

## 동결건조 갈색거저리 유충의 지방산 조성과 항염증 효과

강미숙 · 김민주 · 한정순\* · †김애정\*

경기대학교 일반대학원 대체의학과, \*경기대학교 대체의학대학원

### Fatty Acid Composition and Anti-inflammatory Effects of the Freeze Dried *Tenebrio molitor* Larva

Mi-Sook Kang, Min Ju Kim, Jung-Soon Han\* and †Ae-Jung Kim\*

Dept. of Alternative Medicine, Kyonggi University, Seoul 03752, Korea

\*The Graduate School of Alternative Medicine, Kyonggi University, Seoul 03752, Korea

#### Abstract

This study aimed to assess fatty acid composition and anti-inflammatory effects, such as nitric oxide(NO) production, expression of TNF- $\alpha$  and interleukin-6(IL-6), of *Tenebrio molitor* larva using RAW 264.7 cells. The content of total fatty acid in *Tenebrio molitor* larva was 76.14%, which was composed of oleic acid(42.12%), linoleic acid(32.67%) etc. There was no cytotoxicity at a dose level of 0.1, 1.0, 10, and 100  $\mu$ g/mL of freeze dried *Tenebrio molitor* larva ethanol extract(FDTEtOH) on RAW 264.7 cells. FDTEtOH significantly decreased NO production in LPS(lipopolysaccharide)-stimulated RAW 264.7 cells in a dose-dependent manner. Also, FDTEtOH dose-dependently suppressed the expression of TNF- $\alpha$  and IL-6. Thus, these results showed that *Tenebrio molitor* larva has the potential to be used as an anti-inflammatory food to improve immunity.

Key words: *Tenebrio molitor* larva, fatty acid composition, anti-inflammatory effects

#### 서론

인간은 원시시대부터 곤충을 식용해 왔는데, 식용곤충의 경우, 종(species)과 서식지에 따라 영양성분의 함량 차이가 있지만, 일반적으로 50~60% 정도의 조단백질이 함유되어 고단백질 식품이며, 8.1~59%의 조지방, 4.9~12.1%의 Fe와 비타민 B군 등을 함유하고 있다(Bukkens SG 1997, Rumpold 등 2013).

갈색거저리(*Tenebrio molitor*, mealworm)는 딱정벌레목 거저리과로 분류되며, 한국을 비롯한 전 세계에 분포되어 있다. 알, 유충, 번데기 및 성충의 시기를 거치는 완전변태를 거치는 곤충으로, 2016년 식품의약품안전처로부터 일반식품 원료로 허용 받았다. 갈색거저리 유충에 대한 연구는 아직은 초기 단계이나, 갈색거저리 유충에는 단백질과 불포화지방산 등의 함량이 높고(Kim & Jung 2013; Simon 등 2013; Yoo 등 2013

Youn 등 2014; Lee 등 2015), 양질의 단백질과 필수지방산 급원 식품임이 밝혀져 있는 정도이며, 생리활성에 대해서는 알려진 바가 많지 않다. 질병은 인체의 면역능력이 저하된 상태에서 일어나는 것으로 식품을 통해 면역 반응을 증진시킬 수 있으며, 이러한 면역세포의 기능 조절에 지방산 조성이 관련이 높음은 이미 잘 알려진 사실이다(Chunfa 등 2015). 자연계에 가장 많이 분포하고 있는 팔미트산, 스테아르산 등과 같은 포화지방산은 여러 염증반응을 일으키는 요소로 대식세포에서 항원전달능력을 조절함이 보고되었다(Huiqun 등 2015, Amy 등 2005). 반면, 단일불포화지방산인 올레산은 혈액내의 콜레스테롤 수치를 낮추어 심장질환, 뇌혈관질환 등 동맥경화성질환의 발병 위험을 감소시킨다(Strom 등 2012)고 알려져 있다.

그러나 갈색거저리 유충에 함유되어 있는 지방산 조성과 면역 관련 연구는 매우 드문 실정이다.

† Corresponding author: Ae-Jung Kim, The Graduate School of Alternative Medicine, Kyonggi University, Seoul 03752, Korea. Tel: +82-2-390-5044; Fax: +82-2-313-4131, E-mail: aj5249@naver.com

면역계는 외부 항원의 생체 내 침입을 차단하여 방어역할을 하며, 대식세포는 내재 면역계의 면역세포로 감염 초기에 숙주 방어에 중요역할을 하며, 세균류에 의해 분비되는 내독소 LPS(lipopolysaccharide)나 IL-6(interleukin-1), TNF- $\alpha$ (tumor necrosis factor-alpha) 등에 유도되어 inducible form of NO synthase (iNOS)에 의해 nitric oxide(NO)와 같은 염증성 매개물질을 생성하여 바이러스나 기생충을 제거한다(Su GL 2002). 이렇게 생체에 유리된 NO의 과다 생성 시 prostaglandin 등의 생합성을 촉진하여 염증반응을 심화시키며, 해롭게 작용하기도 한다(Marshall JC 2001). 염증성 사이토카인 중 IL-6은 B림프구와 T림프구의 분화에 관여하고, 조직손상과 감염을 알리는 신호로 작용하는 사이토카인으로서 항암효과가 있으며(Dinarelo 등 1991), B림프구를 분화시켜 항체를 생성하도록 유도하여 림프구 활성화에도 관여하는 것으로 알려져 있다(Liu 등 1998). TNF- $\alpha$ 는 단핵구, 대식세포, 비만세포, 림프구 및 자연살해세포를 비롯한 많은 세포에서 생산되어 감염, 염증반응에 관여하며, 전염증성 매개물질로 정상적인 세포 기능을 방해할 수 있다(Reiko 등 1998). 즉, 대식세포의 LPS 자극은 TNF- $\alpha$ , IL-6 등의 사이토카인을 유발하여 염증반응을 일으킬 수 있으며, 이들의 발현은 NF-kB에 의해 조절된다(Dumitru 등 2000).

이에 본 연구에서는 갈색거저리 유충에 함유되어 있는 지방산 조성과 갈색거저리 유충의 항염증 효과를 알아보고자 생 시료와 동결 건조 시료의 지방산 조성분석, Raw 264.7을 이용하여 세포독성 및 TNF- $\alpha$ (tumor necrosis factor-alpha), NO(nitric oxide), IL-6(interleukin-6) 등의 항염증인자들의 발현에 미치는 영향을 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료

갈색거저리 유충(*Tenebrio molitor*, Mealworm)은 MG 내츄럴(Jeonnam, Korea)에서 구입하여 생 것과 동결건조한 것을 시료로 사용하였다. 생시료(RT)는 갈색거저리 유충을 2일 동안 절식시켜 세척한 후 -70°C 냉동고(NIHON freezer, Tokyo, Japan)에서 120시간 냉동시킨 후 시료로 사용하였다. 동결건조 시료(FDT)는 생시료와 같은 방법으로 냉동시킨 후 동결건조기(Ilsin Biobase, Kyunggi-do, Korea)를 이용하여 건조시킨 후 시료로 사용하였다.

### 2. 지방산 조성 측정

지방산 조성은 Folch 등(1957)의 방법으로 gas chromatography (US/HP 6890, Aglient Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하여 분석하였다. Gas chromatography(GC) 조건은 silica capillary column(Omegawax 295, 0.25  $\mu$ m film thickness, Sigma-Aldrich Co.

Bellefonte, PA, USA)을 이용하였고, injection port 온도는 250°C이며, 검출기 온도는 260°C로 유지하였다.

### 3. 에탄올 추출물 제조

각 시료(RT, FDT)는 시료 무게 대비 각각 20배 부피의 70% EtOH를 첨가한 후 72시간 동안 상온에서 추출 후, 여과(No. 2, Whatman, Maidstone, England)하여 갈색거저리유충 에탄올 추출액을 얻었다. 에탄올추출액은 rotatory vacuum evaporator (Rotary Evaporator N-1110, EYELA, Tokyo, Japan)로 용매를 증발시켜 50 mL까지 농축하여 동결 건조시킨 후 분석용 시료로 사용하였다.

### 4. 세포배양

RAW264.7 세포는 10% fetal bovine serum(FBS, GibcoBRL, Life Technologies Inc, Gaithersburg, Canada), 1% penicillin/streptomycin(GibcoBRL, Life Technologies Inc, Gaithersburg, Canada)이 포함된 DMEM 배지에서 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 조건으로 배양하였다.

### 5. 세포독성측정

RAW264.7 세포를 24 well plate의 각 well에  $1.5 \times 10^6$  cells/well이 되도록 분주하고, 각 시료의 최종농도가 0.1~100  $\mu$ g/mL가 되도록 조정하여 첨가한 다음 24시간 배양하였다. 각 물질의 세포 독성 효과는 WST를 이용하는 cell counting kit(EZ-Cytox, Daeil Lab. Seoul, Korea)를 이용하여 제조사의 지침에 따라 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 6. NO(Nitric oxide) 생성량 측정

RAW264.7 세포를 24 well plate의 각 well에  $1.5 \times 10^6$  cells/well이 되도록 분주하고, 24시간 후에 lipopolysaccharide(LPS; 500 ng/mL, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 및 각 시료의 최종농도가 0.1~100  $\mu$ g/mL가 되도록 조정하여 첨가한 다음 24시간 배양하였다. Nitric oxide(NO)의 함량은 안정된 NO 산화물인 NO<sub>2</sub>(nitrite)를 Griess 반응을 이용하여 측정하였다. 대식세포 배양 상등액 0.1 mL를 96 well plate에 넣고, 여기에 Griess 시약(Sigma, Darmstadt, Germany)을 동량 첨가하여 10 분간 반응시킨 후, 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. Nitrite의 농도는 sodium nitrite를 이용하여 얻은 표준곡선과 비교하여 표현하였다.

### 7. Cytokine 생성량 측정

동일한 대식세포 배양 상등액에 유도 분비된 TNF- $\alpha$ , IL-6의 측정에는 각 cytokine에 대한 ELISA kit(BD Pharmingen, San Diego, CA, USA)를 구입하여 제조사의 지침에 따라 측정하

였다.

## 8. 통계처리

모든 자료는 SPSS statistics 21(SPSS Institute, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 시료간의 유의성은 ANOVA를 실시한 후, Duncan's multiple range test로 각 시료의 평균 차이에 대한 사후 검정을 유의수준 5%에서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 지방산 조성

동결건조 갈색거저리 유충의 지방산 조성을 분석한 결과

는 Table 1에 제시된 바와 같다.

생 갈색거저리 유충(RT)의 포화 지방산(23.22%)과 불포화 지방산(76.78%)의 구성비율은 1:3.3, 동결건조 갈색거저리 유충(FDT)의 포화 지방산(23.86%)과 불포화 지방산(76.14%)의 구성 비율은 1:3.19로 두 군 간에는 유의적인 차이가 없었다. 이는 Ha 등(2014)의 식품군별 지방산 연구에서 소고기의 전체 포화지방산(SFA: 42.78%)과 불포화지방산(USFA: 55.92%) 결과와 비교 시 갈색거저리 유충의 불포화지방산 함량이 월등히 높음을 알 수 있었다. 다가불포화지방산은 염증반응을 억제 하며(Irene 등 2014), 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시킨다고 보고한 연구결과(Hegsted 등 1993)로 미루어 긍정적인 결과로 사료된다.

동결건조 갈색거저리 유충(FDT)의 지방산 조성은 염증반

Table 1. Fatty acid composition of *Tenebrio molitor* larva

(Unit: %)

Fatty acid composition		RT <sup>1)</sup>	FDT <sup>2)</sup>
Saturated fatty acids	Capric acid (C10:0)	0.025±0.000 <sup>***</sup>	0.023±0.000
	Lauric acid (C12:0)	0.332±0.002 <sup>***</sup>	0.401±0.005
	Tridecanoic acid (C13:0)	0.083±0.000 <sup>***</sup>	0.080±0.000
	Myristic acid (C14:0)	3.270±0.008 <sup>***</sup>	3.681±0.002
	Pentadecanoic acid (C15:0)	0.149±0.002 <sup>**</sup>	0.136±0.002
	Palmitic acid (C16:0)	16.290±0.231 <sup>NS</sup>	16.749±0.257
	Margaric acid (C17:0)	0.158±0.000 <sup>***</sup>	0.133±0.000
	Stearic acid (C18:0)	2.606±0.006 <sup>***</sup>	2.464±0.007
	Arachidic acid (C20:0)	0.199±0.005 <sup>***</sup>	0.153±0.002
	Heneicosanoic acid (C21:0)	0.058±0.000 <sup>***</sup>	0.000
	Behenic acid (C22:0)	0.041±0.000 <sup>***</sup>	0.030±0.000
Lignoceric acid (C24:0)	0.008±0.000 <sup>***</sup>	0.010±0.000	
Total		23.219±0.153 <sup>*</sup>	23.860±0.318
Unsaturated fatty acid	Myristoleic acid (C14:1)	0.017±0.000 <sup>***</sup>	0.020±0.000
	palmitoleic acid (C16:1)	1.801±0.009 <sup>***</sup>	0.196±0.003
	Oleic acid (C18:1 <i>trans</i> )	0.084±0.000 <sup>***</sup>	0.073±0.000
	Oleic acid (C18:1 <i>cis</i> )	37.842±0.381 <sup>***</sup>	41.116±0.393
	Linoleic acid (C18:2 <i>trans</i> )	0.282±0.004 <sup>*</sup>	0.268±0.006
	Linoleic acid (C18:2 <i>cis</i> )	34.888±0.378 <sup>**</sup>	32.669±0.226
	Linolenic acid (C18:3n-3)	1.726±0.005 <sup>*</sup>	1.635±0.004
	Gadoleic acid (C20:1)	0.141±0.003 <sup>*</sup>	0.133±0.002
Nervonic acid (C24:1)	0.000 <sup>***</sup>	0.030±0.000	
Total		76.781±0.677 <sup>NS</sup>	76.140±0.659

<sup>1)</sup> RT: Raw *Tenebrio molitor* larva

<sup>2)</sup> FDT: Freezing-dried *Tenebrio molitor* larva

<sup>3)</sup> Mean±S.D. (n=3),

<sup>4)</sup> <sup>NS</sup> not significant, \**p*<0.05, \*\**p*<0.01, \*\*\**p*<0.001, significant difference between RT and FDT based on student's *t*-test.

응을 일으키는 요소임이 보고된(Huiqun 등 2015) palmitic acid의 함량(16.75%)은 낮은 반면, 염증반응을 억제하는 것으로 알려진 oleic acid의 함량(41.12%)은 높아, 면역증진에 긍정적인 일 것으로 판단된다(Carluccio 등 1999). 또한 Oh YT(2010)의 리포다당질에 의한 신경교세포주의 활성화 시 oleic acid를 전처리하게 되면 산화질소(NO)와 iNOS의 발현이 억제되는 효과가 있다는 보고도 본 연구결과를 뒷받침하고 있다.

## 2. 세포독성

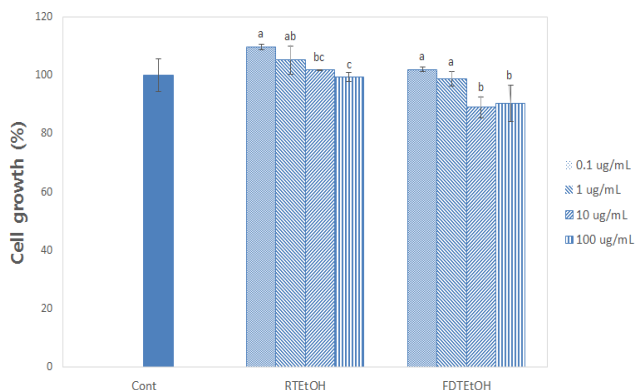
동결건조 갈색거저리 유충의 독성 여부를 판단하고자 에탄올 추출물 시료를 농도별(0.1, 1.0, 10 및 100 µg/mL)로 RAW 264.7 cell에 처리하여 세포 생존율을 확인한 결과를 Fig. 1에 제시하였다.

Yu 등(2016)이 갈색거저리 유충을 용매별(메탄올과 에탄올)로 처리하여 세포 생존율을 측정한 결과, 독성이 없었다고 보고하였는데, 본 연구결과에서도 독성이 나타나지 않았다.

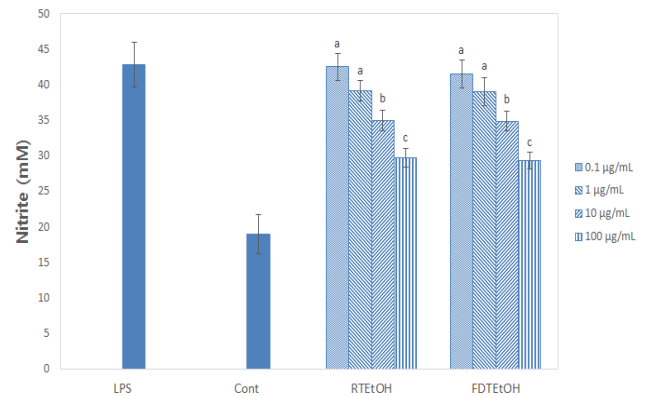
## 3. NO 생성량

대식세포(macrophages)는 인체 내 염증반응에 관여하는 세포로서 병원체와 외부 자극에 의해 활성화되어 NO(nitric acid)와 같은 염증 유발물질을 다량 분비하여 만성염증질환 발현에 관여한다(Ding 등 2009). 따라서 동결건조 갈색거저리 유충 에탄올 추출물이 NO(nitric oxide) 생성량에 미치는 영향을 알아보하고자 갈색거저리 유충 에탄올 추출물 시료를 농도별(0.1, 1.0, 10 및 100 µg/mL)로 RAW 264.7 cell에 처리한 결과는 Fig. 2에 제시된 바와 같다.

본 연구결과, 갈색거저리 유충의 에탄올 추출물(FDTEtOH)은 농도 의존적으로 NO 생성량을 감소시켰다. 이는 Yu 등(2016)



**Fig. 1. Cell viability of RTEtOH and FDTEtOH in macrophage cell (RAW 264.7).** RTEtOH: Ethanol extract of raw *Tenebrio molitor*, FDTEtOH: Ethanol extract of freezing-dried *Tenebrio molitor*, <sup>a-c</sup> Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .



**Fig. 2. Inhibitory effects of RTEtOH and FDTEtOH on nitric oxide in macrophage cell.** RTEtOH: Ethanol extract of raw *Tenebrio molitor*, FDTEtOH: Ethanol extract of freezing-dried *Tenebrio molitor*, <sup>a-c</sup> Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

의 갈색거저리 유충을 용매별(메탄올과 에탄올)로 처리하여 NO 저해효과를 관찰한 결과, 농도 의존적으로 NO 생성을 저해하였다고 보고한 연구결과와 일치하였다.

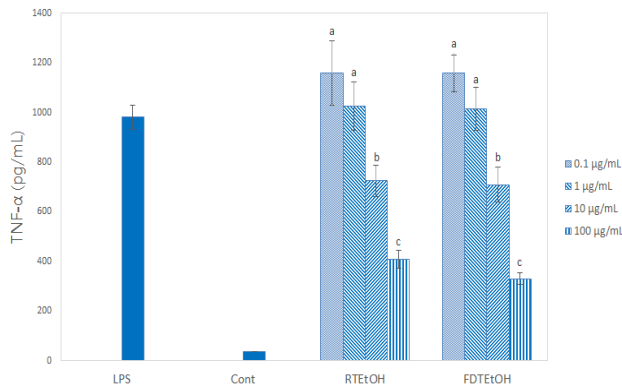
## 4. Cytokine 저해활성

Cytokine은 세포간의 정보전달에 관여하는 단백질로 특이적인 세포수용체에 결합하여 면역세포의 활성화와 성장을 조절하는 수용성 단백질로 염증반응과 면역반응을 매개하며, 염증성 사이토카인에는 TNF- $\alpha$ 와 IL-6 등이 있다(Kim & Moudgil, 2008). TNF- $\alpha$ 는 주로 LPS에 의해 자극된 대식세포가 분비하는 초기 cytokine으로 알려져 있으며, 다음으로 IL-6의 발현을 유도하여 염증반응을 유발한다(Grossman 등 1989). 이에 본 연구에서는 RAW 264.7 cell에 동결건조 갈색거저리 유충의 pro-inflammatory cytokine의 형성 억제효과를 알아보하고자 농도별로 동결건조 갈색거저리 유충 에탄올추출물을 처리하여 TNF- $\alpha$ 와 IL-6 발현에 미친 영향을 관찰한 결과, FDTEtOH는 농도별로 TNF- $\alpha$ 와 IL-6 생성량을 억제하였다(Fig. 3, 4).

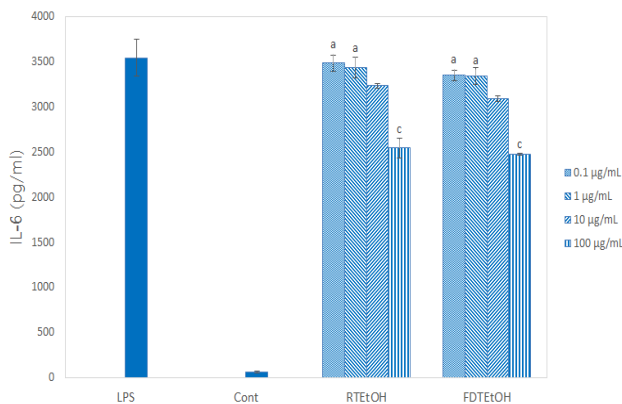
이상의 결과로 동결 건조한 갈색거저리 유충 에탄올 추출물은 농도(0.1, 1.0, 10 및 100 µg/mL) 의존적으로 염증생성기전에 관여하는 cytokine들의 활성을 억제하는 효과가 있어, 면역력 증강을 필요로 하는 노인들과 환자뿐 아니라, 높은 영양밀도가 요구되는 사람들에게도 매우 유용한 식품으로 활용될 가능성이 높을 것으로 기대되는 바이다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 갈색거저리 유충의 면역 활성을 지방산 조



**Fig. 3. Inhibition of TNF- $\alpha$  production from macrophage cell (RAW 264.7) from RTEtOH and FDTEtOH.** RTEtOH: Ethanol extract of raw *Tenebrio molitor*, FDTEtOH: Ethanol extract of freezing-dried *Tenebrio molitor*, <sup>a-c</sup> Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .



**Fig. 4. Inhibition of IL-6 production from macrophage cell (RAW 264.7) from RTEtOH and FDTEtOH.** RTEtOH: Ethanol extract of raw *Tenebrio molitor*, FDTEtOH: Ethanol extract of freezing-dried *Tenebrio molitor*, <sup>a-c</sup> Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

성과 연관시켜 알아보고자, 동결건조 갈색거저리 유충의 지방산 조성 분석 후 에탄올 추출하여, RAW 264.7 cell에 농도별로 처리하여 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 NO 등과 같은 염증인자 발현에 미치는 영향을 알아보았다.

본 연구결과, 동결건조 갈색거저리 유충은 불포화 지방산 함량이 매우 높았으며, 특히 oleic acid의 함량(42.12%)이 높은 것으로 나타났다. 동결 건조 갈색거저리 유충 에탄올 추출물(FDTMEtOH)을 농도별로 RAW 264.7 cell에 처리 시 독성은 나타나지 않았다. FDTMEtOH은 염증인자인 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 NO 발현을 농도 의존적으로 억제하였다.

이상의 결과로 미루어 볼 때, 동결건조 갈색거저리 유충은 항염증 효과가 기대되는 불포화지방산 급원식품으로의 이용 가능성이 있는 것으로 사료된다.

## References

- Bukkens SG. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecol Food Nutr* 36:287-319
- Carluccio MA, Massaro M, Bonfrate C, Siculella C, Maffia M, Nicolardi G, Distanto A, Storelli C, DeCaterina R. 1999. Oleic acid inhibits endothelial activation : A direct vascular antiatherogenic mechanism of a nutritional component in the mediterranean diet. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 9:220-228
- Chunfa H, Carl F. 2015. "Lipid metabolism, apoptosis and cancer therapy". *Int J Molecular Sci* 16:924-949
- Chung MY, Kwon EY, Hwang JS, Goo TW, Yun EY. 2013. Pretreatment conditions on the powder of *Tenebrio molitor* for using as a novel food ingredient. *J Seric Entomol Sci* 51:9-14
- Dinarello DA, Endres S, Medani SN, Meydani M, Marc KH. 1991. Interleukin-1, anorexia, and dietary fatty acid. *Ann NY Acad Sci* 1:332
- Ding C, Cicuttini F, Li J, Jones G. 2009. Targeting IL-6 in the treatment of inflammatory and autoimmune diseases. *Expert Opin Investig Drugs* 18:1457-1466
- Dumitru CD, Ceci JD, Tsatsanis C, Kontoyiannis D, Stamatakis K, Lin JH, Patriotisb C, enkins NA, Copeland NG, Kollias G, Tschlis PN. 2000. TNF-alpha induction by LPS is regulated posttranscriptionally via a Tp12/ERK-dependent pathway. *Cell* 103:1071-1083
- Folch J, Lees M, Sloane SG. 1975. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226:497
- Grossman RM, Krueger J, Yourish D, Granelli-Piperno A, Murphy DP, May LT. 1989. Interleukin-6 is expressed in high levels in psoriatic skin and stimulates proliferation of cultured human keratinocytes. *Proc Natl Acad Sci USA* 86:6367-6371
- Ha JJ, Kim BK, Yi JK, Oh DY, Kim SS, Kim TK, Park YS. 2014. Cortisol and fatty acid contents in Hanwoo meat produced by antibiotics-free rearing system. *Reproductive and Developmental Biology* 38:129-136
- Hegsted DM, Ausman LM, Johnson JA, Dallal GE. 1993. Dietary fat and serum lipids an evaluation of the experimental data. *Am J Clin Nutr* 57:875-883
- Huiqun T, Chaoqi L, Xiaohua Z, Wei W, Changcheng Z, Ding

- Y. 2015. "MiRNA-194 regulates palmitic acid-induced toll-like receptor 4 inflammatory responses in THP-1 cells". *Nutrients* 7:3483-96
- Hwang SY, Choi SK. 2015. Quality characteristics of muffins containing mealworm (*Tenebrio molitor*). *The Korean J Culinary Research* 21:104-115
- Kim EY, Moudgil KD. 2008. Regulation of autoimmune inflammation by pro-inflammatory cytokines. *Immunol Lett* 120:1-5
- 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 HS, Jung CE. 2013. Nutritional characteristics of edible insects as potential food materials. *Korean J Apiculture* 28:1-8
- Kim SH, Kim KB, Noh JS, Yun EY, Choi SK. 2014. Quality characteristics of pasta with addition of mealworm (*Tenebrio molitor*). *J Food Service Industry* 10:55-64
- Lee JE, Lee AJ, Jo DE, Cho JH, Youn KJ, Yun EY, Hwang JS, Jun MR, Kang BH. 2015. Cytotoxic effect of *Tenebrio molitor* larva extracts against hepatocellular carcinoma. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:200-207
- Liu J, Li F, Kong JL, Cao Y. 1998. Induction of immunomodulating cytokines by a new polysaccharidepeptide complex from culture mycelia of *Lentinus edodes*. *Immunopharmacol* 40: 187-198
- Marshall JC. 2001. Inflammation, coagulopathy and the pathogenesis of multiple organ dysfunction syndrome. *Crit Care Med* 29L S99-S106
- Oh YT. 2010. Roles of oleic acid and oleamide in microglial inflammatory response. Ph. D. Thesis, KyungHee Univ. Seoul. Korea
- Reiko H, Masshide A, Katsuko S, Hirota K, Masatoshi S, Masugi N, Michio T, Yoichiro I. 1998. Production of mice deficient in genes for interleukin(IL)-1  $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-1 $\alpha/\beta$ , and IL-1 receptor antagonist shows that IL-1 $\beta$  is crucial in turpentine- induced fever development and glucocorticoid secretion. *J Exp Med* 187:1463-1475
- Rumpold, B. A., Schluter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* 57:802-823
- Simon E, Baranyai E, Braun M, Fabian I, Tothmeresz B. 2013. Elemental concentration in mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.) during metamorphosis. *Biol Trace Elem Res* 154:81-87
- Strom M, Halldorsson TI, Mortensen EL, Torp-Pedersen C, Olsen SF. 2012. "Fish, n-3 fatty acids, and cardiovascular diseases in women of reproductive age: a prospective study in a large national cohort". *Hypertension* 59:36-43
- Su GL. 2002. Lipopolysaccharides in liver injury: molecular mechanisms of Kupffer cell activation. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 283:G256-G65
- Weatherill AR, Lee JY, Zhao L, Lemay DG, Yun HS and Hwang DH. 2005. "Saturated and polyunsaturated fatty acids reciprocally modulate dendritic cell functions mediated through TLR4", 5, *J Immunol* 174:5390-5397
- 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* 42:249-254
- Youn KJ, Yun EY, Lee JH, Kim JY, Hwang JS, Jeong WS, Jun MR. 2014. Oleic acid and lioic acid from *Tenebrio molitor* larva inhibit BACE1 activity *in vitro*. Molecular docking studies. *J Medicinal Food* 17:284-289
- Yu JM, Hang JY, Kim HJ, Cho YH, Kim DI, Kwon OJ, Cho YJ, An BJ. 2016. Antioxidant capacity and Raw 264.7 macrophage anti-inflammatory effect of the *Tenebrio molitor*. *Korean Soc Food Preserv* 23:890-898

---

Received 26 January, 2017

Revised 21 February, 2017

Accepted 16 March, 2017