

자색고구마에서 추출한 색소를 첨가한 소시지의 저장 중 품질 변화

이 남 레[†]

국방기술품질원 국방신뢰성연구센터 책임연구원

Quality Changes of Sausages Added with Pigment Extracted from Purple Sweet Potatoes during Storage

Nam-rye Lee[†]

Principal Researcher, Defense Reliability Research Center, Defense Agency for Technology and Quality, Daejeon 34327, Republic of Korea

ABSTRACT

Sodium nitrite is usually used as a colorant when making sausage. We determined the appropriate concentration for substituting purple pigment extracted from purple sweet potato for sodium nitrite. Five sausage samples were made: S1 (0% sodium nitrite and 0% purple pigment), S2 (0.02% sodium nitrite), S3 (0.2% purple pigment), S4 (0.5% purple pigment) and S5 (1% purple pigment). The physiochemical components, antioxidant effect and surface color were measured during 30 days of storage. The moisture and crude protein were not changed according to increasing the amount of the purple pigment and during storage days. Oxidation indicators such as acid value, peroxide value and volatile basic nitrogen decreased as the amount of purple pigment was higher and the number of storage days progressed. The total polyphenol content and DPPH electron scavenging activity of sausage conversely increased. The change of the surface color appeared remarkably. As the increase of purple pigment, red color became darker. But, the color of S2 was similar to S3 and S4. These results indicate that 0.2~0.5% of purple pigment can be used instead of 0.02% of sodium nitrite.

Key words: sausage, purple pigment, chemical properties, antioxidant activities

서 론

식품의 색은 소비자의 구매 욕구를 불러일으키는 것으로 식품의 색상을 좋게 하기 위해 발색제나 색소 등이 많이 사용된다. 소시지 등의 육가공품에는 발색제인 아질산나트륨을 사용하여 고기의 색상을 발현시키면서 코치닐과 같은 색소를 혼용하여 사용하고 있다. 아질산나트륨은 화학합성제로 발암물질로 알려져 있으며, 코치닐 색소는 연지벌레에서 추출한 색소로 아토피, 알러지, 두드러기 등을 유발한다고 알려지면서 유해성 논란이 지속되고 있다. 천연물에 존재하는 생리활성 물질은 대부분 페놀성 화합물로 항산화 및 항균효과를 가지고 있으며, 안토시아닌 색소를 포함한 식물성 천연색소는 유해 활성산소를 제거하는 항산화 효과가 탁월하고, 다양한 약리효과와 생리활성을 지니고 있다(Boo HO 등 2011). 자색고구마는 전체가 진한 자주색으로 안토시아닌 색소를 다량 함유하고 있어 천연색소로서 이용 가치가 높고

(Kim JH & Lee KJ 2014), 안토시아닌 외에도 섬유질, 비타민, 무기질, 단백질이 풍부하게 들어있어 음료, 제빵, 한과, 스낵 등에서 널리 이용되고 있다. 자색고구마의 안토시아닌은 인체에 부작용이 없으며, 다양한 페놀성 물질을 포함하고 있어 항산화효과가 좋고, 콜레스테롤을 낮추어 주며, 동맥경화를 예방하는 효과를 나타낸다(Park EJ & Park GS 2012). 자색고구마의 안토시아닌 81%는 클로로겐산 등의 페놀산과 결합한 acylated form으로 존재하기 때문에 다른 식물의 안토시아닌보다 온도 및 빛에 더 안정한 것으로 알려져(Xu J 등 2015) 새로운 천연색소 물질로 각광받고 있다. 아질산나트륨은 소시지의 색을 붉은색으로 내는 발색제로서뿐만 아니라, 미생물의 성장을 억제하고 산패취 발생을 억제하는 효과가 있다고 하나, 식품공전(Korean Food and Drug Administration 2013)에 의하면 제품에 잔존하는 아질산나트륨은 낮은 pH에서 아질산염이 아민과 반응하거나, 고기의 proline과 반응하여 발암물질인 N-nitrosamine, N-nitrosopyrrolidine이 형성된다. 아질산나트륨이 색을 고정하기 위해서는 최소 20~50 ppm이 필요하며, 풍미를 향상시키기 위해서는 50 ppm이

[†] Corresponding author : Nam-rye Lee, Tel: +82-42-251-5540, Fax: +82-42-251-5410, E-mail: nrlee@dtaq.re.kr

필요하고, 클로스트리디움 보툴리눔의 발육억제를 위해서는 최소 150 ppm이 필요하다고 한다(Jung IC 등 2003). Lee NR 등(2015a,b)은 자색색소와 자색고구마 분말을 혼합하여 소시지에 첨가함으로써 아질산염의 발색효과와 항산화 효과 등을 비교하였다. 자색고구마 분말과 색소를 혼합하여 소시지 제조에 사용함으로써 발색과 항산화 효과가 있었으나, 자색고구마 분말로 인한 관능기호도가 저하되는 결과를 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 자색고구마 분말을 사용하지 않고, 자색색소만을 사용하여 소시지의 아질산염을 대체할 수 있는 가능성을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

돼지고기는 후지와 지방으로 구분하여 충남 논산시 소재 SK 축산에서 구매하였고, 첨가물은 정제소금, 아질산나트륨, 카제인나트륨, 대두단백, 백설탕, 글루탐산나트륨, 바이오핵산아이지, 미트프로옴으로 경기도 군포시 소재 비에치푸드(주)에서 일괄 구입하였다. 정제소금은 HanJusalt Co. Ltd(Ulsan, Korea), 아질산나트륨은 General Chemicals (Parsippany, USA), 카제인나트륨은 Lactoprot Deutschland GmbH(Kaltenkirchen, German), 대두단백은 Archer Daniels Midland(IL, USA), 백설탕은 TS Corp(Seoul, Korea), L-글루타민산나트륨과 바이오핵산아이지는 CJ Cheiljedang Corp (Incheon, Korea), 미트프로옴은 Miteck Korea(Jin Cheon, Korea)에서 제조되었다. 아질산염과 비교하기 위한 자색색소는 자색고구마에서 추출한 색소로 (주)엠에스씨(Yangsan, Korea)로 부터 공급받아 사용하였다. 자색 색소는 색가 50.0(E10%) 이상으로 텍스트린과 구연산이 함유되어 있으며, 성분은 Table 1과 같다.

소시지는 돼지고기와 첨가물을 혼합하여 유회시켜 제조하였다. 돼지고기는 최대한 지방이 제거된 후지 부위와 지방을 별도로 각각 1차 분쇄하였다. 1차로 분쇄한 후지를 silent cutter에 넣은 후 저속으로 회전을 시키면서 정제소금, 인산염, 아질산나트륨 등의 첨가물을 투입하여 진공상태에서 교반하였다. 유회과정 중 온도가 상승되어 제품에 영향을 주는 것을 막기 위해 얼음물을 사용하였고, 근원섬유단백질이 1분간 충분히 용출되었을 때 지방을 넣고 최종 유회시켰다. 자색고구마에서 추출한 색소를 첨가한 소시지 5종의 배합비율은 Table 2와 같다. 아질산염 첨가와 자색색소 첨가에 따른

효과를 비교하기 위해 아질산염과 자색색소 모두 첨가하지 않은 소시지를 대조구(S1)로 하였다. 소시지의 발색효과를 보기 위해 사용하는 최소 아질산염의 함량인 0.02%를 소시지에 첨가한 첨가구를 S2로 하였고, 아질산나트륨 대신 자색색소의 함량을 0.2%, 0.5%, 1%로 달리한 첨가구를 S3, S4, S5로 구분하였다. 유회 혼합물을 polyvinyliden chloride 케이싱(직경 50 mm)에 충전 후 cooking chamber에서 약 85℃에서 50분간 가열하였으며, 흐르는 물에서 냉각시킨 후 제조 0일, 10일, 20일, 30일간 4±1℃에 저장하면서 실험하였다. 자색색소의 함량은 Lee NR 등(2015a,b)이 사용한 자색색소 0.2%를 기준으로 하여 자색고구마 분말을 자색색소로 대신하여 함량을 증가하였다.

1. 실험방법

1) 수분과 조단백

수분은 AOAC 방법(2000)에 따라 105℃에서 16~18시간 동안 건조하여, 시료의 건조 전과 건조 후의 무게차를 계산하였다. 조단백질은 micro Kjeldahl법으로 정량하였으며, 모두 3반복 평균하였다.

2) 산가

산가는 지질 1 g을 중화하는데 필요한 수산화칼륨의 mg 수를 말하며, 지방산이 glyceride로서 결합형태로 있지 않은 유리지방산의 양을 나타낸다. 소시지의 산가측정은 식품공전(Korean Food and Drug Administration 2008) 시험법을 적용하였다. 중성의 에탄올과 에테르를 같은 비율로 마개달린 삼각플라스크에 넣고 소시지에서 추출한 유지를 용해시킨 후 1% 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 하여 엷은 홍색의 지속이 30초간 유지될 때까지 0.1 N 에탄올성 수산화칼륨용액으로 적정하였다.

$$\text{산가} = \frac{5.611 \times (v_1 - v_0) \times f}{s} \times 100$$

v_1 : 시료에 대한 0.1 N 수산화칼륨용액의 소비량(mL)

v_0 : 공시험에 대한 0.1 N 수산화칼륨용액의 소비량(mL)

f : 0.1 N 수산화칼륨용액의 역가, s : 시료의 양(g)

Table 1. Proximate composition of purple pigment

Item	Moisture (%)	Crude protein (%)	Color			pH
			L	a	b	
Purple pigment	4.88±0.35	1.01±0.10	47.1	21.9	-0.6	2.62

Table 2. Formulation of sausages containing purple pigment instead of sodium nitrite

(%)

Ingredients	Treatment ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
Pork ham meat	70	70	70	70	70
Pork back fat	10	10	10	10	10
Sodium nitrite	-	0.02	-	-	-
Purple pigment			0.2	0.5	1.0
Cold water (v/v)	15.19	15.17	14.99	14.69	14.19
Food additives	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81
Total	100	100	100	100	100

¹⁾ Formulations: S1 (0% sodium nitrite and 0% purple pigment), S2 (0.02% sodium nitrite and 0% purple pigment), S3 (0% sodium nitrite and 0.2% purple pigment), S4 (0% sodium nitrite and 0.5% purple pigment), S5 (0% sodium nitrite and 1.0% purple pigment).

3) 과산화물가

과산화물가는 시료에 요오드화칼륨을 가하여 유리되는 요오드를 티오황산나트륨으로 표정하여 시료 1 kg에 대한 mg 당량수로 표시한 것을 말하며, 지방질의 초기단계 산패도를 나타내는 척도가 된다. 소시지의 과산화물가는 식품공전(Korean Food and Drug Administration 2008)을 참고하여 실험하였다. 소시지에서 추출한 유지에 초산과 클로로포름을 3:2로 혼합한 용매 25 mL를 가하여 혼합하고, 포화 요오드칼륨용액을 넣은 다음 어두운 곳에 5분간 방치한다. 증류수 30 mL를 넣고 세계 흔들어 섞은 다음 1% 전분시액을 지시약으로 하여 0.01N 티오황산나트륨용액을 첨가하여 청색이 무색으로 변할 때까지 적정하였다.

$$\text{과산화물가(meq/kg)} = \frac{(v_1 - v_0) \times f}{s} \times 100$$

v_1 : 시료에 대한 0.1 N 티오황산나트륨용액의 소비량(mL)

v_0 : 공시험에 대한 0.1N 티오황산나트륨용액의 소비량(mL)

f : 0.1 N 티오황산나트륨용액의 역가

s : 시료의 양(g)

4) 표면색도

소시지의 색도는 Chroma meter(ND-1001 DP, Nippon Denshoku Industries Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 두께를 2 mm 로 자른 소시지 표면의 명도(Hunter L, lightness), 적색도(Hunter a, redness), 황색도(Hunter b, yellowness)를 측정하였다. 모든 시험은 3회 반복 측정하였으며, 그 평균값으로 나타내었고, 본 실험에 이용된 표준백판은 L=92.5, a=1.5, b=0.5 인 calibration plate를 사용하였다.

5) pH

소시지를 믹서기로 갈은 후에 10 g을 취하고 여기에 증류수 95 mL를 넣어 충분히 혼합되도록 교반시킨 후 pH METER(720P, iSTeK, Seoul, Korea)를 이용하여 3회 반복 측정하였고, 평균값으로 나타내었다.

6) 휘발성 염기태질소

소시지와 같이 단백질이 풍부한 식품은 부패함에 따라 휘발성 염기태질소(Volatile Basic Nitrogen)에 해당되는 아민, 암모니아 등이 생성된다. 이와 같은 휘발성 염기태질소량을 측정하는 것은 이들 식품의 신선도를 측정하는데 중요한 지표가 된다. Conway unit을 사용한 식품공전(Korean Food and Drug Administration 2008) 미량화산법을 적용하였다. 시료 10 g에 증류수 80 mL를 넣고 혼합이 잘 되도록 흔들어주면서 30분간 방치하였고, 단백질 침전을 위하여 20% trichloroacetic acid 용액 10 mL를 가하여 잘 섞이도록 흔들어 주었으며, 10분 동안 정지한 다음 원심분리하여 상등액을 시험용액으로 이용하였다. Conway 미량화산 용기 내실에는 0.01 N 붕산 용액 1 L를 넣고, 외실에는 시험용액 1 mL를 정확하게 가한 다음 외실에 K_2CO_3 60 g을 증류수 50 mL에 녹인 용액 1 mL를 재빨리 주입하고 바로 밀폐하였다. 외실 중의 시험액과 알칼리 용액을 잘 혼합하고, unit을 37℃의 항온기에서 80분간 정지한 후 내실의 붕산용액을 0.01 N HCl 용액으로 적정하여 아래 식에 의하여 휘발성 염기태질소의 양을 구하였다.

$$\text{휘발성 염기태질소(mg\%)} = \frac{(v_1 - v_0) \times f \times 0.14}{s} \times d \times 100$$

v_1 : 시료에 대한 0.01 N HCl 용액의 소비량(mL)

v_0 : 공시험에 대한 0.01 N HCl 용액의 소비량(mL)

f : 0.01 N HCl 용액의 역가

d : 희석배수

s : 시료의 양(g)

7) 총 폴리페놀 함량

시료의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(Folin O & Denis W 1912)으로 측정하였다. Folin-Denis 방법은 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물에 함유된 polyphenol 화합물에 의해 환원이 되어 알칼리 조건이 되면 노란색에서 모르브텐 청색으로 발색하는 원리를 이용한 것이다. 증류수에 희석한 시료 0.2 mL와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 0.2 mL를 첨가하여 3분간 실온에서 반응시킨 후 10% sodium carbonate(w/v, Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Anyang, Korea) 용액 3 mL를 가하여 어두운 실온에 1시간 동안 정치시킨 후 상등액을 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용한 검량선($R^2=0.9962$)에 흡광도를 적용하였다.

8) DPPH 전자공여능(라디칼소거능)

식품이 가지고 있는 환원력을 불포화지방산 라디칼의 모델로 안정한 유리라디칼인 Diphenyl-1-picryl hydrazyl(DPPH)를 사용하여 일정량의 시료 용액과의 반응에 의하여 DPPH 라디칼이 감소되는 정도를 측정하였다. DPPH 전자공여능(electron donating ability)은 Blois MS(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 증류수에 농도별로 희석한 시료 1 mL에 0.2 mM의 DPPH 용액 1 mL를 가하여 섞은 뒤 vortex mixer로 10초간 진탕한 후 어두운 실온에서 30분간 반응시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조구의 유리라디칼 소거활성을 구한 후 아래의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼소거능 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{반응구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

9) 총균수

30일 저장기간 동안 미생물 증식을 확인하기 위해 소시지를 PVDC(polyvinyliden chloride) 필름에 진공포장한 후 4°C에서 저장하면서 10일 간격으로 총균수(total aerobes)를 측정하였다. 시료채취 및 실험에 사용된 도구 및 용기, 그리고 모든 배지 및 기구는 121°C에서 15분간 가압, 가열하여 무균 처리하였다. 시료 5 g을 무균적으로 취하여 filter가 내장된 stomacher bag(B01348WA, NASCO, Fort ATKINSON, WI, USA)에 넣고, 멸균 생리식염수 45 mL를 가하여 2분 동안 균질화시킨 후 여과액을 10배 희석법으로 희석하여 균수를 측정하였다. 총균수는 petrifilm™ aerobic count plate(3M, Maplewood, MN, USA)의 중앙에 시료 1 mL를 수직으로 접종한 후 32°C에서 48시간 배양하여 나타난 colony의 수를 측정하였다.

2. 통계분석

본 실험의 통계처리는 SPSS software program(IBM SPSS statistics 20, Chicago, IL, USA)으로 평균±표준편차를 산출하였으며, 아질산염과 자색색소를 첨가함에 따른 품질의 변화는 일원배치 분산분석(two-way ANOVA)에 의해 수행되었으며, $\alpha=0.05$ 유의수준에서 Duncan's multiple range test을 이용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 수분

자색색소를 첨가한 소시지를 30일 동안 저장하면서 수분함량의 변화를 측정하였다. 5종 소시지의 수분함량을 10일 간격으로 측정된 결과는 3회 반복한 평균값으로 Table 3에

Table 3. Changes in moisture contents of sausages containing purple pigment during 30 days

(%)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	54.50±0.72 ^{BA}	55.33±0.42 ^{abA}	55.57±0.32 ^{aA}	54.83±0.52 ^{abA}	54.93±0.42 ^{abAB}
10	54.10±0.88 ^{BA}	55.63±0.62 ^{abA}	56.03±0.72 ^{aA}	54.71±0.52 ^{BA}	55.55±0.52 ^{abA}
20	50.67±0.49 ^{CB}	54.93±0.85 ^{aA}	54.37±0.23 ^{AB}	51.67±0.43 ^{BB}	54.31±0.35 ^{AB}
30	49.13±0.06 ^{CC}	50.97±0.55 ^{BB}	53.93±0.45 ^{AB}	50.87±0.21 ^{BC}	54.13±0.56 ^{AB}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

명시하였다. 5종 시료 간 유의차를 보였으나 경향성을 나타내지 않았고, 자색색소 함량이 증가(S3, S4, S5)함에 따라 경향성을 보이지 않았다. 저장 기간이 경과함에 따라 5종 시료의 수분함량은 대체로 저장 20일차부터 유의적 감소경향을 보였으며, 저장초기 대비 저장 30일차 수분함량의 감소폭이 가장 적은 것은 자색색소 함량이 가장 많은 S5이었다. 오미자추출물을 첨가한 소시지도 저장기간이 경과함에 따라 수분함량의 감소를 보였으며(Kim SM 등 2000), 자색고구마 분말과 자색색소를 혼합 첨가한 소시지도 저장기간이 증가함에 따라 수분함량의 유의적인 감소를 보였다(Lee NR 등 2015b). 저장기간 동안 자색색소 함량이 많은 S5의 수분함량의 변화가 적게 일어난 것은 자색색소에 잔존하는 식이섬유에 의한 보수력에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 식이섬유와 수분 보유력은 비례한다고 하였다(Chen H 등 1988).

2. 조단백질

자색색소 첨가에 따른 소시지의 조단백질의 실험결과는 Table 4에 나타내었다. 저장초기 자색색소 함량이 증가함에 따라(S3, S4, S5) 조단백질 함량의 유의적 감소 경향을 보였

으나, 저장기간이 경과함에 따른 경향성이 뚜렷하지 않았다.

3. 산가

자색색소 첨가에 따른 소시지의 산가는 Table 5에 나타내었다. 산가는 유리지방산 함량을 측정하여 소시지의 지방산패 여부를 알 수 있는 것으로(Lee NR 등 2015a), 저장 0일차 대조구(S1)의 산가가 1.01±0.04 KOH mg/g으로 5종 시료 중 가장 높았다. 자색색소 첨가구(S3, S4, S5)의 산가는 자색색소 첨가량 증가에 따라 유의적 감소를 보여 안토시아닌에 의한 항산화 효과가 있음을 나타내었다. 반면, 아질산염 첨가구(S2)는 0.88±0.02 KOH mg/g으로 대조구보다도 낮은 산가를 보였다. 저장기간이 경과함에 따라 모든 시료의 산가가 유의적 증가를 보였으며, 저장 30일차 산가는 S1> S2, S3> S4> S5 순으로 나타나 자색고구마에서 추출한 자색색소에 지방산패 억제효과가 있음을 알 수 있었다. 아질산염 0.02% 첨가구의 산가와 가장 유사한 값을 보인 것은 자색색소 0.2% 첨가라고 볼 수 있었다. 자색고구마 분말과 색소를 혼합한 Lee NR 등(2015a)의 연구에서도 자색고구마 분말함량이 많을수록 낮은 산가를 보인 것과 같이 본 연구에서도 자

Table 4. Changes in crude protein contents of sausages containing purple pigment during 30 days (%)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	10.12±0.01 ^{cdD}	10.17±0.02 ^{cd}	10.57±0.12 ^{aA}	10.36±0.01 ^{bA}	10.04±0.02 ^{dB}
10	10.86±0.01 ^{aA}	10.37±0.01 ^{bC}	10.19±0.01 ^{cB}	10.19±0.01 ^{cB}	9.94±0.01 ^{dC}
20	10.56±0.01 ^{cC}	10.74±0.01 ^{bA}	10.18±0.01 ^{dB}	10.18±0.01 ^{dB}	11.18±0.01 ^{aA}
30	10.73±0.03 ^{aB}	10.56±0.01 ^{bB}	10.19±0.01 ^{cB}	10.19±0.01 ^{cB}	9.71±0.03 ^{dD}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

Table 5. Changes in acid value of sausages containing purple pigment during 30 days (KOH mg/g)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	1.01±0.04 ^{aC}	0.88±0.02 ^{bC}	0.75±0.03 ^{cC}	0.72±0.04 ^{cdC}	0.68±0.03 ^{dB}
10	1.08±0.04 ^{aC}	0.87±0.05 ^{bB}	0.77±0.02 ^{cC}	0.69±0.02 ^{dC}	0.69±0.03 ^{dB}
20	1.20±0.03 ^{aB}	0.94±0.03 ^{bB}	0.84±0.04 ^{cB}	0.80±0.02 ^{cB}	0.72±0.05 ^{dAB}
30	1.29±0.04 ^{aA}	1.05±0.05 ^{bA}	1.01±0.03 ^{bA}	0.92±0.02 ^{cA}	0.81±0.05 ^{dA}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

색색소도 함량이 증가함에 따라 산가가 낮아지는 경향을 보였다. 식육이나 육가공품은 저장기간이 경과함에 따라 미생물의 증식이나 효소의 작용에 의한 품질변화가 일어난다. 특히 육가공품의 경우, 지방산패를 지연시키기 위해 아스코르빈산이나 인산염과 같은 억제제를 사용하기도 한다.

4. 과산화물가

과산화물가는 산가와 같이 산패억제 경향을 알 수 있는 지표로서 자색색소 첨가에 따른 소시지의 과산화물가는 Table 6에 나타내었다. 과산화물가도 산가와 마찬가지로 저장초기 대조구(S1)의 과산화물가가 6.77 ± 0.10 meq/kg으로 가장 높았다. 자색색소 첨가구(S3, S4, S5)는 색소 함량의 증가에 비례하여 과산화물가는 감소하였다($p < 0.05$). 자색색소 첨가구들이 대조구에 비해 산가와 과산화물가 함량이 낮게 나타난 것으로 보아, 자색색소의 산패억제 효과가 있음을 확인하였다. 저장기간이 경과함에 따라 산가와 마찬가지로 과산화물가도 모든 시료에서 증가하는 경향을 보였으며, 저장 30일 기간 내내 대조구(S1)의 과산화물가가 가장 높았다. 저장 30일차 과산화물가는 $S1 > S2, S3, S4 > S5$ 로 자색색소 함량

이 1%로 가장 많은 S5가 가장 낮은 과산화물가를 나타내었다. 저장기간 동안 아질산염을 0.02% 첨가한 S2의 과산화물가와 유사한 값을 나타낸 것은 자색색소 0.5% 첨가구(S4)라고 볼 수 있다. Lee NR 등(2015a)은 자색고구마 분말 함량이 증가함에 따라 과산화물가가 감소하였고, 자색고구마 함량이 많은 시료일수록 저장기간 내내 가장 낮은 과산화물가를 보였다. 본 연구에서는 자색고구마 분말을 첨가하지 않고 자색색소만으로도 산패억제 효과가 있음을 알 수 있었다. 마늘즙과 양파즙을 첨가한 소시지에서 첨가량이 많을수록 과산화물가가 낮았으며, 저장 중 과산화물가의 변화는 지방의 산화로 인해 생성된 과산화물이 2차 산화물로 분해되었기 때문이라 하였다(Park WY & Kim YJ 2009). 마늘즙과 양파즙, 자색색소 등에 함유된 polyphenol과 flavonoid 등의 항산화 성분에 의한 영향일 것으로 보인다.

5. pH

소시지의 pH는 Table 7에 나타내었다. 저장초기 대조구의 pH가 가장 높고, 자색색소 처리구는 색소함량의 증가에 따라 유의적 감소 경향을 나타내었다($p < 0.05$). Lee LS 등(1996)

Table 6. Changes in peroxide value of sausages containing purple pigment during 30 days (meq/kg)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	6.77 ± 0.10^{aC}	2.32 ± 0.09^{cD}	3.96 ± 0.12^{bC}	2.24 ± 0.09^{cD}	1.35 ± 0.19^{dD}
10	7.72 ± 0.23^{aB}	3.30 ± 0.27^{cC}	4.04 ± 0.08^{bC}	2.86 ± 0.12^{dC}	2.59 ± 0.06^{dC}
20	9.78 ± 0.20^{aAB}	4.76 ± 0.17^{bcB}	4.57 ± 0.41^{cB}	5.05 ± 0.09^{bB}	5.01 ± 0.04^{bB}
30	12.59 ± 3.99^{aA}	8.06 ± 0.14^{bA}	7.97 ± 0.16^{bA}	8.78 ± 0.21^{bA}	6.86 ± 0.01^{cA}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p < 0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p < 0.05$).

Table 7. Changes in pH of sausages containing purple pigment during 30 days

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	5.82 ± 0.02^{aC}	5.67 ± 0.01^{bB}	5.66 ± 0.01^{bC}	5.61 ± 0.01^{cC}	5.54 ± 0.02^{dC}
10	5.84 ± 0.01^{aC}	5.67 ± 0.02^{bB}	5.63 ± 0.02^{bD}	5.59 ± 0.01^{cD}	5.52 ± 0.01^{dC}
20	6.06 ± 0.02^{aB}	5.96 ± 0.02^{bA}	5.79 ± 0.01^{cB}	5.71 ± 0.01^{dB}	5.72 ± 0.02^{dB}
30	6.26 ± 0.02^{aA}	6.00 ± 0.03^{bA}	5.87 ± 0.05^{cA}	5.90 ± 0.05^{cA}	6.01 ± 0.01^{bA}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p < 0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p < 0.05$).

과 Kim SJ 등(1996)의 결과와 마찬가지로 본 연구에서 사용된 자색색소의 제조시 첨가된 구연산의 영향인 것으로 보인다. Lee JS 등(2006)은 자색색소 안토시아닌 색소의 pH가 3.6이라고 하였으며, Rhim JW 등(2001)은 자색색소 농축액의 pH가 2.52라고 하였다. 5종 소시지의 pH는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였으며, Choi SY 등(2011)은 저장기간 동안 미생물이 증식하여 혐기성 물질이 축적되거나 또는 젖산이 축적된 정도 등 여러 가지 요인에 의해 pH가 달라진다고 하였다. Kim JH & Lee KJ(2014)도 자색고구마의 안토시아닌 색소를 안정화시키기 위해 구연산 0.3%를 첨가하여 자색고구마 스펀지케이크를 제조하였다.

6. 휘발성 염기태질소

소시지의 휘발성 염기태질소(volatile basic nitrogen, VBN)는 Table 8에 나타내었다. 저장 0일차 자색색소 첨가구(S3, S4, S5)의 휘발성 염기태질소는 2.16 mg%, 2.03 mg%, 1.89 mg%로 자색색소 함량증가에 따라 유의적 감소 경향을 보였다($p<0.05$). 아질산염 0.02% 첨가구(S2)는 자색색소 0.2% 첨가구(S3)와 유의차가 없이 2.17±0.03 mg%를 나타내었다. 자

색색소와 아질산염을 전혀 첨가하지 않은 대조구(S1)의 휘발성 염기태질소가 4.11±0.08 mg%로 가장 높은 값을 나타내었다. 5종 소시지 모두 저장 30일 기간 내내 증가하는 경향을 보였다. 저장 30일 내내 휘발성 염기태질소 함량이 가장 높은 것은 대조구(S1)이었으며, 가장 낮은 것은 자색색소 함량이 1%인 S5이었다. 저장기간이 경과함에 따라 품질변화를 가장 뚜렷하게 나타난 것이 휘발성 염기태질소이었고, 아질산나트륨 0.02%의 휘발성 염기태질소와 유사한 변화를 보인 것은 자색색소 농도 0.2%와 0.5% 사이라고 할 수 있다. 5종 소시지 모두 저장 30일 기간 동안 휘발성 염기태질소 함량이 20 mg% 이하로 나타나 원료육과 포장육에 대한 초기부패수준의 휘발성 염기태질소 허용 기준을 초과하지 않아 위생적이라고 할 수 있다.

7. 총 폴리페놀

소시지의 총 폴리페놀(Total Polyphenol) 측정결과는 Table 9와 같다. 폴리페놀은 항산화효능의 지표 중 하나로 Lee NR 등(2015a)은 자색고구마 분말 함량이 증가함에 따라 폴리페놀 함량이 증가를 보인 것과 같이, 본 연구에서도 자색색소

Table 8. Changes in VBN of sausages containing purple pigment during 30 days

(mg%)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	4.11±0.08 ^{ad}	2.17±0.03 ^{bd}	2.16±0.02 ^{bd}	2.03±0.02 ^{cd}	1.89±0.05 ^{dd}
10	5.11±0.05 ^{ac}	3.11±0.05 ^{cc}	3.25±0.06 ^{bc}	3.21±0.04 ^{bc}	2.08±0.04 ^{dc}
20	8.23±0.24 ^{ab}	5.14±0.18 ^{cb}	6.16±0.07 ^{bb}	5.27±0.26 ^{cb}	4.24±0.33 ^{db}
30	11.26±0.12 ^{aa}	7.15±0.04 ^{ca}	7.37±0.05 ^{ba}	6.41±0.11 ^{da}	5.37±0.25 ^{ea}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

Table 9. Changes in total polyphenol of sausages containing purple pigment during 30 days

(mg GAE/mL)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	50.86±3.24 ^{bcA}	49.77±1.72 ^{ca}	56.31±3.62 ^{abA}	55.78±3.31 ^{abcA}	61.23±3.96 ^{aA}
10	45.06±3.48 ^{bb}	47.95±2.83 ^{abA}	50.60±2.64 ^{abA}	50.66±3.45 ^{abA}	52.43±2.92 ^{ab}
20	36.26±1.40 ^{cc}	46.49±4.10 ^{ba}	52.04±2.90 ^{aA}	52.84±1.26 ^{abA}	49.91±3.71 ^{abB}
30	37.95±3.30 ^{cc}	36.14±2.28 ^{cb}	39.82±2.74 ^{bb}	44.07±2.72 ^{abb}	47.36±1.34 ^{ab}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

함량이 가장 많은 S5의 총 폴리페놀 함량이 가장 높았다. 자색색소 첨가구(S3, S4, S5)의 총 폴리페놀 함량은 아질산염 첨가구(S2)와 대조구(S1)보다 높았다. 저장기간이 경과함에 따라 5종 시료의 총 폴리페놀 함량은 감소 경향을 나타내었다. Kim SJ & Kim JS(2010)는 자색고구마 추출물의 총 페놀 함량은 gallic acid의 페놀함량보다 많다고 하였으며, Kim JH & Lee KJ(2013)는 자색고구마 첨가량 증가에 따라 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량이 증가하였다고 보고하였다.

8. DPPH 라디칼 소거능

소시지의 DPPH 라디칼 소거능(DPPH radical scavenge effect)의 실험결과는 Table 10에 나타내었다. 라디칼소거능 측정에 사용되는 DPPH는 자체가 안정한 free radical을 지니고 있는 화합물로 다른 라디칼들과 결합하여 안정한 복합체를 만들고 있어 항산화 물질에 의해 환원되기 때문에 물질의 항산화능력을 확인하는데 많이 사용되는 물질이다(Boo HO 등 2011). 소시지의 DPPH 라디칼 소거능은 저장초기 자색색소 함량이 가장 많은 S4가 88.26%로 높게 나타났고, 자색색소 첨가량 증가에 따른 유의차를 보였으며, 대조구(S1)가 가장 적은 값을 보였다. 저장기간이 경과함에 따라 모든 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 유의적 감소를 보였으며($p<0.05$), 자색색소 함량이 많을수록 DPPH 라디칼 소거능의 변화가 적게 나타났다. 자색고구마에 있는 자색색소와 같은 식물성 천연색소는 페놀성 화합물로 항산화능력을 가지고 있는데, 주로 세포가 자라면서 나오는 자유 라디칼에 의해 세포가 산화되어 손상되게 되는데, 이때 페놀성 화합물이 자유 라디칼에 전자를 공여하면서 산화가 억제된다(Boo HO 등 2012). 자색색소 함량이 많을수록 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타난 것은 산가, 과산화물가와 같은 산패지표가 낮게 나타난 것과 유사한 경향이라고 볼 수 있다. Kim SJ & Kim JS

(2010)는 자색고구마의 물 또는 아세톤추출물은 3가 철의 환원능과 DPPH 라디칼 소거능 모두 높다고 하였다. 자색옥수수에서 추출한 안토시아닌 적색색소를 라면에 첨가하여 DPPH 라디칼 소거능, 산가, 과산화물가 등을 분석한 결과, α -tocopherol보다 높다고 하였으며, 마요네즈에 첨가하여 지방질 산화 억제능이 우수하여 시판 합성 항산화제인 BHT나 EDTA보다 높다고 보고하였다(Lee CY 2007). 본 연구에서도 자색색소 함량이 많은 시료가 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타났다.

9. 총균수

소시지의 총균수(total aerobes) 측정결과는 Table 11과 같다. 5종 시료 중 저장초기 총균수는 자색색소 첨가량이 0.2%로 가장 적은 S3이 1.92 log CFU/g으로 가장 높게 나타났으며, 저장 30일 기간 내내 가장 높게 나타났다. 반면, 아질산염 첨가구(S2)의 총균수는 저장초기 0.70 log CFU/g으로 가장 낮게 나타났고, 저장 30일 동안 지속적으로 가장 낮았다. 저장기간이 경과함에 따라 5종 시료 모두 총균수의 함량이 증가하였으나, 총균수의 증가폭은 대조구와 아질산염 첨가구(S1, S2)보다 자색색소 첨가구(S3, S4, S5)에서 더 컸다. 아질산염 첨가구(S2)의 증가폭은 0.21 log CFU/g이었고, 자색색소 첨가구는 0.26~0.35 log CFU/g의 변화를 보여 세균활성 억제효과는 아질산염 첨가구보다 작지만 0.91 log CFU/g인 대조구보다 큰 효과를 나타내었다.

10. 표면색도

소시지의 표면의 색도(L, a, b)에 대한 실험결과는 Table 12에 나타내었다. 저장 초기 자색색소 첨가구(S3, S4, S5)는 색소 첨가량의 증가에 따라 밝기(L)가 감소하였고($p<0.05$), 대조구(S1)와 아질산나트륨 첨가구(S2) 사이의 밝기(L)는 유의차가 없었다. Lee NR 등 (2015b)이 자색고구마 분말의 첨

Table 10. Changes in DPPH radical scavenge effect of sausages containing purple pigment during 30 days (%)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	75.67±1.35 ^{cA}	85.77±1.52 ^{bA}	85.29±0.82 ^{bA}	87.22±1.67 ^{abA}	88.26±0.83 ^{aA}
10	66.91±1.52 ^{dB}	75.71±1.79 ^{dB}	79.98±1.50 ^{dB}	86.64±1.41 ^{aA}	88.45±1.57 ^{aA}
20	61.43±1.58 ^{dC}	72.53±1.68 ^{dB}	74.04±1.55 ^{CC}	80.43±1.43 ^{BB}	86.83±1.68 ^{aA}
30	51.13±0.85 ^{dD}	68.14±1.64 ^{dC}	73.93±1.50 ^{CC}	80.20±1.59 ^{BB}	87.98±0.84 ^{aB}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

Table 11. Changes in bacterial cell count of sausages containing purple pigment during 30 days (log CFU/g)

Storage days	Treatments ¹⁾				
	S1	S2	S3	S4	S5
0	1.85±0.05 ^{aC}	1.68±0.10 ^{cC}	1.92±0.03 ^{aD}	1.73±0.03 ^{bD}	1.71±0.02 ^{bD}
10	2.08±0.09 ^{aB}	1.77±0.13 ^{cC}	1.97±0.02 ^{bC}	1.83±0.01 ^{cC}	1.75±0.02 ^{dC}
20	2.58±0.03 ^{cB}	1.84±0.06 ^{dB}	2.06±0.01 ^{aB}	1.87±0.03 ^{bB}	1.94±0.01 ^{bB}
30	2.76±0.02 ^{cA}	1.89±0.04 ^{dA}	2.27±0.01 ^{aA}	1.99±0.01 ^{bA}	2.02±0.02 ^{bA}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

Table 12. Changes in color determination of sausages containing purple pigment during 30 days

Color	Storage days	Treatments ¹⁾				
		S1	S2	S3	S4	S5
L	0	69.63±0.12 ^{bC}	69.17±0.15 ^{bB}	70.67±0.51 ^{aAB}	66.37±0.35 ^{cB}	49.67±0.31 ^{dC}
	10	71.77±0.06 ^{aB}	69.97±0.25 ^{bAB}	69.70±0.10 ^{bC}	65.43±0.40 ^{cB}	49.37±0.61 ^{dC}
	20	72.80±0.10 ^{aA}	70.43±0.60 ^{bA}	70.17±0.12 ^{bBC}	65.67±0.42 ^{cB}	51.30±0.30 ^{dB}
	30	71.73±0.21 ^{aB}	69.10±0.22 ^{bB}	71.00±0.30 ^{aA}	67.90±1.11 ^{cA}	51.67±0.25 ^{dA}
a	0	3.80±0.00 ^{dA}	8.23±0.21 ^{bAB}	2.47±0.06 ^{cC}	6.70±0.26 ^{cB}	27.77±0.65 ^{aA}
	10	2.47±0.12 ^{dB}	7.67±0.49 ^{bB}	3.93±0.23 ^{cA}	7.17±0.35 ^{bAB}	27.77±0.15 ^{aA}
	20	2.37±0.06 ^{cC}	8.73±0.85 ^{bA}	3.90±0.00 ^{dA}	7.47±0.15 ^{cA}	27.50±0.70 ^{aA}
	30	2.57±0.06 ^{cB}	7.70±0.17 ^{bB}	3.23±0.06 ^{dB}	5.57±0.55 ^{cC}	27.90±0.00 ^{aA}
b	0	12.00±0.10 ^{bC}	11.33±0.06 ^{cA}	13.47±0.25 ^{aA}	7.63±0.06 ^{dB}	-3.57±0.25 ^{eA}
	10	14.03±0.06 ^{aAB}	11.90±0.78 ^{bA}	11.93±0.32 ^{bA}	7.03±0.59 ^{cC}	-3.37±0.21 ^{dA}
	20	14.27±0.12 ^{aA}	11.70±0.26 ^{bA}	11.93±0.06 ^{bA}	7.77±0.29 ^{bB}	-3.47±0.40 ^{dA}
	30	13.83±0.21 ^{aB}	11.13±0.06 ^{abA}	8.73±2.27 ^{abA}	8.20±0.17 ^{bA}	-3.33±0.06 ^{cA}

¹⁾ See the legend of Table 1.

²⁾ All values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ a~d: Different values with significant differences in a row ($p<0.05$).

⁴⁾ A~D: Different values with significant differences in a column ($p<0.05$).

가함량이 증가함에 따라 소시지의 밝기가 어두워지는 것처럼 본 연구에서도 자색색소 함량이 증가함에 따라 소시지의 표면 밝기가 어두워졌다. 저장기간 동안 아질산나트륨 0.02% 첨가구(S2)는 밝기의 변화를 거의 보이지 않았으나, 자색색소 첨가구는 첨가량이 많을수록 밝기의 변화가 크게 나타났다. 대조구도 저장기간이 경과함에 따라 밝기의 변화가 나타났다. 복분자추출물을 첨가한 돈육패티(Park SY & Chin KB 2007)도 추출물 함량이 증가함에 따라 복분자의 자주빛의 영향으로 밝기가 어두워진다고 하였다. 자색색소와 같은 천연

물질은 돈육에 착색되어 저장기간이 경과함에 따라 육색의 변화에 영향을 끼칠 것이라 하였다(Tak SB 등 2005). 소시지의 적색도(a)는 자색색소 함량이 가장 많은 S5가 27.77±0.65로 저장기간 내내 가장 높게 나타났고, 다음으로 아질산염 첨가구(S2)의 적색도가 8.23±0.21로 높았다. 자색색소 0.5% 첨가구(S4)가 6.70±0.26으로 아질산염 첨가구의 적색도와 유사하다고 볼 수 있었다. 자색색소 0.2% 첨가구(S3)의 적색도는 2.47±0.06으로 대조구의 적색도 3.80±0.00보다 낮게 나타난 것으로 보아 자색색소 0.2%는 소비자의 구매를 유도하기

위한 색도가 거의 나타나지 않았다. 소시지의 색을 어둡게 만드는 황색도(b)는 저장초기 대조구(S1)와 자색색소 0.2% 첨가구(S3)이 유의차 없이 가장 높았고, 자색색소 함량이 많아짐에 따라 황색도의 유의적 감소를 보였으며, 저장기간 동안 유지되었다. 저장기간 내내 적색도가 가장 높았던 S5는 반대로 황색도는 저장기간 내내 가장 낮았다. 자색색소 함량이 증가함에 따라 밝기(L)는 낮아지고 적색도(a)는 높아지며 황색도(b)는 낮아져 Lee NR 등(2015b)의 연구에서 자색고구마 분말함량 증가에 따른 결과와 유사하였다. 아질산염 0.2%를 첨가한 소시지의 밝기(L)와 유사한 것은 S1, S3 이었고, 적색도(a)는 S4가 유사하였고, 황색도는 S3이 유사하였다. 아질산염 0.02%의 색상과 유사한 색상을 보이는 소시지는 S3과 S4 사이라고 볼 수 있다. 자색고구마 첨가 쿠키(Liu Y 등 2013), 설기떡(Park YM 등 2012)에서도 자색고구마 함량이 증가할수록 어두운 색상으로 된다고 하였다. 자색고구마의 주요 페놀산인 클로로젠산이 철과 착화합물을 형성하여 고구마 색의 명도를 낮춘다고 보고되었으며(Yoshinaga M 등 1999), 또한 자색고구마에 존재하는 페놀화합물은 가열에 의해 파괴되거나 폴리페놀산화효소에 의해 산화되어 갈색색소를 생성한다고 한다(Takenaka M 등 2006). Lee NR 등(2015b)은 자색색소 0.2% 첨가를 통해 나타나는 색도는 아질산나트륨 0.15%에 미치지 못한다고 하였으며, 본 연구에서는 0.02%에 미치지 못하게 나타났다.

요 약

아질산나트륨을 소시지의 발색제로 사용하기 위한 최소량은 0.02%이다. 자색고구마에서 추출한 자색색소를 이용하여 아질산나트륨을 대체할 수 있는지를 알아보하고자 하였다. 자색색소의 함량을 0.2%, 0.5%, 1.0%로 달리하여 제조한 소시지와 아질산염 0.02%를 첨가한 소시지, 그리고 자색색소나 아질산염을 전혀 첨가하지 않은 소시지에 대해 수분, 색도 등의 이화학성분과 산가, DPPH 라디칼소거능 등의 항산화효과를 비교하였다. 자색색소를 첨가한 소시지는 자색색소 함량이 증가함에 따라 총 폴리페놀함량도 높고, DPPH 라디칼소거능도 높게 나타났으며, 산가, 과산화물가, 휘발성 염기태질소의 값이 유의적 감소를 보여 자색색소의 항산화효과를 알 수 있었다. 또한, 자색색소 함량의 증가에 따른 총균수의 감소 경향을 보였다. 그러나 자색색소 첨가구에 비해 아질산염 첨가구의 총균수가 적어 자색색소가 아질산염의 항균효과에는 미치지 못하였다. 자색색소 첨가량이 많을수록 표면색도의 변화가 급격히 일어났으며, 자색색소 함량이 많을수록 어둡고 진한 붉은색이 되었고, 아질산염 0.02%와 유사한 색상을 보이는 자색색소의 농도는 0.2%와 0.5% 사이로 나타났다.

REFERENCES

- AOAC (2000) Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p 124.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Boo HO, Hwang SJ, Bae CS, Park SH, Song WS (2011) Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. *Korean J Plant Res* 24(1): 105-112.
- Boo HO, Shin JS, Hwang SJ, Bae CS, Park SH (2012) Antimicrobial effects and antioxidative activities of the cosmetic composition having natural plant pigments. *Korean J Plant Res* 25(1): 80-88.
- Chen H, Rbubenthaler GI, Leung HK, Baranowski JD (1988) Chemical, physical and baking properties apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem* 65(3): 244-247.
- Choi SY, Ko SH, Yoo SS (2011) Quality characteristics of homemade-sausage by addition of red pepper. *J East Asian Soc Diet Life* 21(4): 506-513.
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(5): 239-249.
- Jung IC, Kang SJ, Kim MS, Yang JB, Moon YH (2003) Effects of carcass grade and addition of mugwort powder on the storage stability of pork sausage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23(4): 285-291.
- Kim JH, Lee KJ (2013) Antioxidative activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. *J East Asian Soc Diet Life* 23(6): 750-759.
- Kim JH, Lee KJ (2014) Quality characteristics of sponge cake added with purple sweet potato depending on various shelf-life. *Korean J Food & Nutr* 27(4): 558-569.
- Kim SJ, Kim JS (2010) Antioxidative effects of purple sweet potato extracts. *Agric Rex Bull Kyungpook Natl Univ* 28(12): 25-29.
- Kim SJ, Rhim JW, Lee LS, Lee JS (1996) Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J Food Sci Tech* 28(2): 345-351.
- Kim SM, Cho YS, Yang TM, Lee SH, Kim DG, Sung SK (2000) Development of functional sausage using extracts from *Schizandra chinensis*. *Korean J Food Sci Anim Resour* 20(4): 35-45.
- Korean Food and Drug Administration (2008) Food Sanitation Law. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea.

- p 200.
- Korean Food and Drug Administration (2013) The Livestock Processing Act. Seoul, Korea. p 51.
- Lee CY (2007) Antioxidant effect of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) and its application. Ph D Dissertation Kangwon National University, Kangwon. pp 63-98.
- Lee JS, Jeong BC, Ahn YS, Chung MN, Kim HS (2006) Color stability according to storage period of purple sweet potato products. Korean J Crop Sci 51(S): 204-208.
- Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC (1996) Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. Korean J Food Sci Tech 28(2): 352-359.
- Lee NR, Jo YJ, Yook HS (2015a) Quality characteristics and antioxidant activities of sausages made from a mixture of purple sweet potato powder and purple sweet potato pigment. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(9): 1317-1324.
- Lee NR, Kim CS, Yu GS, Park MC, Jung WO, Jung UK, Jo YJ, Kim KH, Yook HS (2015b) Effect of nitrite substitution of sausage with addition of purple sweet potato powder and purple sweet potato pigment. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(6): 896-903.
- Liu Y, Jeong DH, Jung JH, Kim HS (2013) Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with purple sweet potato powder. Korean J Food Cook Sci 29(3): 275-281.
- Park EJ, Park GS (2012) Quality characteristics of jelly prepared with purple sweet potato powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 27(6): 730-736.
- Park SY, Chin KB (2007) Evaluation of antioxidant activity in pork patties containing bokbunja (*Rubus coreanus*) extract. Korean J Food Sci Ani Resour 27(4): 432-439.
- Park WY, Kim YJ (2009) Effect of garlic and onion juice addition on the lipid oxidation, total plate counts and residual nitrite contents of emulsified sausage during cold storage. Korean J Food Sci Ani Resour 29(5): 612-618.
- Park YM, Kim MH, Yoon HH (2012) Quality characteristics of sulgidduck added with purple sweet potato. Korean J Culinary Res 18(1): 54-64.
- Rhim JW, Lee JW, Jo JS, Yeo KM (2001) Pilot plant scale extraction and concentration of purple-fleshed sweet potato anthocyanin pigment. Korean J Food Sci Tech 33(6): 808-811.
- Tak SB, Kim DH, Yoon SK, Lee YC (2005) Effects of natural preservatives and storage temperatures on quality and shelf-life of fresh pork meat. Korean J Food Sci Tech 37(4): 557-561.
- Takenaka M, Nanayama K, Isobe S, Murata M (2006) Changes in caffeic acid derivatives in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during cooking and processing. Biosci Biotechnol Biochem 70(1): 172-177.
- Xu J, Su X, Lim S, Griffin J, Garey E, Katz B, Tomich J, Smith JS, Wang W (2015) Characterization and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. Food Chem 186(1): 90-96.
- Yoshinaga M, Yamakawa O, Nakatani M (1999) Genotypic diversity of anthocyanin content and composition in purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*(L.) Lam). Breeding Sci 49(1): 43-47.

Date Received Nov. 13, 2019
Date Revised Feb. 27, 2020
Date Accepted Feb. 28, 2020