

아질산나트륨 및 비타민 C 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유화형 소시지의 이화학적 품질 특성에 미치는 영향

†강선문 · 맹아란* · 성필남**** · 김진형* · 조수현* · 김윤석*** · 최용수*****

농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과 농업연구사, *농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과 연구원,
농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과 농업연구관, *농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과 농업연구사,
****농촌진흥청 연구정책국 농업연구관, *****농촌진흥청 국립농업과학원 잠사양봉소재과 농업연구사

Effect of Drone Pupa Meal Added as Replacement of Sodium Nitrite and Vitamin C on Physico-chemical Quality Characteristics of Emulsion-type Sausage

†Sun Moon Kang, Ah Ran Maeng*, Pil-Nam Seong****, Jin-Hyoung Kim**,
Soohyun Cho**, Yunseok Kim*** and Yong-Soo Choi*****

Senior-Associate Researcher, Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

*Research Assistant, Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

**Senior Researcher, Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

***Associate Researcher, Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

****Senior Researcher, Planning and Coordination Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Republic of Korea

*****Senior-Associate Researcher, Sericulture and Apiculture Division, National Institute of Agriculture Science,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

Abstract

This study estimated the effect of drone pupa meal (DPM) added as replacement of sodium nitrite (SN) and vitamin C (VC) on physico-chemical quality characteristics of emulsion-type sausages. Samples were prepared either with 150 ppm SN+200 ppm VC (control); 75 ppm SN+100 ppm VC+6.015% DPM (T1); or 12.03% DPM (T2) and then stored at 4°C for 30 days. The pH value decreased ($p<0.05$) with increase in the levels of DPM. Moisture and protein content decreased ($p<0.05$) but fat and ash content increased ($p<0.05$) with higher levels of DPM. T1 and T2 had higher ($p<0.05$) saturated fatty acids content and lower ($p<0.05$) unsaturated and polyunsaturated fatty acids content compared to the control. Lower ($p<0.05$) L^* and a^* values and higher ($p<0.05$) b^* and h° values were exhibited in the T1 and T2 than in the control; and C^* value was the lowest ($p<0.05$) in T2. The TBARS content was the highest ($p<0.05$) in T2, especially, 2 times higher ($p<0.05$) than in the control. T1 and T2 had harder ($p<0.05$) texture compared to the control. These findings suggest that the DPM has no replacement effects against SN and VC in emulsion-type sausage, but it has negative effects on color, lipid oxidation stability, and texture.

Key words: drone pupa, sodium nitrite, vitamin C, sausage

† Corresponding author: Dr. Sun Moon Kang, Senior-Associate Researcher, Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea. Tel: +82-63-238-7394, Fax: +82-63-238-7397, E-mail: smkang1014@naver.com

서 론

소시지는 염지육제품 중 대표적인 분쇄육제품으로써 염지제(curing agents), 향신료를 잘게 갈은 고기와 혼합한 후 동물 내장과 같은 케이싱에 충전하여 가열 또는 비가열한 육제품이다. 소시지의 염지제 중 아질산나트륨(sodium nitrite)은 특유의 염지육색과 풍미를 생성하고, 지방산화와 혐기성 식중독균(*Clostridium botulinum*)의 생장을 억제하는 효과를 가지고 있으나(Sindelar 등 2007; Bergamaschi & Pizza 2011), 고기의 2차 또는 3차 아민류와 반응하여 기형, 돌연변이 및 암을 유발하는 니트로소아민(N-nitrosoamine)을 생성할 수 있다는 유해한 효과도 보고되고 있다(Pourazrang 등 2002; Zarringhalami 등 2009). 이로 인해 현대 소비자들은 염지제를 대체할 수 있을 뿐만 아니라, 인체에 무해한 천연 식품첨가물을 요구하고 있는 실정이다(Alahakoon 등 2015). 최근까지 아질산나트륨 대체재로 셀러리, 시금치, 파슬리, 비트뿌리(Beetroot), 스위스 차드(Swiss chard), 리크(Leek) 등과 같이 질산염을 풍부하게 함유한 야채 추출물과 포도씨 등의 항산화력이 뛰어난 과일 추출물에 대한 연구들이 주로 수행되고 있다(Tsoukalas 등 2011; Sebranek 등 2012; Aquilani 등 2018; Sucu & Turp 2018).

현재 인구과잉, 지구온난화, 환경변화에 따른 세계 식량안보 문제가 제기되면서 새로운 지속가능한 단백질식품이자 사료로써 식용곤충이 부각되고 있다(van Huis 등 2013). 식용곤충은 좋은 에너지 및 단백질 공급원일 뿐만 아니라, 아미노산 및 지방산 조성이 우수하고, 미네랄과 비타민을 풍부하게 함유하고 있다(Rumpold & Schlüter 2013). 국내에서는 전통적으로 식용 또는 약용으로 활용했던 메뚜기(*Acrida lata* 및 *Oxya sinuosa*), 누에(*Bombyx mori*) 외에도 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충, 흰적막이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*) 유충, 장수풍뎅이(*Allomyrina dichotoma*) 유충 및 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*)가 2014, 2015년에 안전성 평가결과에 근거하여 한시적 식품원료로 인정받은 후 2018년에는 일반 식품원료로 전환되어 누구나 이용할 수 있게 되었다(Ghosh 등 2017; MFDS 2018).

꿀벌(*Apis cerana* 및 *Apis mellifera*)은 꿀, 로열젤리(Royal jelly), 봉독, 프로폴리스(Propolis) 등 인간에게 유용한 식용 및 약용산물을 생산하는 반면, 수벌의 경우 양봉산물을 생산하지 않아 여왕벌과의 번식용으로만 이용되어 수벌번데기는 폐기처분하고 있는 실정이다(Kim 등 2018). 본초강목(本草綱目)과 같은 우리나라 의학서에는 수벌번데기의 약리 효과가 소개되어 있을 뿐만 아니라, 미국과 유럽의 여러 나라들에서는 고단백 영양식으로 판매되고 있다(Choi 등 2009). 국내에서는 수벌번데기를 식품원료로 등록하고자 몇몇 연구들이 영양적 가치를 평가하였으며, 그 결과, 비타민 A, B, E를 풍부하

게 함유하고 있고, 이의 추출물의 경우, 유리 라디칼 소거능을 보유하고 있다고 보고한 바 있다(Choi 등 2009; Kim 등 2016). 하지만 현재까지 갈색거저리 유충과 같이(Kim 등 2015; Min 등 2016; Cho 등 2017; Kim YM 2017; Lee 등 2017; Kim & Ryu 2018) 식품 소재로 활용한 연구는 보고되지 않았다. 따라서 본 연구는 선행연구에서 보고된 수벌번데기의 영양적 특성을 고려하여 유화형 소시지에서 아질산나트륨 및 비타민 C 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 이화학적 품질 특성에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 수벌번데기 분말 제조

수벌번데기는 지역 양봉농가에서 냉동 상태로 구입하여 이용하였다. 우선, 4°C 냉장고(DS-95P, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Gyeonggi-do, Korea)에서 24시간 동안 해동하고, 증류수에 담가 세척한 후 40°C 및 50°C에서 24시간 건조하였다. 건조물은 가정용 식품 분쇄기(FM-700SS, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 미세하게 갈은 다음 진공포장(FJ-750D, Jiwo Eng, Hwaseong, Gyeonggi-do, Korea)하여 실험 직전까지 -70°C deep freezer(DFU-740CUS, Operon Co., Ltd., Gimpo, Gyeonggi-do, Korea)에 보관하였다.

2. 유화형 소시지 제조 및 실험설계

돼지 뒷다리육과 돼지 등지방은 지역 식육가공장으로부터 신선한 냉장육을 구입하여 이용하였다. 우선, 뒷다리육에서 등지방, 결체조직, 혈액을 제거하고, 약 3×3×3 cm 크기로 정형한 후 meat chopper(DCP-170F, Daehan Machinery Co., Ltd., Gimpo, Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 뒷다리육과 등지방을 5 mm 입자로 분쇄하였다. 분쇄육은 아질산나트륨, 비타민 C 및 수벌번데기 분말의 첨가 수준에 따라 세 처리구(Control, T1 및 T2)로 나누어 Table 1의 배합비와 같이 소시지로 제조하였으며, 배합비의 경우, Jung 등(2015)의 배합비를 약간 수정하여 적용하였다. 소시지 유화물은 vacuum silent cutter (VSM65, K+G Wetter GmbH, Breidenstein, Hesse, Germany)를 이용하여 진공 상태에서 총 10분 동안 혼합하여 제조한 후 vacuum stuffer(VF610, Handtmann Inc., IL, USA)를 이용하여 fibrous casing(φ6 cm, Viscofan, Tajonar, Navarra, Spain)에 충전하였다. 충전된 유화물은 훈연가열기(SMK House ITS-40E, Daejeon, Korea)에 넣고 발색(50°C, RH 30%, 15분), 건조(55°C, RH 1%, 20분), 훈연(55°C, RH 0%, 40분)을 순차적으로 실시한 다음 소시지 심부온도(Thermo recorder TR-71wf, T&D Corp., Nagano, Matsumoto, Japan)가 72°C에 도달할 때까지 가열(78°C, RH 99%)하였다. 완성된 소시지는 흐르는 물에 담가

Table 1. Formulas of experimental sausages

Items (%)	Treatment ¹⁾		
	Control	T1	T2
Pork leg meat	82.00	76.00	70.00
Pork backfat	5.00	5.00	5.00
Ice	10.00	10.00	10.00
Drone pupa meal	-	6.015	12.03
Sodium nitrite	0.01	0.005	-
Vitamin C	0.02	0.01	-
Refined salt	1.40	1.40	1.40
White sugar	1.10	1.10	1.10
Phosphates	0.20	0.20	0.20
Allspice	0.02	0.02	0.02
Black pepper powder	0.05	0.05	0.05
Garlic powder	0.10	0.10	0.10
Onion powder	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00

¹⁾ Control: sausage added with 100 ppm sodium nitrite and 200 ppm vitamin C; T1: sausage added with 6.015% (w/w) drone pupa meal, 50 ppm sodium nitrite and 100 ppm vitamin C; T2: sausage added with 12.03% (w/w) drone pupa meal.

심부온도가 10℃ 이하로 예비냉각하고, 진공포장한 후 4℃에 30일 동안 저장하면서 품질을 분석하였다.

3. pH 측정

시료의 pH는 homogenizer(PT-MR 2100, Kinematica AG, Littau, Luzern, Switzerland)를 이용하여 증류수와 1:9 비율로 968×g에서 1분 동안 균질한 후 pH meter(SevenEasy pH S20K, Mettler-Toledo AG, Schwerzenbach, Zurich, Switzerland)로 측정하였다.

4. 일반성분 함량 측정

수벌번데기 분말의 일반성분 함량은 AOAC(2007) 방법에 의해 실시하였다. 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분 함량은 각각 105℃ 상압가열건조법, ether 추출법, element analyzer(Rapid N Cube, Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Hesse, Germany)와 550℃ 회화법을 이용하여 측정하였다. 소시지의 일반성분 함량은 near-infrared spectrophotometer (FoodScan™ Lab Type, Foss Analytical A/S, Hillerød, Hovedstaden, Denmark)를 이용하여 측정하였다. 최종 결과는 소시지 무게(g)의 백분율(%)로 산출하였다.

5. 지방산 조성 분석

시료의 지방은 Folch 등(1957)의 방법에 의해 추출하고,

0.88%(w/v) KCl 6 mL를 첨가한 후 2℃, 1,865×g(Avanti J-E Centrifuge, Beckman Coulter Inc., Palo Alto, CA, USA)에서 10분 동안 원심분리하였다. 분리된 상층액을 제거하고 하층액을 sodium sulfate anhydrous를 넣은 Whatman filter paper No. 1로 여과한 다음 38℃에서 농축하였다. 농축된 지질(200 µL)은 David 등(2003)의 방법에 의해 0.5 N NaOH와 14%(w/v) boron trifluoride(in methanol)를 첨가하여 methyl화시킨 후 증류수 5 mL와 *n*-hexane 2 mL를 넣고 2℃, 1,865×g에서 5분간 원심분리하였다. 이후 상층액 1 mL를 HP-Innowax column(30 m length×0.32 mm i.d.×0.25 µm film thickness, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)이 장착된 GC(CP-3800, Varian, Inc., Middelburg, Zeeland, Netherlands)를 이용하여 분석하였다. 이때 분석 조건은 injector 260℃, FID 280℃, carrier gas(He) flow rate 1 mL/min, split ratio 1/20이었으며, oven temperature의 경우, 150℃에서 1분 동안 유지한 후 200℃까지 분당 15℃씩 올리고 연이어 250℃까지 분당 2℃씩 올린 다음 250℃에서 10분 동안 유지하였다. 최종 결과는 시료 지방산의 retention time을 standard(47015-U, PUFA No. 2 Animal Source, Supelco, Bellefonte, Pennsylvania, USA)와 비교하여 정성한 후 전체 지방산 peak 면적에 대한 각각의 지방산 peak 면적의 백분율(%)로 산출하였다.

6. 색깔 측정

시료의 명도(L*), 적색도(a*) 및 황색도(b*)는 chroma meter (CR-400, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Kansai, Japan, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 측정 직전에 백색 표준판 (L*=97.46, a*=0.08, b*=1.81; Light source: illuminant C; CR-A43, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)으로 보정하였다. Chroma(C*) 및 hue-angle(h°)은 각각 $(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$ 와 $\cotan(b^*/a^*)$ 로 산출하였다.

7. 지방산화물 함량 측정

지방산화물 함량은 Sinnhuber & Yu(1977)의 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 방법에 따라 실시하였다. 시료 0.5 g(Blank: 증류수 0.5 mL)과 복합항산화제(3%(w/w) butylated hydroxyanisole-54%(w/w) propylene glycol-3%(w/w) butylated hydroxytoluene-40%(w/w) Tween 20) 200 µL, 1%(w/v) thio-barbituric acid-0.3%(w/v) NaOH 3 mL를 vortex-mixing하고, 2.5%(w/v) trichloroacetic acid-3.6 mM HCl 17 mL를 첨가한 다음 100℃에서 30분 동안 가열하였다. 상층액 5 mL와 chloroform 3 mL를 원심분리용 tube에 넣고 20℃, 3,000×g에서 15분 동안 원심분리한 후 532 nm(UV-1240, Shimadzu Corp., Kyoto, Kansai, Japan)에서 상층액의 흡광도를 측정하였다. 최종적으로 도출된 시료와 blank의 흡광도를 이용하여 시료 1 kg당 mg malondialdehyde(MDA)로 산출하였다.

8. 조직감 측정

시료의 조직감(Texture profile analysis)은 Bourne MC(1978)의 방법에 준하여 실시하였다. Texture analyzer(Universal testing machine 5543, Instron Corp., Norwood, MA, USA; Load cell: 500 N)를 이용하여 cylindrical probe(ϕ 1 cm)를 1 mm/s 속도로 시료 높이(1.5 cm)의 50% 수준까지 압착하였다. 최종 결과는 경도(Hardness, kgf), 응집성(Cohesiveness), 탄력성(Springiness, mm), 검성(Gumminess, kgf), 씹힘성(Chewiness, kgf \times mm)으로 산출하였다.

9. 통계분석

본 실험을 통해 얻은 모든 데이터의 통계분석은 SPSS(2016) program을 이용하여 실시하였다. 수벌번데기 분말의 첨가가 pH, 일반성분 함량 및 지방산 조성에 미치는 영향은 one-way Analysis of Variance(ANOVA), 수벌번데기 분말의 첨가 및 저장기간이 색깔, 지방산화물 함량 및 조직감에 미치는 영향은 two-way ANOVA에 의해 분석하였다. 각 평균들간의 유의성 차이는 Duncan's multiple range test에 의해 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. pH 및 일반성분 함량

아질산나트륨 및 비타민 C의 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유화형 소시지의 pH 및 일반성분 함량에 미치는 영향은 Table 2와 같다. pH는 T2가 5.89로 소시지 처리구들 중에서 유의적으로 가장 낮게 나타났으며($p<0.05$), T1의 경우, 6.10으로 대조구(6.35)보다 유의적으로 낮은 pH를 보였다($p<0.05$).

Table 2. Effect of drone pupa meal added as replacement of sodium nitrite and vitamin C on pH value and proximate composition of emulsion-type sausage

Items	Treatment ¹⁾		
	Control	T1	T2
pH	6.35 \pm 0.01 ^a	6.10 \pm 0.01 ^b	5.89 \pm 0.01 ^c
Moisture (%)	65.48 \pm 0.51 ^a	62.44 \pm 0.45 ^b	57.71 \pm 0.22 ^c
Crude fat (%)	4.17 \pm 0.10 ^c	5.49 \pm 0.14 ^b	8.79 \pm 0.15 ^a
Crude protein (%)	27.26 \pm 0.66 ^a	25.37 \pm 0.73 ^b	21.95 \pm 0.62 ^c
Crude ash (%)	1.90 \pm 0.15 ^c	5.26 \pm 0.08 ^b	6.03 \pm 0.01 ^a

^{a-c} Means \pm S.D. in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾ Control: sausage added with 100 ppm sodium nitrite and 200 ppm vitamin C; T1: sausage added with 6.015% (w/w) drone pupa meal, 50 ppm sodium nitrite and 100 ppm vitamin C; T2: sausage added with 12.03% (w/w) drone pupa meal.

본 실험결과에서 수벌번데기 분말의 첨가량이 높을수록 유화형 소시지의 pH가 감소한 이유는 수벌번데기 분말 자체의 pH(4.96)가 영향을 미쳤기 때문이다. 현재까지 수벌번데기 분말의 첨가에 따른 식품의 이화학적 품질에 대한 연구는 보고되지 않았으나, 일부 선행연구에서 다른 종의 곤충 분말의 첨가 효과에 대해 보고된 바 있다. Kim YM(2017)의 보고에 따르면, 갈색거저리 분말을 식빵에 첨가했을 때 식빵의 pH가 감소되었을 뿐만 아니라, 첨가량이 증가할수록 pH가 더 감소되었으며, 이는 본 연구와 유사한 결과였다.

일반성분들 중 수분 및 조단백질 함량(Table 2)은 T2 < T1 < 대조구 순으로 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 이와 반대로 조지방 및 조회분 함량(Table 2)은 T2가 유의적으로 가장 높은 수치를 보였으며($p<0.05$), T1의 조지방 및 조회분 함량이 대조구보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 본 실험 결과는 갈색거저리 분말의 첨가량이 증가할수록 도토리묵의 조지방, 조단백질 및 조회분 함량이 증가했다는 Lee 등(2017)의 보고와 일부 유사하였다. 이러한 결과는 첨가된 수벌번데기 분말의 일반성분 함량(수분 11.44%, 조지방 25.38%, 조단백질 57.36%, 조회분 3.37%)이 소시지의 일반성분 함량에 영향을 미쳤기 때문이며, 특히, 지방과 조회분 함량에서 가장 큰 변화를 보였다. 수벌번데기를 포함한 갈색거저리, 귀뚜라미 등의 곤충 건조식품은 양질의 단백질 공급원일 뿐만 아니라, 다량의 지방과 회분을 함유하고 있으며, 수벌번데기의 경우 성충보다 높은 수분과 지방 함량을 가지고 있다(Ghosh 등 2016, 2017).

2. 지방산 조성

아질산나트륨 및 비타민 C의 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유화형 소시지의 지방산 조성에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 본 실험에서 분석된 14개 지방산들 중 C16:0(Palmitic acid), C18:1n9(Oleic acid) 및 C18:3n3(Linolenic acid) 함량은 T2가 대조구보다 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$), C16:0(Palmitic acid) 함량의 경우, T1 역시 대조구보다 현저하게 높은 수치를 보였다($p<0.05$). 반면에 C16:1n7(Palmitoleic acid), C18:0(Stearic acid), C18:1n7(*trans*-vaccenic acid), C18:2n6(Linoleic acid), C18:3n6(γ -linolenic acid), C20:1n9(Eicosenoic acid), C20:4n6(Arachidonic acid), C22:4n6(Docosapentaenoic acid) 및 C22:6n3(Docosahexaenoic acid) 함량은 T1과 T2가 대조구보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 이중 C16:1n7(Palmitoleic acid), C18:1n7(*trans*-vaccenic acid), C18:2n6(Linoleic acid), C20:1n9(Eicosenoic acid) 및 C20:4n6(Arachidonic acid)의 경우, T2가 T1에 비해 유의적으로 낮은 함량을 보였다($p<0.05$). 포화지방산(Saturated fatty acids, SFA) 함량은 T1과 T2가 42.40% 및 42.41%로 대조구의 36.89%보다 유의적으로 높게

Table 3. Effect of drone pupa meal added as replacement of sodium nitrite and vitamin C on fatty acid composition of emulsion-type sausage

Items (%)	Treatment1)		
	Control	T1	T2
C14:0 (Myristic acid)	1.82±0.06 ^a	1.74±0.04 ^b	1.81±0.03 ^a
C16:0 (Palmitic acid)	22.22±2.49 ^b	29.31±1.34 ^a	29.47±1.19 ^a
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	1.91±0.07 ^a	1.53±0.05 ^b	1.48±0.04 ^c
C18:0 (Stearic acid)	12.85±0.48 ^a	11.35±0.20 ^b	11.12±0.52 ^b
C18:1n9 (Oleic acid)	41.35±1.28 ^b	40.76±0.96 ^b	42.86±0.70 ^a
C18:1n7 (<i>trans</i> -vaccenic acid)	0.19±0.01 ^a	0.15±0.01 ^b	0.13±0.01 ^c
C18:2n6 (Linoleic acid)	17.09±0.60 ^a	13.01±0.32 ^b	11.10±0.39 ^c
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	0.10±0.02 ^a	0.06±0.01 ^b	0.06±0.01 ^b
C18:3n3 (Linolenic acid)	0.58±0.02 ^c	0.61±0.02 ^b	0.67±0.01 ^a
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	0.79±0.03 ^a	0.67±0.01 ^b	0.61±0.01 ^c
C20:4n6 (Arachidonic acid)	0.89±0.05 ^a	0.67±0.01 ^b	0.57±0.01 ^c
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	0.02±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
C22:4n6 (Docosapentaenoic acid)	0.17±0.02 ^a	0.12±0.01 ^b	0.10±0.01 ^b
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	0.02±0.01 ^a	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b
SFA ²⁾	36.89±1.98 ^b	42.40±1.27 ^a	42.41±1.06 ^a
UFA ³⁾	63.11±1.98 ^a	57.60±1.27 ^b	57.59±1.06 ^b
MUFA ⁴⁾	44.24±1.35 ^{ab}	43.11±1.02 ^b	45.07±0.73 ^a
PUFA ⁵⁾	18.87±0.67 ^a	14.49±0.33 ^b	12.52±0.41 ^c

^{a-c} Means±S.D. in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾ Control : sausage added with 100 ppm sodium nitrite and 200 ppm vitamin C; T1 : sausage added with 6.015% (w/w) drone pupa meal, 50 ppm sodium nitrite and 100 ppm vitamin C; T2 : sausage added with 12.03% (w/w) drone pupa meal.

²⁾ Saturated fatty acids.

³⁾ Unsaturated fatty acids.

⁴⁾ Monounsaturated fatty acids.

⁵⁾ Polyunsaturated fatty acids.

나타났던 반면($p<0.05$), 불포화지방산(Unsaturated fatty acids) 함량은 T1과 T2가 57.60% 및 57.59%로 대조구의 63.11% 보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 다가불포화지방산(Monounsaturated fatty acids) 함량은 T2가 가장 높은 경향을 보였으며, 다가불포화지방산(Polyunsaturated fatty acids) 함량의 경우, T2 < T1 < 대조구 순으로 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 따라서 본 연구에서 수벌번데기 분말의 첨가는 유화형 소시지의 C16:0을 비롯한 포화지방산 함량을 현저하게 증가시켰으나, C18:2n6을 비롯한 다가불포화지방산 함량을 현저하게 감소시켰다. 본 실험결과에서 수벌번데기 분말의 첨가에 따라 유화형 소시지의 포화지방산 함량이 증가하고, 다가불포화지방산 함량이 감소한 이유는 수벌번데기 분말의 지방산 조성(C14:0 2.00%, C16:0 35.69%, C16:1n7 0.38%, C18:0 12.48%, C18:1n9 47.55%, C18:2n6 0.64%, C18:3n3 0.88%, C20:1n9 0.10%, C20:5n3 0.02%, C22:6n3 0.26%, 포화지방산

50.17%, 불포화지방산 49.83%, 다가불포화지방산 48.02%, 다가불포화지방산 1.81%)이 영향을 미쳤기 때문이다. Ghosh 등(2016)은 수벌번데기 건조물의 지방산 조성은 포화지방산 51.0%(C12:0 0.4%, C14:0 2.9%, C16:0 35.1%, C18:0 12.6%), 불포화지방산 49.0%, 다가불포화지방산 49.0%(C16:1n7 0.6%, C18:1n9 47.6%, C20:1n9 0.8%)로 구성되어 있다고 보고하여 본 연구와 유사한 수치를 보고하였다. 또한, Kim 등(2018)의 연구에서도 수벌번데기 건조물의 포화지방산 함량(57.62%)이 불포화지방산 함량(42.38%)보다 높게 나타나 본 실험결과와 유사한 경향을 보였다.

3. 색깔

아질산나트륨 및 비타민 C의 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유화형 소시지에서 저장 중 색깔에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 명도(L*), 적색도(a*) 및 chroma(C*)는 모든 저장기

Table 4. Effect of drone pupa meal added as replacement of sodium nitrite and vitamin C on color of emulsion-type sausage at 4°C for 30 days

Items	Storage time (d)	Treatment ¹⁾		
		Control	T1	T2
Lightness (L*)	0	69.14±0.28 ^a	55.53±0.30 ^b	49.64±0.25 ^{cB}
	15	68.28±0.46 ^a	55.89±0.14 ^b	50.22±0.33 ^{cAB}
	30	68.84±0.57 ^a	55.86±0.28 ^b	50.37±0.31 ^{cA}
Redness (a*)	0	10.12±0.07 ^a	6.60±0.19 ^b	4.35±0.08 ^{cA}
	15	10.25±0.13 ^a	6.66±0.02 ^b	4.17±0.01 ^{cAB}
	30	10.46±0.26 ^a	6.70±0.15 ^b	4.03±0.03 ^{cB}
Yellowness (b*)	0	7.99±0.06 ^{cB}	11.42±0.10 ^{bB}	11.59±0.10 ^{aC}
	15	8.70±0.04 ^{cA}	11.66±0.12 ^{bA}	11.72±0.08 ^{aB}
	30	8.58±0.02 ^{cA}	11.80±0.02 ^{bA}	12.09±0.12 ^{aA}
Chroma (C*)	0	12.89±0.04 ^{bB}	13.19±0.11 ^{aB}	12.38±0.12 ^{cB}
	15	13.45±0.12 ^{aA}	13.43±0.09 ^{aA}	12.44±0.08 ^{bB}
	30	13.53±0.19 ^{aA}	13.57±0.06 ^{aA}	12.75±0.11 ^{bA}
hue-angle (h°)	0	38.28±0.38 ^{cB}	59.96±0.69 ^b	69.40±0.22 ^{aC}
	15	40.33±0.28 ^{cA}	60.27±0.33 ^b	70.39±0.10 ^{aB}
	30	39.35±0.76 ^{cB}	60.40±0.58 ^b	71.57±0.25 ^{aA}

^{a-c} Means±S.D. in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

^{A-C} Means±S.D. in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾ Control: sausage added with 100 ppm sodium nitrite and 200 ppm vitamin C; T1: sausage added with 6.015% (w/w) drone pupa meal, 50 ppm sodium nitrite and 100 ppm vitamin C; T2: sausage added with 12.03% (w/w) drone pupa meal.

간 동안 T1과 T2가 대조구보다 유의적으로 낮게 나타났다 ($p<0.05$). 또한, T2의 명도와 적색도는 저장기간 동안 T1에 비해 유의적으로 낮은 수치를 보였다($p<0.05$). 이와 반대로 황색도(b^*) 및 hue-angle(h°)은 저장기간 동안 T1과 T2가 대조구보다 유의적으로 높은 수치를 보였을 뿐만 아니라($p<0.05$), T2가 T1보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 저장기간에 따른 가열 소시지의 색깔 변화를 살펴보면(Table 4), 황색도는 저장 15일째에 T1과 대조구에서 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$), T2의 경우 저장 15일과 30일 모두에서 유의적인 증가를 나타내었다($p<0.05$). Chroma는 모든 처리구 소시지들이 공통적으로 저장기간 동안 증가하는 경향을 보였으며, 특히, T1과 대조구의 경우 저장 15일째, T2의 경우 저장 30일째에 유의적인 증가를 보였다($p<0.05$). 본 연구에서 수벌번데기 분말의 첨가에 의해 유화형 소시지의 색깔이 어둡고 노랗게 된 이유는 수벌번데기 분말 자체의 어둡고 검은 색깔(명도=50.00, 적색도=3.33, 황색도=10.88, chroma=11.38, hue-angle=72.92) 때문이었다. 수벌번데기 분말의 첨가가 식품의 색깔에 미치는 영향에 대한 연구는 현재까지 보고되지 않았으나, 일부 다른 종의 곤충 분말의 첨가 효과에 대한 연구는 수행된 바 있다. Cho 등(2017)은 갈색겨저리 분말의 첨가 수

준(0%, 10%, 20%)이 증가함에 따라 압출성형 쌀 스펙의 적색도와 황색도가 증가했던 반면, 명도는 감소했다고 본 연구와 일부 유사한 결과를 보고하였다. 뿐만 아니라, Min 등(2016)은 고구마를 주재료로 한 쿠키에서 갈색겨저리 분말의 첨가량(0%, 12.5%, 25%, 37.5%)이 증가할수록 명도와 황색도는 감소했으나, 적색도의 경우 현저하게 증가했다고 보고되었다. 이를 미루어 봤을 때 수벌번데기 분말을 식품에 첨가했을 때 명도는 식품의 종류에 관계없이 동일하게 감소하나, 적색도와 황색도는 식품의 주재료 자체가 가지고 있는 적색도와 황색도 수준에 의해 증감이 좌우되는 것으로 판단된다.

4. 지방산화물 함량

아질산나트륨 및 비타민C의 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유화형 소시지에서 저장 중 지방산화물(2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances: TBARS) 함량에 미치는 영향은 Table 5와 같다. TBARS법은 식품 연구에서 가장 많이 사용되는 지방산화도 분석법으로써 식품 내의 2차 지방산화물 중 하나인 malondialdehyde를 TBA와 반응시켜 생성된 붉은 색 화합물을 532 nm에서 정량하는 방법이다(Diaz 등 2014). 따라서 TBARS는 malondialdehyde를 의미하며, 이 물질은 다가불포화지방산

Table 5. Effect of drone pupa meal added as replacement of sodium nitrite and vitamin C on 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) content of emulsion-type sausage at 4°C for 30 days

Item	Storage time (d)	Treatment ¹⁾		
		Control	T1	T2
TBARS (mg MDA ²⁾ /kg sausage)	0	0.27±0.02 ^{cC}	0.67±0.03 ^{bC}	1.23±0.06 ^{aC}
	15	0.47±0.07 ^{cB}	0.83±0.04 ^{bB}	1.29±0.03 ^{aB}
	30	0.53±0.03 ^{cA}	0.87±0.10 ^{bA}	1.35±0.06 ^{aA}

^{a-c} Means±S.D. in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

^{A-C} Means±S.D. in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾ Control: sausage added with 100 ppm sodium nitrite and 200 ppm vitamin C; T1: sausage added with 6.015% (w/w) drone pupa meal, 50 ppm sodium nitrite and 100 ppm vitamin C; T2: sausage added with 12.03% (w/w) drone pupa meal.

²⁾ MDA: malondialdehyde.

의 산화에 의해 생성된 과산화지질(Lipid hydroperoxides)이 분해됨으로써 만들어진다(Gomes 등 2003). 본 실험에서 malondialdehyde 함량은 T1과 T2가 저장 0일째부터 대조구보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 특히, T2가 대조구보다 2.5~4.5배로 현저히 높은 malondialdehyde 함량을 보였을 뿐만 아니라, T1보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 저장기간에 따른 malondialdehyde 함량의 변화를 보면, 모든 처리구 소시지들에서 저장기간 동안 증가하는 것으로 나타났다. 그중 T2에서는 저장 30일, T1과 대조구의 경우 저장 15일에 유의적인 증가를 보였다($p<0.05$). 따라서 가열 소시지에서 수벌번데기 분말의 지방산화 억제력은 아질산나트륨과 비타민 C보다 현저히 낮은 것으로 나타났다. 수벌번데기 분말의 첨가에 따른 육제품의 지방산화에 대한 연구는 보고된 바 없으나, 일부 선행연구에서 다른 종의 곤충 분말의 첨가가 농식품의 지방산화에 미치는 영향에 대해 보고되었다. Kim & Ryu(2018)는 압출성형한 쌀가루 이유식에 갈색거저리 분말을 15% 및 30% 첨가했을 때, malondialdehyde 함량이 무첨가구에 비해 6~18배 가까이 현저하게 증가했을 뿐만 아니라, 30% 첨가구가 15% 첨가구보다 더 높은 수준의 지방산화를 보였다고 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. 수벌번데기 분말이 항산화 성분(비타민 B, D, E)을 풍부하게 함유하고 있음에도 불구하고(Choi 등 2009), 가열 소시지의 지방산화를 촉진시켰던 이유는 소시지 제조 공정(혼합, 유회, 혼연, 가열) 중 발생하는 열에 의한 지방산화를 억제하기에는 항산화 성분의 함유량이 적었거나(Deda 등 2007; Vossen 등 2012), 수벌번데기 분말 자체가 가지고 있었던 지방산화물(Malondialdehyde 함량:

1.34 mg/kg) 때문인 것으로 판단된다.

5. 조직감

아질산나트륨 및 비타민 C의 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유회형 소시지에서 저장 중 조직감에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 경도(Hardness)는 T2가 저장기간 동안 T1과 대조구보다 높게 나타났으며, 유의적인 차이는 저장 15일부터 보였다($p<0.05$). 응집성(Cohesiveness), 검성(Gumminess) 및 씹힘성(Chewiness)은 T1과 T2가 저장기간 동안 대조구보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 저장기간에 따른 처리구 소시지들의 조직감 변화를 살펴보면 경도, 검성 및 씹힘성은 모든 처리구 소시지들에서 공통적으로 저장기간 동안 증가하였으며, 유의적인 차이는 저장 15일째에 나타났다($p<0.05$). 본 실험결과는 갈색거저리 분말의 첨가 수준이 증가함에 따라 쿠키의 경도가 증가했다는 Min 등(2016)과 두부 패티의 경도, 검성, 씹힘성이 증가했다는 Kim 등(2015)의 보고들과 동일하였다. 수벌번데기를 비롯한 곤충 분말을 첨가 시 식품의 조직감이 단단해지는 이유는 첨가한 곤충 분말의 수분 함량이 식품의 주재료보다 낮아, 이로 인해 식품 내에 수분이 차지하고 있던 미세 공간이 좁아지고 조직감이 더욱 견고해졌기 때문이다.

요약 및 결론

본 연구는 아질산나트륨 및 비타민 C의 대체로 첨가한 수벌번데기 분말이 유회형 소시지의 이화학적 품질 특성에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 시료는 아질산염, 비타민 C 및 수벌번데기 분말의 첨가 수준에 따라 각각 아질산나트륨 150 ppm+비타민 C 200 ppm(대조구), 아질산나트륨 75 ppm+비타민C 100 ppm+수벌번데기 분말 6.015%(T1) 또는 수벌번데기 분말 12.03%(T2)을 첨가하여 제조한 후 4°C에 30일 동안 저장하였다. pH는 수벌번데기 분말의 첨가 수준이 증가함에 따라 현저하게 감소하였다($p<0.05$). 일반성분 함량은 수벌번데기 분말의 첨가 수준이 높은 소시지에서 낮은 수분 및 조단백질 함량과 높은 조지방 및 조회분 함량을 보였다($p<0.05$). 지방산 조성은 T1과 T2가 대조구에 비해 포화지방산 함량이 높았으나($p<0.05$), 불포화지방산 및 다가불포화지방산 함량은 낮았다($p<0.05$). 색깔은 T1과 T2가 대조구보다 현저하게 낮은 명도(L^*) 및 적색도(a^*)와 높은 황색도(b^*) 및 hue-angle(h°)을 보였으며($p<0.05$), T2의 경우 가장 낮은 chroma(C^*)를 나타내었다($p<0.05$). 지방산화물(TBARS) 함량은 T2가 가장 높았으며($p<0.05$), 특히, 대조구보다 2배 이상 높았다. 조직감은 T1과 T2가 저장기간 동안 대조구에 비해 단단한 특성을 보였다($p<0.05$). 따라서 유회형 소시지에서 수벌번데기

Table 6. Effect of drone pupa meal added as replacement of sodium nitrite and vitamin C on textural parameters of emulsion-type sausage at 4°C for 30 days

Items	Storage time (d)	Treatment ¹⁾		
		Control	T1	T2
Hardness (kgf)	0	0.47±0.02 ^B	0.45±0.02 ^B	0.49±0.02 ^B
	15	0.58±0.03 ^{ba}	0.60±0.01 ^{ba}	0.67±0.04 ^{aA}
	30	0.60±0.02 ^{ba}	0.63±0.02 ^{ba}	0.69±0.03 ^{aA}
Cohesiveness	0	0.86±0.21 ^{bb}	1.76±0.05 ^a	1.73±0.05 ^a
	15	1.29±0.32 ^{baB}	1.70±0.05 ^a	1.77±0.02 ^a
	30	1.58±0.01 ^{ba}	1.71±0.07 ^a	1.74±0.02 ^a
Springiness (mm)	0	11.72±1.59	10.77±0.33 ^B	10.49±0.57 ^B
	15	13.10±0.35	13.32±0.60 ^A	13.11±0.27 ^A
	30	12.95±0.42	13.45±0.78 ^A	13.54±0.12 ^A
Gumminess (kgf)	0	0.39±0.08 ^{bb}	0.78±0.01 ^{ab}	0.86±0.04 ^{ab}
	15	0.76±0.17 ^{ba}	1.03±0.04 ^{aA}	1.18±0.08 ^{aA}
	30	0.94±0.04 ^{ca}	1.07±0.04 ^{ba}	1.21±0.06 ^{aA}
Chewiness (kgf×mm)	0	4.65±1.51 ^{bb}	8.43±0.21 ^{ab}	9.02±0.89 ^{ab}
	15	9.92±2.14 ^{ba}	13.68±0.64 ^{aA}	15.49±1.39 ^{aA}
	30	12.21±0.97 ^{ca}	14.39±0.58 ^{ba}	16.39±0.77 ^{aA}

^{a-c} Means±S.D. in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

^{A-B} Means±S.D. in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾ Control: sausage added with 100 ppm sodium nitrite and 200 ppm vitamin C; T1: sausage added with 6.015% (w/w) drone pupa meal, 50 ppm sodium nitrite and 100 ppm vitamin C; T2: sausage added with 12.03% (w/w) drone pupa meal.

분말의 첨가는 색깔, 지방산화안정성 및 조직감에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타나, 아질산나트륨 및 비타민 C 대체 효과가 없었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립축산과학원 고유연구사업(과제 번호: PJ012604)에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

References

- Alahakoon AU, Jayasena DD, Ramachandra S, Jo C. 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends Food Sci Technol* 45:37-49
- AOAC. 2007. The Association Official Methods of Analysis. 18th ed
- Aquilani C, Sirtori F, Flores M, Bozzi R, Lebret B, Pugliese C. 2018. Effect of natural antioxidants from grape seed and chestnut in combination with hydroxytyrosol, as sodium nitrite substitutes in Cinta Senese dry-fermented sausages. *Meat Sci* 145:389-398
- Bergamaschi M, Pizza A. 2011. Effect of pork meat pH on iron release from heme molecule during cooking. *J Life Sci* 5: 376-380
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol* 32: 62-66
- Cho SY, Jeong DH, Ryu GH. 2017. Effect of extrusion process variable on physicochemical properties of extruded rice snack with mealworm. *Korean J Food Sci Technol* 49:444-452
- Choi YS, Lee, ML, Lee MY, Kim HK, Lee KG, Yeo JH, Woo SO. 2009. Management for high quality drone products. *Korean J Apiculture* 24:1-7
- David F, Sandra P, Wylie PL. 2003. Food application: Improving the analysis of fatty acid methyl esters using retention time locked methods and retention time databases. Agilent Technologies Inc
- Deda MS, Bloukas JG, Fista GA. 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Sci* 76:501-508
- Díaz P, Linares MB, Egea M, Auqui SM, Garrido MD. 2014.

- TBARs distillation method: Revision to minimize the interference from yellow pigments in meat products. *Meat Sci* 98:569-573
- Folch JM, Lees M, Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification and total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226:497-509
- Ghosh S, Jung C, Meyer-Rochow VB. 2016. Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. *J Asia-Pac Entomol* 19:487-495
- Ghosh S, Lee SM, Jung C, Meyer-Rochow VB. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *J Asia-Pac Entomol* 20:686-694
- Gomes HA, Silva EN, Nascimento MRL, Fukuma HT. 2003. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chem* 80:433-437
- Jung S, Kim HJ, Park S, Yong HI, Choe JH, Jeon HJ, Choe W, Jo C. 2015. The use of atmospheric pressure plasma-treated water as a source of nitrite for emulsion-type sausage. *Meat Sci* 108:132-137
- Kim HM, Kim JN, Kim JS, Jeong MY, Yun EY, Hwang JS, Kim AJ. 2015. Quality characteristics of patty prepared with mealworm powder. *Korean J Food Nutr* 28:813-820
- Kim JE, Kim SG, Kang SJ, Kim YH. 2016. Physico-chemical characteristics of done pupa and major pollens. pp.142. *The 31st Conferences of the Apicultural Society of Korea and Symposium*
- Kim NY, Ryu GH. 2018. Effects of mealworm content and extrusion process on quality characteristics of extruded rice flour infant food. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:476-484
- Kim SG, Woo SO, Bang KW, Jang HR, Han SM. 2018. Chemical composition of drone pupa of *Apis mellifera* and its nutritional evaluation. *J Apiculture* 33:17-23
- Kim YM. 2017. Quality characteristics of white bread with *Tenebrio molitor* Linne powder. *Korean J Food Nutr* 30: 1164-1175
- Lee KH, Yoon YT, Park YI, Lee HJ, Jeong NY. 2017. Quality evaluation of acorn Mook prepared with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. *Korean J Food Nutr* 30:1042-1047
- MFDS. 2018. Specifications and standards of food. Ministry of Food and Drug Safety. Available from <http://www.mfds.go.kr> [cited 13 July 2018]
- Min KT, Kang MS, Kim MJ, Lee SH, Han JS, Kim AJ. 2016. Manufacture and quality evaluation of cookies prepared with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. *Korean J Food Nutr* 29:12-18
- Pourazrang H, Moazzami AA, Fazly Bazzaz BS. 2002. Inhibition of mutagenic N-nitroso compound formation in sausage samples by using L-ascorbic acid and α -tocopherol. *Meat Sci* 62:479-483
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* 57: 802-823
- Sebranek JG, Jackson-Davis AL, Myers KL, Lavieri NA. 2012. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Sci* 92:267-273
- Sindelar JJ, Cordray JC, Sebranek JG, Love JA, Ahn DU. 2007. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *J Food Sci* 72:388-395
- Sinnhuber RO, Yu TC. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J Jap Soc Fish Sci* 26:259-267
- SPSS. 2016. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 24.0. Armonk, IBM Corp.
- Sucu C, Turp GY. 2018. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Sci* 140:158-166
- Tsoukalas DS, Katsanidis E, Marantidou S, Bloukas JG. 2011. Effect of freeze-dried leek powder (FDLP) and nitrite level on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci* 87:140-145
- van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Food and Agricultural Organization of the United Nations
- Vossen E, Utrera M, De Smet S, Morcuende D, Estévez M. 2012. Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. *Meat Sci* 92:451-457
- Zarringhalami S, Sahari MA, Hamidi-Esfehani Z. 2009. Partial replacement of nitrite by annatto as a colour additive in sausage. *Meat Sci* 81:281-284

Received 22 October, 2018

Revised 29 October, 2018

Accepted 06 November, 2018