

ARTICLE

시금치 분말을 첨가한 유화형 소시지의 항산화 활성과 품질 특성

이정아 · 최민영 · 추시연 · 황동빈 · 김학연*

공주대학교 자원과학연구소

Antioxidant Activity and Quality Characteristics of The Pork Emulsion Sausage Added with Spinach Powder

Jeong-Ah Lee, Min-Yung Choi, Si-Yeon Choo, Dong-Bin Hwang, Hack-Youn Kim*

Resources Science Reserch Institute, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

Received: April 11, 2019

Revised: May 27, 2019

Accepted: June 6, 2019

*Corresponding author :

Hack-Youn Kim

Resources Science Reserch Institute,

Kongju National University,

Yesan 32439, Korea

Tel : +82-41-330-1041

E-mail : kimhy@kongju.ac.kr

Copyright © 2019 Resources Science Research Institute, Kongju National University. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Jeong-Ah Lee

<https://orcid.org/0000-0003-3019-8321>

Min-Yung Choi

<https://orcid.org/0000-0003-1856-2936>

Si-Yeon Choo

<https://orcid.org/0000-0001-8886-6025>

Dong-Bin Hwang

<https://orcid.org/0000-0003-2224-7103>

Hack-Youn Kim

<https://orcid.org/0000-0001-5303-4595>

Abstract

This study aimed to investigate the effects of spinach powder on the quality characteristics (CIE color value, cooking loss, sensory evaluation) and antioxidant activity (DPPH radical scavenging activity, FRAP assay, total phenol content, total flavonoid content) of pork emulsion sausage. The pork emulsion sausage samples were prepared with the following amounts of spinach powder (0% (Control), 1%, 2%, and 3%). The CIE L* value of uncooked and cooked samples an decreased with increasing concentration of spinach powder. However, The CIE b* value of samples increased with an increase in spinach powder. Off-flavor of samples containing 3% spinach powder were significantly higher than those of control (p<0.05). samples containing spinach powder showed significantly higher DPPH radical scavenging activity than those of the control (p<0.05). Samples containing 3% spinach powder showed a higher FRAP, total flavonoid content that of the control (p<0.05). The results indicate that spinach powder could be enhance the antioxidant activity and quality characteristics of pork emulsion sausage.

Keywords

Spinach powder, Pork emulsion sausage, Antioxidant activity, Quality characteristics

1. 서론

식생활의 서구화가 가속화됨에 따라 고지방과 고콜레스테롤 섭취는 비만을 비롯한 대사성 질환을 야기하고 있다(Song and Choi, 2019). 이러한 고지방, 고콜레스테롤 식이는 활성산소와 결합하고, 산화적 스트레스를 촉진시키는 등 여러 질병을 유발시킨다(Bidchol *et al.*, 2011; Balkan *et al.*, 2002; Naito *et al.*, 2002). 따라서 최근 예방하기 위하여 천연유래 건강기능성 소재를 이용한 항산화 식품개발연구가 활발하게 이루어지고 있다(Song *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2004).

시금치(Spinach, *Spinacia oleracea* L.)는 페르시아 원산의 명아주과(Chenupodiaceae)에 속하는 비타민과 단백질이 풍부한 식물로 국내 엽채류 생산량의 3%를 차지하며 꾸준히 소비가 증가하고 있다(Kim *et al.*, 1993). 시금치에는 Vitamin A의 전구체인 carotene과 ascorbic acid를 많이 함유하고 있으며, 칼슘, 인, 철분 등의 무기질과 식이섬유를 많이 함유하고 있어 건강기능성 식품으로 주목받고 있다(Lee *et al.*, 1994). 또한 시금치의 지용성 색소성분인 carotenoids에 속하는 lutein, zeaxanthin, α , β -cryptoxanthin이 항산화 및 항암효과가 있는 것으로 알려졌다(Maeda *et al.*, 2005).

시금치에 대한 선행연구는 저장 중 시금치의 클로로필 함량 변화(Lee *et al.*, 2001), 시금치나물의 리보플라빈 함량 변화(Kim and Park, 2004), 저장 중 영양성분 변화 등 주로 시금치 조리 및 저장 등에 의한 영양소 변화에 대한 연구가 있으며(Kim *et al.*, 2008), 그 외 시금치 머핀의 최적화(Joo *et al.*, 2006), 시금치주스 첨가 두부와 생면 등으로 아직까지 육가공식품으로써의 연구는 미흡한 상태이다(Kim *et al.*, 2003; Sim *et al.*, 2003).

본 연구에서는 항산화 기능이 뛰어난 시금치 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지를 제조하여 기능성 식품으로 이용하고자 품질 특성과 항산화 활성효과를 측정하였다.

II. 재료 및 방법

공시재료 및 돈육 유화형 소시지 제조

돈육 후지는 사후 24시간이 경과한 것을 사용하였으며, 시금치 분말(Spinach powder, Jungwoodang, Korea)을 이용하였다. 지방과 결체조직을 제거한 돈육과 껍질을 제거한 등지방은 각각 8 mm plate 를 장착한 grinder 로 분쇄하였다. 소시지 유화물은 bowl cutter(K-30, Talsa, Spain)를 이용하여 원료육(60%)과 등지방(20%), 빙수(20%)를 세절하면서 전체 중량에 대하여 NPS(1.2%), sugar(1%), 복합향신료(0.6%), 시금치 분말(1%, 2%와 3%)을 첨가하였다. 제조한 유화물을 충전기(EM-12, Mainca, Spain)를 이용하여 콜라겐 케이싱(approximate diameter: 25 mm)에 충전하였다. 충전한 유화물은 80℃ 향온수조(JSWB-30T, JSR, Korea)에서 30분간 가열하고, 냉각 후 진공포장하여 4℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 유화형 모델의 처리구는 시금치 분말을 1%, 2%, 3%씩 첨가하였으며, 대조구는 시금치 분말을 첨가하지 않고 제조하였다.

가열감량 측정

시금치 분말 첨가 소시지의 가열감량은 가열 전 무게 및 가열 후 무게를 측정하여 가열감량을 계산하여 %로 산출하였다.

$$\text{가열감량} = 100 - \frac{\text{가열 후 무게 (g)}}{\text{가열 전 무게 (g)}} \times 100$$

색도 측정

색도 측정 실험은 가열 전후의 안쪽 단면을 colorimeter(CR-10, Minolta, Japan)를 사용하여 명도(lightness)를 나타내는 CIE L* 값과 적색도(redness)를 나타내는 CIE a* 값, 황색도(yellowness)를 나타내는 CIE b* 값을 측정하였다. 이 때의 표준색은 CIE L* 값이 +97.83, CIE a* 값이 -0.43, CIE b* 값이 +1.98인 백색 표준판을 사용하였다.

관능평가

관능적 품질평가는 10명의 패널요원을 선발하여 시료에 대한 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 실시하였다. 관능평가는 각 처리구에 따라 가열한 시료를 길이 20 mm로 절단하고, 색, 풍미, 조직감, 다즙성, 이취, 전체적인 기호도에 대하여 각각 10점 만점으로 평가하고, 그 평균치를 구하여 비교하였다. 각 항목별 10점은 가장 우수함(10 = extremely good or desirable)으로 나타내고, 1점은 가장 열악한 품질 상태(1 = extremely bad or undesirable)로 나타내었다.

DPPH Radical 소거능

항산화 활성 측정에 사용된 샘플준비는 시료 3 g과 증류수 15 mL를 넣고 ultra-turrax를 이용하여 7,000 rpm에서 20초간 균질하였다. 혼합물을 centrifuge(Supra R22, Hanil, Korea)를 이용하여 4℃, 3,000×g 조건에서 10분간 원심분리 하였다. 추출액은 filter paper(Whatman No. 1, GE Healthcare, USA)에 여과하여 상등액을 실험에 이용하였다. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 Choe 등(2014)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출물(1 mL)과 DPPH 용액(1 mL)을 혼합하고, 어두운 곳에서 실온으로 30분간 반응시켰다. Multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 실험을 통해 얻은 결과를 다음과 같은 식을 통하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거능 (\%)} = \frac{\text{시료무첨가군의 흡광도} - \text{시료첨가군의 흡광도}}{\text{시료무첨가군의 흡광도}} \times 100$$

환원력(Ferric Reducing Antioxidant Power Assay) 측정

시금치 분말 첨가 소시지의 환원력은 Dudonne 등(2009)과 Luqman 등(2012)의 방법을 이용하여 측정하였다. 0.3 M sodium acetate buffer와 40 mM HCl 에 녹인 10 mM TPTZ, 20 mM FeCl₃ 을 10:1:1의 비율로 섞어 37°C에서 15분 동안 반응시켜 준비하였다. 추출물(1 mL)과 FRAP 시약(3 mL)를 혼합하고, 빛을 차단하여 37°C에서 15분간 반응시켰다. Multi-mode microplate reader (SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA) 를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(Singleton and Rossi, 1965)을 응용하여 측정하였다. 시금치 분말을 첨가한 소시지의 상등액에 2 N Folin-Ciocalteu 용액 80 μ L를 가하여 3분 동안 반응시켰다. 혼합물에 20% Na₂CO₃ 를 800 μ L넣고 빛을 차단하여 37°C에서 30분간 반응시켰다. Multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질로 gallic acid를 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 페놀함량을 산출하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Woisky와 Salatino(1998)의 방법을 이용하여 측정하였다. 각각의 상등액(100 μ L)에 diethylene glycol 1 mL와 1 N NaOH 100 μ L를 혼합한 다음 빛을 차단하고 37°C에서 1시간 반응시켰다. Multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질로 naringin를 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

통계분석

본 연구에서 실시한 모든 실험의 결과는 최소한 3회 이상의 반복실험을 실시하여 평가하였다. 이후 통계처리 프로그램 SAS(version 9.3 for window, SAS Institute, USA)를 이용하여 결과를 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 분산분석(ANOVA), 던컨시험(Duncan's multiple range test)으로 각각의 특성에 대해 유의적인 차이가 있는지를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

가열감량

시금치 분말을 첨가한 유화형 소시지의 가열감량과 색도 측정 결과를 Table 1에 나타내었다. 가열감량 측정결과, 시금치 분말 1% 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮은 가열감량을 보였지만($p < 0.05$), 시금치 3% 첨가 처리구는 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 육제품에 첨가되는 식이섬유는 육단백질의 보수성을 향상시켜 감량을 줄여주어 가열 수율이 향상된다고 알려져 있다(Choi et al., 2010). 하지만 시금치는 가열처리 과정에서 수용성 식이섬유가 가수분해되기도 하며, 불용성 식이섬유의 분자구조가 끊어진다고 하여 식이섬유의 감소와 증가가 일어난다고 하였다(Lee and Kim, 1994). 따라서 시금치 분말을 첨가한 소시지의 가열과정에서 식이섬유 함량이 달라졌기 때문에 본 연구와 같은 결과를 나타내었다고 사료된다.

색도

색도측정 결과, 가열 전·후의 CIE L*값은 시금치 분말 첨가량이 높아질수록 유의적으로 낮아지는 결과를 보였다($p < 0.05$). 가열 전 CIE a*값은 대조구보다 시금치 첨가 처리구들에서 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으며($p < 0.05$), 특히 시금치 분말 3% 처리구에서 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 가열 후 CIE a*값은 시금치 분말 첨가량이 늘어날수록 유의적으로 줄어들었다($p < 0.05$). 가열 전·후의 CIE b*값은 시금치 분말을 첨가한 처리구들이 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). Choi 등(2003)은 녹차분말을 첨가하여 소시지를 제조하였을 때 소시지의 적색도와 명도를 감소시키고, 황색도를 증가시켰다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 이러한 결과는

Table 1. Cooking loss and color of pork emulsion sausage formulated with various spinach powder levels

Traits	Spinach powder (%)					
	0 (Control)	1	2	3		
Cooking loss (%)	10.24 ± 0.54 ^b	7.61 ± 0.30 ^c	9.07 ± 1.16 ^{bc}	12.44 ± 0.68 ^a		
Color	Uncooked	CIE L*	69.06 ± 0.77 ^a	60.53 ± 0.20 ^b	54.56 ± 1.47 ^c	52.20 ± 1.45 ^d
		CIE a*	15.23 ± 3.29 ^a	2.96 ± 0.66 ^b	0.53 ± 0.55 ^{bc}	-2.03 ± 0.81 ^c
		CIE b*	15.93 ± 1.50 ^b	22.00 ± 0.70 ^a	22.06 ± 2.25 ^a	22.93 ± 1.40 ^a
	Cooked	CIE L*	73.86 ± 0.79 ^a	58.60 ± 0.70 ^b	51.66 ± 1.00 ^c	49.30 ± 1.70 ^d
		CIE a*	9.00 ± 0.30 ^a	-0.33 ± 0.25 ^b	-2.63 ± 0.30 ^c	-3.43 ± 0.41 ^d
		CIE b*	19.10 ± 0.98 ^b	25.20 ± 0.65 ^a	25.23 ± 0.55 ^a	23.26 ± 1.86 ^a

All values are mean ± SD.

^{a-d} Mean in the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

시금치의 chlorophyll 계통의 녹색색소가 가열에 의하여 pheophytin으로 변하면서 가열, 산, 금속이온에 의하여 노란색을 띠는다고 하였으며 (Deman, 1980), 육색 고정제인 nitrite 를 시금치 분말이 어느 정도 소거하여 CIE L*, CIE a* 값은 낮아지는 것으로 생각된다.

관능평가

Table 2에 시금치 분말을 첨가한 유화형 소시지의 관능평가를 나타내었다. 색도는 시금치 분말을 3% 첨가한 처리구가 대조구와 1% 첨가 처리구보다 유의적으로 높은 평가를 받았으며(p<0.05), 풍미에서는 대조구보다 시금치 2% 첨가 처리구에서 유의적으로 높은 평가를 받았다(p<0.05). 조직감과 다즙성, 전체적인 기호도 항목에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 시금치 분말을 3% 첨가한 처리구에서 대조구보다 이취를 유의적으로 저감시켰다고 평가되었다(p<0.05). 시금치 가루는 관능적 특성인 색깔에 좋은 영향을 미친다고 하여 본 연구와 일치하였고 (Joo *et al.*, 2006), 솔잎분말을 첨가한 소시지 연구에서도 솔잎의 향이 돼지고기의 누린내를 억제하는데 큰 효과가 있다고 하였다(Kwon *et al.*, 2012). 관능평가 결과, 시금치 분말을 3% 첨가한 처리구가 높은 점수를 받은 항목이 많으며, 특히 시금치 분말의 향기성분으로 인하여 풍미가 증진되고, 육제품의 이취 저감효과를 기대할 수 있을 것이라고 생각된다.

DPPH Radical 소거능

DPPH는 옅은 보라색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 항산화제 방향족 아민류 등에 환원되어 색이 탈색되어 노란색으로 변한다(Bondet

Table 2. Sensory evaluation of pork emulsion sausage formulated with various spinach powder levels

Traits	Spinach powder (%)			
	0 (Control)	1	2	3
Color	6.75 ± 0.96 ^{bc}	6.25 ± 0.96 ^c	8.00 ± 0.82 ^{ab}	8.25 ± 0.96 ^a
Flavor	6.50 ± 1.29 ^b	7.25 ± 0.96 ^{ab}	8.50 ± 1.00 ^a	7.50 ± 1.29 ^{ab}
Texture	7.00 ± 0.82	7.25 ± 0.96	7.50 ± 1.29	7.50 ± 1.29
Juiciness	7.25 ± 1.50	7.75 ± 0.96	7.50 ± 0.58	8.00 ± 0.82
Off-flavor	7.25 ± 1.26 ^b	8.25 ± 0.50 ^{ab}	8.25 ± 0.50 ^{ab}	8.75 ± 0.50 ^a
Overall acceptability	7.25 ± 0.50	8.00 ± 0.82	8.00 ± 0.82	7.25 ± 0.96

All values are mean ± SD.

^{a-d} Mean in the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

et al., 1997). 이것은 다양한 천연소재로부터 항산화 물질의 전자 공여능을 측정하는데 많이 이용되고 있다. 이러한 전자 공여능은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 역할을 한다고 알려져 있다(Song et al., 2018). Fig. 1은 시금치 분말을 첨가한 유화형 소시지의 DPPH radical 소거능 결과를 나타내었다. 시금치 분말을 첨가하지 않은 대조구가 34.01%의 소거능을 보였고, 시금치 분말을 첨가한 처리구들에서 51.58-60.08%의 소거능을 나타내어 유의적으로 높았다($p < 0.05$). Song 등(2018)의 연구에서 시금치의 농도가 증가할 수록 유의적으로 소거효과가 증가했다는 연구와 일치하였으며, 이러한 시금치의 소거능력이 소시지에도 영향을 미친 것이라고 판단된다.

환원력

항산화 활성의 여러가지 기작 중에서 활성산소 및 유리기에 전자를 공여하는 능력을 환원력이라고 하며, 체내의 산화반응을 억제시켜 방어하는 능력에 대한 지표로 알려져 있다(Zhu et al., 2002). Ferric reducing antioxidant power(FRAP)는 2가 철을 3가 철로 환원시켜 푸른색을 띄게 되고, 이것을 593 nm에서 측정하는데 흡광도 수치는 그 자체가 증가할수록 높은 환원력을 나타낸다(Song et al., 2018). 시금치 분말을 첨가한 유화형 소시지의 환원력 측정 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 시금치 분말을 첨가하지 않은 대조구는 0.406으로 측정되었으며, 시금치 분말 3% 첨가 처리구에서 0.489로 측정되어 유의적으로 높은 환원력을 보였다($p < 0.05$). 당근, 시금치, 오디즙을 첨가한 켈의 연구에서 시금치를 첨가한 켈에서 높은 환원력을 나타내었다고 하여 본 연구와 일치하였다(Cha et al., 2011). 시금치 분말을 첨가하지 않은 소시지에 비하여 높은 환원력을 나타내어 항산화 식품으로서 가치가 있다고 생각된다.

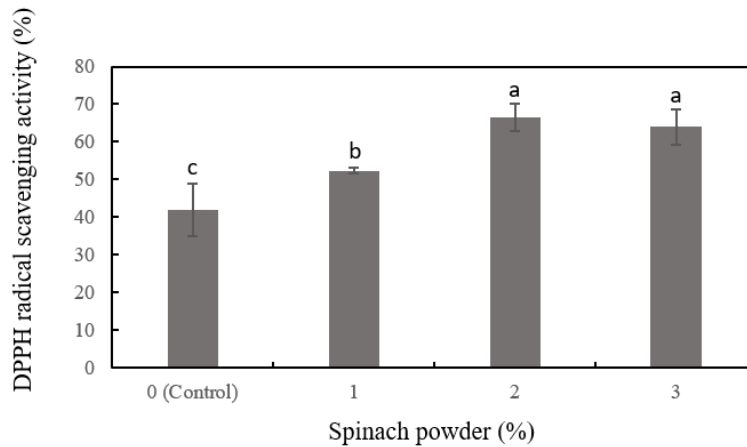


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of pork emulsion sausage formulated with various spinach powder levels. DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ^{a-c} Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

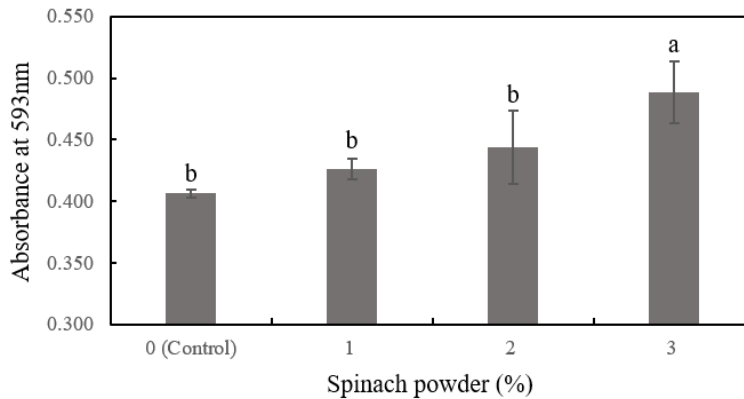


Fig. 2. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) of pork emulsion sausage formulated with various spinach powder levels. ^{a,b} Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

총 페놀 함량

식물성 식품 속에 함유되어 있는 많은 생리활성 물질 중 가장 많은 양을 차지하는 페놀류는 높은 항균활성, 항암, 항노화 활성뿐만 아니라 항알러지, 혈당 저하 등의 효과가 있다고 밝혀졌다(Stevenson *et al.*, 1993; Duval *et al.*, 1999). 플라보노이드는 식물에 의해 합성된 폴리페놀의 가장 큰 부류이며, 효과적인 free radical scavenger로서 항산화 효과를 가진다(Beecher, 2003; Jang *et al.*, 2012). 총 페놀함량 측정 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 측정 결과, 시금치를 첨가한 처리구들과 대조구 사이에 유의적인 차이는 보이지 않았지만, 시금치 분말을 첨가할수록 증가하는 경향을 보였다. Na 등(2010)의 연구에서 시금치에는 페놀성 물질이 102.32-186.45 mg% 정도 함유되어 있어 본 연구와 일치하였다. 따라서 시금치에 함유된 페놀성 물질로 인하여 항산화 활성이 증가된 것으로 생각된다.

총 플라보노이드 함량

플라보노이드류는 flavonols, flavones, catechins, isoflavones 등으로 화학구조에 따라 분류되어지며, 물과 에탄올에 대한 용해도가 다르다. 과산화 지질 생성억제 등의 생화학적 활성은 구조적 차이에 의해 일어나는 것으로 알려져 있다(Middleton and Kandaswami, 1994). Fig. 4는 시금치 분말을 첨가한 소시지의 총 플라보노이드 함량 측정 결과를 나타내었다. 대조구와 시금치 분말을 1% 첨가한 처리구보다 2%, 3% 처리구에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며($p < 0.05$), 특히 시금치 분말을 3% 첨가한 소시지의 플라보노이드 함량이 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$). 일반 시금치에는 70.09 $\mu\text{g/g}$ 의 플라보노이드를 함유하고 있다고 한 Lee 등(2015)의 연구와 일치하였으며, 시금치를 분말을 첨가한 소시지에서도 높은 플라보노이드가 측정되었다고 사료된다.

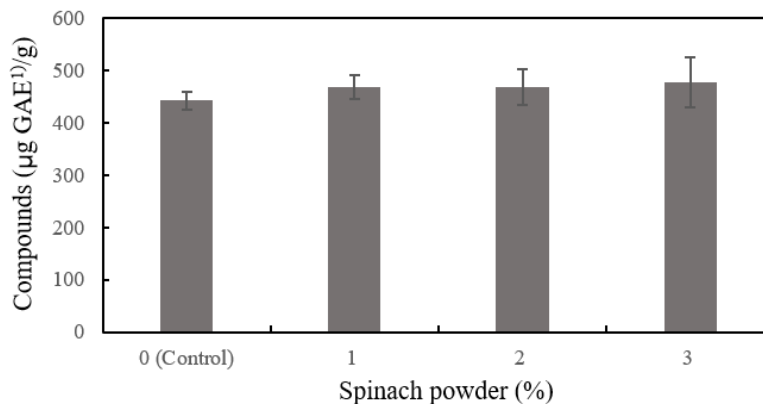


Fig. 3. Total polyphenol contents of pork emulsion sausage formulated with various spinach powder levels. ¹⁾ GAE, gallic acid equivalents.

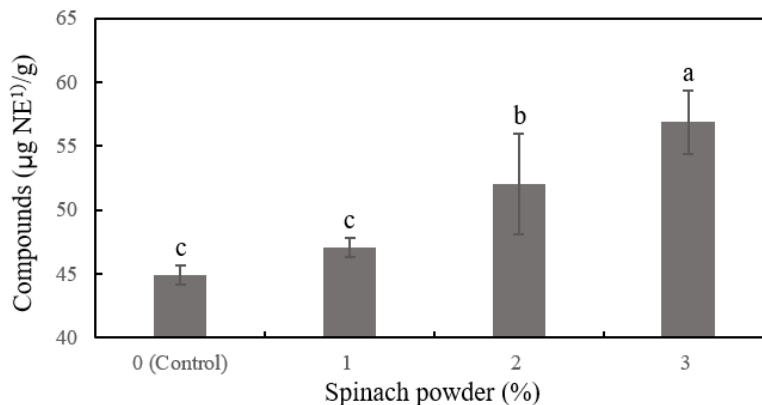


Fig. 4. Total flavonoid contents of pork emulsion sausage formulated with various spinach powder levels ¹⁾ NE, naringin acid equivalents. ^{a-c} Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

IV. 요약

본 연구는 시금치 분말을 첨가한 돈육 유탄형 소시지의 항산화 활성과 품질 특성을 조사하였다. 시금치 분말 함량을 각각 0%(Control), 1%, 2%, 3%를 제조하였으며, 실험결과는 다음과 같다. 가열 전·후의 CIE L*값은 시금치 분말을 첨가할수록 유의적으로 낮아졌고($p<0.05$), CIE b*값은 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). 관능평가결과, 시금치 분말을 3% 첨가한 처리구에서 대조구보다 이취를 유의적으로 저감시켰다고 평가되었다($p<0.05$). DPPH radical 소거능 측정결과, 시금치 분말을 첨가한 처리구들에서 대조구보다 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 환원력 측정결과, 시금치 분말 3% 첨가 처리구에서 유의적으로 높은 환원력을 보였다($p<0.05$). 시금치 분말을 3% 첨가한 소시지의 플라보노이드 함량이 유의적으로 가장 높았다($p<0.05$). 이상의 연구결과를 종합하면 3%의 시금치 분말을 첨가한 돈육 유탄형 소시지에서 향상된 이취저감 효과와 품질 특성, 항산화 활성을 가진다고 판단된다.

References

- Balkan J, Kanbagli O, Hatipoglu A, Kucuk M, Cevikbas U, Aykac-Toker G, Uysal M. 2002. Improving effect of dietary taurine supplementation on the oxidative stress and lipid levels in the plasma, liver and aorta of rabbits fed on a high-cholesterol diet. *Biosci Biotechnol Biochem* 66:1755-1758.
- Beecher GR. 2003. Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *J Nutr* 133:3248S-3254S.
- Bidchol AM, Wilfred A, Abhijna P, Harish R. 2011. Free radical scavenging activity of aqueous and ethanolic extract of *Brassica oleracea* L. var. *italica*. *Food Bioprocess Tech* 4:1137-1143.
- Bondet V, Brand-Williams W, Berset C. 1997. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH Free radical method. *LWT Food Sci Technol* 30:609-615.
- Cha YJ, Jung YS, Kim JW, Youn KS. 2011. Quality characteristics and antioxidative activity of mung bean starch gels added with carrot, spinach and mulberry juice. *J East Asian Soc Dietary Life* 21:46-52.
- Choe JH, Kim HY, Kim YJ, Yeo EJ, Kim CJ. 2014. Antioxidant activity and phenolic content of persimmon peel extracted with different levels of ethanol. *Int J Food Prop* 17:1779-1790.
- Choi SH, Kwon HC, An DJ, Park JR, Oh DH. 2003. Nitrite contents storage properteis of sausage added with green tea powder. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23:299-308.
- Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Jeong JY, Chung HJ, Kim CJ. 2010. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Sci* 84:557-563.
- Dudonne S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Merillon J. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC assays. *J Agric Food Chem* 57:1768-1774.
- Demam JM. 1980. Principles of food chemistry. AVI Pub Co Inc. Westport. pp 203-210.
- Duval B, Shetty K, Thomas WH. 1999. Phenolic compounds and antioxidant properties in the show alga *Chlamydomonas nivalis* after exposure to UV light. *J Appl Phycol* 11:559-566.
- Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 22:45-55.
- Jang MR, Hong EY, Cheong JH, Kim GH. 2012. Antioxidant components and activity of domestic *Cirsium japonicum* extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:739-744.
- Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Joo N, Han YS. 2006. Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci*. 22:45-55.
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 26:333-338.
- Kim HY, Park HY. 2004. Changes in the riboflavin content of spinach salad and sesame leaf salad with various cooking

- and holding process in foodservice institutions. Korean J Food Cookery Sci 20:34-41.
17. Kim MH, Shin MS. 2003. Quality characteristics of bread made with brown rice flour of different preparations. Korean J Soc Food Sci 19:136-143.
 18. Kim NY, Yoon SJ, Jang MS. 1993. Effect of blanching on the chemical properties of different kind of spinach. Korean J Soc Food Sci 9:204-209.
 19. Kim SD. 2003. Quality characteristics of tofu added with powdered green tea and spinach juice. Natural Science Collection of Learned Papers of Daegu Catholic University 1:109-116.
 20. Kwon SY, Shin ME, Lee KH. 2012. Quality characteristics of sausage with added pine needle powder. J East Asian Soc Dietary Life 22:357-364.
 21. Lee EY, Kim YA. 1994. Effects of heat treatment on the dietary fiber contents of soybean sprout and spinach. Korean J Soc Food Sci 10:381-385.
 22. Lee HG, Park KH, Choe EO, Lee SH. 2001. Factors affecting the components of chlorophyll pigment in spinach during storage. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 44:73-80.
 23. Lee SY, Jang MS, Kim GH. 2015. Antioxidant activities and quality characteristics of organic and conventional spinach (*Spinacia oleracea*). J Korean Soc Food Cult 20:813-817.
 24. Luqman S, Srivastava S, Kumar R, Maurya AK, Chanda D. 2012. Experimental assessment of *Moringa oleifera* leaf and fruit for its antistress, antioxidant, and scavenging potential using *in vitro* and *in vivo* assays. Evid Based Complement Alternat Med. doi:10.1155/2012/519084.
 25. Maeda N, Hada T, Murakami-Nakai C, Kuriyama I, Ichikawa H, Fukumory Y, Hiratsuka J, Yoshida H, Sakaguchi K, Mizushina Y. 2005. Effects of DNA polymerase inhibitory and antitumor activities of lipase-hydrolyzed glycolipid fractions from spinach. J Nutr Biochem 16:121-128.
 26. Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol 48:115-119.
 27. Na HS, Kim YJ, Mun H, Choi GC, Jeong SH, Cho JY, Ma SJ. 2010. Physicochemical properties of shinan seomcho (*Spinacia oleracea* L.). Korean J Food Preserv 5:652-658.
 28. Naito M, Wu X, Nomura H, Kodama M, Kato Y, Osawa T. 2002. The protective effects of tetra hydro curcumin on oxidative stress in cholesterol-fed rabbits. J Atheroscler Thromb 9:243-250.
 29. Sim JH, Kim KM, Bae DH. 2003. Comparisons of physicochemical and sensory properties in noodles containing spinach juice, beetroot juice and cuttlefish ink. Food Engineering Progress 7:37-43.
 30. Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic 16:144-158.
 31. Song JC, Park HS, Hur MH, Baek NI. 2002. Examination and isolation of natural anti oxidants from Korean medicinal plants. Korean J Med Vrip Sci 8:94-101.
 32. Song WY, Choi JH. 2019. Effects of selenium-treated *Spinacia oleracea* L. on antioxidative enzyme activities and oxidative damage in rats fed high-fat and high-cholesterol diets. J Food Hyg Saf. 34:388-395.
 33. Song WY, Chun SS, Choi JH. 2018. Antioxidant activities of selenium-treated *Spinacia oleracea* L. J Food Hyg Saf 33:510-515.
 34. Stevenson PC, Anderson JC, Blaney WM, Simmonds MSJ. 1993. Developmental inhibition of *Spodoptera litura* (Fab.) larvae by novel caffeoylquinic acid from the wild groundnut, *Arachis paraguariensis* (Chod et Hassl.). J Chem Ecol 19:2917-2933.
 35. Woisky RG, Salatino A. 1998. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. J Apic Res 37:99-105.
 36. Zhu QY, Hackman RM, Ensunsa JL, Holt RR, Keen CL. 2002. Antioxidant activities of oolong tea. J Agric Food Chem 50:6929-6934.