-9479, E-mail: ygkmh5@nate.com

의 우수한 기능성과 가공 적성을 활용하여 다양한 식품들이 개발되고 있는데, 자색당근을 식품에 첨가한 선행 연구로는 젤리(Nho 등 2013), 발효유(Shin 등 2015), 푸딩(Shin 등 2016), 돈육 햄버거 패티(Ko & Yoo 2018), 쿠키(Cho & Chung 2019) 등이 보고되었다.

설기떡은 쌀가루를 곱게 빻아 물을 주고 설탕을 넣어 증기로 찌는 우리나라의 대표적인 전통 떡으로 다양한 부재료를 첨가하여 간편하게 만들 수 있어 현대인들도 즐겨 먹는 떡이다(Ahn GJ 2010). 특히 소비자들의 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 여러 건강 기능성 성분을 첨가한 설기떡이 많이 개발되고 있는데, 첨가하는 부재료에 따라 색과 모양을 다양하게 만들 수 있고 기능성도 보강할 수 있어 영양적으로도 우수한 전통식품이라 할 수 있다(Kim 등 2013). 이러한 건강 지향적 소비 트렌드에 따라 하수오(Nam & Park 2012), 비파가루(Kang YS 2014), 가시파래(Kim 등 2019), 쑥(Ahn GJ 2019), 들보리수(Hong & Oh 2020) 등 다양한 천연 식품 소재를 첨가한 설기떡들이 다양하게 개발되고 있다(Kim 등 2013). 특히 기존의 인공 색소 대신에 천연 색소 성분으로 설기떡을 개발하는 사례들도 늘어나고 있는데, 최근 들어 컬러 푸드로 보라색이 유행하면서 자색당근과 같은 보라색의 부재료로 설기떡을 개발하는 사례도 늘어나고 있다. 보라색의 천연 식품 소재를 설기떡으로 개발한 선행연구로는 오디 분말(Hong 등 2003), 가지 분말(Choi 등 2013), 자색양파 분말(Hwang SJ 2013), 아로니아 분말(Park EJ 2014), 아사이베리 분말(Choi YS 2015) 등이 보고된 바가 있으나, 자색당근을 전통식품으로 개발한 사례는 보고된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 다양한 생리활성을 가진 안토시아닌 색소 성분의 자색당근을 설기떡에 첨가함으로써 기능성 뿐만 아니라 기호성을 높인 설기떡을 개발하고자 하였다. 이러한 연구를 통해 자색당근 첨가 시 설기떡의 품질특성과 기호도에 미치는 영향을 알아보고, 자색당근 첨가 설기떡의 항산화 활성 연구를 통해 우수한 기능성을 가진 설기떡을 제조함으로써 자색당근의 활용도를 높이기 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

자색당근 설기떡 실험에 사용한 자색당근은 제주도 구좌읍에서 2019 년에 재배한 것을 구입하였고, 세척한 후 동결건조(MCFD 8508, Ilshin Bio Base, Yangju, Korea)하여 -40°C 냉동고에서 보관하고 사용하였다. 설기떡 재료인 멥쌀가루(Chamsae bangsang, Seoul, Korea), 소금(Cheiljedang Co., Incheon, Korea), 설탕(Cheiljedang Co., Incheon, Korea) 등은 대형마트에서 구입

하여 사용하였다. Folin and Cioclateau, 1,1-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 등 항산화 실험에 사용된 시약은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였고, 이외 시약은 1 급을 사용하였다.

2. 자색당근 첨가 설기떡의 제조

자색당근을 첨가한 설기떡의 배합비는 Table 1과 같다. 자색당근의 첨가량은 아로니아 분말 설기떡(Park EJ 2014)의 첨가량을 참고로 하여 예비 실험을 거친 후 0%, 1%, 2%, 3%, 4%로 달리하여 쌀가루에 첨가하였다. 그리고 물을 넣고 고루 섞은 뒤 20 mesh(Testing Sieve, Chunggye Industrial Mfg., Co., Seoul, Korea)에 통과시킨 후, 분량의 설탕과 소금을 넣었다. 찹쌀에 면보를 깔고 스테인리스스틸 소재의 사각틀(가로 12 cm×세로 12 cm×높이 5 cm)에 쌀가루를 담았다. 윗면을 편평하게 한 후 뚜껑에 면보를 감싸 15분간 찌고 불을 끈 뒤 10분간 뜸을 들였으며, 실온에서 30분간 방냉한 다음 실험에 사용했다.

3. 수분 측정

수분 측정은 자색당근 설기떡 1 g 을 정량해 적외선 수분 측정기(Moisture Analyzer, MB45, Ohaus Corporation, Zurich, Switzerland)를 이용하여 105°C 에서 3 회 반복하여 측정한 후, 평균과 표준편차를 구하였다.

4. pH 및 당도 측정

pH 측정과 당도는 자색당근 분말, 자색당근 설기떡 5 g과 70% ethanol 45 mL를 넣고 균질화한 뒤, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(COMBI-514R, Hanil science industrial Co., Ltd., Gimpo, Korea)하여 상등액만 사용하였다. pH 측정은 pH meter(Coring340, Mettler, Toledo, UK)로 3회 반복 측정된 뒤 평균과 표준편차로 나타냈다. 자색당근 설기떡의 당도는 당도계(PAL-1, ATAGO Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였으며, 평균과 표준편차로 나타냈다.

Table 1. Preparation of *Sulgidduck* added with different amount of black carrot

Ingredients(g)	Concentration of black carrot				
	0%	1%	2%	3%	4%
Rice flour	150	148.5	147	145.5	144
Black carrot powder	0	1.5	3	4.5	6
Sugar	15	15	15	15	15
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Water	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5

5. 색도 측정

자색당근 설기떡의 색도는 색도계(Colorimeter CR-310, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L값(lightness, 명도), a값(red, 적색도), b값(yellowness, 황색도)으로 나타내었으며 3회를 반복 측정 후 평균값과 표준편차로 나타내었다. 표준 백색판의 L값, a값, b값은 93.59, -1.17, +4.23 이었다.

6. 조직감 측정

자색당근 설기떡의 조직감은 texture analyzer(TA-XT2 Express, Stable Micro System, Haslemere, UK)를 이용하였으며, Texture Profile Analysis(TPA) 방법으로 설기떡(가로 4 cm×세로 4 cm×높이 1cm)의 조직감을 측정하였다. 분석조건은 trigger force 5.0 g, pre-test 2.0 mm/sec, post-test speed 1.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, test time 5 sec, Distance 10.0 mm 로 설정하였으며, probe type은 35 mm cylinder를 사용하였다. 조직감은 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 겹성(gumminess), 점착성(cohesiveness)을 10회 반복 측정하였으며, 평균과 표준편차로 나타내었다.

7. 관능평가

관능평가는 숙명여자대학교 식품영양학 전공자 10명을 패널로 선정하여 실험의 취지 및 목적을 설명하고, 관능검사에 대한 사전교육을 한 후 검사에 응하도록 했다. 설기떡 시료 5개 군은 일정한 크기(4 cm×4 cm×2 cm)로 잘라 같은 접시에 담아 제공하였다. 검사항목은 색(color), 향(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall palatability)이다. 모든 시료는 난수표에 의해 3자리 숫자로 매겨졌으며, 7점 척도법을 이용해 아주 좋다: 7점, 아주 나쁘다: 1점으로 평가하도록 하였다. 관능평가는 숙명여자대학교 생명윤리위원회에서 승인을 받고(SMWU-2007-HR-069) 그 규정에 따라 시행하였다.

8. 추출물 제조

자색당근 첨가 설기떡 5 g에 70% ethanol 45 g을 첨가하여 진탕배양기(SI-900R, JEIO TECH, Seoul, Korea)에서 12시간 동안 27°C에서 60 rpm 조건에서 추출하였다. 추출한 시료는 와트먼지 No. 2로 여과하여 시료액으로 사용하였다. 추출한 시료액은 실험에 따라 희석하여 사용하였다.

9. 총 페놀 화합물 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-ciocalteu법 Swain & Hillis(1959)의 방법에 준하여 측정하였다. 갈산(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 사용해 검량선을 작성하고 총 페놀 함량은 mg GAE/100 g으로 나타냈다. 추출물 150 µL에, 증류

수 2,400 µL에 2 N Folin-ciocalteu 시약 50 µL를 시험관에 넣어 교반 후 1 M sodium carbonate(Na₂CO₃) 300 µL를 넣어 2시간 동안 암소에서 반응시켰다. 그 후 725 nm에서 UV/VIS 분광광도계(T60UV, PG Instruments, Wibtotf, England)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 실험은 3회 반복하였으며 평균과 표준편차로 나타내었다.

10. DPPH 자유라디칼 소거능 측정

DPPH 자유라디칼 소거능은(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) Blois MS(1958)의 방법에 준하여 측정하였다. 농도별로 제조한 시료액 900 µL에 DPPH solution(1.5×10⁻⁴ M) 300 µL를 혼합하여 교반 후 30분간 실온에서 방치하여 517 nm에서 UV/VIS 분광광도계를 이용해 측정하였다. DPPH 자유라디칼 소거 활성 실험은 아래 식과 같이 3회 반복해 평균과 표준편차로 나타내었다.

DPPH free radical scavenging activity(%)=

$$(1 - \text{Sample absorbance}/\text{Control absorbance}) \times 100$$

11. 총 안토시아닌 함량 측정

자색당근 첨가 설기떡의 총 안토시아닌 함량은 Hosseinian 등(2008)의 pH differential method에 준하여 측정하였다. 각 실험군별 추출물 0.5 mL에 pH 1.0의 0.025 M 염화칼륨 완충액과, pH 4.5의 0.4 M 아세트산나트륨 완충액을 넣어 최종부피를 1 mL로 하였다. 흡광도는 510 nm 및 700 nm에서 각각 측정하였다. 총 안토시아닌의 함량은 cyanidin-3-glucoside의 몰 흡광계수($\epsilon=26,900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용해 다음의 식에 따라 산출하였다.

Total anthocyanin content(mg/kg)=A×MW×D×1,000÷ ϵ ×V

A(absorbance value)=

(A_{510 nm} - A_{700 nm}) at pH 1.0 - (A_{510 nm} - A_{700 nm}) at pH 4.5

MW(molecular weight of cyanidin-3-glucoside)=449.2,

D(dilution factor)=dilution ratio of sample,

ϵ (cyanidin-3-glucoside molar absorbance)=26,900 M⁻¹cm⁻¹,

V=final volume of sample

12. 통계처리

통계처리는 SPSS package(Statistical Analysis Program, version 25, IBM, Armonk, NY, USA)를 이용해 평균과 표준편차로 나타내었다. 유의성검증을 위해 각 실험군 간 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 실시했으며, 유의성이 있을 시 사후 검증으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다($p<0.05$).

결과 및 고찰

1. 수분

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 수분 함량을 측정 결과는 Table 2와 같다. 자색당근을 첨가하지 않은 대조군의 수분함량은 39.80%로 가장 높았고, 자색당근 분말 첨가량이 증가함에 따라 수분함량이 37.57%~9.49% 감소하는 경향을 나타냈다($p<0.05$). 이는 자색당근 분말의 수분함량(10.24%)이 멥쌀가루의 수분함량(39.48%)보다 낮기 때문에 자색당근 설기떡의 수분 함량이 낮아진 것으로 보인다. 토마토 분말을 첨가한 설기떡(Lee 등 2008), 타피오카 분말을 첨가한 설기떡(Hyun 등 2005), 자색고구마를 첨가한 설기떡(Ahn GJ 2010), 자색양파 분말을 첨가한 설기떡(Hwang SJ 2013) 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 수분함량이 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 따라서 설기떡의 수분함량은 부재료의 수분함량 및 특성에 따라 영향을 받는 것으로 보인다.

2. pH

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 pH를 측정 결과는 Table 2와 같다. 자색당근 분말 무첨가군의 pH는 6.31로 가장 높게 나타났으며, 자색당근 분말 첨가군은 6.09~6.29의 범위로 3% 첨가군과 4% 첨가군 간의 유의적인 차이가 없었으나, 자색당근 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하였다($p<0.001$). 이는 멥쌀가루의 pH가 5.81이고, 자색당근 분말의 pH는 4.81로, 자색당근 분말의 pH가 멥쌀가루 pH보다 낮아 첨가량이 증가할수록 설기떡의 pH가 감소한 것으로 생각된다. 토마토 분말을 첨가한 설기떡(Lee 등 2008), 아로니아 분말 첨가 설기떡(Park EJ 2014)과 아사이베리 분말 설기떡

(Choi YS 2015), 레드비트분말 첨가 설기떡(Ko & Jeong 2018)의 연구에서도 부재료 첨가량이 증가할수록 설기떡의 pH가 감소하여 본 연구와 비슷한 경향을 보였다.

3. 당도

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 당도 측정 결과는 Table 2와 같다. 자색당근 무첨가군의 당도는 10.03 °Brix로 가장 낮았으며, 자색당근 첨가군의 당도는 10.13 °Brix~10.23 °Brix로 분말 첨가량이 증가할수록 당도가 증가하였다($p<0.01$). 이는 자색당근 분말의 당도가 70.66 °Brix이기 때문에, 첨가량이 증가할수록 설기떡의 당도도 높아지는 것으로 생각된다. 산수유 분말 첨가 설기떡(Kim 등 2013), 찹보리수 분말 첨가 설기떡(Hong & Oh 2020), 상추를 첨가한 설기떡(Yoon 등 2020)의 연구에서도 부재료 첨가 시 당도가 증가하는 경향을 보여 본 연구와 동일한 결과를 보였다.

4. 색도

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 색도를 측정 결과는 Table 3과 같다. 명도를 나타내는 L값은 대조군이 83.38로 가장 높았고, 자색당근을 첨가한 설기떡의 값이 36.00~6.60으로 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). 이는 표고버섯가루 첨가 설기떡(Cho 등 2002), 자색고구마 첨가 설기떡(Ahn GJ 2010), 자색양파 분말 설기떡(Hwang SJ 2013)에서도 L값이 낮아지는 경향을 보였는데, 흰색을 띄는 멥쌀가루만 첨가한 설기떡에 비해 색을 띄는 부재료의 첨가량을 늘릴수록 L값이 감소되는 것으로 생각된다.

적색도를 나타내는 a값은 대조군이 -1.26으로 가장 낮았고 첨가군 값이 10.90~15.10으로 자색당근 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다($p<0.001$). 본 연구결과 자색당

Table 2. Moisture contents, pH, brix values of *Sulgidduck* added with black carrot

Concentration of black carrot (%)	Moisture (%)	pH	Sugar content (°Brix)
0	39.80±1.93 ^{1)a}	6.31±0.01 ^a	10.03±0.06 ^b
1	39.49±0.03 ^a	6.29±0.03 ^a	10.13±0.06 ^{ab}
2	37.36±0.46 ^b	6.20±0.02 ^b	10.17±0.06 ^a
3	37.75±0.50 ^b	6.11±0.01 ^c	10.23±0.06 ^a
4	37.57±0.28 ^b	6.09±0.02 ^c	10.23±0.06 ^a
F-value	4.72*	101.41***	6.20**

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=3).

^{a-c}Values with different small letters within a column differ significantly by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

Table 3. Color values of *Sulgidduck* added with of black carrot

Concentration of black carrot (%)	Color values		
	L	a	b
0	83.38±0.63 ^{1)a}	-1.26±0.07 ^c	8.05±0.07 ^a
1	46.60±1.09 ^b	10.90±0.06 ^d	-2.57±0.07 ^d
2	41.32±1.54 ^c	12.46±0.06 ^c	-1.14±0.29 ^c
3	39.44±0.50 ^d	14.18±0.11 ^b	0.19±0.02 ^b
4	36.00±0.68 ^c	15.10±0.05 ^a	0.19±0.04 ^b
F-value	1,211.18***	26,161.32***	2,724.25***

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=3).

^{a-c}Values with different small letters within a column differ significantly by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

*** $p<0.001$.

근 첨가량이 증가할수록 총 안토시아닌 함량이 14.14 mg/100 g~37.46 mg/100 g으로 증가하는 것을 보아, 자색당근에 함유된 안토시아닌 색소에 의해 a값이 증가한 것으로 보인다. 안토시아닌을 함유하는 오디 첨가 설기떡(Hong 등 2003), 아로니아 첨가 설기떡(Park EJ 2014), 아시아베리 분말 설기떡(Choi YS 2015)의 연구에서도 적색도가 증가하는 경향을 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

황색도를 나타내는 b값은 대조군이 8.05로 가장 높았고 자색당근을 첨가 시 낮아졌다가 첨가량이 증가할수록 높아졌다($p<0.001$). 자색고구마 분말을 첨가한 설기떡(Ahn GJ 2010)의 경우 L, a값은 본 실험과 같은 경향을 보였으나 b값은 첨가량이 증가할수록 감소해 본 연구와 다른 경향을 보였다.

5. 조직감

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 기계적 조직감을 측정 결과는 Table 4와 같다. 경도(hardness)는 자색당근 무첨가군이 938.87 g/cm² 로, 자색당근을 1% 첨가 시 경도가 1,461.00 g/cm²로 가장 높았으며, 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). Park EJ(2014)는 설기떡에 당이 있는 부재료를 첨가할 경우, 분말 자체의 유리당이 떡의 전분 사이에 혼입되어 떡의 수분을 잡아주기 때문에 경도를 감소시킨다고 하였다. 또한, 비파가루를 첨가한 설기떡(Kang YS 2014)의 경우, 비파가루의 첨가량을 늘릴수록 경도가 낮아지는 경향을 보였고, 무첨가군보다 저장기간 동안 안정적인 경향을 보였다. 이는 비파가루의 당 함량이 높기 때문에 설기떡의 경도가 낮아졌으며, 이로써 떡의 노화를 지연시킬 수 있다고 하였다. 자색당근 분말의 당도를 측정된 결과, 70.66 °Brix로 당도가 높기 때문에 설기떡의 경도에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 이는 단호박 첨가 떡의 품질특성 연구(Yun & Ahn 2000), 아로니아 첨가 설기떡(Park EJ 2014)에서도 부재료가 함유한 당에 의해 경도가 낮아지는 경

향을 보여, 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

탄력성(springiness)의 경우 자색당근 무첨가군이 0.89%였으며, 1% 첨가군에서 0.82%로 낮아졌다가 자색당근 첨가량이 증가할수록 값이 증가하였다($p<0.05$). 아로니아 분말 첨가 설기떡(Park EJ 2014)의 경우 첨가량이 증가함에 따라 경도는 감소하고 탄력성이 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였는데, 이는 부재료 성분에 따른 보수성의 차이라고 하였다. 자색당근 설기떡의 수분 측정 시 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보아 탄력성 증가에 영향을 주었을 것으로 생각된다.

씹힘성(chewiness)과 검성(gumminess)의 경우 대조군보다 1% 첨가군이 높아졌다가 첨가량이 증가함에 따라 값이 낮아지는 경향을 보였다($p<0.001$). 씹힘성은 탄력성과 검성을 측정하여 산출되는 값이기 때문에, 검성이 낮아짐에 따라 씹힘성의 결과값도 낮아진 것으로 보인다. 자색고구마 분말 첨가 설기떡(Ahn GJ 2010) 연구에 의하면 첨가량이 증가함에 따라 경도가 감소하였고, 검성과 씹힘성도 감소하여 본 연구와 일치하는 경향을 보였다. 점착성(cohesiveness)의 경우 각 군별로 유의적인 차이를 보이지 않아 첨가량에 따른 차이가 없는 것으로 보여진다.

6. 관능평가

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 기호도 측정 결과는 Table 5와 같다. 색(color)은 2% 첨가군이 5.7로 가장 높았으며, 무첨가군이 3.3으로 가장 낮아 자색당근을 첨가하였을 때 좋게 평가되었다. 향(flavor)의 기호도에서는 2% 첨가군이 5.40으로 가장 높았고 대조군이 가장 낮은 기호도를 보였다. 맛(taste)에서는 2% 첨가군이 6.1로 가장 높았으며, 1%, 3% 첨가군 간에는 유의한 차이가 없었으나 자색당근을 첨가하는 것이 맛의 기호도 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 평가되었다. 조직감(texture)은 2% 첨가군이 5.6으로

Table 4. Texture characteristics of *Sulgidduck* added with black carrot

Concentration of black carrot (%)	Hardness (g/cm ²)	Springiness (%)	Chewiness (g)	Gumminess (g)	Cohesiveness (%)
0	938.87±84.75 ^{1b}	0.89±0.05 ^b	670.69±29.02 ^b	751.38±43.62 ^b	0.80±0.03
1	1,461.00±180.39 ^a	0.82±0.02 ^c	951.29±111.26 ^a	1,153.47±145.56 ^a	0.79±0.01
2	1,344.77±118.97 ^a	0.91±0.02 ^b	931.30±57.81 ^a	1,026.53±70.37 ^a	0.76±0.02
3	873.87±33.50 ^b	0.93±0.04 ^{ab}	657.68±25.62 ^b	702.41±21.98 ^b	0.80±0.01
4	536.97±44.45 ^c	0.97±0.02 ^a	415.52±26.49 ^c	429.15±33.77 ^c	0.80±0.01
F-value	36.90 ^{***}	8.82 [*]	41.23 ^{***}	41.07 ^{***}	3.07

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=10).

^{a-c}Values with different small letters within a column differ significantly by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{*} $p<0.05$, ^{***} $p<0.001$.

Table 5. Sensory characteristics analysis of *Sulgidduck* added with black carrot

Concentration of black carrot (%)	Flavor	Taste	Texture	Color	Overall preference
0	3.60±0.84 ^{1)d}	3.90±0.74 ^c	3.80±0.79 ^c	3.30±0.82 ^d	3.60±0.84 ^c
1	4.40±0.97 ^b	4.20±0.92 ^{bc}	4.30±0.67 ^{bc}	4.30±0.82 ^c	4.30±0.67 ^{bc}
2	5.40±0.52 ^a	6.10±0.57 ^a	5.60±0.52 ^a	5.70±0.95 ^a	5.90±0.32 ^a
3	4.70±0.82 ^{ab}	4.80±0.63 ^b	4.80±0.42 ^b	5.10±0.74 ^b	4.80±0.57 ^b
4	4.30±0.82 ^{bc}	4.10±0.57 ^c	4.40±0.42 ^c	4.20±0.63 ^c	4.10±0.97 ^{cd}
<i>F</i> -value	6.536 ^{***}	16.377 ^{***}	17.000 ^{***}	13.156 ^{***}	21.594 ^{***}

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=10).

^{a-c}Values with different small letters within a column differ significantly by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{***} $p<0.001$.

가장 높았으나, 대조군에서는 3.8로 첨가군에 비해 매우 낮게 평가되었다. 전반적인 기호도(overall preference)는 2%가 가장 높게 평가되었으며, 3%, 1%, 4%, 0% 순으로 기호도가 평가되었다.

따라서 자색당근을 2% 첨가한 설기떡이 관능 평가에서 다른 첨가군에 비해 높게 평가되었으며, 설기떡 제조 시 기호도 향상에 긍정적인 영향을 줄 것으로 생각된다.

7. 총 페놀 화합물 함량

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 총 페놀 함량은 Table 6과 같다. 자색당근 첨가 설기떡의 대조군 총 페놀 함량은 15.00 mg GAE/100 g이고, 자색당근을 1%, 2%, 3%, 4% 첨가 시 19.62, 23.13, 40.25, 67.73 mg GAE/100 g으로 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량이 증가하였다($p<0.001$). 자색당근을 첨가한 돈육페티의 연구 결과에서도 대조군의

총 페놀 화합물이 41.63 mg GAE/g이었고, 2%, 4%, 6%, 8% 첨가군은 47.07~63.67 mg GAE/g으로, 첨가량이 증가할수록 총 페놀 화합물의 함량도 증가하는 경향을 보였다. 이외에도 자색당근 분말 첨가 쿠키(Cho & Chung 2019), 자색당근 착즙액 첨가 젤리(Kang 등 2017) 연구에서도 자색당근 첨가량 증가 시 총 페놀 함량이 증가하여 본 연구결과와 유사한 결과를 보였다.

자색당근 조추출액의 폴리페놀 분석연구(Smeriglio 등 2017)에 의하면 자색당근의 폴리페놀 중 안토시아닌은 78.05%를 구성하고 있으며, 특히 Cyanidin 3-xylosyl(feruloylglucosyl)galactoside이 주된 성분이다. 또한, 17.88%의 페놀산을 함유하고 있는데 이중 클로로젠산의 함량이 높다. 이외에도 4.05%가 플라보노이드로 구성되어 있는 것으로 보고되고 있다(Smeriglio 등 2017).

8. DPPH 자유라디칼 소거능

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 DPPH 자유라디칼 소거능 결과는 Table 6과 같다. 자색당근 무첨가군의 DPPH 자유라디칼 소거능은 8.47%로 가장 낮았으며 자색당근 첨가량이 증가함에 따라 19.62%~53.37%로 나타났다($p<0.001$). 자색당근 분말을 이용한 쿠키의 DPPH 자유라디칼 소거능 결과에서도 첨가량이 0%, 5%, 10%, 15%로 증가할수록 24.00%~88.79%로 유의적으로 높아져 본 연구와 동일한 경향을 보였다(Cho & Chung 2019). 이는 자색당근에 함유된 안토시아닌이 DPPH 자유라디칼에 전자를 제공하여 라디칼을 소거시키는 환원력을 가지고 있어 항산화능이 증가한 것으로 보인다(Ahm 등 2015). 또한, 자색당근에 함유된 라이코펜 화합물, 카로티노이드, 비타민 A 등 물질이 활성산소 소거에 관여하기 때문인 것으로 보인다(Ko & Yoo 2018).

9. 총 안토시아닌 함량

자색당근의 첨가량을 달리하여 제조한 설기떡의 총 안토

Table 6. Antioxidant activities of *Sulgidduck* added with Black carrot

Concentration of black carrot (%)	Total phenolic content (mg GAE/100 g)	DPPH free radical scavenging activity (%)	Total anthocyanin content (mg/100 g)
0	10.16±1.69 ^c	8.48±3.27 ^{1)d}	2.34±2.01 ^d
1	19.62±0.54 ^{de}	19.62±3.21 ^c	14.14±2.56 ^c
2	23.14±2.36 ^c	35.24±2.35 ^b	15.53±3.16 ^c
3	40.25±8.36 ^b	39.72±2.86 ^b	27.22±1.88 ^b
4	67.73±9.62 ^a	53.38±0.94 ^a	37.46±1.16 ^a
<i>F</i> -value	45.00 ^{***}	129.94 ^{***}	106.41 ^{***}

¹⁾ All values are mean±S.D. deviation (n=3).

^{a-c}Values with different small letters within a column differ significantly by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{***} $p<0.001$.

Table 7. The correlation coefficients between antioxidant activities and *Sulgidduk* added with black carrot powder

	Polyphenol	Total anthocyanin	DPPH
Polyphenol	1.000		
Total anthocyanin	0.920**	1.000	
DPPH	0.888**	0.939**	1.000

The values represent the correlation coefficient (r) between antioxidant activities and black carrot content.

** $p < 0.01$.

시아닌 함량은 Table 6과 같다. 자색당근을 첨가하지 않은 대조군의 총 안토시아닌 함량은 2.34 mg/100 g, 자색당근을 1%, 2%, 3%, 4% 첨가 시 14.14, 15.53, 27.22, 37.46 mg/100 g으로 자색당근 분말 첨가량이 증가할수록 총 안토시아닌 함량이 상대적으로 증가하였다($p < 0.001$). 자색고구마 분말을 첨가하여 제조한 국수의 안토시아닌 함량은 대조군이 70.20 mg/100 g으로 나타났으며, 자색고구마 분말을 2%, 4%, 6%, 8%로 첨가 시 72.59, 85.70, 90.54, 91.79 mg/100 g로 증가하여 자색당근 설기떡과 유사한 경향을 보였다(Lee & Yoo 2012).

10. 항산화 활성 간의 상관관계

자색당근 설기떡의 항산화 활성 간의 상관관계 분석 결과는 Table 7과 같다. 총 페놀 함량은 총 안토시아닌 함량과 $r = 0.920$ ($p < 0.01$)로 양의 상관관계를 나타내었으며, DPPH 자유라디칼 소거능과 $r = 0.888$ ($p < 0.01$)로 양의 상관관계를 나타내었다. 총 안토시아닌 함량과 DPPH 자유라디칼 소거능에서는 $r = 0.939$ ($p < 0.01$)로 양의 상관관계를 보였다.

요약 및 결론

본 연구는 여러 생리활성 기능을 가진 자색당근을 설기떡에 첨가하여 품질 및 기호적으로 우수한 설기떡을 개발하고자 0%, 1%, 2%, 3%, 4% 비율로 첨가한 설기떡을 제조한 뒤, 항산화 활성과 품질특성을 측정하였다. 설기떡의 수분함량은 자색당근 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며($p < 0.05$), pH도 첨가량이 증가되면서 유의적으로 감소하였다($p < 0.001$). 설기떡의 당도는 자색당근 첨가량이 증가할수록 당도가 다소 증가하는 경향을 보였다($p < 0.01$). 색도를 측정한 결과 L값은 설기떡 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고 a값은 증가하였다($p < 0.001$). 조직감에서 자색당근 첨가량이 증가할수록 경도, 씹힘성, 검성이 감소하였으며($p < 0.001$), 탄력성과 점착성은 증가하였다. 관능검사는 색,

향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에서 자색당근을 2% 첨가하는 것이 가장 기호도가 좋았다. 자색당근 설기떡의 항산화 활성을 나타내는 총 페놀 화합물 함량, DPPH 자유라디칼 소거능, 총안토시아닌 함량은 자색당근 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 이러한 결과로 보아 자색당근을 2% 첨가하여 설기떡을 제조하는 것이 항산화 활성과 품질특성을 향상시킬 수 있으며, 전반적인 기호도를 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

References

- Ahn GJ. 2010. Quality characteristics of *sulgidduk* prepared with amount of purple sweet potato powder. *Korean J Culin Res* 16:127-136
- Ahn GJ. 2019. Quality characteristics and antioxidative actives of *sulgidduk* added mugwort powder. *Culin Sci Hosp Res* 25:184-193
- Ahn HY, Choe DJ, Cho YS. 2015. Antioxidant activity and chemical characteristics of *Orostachys malacophyllus* and fermented *Orostachys malacophyllus*. *J Life Sci* 25:577-584
- Algarra M, Fernandes A, Mateus N, de Freitas V, Esteves da Silva JCG, Casado J. 2014. Anthocyanin profile and antioxidant capacity of black carrots (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) from cuevas bajas, Spain. *J Food Compos Anal* 33:71-76
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cho JS, Choi MY, Chang YH. 2002. Quality characteristics of *Seolgiddok* added with *Lentinus edodes* Sing powder. *J East Asian Soc Diet Life* 12:55-64
- Cho MR, Chung HJ. 2019. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies made with black carrot powder. *J Korean Soc Food Cult* 34:612-619
- Choi SH, Moon SJ, Lee MK, Ahn JS. 2013. Quality characteristics of *Sulgidduk* prepared with added freeze-dried-eggplant powder. *Korean J Food Nutr* 26:421-427
- Choi YS. 2015. The study of quality characteristics of acaiberry (*Euterpe oleracea* Mart.) powder *Sulgidduk*. *Korean J Culin Res* 21:90-99
- Hassellund SS, Flaa A, Kjeldsen SE, Seljefot I, Karlsten A, Erlund I, Rostrup M. 2013. Effects of anthocyanins on cardiovascular risk factors and inflammation in pre-hypertensive men: A double-blind randomized placebo-controlled crossover study. *J Hum Hypertens* 27:100-106

- Hong JH, An SH, Kim MJ, Park GS, Choi SW. 2003. Quality characteristics of mulberry fruit *Seolgidduk* added with citric acid. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19:777-782
- Hong JY, Oh WK. 2020. Quality characteristics and antioxidative activity of *Sulgidduk* added with *Elaeagnus multiflora* powder. *Korean J Food Preserv* 27:127-135
- Hosseinian FS, Li W, Beta T. 2008. Measurement of anthocyanins other phytochemicals in purple wheat. *Food Chem* 109:916-924
- Hwang SJ. 2013. Quality characteristics of Korean steamed rice cake containing different amount of red onion powder. *Korean J Food Preserv* 20:488-494
- Hyun YH, Hwang YK, Lee YS. 2005. Quality characteristics of *Sulgidduk* with tapioca flour. *Korean J Food Nutr* 18:103-108
- Kang HS, Kim MJ, Rho JO, Choi HI, Han MR, Myung JH, Kim AJ. 2017. Quality characteristics of care food (jelly) prepared with wild carrot (*Daucus carota* L.) juice. *J Korean Diet Assoc* 23:337-349
- Kang YS. 2014. Quality characteristics of *Seolgidduk* added with loquat fruit powder. *J East Asian Soc Diet Life* 24:785-792
- Kim DH, Baek SY, Kim SJ, Kim MR. 2019. Physicochemical properties and antioxidant activities of *Sulgidduk* added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:1090-1097
- Kim HK, Jin HH, Lee MS, Lee SJ. 2013. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Corni fructus* powder. *Food Eng Prog* 17:105-111
- Ko SH, Jeong HC. 2018. Quality characteristics of redbeet powder and *Sulgidduk* by redbeet powder of different ratios. *Culin Sci Hosp Res* 24:13-21
- Ko YJ, Yoo SS. 2018. Effect of black carrot (*Daucus carota* L.) on the quality of pork hamburger patties. *Korean J Food Nutr* 31:345-354
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2018. Youth and agriculture: Do you know purple'purple carrot? Available from <https://blog.naver.com/gr22nade/221366194276> [cited 1 February 2021]
- Lee JS, Cho MS, Hong JS. 2008. Quality characteristics of *Sulgidduk* containing added tomato powder. *Korean J Food Cookery Sci* 24:375-381
- Lee JS, Yoo SS. 2012. Quality characteristics of wet noodles added with purple sweet potato powder. *J East Asian Soc Diet Life* 22:489-496
- Montilla EC, Arzaba MR, Hillebrand S, Winterhalter P. 2011. Anthocyanin composition of black carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) cultivars antonina, beta sweet, deep purple, and purple haze. *J Agric Food Chem* 59:3385-3390
- Nam SJ, Park GS. 2012. Optimization and quality characteristics of *Sulgidduk* added with Hasuo (*Polygoni multiflori* Radix). *J East Asian Soc Diet Life* 22:25-32
- Nho HJ, Jang SY, Park JJ, Yun HS, Park SM. 2013. Browning prevention of black carrot extract and the quality characteristics of jelly supplemented with black carrot extract. *J Korean Soc Food Cult* 28:293-302
- Padayachee A, Netzel G, Netzal M, Day L, Mikkelsen D, Gidley MJ. 2013. Lack of release of bound anthocyanins and phenolic acids from carrot plant cell walls and model omposites during simulated gastric and small intestinal digestion. *Food Funct* 4:906-916
- Park EJ. 2014. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 24:646-653
- Park SM, Kang SN, Jeong DY, Jeong SY, Park JJ, Yun HS. 2015. Cyanidin and malvidin in aqueous extracts of black carrots fermented with *Aspergillus oryzae* prevent the impairment of energy, lipid and glucose metabolism in estrogen-deficient rats by AMPK activation. *Genes Nutr* 10:1-14
- Seda E, Unal Y. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) by spray drier. *J Food Eng* 80:805-812
- Shin BK, Kang SN, Han JI, Park SM. 2016. Quality and sensory characteristics of fermented milk adding black carrot extracts fermented with *Aspergillus oryzae*. *J Korean Soc Food Cult* 30:370-376
- Smeriglio A, Denaro M, Barreca D, D'Angelo V, Germanò MP, Trombetta D. 2017. Polyphenolic profile and biological activities of black carrot crude extract (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *Fitoterapia* 124:49-57
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10:63-68
- Wang Y, Zhang Y, Wang X, Liu Y, Xia M. 2012. Supplementation with cyanidin-3-O- β -glucoside protects against hypercholesterolemia-mediated endothelial dysfunction and

- attenuates atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice. *J Nutr* 142:1033-1037
- Yoon JH, Woo Y, Kim MR. 2020. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Lactuca sativa* during storage. *J East Asian Soc Diet Life* 30:90-100
- Yun SJ, Ahn HJ. 2000. Quality characteristics of pumpkin rice cake prepared by different cooking methods. *Korean J Soc Food Sci* 16:36-39
-

Received 12 October, 2020
Revised 04 February, 2021
Accepted 09 February, 2021