J Korean Soc Food Sci Nutr
44(9), 1317~1324(2015)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2015.44.9.1317

자색고구마 색소와 분말 혼합 첨가에 의한 소시지의 항산화 활성 및 품질 특성

이남례[1,2] · 조윤정[2] · 육홍선[2]

[1]국방기술품질원 대전센터
[2]충남대학교 식품영양학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Sausages Made from a Mixture of Purple Sweet Potato Powder and Purple Sweet Potato Pigment

Namrye Lee[1,2], Yoon-Jeong Jo[2], and Hong-Sun Yook[2]

[1]*Daejeon Center, Defense Agency for Technology and Quality*
[2]*Department of Food and Nutrition, Chungnam National University*

ABSTRACT The objective of this study was to examine both antioxidant activities and quality characteristics of sausages made from a mixture of purple sweet potato powder and pigment. Five sausages were manufactured: F0 (control), F1 (0.15%-sodium nitrite), F2 (0.2%-purple sweet potato pigment), F3 (0.2%-purple sweet potato pigment and 5%-purple sweet potato powder), and F4 (0.2%-purple sweet potato pigment and 10%-purple sweet potato powder). Sausages were stored at 4±1°C for 30 days. Total polyphenol, 2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, acid value, peroxide value, volatile basic nitrogen (VBN), and total bacterial cell contents were analyzed. Total polyphenol content and DPPH radical scavenging activity increased according to the amount of purple sweet potato, whereas acid value, peroxide value, and VBN decreased. Addition of 0.2% purple sweet potato pigment increased lipid oxidative stability and protein deterioration inhibitory effect compared to F0, but not to the levels of 0.15% sodium nitrite. However, F2 showed the lowest pH during storage due to the pH (2.52) of the pigment. Microorganism analysis revealed that total bacterial counts of sausage added with 0.2% purple sweet potato pigment were significantly lower ($P<0.05$) than that of sodium nitrite-supplemented sausage. As a result, purple sweet potato powder and pigment demonstrate antioxidative activity and lipid oxidative stability in sausages, making them suitable ingredients for manufacturing sausages.

Key words: purple sweet potato powder, purple sweet potato pigment, sausage, lipid oxidation, volatile basic nitrogen

서 론

자색고구마는 표피 및 육질 전체가 안토시아닌(anthocyanin) 색소를 가지고 있으며 다른 anthocyanin 색소에 비해 aromatic acyl group을 갖고 있어 비교적 열과 광선에 안정하고 다양한 종류와 많은 양이 존재하여 천연 색소로서 최고의 이용 가치가 있다고 알려져 있다(1,2). 자색고구마의 안토시아닌 성분은 phenylalanine ammonia-lyse를 시작으로 phenylpropanoid 합성계를 거쳐 생합성되는 천연 색소로 항돌연변이 및 항산화 기능, 항균 작용, 항고혈압 작용 및 간 보호 기능 등이 발표되어 기능성 식품으로 많은 관심을 받고 있다(2,3). 자색고구마를 이용한 연구는 자색고구마 분말 첨가량을 달리한 쿠키(2), 자색고구마를 이용한 노인식 죽(4), 자색고구마 분말을 첨가한 젤리의 품질 특성(1), 동결건조 자색 고구마 가루를 첨가한 국수의 품질 특성 및 항산화성(5), 자색고구마를 첨가한 설기떡의 품질 특성(6) 등 식품에 다양하게 적용되었다. 각각의 연구에 사용된 자색고구마 함량은 죽과 국수가 6%, 쿠키는 10~20%, 설기떡은 40%의 자색고구마를 첨가하였으며 대부분 전체적인 기호도가 우수하였다. 자색고구마의 안토시아닌은 색소로서 안정하면서 항산화 작용과 항균 작용이 있어 천연 보존제로서 식품에 응용가치가 매우 크다고 할 수 있다.

육제품에서 지방은 적절한 풍미와 식감을 부여하지만 과도한 지방은 비만의 원인으로 고혈압과 동맥경화 그리고 관상동맥계 질환 등 각종 성인병의 원인이 된다(7). 지방 산화는 육제품에 있어서 품질 저하의 주원인으로 불포화 지방의 수치 증가, 산소, 열, 자외선, 금속이온, 그리고 산화 효소와 같은 원인에 의해 발생한다고 보고되고 있다(8). 식육의 지방이 산화되면 그 자체, 또는 식육 내의 다른 성분과 반응하여 색, 풍미, 영양에 불리한 영향을 주므로(9) 지방의 산화를 방지 또는 최소화하기 위하여 butylated hydroxy toluene(BHT), butylated hydroxy anisole(BHA), propyl

Received 22 May 2015; Accepted 10 July 2015
Corresponding author: Hong-Sun Yook, Department of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6840

gallate(PG) 등의 합성 항산화제가 널리 사용되어 왔다(8). 그러나 식품에 사용되는 합성 항산화제는 체내 흡수물질의 일부가 독성물 혹은 발암성 물질로 변화되어(9) 식품위생상 안전성 문제가 제기되므로 안전하고 위생적인 천연 항산화제의 개발이 지속적으로 요구되고 있다.

육제품의 아질산염은 육색의 발색과 안정화, *Clostridium botulinum*의 성장과 독소 생성 억제, 풍미 향상, 산패취 발생 억제 등의 다양한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(10). 그러나 아질산염을 다량 섭취하게 되면 혈액의 hemoglobin을 methemoglobin으로 산화시켜 methemoglobin증을 일으키는 등 중독 증상을 유발하고 제2급 및 3급 아민류와 반응하여 발암성 nitrosamine을 생성하기도 한다. 이러한 이유로 식육가공품의 경우 잔존 아질산 이온의 양을 0.07 g/kg으로 제한하고 있다(11). 그러나 육제품에 잔존하는 양으로는 methemoglobin증이나 발암성 nitrosamine 생성을 우려할 정도가 아니라고 보고되고 있으나 일반 소비자들은 식품안전에 불안을 느끼는 요인이 '보존료, 착색료 등의 식품첨가물'이라고 하였다(4). 잠재적 독성물질인 아질산염의 사용을 줄이기 위해 레드 비트 색소(12), 선인장 색소(13) 및 홍국 색소(14) 등을 이용하여 아질산염을 부분 대체하는 등의 천연 색소를 이용한 저 아질산염 소시지에 대한 연구가 활발히 이루어졌다. 그러나 항산화 활성이 뛰어난 천연 색소를 갖는 자색고구마를 이용한 연구는 드물며, 특히 항산화 효과를 확인한 연구는 없다. 이전 연구(15)를 통해 자색고구마 색소와 분말을 혼합하였을 때 아질산염의 적색과 유사하게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 자색고구마 분말과 색소를 혼합 첨가하여 나타나는 소시지의 지방산패, 단백질 변패 및 미생물 억제 효과 등을 알아보고자 하였다. 축산물 가공기준법(11)에서 소시지의 육 함량 최소 조건인 70%를 고려할 때 소시지에 자색고구마를 첨가할 수 있는 최대 함량은 정제소금 등의 첨가물과 물의 함량을 제외하면 약 10%로 정도로 나타나 자색고구마 분말의 함량을 최대 10%로 하였으며 자색색소를 혼합 첨가하였다. 자색색소는 아질산나트륨을 대체할 수 있는 효과를 보기 위해 아질산나트륨 첨가량과 유사한 0.2%로 정하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

자색고구마 분말은 자색고구마를 열풍건조 한 분말로 지산식품(Gyeongnam, Korea)에서 구매하여 이용하였다. 자색색소는 자색고구마에서 안토시아닌 색소만을 추출한 것으로 (주)엠에스씨(Yangsan, Korea)에서 공급받아 사용하였다. 소시지 제조에 사용한 돼지고기는 SK 축산(Nonsan, Korea)에서, 첨가물은 비에치푸드(주)(Gunpo, Korea)를 통해 구입하였다. 첨가물은 정제소금(HanJusalt Co., Ltd., Ulsan, Korea), 아질산나트륨(General Chemicals, Parsippany, NJ, USA), 인산염(Aditya Birla Chemicals, Mumbai, India), 카제인나트륨(Lactoprot Deutschland GmbH, Kaltenkirchen, Germany), 대두단백(Archer Daniels Midland, Chicago, IL, USA), L-아스코르빈산나트륨(Zhejiang Jiangshan Chemical Co., Ltd., Shanghai, China), 백설탕(TS Corp., Seoul, Korea), L-글루타민산나트륨(CJ Cheiljedang Corp., Incheon, Korea), 바이오헥산아이지(CJ Cheiljedang Corp.)를 사용하였다.

시료의 제조

자색고구마 분말과 자색색소를 첨가한 소시지의 제조는 예비실험을 거쳐 Table 1과 같은 배합비율로 제조하였다. 무첨가구를 대조구(F0)로 하여 일반적으로 소시지 제조에 사용되고 있는 아질산나트륨 0.15%를 첨가한 구(F1), 아질산나트륨 대신 자색색소 0.2%를 첨가한 구(F2), 자색색소 0.2%에 자색고구마 분말을 5%와 10%씩 각각 첨가한 구(F3, F4)로 하였다. 돼지고기는 돼지 후지와 지방을 8 mm 크기로 분쇄하였다. 분쇄된 돈육과 지방에 Table 1에 따라 정제소금, 아질산나트륨, 자색색소, 인산염 등의 첨가물을 투입하여 1차 교반하고 자색고구마 분말을 투입하여 2차

Table 1. Experimental design and ingredients used

Ingredient	Treatment[1)]				
	F0 (Control)	F1	F2	F3	F4
Pork ham meat (w/w%)	65	65	65	60	55
Pork back fat (w/w%)	15	15	15	15	15
Purple sweet potato powder (w/w%)	–	–	–	5	10
Purpled sweet potato pigment (w/w%)	–	–	0.2	0.2	0.2
Sodium nitrite (w/w%)	–	0.15	–	–	–
Cold water (0～4°C) (v/w%)	16.35	16.20	16.15	16.15	16.15
Food additives (w/w%)	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65
Total	100	100	100	100	100

[1)]Formulations: F0, 0% purple sweet potato powder and 0% purple sweet potato pigment and 0% sodium nitrite; F1, 0% purple sweet potato powder and 0% purple sweet potato pigment and 0.15% sodium nitrite; F2, 0% purple sweet potato powder and 0.2% purple sweet potato pigment and 0% sodium nitrite; F3, 5% purple sweet potato powder and 0.2% purple sweet potato pigment and 0% sodium nitrite; F4, 10% purple sweet potato powder and 0.2% purple sweet potato pigment and 0% sodium nitrite.

교반한 후 케이싱에 충진하였다. 충진된 시료를 85±5°C에서 50분간 열처리한 후 냉각하여 4±1°C에서 30일간 저장하면서 10일 간격으로 4회 측정하였다.

총 폴리페놀 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent가 알칼리 조건에서 추출물의 polyphenol성 화합물에 의해 환원된 결과 노란색에서 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 한 Folin-Denis 방법(16)으로 측정하였다. 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 암실에서 1시간 동안 방치 후 상등액을 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 이용한 검량선(R^2=0.9962)에 흡광도를 적용하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼에 대한 소거 활성은 시료의 라디칼 소거 효과(radical scavenging activity)를 측정하는 것으로 Blois(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 증류수에 농도별로 희석한 시료 1 mL에 0.2 mM의 DPPH 용액 1 mL를 가하여 vortex mixer로 10초간 진탕한 후 암실에서 30분간 반응시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 유리 라디칼 소거 활성을 아래의 식을 이용하여 백분율로 계산하였다.

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

pH

pH는 소시지 10 g에 증류수 95 mL를 넣고 충분히 교반시킨 후 pH meter(720P, iSTeK, Seoul, Korea)로 상온에서 3회 반복 측정하여 평균하였다.

산가 측정

산가는 식품공전 시험법(18)을 적용하여 분석하였다. 소시지에서 추출한 유지를 ethyl ether : ethyl alcohol을 1:1의 비율로 혼합한 용액에 용해시킨 후 1% 페놀프탈레인 용액을 혼합한다. 가열 교반기 위에 올리고 엷은 홍색이 30초간 지속할 때까지 0.1 N KOH 용액으로 적정하였다.

$$\text{산가}=\frac{5.611\times(a-b)\times f}{\text{검체의 채취량(g)}}$$

a: 검체에 대한 0.1 N KOH의 소비량(mL)
b: 공시험에 대한 0.1 N KOH의 소비량(mL)
f: 0.1 N KOH의 역가

과산화물가 측정

과산화물가는 식품공전 시험법(18)을 변형하여 분석하였다. 소시지로부터 추출한 유지를 초산-클로로포름 용액(3:2) 25 mL에 녹이고 포화요오드칼륨 용액을 가해 섞은 다음 암소에서 5분간 방치한 후 증류수를 넣고 교반했다. 1% 전분용액을 지시약으로 첨가하고 0.01 N 티오황산나트륨 용액으로 청색이 소실될 때까지 적정하였다.

$$\text{과산화물가(meq/kg)}=\frac{(a-b)\times f}{\text{검체의 채취량(g)}}\times 100$$

a: 0.01 N 티오황산나트륨의 적정수(mL)
b: 공시험에서의 0.01 N 티오황산나트륨액의 소비량(mL)
f: 0.01 N 티오황산나트륨의 역가

휘발성염기질소 측정

Conway unit을 사용한 미량확산법(18)에 의해 휘발성염기질소 함량을 측정하여 육제품의 신선도 변화를 조사하였다. 시료 10 g을 취하여 증류수 80 mL를 가하고 잘 흔들어 주면서 30분간 방치한 후 단백질 침전을 위하여 20% trichloroacetic acid 용액 10 mL를 가하고 잘 혼합하여 10분간 방치한 다음 원심분리 하여 상등액을 시험용액으로 사용하였다. Conway 용기 내실에 0.01 N 붕산 용액 1 L를 넣고 외실에 시험용액 1 mL를 정확하게 가한 다음 외실에 K_2CO_3 용액 1 mL를 재빨리 주입하고 바로 밀폐하였다. 외실 중의 시험액과 알칼리 용액을 잘 혼합하고 unit을 37°C의 항온기에서 80분간 정치한 후 내실의 붕산용액을 0.01 N HCl 용액으로 적정하여 아래 식에 의하여 휘발성 염기태질소 화합물의 양을 구하였다.

$$\text{VBN (mg\%)}=\frac{(Vs-Vb)\times f\times 0.14}{S}\times 20\times 100$$

Vs: 시료 적정치(mL), Vb: 공시험 적정치(mL)
f: 0.01 N HCl 용액의 factor, S: 시료 무게(g)

총균수 측정

저장기간에 따른 미생물 증식을 확인하기 위해 제조한 소시지를 PVDC(polyvinylidene chloride) film에 진공포장한 후 4°C에서 저장하면서 0, 10, 20, 30일 후의 총균수(total aerobes)를 측정하였다. 샘플을 채취할 때 사용된 도구 및 용기와 실험과정에서 이용되는 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 petrifilmTM aerobic count plate(3M, Maplewood, MN, USA)의 중앙에 시료 1 mL를 수직으로 접종한

후 32°C에서 48시간 배양하여 나타난 colony의 수를 측정하였다.

통계분석

결과분석은 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 20, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균±표준편차를 산출하였고 자색고구마 함량의 변화에 따른 품질 특성의 변화와 저장기간에 따른 품질 특성의 변화는 일원배치 분산분석으로 처리하였으며, $P<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 시료 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

소시지의 총 폴리페놀성 화합물의 함량은 Table 2와 같다. 저장 초기 대조구는 33.18 mg GAE/mL를, 아질산나트륨 첨가구는 62.27 mg GAE/mL를 나타내었고, 자색고구마 첨가구(F2, F3, F4)는 83.34~158.68 mg GAE/mL로 총 폴리페놀 함량이 대조구와 아질산나트륨 0.15% 첨가구보다 더 높았다. 자색색소 0.2% 첨가구보다 자색색소와 자색고구마 분말을 혼합 첨가한 F3, F4의 총 폴리페놀 함량이 더 높게 나타났고 자색고구마 분말 첨가량이 많을수록 총 폴리페놀 함량도 더 많아졌다. 저장기간에 따른 총 폴리페놀 함량의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 유의적인 감소를 보였다($P<0.05$). 자색고구마 함량이 가장 많은 F4가 저장기간 내내 가장 많은 폴리페놀을 함유하였다. 식품에 존재하는 폴리페놀 화합물은 수산기를 통한 수소공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의해 인체에 유해한 free radical을 안정화시키는 우수한 항산화력을 가진다고 한다. 고구마에는 페놀계 화합물로 caffeic acid와 quinic acid의 에스테르 결합 형태인 chlorogenic acid, isochlorogenic acid 등이 다량 함유되어 있고 이들 성분들은 항산화 활성, 간독성 회복 작용 그리고 암 발생 억제, 항미생물 및 항돌연변이 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(2). 강황 분말을 첨가한 계육 소시지(19), 자색고구마 분말을 첨가한 아몬드다식(20)도 강황과 자색고구마 첨가량이 증가할수록 폴리페놀 함량이 증가하는 결과를 나타내었다고 하여 본 실험 결과와 유사하였다.

DPPH 라디칼 소거능

자색고구마를 첨가한 소시지의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 3과 같다. DPPH 라디칼 소거능도 총 폴리페놀 함량의 변화와 마찬가지로 대조구보다 자색고구마 첨가구의 DPPH 라디칼 소거능이 더 높게 나타났다. 저장 초기 대조구는 17.41%를 나타내었고 아질산나트륨 첨가구는 25.07%를, 자색색소 첨가구는 41.45%를, 자색색소와 자색고구마 혼합 첨가구는 51.85%, 62.00%를 나타내었다. 자색고구마 함량이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능도 높게 나타났으며 자색색소 단독 첨가보다 자색색소와 자색고구마 분말을 혼합 첨가한 경우가 DPPH 라디칼 소거능이 더 높았다. 자색고구마 분말을 첨가한 아몬드다식(20), 자색고구마 첨가 식빵(21)의 연구 결과에서도 자색고구마 첨가량

Table 2. Total polyphenol contents of sausages treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment (mg GAE/mL)

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	33.18±5.17$^{Ae2)3)}$	62.27±6.77^{Ad}	83.34±7.76^{Ac}	113.70±6.20^{Ab}	158.68±5.44^{Aa}
10	33.98±6.85^{Ad}	63.64±5.64^{Ac}	70.53±5.50^{Bc}	113.43±8.08^{Ab}	132.37±8.94^{Ba}
20	15.04±1.18^{Be}	49.66±4.93^{Bd}	68.36±2.37^{Bc}	100.26±5.20^{Bb}	130.54±8.78^{Ba}
30	12.15±1.80^{Be}	38.82±4.01^{Cd}	61.95±3.04^{Bc}	88.28±3.48^{Cb}	124.34±5.23^{Ba}

1)Treatments are the same as in Table 1.
2)Values with different capital letters within a column differ significantly ($P<0.05$).
3)Values with different small letters within a row differ significantly ($P<0.05$).
All values are mean±SD (n=3).

Table 3. DPPH radical scavenging activity of sausage treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment (%)

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	17.41±2.29$^{Ae2)3)}$	25.07±1.26^{Ad}	41.45±2.51^{Ac}	51.85±2.68^{Ab}	62.00±2.30^{Aa}
10	14.27±2.66^{ABe}	17.51±3.20^{Bd}	41.55±2.08^{Ac}	50.31±1.61^{Ab}	61.05±2.25^{Aa}
20	11.27±0.36^{Be}	15.93±2.38^{BCd}	25.77±2.70^{Bc}	44.91±3.25^{Bb}	57.26±2.24^{Aa}
30	6.45±1.16^{Ce}	11.79±3.58^{Cd}	18.79±1.07^{Cc}	37.07±1.55^{Cb}	47.25±3.30^{Ba}

1)Treatments are the same as in Table 1.
2)Values with different capital letters within a column differ significantly ($P<0.05$).
3)Values with different small letters within a row differ significantly ($P<0.05$).
All values are mean±SD (n=3).

이 증가할수록 전자공여능이 증가한다고 하여 본 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 폴리페놀과 DPPH 라디칼 소거능의 측정 결과로 볼 때 자색고구마 함량이 증가함에 따라 항산화 능력도 증가하는 양의 상관관계가 성립하는 것으로 보인다. 저장기간에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 시간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였으나 자색고구마 함량이 많을수록 DPPH 라디칼 소거능의 감소가 적었고 이는 총 폴리페놀과 유사한 결과를 보였다. 강황 분말을 첨가한 계육 소시지(19)의 DPPH 라디칼 소거 활성도 강황의 첨가로 높게 나타났다고 하여 첨가물의 항산화성이 소시지에 나타난다는 것을 알 수 있었다. 동결건조 자색고구마 가루의 항산화 활성 연구(5)에서 자색고구마는 비타민 C 약 100~150 μg/mL 정도와 유사한 항산화성을 갖는다고 보고되어 자색고구마가 우수한 항산화 물질임을 알 수 있었다.

pH

소시지의 pH 측정 결과는 Table 4와 같다. 축육 제품에서 pH는 육제품의 보수성, 신선도, 육색, 조직감, 연도와 결착력 등의 품질 변화 및 저장성에 영향을 미치는 요소로서 일반적으로 낮은 pH에서 발색 효과, 높은 pH에서 보수력 향상을 보인다(22). 저장 초기 자색색소 첨가구의 pH가 6.13으로 가장 낮았으며 자색고구마 분말 함량이 증가할수록 pH가 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 본 실험에 사용된 자색고구마 분말과 자색색소의 pH를 측정한 결과 자색고구마 분말의 pH는 5.65이고 자색색소의 pH는 2.52로 측정되었다. 자색고구마 분말에 비해 상대적으로 낮은 pH를 갖는 자색색소가 소시지의 pH에 영향을 준 것으로 보인다. 저장기간이 경과함에 따라 pH의 유의적 증가를 보였으며 처리구는 저장 10일까지 유의차가 없고 저장 20일째부터 유의적 증가를 보였다. 소시지를 냉장 저장할 경우 pH는 냉장기간에 따라 저하하거나 상승한다고 하며 미생물 증식에 의한 염기성 물질의 축적 또는 젖산의 축적 정도 등 여러 가지 요인에 의해 달라진다고 하였다(23,24).

산가

유리지방산 함량을 측정하여 소시지의 지방산패를 알 수 있는 산가의 측정 결과는 Table 5와 같다. 유지의 가수분해 산물인 유리지방산은 자동산화를 촉진하여 품질을 저하시키는 원인이 된다. 저장 초기에는 대조구, 아질산나트륨 첨가구, 자색색소 첨가구와 F3의 산가에 유의차가 없었고 자색고구마 함량이 가장 많은 F4의 산가만 유의적으로 낮았다. 저장 10일째부터 시료 간의 유의차가 나타나기 시작했는데, 대조구의 산가가 0.81±0.02 KOH mg/g으로 가장 높았으며 다음은 자색색소 첨가구, 아질산나트륨 첨가구, 자색색소와 자색고구마 분말 혼합 첨가구(F3, F4)의 순으로 나타났다. 아질산나트륨 0.15%는 자색색소 0.2%보다 지방산패 억제능이 우수한 것으로 보인다. 자색고구마 함량이 많을수록 항산화능이 우수한 것과 유사하게 지방산패 억제 효과도 나타났다. 일반적으로 식육에 있어 저장기간이 경과함에 따라 지방산패도가 증가하는 경향을 나타낸다고 하였고(25) 강황 분말을 첨가한 계육 소시지(19), 뽕잎과 감잎 분말 첨가 소시지(26)도 저장기간이 경과함에 따라 지방산패도가 증가하였다고 하였다.

과산화물가

소시지의 과산화물가의 측정 결과는 Table 6과 같다. 대

Table 4. Changes in pH of sausage treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	6.27±0.03^{Ca}	6.22±0.02$^{Bbc2)3)}$	6.13±0.02^{Cd}	6.19±0.01^{Cc}	6.25±0.01^{Cab}
10	6.28±0.01^{BCa}	6.25±0.02^{ABa}	6.13±0.02^{Cc}	6.20±0.02^{Cb}	6.25±0.01^{Ca}
20	6.31±0.01^{Ba}	6.26±0.01^{ABc}	6.21±0.01^{Be}	6.23±0.01^{Bd}	6.28±0.02^{Bb}
30	6.37±0.02^{Aa}	6.28±0.02^{Ab}	6.26±0.02^{Ab}	6.35±0.02^{Aa}	6.34±0.02^{Aa}

1)Treatments are the same as in Table 1.
2)Values with different capital letters within a column differ significantly (P<0.05).
3)Values with different small letters within a row differ significantly (P<0.05).
All values are mean±SD (n=3).

Table 5. Changes in acid value of sausage treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment (KOH mg/g)

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	0.73±0.06$^{Da2)3)}$	0.67±0.02^{Da}	0.69±0.05^{Ca}	0.66±0.04^{Ba}	0.54±0.02^{Db}
10	0.81±0.02^{Ba}	0.73±0.02^{Cc}	0.77±0.02^{Bb}	0.71±0.02^{Bc}	0.61±0.02^{Cd}
20	0.90±0.01^{Aa}	0.80±0.01^{Bb}	0.86±0.04^{Aab}	0.82±0.05^{Ab}	0.69±0.01^{Bc}
30	0.95±0.04^{Aa}	0.87±0.04^{Ac}	0.90±0.02^{Aab}	0.88±0.04^{Ac}	0.79±0.01^{Ad}

1)Treatments are the same as in Table 1.
2)Values with different capital letters within a column differ significantly (P<0.05).
3)Values with different small letters within a row differ significantly (P<0.05).
All values are mean±SD (n=3).

Table 6. Changes in peroxide value of sausage treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment (meq/kg)

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	3.62±0.04[Da2)3)]	2.82±0.09[Dc]	3.14±0.08[Db]	2.66±0.20[Dc]	2.38±0.09[Cd]
10	4.20±0.08[Ca]	3.41±0.10[Cc]	3.86±0.13[Cb]	3.35±0.07[Cc]	3.18±0.09[Bd]
20	5.26±0.18[Ba]	4.44±0.13[Bbc]	4.89±0.30[Bb]	4.21±0.15[Bc]	3.29±0.18[Bd]
30	7.13±0.15[Aa]	6.13±0.27[Abc]	6.35±0.43[Ab]	5.47±0.31[Ac]	4.70±0.43[Ad]

[1)]Treatments are the same as in Table 1.
[2)]Values with different capital letters within a column differ significantly ($P<0.05$).
[3)]Values with different small letters within a row differ significantly ($P<0.05$).
All values are mean±SD (n=3).

조구의 과산화물가가 저장기간 내내 가장 높았으며 아질산나트륨 첨가구의 과산화물가는 자색색소 첨가구의 과산화물가보다 낮았다. 자색색소와 자색고구마 분말 혼합 첨가구(F3, F4)는 대조구, 아질산나트륨 첨가구, 자색색소 첨가구보다 낮은 과산화물가를 나타내었으며 자색고구마 분말의 함량이 많을수록 과산화물가가 낮아지는 것을 알 수 있었다. 산가와 마찬가지로 자색고구마의 폴리페놀로 인해 자색고구마 함량이 증가함에 따라 과산화물가 생성이 억제된 것으로 보인다. 저장기간이 경과함에 따른 과산화물가의 변화는 모든 시료에서 유의적으로 높아졌다($P<0.05$). 홍국을 첨가한 소시지(14)와 마늘즙과 양파즙을 첨가한 소시지(27)의 과산화물가도 홍국, 마늘, 양파의 첨가로 인해 지질 과산화물 생성이 억제되었으며 폴리페놀과 플라보노이드 등의 항산화 성분에 의한 것이라 하였다.

휘발성염기질소

휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)는 암모니아질소와 트리메틸아민 등의 휘발성 아민의 총칭으로 식육류와 어패류의 신선도를 나타내는 지표가 된다. 일반적으로 신선육에서는 100 g 중에 10~20 mg, 초기 부패 시에는 30~40 mg, 50 mg 이상이면 부패한 것으로 보며, 식품공전(11)의 원료육 및 포장육의 경우 VBN 허용 함량은 20 mg% 이하로 제한되어 있다(28,29). 자색고구마를 첨가한 소시지의 VBN 측정 결과는 Table 7과 같다. 대조구의 VBN 함량이 가장 높았으며 자색색소 단독 첨가구의 VBN이 아질산나트륨 첨가구의 VBN보다 약간 높게 나타났다. 그러나 자색고구마 분말 함량이 증가함에 따라 VBN 값이 낮아졌다. 아질산나트륨 0.15% 첨가에 의한 단백질 변패 억제 효과는 자색색소 0.2% 첨가에 의한 효과보다 높았으나 자색색소와 자색고구마 분말 혼합 첨가구보다는 낮았다. 자색고구마 함량이 많을수록 단백질 변패 억제 효과가 높게 나타났다. 저장기간이 경과함에 따라 VBN 함량도 유의적 증가 경향을 보였으나 모든 시료가 신선육의 VBN 기준인 20 mg을 초과하지 않았다. 뽕잎과 감잎 분말을 첨가한 소시지(26)의 VBN도 저장기간이 경과함에 따라 증가하여 본 실험과 유사하였으며 저장기간이 경과함에 따라 VBN 함량이 증가하는 것은 단백질 chain의 일부가 절단되면서 유리아미노산, 핵산 관련 물질, 아민류, 암모니아, 크레아틴 등 비단백태 질소화합물의 상승에 의하여 육이 독특한 맛과 향을 내고 동시에 이상취를 발생한다고 하였다. 고추씨 분말과 고추씨유를 첨가한 소시지(28), 감초와 강황 첨가 소시지(29)도 첨가물에 따라 VBN 함량이 낮게 나타나 첨가물이 소시지의 단백질 부패를 지연시킨 것으로 보인다. 육류의 신선도 판정 지표인 휘발성 염기태 질소는 육류에 많이 오염되어 있는 pseudomonas와 같은 그람 음성균의 단백 분해 효소의 분비와 근육 내 단백질 분해 효소에 의해 단백질이 아미노산으로 분해되고, 이러한 분해물이 다시 아미노산 저분자 무기태 질소로 분해되는데, 특히 단백질 분해 효소 분비미생물의 오염도에 따라 염기 질소의 함량이 증가하게 된다고 보고하였다(23).

총균수

총균수는 전반적인 미생물 오염과 위생상 취급의 적부를 판정하는 기준이 되며 또한 그 후의 세균에 의한 변화를 추정할 수 있다(28). 식품 위생 평가에서 열처리 식품의 경우 위생상 안전성이 확보될 수 있는 일반 세균수를 1×10^5 CFU/g 정도라고 하였다(29). 소시지의 일반세균에 대한 측정 결

Table 7. Changes in VBN of sausage treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment (mg%)

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	4.91±0.20[Da2)3)]	3.40±0.18[Cc]	4.17±0.36[Db]	3.33±0.18[Cc]	2.90±0.20[Dd]
10	5.50±0.22[Ca]	3.69±0.27[Cc]	5.08±0.29[Cb]	3.55±0.22[Cc]	3.09±0.35[Cd]
20	7.69±0.21[Ba]	5.29±0.29[Bc]	6.54±0.20[Bb]	5.24±0.12[Bc]	4.82±0.29[Bd]
30	11.72±0.28[Aa]	8.48±0.16[Ac]	10.35±0.33[Ab]	8.55±0.33[Ac]	7.64±0.26[Ad]

[1)]Treatments are the same as in Table 1.
[2)]Values with different capital letters within a column differ significantly ($P<0.05$).
[3)]Values with different small letters within a row differ significantly ($P<0.05$).
All values are mean±SD (n=3).

Table 8. Changes in total bacterial cell (log CFU/g) count of sausage treated with different amount of purple sweet potato powder and pigment

Storage days	Treatments[1)]				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	2.04±0.04[Da2)3)]	1.02±0.09[Dd]	1.18±0.12[Dc]	1.32±0.07[Cb]	1.35±0.05[Cb]
10	2.55±0.06[Ca]	1.80±0.05[Cd]	2.12±0.06[Cc]	2.35±0.04[Cb]	2.35±0.05[Cb]
20	3.60±0.03[Ba]	2.15±0.06[Be]	2.39±0.02[Bd]	2.86±0.02[Bc]	2.97±0.02[Bb]
30	4.15±0.03[Aa]	2.91±0.03[Ad]	2.88±0.03[Ad]	3.24±0.05[Ac]	3.67±0.02[Ab]

[1)]Treatments are the same as in Table 1.
[2)]Values with different capital letters within a column differ significantly ($P<0.05$).
[3)]Values with different small letters within a row differ significantly ($P<0.05$).
All values are mean±SD (n=3).

과는 Table 8과 같다. 아질산나트륨 첨가구보다 자색색소 첨가구의 일반세균이 유의적으로 적었으며 자색고구마 색소와 분말 혼합 첨가구(F3, F4)에서는 자색고구마 분말 함량이 많은 F4가 저장 20일 이후부터 일반세균도 많았다. 대조구에 비해 자색색소 첨가구의 일반세균 함량이 적게 검출된 것으로 보아 자색색소에 미생물 억제 효과가 나타났다. 자색색소와 자색고구마 분말 혼합 첨가구(F3, F4)는 자색색소 첨가구에 비해서는 일반세균 함량이 많았으나 대조구보다는 적게 나타났다. 저장기간 동안 자색고구마의 미생물 억제 효과는 자색고구마에 있는 페놀성분의 항균 작용과 자색고구마 추출 색소의 낮은 pH(2.52)로 인해 미생물 증식 억제 효과를 나타낸 것으로 보인다. 쑥을 첨가한 소시지(9), 쑥과 솔잎 분말을 첨가한 소시지(30), 감초와 강황을 첨가한 소시지(29)의 연구에서도 쑥, 솔잎, 감초, 강황 첨가구의 미생물 증식이 억제되었다고 하여 본 실험과 마찬가지로 첨가물에 의한 미생물 억제 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 지방대체제와 젖산나트륨을 소시지에 첨가한 연구(31)에서 지방대체제가 수분을 유리시키지 않고 잘 보유하였고 젖산나트륨 미생물 억제 작용에 의하여 총균수의 증식이 억제되었다고 보고되었다(31). 이와 마찬가지로 돼지고기 대신 첨가한 자색고구마는 상당량의 전분을 함유하고 있어(32) 전분에 의해 재료들의 결착이 잘 이루어져 수분 유리 현상이 나타나지 않고 미생물 억제 효과를 보인 것으로 보인다. 저장 30일째 대조구의 일반세균은 4.15 log CFU/g이었고 처리구는 2.88~3.67 log CFU/g으로 대조구보다 낮게 나타났다.

요 약

자색고구마 분말과 자색색소를 소시지에 첨가하여 나타나는 항산화 활성과 지방산패 및 단백질 변패, 세균증식 억제 효과를 알아보고자 각각의 농도를 달리하여 5종 소시지를 제조하였다. 대조구와 아질산나트륨 0.15% 첨가구, 자색색소 0.2% 첨가구, 자색색소(0.2%)와 자색고구마 분말 5%와 10% 혼합 첨가구로 구분하여 소시지의 총 폴리페놀, 2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능, 산가, 과산화물가, pH, 휘발성염기질소(VBN) 및 일반세균에 대한 실험을 실시하였다. 소시지의 총 폴리페놀 및 DPPH 라디칼 소거능은 자색고구마 함량 증가(0%, 5%, 10%)에 따라 높아져 자색고구마는 소시지의 항산화 활성능을 높여주었다. 지방산패 및 단백질 변패 여부를 알 수 있는 산가와 과산화물가, VBN은 자색고구마 함량 증가에 따라 낮아져 자색고구마의 항산화능으로 인해 지방산패나 단백질 변패에 대한 억제 효과가 나는 것을 알 수 있었다. 자색색소 0.2% 첨가구는 무첨가구보다 지방산패 및 단백질 변패에 대한 억제 효과는 나타났으나 아질산나트륨 0.15% 첨가구의 효과에는 미치지 못하였다. 그러나 자색색소의 pH가 2.52로 상당히 낮아 자색색소 첨가구의 pH가 저장기간 내내 가장 낮은 pH를 유지하였고 아질산나트륨보다 일반세균 증식에 대한 억제 효과를 더 나타내었다. 따라서 자색고구마 분말과 자색색소의 혼합 첨가는 소시지의 항산화 활성을 높여 지방산패, 단백질 변패 억제 효과를 보였으며 자색색소의 낮은 pH로 인해 일반세균에 대한 증식 억제 효과도 나타나 소시지 제조에 적합한 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2014년 국방기술품질원 품질경영본부 원내연구과제비 지원으로 이루어진 연구 결과의 일부이며, 지원에 깊이 감사드립니다.

REFERENCES

1. Park EJ, Park GS. 2012. Quality characteristics of jelly prepared with purple sweet potato powder. *Korean J Food Culture* 27: 730-736.
2. Liu Y, Jeong DH, Jung JH, Kim HS. 2013. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with purple sweet potato power. *Korean J Food Cookery Sci* 2: 275-281.
3. Son JY, Kang KO. 2013. Functional properties of rice noodles supplemented with turmeric, purple sweet potato or seaweed. *J East Asian Soc Dietary Life* 23: 250-256.
4. Lee SM. 2013. A study on the quality characteristics of gruel supplemented with purple sweet potato. *J East Asian Soc Dietary Life* 23: 234-240.
5. Lee JS. 2012. Quality characteristics of wet noodles added with freeze-dried purple sweet potato power. *Korean J Culi-*

nary Res 18: 279-292.
6. Park YM, Kim MH, Yoon HH. 2012. Quality characteristics of *Sulgidduck* added with purple sweet potato. *Korean J Culinary Res* 18: 54-64.
7. 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 Ani Resour* 30: 1014-1023.
8. 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 An* 32: 497-503.
9. Kim YJ. 2011. Effect of the addition method of mugwort on antioxidant effect, total plate counts, and residual nitrite content of emulsified sausages during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 122-128.
10. Choi SH, Kwon HC, An DJ, Park JR, Oh DH. 2003. Nitrite contents and storage properties of sausage added with green tea powder. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 299-308.
11. Korean Food and Drug Administration. 2013. The livestock processing act. p 51.
12. Kang JO, Lee GH. 2003. Effects of pigment of red beet and chitosan on reduced nitrite sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 215-220.
13. Kang JO, Lee SG. 2008. Effects of *Opuntia ficus-indica* pigment and sodium lactate on nitrite reduced sausages. *J Anim Sci & Technol* 50: 551-560.
14. Rhyu MR, Kim EY, Chung KS. 2003. Effects of *Monascus* koji on the quality characteristics of bologna-type sausage. *Korean J Food Sci Technol* 35: 229-234.
15. Lee N, Kim CS, Yu GS, Park MC, Jung WO, Jung UK, Jo YJ, Kim KH, Yook HS. 2015. 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: 896-903.
16. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249.
17. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
18. Korean Food and Drug Administration. 2008. *Korean food standards codex*. Seoul, Korea. p 200.
19. Yun EA, Jung E, Joo N. 2013. Quality characteristics of chicken sausage prepared with turmeric (*Curcuma longa* L.) during cold storage. *J Korean Diet Assoc* 19: 195-208.
20. Jang JS, Chung HJ. 2009. Quality characteristics of almond Dasik with added purple sweet potato powder. *Korean J Food Culture* 26: 756-761.
21. Lee SM, Park GS. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 1-14.
22. Choi SY, Ko SH, Yoo SS. 2011. Quality characteristics of homemade-sausage by addition of red pepper. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 506-513.
23. Lee JW, Choe IS, Kim WS. 2013. Antioxidant and antibacterial effects of carnosic acid on white sausage. *Korean J Organic Agri* 21: 219-232.
24. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35: 582-585.
25. Park JG, Her JH, Li SY, Cho SH, Youn SK, Choi JS, Park SM, Ahn DH. 2005. Study on the improvement of storage property and quality in the traditional seasoning beef containing medicinal herb extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 113-119.
26. Lee JR, Jung JD, Lee JI, Song YM, Jin SK, Kim IS, Kim HY, Lee JH. 2003. The effects of emulsion-type sausages containing mulberry leaf and persimmon leaf powder on lipid oxidation, nitrite, VBN and fatty acid composition. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 1-8.
27. 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: 612-618.
28. Kim HA, Kim BC, Kim YK. 2013. Quality characteristics of sausages added with pepper seed powder and pepper seed oil. *Korean J Food Cookery Sci* 29: 283-289.
29. Cho SH, Jung SA, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Park JG, Park SM, Ahn DH. 2006. Effect of improvement of storage properties and reducing of sodium nitrate by *Glycyrrhiza uralensis* and *Curcula longa* in pork sausage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 997-1004.
30. Kim YJ, Hwangbo S. 2011. Effects of addition of mugwort and pine needle extracts on self-life in emulsified sausage during cold storage. *J Anim Sci Technol* 53: 461-467.
31. Chin KB, Choi SH. 2001. Evaluation of the addition of sodium lactate and a fat replacer in very low-fat bologna (model system) on product quality and shelf-life effect during refrigerated storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 858-864.
32. Kim KE, Kim SS, Lee YT. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1476-1480.