

누에와 누에번데기의 혈청지질에 미친 영향에 대한 메타분석

김은주, 이소영, 김애정*
경기대학교 일반대학원 대체의학과

Meta-Analysis on the Effect of Serum Lipids Levels in Silkworm and Silkworm Pupae

Eun-Joo Kim, So-Young Lee, Ae-Jung Kim*
Department of Alternative Medicine Graduate School Kyonggi University

요약 본 연구는 경제적, 사회적, 환경적으로 가치가 있는 미래의 식량자원인 곤충식품의 산업적 활용도를 높이고자 최근 10년간(2009년~2019년) 발표된 곤충식품들 중 누에와 누에번데기의 생리활성 연구자료를 수집하여 혈청 지질 수준 개선에 대한 메타분석을 실시하였다. 누에와 누에번데기 연구물의 총 편수는 20편이었으며, 총 사례 수는 261개로 산출되었다. 연구단위로 분석한 연구의 수는 총 20개였다. 전체 연구결과의 효과크기는 0.852로 큰 효과크기였으며, 95% 신뢰구간의 범위는 0.662~0.999였다. Q 값은 23.264($p < 0.001$), Higgin's I^2 값은 92.217로 각각의 연구가 이질성이 있다고 확인되었다. 관측값과 추정치를 보정한 관측값이 0.654로 동일하게 나타나 출판편향은 없었다. 누에 연구는 혈당과 혈중지질이 각각 0.801, 0.948로 큰 효과크기였으며, 그중 LDL-콜레스테롤은 1.371로 매우 큰 효과크기였다. 간 세포 손상(AST/GOT)은 0.768, 만성 간 세포 손상(ALT/GPT)은 0.788로 중간 효과크기였다. 실험기간은 5~8주가 1.170, 섭취량은 1~50 mg/kg이 1.020으로 매우 큰 효과크기였다. 누에번데기는 혈중지질과 총 콜레스테롤이 각각 0.991, 0.951로 큰 효과크기였다. 실험기간은 9주 이상이 1.103으로 매우 큰 효과크기였으며, 섭취량은 5001 mg/kg 이상이 0.855로 큰 효과크기를 보였다.

Abstract This study analyzed the physiological effects of silkworms and silkworm pupae on the reduction of serum lipid levels. Research data specific to silkworms and their pupae published over the last 10 years were collected and analyzed. A large effect size of 0.852 was observed in the overall results and the range of 95% confidence intervals was 0.662 to 0.999. The Q value was 23.264, the Higgin's I^2 value was 92.217, indicating that each study was heterogeneous. There was no publication bias, as the corrected observed number of statistically significant effect sizes and the expected number of statistically significant effect sizes were both 0.654. The silkworm study showed a large effect size with respect to blood sugar and blood lipid reduction at 0.801 and 0.948, respectively, and LDL-cholesterol reduction at 1.371, showing a very large effect size. Aspartate transaminase / glutamic oxaloacetic transaminase (AST/GOT) was 0.768, alanine transaminase /glutamate-pyruvate transaminase (ALT/GPT) was 0.788, which was a medium effect size. The experiment period had a very large effect size of 1.170 for five to eight weeks and 1.020 for an intake of 1 to 50 mg/kg. The silkworm pupae had a large effect size of 0.991 and 0.951, respectively on blood lipids and total cholesterol reduction. The experimental period showed a very large effect size at 1.103 for more than nine weeks, and the intake showed a large effect size at 0.855 for 5001 mg/kg.

Keywords : Silkworm, Silkworm Pupae, Insect food, Meta-analysis, Effect size

*Corresponding Author : Ae-Jung Kim(Kyonggi Univ.)

email: kaj417@kgu.ac.kr

Received October 23, 2020

Accepted November 6, 2020

Revised November 5, 2020

Published November 30, 2020

1. 서론

21세기의 식생활문화는 세계 각국의 다양한 음식문화의 전파 및 급격한 경제 성장으로 인해 외식산업의 발달 및 혼밥과 배달문화의 등장으로 먹거리에 대한 선택의 폭이 넓어졌다[1]. 이러한 외식문화의 발달이 잘못된 식생활 및 생활습관으로 이어지면서 만성질환이 급격하게 증가하고 있는 실정이다[2].

국민건강영양조사에 따르면 2005년 이후 약 10년간 만성질환의 발생이 급격히 증가하였다. 특히 30세 이상 성인의 경우 대사증후군, 비만, 고혈압, 당뇨병 등이 급증하였다[3]. 이와 같이 만성질환의 발병이 증가하고 있어 국가적 차원의 의료비 부담이 심각한 사회문제로 대두되고 있다[4].

유엔식량농업기구(FAO)에서는 세계 인구증가와 지구의 온난화로 인해 발생하는 식량난을 해결하기 위해 곤충식품의 섭취를 제안하였다[5]. 곤충식품은 사육과정에서 소, 돼지, 닭 등의 가축들에 비해 메탄가스나 이산화탄소 가스 발생량이 매우 적어 친환경 식품이라 할 수 있다[6]. 또한, 곤충식품은 조단백질이 50~60%, 조지방이 8.1~5.9%, 조섬유소가 4.9~12.1% 정도 함유되어 있으며, 비타민 B군의 함량은 동량의 닭고기나 콩보다 높아 미래의 식량자원으로 손색이 없다[7].

그중 아시아에서는 오래전부터 식용되어 왔던 누에와 누에번데기는 각종 질병의 치료제로도 사용되어 왔다고 동의보감(東醫寶鑑)에 기록되어 있다[8]. 누에는 신농본초경(神農本草經), 본초강목(本草綱目), 동의보감(東醫寶鑑) 등의 고(古)서에 고혈압, 당뇨 및 불면증에 효과가 있다고 기록되어 있다[9].

누에는 나비목(Lepidoptera) 누에나방과(Bombycidae)에 속하는 누에나방 (*Bombyx mori* L.)의 유충으로 알, 유충(애벌레), 번데기, 성충의 순서로 4단계를 거치는 완전변태 곤충이다[10]. 누에의 이화학적 조성은 조단백질이 55~65%, 조지방이 9~14%, 누에번데기에는 조단백질이 23%, 조지방이 16% 정도 함유되어 있으며, 칼슘, 철, 마그네슘과 같은 무기질 함량도 높다[11]. 특히 누에는 필수 아미노산과 불포화지방산의 함량이 높아 간장 질환과 혈액순환 개선과 관련된 기능성 식품의 소재로 이용되고 있다[12]. 불포화지방산 함량이 높은 누에번데기 또한 자양강장, 혈당강화, 숙취해소 및 노화방지, 피부보습, 주름제거 등에 효과적임이 여러 연구결과 밝혀져 있다[13,14]. 즉, 누에와 누에번데기는 단백질의 효율이 높고, 친환경적 식품소재로 기능적, 환경적 효과가 있는 식품소재로 판단된다[11].

따라서 본 연구에서는 누에와 누에번데기와 같은 곤충

식품의 활용도를 높이고자 최근 10년간(2009년~2019년) 발표된 누에와 누에번데기의 생리활성 연구 자료를 수집하여 혈청지질 수준에 미친 효과크기를 분석하였다.

1.1 연구방법

본 연구는 곤충식품 중 누에와 누에번데기의 섭취가 당뇨병과 간장 질환의 개선에 미친 효과크기를 알아보고자 메타분석(meta-analysis)을 실시하였다. 선정된 선행 연구는 연구 설계, 연구시기, 곤충식품(누에, 누에번데기), 실험집단의 수, 실험 기간, 곤충식품 투여량 등과 당뇨병과 간장 질환에 관련된 7개의 중재변인(혈액 내의 혈당량, 중성지방, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, AST/GOT, ALT/GPT)을 선정하여 각각의 효과크기를 산출하였다.

1.2 문헌검색 및 선정기준

본 연구는 지난 10년간 출판된 국내·외 누에와 누에번데기와 당뇨병과 간장 질환 관련 실험논문을 수집한 후 연구결과를 종합적으로 분석하였다. 분석대상 자료의 문헌검색 기간은 2009년 1월부터 2019년 12월까지로 설정하였다. 문헌 자료의 검색은 국내의 경우 한국교육학술정보서비스(RISS), 과학기술정보통합서비스(NDL), 국회도서관(NAL), 국립과학기술지식센터(NCMIK)를 이용하였고, 국외의 경우 Cochrane Library, PubMed (MEDLINE), Embase를 중심으로 검색하였다.

본 연구의 분석에 필요한 자료의 선정은 PICOS 형식에 따라 설정하였다. 연구집단(population/participants)은 누에와 누에번데기 추출물을 투여한 실험군이며, 중재방법(intervention/exposure)은 당뇨와 간장 질환에 관련된 7개의 변인(혈액 내의 혈당량, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, AST/GOT, ALT/GPT)을 측정할 실험연구이다. 대조군(comparison)은 누에와 누에번데기의 추출물을 투여하지 않았거나 실험군에 고지혈증을 유도한 비교군이며, 결과(outcome)는 중재변인에 대한 효과이다. 연구설계(study design)는 수량화된 평균값과 표준편차를 제시한 실험군과 대조군의 사전-사후를 비교하는 연구로 누에 관련 논문 13편, 누에번데기 관련 논문 7편으로 국내·외 논문 총 20편이 선정되었다. 또한, 조사연구, 코호트연구, 질적 연구 등 실험결과와 수량화된 데이터가 없는 경우, 그래프만 제시된 경우, 논문 전체를 공개하지 않는 경우, 대조군이 없는 경우, 한 집단의 사전 값이나 사후의 값이 없는 경우는 분석대상에서 제외하였다. 이와 같은 선정기준과 배제기준에 따라 선정된 연구논문의 최종 선정과정을 Fig. 1에 제시하였다.

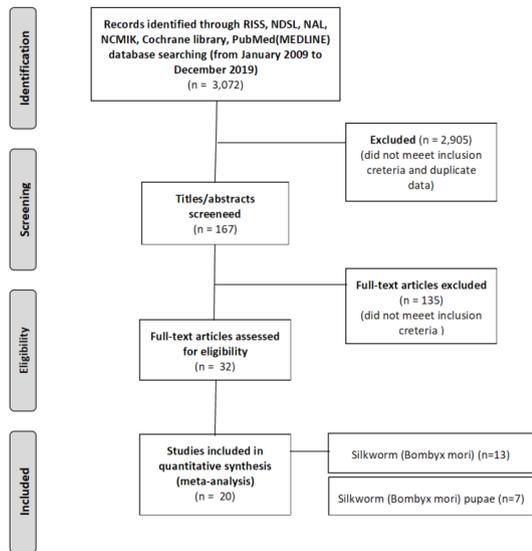


Fig. 1. Prisma flow diagram

1.3 연구 특성

누에와 누에번데기에 대한 총 20편의 연구논문의 특성을 연구방법, 연구대상, 증재특성, 연구변인에 따른 것으로 분류하였으며, 그 특성은 Table 1에 제시하였다. 누에와 누에번데기에 대한 연구대상은 실험재료의 추출물을 투여한 실험집단과 대조군으로 설정하였으며, 증재변인은 당뇨 및 간장 질환을 판단하는 자료인 혈액성상(혈당량, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, AST/GOT, ALT/GPT)으로 구분하였다. 그에 따른 증재특성은 실험재료 추출물의 실험기간과 섭취량으로 구분하였다.

1.4 효과크기

효과크기(effect size)는 실험집단과 통제집단의 관련성에 대한 측정값이다[15]. 즉, 실험집단의 평균과 통제

Table 1. Characteristics and variable of study

| Author | Publication year | Edible insect | Week | Amount of intake (mg/kg) | Variable |
|----------------------------|------------------|----------------|---------|---------------------------|--|
| Kunz RI <i>et al.</i> | 2019 | silkworm | 10 | 1000 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Zhao JG <i>et al.</i> | 2019 | silkworm | 7 | 150, 250, 350 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Nam YR <i>et al.</i> | 2018 | silkworm | 12 | 1, 5, 10 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Ampawong S <i>et al.</i> | 2017 | silkworm | 6 | 1000 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, ALT/GPT |
| Heo HS <i>et al.</i> | 2013 | silkworm | 13 | 500, 1000, 2000 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Lee SH <i>et al.</i> | 2012 | silkworm | 8 | 300, 1000, 3000 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol |
| Nam YR | 2012 | silkworm | 6 | 1.6, 5 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Xue R <i>et al.</i> | 2012 | silkworm | 1 | 2, 8, 17 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Park RY | 2011 | silkworm | 12 | 1, 5, 10 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Kim HS <i>et al.</i> | 2010 | silkworm | 5 | 100000 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Jung EY <i>et al.</i> | 2010 | silkworm | 4 | 100, 200 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Eom KE | 2010 | silkworm | 4 | 5 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, AST/GOT, ALT/GPT |
| Yoo JS, Seok HB | 2009 | silkworm | 4 | 50, 100, 200 | Triglyceride, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Rahimnejad S <i>et al.</i> | 2019 | silkworm pupae | 8 | 6060, 12120, 18170, 24230 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Zou Y <i>et al.</i> | 2017 | silkworm pupae | 6 | 1, 2, 4 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Kim HB | 2014 | silkworm pupae | 8 | 200000 | AST/GOT, ALT/GPT |
| Ryu SP | 2014 | silkworm pupae | 5 | 200000 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol |
| Yu W <i>et al.</i> | 2013 | silkworm pupae | 4 | 4, 20 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol |
| Lee SH <i>et al.</i> | 2012 | silkworm pupae | 8 | 300, 1000, 3000 | Blood glucose, triglyceride, total cholesterol |
| Longvah T <i>et al.</i> | 2012 | silkworm pupae | 6,12,18 | 10000 | Triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol |

집단의 평균을 비교한 표준점수로 두 집단 간의 차이를 통해 효과를 판별하고, 종합한 연구결과를 비교, 해석, 통합할 수 있도록 표준화하는 것이다[16].

본 연구는 효과크기를 알아보고자 실험집단과 통제집단의 사전-사후를 비교하는 연구로 효과크기 분석 시 일반적으로 가장 많이 사용하는 d-family의 효과크기 산출방법을 사용하였다. 산출된 효과크기에 대한 해석방법은 Cohen의 어렵법칙에 의거하여 효과크기가 0.2 이하면 작은 효과크기, 0.5일 경우 중간 효과크기, 0.8 이상이면 큰 효과크기라고 해석할 수 있다[17]. 또한, 각각의 연구물에서 분석된 효과크기의 95% 신뢰구간 사이에 0을 포함하는지 확인하여 통계적 유의성을 확인하였다[15].

1.5 이질성 검정

개별 연구논문에 제시된 결과의 통합된 요약 추정치를 정량적으로 분석하여 양적인 데이터를 하나로 통합하여 결과를 도출하는데 이들 연구 간의 차이를 이질성이라고 한다[15,16]. 통계적 이질성은 개별 연구논문의 효과크기가 각각의 연구결과마다 차이가 큰 것을 말한다[18]. 본 연구에서는 이질성 여부를 확인하고자 숲도표(forest plot)를 통해 신뢰구간이 겹치는지 확인하는 방법과 Cochran's Q 검정(카이제곱 검정법)과 Higgin's I^2 statistics 등으로 확인하였다[19].

1.6 출판편향

출판편향(publication bias)이란 체계적 오류(systematic error)로 통계적으로 유의한 연구결과를 가진 연구들이 데이터베이스에 검색되어 분석 시 그 연구물이 포함될 경향이 높다[20]. 즉, 출판된 연구만을 종합해 분석하면 결과가 왜곡될 수 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 출판편향을 확인하고자 깔대기도표(funnel plot)와 trim-and-fill 기법, 안전성 계수 검증법 등을 사용하였다[21].

1.7 통계분석

본 연구에서는 누에와 누에번데기의 섭취를 통한 당노 및 간장 질환의 개선에 대한 효과크기를 분석하기 위해 Biostat (Englewood, USA)사가 개발한 메타분석 전문 프로그램인 CMA3 (comprehensivemeta-analysis version 3)을 사용하였다. 먼저 표준화 된 평균의 차이(standardized mean difference, SMD)를 분석하여 신뢰도 검증을 하였다. 이질성을 검정하기 위해 Q 검정

(cochran's Q-statistics)을 한 후 p 값이 0.001보다 작은 것을 확인하고, Higgin's I^2 값으로 효과크기를 판단한 후 랜덤효과모형을 선택하여 조정된 분석결과를 최종 분석자료로 사용하였다.

2. 본론

2.1 누에와 누에번데기 연구의 전체 효과크기

누에와 누에번데기 연구물의 편수는 총 20편, 총 사례 수는 261개로 산출되었으며, 연구단위로 분석한 연구의 수는 총 20개였다. 효과크기의 분석결과는 Table 2에 제시한 바와 같다. 전체 연구결과와 효과크기는 0.852로 큰 효과크기였다. 95% 신뢰구간의 범위는 0.662~0.999로 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다.

Table 2. Total effect size of silkworm, silkworm pupae

| K ¹⁾ | \overline{ES} ²⁾ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p -value | I^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|-----------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|------------|---------------------|------------------|
| 20 | 0.852 | 0.662~0.999 | 23.264 | $p<0.001$ | 92.217 | 0.053 |

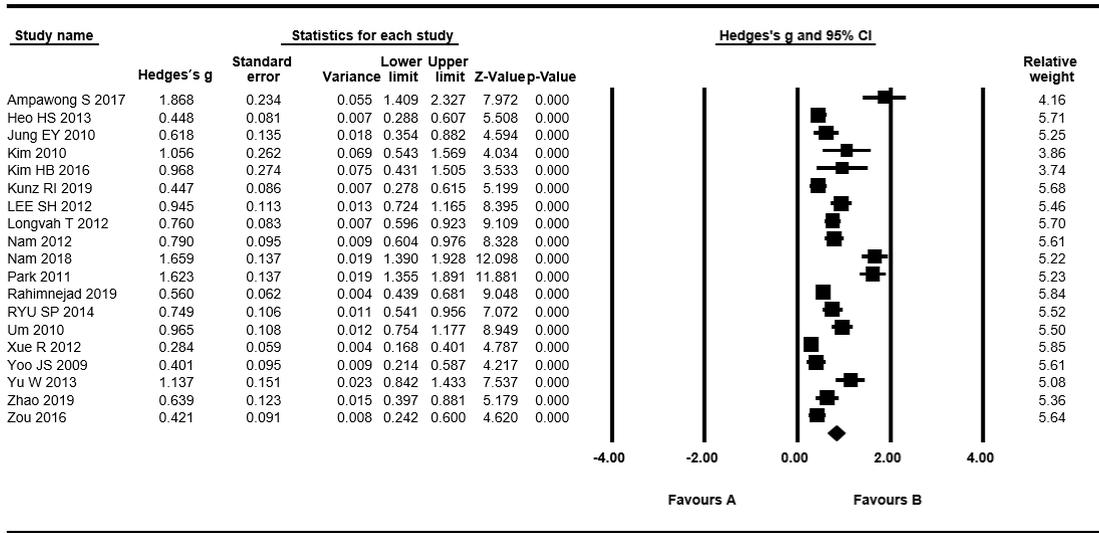
¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ I^2 : Higgin's I^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error.

2.2 이질성

연구단위로 분석한 20편의 논문에 대한 이질성은 Table 2에 깔대기도표는 Fig. 2에 제시한 바와 같다. Q 검정을 실시한 결과 Q 값이 23.264($p<0.001$), Higgin's I^2 값이 92.217로 각각의 연구가 이질성이 있다고 확인되었다. 이질성의 확인으로 랜덤효과모형(random effect model)을 선택하여 효과크기를 분석하였다. 숲도표(forest plot)를 살펴보면, 신뢰구간이 각각의 연구들이 겹치지 않고, 상한값과 하한값의 범위에 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다. 또한, 표준오차의 값이 0.053으로 크기가 작아 총 20편의 연구는 신뢰성이 높다고 할 수 있다.

2.3 누에와 누에번데기 연구의 출판편향

본 연구의 결과에 대한 타당성을 확보하기 위해 깔대기도표를 통한 개별 효과크기들의 출판편향을 Fig. 3에 제시하였다. 깔대기도표를 살펴보면, 연구결과와 효과크기가 깔대기도표 윗부분에 대부분 분포하여, 연구물들 간의 신뢰성이 높은 것을 알 수 있다. 그러나 깔대기도표를 통한 출판편향을 확인하는 것은 시각적인 판단이기 때문에



Meta Analysis

Fig. 2. Forest plot of meta-analysis of silkworm, silkworm pupae studies

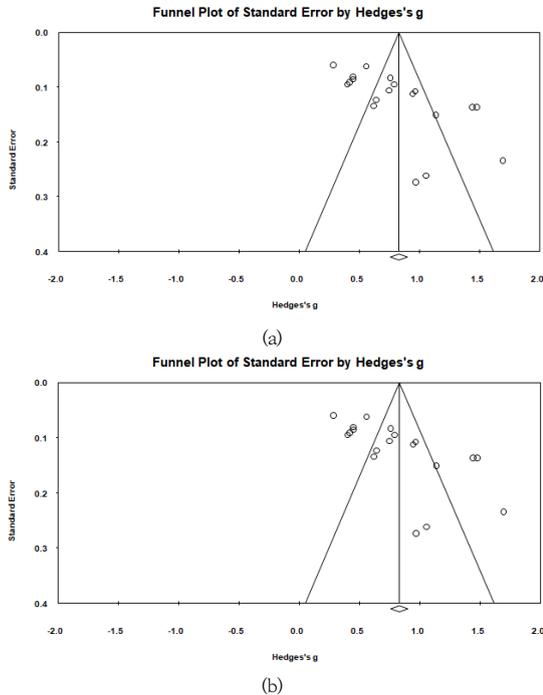


Fig. 3. Funnel plot for evaluation of publication bias on overall intervention of in silkworm, silkworm pupae studies (a) Observed values (b) Adjusted values

타당도를 저해할 수 있다. 따라서 정확한 분석을 위해 출판편향을 확인하는 방법 중 하나인 Duval과 Tweedie's trim-and-fill 기법을 추가적으로 이용하여 분석한 결과는 Table 3에 제시하였다. 깔대기도표 (a)는 처음 관찰된 값이며, 깔대기도표 (b)는 출판편향에 의해 보고되지 않은 효과크기를 추정된 값이다. 본 연구에서는 처음 관측값과 추정치를 보정한 관측값이 0.654로 동일하게 나타나 출판편향이 없었다.

Table 3. Duval and Tweedie's trim and fill test results

| | Studies trimmed | Point estimate | 95% CI ¹⁾ | | Q ²⁾ |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------------|-------------|-----------------|
| | | | Lower limit | Upper limit | |
| Observed values | - | 0.654 | 0.609 | 0.698 | 231.264 |
| Adjusted values | 0 | 0.654 | 0.609 | 0.698 | 231.264 |

1) CI: Confidence interval. 2) Q: Q statistics.

2.4 누에 연구의 중재변인에 따른 효과크기

누에 연구의 중재변인은 혈당(blood glucose), 혈중 지질(triglyceride), 총 콜레스테롤(total cholesterol), HDL-콜레스테롤(HDL-cholesterol), LDL-콜레스테롤(LDL-cholesterol), 간 세포 손상(AST/GOT), 만성 간 세포 손상(ALT/GPT)으로 분류하였고, 효과크기에 대한

Table 4. The effect size of silkworm by intervention

| Intervention | K ¹⁾ | \overline{ES} ²⁾ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p-value | I^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| Blood glucose | 24 | 0.801 | 0.013~0.511 | 83.232 | p<0.001 | 72.366 | 0.116 |
| Triglyceride | 37 | 0.948 | 0.704~1.192 | 104.923 | p<0.001 | 65.689 | 0.124 |
| Total cholesterol | 80 | 0.915 | 0.749~1.082 | 229.172 | p<0.001 | 65.528 | 0.085 |
| HDL-cholesterol | 28 | 0.581 | 0.369~0.792 | 52.615 | p<0.001 | 48.684 | 0.108 |
| LDL-cholesterol | 25 | 1.371 | 1.019~1.722 | 74.356 | p<0.001 | 67.723 | 0.179 |
| AST ⁷⁾ /GOT ⁸⁾ | 16 | 0.763 | 0.410~1.136 | 32.219 | p<0.001 | 62.755 | 0.185 |
| ALT ⁹⁾ /GPT ¹⁰⁾ | 21 | 0.788 | 0.510~1.065 | 45.734 | p<0.001 | 56.269 | 0.142 |

¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ I^2 : Higgin's I^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error, ⁷⁾ AST: Aspartate aminotransferase, ⁸⁾ GOT: Glutamic oxalacetic transaminase, ⁹⁾ ALT: Alanine aminotransferase, ¹⁰⁾ GPT: Glutamic pyruvate transaminase.

분석결과는 Table 4에 제시한 바와 같다. 증재변인의 종류에 따른 효과크기의 사례 수는 혈당이 24개, 혈중지질이 37개, 총 콜레스테롤이 80개, HDL-콜레스테롤이 28개, LDL-콜레스테롤이 25개, 간 세포 손상(AST/GOT)이 16개 그리고, 만성 간 세포 손상(ALT/GPT)이 21개로 분류되었으며, 효과크기의 총 사례 수는 180개였다.

효과크기는 다음과 같다. 혈당과 혈중지질은 각각 0.801, 0.948로 큰 효과크기였다. 총 콜레스테롤은 0.915로 큰 효과크기였으며, 그중 HDL-콜레스테롤은 0.581로 중간 효과크기를 보인 반면, LDL-콜레스테롤은 1.371로 매우 큰 효과크기를 보였다. 간 세포 손상(AST/GOT)은 0.768, 만성 간 세포 손상(ALT/GPT)은 0.788로 중간 효과크기였다. 증재변인에 따른 누에 연구의 효과크기는 95% 신뢰구간에서 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다. 따라서 누에를 섭취하면 혈당, 혈중지질 및 총 콜레스테롤의 수치를 낮추는데 큰 효과가 있으며, 그중 LDL-콜레스테롤의 수치를 낮추는데 매우 큰 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

2.5 누에 연구의 실험 기간에 따른 효과크기

누에 연구의 실험 기간은 1~4주, 5~8주, 9~12주, 13주 이상의 4가지 범위로 분류하였으며, 효과크기에 대한 분석결과는 Table 5에 제시한 바와 같다. 실험 기간

에 따른 효과크기의 사례 수는 1~4주 49개, 5~8주 58개, 9~12주 58개, 13주 이상은 15개로 분류되었으며, 전체 사례 수는 총 180개였다.

효과크기는 다음과 같다. 1~4주는 0.654의 중간 효과크기, 5~8주는 1.170의 매우 큰 효과크기, 9~12주는 0.915으로 큰 효과크기를 보였다. 그러나 13주 이상의 경우 0.457의 중간 효과크기였으나 Q 값이 16.736의 낮은 수치였으며, p 값이 0.1보다 크게 나타나 통계적으로 유의하지 않고, 신뢰성도 없었다. 따라서 누에의 섭취에 따른 효과적인 결과를 도출할 수 있는 실험연구의 경우 통계적으로 유의성이 있는 적절한 실험 기간은 5~8주인 것을 판단할 수 있었다.

2.6 누에 섭취량에 따른 연구의 효과크기

누에의 실험연구는 섭취량에 따라 1~50 mg/kg, 51~500 mg/kg, 501~1000 mg/kg, 1001 mg/kg 이상의 4가지 범위로 분류하였으며, 효과크기에 대한 분석 결과는 Table 6에 제시한 바와 같다. 섭취량에 따른 효과크기의 사례 수는 1~50 mg/kg는 105개, 51~500 mg/kg는 36개, 501~1000 mg/kg는 26개, 1001 mg/kg 이상은 13개로 분류되었으며, 전체 사례 수는 총 180개였다.

효과크기는 다음과 같다. 1~50 mg/kg은 1.020의 매

Table 5. The effect size of silkworm by week

| Weeks | K ¹⁾ | \overline{ES} ²⁾ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p-value | I^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|---------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| 1~4 | 49 | 0.654 | 0.448~0.819 | 139.418 | p<0.001 | 65.571 | 0.654 |
| 5~8 | 58 | 1.170 | 0.950~1.390 | 159.800 | p<0.001 | 64.330 | 0.112 |
| 9~12 | 58 | 0.990 | 0.792~1.189 | 171.146 | p<0.001 | 66.695 | 0.101 |
| Over 13 | 15 | 0.457 | 0.282~0.631 | 16.736 | p>0.1 | - | 0.089 |

¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ I^2 : Higgin's I^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error.

Table 6. The effect size of silkworm by amount of intake

| Amount of intake (mg/kg) | K ¹⁾ | $\overline{ES}^2)$ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p-value | I^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|--------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| 1~50 | 105 | 1.020 | 0.867~1.173 | 362.586 | p<0.001 | 71.317 | 0.078 |
| 51~500 | 36 | 0.584 | 0.462~0.706 | 45.225 | p<0.1 | 22.609 | 0.062 |
| 501~1000 | 26 | 0.788 | 0.552~1.024 | 67.929 | p<0.001 | 63.197 | 0.120 |
| Over 1001 | 13 | 1.005 | 0.511~1.499 | 48.746 | p<0.001 | 75.383 | 0.252 |

¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ I^2 : Higgin's I^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error.

우 큰 효과크기, 51~500 mg/kg은 0.584, 501~1000 mg/kg은 0.788로 중간 효과크기, 1001 mg/kg 이상은 1.005로 매우 큰 효과크기였다. 또한, 95% 신뢰구간에서 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다. 1001 mg/kg 이상을 섭취한 경우 효과크기가 매우 크다고 하였는데, 1~50 mg/kg을 섭취한 것과 비교를 하면 효과크기의 사례 수가 92개 적다. 즉, 누에를 1~50 mg/kg, 1001 mg/kg 이상을 섭취한 효과크기의 표준오차를 비교하면, 각각 0.078, 0.252로 1001 mg/kg 이상의 표준오차가 크기 때문에 신뢰도가 상대적으로 낮다. 이상의 결과 누에를 섭취하여 큰 효과를 볼 수 있는 적정량은 1~50 mg/kg인 것을 알 수 있었다.

2.7 누에번데기 연구의 중재변인에 따른 효과크기

누에번데기 연구의 중재변인은 혈당(blood glucose), 혈중지질(triglyceride), 총 콜레스테롤(total cholesterol), HDL-콜레스테롤(HDL-cholesterol), LDL-콜레스테롤(LDL-cholesterol)로 분류하였고, 효과크기에 대한 분석결과는 Table 7에 제시한 바와 같다. 중재변인의 종류에 따른 효과크기의 사례 수는 다음과 같다. 혈당은 7개, 혈중지질은 21개, 총 콜레스테롤은 21개, HDL-콜레스테롤(HDL-cholesterol)은 18개, LDL-콜레스테롤(LDL-cholesterol)은 10개로 분류되었으며, 전체 사례 수는 총 77개였다.

효과크기는 다음과 같다. 혈당은 1.151로 매우 큰 효과크기를 보였으나 Q 값이 4.873으로 매우 낮고, p 값이 0.1보다 크며, I^2 값이 도출되지 않아 통계적으로 유의성이 없었다. 혈중지질과 총 콜레스테롤은 각각 0.991, 0.951로 큰 효과크기를 보였다. HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 각각 0.739, 0.588로 중간 효과크기였으며, 95% 신뢰구간에서 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다. 따라서 누에번데기를 섭취하면 혈중지질 및 총 콜레스테롤의 수치를 낮추는데 효과가 있다는 것을 알 수 있었다.

2.8 누에번데기 연구의 실험기간에 따른 효과크기

누에번데기 연구의 실험기간은 1~4주, 5~8주, 9주 이상의 3가지로 분류하였으며, 효과크기에 대한 분석결과는 Table 8에 제시한 바와 같다. 실험기간에 따른 효과크기의 사례 수는 1~4주는 12개, 5~8주는 57개, 9주 이상은 12개로 분류되었으며, 전체 사례 수는 총 81개였다.

효과크기는 다음과 같다. 1~4주는 1.133으로 큰 효과크기였으나, Q 값이 26.643으로 수치가 낮고, p 값이 0.1보다 크며, I^2 값이 도출되지 않아 통계적으로 유의성이 없었다. 5~8주는 0.685로 중간 효과크기, 9주 이상은 1.103으로 매우 큰 효과크기였으며, 95% 신뢰구간에서 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다. 누에번데

Table 7. The effect size of silkworm pupae by intervention

| Intervention | K ¹⁾ | $\overline{ES}^2)$ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p-value | I^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| Blood glucose | 7 | 1.151 | 0.971~1.325 | 4.873 | p>0.1 | - | 0.162 |
| Triglyceride | 21 | 0.991 | 0.670~1.312 | 80.806 | p<0.001 | 75.249 | 0.164 |
| Total cholesterol | 21 | 0.951 | 0.654~1.248 | 74.574 | p<0.001 | 73.181 | 0.152 |
| HDL-cholesterol | 18 | 0.739 | 0.483~0.995 | 43.264 | p<0.001 | 60.706 | 0.130 |
| LDL-cholesterol | 10 | 0.588 | 0.379~0.925 | 15.582 | p<0.1 | 42.240 | 0.101 |

¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ I^2 : Higgin's I^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error.

Table 8. The effect size of silkworm pupae by week

| Weeks | K ¹⁾ | $\overline{ES}^2)$ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p-value | f^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|--------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| 1~4 | 12 | 1.033 | 0.836~1.321 | 26.634 | p>0.1 | - | 0.152 |
| 5~8 | 57 | 0.685 | 0.556~0.813 | 129.233 | p<0.001 | 56.668 | 0.065 |
| Over 9 | 12 | 1.103 | 1.059~1.441 | 61.391 | p<0.001 | 82.082 | 0.123 |

¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ f^2 : Higgins's f^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error.

기의 섭취를 통한 실험연구의 경우 실험의 효과가 나타나는 실험기간은 최소 5주 이상이며, 효과크기가 크고, 통계적으로 유의성이 있는 적절한 실험 기간은 9주 이상인 것을 알 수 있었다.

2.9 누에번데기 섭취량에 따른 연구의 효과크기

누에번데기의 섭취량에 따라 1~50 mg/kg, 1000~5000 mg/kg, 5001 mg/kg 이상의 3가지 범위로 분류하였으며, 효과크기에 대한 분석결과는 Table 9에 제시한 바와 같다. 누에번데기의 섭취량에 따른 효과크기의 사례 수는 1~50 mg/kg는 27개, 1000~5000 mg/kg는 11개, 5001 mg/kg 이상은 43개로 분류되었으며, 전체 사례 수는 총 81개였다.

효과크기는 다음과 같다. 1~50 mg/kg은 0.801, 1000~5000 mg/kg은 0.909, 5001 mg/kg 이상은 0.855로 모두 큰 효과크기를 보였다. 그중 누에번데기를 1000~5000 mg/kg 정도 섭취할 때 가장 큰 효과크기를 보였는데, 다른 섭취량의 범위에 비해 효과 사례 수가 적고, Q 값도 20.051로 작은 편이며, f^2 값도 41.498로 이질성이 낮게 나타나 신뢰성이 떨어지는 경향을 보였다. 반면, 5001 mg/kg 이상을 섭취할 경우 Q 값이 183.509, f^2 값은 77.113으로 신뢰성이 높았다. 누에번데기를 섭취하여 효과를 볼 수 있는 적정 섭취량은 5001 mg/kg 이상인 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구는 곤충식품의 산업적 활용가치를 높이고자 최근 10년간(2009년~2019년) 발표된 누에와 누에번데기의 생리활성 연구자료를 수집하여 혈청지질 수준에 미친 효과크기를 분석하였다. 총 20편의 연구물에 대한 전체 연구결과의 효과크기는 0.852로 그 효과크기가 크게 나타났다. Q 값은 23.264(p<0.001), Higgins's f^2 값은 92.217로 각각의 연구가 이질성이 있다고 확인되었다. 처음 관측값과 추정치를 보정한 관측값이 0.654로 동일하게 나타나 출판편향은 없었다.

누에의 경우는 LDL-콜레스테롤(1.371)이 매우 큰 효과크기, 혈당(0.801)과 혈중지질(0.948)은 큰 효과크기, AST/GOT(0.768)와 ALT/GPT(0.788)로 중간 효과크기였다. 실험기간은 5~8주가 1.170, 섭취량은 1~50 mg/kg이 1.020으로 매우 큰 효과크기였다. 누에번데기의 경우는 혈중지질과 총 콜레스테롤이 각각 0.991, 0.951로 큰 효과크기였다. 실험기간은 9주 이상(1.103)이 매우 큰 효과크기, 섭취량은 5001 mg/kg 이상(0.855)이 큰 효과크기였다. 이러한 결과 누에는 LDL-콜레스테롤, 혈중지질 및 혈당 개선에 효과적이었음을 알 수 있었으며, 누에번데기는 혈중지질과 총 콜레스테롤 개선에 효과적이었음을 알 수 있었다.

최근 곤충식품에 대한 발전 가능성을 두고 많은 의견이 대립되고 있다. 영양학적으로 우수하고, 가축 사육보다 친환경적인 장점이 있는 반면, 곤충에 대한 혐오감으로 인한 소비자의 부정적인 인식이 문제로 야기되고 있

Table 9. The effect size of silkworm pupae by amount of intake

| Amount of intake (mg/kg) | K ¹⁾ | $\overline{ES}^2)$ | 95% CI ³⁾ | Q ⁴⁾ | p-value | f^2 ⁵⁾ | SE ⁶⁾ |
|--------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| 1~50 | 27 | 0.801 | 0.637~0.965 | 44.443 | p<0.1 | 47.510 | 0.084 |
| 1000~5000 | 11 | 0.909 | 0.691~1.128 | 20.051 | p<0.1 | 41.498 | 0.111 |
| Over 5001 | 43 | 0.855 | 0.658~1.052 | 183.509 | p<0.001 | 77.113 | 0.101 |

¹⁾ K: Number of study, ²⁾ \overline{ES} : Effect size(point estimate), ³⁾ CI: Confidence interval, ⁴⁾ Q: Q statistics, ⁵⁾ f^2 : Higgins's f^2 statistics, ⁶⁾ SE: Standard error.

다. 이를 전환하기 위해서는 곤충식품의 메뉴를 개발할 때 곤충의 모양이 남아 있지 않도록 제품을 개발하고, 기능적인 면은 그대로 유지할 수 있는 소재화가 반드시 필요하다.

그동안 누에와 누에번데기의 연구는 일반성분 분석, 생리활성 평가, 제품개발, 저장성 운동 시 곤충식품의 섭취가 미치는 영향, 곤충식품에 대한 인식도 및 활성화 방안 등이 주를 이루었으나 곤충식품에 대한 양적인 연구 분석은 거의 없었다. 본 연구결과에서 도출한 누에와 누에번데기에 대한 효과크기 분석은 처음 시도된 양적 연구라는 면에서 큰 의의가 있다.

본 연구결과를 근거로 누에와 누에번데기를 다양한 제품으로 개발하여 산업화한다면, 혈청지질 수준 개선에 도움을 줄 수 있을 것이다. 더불어 곤충식품에 대한 후속 연구를 지속적으로 연계하게 되면 부족한 단백질 공급에 대한 해결책을 제시하고, 세계의 식량안보에도 기여할 수 있을 것이라 사료된다.

References

- [1] P. K. Jo, Y. J. Oh, "Comparison of dietary behavior of eating alone in single households by status of workers and age", *Journal of Korean Community Nutrition*, Vol.24, No.5, pp.408-421, Oct. 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5720/kicn.2019.24.5.408>
- [2] Y. J. Ham, S. Kwon, "A study on the consideration factors for globalization of korean cultural industry: focused on risk management in food service industry", *The Journal of Business Education*, Vol.33, No.1, pp.89-111, Feb. 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34274/krabe.2019.33.1.004>
- [3] KCDC, Korea National Health & Nutrition Examination Survey, KCDC, 2018. Available from: knhanes.cdc.go.kr (accessed Oct. 10, 2019)
- [4] J. S. Sung, *Relationship between Non-alcoholic Fatty Liver Disease and Decreased Bone Mineral Density*, Master's thesis, Sungkyunkwan University of Medicine, Seoul, Korea, pp.1-2, 2018.
- [5] A. Van Huis, J. V. Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme, Food and agriculture organization of the united nations, edible insects: future prospects for food and feed security, Food and Agri-culture Organization of the United Nations, Italy, pp.7-21
- [6] E. Y. Yun, J. S. Hwang, "Status and prospect for development of insect foods", *Korean Society of Food Science and Technology*, Vol.49, No.4, pp.31-39, Dec. 2016.
- [7] RW. Pemberton, "The use of the thai giant waterbug, *lethocerus indicus*(Hemiptera: Belostomatidae), as human food in California", *The Pan-Pacific entomologist*, Vol.64, No.1, pp.81-82, Jan. 1988.
- [8] A. Y. Lee, J. Lee, H. S. Kim, G. Choi, "Inorganic components of insect origin medicines", *Korean Herbal Medicine Informatics*, Vol.7, No.2, pp.189-194, Dec. 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.22674/KHMI-7-2-8>
- [9] H. S. Choi, S. A. Kim, H. J. Shin, "Present and perspective on insect biotechnology" *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, Vol.30, No.6, pp.257-267, Dec. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7841/ksbbj.2015.30.6.257>
- [10] I. S. Kwak, *Development of a silkworm droppings for ceramic glazes*. Master's thesis Myongji University of Ceramic Technics, Seoul, Korea, pp.3-5, 2012.
- [11] K. E. Eom, *Improvement effect of fermented silkworm(bombyx mori L.) powder on the alcoholic hepatotoxicity*, Master's thesis, DongA University of Medical Bioscience, Busan, Korea, pp.2-3, 2011.
- [12] H. J. Kwon, K. H. Lee, J. H. Kim, S. S. Chun, Y.J. Cho, W. S. Cha. "Effect of protease on the extraction and properties of the protein from silkworm pupa", *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, Vol.49, No.4, pp.304-308, Aug. 2006.
- [13] B. Hu, C. Li, Z. Z. Zhang, Q. Zhao, Y. Zhu, Z. Su, "Microwave assisted extraction of silkworm pupal oil and evaluation of its fatty acid composition, physicochemical properties and antioxidant activities", *Food Chemistry*, Vol.231, No.15, pp.348-355 Sep. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.152>
- [14] H. Tomotake, M. Katagiri, M. Yamato, "Silkworm pupae(bombyx mori) are new sources of high quality protein and lipid", *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, Vol.56, No.6, pp.446-448, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.3177/jnsv.56.446>
- [15] S. K. Myung, W. Ju, D. D. McDonnell, Y. J. Lee, G. Kazinets, C. T. Cheng, J. M. Mos-kowitz, "Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis", *Journal of clinical oncology*, Vol.27, No.33, pp.5565-5572, Nov. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.2008.21.6366>
- [16] H. Kang, "Statistical Considerations in Meta-analysis", *Hanyang Medical Reviews*, Vol.35, No.1, pp.23-32, Feb. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7599/hmr.2015.35.1.23>
- [17] Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral science, p.400, Lawrence Erlbaum, 1988, pp.8-13
- [18] Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. Introduction to meta analysis. p.421, John Wiley & Sons, 2009, pp.21-31
- [19] S. H. Yoon, *A Meta-Analysis on the relationship between principals' leader-ship and teachers' job*

satisfaction, Ph. Doctor, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, pp.50-54, 2017.

- [20] K. Dickersin, "The existence of publication bias and risk factors for its occurrence", *Journal of the American Medical Association*, Vol.263, No.10, pp.1385-1389, Mar. 1990.
DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.1990.03440100097014>
- [21] Duval S, Tweedie R. "Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis", *Journal of the International Biometrics Society*, Vol.56, No.2, pp.455-463, Jun. 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0006-341x.2000.00455.x>

김 은 주(Eun-Joo Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 서울과학기술대학교 환경공학과 (환경공학학사)
- 1997년 2월 : 서울과학기술대학교 일반대학원 환경공학과 (환경공학 석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 일반대학원 대체의학과 재학 중
- 2009년 12월 ~ 현재 : (주)제니트리 대표

<관심분야>

기능성식품, 식문화

이 소 영(So-Young Lee)

[정회원]



- 2002년 2월 : 영남대학교 가정관리학과 (생활과학학사)
- 2004년 2월 : 영남대학교 일반대학원 가정학과 조리및주거학전공 (생활과학석사)
- 2017년 8월 : 경기대학교 대체의학대학원 식품치료전공 (대체의학 석사)
- 2020년 8월 : 경기대학교 일반대학원 대체의학과 (대체의학박사)

<관심분야>

임상영양, 기능성식품, 식문화

김 애 정(Ae-Jung Kim)

[정회원]



- 1986년 2월 : 숙명여자대학교 식품영양학과 (가정학학사)
- 1988년 8월 : 숙명여자대학교 자연과학대학원 식품영양학과 (가정학석사)
- 1992년 8월 : 숙명여자대학교 자연과학대학원 식품영양학과 (이학박사)
- 1993년 3월 ~ 2011년 8월 : 혜전대학교 식품영양과 교수
- 2011년 9월 ~ 현재 : 경기대학교 대체의학대학원 교수

<관심분야>

임상영양, 기능성식품, 식문화