

## 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충의 냉장 저장 중 산화 안정성에 관한 연구

김소영·손양주·김수희<sup>1</sup>·김안나<sup>2</sup>·이금양·황인경<sup>†</sup>

서울대학교 식품영양학과·생활과학연구소, <sup>1</sup>경민대학교 호텔외식조리과, <sup>2</sup>경희대학교 조리외식경영학과

## Studies on Oxidative Stability of *Tenebrio molitor* Larvae During Cold Storage

So-Young Kim · Yang-Ju Son · Soo-Hee Kim<sup>1</sup> · An-Na Kim<sup>2</sup> · Geum-Yang Lee · In-Kyeong Hwang<sup>†</sup>

Department of Food and Nutrition, Seoul National University

<sup>1</sup>Department of Culinary Arts, Kyungmin University

<sup>2</sup>Department of Culinary Science and Food Service Management, Kyunghee University

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the changes on the characteristics of the oxidative stability of *Tenebrio molitor* larvae during cold storage at 4°C. Pretreatment for *T. molitor* larvae was designed into three methods: raw (R), freeze-dried (F.D.), and pan-fried (P.F.). The water content of the raw sample (61.46%) was higher than those of other samples (F.D.: 5.02%, P.F.: 3.67%) and its high water content was expected to facilitate the oxidation of the raw sample. In our results, the peroxide value and the carbonyl value of all of the samples increased and the raw sample, after storage for 18 day, showed the highest value. The pan-fried sample had no significant increase in its lactic acid content, acid value, and thiobarbituric acid value; whereas those values were increased in the raw sample and the freeze-dried sample ( $p < 0.05$ ). The browning reaction was more progressed in the pan-fried sample than other samples at 0 day, but there was no significant change during the storage. The raw sample and the freeze-dried sample had their browning indexes increase with the increasing storage period ( $p < 0.05$ ). The pan-fried sample produced less oxidation products than the freeze-dried sample, indicating that the unheated sample was more susceptible to oxidation than the heated samples. In conclusion, heating treatment and low water content would be effective for improving the safety and stability of *T. molitor* larvae during cold storage.

**Key words:** *Tenebrio molitor*, mealworm, oxidative stability, cold storage

## I. 서론

전 세계적으로 인구 증가 및 경제적 규모의 확대에 따라 고급 단백질 공급원에 대한 요구도가 늘어나고 있으며, 이로 인한 가축 개체 수의 무분별한 증가가 환경오염과 식량난을 야기하고 있다(Alston JM 등 2009). 이에 대비하기 위한 단백질 공급원 중 하나로 곤충이 언급되고 있으며, 국제연합식량농업기구(FAO) 또한 식용 곤충에 크게 주목하고 있다(van Huis A 등 2013). 곤충은 사육하는 동안 돼지나 소 등의 가축보다 훨씬 적은 온실가스 및 암모니아 가스를 방출하며(Oonincx DGAB 등 2010), 사육과 번식에 공간과 시설의 요구도가 낮아 환경오염을 줄일 수 있다. 또한 많은 과학자들은 갈색거저리 유충을 포함한 몇몇 식용 곤충의 경우 비가식부가 없어 폐기물

이 0에 가까운 친환경적인 식품인 것을 주목하고 있다(Yates-Doerr E 2014)

식용 곤충은 식용을 목적으로 한 곤충으로, 이미 아시아, 유럽, 아프리카, 호주, 미주 등지에서 100여국에 걸쳐 2000종에 가까운 곤충을 섭취하고 있다(MacEvilly C 2000, Ramos-Elorduy J 2009). 곤충은 일반적으로 50~60%의 높은 단백질량을 함유하고 있어 기존 육류 단백질의 대체제로써 충분히 이용가능성이 있다(Bukkens SGF 1997). 예로써 갈색거저리 유충의 경우 대두보다 많은 양의 필수 아미노산을 함유하고 있으며(Liya Y 등 2013), 제한아미노산이 없어 양질의 단백질을 함유하고 있다(Shockley M과 Dossey TA 2014). 또한 육류에 비해 불포화지방산 함량이 높고, 철과 vitamin A 등 미량영양소 또한 비교적 풍부하며(Rumpold BA와 Schlüter OK 2013), 키틴질로 대표되는 식이섬유 또한 함유하고 있어 영양적으로 강점을 지니고 있다.

본 연구에서 이용한 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)는 딱정벌레목 거저리과에 속하는 곤충으로써, 유충은 밀웜(mealworm)으로도 불리며, 중국, 네덜란드 등의 여러 나

<sup>†</sup>Corresponding author: In Kyeong Hwang, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea  
Tel: +82-2-880-5708  
Fax: +82-2-882-5708  
E-mail: ikhwang@snu.ac.kr

라에서 식용으로 사용되고 있다(Yoo SO 등 2011). 갈색거저리는 영양소가 풍부할 뿐 아니라 다른 식용 곤충에 비해 먹이와 서식 조건 등이 까다롭지 않으므로(Makkar PSH 등 2014), 집에서 쉽게 기를 수 있으며 대량 생산화도 가능하다. 이미 국내에서도 애완동물의 사료용으로 널리 유통되고 있는 등 비교적 산업화가 많이 진행된 곤충이라 할 수 있다. 이에 국립농업과학원 곤충산업과에서는 갈색거저리 유충이 식용 곤충으로 적합한 것으로 보고, 식품의 원료로써 적극적으로 등재를 추진하였으며, 이러한 노력에 의해 2014년 7월에 식품의약품안전처가 갈색거저리 유충을 한시적으로 식품 원료로 사용할 수 있도록 허용하였다.

이처럼 갈색거저리 유충이 식품 원료로 허용되면서, 새로운 식품 소재로써 안전하게 사용할 수 있도록 저장성에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 갈색거저리 유충은 단백질함량이 건조중량 대비 50% 정도로 풍부하며, 또한 자체적으로 어느 정도의 미생물을 가지고 있기 때문에 미생물에 의한 부패의 위험성이 높다(Rumpold BA 등 2014). 또한 지질의 함량도 건조 중량의 30% 정도로 높아(Yoo JM 등 2013) 저장 중 산패의 가능성도 큰 식품이다. 갈색거저리를 먼저 식용으로 이용하기 시작한 외국의 경우, 저장 중 미생물 변화(Klunder HC 등 2012) 등의 연구가 진행된 바 있으나, 국내산 갈색거저리의 저장 중 전반적인 특성 변화에 대한 연구는 Chung MY 등(2014)의 동결건조 갈색거저리 유충의 유통기한 설정 연구만이 유일한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 갈색거저리 유충의 처리조건을 달리하여 냉장 조건으로 저장하면서, 이의 구성성분으로 수분 이외의 대부분의 함량을 차지하고 있는 지질 및 단백질의 저장 기간 중 산화 안정성에 대하여 연구하여 갈색거저리 유충이 새로운 식재료로써 안전하게 사용될 수 있는 기초 정보를 제공하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 갈색거저리 유충은 경기도 화성시에 위치한 농가에서 사육한 것을 구입하여 사용하였다. 구입한 갈색거저리 유충은 먼저 -78°C에서 12시간 동안 보관하여 희생시켰으며, 이후 물로 세척한 후 물기를 제거하여 사용하였다. 시료의 처리는 전처리를 하지 않은 생시료(raw)와 동결건조한 것(freeze-dried), 기름 없이 250±20°C의 팬에 6분간 볶은 것(pan-fried) 등 3가지로 하였다. 생시료 및 전처리한 시료는 4°C의 냉장실에서 저장하면서 0일, 2일, 4일, 7일, 10일, 14일, 18일에 각각 시료를 채취하여 분석하였으며, 생시료는 실험 실시 직전에 동결 건조 후 이용하였다. 저장 기간은 예비 실험

으로 3주간 저장하면서 pH, 젖산 함량, 산가를 측정하여 변화 추이의 경향이 달라지는 시점인 18일까지로 결정하였다.

거저리 유충 시료의 유지 추출은 n-hexane을 용매로 하여 5시간 동안 상온에서 진탕 및 방치한 후 그 여과액을 진공 농축하여 추출하였으며, 추출한 유지는 산가 및 과산화물가 측정에 사용하였다.

### 2. 일반성분

식품공전(Korea Food and Drug Administration 2013)에 준하여 실시하였으며 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 kjeldahl법, 조지방은 에테르 추출법, 조회분은 직접회화법으로 분석하였다.

### 3. pH 및 젖산 함량 측정

시료 5 g을 증류수 30 mL와 혼합하여 homogenizer(T 18 basic ULTRA-TURRAX®, IKA Works, Inc., Wilmington, NC, USA)를 사용하여 14,000 rpm에서 1분간 균질화 하고, Whatman No.1 여과지로 여과하여 Digital pH/Ion meter(S20 SevenEasy™ pH meter, Mettler-Toledo Inc., Columbus, OH, USA)를 이용하여 측정하였다.

젖산 함량은 시료 10 g에 증류수 90 mL를 가하여 homogenizer로 14,000 rpm에서 1분 동안 균질화시킨 후, pH meter를 사용하여 측정하였으며, pH 8.30이 될 때 까지 적정에 소비되는 0.1 N-NaOH 용액의 소비량에 0.009008을 곱하여 젖산 함량(% w/v)으로 환산하여 나타내었다.

### 4. 색도 및 갈색도 측정

시료의 색도는 갈색거저리의 분말시료를 4 g씩 petri dish에 담아 색차계(CM-3500d, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여, D65-10°의 광원 조건에서 시료별 6회 반복 측정하였으며, Hunter Lab 색체계를 이용하였다.

갈색도는 Martin K와 Steven N(1988)의 방법을 변형하여 시료 1 g에 80% 메탄올 9 mL를 넣어 3시간 동안 진탕 추출 후, 1,000 g에서 5분간 원심분리하고 상층액을 취하여 cuvette에 담아 분광광도계(Optizen 2010 UV, Mecasys, Daejeon, Korea)로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 5. 산가 측정

산가의 측정은 식품공전(Korea Food and Drug Administration 2013)의 방법에 따라 실시하였다. 즉 추출한 유지 5 g을 250 mL 삼각플라스크에 취한 후, Ethyl ether:Ethanol (2:1, v/v) 100 mL를 넣고 진탕하여 완전히 용해시킨 후 1% 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 하고, 0.1 N KOH 에탄올 용액으로 적정하여 미홍색이 30초간 유지되는 때를 종말점으로 하여 3회 반복 측정하였다.

## 6. 과산화물가 측정

과산화물가 측정은 식품공전(Korea Food and Drug Administration 2013) 방법에 따라 측정하였다. 즉 추출한 유지 5 g에 Acetic acid:Chloroform(3:2, v/v) 25 mL를 가하여 혼합하고, KI 포화용액 1 mL를 가하여 강하게 교반하고 암실에 10분간 방치하여 반응시킨 후 물 75 mL를 가하고 1% 전분용액을 지시약으로 하여 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 용액으로 청색이 소실되는 시점을 종말점으로 하여 3회 반복 측정하였다.

## 7. 지질산패도(Thiobarbituric acid value, TBA) 측정

Witte VC 등(1970)의 방법을 변형하여 시료 5 g에 20% trichloroacetic acid 용액 12.5 mL를 첨가하여 14,000 rpm으로 1분간 균질화시키고 증류수를 첨가하여 50 mL로 희석하여 교반한 다음 여과지(Whatman No. 1)에 여과시켜 여과액 5 mL를 2-thiobarbituric acid 용액 5 mL과 혼합하여 실온의 암실에서 20시간 방치시킨 후 분광광도계를 사용하여 530 nm에서 흡광도 값을 측정하여 TBA가 하였다.

## 8. 카르보닐가 측정

카르보닐가의 측정은 Oliver CN 등(1987)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1 g과 0.15 M KCl 용액 10 mL를 14,000 rpm에서 20초간 균질화한 다음 여과지(Whatman No. 1)에 여과하여 여과액 0.1 mL에 2 N HCl 용액과 0.2% DNPH 용액(w/v) 첨가구로 나누어 각각 0.5 mL씩 넣어 15분마다 섞어주면서 암실에서 1시간 동안 반응시켰다. 여기에 10% TCA 용액(w/v)를 넣고, 3,000 g에서 5분간 원심분리한 후, 상층액을 제거하였다. 남은 침전물을 ethanol:ethyl acetate(1:1, v/v) 용액으로 용해하여 HCl 첨가구는 280 nm, DNPH 첨가구는 370 nm에서 흡광도를 측정하고, bovine serum albumin의 standard curve와 protein hydrazones 몰흡광계수 21,000 M<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>을 이용하여 단백질 1 mg당 nmol carbonyl로 나타내었다.

## 9. 일반세균수 및 대장균 검출

시료는 5 g씩을 취하여 냉장 저장하였으며, 2일, 4일, 7일, 10일, 14일 18일에 각각 3개씩 취하여 실험에 사용하였다. 일반세균수는 0.9% 생리식염수로 연속 희석하여 희석액 1 mL를 건조필름배지(Petri film<sup>TM</sup> aerobic count plate, 3M<sup>TM</sup>, St. Paul, MN, USA)에 접종하고 35±1°C에서 24시간 배양한 후 생성된 붉은 집락수를 계산하여 평균 집락수에 희석배수를 곱한 것을 일반세균수로 하였다.

대장균 검출 시험은 식품공전(Korea Food and Drug

Administration 2013)에 따라 실시하였으며, 10배 희석한 시료를 EC 배지에 접종한 후, 37±1°C에서 48시간 배양하여 대장균 검출을 확인하였다.

## 10. 통계처리

분석 결과는 SPSS 22.0 program을 통해서 평균과 표준편차를 산출하였으며, 평균값의 통계적 유의성은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 시행한 후, 사후 분석으로 Duncan's multiple range test를 실시하여  $p < 0.05$  수준에서 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 일반성분

갈색거저리 유충의 일반성분 분석결과는 Table 1에 나타내었다. 전처리를 하지 않은 생시료의 수분 함량은 61.46±0.48%, 조단백질과 조지방 함량은 각각 20.51±1.33%, 13.48±0.82%로 Finke MD(2002)의 결과(수분함량:61.37%, 조단백질:18.81%, 조지방:13.48%, 조회분:0.91%, 조탄수화물:5.53%)와 유사하였다. 동결건조 및 볶은 시료는 전처리 과정을 거치면서 수분함량이 감소하여 각각 5.02±0.13%, 3.67±0.12%의 수분함량을 보였다. 갈색거저리 유충의 겉껍질은 키틴질로 이루어져있으며(Valentine JM 2005) 키틴의 탈아세틸화가 50% 이상 진행된 경우를 키토산이라 하며, 이때 NH<sub>2</sub>기의 증가로 수용성이 증가한다(Rinaudo M 2006). 따라서 -70°C에서 빙결정 승화로 인해 건조되는 동결건조 처리시보다, 250±20°C의 고온에서 가열할 경우 갈색거저리 유충의 일부 키틴질이 키토산으로 전환되어 함유된 수분의 건조 효과가 더 큰 것으로 사료된다. Bernard JB 등(1997)이 갈색거저리 유충을 건조 형태(dry basis)로 분석한 결과(조단백질:52.7%, 조지방:32.8%)와 조단백량과 조지방량이 유사하였다. 조회분 함량은 생시료, 동결건조 시료, 볶은 시료가 각각 1.15

Table 1. The proximate composition of *T. molitor* larvae

Composition (%, fresh weight)	Samples <sup>1)</sup>		
	Raw	F.D.	P.F.
Moisture	61.46±0.48	5.02±0.13	3.67±0.12
Crude protein	20.51±1.33	49.84±0.84	51.43±0.29
Crude fat	13.48±0.82	32.91±1.25	29.56±1.97
Crude ash	1.15±0.04	2.84±0.25	2.67±0.02
Carbohydrate <sup>2)</sup>	3.40±0.28	9.39±0.56	12.67±0.88

<sup>1)</sup>F.D. : Freeze-dried, P.F. : Pan-fried.

<sup>2)</sup>Crude carbohydrate=100-(moisture + crude protein + crude fat + crude ash).

All values are mean±SD

$\pm 0.04\%$ ,  $2.84 \pm 0.25\%$ ,  $2.67 \pm 0.02\%$ 이었으며, 탄수화물 함량은 각각  $3.40 \pm 0.28\%$ ,  $9.39 \pm 0.56\%$ ,  $12.67 \pm 0.88\%$ 로 볶은 시료의 경우 동결건조 시료와 비교하여 탄수화물 함량이 높았다.

## 2. 색도 및 갈색도의 변화

갈색거저리 유충의 색도 변화는 Table 2와 같았다. 동결건조한 시료는 저장 이전(0일)에 명도(L값)가 가장 낮았지만 이후로는 계속 증가하여 18일째에는 다른 시료보다 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 이 결과는 동결건조 우육을 냉장 저장 시 명도가 높아졌다는 연구 결과(Jung IC 등 1998)와 유사하였다. 볶은 시료와 생시료는 저장기간에 따라 낮아지는 경향을 보였으나, 볶은 시료의 경우 저장기간에 따른 유의적인 변화를 보이지 않았다. 적색도(a값)는 볶은 시료가 저장기간 동안 가장 높게 측정되었으며, 생시료는 적색도가 증가하다가 18일째에 낮아짐으로써( $p < 0.05$ ) 명도의 변화와 유사한 경향을 보였다. 황색도(b

값)는 동결건조 시료, 볶은 시료, 생시료 순으로 높았으며, 저장 기간에 따라 증가한 다른 시료와 달리 생시료는 저장 완료 후 감소하였다( $p < 0.05$ ). 3가지 시료 중 볶은 시료의 명도, 적색도, 황색도 값의 변화 정도가 가장 작았으며 위와 같은 색상의 변화는 관능 특성에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단된다.

갈색거저리 유충의 갈색도 측정 결과는 Table 3과 같았다. 생시료(0.28)와 동결건조 시료(0.31)의 갈색도는 저장 이전(0일)에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 볶은 시료는 다른 시료에 비하여 3배가량 높게 나타났다(1.04). 세 시료 모두 저장 기간 동안 갈색도가 증가하는 경향을 보였으며, 이는 Grant IR과 Patterson MF(1991)의 쇠고기 등심의 냉장저장 연구에서 8일까지 저장하는 동안 갈색도가 증가하였다고 보고한 것과 결과가 유사하였다. 특히 생시료의 경우 갈색도의 증가폭이 커 18일째에는 볶은 시료와 갈색도에 유의적인 차이가 없었다. 동결건조 시료는 저장 기간에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 보아

**Table 2.** Changes in Hunter's color values of *T. molitor* larvae during storage at 4°C after different pretreatment

Hunter's color value <sup>1)</sup>	Samples <sup>2)</sup>	Storage time (days)						
		0	2	4	7	10	14	18
L	Raw	26.00±0.72 <sup>aA</sup>	23.08±0.45 <sup>bC</sup>	22.72±0.42 <sup>bC</sup>	22.52±0.34 <sup>bC</sup>	22.15±0.37 <sup>bC</sup>	23.36±1.43 <sup>bC</sup>	17.65±0.87 <sup>cC</sup>
	F.D.	23.68±0.79 <sup>eB</sup>	28.01±0.49 <sup>dA</sup>	28.02±0.47 <sup>dA</sup>	30.33±0.44 <sup>cA</sup>	32.67±0.74 <sup>bA</sup>	33.94±0.71 <sup>aA</sup>	34.05±1.1 <sup>aA</sup>
	P.F.	25.18±0.55 <sup>bA</sup>	24.91±0.60 <sup>bB</sup>	25.35±0.1 <sup>abB</sup>	24.86±0.35 <sup>bB</sup>	24.89±0.30 <sup>bB</sup>	26.41±0.97 <sup>aB</sup>	25.57±0.30 <sup>abB</sup>
a	Raw	3.91±0.11 <sup>cB</sup>	4.24±0.13 <sup>abB</sup>	3.60±0.08 <sup>dC</sup>	4.10±0.14 <sup>bcC</sup>	4.16±0.05 <sup>bB</sup>	4.66±0.28 <sup>aA</sup>	2.21±0.28 <sup>cC</sup>
	F.D.	3.57±0.09 <sup>dC</sup>	4.41±0.26 <sup>bB</sup>	4.35±0.20 <sup>bB</sup>	4.87±0.12 <sup>aB</sup>	4.09±0.22 <sup>bcB</sup>	4.82±0.10 <sup>aA</sup>	4.09±0.04 <sup>cB</sup>
	P.F.	5.28±0.11 <sup>abA</sup>	5.40±0.11 <sup>aA</sup>	5.04±0.10 <sup>bcA</sup>	5.31±0.05 <sup>aA</sup>	4.98±0.03 <sup>cA</sup>	5.04±0.22 <sup>bcA</sup>	5.05±0.04 <sup>bA</sup>
b	Raw	6.49±0.32 <sup>aA</sup>	6.25±0.10 <sup>aC</sup>	5.02±0.26 <sup>cC</sup>	5.51±0.23 <sup>bC</sup>	5.46±0.10 <sup>bC</sup>	6.22±0.38 <sup>aC</sup>	2.63±0.32 <sup>dC</sup>
	F.D.	5.32±0.26 <sup>eB</sup>	7.91±0.08 <sup>dA</sup>	7.82±0.38 <sup>dA</sup>	9.16±0.10 <sup>cA</sup>	9.27±0.38 <sup>cA</sup>	10.07±0.13 <sup>aA</sup>	9.62±0.10 <sup>bA</sup>
	P.F.	6.66±0.24 <sup>bA</sup>	7.16±0.18 <sup>abB</sup>	6.49±0.09 <sup>bB</sup>	7.06±0.11 <sup>abB</sup>	6.65±0.11 <sup>bB</sup>	7.48±0.53 <sup>abB</sup>	7.29±0.17 <sup>abB</sup>

<sup>1)</sup>L: Lightness, a: redness, b: yellowness.

<sup>2)</sup>F.D. : Freeze-dried, P.F. : Pan-fried.

All values are mean±SD

<sup>a-c</sup>Means with different letters within a same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>A-C</sup>Means with different letters within a same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

**Table 3.** Changes in browning of *T. molitor* larvae during storage at 4°C after different pretreatment

Samples <sup>1)</sup>	Storage time (days)						
	0	2	4	7	10	14	18
Raw	0.276±0.01 <sup>gC</sup>	0.563±0.05 <sup>fB</sup>	0.589±0.05 <sup>eB</sup>	0.624±0.05 <sup>dB</sup>	0.949±0.14 <sup>bB</sup>	0.811±0.05 <sup>cB</sup>	1.001±0.09 <sup>aB</sup>
F.D.	0.312±0.03 <sup>dB</sup>	0.416±0.04 <sup>cC</sup>	0.314±0.03 <sup>dC</sup>	0.460±0.03 <sup>bC</sup>	0.535±0.07 <sup>aC</sup>	0.415±0.05 <sup>cC</sup>	0.543±0.07 <sup>aC</sup>
P.F.	1.042±0.04 <sup>cA</sup>	0.934±0.05 <sup>eA</sup>	1.140±0.04 <sup>aA</sup>	1.042±0.12 <sup>cA</sup>	1.006±0.08 <sup>dA</sup>	0.901±0.08 <sup>fA</sup>	1.074±0.12 <sup>bA</sup>

<sup>1)</sup>F.D. : Freeze-dried, P.F. : Pan-fried.

All values are mean±SD

<sup>a-c</sup>Means with different letters within a same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>A-C</sup>Means with different letters within a same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

4°C에서 18일까지 저장 시, 갈변이 크게 진행되지 않는 것으로 사료된다.

### 3. pH 및 젖산 함량의 변화

근육 조직을 가지고 있는 동물의 경우, 사후에 근육의 글리코겐 분해에 의한 젖산의 생성, 단백질 분해효소 및 미생물에 의한 부패 등이 진행되므로, pH와 젖산 함량의 변화는 동물성 식품의 저장 중 특성 변화에 중요한 지표이다. 따라서 갈색거저리 유충의 저장 중 pH 측정값과 젖산 함량의 변화를 측정하였으며, 이를 Fig. 1에 나타내었다.

동결건조 처리한 시료는 pH가 감소하는 양상을 보이다 14일 이후부터 증가하였으며, 볶은 시료의 경우에는 다른 시료보다 pH가 높았으나 두 처리군 모두 저장기간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 전처리를 하지 않은 생시료의 pH 값은 동결건조 시료와 변화 양상이 다소 유사하였으나 저장 완료 후 초기 값보다 감소하였으며( $p<0.05$ ), 저장기간 동안 다른 처리군보다 낮은 pH를 보였다. 저장 기간에 따른 pH 감소는 햄버거 패티(Chass와 Lee JJ 2013) 및 돈육(Jin SK 등 2002)을 냉장 저장한 연구 결과와 같은 경향을 나타내었다. 이는 사후 근육의 젖산 축적이 주된 원인으로 사료되며, 돼지고기의 경우 젖산 축적으로 인한 최종 pH가 5.4~5.6까지 떨어진다고 보고된 바 있다(Park BY 등 2002). 본 연구에서는 생시료의 경우, 4일부터 14일까지 5.4 정도의 pH를 나타내었고 이는 사후 근육 내 젖산의 축적으로 인한 정상적인 pH 감소로 생각되며, 이후 18일에 급격히 pH가 증가한 것은 부패가 시작되면서 나타난 결과로 사료된다.

저장하기 전(0일)의 젖산 함량은 생시료, 동결건조 시료, 볶은 시료 순으로 높았으며, 동결건조 시료의 측정값

은 지속적으로 증가하다가 저장 10일째부터 감소하기 시작하였고, 최종 측정값은 초기 값과 비교하여 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 반면 볶은 시료의 경우에는 저장 기간 중 증가 및 감소를 반복하였지만, 저장기간에 따른 유의적인 함량 증가는 보이지 않았다. 생시료의 경우에는 저장 14일째까지 젖산 함량이 증가하였으며 이후에 감소하였는데( $p<0.05$ ), 이에 대해 Reddy NR 등(1994)은 어육류의 급격한 젖산 함량의 감소는 부패 세균에 의한 암모니아와 같은 알칼리 화합물의 생성에 의한 것이라 함으로 보아, 이번 연구에서도 부패로 인해 젖산 함량의 급격한 감소가 나타난 것으로 생각된다.

### 4. 산가의 변화

산가는 유리 상태로 존재하는 지방산의 함량을 나타내는 유지의 산화 품질 지표 중 하나이다(Skiera C 등 2014). 이에 갈색거저리 유충에 다량 함유된 지질 성분의 산화 정도를 분석하기 위해 산가를 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 측정 결과 동결건조 시료와 생시료의 경우 저장기간에 따라 산가가 증가하였는데( $p<0.05$ ), 갈색거저리 유충은 함유된 지방의 77.0%가 불포화 지방산으로 구성되어 있어(Yoo JM 등 2013), 산화되기 쉬운 불포화 지방산의 함량이 높아 저장 중의 지방산화 속도에 영향을 미친 것으로 사료된다. 지방산화는 0.75 이상의 수분활성도를 가진 식품에서 촉진되며(Troller AJ와 Cristian JHB 1978), 같은 동물성 식품이면서 수분 함량이 비슷한 돈육과 우육의 수분활성도가 0.95 이상으로 보고되고 있으므로(Sman VDRGM과 Boer E 2005, Kinsella KJ 등 2006), 생시료의 경우 0.75가 넘는 수분활성도를 떨 것으로 예상하였다. 이에 따라 건조 과정을 거

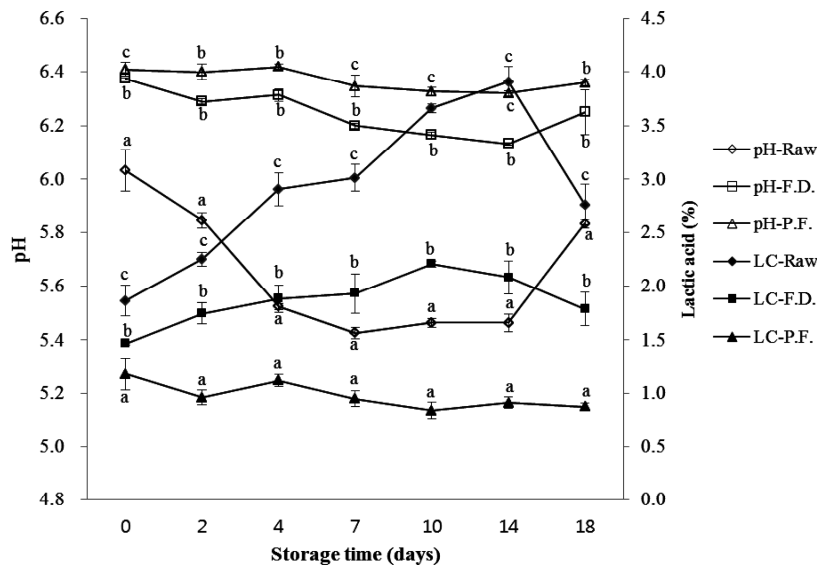


Fig. 1. Changes of pH and lactic acid content of *T. molitor* larvae during storage at 4°C after different pretreatments. F.D.: Freeze-dried, P.F.: Pan-fried

치지 않은 생시료의 경우, 실험 결과 다른 처리군보다 산가의 증가폭이 가장 빠른 것으로 나타났다. 생시료의 경우 18일 째에는 14일에 비해 유리 지방산의 함량이 감소되었는데, 이는 pH 및 젖산 함량의 변화에서 언급하였듯 부패에 따른 것으로 생각된다. 볶은 시료의 경우, 산가가 다른 시료보다 절반 이상(1.13~1.8 mgKOH/g) 낮았으며, 저장기간에 따른 유의적인 변화를 보이지 않았다. 따라서 가열처리 공정을 거침으로써 유리 지방산 함량이 증가하는 것을 늦출 수 있음을 확인하였다. 볶은 시료는 저장하는 동안 산가에 큰 변화가 없었으며, 이는 Chung MY 등 (2014)이 실시한 연구에서 갈색거저리 유충을 동결건조

및 고온, 고압 살균을 실시한 후 25, 35, 40°C의 세 가지 온도 조건에서 6개월간 저장시 산가에 변화가 거의 나타나지 않다고 보고된 것과 유사하였다.

### 5. 과산화물가의 변화

갈색거저리 유충을 4°C에 냉장 저장하면서 유지의 1차 산화물인 과산화물을 이용하여 지질의 산화 정도를 측정 한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 전처리 방법에 따른 과산화물 함량은 초기에는 생시료, 동결건조 시료, 볶은 시료 순으로 각각 6.33, 6.41, 6.34 meq/kg로, 시료 간에 차이가 없었으나 생시료의 경우 저장 4일째부터 동결건조 및 볶

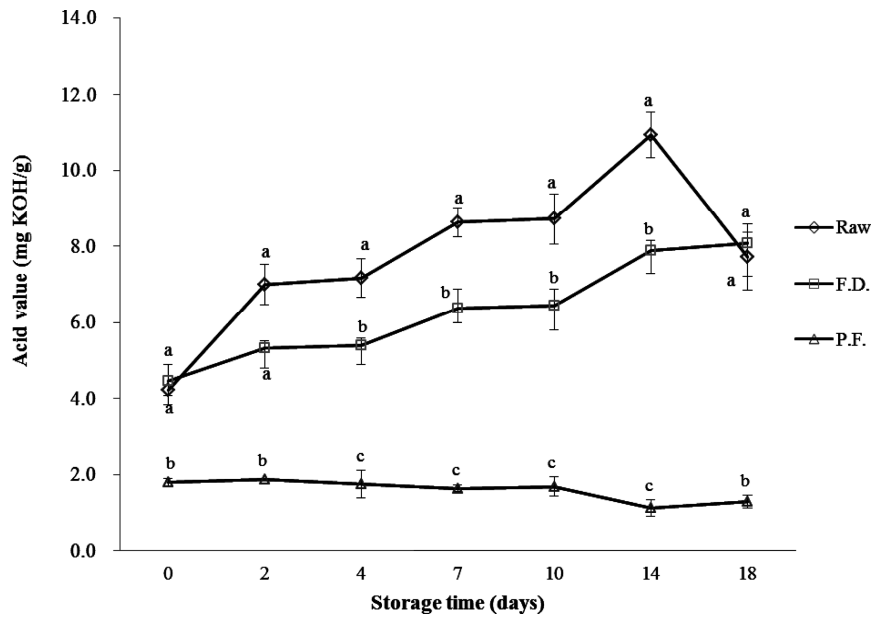


Fig. 2. Changes in acid value (AV) of *T. molitor* larvae during storage at 4°C. F.D.: Freeze-dried, P.F.: Pan-fried

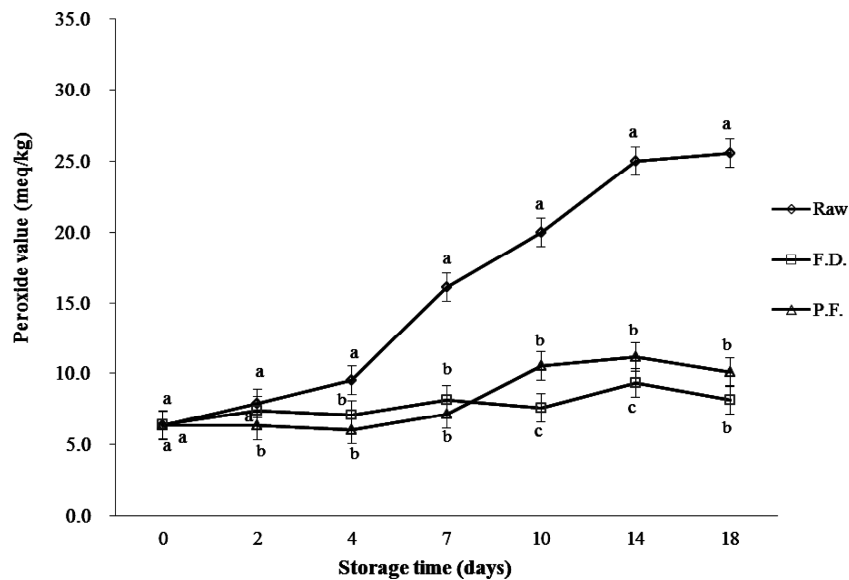


Fig. 3. Changes in peroxide value (POV) of *T. molitor* larvae during storage at 4°C. F.D.: Freeze-dried, P.F.: Pan-fried

음 처리를 한 시료보다 유의적으로 과산화물의 함량이 높았으며( $p < 0.05$ ), 이후 저장 기간이 늘어남에 따라 빠르게 증가하는 경향을 보였다. 저장 18일째에 측정된 생시료의 과산화물가는 25.58 meq/kg로, 분쇄돈육을  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 14일간 저장한 시료의 과산화물가가 8.89 meq/kg로 보고(Lee MA 등 2010)된 것과 비교하여 3배가량 높은 값을 보였다. 그럼에도 Chung MY 등(2014)이 갈색거저리 유충의 자가규격으로 설정한 과산화물가 값인 30 meq/kg보다 낮은 값을 나타내어 과산화물가 측정값이 허용 범위 내에 속하는 것으로 나타났다. 동결건조 시료와 볶은 시료는 저장 완료시에 측정된 과산화물가 값이 각각 8.15 meq/kg, 10.1 meq/kg로 저장 기간 동안 두 처리군은 측정값의 유의적인 차이가 없는 것으로 관찰되어 1차 산화물 생성 경향은 비슷하였다.

6. TBA가의 변화

갈색거저리 유충의 냉장 저장 중 TBA가의 변화는 Fig. 4와 같았다. TBA가는 지방의 산화에 의해 생성되는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 붉은 색의 강도를 측정된 것으로 지질의 산화 정도를 나타내는 지표중 하나이며, 단백질 급원 식품에서의 지질 산화 지표로 많이 사용되고 있다(Guillen-Sans R과 Guzman-Chozas M 1998). 측정 결과 동결건조 시료와 볶은 시료는 저장에 따른 유의적인 변화를 보이지 않았다. 생시료는 전반적으로 저장 기간이 경과될수록 증가하는 경향을 나타내어 18일에는 0.614 mgMDA/kg로 측정되었으며, 이는 동결건조 시료(0.393 mgMDA/kg), 볶은 시료(0.202 mgMDA/kg)보다 높았다( $p < 0.05$ ). TBA가의 저장기간에 따른 증가는 지방이 산화되어 1차 생성물질인 hydroperoxide가 2차 산화생성물로 분해되어 유기산, 알

데하이드, 케톤, 알코올, 카보닐기 및 중합체 생성물이 증가하고, 미생물 대사와 지방 분해 효소에 의해 생성되는 분해 물질에 영향을 받기 때문(Brewer MS와 Harbers CAZ 1993)인 것으로 사료된다. 지질의 산화 지표 측정 결과를 살펴보았을 때, 갈색거저리 유충을 18일 간 저장 시에 볶거나 동결건조 처리를 할 경우 생시료보다 지질 산화 안정성이 더 우수한 것으로 판단된다.

7. 카르보닐의 변화

육류에 존재하는 아미노산은 NH 또는  $\text{NH}_2$  작용기를 가지고 있으며, 이는 OH·(hydroxyl radical)과 반응성이 매우 크기 때문에 산화 과정 동안 카르보닐 화합물을 생성한다(Stadtman ER 1990). 단백질 카르보닐은 직접적인 아미노산의 산화뿐만 아니라, malondialdehyde, 4-hydroxynonenal 등과 같은 지방산화물과 반응하여 유해물질을 생성한다고 보고된 바 있다(Berlett BS와 Stadtman ER 1997). 단백질 함량이 높은 식품의 경우, 산화로 인해 생성된 카르보닐 화합물은 단백질 산화의 주요 지표로 사용될 수 있다. 갈색거저리 유충을  $4^\circ\text{C}$ 에 저장하면서 카르보닐 함량의 변화를 분석한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 0일째에는 시료 간 함량에 유의적인 차이가 없었으며, 저장 기간 중 모든 시료가 0일째보다 18일째에 카르보닐 함량이 증가하였으나( $p < 0.05$ ), 특히 생시료의 경우 0일째  $2.333 \pm 0.406$  nmol/mg protein에서 18일째에는  $18.267 \pm 1.726$  nmol/mg protein으로 약 8배로 크게 증가하였다. 그러나 10일까지는  $4.668 \pm 0.454$  nmol/mg까지 증가하는 등 완만하게 증가하였으며, 10일째의 카르보닐 함량은 Martinaud A 등(1997)이 2종의 쇠고기를 10일간 냉장저장하면서 근육 별로 측정된 카르보닐 수치인 3.1-5.1 nmol/mg, 4.8-6.9 nmol/mg의 범위와 비슷한 함량을 나타내었다. Estévez

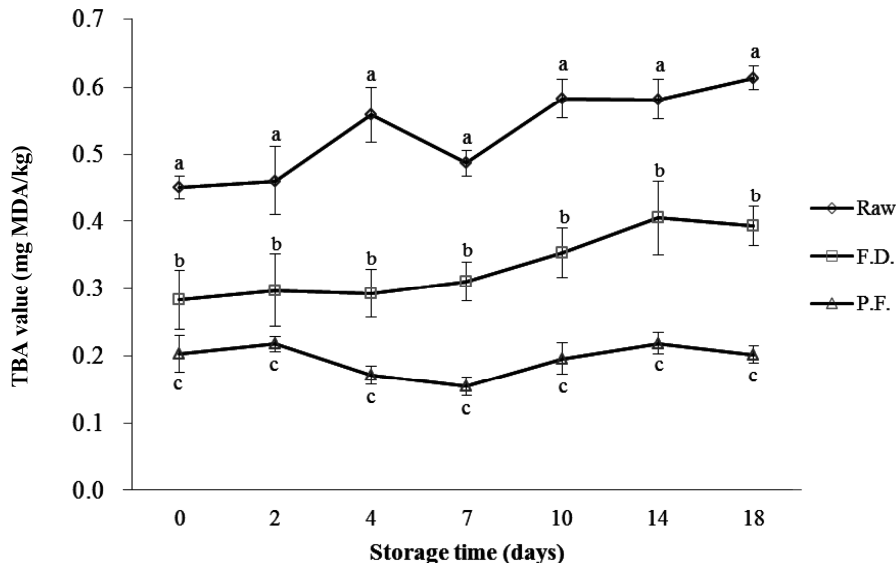


Fig. 4. Changes in thiobarbituric acid (TBA) value of *T. molitor* larvae during storage at  $4^\circ\text{C}$ . F.D.: Freeze-dried, P.F.: Pan-fried

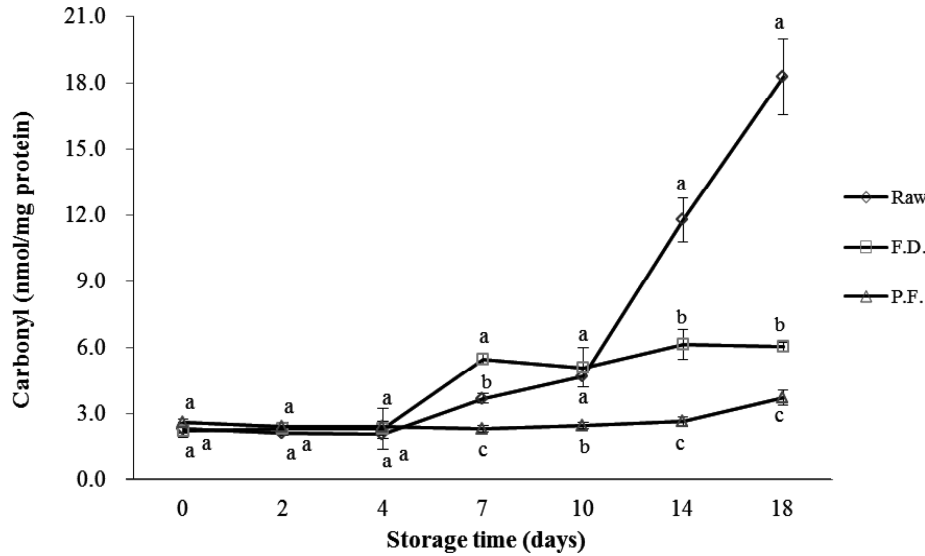


Fig. 5. Changes in carbonyl of *T. molitor* larvae during storage at 4°C. F.D.: Freeze-dried, P.F.: Pan-fried

M(2011)은 육류의 카르보닐 함량은 단백질 분해가 급격해지는 시점에서 더욱 크게 증가한다고 하였으며, 이에 생시료에 대해 14일쯤부터 빠르게 단백질이 분해되면서 카르보닐 함량이 증가하였을 것으로 생각된다. 이러한 급격한 단백질 분해의 이유는 부패에 의한 것으로 보이며, pH와 산화지표, 미생물 등의 수치에서도 생시료가 14일쯤부터 부패가 급격하게 진행되는 결과를 나타내었다. 동결건조 및 볶는 공정을 거친 시료는 각각 18일째에 6.022 ± 0.228 nmol/mg protein과 3.703 ± 0.340 nmol/mg protein의 카르보닐 화합물 함량을 나타내었으며, 동결건조 시료가 볶는 공정을 거친 시료보다 단백질 산화가 더 발생한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 산가 및 과산화물, TBA가 등 지질의 산화 지표와 유사하였다.

### 8. 총균수의 변화

갈색거저리 유충을 4°C에 냉장 저장하면서 총균수의 변화를 측정한 결과는 Table 4에 나타내었다. 생시료의 경우, 0일째에 6.7 ± 0.1 logCFU/g의 총세균수를 나타내어 Klunder HC 등(2012)이 갈색거저리 유충에 대해 측정한 7.7 logCFU/g에 비해 10분의 1 수준이었고, 같은 연구에

서 볶는 시료가 4.8 logCFU/g을 나타낸 것에 비해 본 연구에서는 3.7 logCFU/g을 나타내어 이 또한 10분의 1 수준으로 관찰되었다. 총균수는 18일간 큰 변화를 나타내지는 않았으나, 생시료에서 2일째에 최고치를 기록하였다가 이후 4일째에 감소한 후, 14일까지 점진적으로 증가하다가 18일째에는 다시 감소하는 양상을 확인하였다. 미생물의 성장 및 발육은 시료의 pH와 밀접한 관계가 있으며 (Mills J 등 2014), 따라서 본 연구의 미생물 변화 양상은 시료의 pH 변화와 관련된 것으로 보인다. 생시료의 경우 4일째에 급격히 pH가 감소하였으며, 이후 비슷한 수준을 유지하다가 18일째에 다시 pH가 급격히 증가하는 양상을 보였는데, 총균수의 변화도 4일과 18일째에 동시에 관찰되었다. 이에 비해 동결건조 시료 및 볶는 시료의 경우에는 pH의 급격한 변화가 일어나지 않았으며, 저장기간 동안 총균수가 점진적으로 증가하는 결과를 볼 수 있었다. 동결건조 시료의 경우, 18일째에는 총균수가 6.9 ± 0.0 logCFU/g 까지 증가하여 생시료에서 급격한 pH 변화가 있기 전인 2일째의 7.0 ± 0.0 logCFU/g에 근접한 총균수를 나타내었다. 이에 18일 이상으로 저장할 경우, 부패의 위험성이 커질 수 있는 것으로 사료된다. 볶는 시료의 경우에는 비

Table 4. Changes in total plate counts of *T. molitor* during storage time (unit: logCFU/g)

Sample <sup>1)</sup>	Storage time (days)						
	0	2	4	7	10	14	18
Raw	6.7 ± 0.1 <sup>b2)</sup>	7.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	6.1 ± 0.1 <sup>f</sup>	6.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	6.4 ± 0.1 <sup>d</sup>	6.5 ± 0.0 <sup>c</sup>	6.1 ± 0.0 <sup>f</sup>
F.D.	6.4 ± 0.1 <sup>d</sup>	6.5 ± 0.0 <sup>c</sup>	6.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	6.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	6.8 ± 0.0 <sup>b</sup>	6.8 ± 0.1 <sup>ab</sup>	6.9 ± 0.0 <sup>a</sup>
P.F.	3.7 ± 0.1 <sup>e</sup>	4.0 ± 0.1 <sup>d</sup>	4.1 ± 0.0 <sup>cd</sup>	4.1 ± 0.0 <sup>cd</sup>	4.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	4.3 ± 0.0 <sup>b</sup>	4.5 ± 0.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>F.D.: Freeze-dried, P.F.: Pan-fried.

<sup>2)</sup>Means in each row with different subscripts are significantly different at  $p < 0.05$  using Duncan's multiple range test.

All values are mean ± SD



가열한 시료에 비해 0일째에는 1/1,000 수준의 총균수를 나타내었으므로, 가열 과정 중 살균 작용이 일어났음을 알 수 있었다. 이에 가열 등의 살균 과정을 1차로 거친 후에 저장하는 것이 갈색거저리 유충의 미생물 오염 정도를 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 판단된다.

대장균은 시험결과 저장기간 동안 모든 시료에서 검출되지 않았으며, 이에 대장균으로 인한 식중독의 위험성은 적을 것으로 사료된다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 2014년 7월에 국내에서 새롭게 식품 원료로써 허용을 받은 식재료인 갈색거저리 유충의 저장성을 시험하여 이후 갈색거저리 유충의 식품으로써의 이용 형태 및 유통 방법 등의 기초연구로 활용하고자 하였다. 이에 가장 일반적으로 사용되고 있는 3가지 형태(생시료, 동결건조 시료, 볶은 시료)로 가공하여 4°C 냉장조건에서 18일간 저장하면서 색도 및 갈색도, pH 및 산도, 산가, 과산화물가, TBA가, 카르보닐, 총균수 등의 변화를 관찰하였다. 세 가지 형태의 시료의 일반성분 측정결과, 건조 과정을 거치지 않은 생시료의 수분 함량은 61.46±0.48%로, 동결건조시료(5.02±0.13%)와 볶은 시료(3.67±0.12%)에 비해 매우 높았으며, 이러한 높은 수분 함량은 수분활성도를 증가시켜 산패 및 부패에 영향을 줄 것으로 예상되었다. 이에 실험 결과 생시료의 산가, 과산화물가, TBA가, 카르보닐가 등의 산화 측정 지표들이 저장 완료 후 다른 형태의 시료보다 높은 값을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 갈변 반응의 진행을 보여주는 지표인 갈색도는 볶은 시료가 0일째에 가장 높았으나 생시료의 갈색도가 저장기간에 따라 증가하여 18일째에는 볶은 시료와 차이가 없었다. 전처리를 하지 않은 생시료의 경우, 저장 기간 동안 균에 의한 부패가 다른 시료보다 더 급격하게 일어난 것으로 확인되었으며, pH와 갈색도 및 산화지표를 관찰한 결과 저장 10일째부터 변패가 시작되어 14일 이후에는 가속화 되었다. 이에 비해 동결건조 시료와 볶은 시료는 18일간의 저장에 의해서는 크게 변화가 없었으나, 동결건조 시료보다는 볶은 시료의 변질 정도가 더 적은 것으로 나타났다. 이는 지질 및 단백질의 산화지표 측정 결과에서 더욱 두드러지게 관찰되었는데, 동결건조 시료의 경우 가열 처리를 하지 않아, 미생물 및 생체 내 효소 등이 불활성화되지 않았으며 이로 인해 산화 반응이 촉진된 것으로 판단된다.

결과적으로 수분함량이 높으면서 비가열 형태의 시료인 경우, 냉장 온도(4°C)에서 10-14일 이상 저장하는 것은 부패의 위험성이 높아 식용에 적합하지 않을 것으로 보이며, 비가열 동결건조 형태의 시료는 18일까지는 큰 변화가 없었으나, 볶은 시료에 비해서는 저장 안정성이 떨어지는 것으로 관찰되었다. 따라서 갈색거저리 유충을

가열 처리하여 살균 및 효소 불활성화 효과를 부여하고, 일반 건조 처리보다 수분 함량을 더 감소시킨 볶은 시료가 가장 저장성이 우수한 형태인 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 지원하는 어젠다 프로그램(PJ01002204)의 연구수행으로 인한 결과물로서 이에 감사드립니다.

#### References

- Alston JM, Beddow JM, Pardey PG. 2009. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science* 325(5945):1209-1210
- Berlett BS and Stadtman ER. 1997. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. *J Biol Chem* 272(33):20313-20316
- Bernard JB, Allen ME, Ullrey DE. 1997. Nutrition advisory group handbook
- Brewer MS, Harbers CAZ. 1993. Effect of packaging on physical and sensory characteristic of ground pork in long-term frozen storage. *J Food Sci* 56(3):627-631
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *J Ecol Food Nutr* 36(2-4):287-319
- Cha SS, Lee JJ. 2013. Quality properties and storage characteristics of hamburger patty added with purple kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(12):1994-2003
- Chung MY, Lee JY, Lee JC, Park KS, Jeong JP, Hwang JS, Goo TW, Yun EY. 2014. Establishment of self-specification and shelf-life by standardization of manufacturing process for lyophilized *Tenebrio molitor* larvae. *J Seric Entomol Sci* 52(1):73-78
- Estévez M. 2011. Protein carbonyls in meat systems : A review. *Meat Sci* 89(3):259-279
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol* 21(3):269-285
- Grant IR, Patterson MF. 1991. Effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the microbiological and sensory quality of pork stored at refrigeration temperatures. *Food Sci Technol Int* 26(5):507-519
- Guillen-Sans R, Guzman-Chozas M. 1998. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 38(4):315-350
- Jin SK, Kim IS, Hah KH. 2002. Changes of pH, drip loss and microbes for vacuum packaged exportation pork during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 22(3):201-205
- Jung IC, Moon GI, Kim KY, Kim MS, Lee KY, Kang SJ. 1998. Effects of moisture, relative humidity and pH on color and

- pigments of cold storage beef meat. Korean J Food Nutr 11(2):221-227
- Kinsella KJ, Sheridan JJ, Rowe TA, Butler F, Delgado A, Quispe-Ramirez A, Blair IS, McDowell DA. 2006. Impact of a novel spray-chilling system on surface microflora, water activity and weight loss during beef carcass chilling. Food Microbiol 23(5):483-490
- Korea Food and Drug Administration. 2013. Korea Food Code. Seoul, Republic of Korea pp 3-4, 8-11, 18-19
- Klunder HC, Wolkers-Rooijackers J, Korela JM, Nout MJR. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. Food Control 26(2):628-631
- Lee MA, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, Shim SY, Chung HK, Kim CJ. 2010. The antioxidative properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi extracts on refrigerated raw ground pork meat against lipid oxidation. Meat Sci 84(3): 498-594
- Liya Y, Catriona MML, Lenard MCS, Verena ES, van Huis A, Martinus AJS van Boekel K. 2013. Extraction and characterization of protein fractions from five insect species. Food Chem 141(4):3341-3348
- MacEvilly C. 2000. Bugs in the system. Nutr Bull 25(4):267-268
- Makkar PSH, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim Feed Sci Tech (accepted on 20 July 2014, Not published yet)
- Martin K, Steven N. 1988. An improved method to determine nonenzymic browning in citrus juices. J Agric Food Chem 36(6):1271-1274
- Martinaud A, Mercier Y, Marinova P, Tassy C, Gatellier P, Renerre M. 1997. Comparison of oxidative processes on myofibrillar proteins from beef during maturation and by different model oxidation systems. J Agric Food Chem 45(7):2481-2487
- Mills J, Donnison A, Brightwell G. 2014. Factors affecting microbial spoilage and shelf-life of chilled vacuum-packed lamb transported to distant markets : A review. Meat Sci 98(1):71-80
- Oliver CN, Ahn BW, Moerman EJ, Goldstein S, Stadtman ER. 1987. Age-related changes in oxidized proteins. J Biol Chem 262(12):5488-5491
- Ooninx DGAB, van Itterbeek J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PLoS one 5(12): e14445
- Park BY, Cho SH, Yoo YM, Kim JH, Chae HS, Ahn JN, Kim YK, Lee JM, Yun SG. 2002. Comparison of pork quality by different postmortem pH 24 values. Korean J Anim Sci Technol 44(2):233-238
- Ramous-Elorduy J. 2009. Anthro-entomophagy : cultures, evolution and sustainability. Entomol Res 39(5):271-288
- Reddy NR, Schreiber CL, Buzard KS, Skinner GE, Armstrong DJ. 1994. Shelf life of fresh tilapia filets packaged in high barrier film with modified atmospheres. J Food Sci 59(2): 260-264
- Rinaudo M. 2006. Chitin and chitosan: properties and applications. Prog Polym Sci 31(7):603-632
- Rumpold BA, Fröhling A, Reineke K, Knorr D, Boguslawski S, Ehlbeck J, Schlüter O. 2014. Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). Innovative Food Sci Emerg Technol 26:232-241
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol Nutr Food Res 57(5): 802-823
- Shockley M, Dossey TA. 2014. Mass Production of Beneficial Organisms Chapter 18 – Insects for Human Consumption. Academic Press. Waltham, MA. USA pp 626-627
- Skiera C, Stelipoulos P, Kuballa T, Diehl B, Holzgrabe U. 2014. Determination of free fatty acids in pharmaceutical lipids by <sup>1</sup>H NMR and comparison with the classical acid value. J Pharm Biomed Anal 93:43-50
- Sman VDRGM, Boer E. 2005. Predicting the initial freezing point and water activity of meat products from composition data. J Food Eng 66(4):469-475
- Stadtman ER. 1990. Metal ion-catalyzed oxidation of proteins : biochemical mechanism and biological consequences. Free Rad Bio Med 9(4):315-325
- Troller AJ, Christian JHB. 1978. Water activity. Academic Press. New York, NY. USA. p 71
- van Huis A, van Itterbeek J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects : future prospects for food and feed security. No. 171. Food and agriculture organization of the United nations (FAO). Rome, Italy
- Valentine JM. 2005. The olfactory sense of the adult mealworm beetle *tenebrio molitor*. J Exp Zool 58(1):165-227
- 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(5):582-585
- Yates-Doerr E. The World in a Box? Food Security, Edible Insects, and “One World, One Health” Collaboration. Soc Sci Med (accepted on 2014, in press)
- Yoo JM, Hwang JS, Goo TW, Yun EY. 2013. Comparative analysis of nutritional and harmful components in Korean and Chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). J Korean Soc Food Sci Nutr 42(2):249-254
- Yoo SO, Choi YC, Song HS. 2011. Breed and utilization of mealworm (*Tenebrio molitor*). National Academy of Agricultural Science. RDA, Suwon, Republic of Korea. pp 14-168

Received on Sep.23, 2014/ Revised on Feb.4, 2015/ Accepted on Feb.6, 2015