

제조 방법을 달리한 갈색거저리 유충 탈지 분말의 물리화학적 특성 및 저장 안정성

손 양 주¹ · 황 자 영^{2*}

¹서울대학교 식품영양학과, ²동남보건대학교 식품영양과

Physicochemical Characteristics and Oxidative Stabilities of Defatted Mealworm Powders under Different Manufacturing Conditions

Yang-Ju Son¹ and Ja-Young Hwang^{2*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 08826, Korea
²Dept. of Food and Nutrition, Dongnam Health University, Gyeonggi-do 16328, Korea

ABSTRACT

Mealworm, a type of edible insect, is a superior food material suitable for industrial products. In this study, four different defatted mealworm powders were prepared to determine proper manufacturing conditions. Solvent extraction method reduced lipid contents of mealworms more than pressed mealworms, and lowered lipid contents caused bright colors and good physicochemical properties for powders. In comparison, differences among milling machines used for making powders were strongly related with average size of particles. Meanwhile, the predicted shelf-life of defatted mealworm powders judged by accelerated experiments was 1 year or longer. To enhance shelf-life of mealworm powders, addition of tocopherol to mealworm powders at a concentration of 0.2% could intensify oxidative stability and microbial inhibition.

Key words : Edible insect, mealworm, defatted powder, physicochemical characteristics, shelf life

서 론

갈색거저리 유충은 딱정벌레목 거저리과에 속하는 식용 곤충으로, 영문명은 mealworm, 학명은 *Tenebrio molitor* L.이다. 갈색거저리는 전 세계적으로 널리 분포하고 있는 곤충으로 저장된 곡식을 주로 먹이로 하여 인간의 주변에 가깝게 서식하고 있으며, 이전부터 생태와 생체 구조 및 생체 내 메커니즘, 먹이에 따른 성장 효율 등에 관하여 많은 연구가 진행되었다(Hosen M 등 2004; Meyer DH & Meyer WL 1975; Li LY 등 2013). 갈색거저리 유충을 사람의 식량 공급원으로 이용하기 위한 연구로는 주로 기초적인 연구로써, 일반성분, 아미노산 조성, 지방산 조성, 비타민 및 무기질 등 기본적인 영양소에 관한 연구가 진행되었으며(Ghaly AE & Alkoaik FN 2009; Fraenkel G 1950; Ravzanaadii N 등 2012; Siemianowska E 등 2013), 안전성(Han SR 등 2016) 및 알레르기 관련 연구(Verhoeckx KCM 등 2014) 등의 연구도 일부 진행된 바 있다. 그러나 국내에서는 갈색거저리 유충이 최근에 식품공전에 등록되어 아직은 식품 재료로 이용하기에 물리화학적 특성과 가공 적성 등의 연구가 매우 미미한 상황이다.

식품의 기초 가공 형태 중 하나인 분말은 식품 산업 뿐 아니라 많은 산업에서 중요하게 이용되는 재료의 형태이다. 분말을 만들기 위해서는 먼저 건조 공정을 적용하게 되는데, 이러한 공정을 거침으로써 재료의 수분활성도를 낮추어 부패를 방지할 수 있다(Krokida MK & Marions-Kouris D 2003). 또한 분말화 공정을 적용하면 원재료의 크기를 줄임으로써 운반하기 쉽게 하며, 향미 또한 넓어진 표면적에 의해 더욱 증진될 수 있다(Ghodki BM & Goswami TK 2016). 단순히 분말 형태가 가지는 재료의 물리화학적인 이점 이외에도 갈색거저리 유충에 분말화 공정을 적용하게 되면 소비자의 기호도 또한 증가시킬 수 있는 장점도 있을 수 있다. 많은 소비자들이 심리적으로 곤충에 대한 거부감을 느끼며, 여기에는 특히 외관이 큰 영향을 미친다(Verbeke W 2015). Megido RC 등(2014)은 갈색거저리 유충을 적절히 처리하는 경우, 소비자의 기호성이 높았다고 하였으며, 특히 분말화를 통해 곤충의 외관을 없애게 되면 소비자의 거부감을 낮춘 식품 재료로써 활용이 가능하다고 하였다. 이와 비슷하게 Min KT 등(2016)은 쿠키에 갈색거저리 유충 분말을 추가한 경우, 고소한 맛이 증가하여 대조군보다 더 높은 기호성을 나타내었다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 갈색거저리 유충을 이용하여 산업

* Corresponding author : Ja-Young Hwang, Tel: +82-31-249-6423, Fax: +82-31-249-6420, E-mail: jyhwang@dongnam.ac.kr

적으로 활용 가능한 분말을 생산하기 위한 연구로써, 다양한 조건의 분말을 제조하여 물리화학적 특성과 함께 저장안정성을 확인하고자 하였다. 선행 연구한 결과, 갈색거저리 유충은 지질의 함량이 높아, 탈지 공정을 거치지 않으면 분쇄 효율이 떨어지고, 분말의 응집성이 강해져 그 한계가 뚜렷하였으므로 먼저 탈지 공정을 진행한 뒤에 분말화 하는 제조 방식을 선택하였다. 탈지 조건은 압착 탈지법을 기본으로 하되, 용매 탈지 분말 시료도 함께 제조하여 그 특성을 비교해 보고자 하였으며, 압착 탈지한 갈색거저리 유충에 대하여 커터밀과 해머밀 등 두 가지 분쇄기를 적용하여 각각의 특성 차이를 비교하였다. 또한 해머밀로 분쇄하는 경우에는 제조 시 토코페롤을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우로 나누어 토코페롤의 유무에 따른 특성도 함께 확인해 보고자 하였다. 각 방식으로 제조된 분말은 지질의 함량, 분말의 입도, 색도, 물리화학적 특성 등을 분석하여 이화학적인 특성을 검사하고, 20°C, 35°C, 50°C 등 3가지 온도에 총 60일까지 저장하면서 과산화물가, 산가, 휘발성 염기질소, 총균수 및 대장균 등의 저장 안정성을 확인하여 산업적인 이용 가능성을 확인해 보고자 연구를 계획하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

갈색거저리 유충은 살아있는 것을 경기도 인근의 농가에서 구입하여 이용하였다. 갈색거저리 유충은 3일간 절식한 뒤에 깨끗한 물로 3번 반복 세척하고, 5배의 끓는 물속에 3분 동안 담가 회생시켰다. 회생된 갈색거저리 유충은 체에 올린 뒤, 30분 동안 방치하여 1차로 물기를 제거하였고, 다시 페이퍼 타올로 겉면의 물기를 최대한 제거하였다. 겉면의 물기를 제거한 갈색거저리 유충에 대하여 110°C에서 증적외선을 6분간 조사한 뒤(MS 3-6; Lichtzen, Gunpo, Korea), 산업용 열풍건조기(LH.FC-PO-150; Lab house, Pocheon, Korea)를 이용하여 60°C에서 12시간 동안 열풍건조하였다. 건조된 갈색거저리 유충은 압착 탈지와 용매 탈지의 두 가지 방법을 이용하여 탈지하였다. 압착 탈지의 시행은 산업용 참기름 제조기(yj-395; Youngjinfoodmachine, Seoul, Korea)를 이용하였으며, 15분 동안 압력 600 kgf/cm²를 가하는 공정을 동일하게 2번 시행하였다. 착유된 기름을 제거한 뒤에 남은 잔사를 이용하여 분말을 제조하였으며, 압착 탈지 분말은 다시 평균 입도 크기에 따른 저장 안정성의 변화를 살펴보기 위하여, 커터밀(HR-2172; Philips, Amsterdam, the Netherlands)과 해머밀(DSMP-370; DukSan, Siheung, Korea) 등 두 가지 분쇄기를 적용하여 분말을 제조하였다. 이와 같이 커터밀로 분쇄한 압착 탈지 분말(PDF-C)을 준비하였으며, 압착 탈지 분

말을 해머밀로 분쇄하는 경우에는 토코페롤의 첨가가 산화 방지에 도움을 줄 수 있는지 여부를 확인하기 위하여 해머밀 분쇄 압착 탈지 분말 토코페롤 무첨가군(PDF-H-X)과 0.2%의 토코페롤을 첨가하여 함께 분쇄하여 만든 해머밀 분쇄 압착 탈지 분말 토코페롤 첨가군(PDF-H-O)을 제조하였다. 또한 지질 추출 공정에 따른 산화안정성의 비교를 위하여 n-hexane을 이용하여 지질을 추출해 낸 잔사를 커터밀(HR-2172; Philips, the Netherlands)로 분쇄하여 커터밀 분쇄 용매 탈지 분말(SDF-C)을 준비하였다. 4가지 분말의 제조 방법은 Table 1에 정리하여 나타내었으며, 준비된 분말은 저장 안정성 실험을 위해 polypropylene(PP) 소재의 포장재를 이용하여 50 g씩 담아 진공포장하였다. 진공포장된 분말 4종은 20°C, 35°C, 50°C의 3가지 온도 조건의 인큐베이터에 각각 저장하면서 0일, 10일, 20일, 30일, 40일, 50일, 60일에 시료를 취하여 분석에 이용하였다.

2. 지질 함량

제조된 탈지 분말의 지질 함량 측정은 에테르를 이용한 Soxhlet 추출법으로 분석하였다(AOAC 1995).

3. 분말의 입도

제조된 분말의 평균 입도는 BT-1800 dynamic image particle size analysis system(Bettesize, Dandong, China)을 이용하여 측정하였다.

4. 색도

시료의 색도 측정을 위하여 분말을 4 g씩 35Φ petri dish (SPL Life Sciences, Pocheon, Korea)에 담은 뒤, 색차계(CM-3500d; Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 그 값을 측정하였다.

Table 1. Manufacture conditions of four defatted meal-worm powders

	Milling machine	Defatting method	Addition of tocopherol (%)
PDF-C ¹⁾	Cutter mill	Pressed	-
PDF-H-X	Hammer mill	Pressed	-
PDF-H-O	Hammer mill	Pressed	0.2
SDF-C	Cutter mill	With n-hexane	-

¹⁾ PDF-C: defatted with pressure and ground with a cutter mill, PDF-H-X: defatted with pressure and ground with a hammer mill, PDF-H-O: defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added, SDF-C: defatted with solvent and ground with a cutter mill.

다. 광원 조건은 D65-10°로 하였으며, 각 시료별로 5회 반복 측정하였고, Hunter Lab 색체계를 이용하여 값을 나타내었다.

5. 분말의 물리화학적 특성

분말의 수분흡착력(Water Adhesion Capacity; WAC)과 유 지흡착력(Oil Adhesion Capacity; OAC)의 측정은 Cho SA 등(2013)의 방법에 따라 시행하였다. 10 mL의 증류수 또는 콩기름(Sajo, Seoul, Korea)을 15 mL 튜브에 담은 뒤, 0.5 g의 갈색겨저리 유충 분말을 가하였다. 이후 상온에서 1시간 동안 보관하면서, 15분마다 강하게 섞어주었다. 최종적으로 1시간이 되었을 때, 원심분리기(Combi-514R; Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)를 이용하여 1,600×g에서 25분 동안 원심분리하였으며, 이후 상층액을 제거하고 남은 잔사의 무게를 측정하였다. 건조 분말과 최종 잔사의 무게를 비교하여 분말 1 g 당 수분과 유지의 흡착력을 계산하였다.

갈색겨저리 유충 분말의 유화력과 유화안정성은 Pearce NK & Kinsella EJ(1978)의 방법을 일부 변형하여 분석하였다. 0.1 g의 분말을 25 mL의 증류수에 분산시킨 뒤, 1 mL의 콩기름(Sajo, Korea)을 넣어주었다. 이후 homogenizer(Ultra-turrax T18; IKA Lab Technology, Staufen, Germany)를 이용하여 24,000 rpm에서 1분 동안 유화액을 형성하였다. 형성된 유화액은 0.1% SDS와 섞은 뒤(1:150, v/v), 분광광도계(Optizen 2120UV; Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 유화력은 유화액의 흡광도에 2.303을 곱하여 계산하였다. 유화안정성은 제조된 유화액을 5°C에서 12 h 동안 방치한 뒤 유화력을 같은 방법으로 측정하였으며, 유화액 제조 직후의 유화력과 그 값을 비교하여 비율을 계산하였다.

갈색겨저리 유충 분말의 거품형성능과 거품안정성은 Lawhon JT 등(1972)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 분말을 증류수에 분산시켜 1.5% 용액을 만든 뒤, homogenizer(Ultra-turrax T18; IKA Lab Technology, Germany)를 이용하여 10,000 rpm에서 5분 동안 거품을 형성하였다. 거품형성능은 거품 형성 직후 초기 용액 부피 대비 생성된 거품 부피의 비율로 계산하였다. 거품안정성은 거품을 형성한 후, 1시간 동안 상온에 용액을 방치하였다가 동일한 방법으로 거품형성능을 측정한 뒤, 거품 형성 직후의 거품형성능과 비교하여 그 비율로 나타내었다.

6. 과산화물가

과산화물가의 측정은 Lee MH 등(2014)의 방법을 일부 변형하여 실시하였다. 분말 5 g을 취한 뒤, 아세트산과 클로로포름을 혼합한 용액(3:2, v/v) 25 mL를 가한 뒤, KI 포화 용액 1 mL를 다시 가하여 강하게 교반하고, 암실에서 10분간 방치

하였다. 이에 다시 증류수 75 mL를 가한 뒤, 1% 전분 용액을 지시약으로 1 mL 가하였다. 적정 용액은 0.01 N Na₂S₂O₃ 용액을 이용하였으며, 청남색이 소실되는 시점까지 적정하는데 총 소요된 양을 토대로 과산화물가를 계산하였다.

7. 산가

분말의 산가 측정은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2015)에 따라 실시하였다. 분말 5 g에 에틸에테르와 에탄올을 혼합한 용액(2:1, v/v) 100 mL를 첨가하고 진탕한 후, 1% 페놀프탈레인 용액을 100 µL 첨가한 뒤, 0.1 N KOH/EtOH 용액으로 미홍색이 30초간 유지되는 때까지 적정하는데 소요된 양을 토대로 하여 산가를 계산하였다.

8. 휘발성 염기질소 함량

휘발성 염기질소의 함량을 측정하기 위하여 Conway dish를 이용한 미량확산법을 활용하였다. 측정은 Oh SC 등(2000)의 방법을 일부 변형하여 실시하였으며, 이를 위하여 분말 5 g을 취한 뒤에 10% 트리클로로아세트산 용액 5 mL와 증류수 15 mL를 가하고, 200 rpm에서 30분 동안 교반하였다(SI600R; Lab Companion, Daejeon, Korea). 교반한 용액을 Whatman No.1 filter paper(Whatman, Buckinghamshire, UK)를 사용하여 여과한 뒤에 50 mL로 정용하였다. 정용한 시료 중 1 mL를 취하여 Conway 용기 외실 한 편에 넣고, 내실에는 0.01 N H₂SO₄ 용액을 1 mL 가한 뒤에 K₂CO₃ 포화 용액을 외실 중 다른 한 쪽에 넣고 덮개를 덮어주었다. 이후 외실의 용액끼리 혼합되도록 가볍게 흔들어 섞은 뒤, 40°C의 인큐베이터(BI-1000M; Jeiotech, Daejeon, Korea)에 넣어 90분간 방치하였다. 이후 덮개를 열고 Conway dish의 내실에 Brunswik 용액 50 µL를 가한 뒤, 0.01 N NaOH 용액을 이용하여 붉은색의 용액이 청록색으로 변할 때까지 적정하는데 소요된 양을 이용하여 휘발성 염기질소 함량을 구하였다.

9. 일반세균수 및 대장균

일반세균수의 측정을 위하여 0.9% 생리식염수를 사용하여 분말을 연속 희석법으로 희석한 뒤에, 희석액 1 mL를 취하여 3M 필름 배지(Petri film aerobic count plate; 3M Science, Seoul, Korea)에 접종하였다. 접종한 배지는 37±1°C의 인큐베이터(BI-1000M; Jeiotech, Korea)에 넣어 48시간 동안 배양한 후에, 생성된 붉은색의 집락수를 관찰하여 평균 집락수를 구하고, 이에 희석 배수를 곱해준 값을 일반세균수로 하였다.

대장균의 검출 여부는 10배 희석한 시료를 취하여 3M 대장균용 필름 배지(Petri film EC count plate; 3M Science, Seoul, Korea)에 접종해준 후, 혐기 조건을 유지하면서 37±1°C에서 48시간 배양하여 대장균이 검출되는지를 확인하였다.

10. 통계처리

본 연구의 모든 실험은 3반복으로 수행하였으며, 그 값을 SPSS 22.0 program(IBM Inc., Armonk, NY, USA)을 활용하여 통계처리 하였다. 통계처리를 통하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 평균값의 통계적 유의성에 대해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 수행하여 검정하였다. Duncan's multiple range test가 사후 분석으로 이용되었으며, 이를 통하여 $p < 0.05$ 수준에서 시료 간에 통계적으로 유의적인 차이가 있는지를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 분말의 지질 함량, 입도 및 색도

제조된 4가지 분말의 기초 특성으로 지질 함량, 분말의 평균 입도, 색도를 측정하였으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 지질 함량의 측정 결과, 압착 탈지분은 약 13%의 지질이 분말 내에 남아 있었으며, 이에 비해 용매 탈지분은 2.0%의 지질만 제거되지 않고 남아, 탈지 방법에 따른 분말의 지질 함량에 큰 차이가 있었다. 따라서 압착 탈지분과 용매 탈지분의 특성 차이는 지질의 함량 차이가 크게 영향을 끼칠 것으로 생각되었으며, 같은 압착 탈지분 내에서는 분쇄기를 달리한 경우(PDF-C와 PDF-H-X)와 같은 분쇄기에서 토크페를 0.2% 첨가한 경우(PDF-H-X와 PDF-H-O)에는 지질 함량에 대해 서로 간에 유의한 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$). 분말의 평균 입도를 분석한 결과, 모두 같은 눈 크기의 체를 이용하였음에도 서로 다른 평균 입도를 나타내는 것을 확인하였다. 먼저 탈지 방법을 달리한 PDF-C와 SDF-C의 경우, 지질의 함량이 크게 차이가 났음에도 불구하고, 분말의 평균 입도 크기는 5 μm 차이가 나, 탈지 방법은 같지만 서로 다른 분쇄기를 이용한 PDF-C와 PDF-H-X 간의 평균 입도 크기 차

이인 54 μm 의 10분의 1 수준밖에 되지 않았다. 이러한 결과를 토대로 분말 제조 시에 분말의 평균 입도 크기는 지질의 함량보다는 분쇄기의 종류와 분쇄 효율에 크게 영향을 받을 수 있으며, 커터밀보다 해머밀이 더 미세한 분말을 생산하는데 적합하다는 것을 확인하였다. 제조된 4가지 분말의 색도를 측정한 결과, 분말의 L 값은 압착 방식으로 탈지한 분말의 경우 50.38~53.26 사이에 분포한 것에 비하여, 용매 탈지한 SDF-C는 71.59로 가장 높은 L 값을 보였다($p < 0.05$). 따라서 갈색거저리 유충 분말의 지질 함량은 분말의 밝기에 직접적인 영향을 주는 것으로 판단되며, Kan H 등(2008)이 갈색거저리 유충의 밝은 갈색은 phenol oxidase에 의해 tyrosine에서 유래된 멜라닌 색소의 영향이라 하였으므로, SDF-C의 경우 n-hexane을 이용한 탈지 도중에 멜라닌 색소의 용출이 일어난 것으로 생각된다. SDF-C의 경우 높은 L값을 나타냄과 동시에 눈에 띄게 낮은 a값과 b값을 보였는데, 이 또한 색소의 용출로 인한 현상으로 사료된다.

2. 분말의 물리화학적 특성

제조된 분말의 물리화학적 특성 중 특히 용매에 분말을 분산하였을 때 나타나는 특성은 분말을 실제로 이용할 때 중요한 요소 중 하나이다. 이에 분말을 용매에 분산하였을 때 나타나는 물리화학적 특성에 대하여 WAC, OAC, 유화력, 유화안정성, 거품 형성능, 거품 안정성 등을 측정하여, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. Sun M 등(2008)은 WAC와 OAC가 분말의 기름 함량이 높아지면 크게 낮아질 수 있다고 하였으며, 본 연구에서도 이와 마찬가지로 가장 지질 함량이 낮은 SDF-C가 유의적으로 높은 WAC와 OAC 값을 나타내었다($p < 0.05$). 또한 SDF-C는 유화액과 거품의 형성, 그리고 그 안정성에 대해서도 비교적 좋은 결과를 나타내었다. 유화와 거품 형성 시에는 표면장력을 낮추면 그 형성력이 크게

Table 2. Lipid contents, average particle sizes, and color values of four mealworm powders

	Lipid contents (%)	Average particle size (μm)	Hunter's color value		
			L	a	b
PDF-C	13.2 \pm 0.1 ^b	157	52.71 \pm 0.23 ^b	4.60 \pm 0.06 ^b	11.55 \pm 0.23 ^a
PDF-H-X	13.3 \pm 0.2 ^{ab}	103	50.38 \pm 0.80 ^c	4.73 \pm 0.05 ^a	10.72 \pm 0.26 ^b
PDF-H-O	13.4 \pm 0.1 ^a	110	53.26 \pm 1.05 ^b	4.56 \pm 0.09 ^b	10.96 \pm 0.18 ^b
SDF-C	2.0 \pm 0.2 ^c	162	71.59 \pm 0.62 ^a	1.92 \pm 0.16 ^c	7.43 \pm 0.54 ^c

Results are shown as mean \pm S.D. with three replicates.

¹⁾ PDF-C: defatted with pressure and ground with a cutter mill, PDF-H-X: defatted with pressure and ground with a hammer mill, PDF-H-O: defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added, SDF-C: defatted with solvent and ground with a cutter mill.

²⁾ Different superscripts within rows (^{a-c}) represent significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Physicochemical properties of four mealworm powders

	PDF-C ¹⁾	PDF-H-X	PDF-H-O	SDF-C
WAC (g/g sample)	1.48±0.03 ^{b2)}	1.48±0.02 ^b	1.49±0.03 ^b	2.72±0.23 ^a
OAC (g/g sample)	1.26±0.05 ^b	1.03±0.03 ^c	1.06±0.01 ^c	2.05±0.38 ^a
Emulsion activity index	0.54±0.07 ^b	0.34±0.03 ^c	0.36±0.03 ^c	0.63±0.00 ^a
Emulsion stability (%)	60.69±5.14 ^b	63.90±6.61 ^b	64.45±3.19 ^b	99.73±0.39 ^a
Foam expansion capacity (%)	3.65±0.35 ^b	4.01±0.27 ^b	3.88±0.29 ^b	5.80±0.28 ^a
Foaming stability (%)	87.52±3.15	92.12±4.41	93.21±5.82	91.31±2.86

Results are shown as mean±S.D. with three replicates.

¹⁾ PDF-C: defatted with pressure and ground with a cutter mill, PDF-H-X: defatted with pressure and ground with a hammer mill, PDF-H-O: defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added, SDF-C: defatted with solvent and ground with a cutter mill.

²⁾ Different superscripts within rows (^{a-c}) represent significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

높아지게 되며, 단백질은 양극성 물질로써 계면활성제로 작용하여 표면장력을 낮추는 작용을 할 수 있다(Nakai S 1983). SDF-C는 비록 유의적으로 차이가 나지는 않았으나, 가장 높은 수치의 단백질 비율을 나타내었으며(data not shown), 따라서 시료 내 단백질이 유화와 거품 형성에 더욱 도움을 주었을 것으로 생각된다. 이에 비해 PDF-C, PDF-H-X, PDF-H-O 등 압착 탈지분의 경우, 대부분의 항목에서 시료 간에 유의적인 차이가 없었으며, 따라서 분쇄기의 종류나 0.2% 수준의 토크페롤 첨가 유무보다는 지질 함량이 분말의 물리화학적 특성에 더욱 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3. 과산화물가

갈색겨저리 유충 탈지 분말 4종의 저장 온도에 따른 저장 기간별 과산화물가의 변화는 Fig. 1과 같았다. 모든 분말에서 60일 간의 저장이 진행된 경우, 저장 온도가 높을수록 과산화물가 수치가 높게 나타나, 분말의 저장 온도가 높을수록 지질의 산화가 촉진됨을 확인하였다. 제조 직후의 과산화물가는 PDF-C와 PDF-H-X가 서로 차이가 없었으며($p > 0.05$), 이에 분쇄 방식에 의해서는 유의적인 과산화물가의 차이가 나타나지 않는 것으로 보인다. 저장을 지속한 경우에는 저장 기간이 50일이 되기 이전에는 평균 입도가 더 큰 PDF-C가 PDF-H-X보다 더 낮은 과산화물가 수치를 나타내었으나, 저장이 종료된 60일경에는 모든 온도 조건에서 PDF-C의 과산화물가 값이 PDF-H-X보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 따라서 PDF-C 군에서는 일정 수준 이상의 산화가 진행되면 PDF-H-X보다 지질 산화가 더욱 가속화되는 것으로 판단된다. 분쇄 시 토크페롤을 첨가한 PDF-H-O 군은 PDF-H-X 군과 제조 직후 0일의 과산화물가 값을 비교하였을 때, 그 값이 각각 4.54 ± 0.54 meq/kg, 1.36 ± 0.25 meq/kg으로 나타나 70% 가량 값

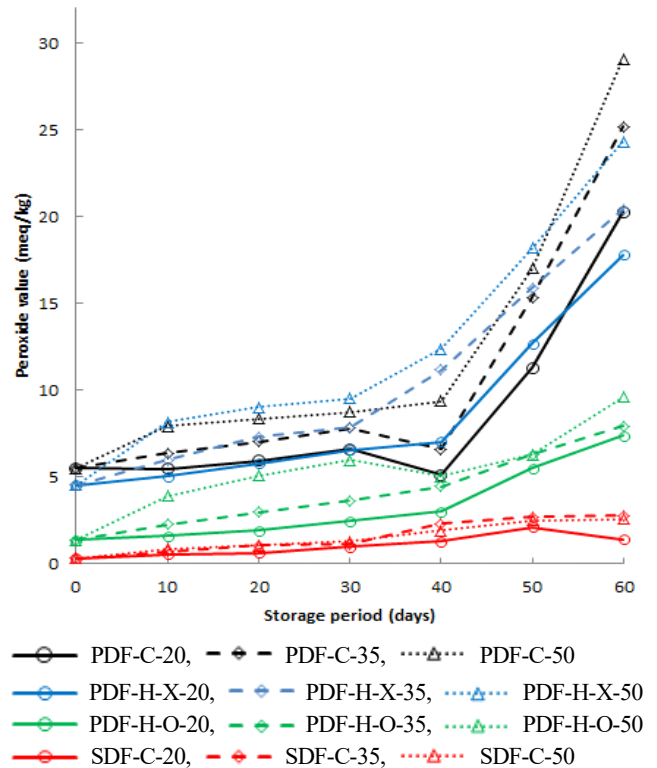


Fig. 1. Changes in peroxide values of four mealworm powders during storage.

Results are shown as mean±S.D. with three replicates.

PDF-C: Defatted with pressure and ground with a cutter mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

PDF-H-X: Defatted with pressure and ground with a hammer mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

PDF-H-O: Defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

SDF-C: Defatted with solvent and ground with a cutter mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

이 감소하였다. 또한 저장기간 내내 PDF-H-O 군이 PDF-H-X 군의 과산화물가 값에 비하여 50% 이하의 값을 나타내었으며, 이에 토코페롤의 첨가는 제조된 갈색거저리 유충 분말의 지질 산화에 대한 저해 효과를 가지고 있는 것으로 확인되었다. 토코페롤의 첨가가 기름의 산화안정성에 미치는 영향에 대하여 Blekas G 등(1995)은 적절한 양의 토코페롤의 첨가는 산화안정성을 높이는 긍정적인 영향을 주지만, 지나친 양의 첨가는 토코페롤이 pro-oxidant로 작용하여 지질 산화를 더욱 촉진시킬 수도 있다고 하였다. 이러한 관점에서 본 연구에서 첨가한 0.2% 수준의 토코페롤은 지질의 산화를 낮추는데 적절한 수준의 첨가로 판단되었다. 지질의 탈지법을 용매 탈지법으로 시행한 SDF-C의 경우에는 PDF-C에 비하여 20% 이하의 과산화물가 값을 나타내었으며, 저장기간 내내 가장 낮은 과산화물가를 나타내었다.

4. 산가

갈색거저리 유충 탈지 분말 4종의 저장 온도에 따른 저장기간별 산가의 변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같았다. 과산화물가와 마찬가지로 모든 분말이 저장 온도가 높을수록 산가 값이 높아지는 추세를 나타내어, 저장 온도가 높아짐에 따라 지질에 대한 화학적인 변화가 촉진되는 것을 확인하였다. 과산화물가의 분석 결과와 마찬가지로, 제조 직후의 산가 수치는 PDF-C와 PDF-H-X가 서로 차이가 없었으며($p > 0.05$), 이에 분쇄 방식에 의해서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 저장을 지속하는 경우에는 저장 온도 조건이 20°C와 35°C일 때는 PDF-C가 PDF-H-X보다 저장기간 내내 더 높은 산가를 나타내었으며, 50°C에서 저장하는 경우에만 PDF-H-X가 PDF-C에 비해 더 높은 산가를 나타내었다. 따라서 입자 크기가 더 큰 경우, 상온 또는 실온의 조건에서 유리지방산으로 분해되는 과정이 더 많이 일어나는 것으로 확인되었으며, 고온의 조건에서는 그 반대의 결과가 나타났다. 분쇄 시 토코페롤을 첨가한 PDF-H-O 군은 토코페롤을 첨가하지 않은 PDF-H-X 군에 비하여 제조 직후에 산가 값이 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 저장 기간 중에도 대체로 그 값이 낮았으나, 그 효과는 과산화물가에 비해서는 뚜렷하지 않았다. 산가의 촉진은 지질의 산화에 의한 2차적인 유리지방산의 생성 또는 시료에 함유된 지질분해효소에 의한 지질 분해로 유리지방산의 생성이 가능한데(Kardash E & Tur'yan YI 2005), 토코페롤은 지질의 산화를 방지하는 역할을 할 수 있으나, 지질분해효소의 역할을 저해하는 물질로 볼 수는 없다. 따라서 지질산화 지표인 과산화물가의 상승은 토코페롤 첨가로 인하여 저해되었으나, 산가의 경우에는 그 저해 정도가 미미한 것으로 판단되었다. 또한 입자크기가 큰 PDF-C가 PDF-H-X보다 유리지방산이 더 생성이 촉진되었던 것은 큰 입자 내에

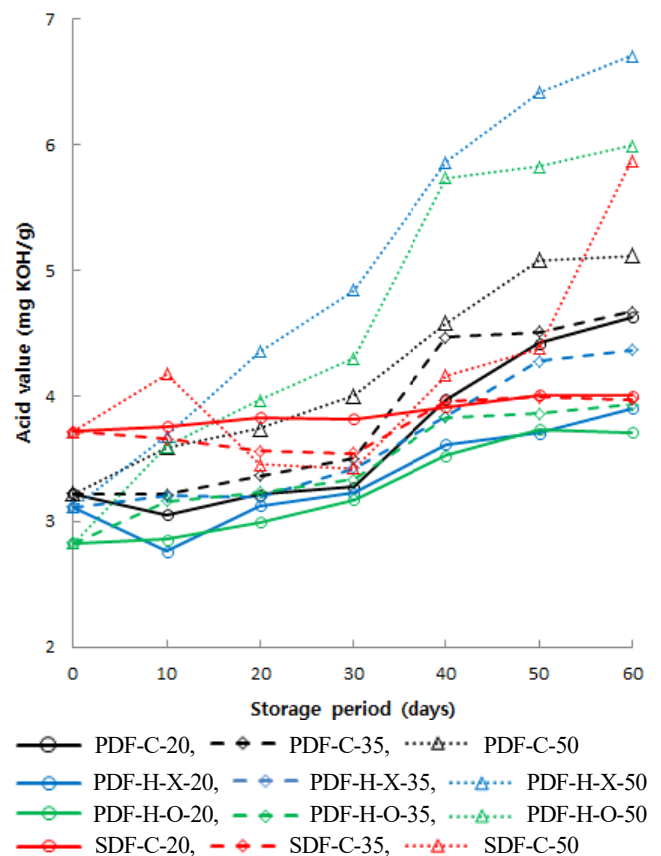


Fig. 2. Changes in acid values of four mealworm powders during storage.

Results are shown as mean±S.D. with three replicates.

PDF-C: Defatted with pressure and ground with a cutter mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

PDF-H-X: Defatted with pressure and ground with a hammer mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

PDF-H-O: Defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

SDF-C: Defatted with solvent and ground with a cutter mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

서 지질 분해 효소가 더 많은 지질과 접촉이 가능하여 그 작용이 일부 촉진된 것으로 사료된다. SDF-C의 경우에는 제조 직후 산가 수치는 다른 분말에 비해 높았으나, 20°C에서 저장하는 경우에는 60일까지 저장 중에 산가 수치가 유의한 변화가 없었으며($p > 0.05$), 35°C에 보관한 경우에는 30일까지는 저장기간이 증가함에 따라 산가 수치가 일부 감소하다가 40일부터 60일 동안에는 0일의 산가 값과 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 이에 비하여 50°C에서 저장한 경우에는 저장기간에 따라 증감을 보이다가 60일에 급격한 증가를 나타내었다. 따라서 SDF-C의 경우, 상온 및 실온 조건에서 저장할 시에는 유리지방산의 생성이 거의 일어나지 않으나, 50°C의 고온에서 저장할 때에는 지질의 분해가 급격히 촉진되

는 것으로 확인되었다.

5. 휘발성 염기질소 함량

갈색거저리 유충 탈지 분말 4종의 저장 온도에 따른 저장 기간별 휘발성 염기질소(Volatile Basic Nitrogen; VBN)의 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같았다. 분말 제조 직후에는 PDF-H-X의 VBN 함량이 6.79 ± 0.41 mg/100 g, PDF-H-O의 VBN 함량이 6.51 ± 1.39 mg/100 g으로 PDF-H-O에서 함량이 약간 낮았으나, 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 이에 비해 커터 밀로 분쇄하여 분말의 평균 입도가 큰 PDF-C는 5.79 ± 0.70 mg/100 g으로 역시 해머밀로 분쇄한 것과 유의한 차이는 없었으나, 수치상으로는 약 $0.7 \sim 1.0$ mg/100 g 낮았다. 제조 직

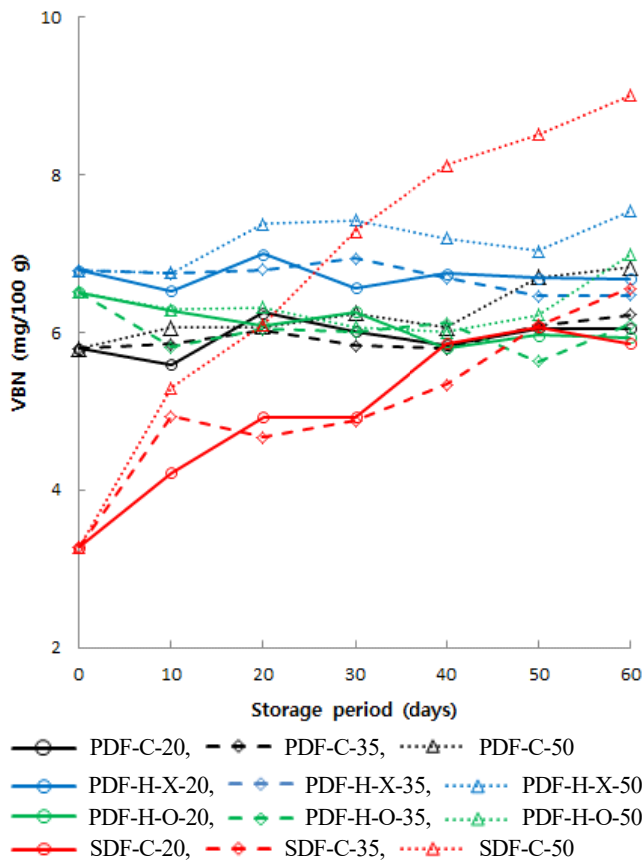


Fig. 3. Changes in VBN contents of four mealworm powders during storage.

Results are shown as mean±S.D. with three replicates.

PDF-C: Defatted with pressure and ground with a cutter mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

PDF-H-X: Defatted with pressure and ground with a hammer mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

PDF-H-O: Defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

SDF-C: Defatted with solvent and ground with a cutter mill (stored at 20°C, 35°C, 50°C).

후 가장 VBN 함량이 낮았던 시료는 SDF-C로써, 3.27 ± 0.40 mg/100 g을 나타내었다($p < 0.05$). 블렌칭 희생 공정만 거친 갈색거저리 유충의 VBN 함량이 5.58 ± 0.56 mg/100 g wet basis로써 이를 dry basis로 환산하면 약 10 mg/100 g이었던 것을 고려하면(data not shown), 용매 탈지한 SDF-C 시료의 경우에는 공정 중 2/3 정도의 VBN이 n-hexane 용매로 유출되어 소실된 것으로 판단된다. 압착 탈지 시료에서도 압착 탈지 공정 중 50% 정도의 VBN이 소실된 것으로 보이며, 탈지 후 해머밀로 분쇄하는 경우 커터밀에 비해 더 미세하게 분쇄되면서 마찰열 등으로 인하여 일부 단백질의 분해가 일어난 것으로 판단된다. 저장 기간 중 VBN 함량의 변화를 살펴보면, PDF-C와 PDF-H-X, PDF-H-O의 경우 모두 20°C, 35°C에서는 저장 기간 내내 VBN 함량의 상승을 나타내지 않아, 단백질 분해에 매우 안정하였다. 50°C에서 보관한 경우에는 PDF-H-X는 저장 20일째와 60일째에 2번 증가 추세를 나타내었으나, 0일에 비해 1 mg/100 g 이하의 함량 차이를 보여 그 증가 폭이 크지 않았다. PDF-H-O를 50°C에 보관하였을 때는 60일째에 증가 추세를 나타내었으며, 그 값은 PDF-H-X보다 작아($p < 0.05$), 토코페롤 첨가가 단백질 안정성에도 일부 도움을 줄 가능성이 있음을 확인하였다. PDF-C의 경우에는 50°C에서 저장하는 경우, 50일째에 증가 추세를 나타내었으며, 60일째에는 해머밀로 제조한 분말보다 낮은 VBN 함량을 보였다. 저장하는 동안 가장 큰 VBN 함량의 변화를 나타낸 시료는 SDF-C였으며, SDF-C는 제조 직후 가장 낮은 VBN 함량을 나타낸 것에 비해 모든 온도에서 저장기간 내내 점진적으로 VBN의 함량이 증가하였다. 20°C, 35°C에 저장한 경우에는 VBN 함량이 점진적으로 증가하여 60일째에는 같은 온도에서 저장한 PDF-C, PDF-H-X, PDF-H-O 등과 비슷한 수치를 나타내었으며, 50°C에서 저장한 경우에는 40~60일째에 모든 시료 중 가장 높은 VBN 함량을 나타내었다. 따라서 갈색거저리 유충에서 지질을 완전히 제거하는 경우에는 단백질의 부패가 더 빨라지는 것을 확인하였으며, 이는 지질 중 함유된 토코페롤 등의 항산화성 물질이 제거되면서 나타난 결과로 판단된다.

6. 일반세균수 및 대장균 검출

4가지 분말의 저장 기간 중 위생안전성을 확인하기 위하여 총균수 및 대장균 검출시험을 진행하였으며(Table 4), 모든 실험군에서 저장기간 동안 대장균은 검출되지 않았다. 제조 직후 분말에서는 압착 탈지분의 경우 logCFU가 3.07~3.57로 나타나, Chung MY 등(2014)이 동결건조 갈색거저리 유충에 대해 설정한 logCFU 3 미만 기준을 이미 초과하였다. 이는 Chung MY 등(2014)은 고온가압을 이용하여 미생물을 살균한 데에 비하여 본 연구에서는 제품의 맛과 향을 유지하

Table 4. Changes in microbial counts of four mealworm powders during storage (unit: logCFU)

Temperature (°C)	Period (day)	Mealworm powders ¹⁾			
		PDF-C	PDF-H-X	PDF-H-O	SDF-C
20	0	3.36±0.02 ^{abB2)}	3.57±0.02 ^{dA}	3.07±0.02 ^{fC}	1.87±0.03 ^{dD}
	10	3.22±0.10 ^{cC}	3.84±0.03 ^{aA}	3.68±0.03 ^{aB}	2.90±0.05 ^{aD}
	20	3.25±0.05 ^{bCB}	3.79±0.02 ^{aA}	3.24±0.01 ^{dB}	3.00±0.01 ^{bC}
	30	3.33±0.05 ^{abcC}	3.70±0.01 ^{bA}	3.55±0.04 ^{bB}	2.80±0.04 ^{dD}
	40	3.34±0.11 ^{abcC}	3.65±0.03 ^{aA}	3.53±0.01 ^{bB}	2.70±0.02 ^{dD}
	50	3.43±0.03 ^{aB}	3.59±0.04 ^{dA}	3.41±0.05 ^{bB}	2.62±0.03 ^{cC}
	60	3.42±0.06 ^{aA}	3.45±0.03 ^{aA}	3.16±0.01 ^{eB}	2.63±0.02 ^{cC}
35	0	3.36±0.06 ^{bcB}	3.57±0.02 ^{dA}	3.07±0.02 ^{bcC}	1.87±0.03 ^{abD}
	10	3.20±0.05 ^{cC}	3.76±0.03 ^{bA}	3.34±0.02 ^{aB}	1.74±0.04 ^{bD}
	20	3.28±0.02 ^{cdeC}	3.64±0.05 ^{aA}	3.37±0.01 ^{aB}	2.30±0.10 ^{aD}
	30	3.32±0.06 ^{cdB}	3.72±0.05 ^{bA}	3.33±0.10 ^{aB}	1.59±0.11 ^{bC}
	40	3.45±0.05 ^{bbB}	3.84±0.04 ^{aA}	3.13±0.05 ^{bcC}	0.57±0.51 ^{cdD}
	50	3.82±0.04 ^{aA}	3.11±0.03 ^{fB}	3.11±0.03 ^{bbB}	0.57±0.51 ^{cC}
	60	3.24±0.09 ^{deB}	3.34±0.04 ^{aA}	3.02±0.02 ^{cC}	1.77±0.07 ^{bD}
50	0	3.36±0.02 ^{bbB}	3.57±0.02 ^{dA}	3.07±0.02 ^{bcC}	1.87±0.03 ^{aD}
	10	3.42±0.06 ^{bbB}	3.81±0.02 ^{aA}	3.24±0.06 ^{aC}	1.87±0.03 ^{aD}
	20	3.13±0.05 ^{cC}	3.95±0.04 ^{bA}	3.24±0.04 ^{aB}	1.54±0.06 ^{bD}
	30	3.43±0.08 ^{bbB}	4.02±0.01 ^{aA}	3.32±0.06 ^{aC}	1.77±0.07 ^{bD}
	40	3.70±0.02 ^{aA}	2.97±0.07 ^{gC}	3.09±0.05 ^{bbB}	1.16±0.15 ^{cdD}
	50	2.74±0.04 ^{dC}	3.13±0.02 ^{fA}	2.98±0.02 ^{cbB}	1.16±0.15 ^{cdD}
	60	3.10±0.02 ^{cC}	3.39±0.03 ^{aA}	3.31±0.03 ^{aB}	1.39±0.09 ^{bD}

Results are shown as mean±S.D. with three replicates.

¹⁾ PDF-C: defatted with pressure and ground with a cutter mill, PDF-H-X: defatted with pressure and ground with a hammer mill, PDF-H-O: defatted with pressure, ground with a hammer mill, and tocopherol added, SDF-C: defatted with solvent and ground with a cutter mill.

²⁾ Different superscripts within rows (^{a-c}) represent significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

기 위하여 고온가압 처리를 거치지 않았기 때문으로, 따라서 맛과 향은 보존되었으나, 미생물에 대한 위험성이 증대된 것을 확인하였다. 그러나 50°C에서 PDF-H-X를 30일 저장한 시료를 제외하면 모든 저장 조건에서 저장 기간 내내 logCFU 4 미만의 수치를 유지하였다. 따라서 저장 동안 미생물 수치에서 큰 변화는 나타나지 않아 미생물에 의해 위생이 크게 위협되지는 않을 것으로 판단된다. 하지만 위생을 고려하면 제조 시 살균 조건을 더 강화할 필요성이 있었다. 제조 직후 총균수를 비교하였을 때, 압착 탈지 방식으로 제조한 분말의 logCFU가 3.07~3.57 수준이었던 것에 비해 용매 탈지를 거

친 SDF-C는 1.87±0.03 logCFU 값을 나타내어 훨씬 낮은 미생물 오염도를 나타내었으며, 이는 용매 탈지 중 n-hexane 처리에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다. 또한 SDF-C는 압착 탈지 분말과 다르게 20°C에서 저장한 경우에 35°C나 50°C에서 저장한 경우보다 저장기간 내내 1 logCFU 정도 높은 총균수를 나타내어 20°C 저장 조건에서 확연히 균의 오염도가 높았다. 그러나 기간에 따른 계속된 증가는 나타나지 않았으며, 저장 기간 내내 Chung MY 등(2014)이 갈색겨저리 유충 분말에 대해 설정한 기준인 logCFU 3 미만을 만족하였다. 이러한 SDF-C의 차이는 활성화된 미생물 군이 압착 탈

지 분말과 달라 발생한 것으로 추측된다. 서로 다른 분쇄기를 적용한 PDF-C와 PDF-H-X의 경우에는 PDF-H-X가 제조 직후에 더 많은 총균수를 나타내었으며, 저장 중에도 대체로 PDF-H-X가 더 높은 총균수를 보유하였다. 토코페롤을 첨가한 PDF-H-O의 경우에는 토코페롤을 첨가하지 않은 PDF-H-X에 비해 제조 직후 균수가 0.5 logCFU 적어 유의하게 더 낮았으며($p < 0.05$), 저장 동안에도 대체로 더 낮은 총균수를 나타내었다. 따라서 토코페롤이 지질의 산패를 방지할 뿐 아니라, 약간의 미생물 억제 효과도 가지고 있는 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 갈색거저리 유충을 이용하여 산업적으로 활용 가능한 분말을 생산하기 위하여 서로 다른 조건의 갈색거저리 유충 분말을 제조하여 물리화학적 특성과 함께 저장 안정성을 살펴보고자 하였다. 분말의 제조를 위하여 먼저 탈지 방법에 따라 압착 탈지분과 용매 탈지분으로 구분한 뒤, 용매 탈지분 시료는 커터밀로 분쇄하였고(SDF-C), 압착 탈지분은 다시 커터밀(PDF-C)과 해머밀 등 분쇄기의 조건을 달리 적용하였다. 또한 해머밀로 분쇄하는 경우에는 토코페롤 0.2% 첨가군(PDF-H-O)과 토코페롤 무첨가군(PDF-H-X)으로 나누어 토코페롤 첨가가 제조된 분말의 저장성을 높일 수 있는지 확인하였다.

제조된 분말의 기초 특성을 확인한 결과, 지질 함량은 탈지 방법에 따라 큰 차이가 있었으며, 용매 탈지분이 압착 탈지분보다 훨씬 낮은 지질 함량을 나타내었다. 낮은 지질 함량은 시료의 색과 크게 관련이 있었으며, 지질 함량이 낮아지면 색도 중 L 값이 증가하고, a 값과 b 값이 감소하였다. 또한 물리화학적 특성도 비교적 좋은 것으로 평가되었다. 분쇄기의 종류를 달리한 경우에는 분말의 평균 입도에 가장 큰 영향을 끼치는 것을 확인하였으며, 이로 인하여 물리화학적 특성에서도 변화가 일부 관찰되었다. 이에 비해 토코페롤의 첨가 유무는 분말 제조 시 물리화학적 특성에는 별다른 영향을 끼치지 않았다.

갈색거저리 유충 탈지분의 산업적인 이용성 확대를 PP 재질로 포장하여 20°C, 35°C, 50°C 등 3가지 온도 조건에서 산화 안정성을 확인한 결과, 연구에 이용된 4종류의 분말 모두 지질, 단백질 산패와 총균수의 변화를 고려하면 50°C에서 60일 이상 저장이 가능한 것을 확인하였으며, 이에 T₁₀값을 2로, 안전계수를 0.6으로 설정하는 등 일반적인 식품에 적용되는 안전계수보다 매우 엄격한 수준으로 적용하여도 갈색거저리 유충 분말은 20°C에서 1년 이상 저장 가능할 것으로 예측되었다. 일반적으로 식품 분말이 상온 보관 시 1년 정도가 유통기한으로 많이 설정되고 있는 것을 고려할 때, 갈색

거저리 유충 분말도 이와 비슷한 유통기한을 적용할 수 있는 것으로 판단되며, 탈지 분말을 제조할 때 0.2% 정도의 토코페롤 첨가는 지질, 단백질의 산화 안정성 및 미생물 안정성 등에 긍정적인 영향을 주어 최종 제품의 저장성을 높이는 데 도움을 줄 수 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치식품과제(315060-3)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- AOAC (1995) Official Method of Analysis of AOAC international. 16th ed. Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA.
- Blekas G, Tsimidou M, Boskou D (1995) Contribution of α -tocopherol to olive oil stability. Food Chem 52(3): 289-294.
- Cho SA, Yoo KM, Lee S, Kim KT, Hwang IK (2013) Quality characteristics of nutrition bar substituted with defatted ginseng seed meal. Korean J Food Cook Sci 29(3): 249-256.
- 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.
- Fraenkel G (1950) The nutrition of the mealworm *Tenebrio molitor* L. (Tenebrionidae Coleoptera). Physiol Zool 23(2): 92-108.
- Ghaly AE, Alkoaik FN (2009) The yellow mealworm as a novel source of protein. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4(4): 319-331.
- Ghodki BM, Goswami TK (2016) Effect of grinding temperatures on particle and physicochemical characteristics of black pepper powder. Powder Technol 299: 168-177.
- Han SR, Lee BS, Jung KJ, Yu HJ, Yun EY, Hwang JS, Moon KS (2016) Safety assessment of freeze-dried powdered *Tenebrio molitor* larvae (yellow mealworm) as novel food source: Evaluation of 90-day toxicity in Sprague-Dawley rats. Regul Toxicol Pharmacol 77: 206-212.
- Hosen M, Khan AR, Hossain M (2004) Growth and development of the lesser mealworm, *Alphitobitus diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) on cereal flours. Pak J Biol

- Sci 7(9): 1505-1508.
- Kan H, Kim CH, Kwon HM, Park JW, Roh KB, Lee H, Park BJ, Zhang R, Zhang J, Söderhäll K, Ha NC, Lee BL (2008) Molecular control of phenoloxidase-induced melanin synthesis in an insect. *J Biol Chem* 283(37): 25316-25323.
- Kardash E, Tur'yan YI (2005) Acid value determination in vegetable oils by indirect titration in aqueous-alcohol media. *Croatica Chemica Acta* 78(1): 99-103.
- Krokida MK, Marinos-Kouris D (2003) Rehydration kinetics of dehydrated products. *J Food Eng* 57(1): 1-7.
- Lawhon JT, Rooney LW, Cater CM, Mattil KF (1972) Evaluation of a protein concentrate produced from glandless cottonseed flour by a wet-extraction process. *J Food Sci* 37(5): 778-782.
- Lee MH, Kim AN, Heo HJ, Chun JY, Kang SW, Choi SG (2014) Effect of mulberry powder on quality characteristics and oxidative stability of mayonnaise prepared with perilla oil. *Korean J Food Nutr* 27(6): 1132-1140.
- Li LY, Zhao ZR, Liu H (2013) Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica* 92(1): 103-109.
- Megido RC, Sablon L, Geuens M, Brostaux Y, Alabi T, Blecker C, Drugmand D, Haubruge É, Francis F (2014) Edible insects acceptance by belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development. *J Sens Stud* 29(1): 14-20.
- Meyer DH, Meyer WL (1975) Properties of polynucleotidase activities of the mealworm, *Tenebrio molitor*. *Insect Biochem* 5(6): 747-758.
- Ministry of Food and Drug Safety (2015) Korean Food Standards Codex II. p. 48.
- 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(1): 12-18.
- Nakai S (1983) Structure-function relationships of food proteins: with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. *J Agric Food Chem* 31(4): 676-683.
- Oh SC, Cho JS, Nam HY (2000) Changes of the volatile basic nitrogen and free amino acids according to the fermentation of low salt fermented squid. *Korean J Soc Food Sci* 16: 75-83.
- Pearce NK, Kinsella EJ (1978) Emulsifying properties of proteins evaluation of a turbidimetric technique. *J Agric Food Chem* 26(3): 716-723.
- Ravzanaadii N, Kim SH, Choi WH, Hong SJ, Kim NJ (2012) Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *Int J Indus Entomol* 25(1): 93-98.
- Siemianowska E, Kosewska A, Aljewicz M, Skibniewska KA, Polak-Juszczak L (2013) Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agric Sci* 4(6): 287-291.
- Sun M, Xu L, Saldan~a MDA, Temelli F (2008) Comparison of canola meals obtained with conventional methods and supercritical CO₂ with and without ethanol. *J Am Oil Chem Soc* 85(7): 667-675.
- Verbeke W (2015) Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a western society. *Food Qual Prefer* 39: 147-155.
- Verhoeckx KCM, van Broekhoven S, Constance M, den Hartog-Jager CF, Gasan M, de Jong GAH, Wichers HJ, van Hoffen E, Houben GF, Knulst AC (2014) House dust mite (Derp 10) and crustacean allergic patients may be at risk when consuming food containing mealworm proteins. *Food Chem Toxicol* 65: 364-373.

Date Received Mar. 31, 2017
 Date Revised Apr. 4, 2017
 Date Accepted Apr. 4, 2017