

합초의 비만 및 혈중 지질에 미치는 영향에 대한 메타분석

이형선[†]

중원대학교 임상병리학과, 교수
(2023년 2월 10일 접수: 2023년 2월 23일 수정: 2023년 2월 23일 채택)

Meta-analysis on the Effect of obesity and blood lipid levels in *Salicornia herbacea*

Hyeong-Seon Lee[†]

Department of Biomedical Laboratory Science, Jongwon University, Geosan, Korea
(Received February 10, 2023; Revised February 23, 2023; Accepted February 23, 2023)

요약 : 본 연구는 합초를 섭취한 동물쥐에서 비만과 혈중 지질의 개선 효과에 대한 실험을 체계적 문헌고찰을 통해 통계적으로 분석하였다. 각각의 개별 연구는 PubMed, Embase, RISS, DBpia, NDSL과 같은 데이터베이스로부터 수집되었다. 통계분석을 통해 효과크기를 측정하기 위해 Review Manager 5.3 프로그램이 이용되었고 총 9개의 연구가 최종적으로 포함되었다. 비만유발 흰쥐에서 합초의 섭취는 몸무게를 유의적으로 감소시켰다. 그러나, 식이효율, 간지수와 총콜레스테롤에서 통계적 유의성이 없었다. 또한, 효과크기가 중성지방은 감소하고, 고밀도 콜레스테롤은 증가하였다. 이러한 통계적 분석은 합초가 강력한 항비만과 혈중 지질 개선 효과를 가진다는 결과는 보여준다.

주제어 : 합초, 메타분석, 체계적 문헌고찰, 비만, 혈액지질

Abstract : This study presents a meta-analysis research to test the improve effects of obesity and blood lipids on *Salicornia herbacea* L. (*S. herbacea*) intake in rats. Individual research materials were selected from database such as PubMed, Embase, RISS, DBpia, and NDSL. The Review Manager 5.3 version was used to estimate effect size through meta-analysis. A total of 9 studies were finally included. Body weight gains were decreased in *S. herbacea*-treated groups as compared to the high fat diet groups. But, no significant effect was observed on FER, liver index, and total cholesterol. In addition, the effect size of triglyceride was reduced, whereas high density lipoprotein (HDL)-cholesterol was increased in *S. herbacea*-treated group. In this meta-analysis, the results indicated that *S. herbacea* have a strong effect on anti-obesity through the blood lipids improvement.

Keywords : *Salicornia herbacea*, meta-analysis, systematic review, obesity, blood lipids

[†]Corresponding author
(E-mail: biohslee@jwu.ac.kr)

1. 서론

비만은 섭취량에 대비 소모하는 열량이 적어 발생 되는 체중 증가와 더불어 체내 지방조직이 축적되는 대사성 질환이다. 운동부족, 식습관, 생활습관 뿐만 아니라 유전적, 환경적 요인이 작용하는 복합증후군으로 정의된다[1]. 현대사회의 편리성이 증가함에 따라 비만 인구는 전 세계적으로 급속하게 증가하며, 여러 가지 만성질환의 원인이 되며 사회적, 경제적인 문제를 발생시킨다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 비만을 치료가 필요한 질병이라고 선언하고 있다[2]. 비만개선을 위한 운동요법, 식이요법, 약물요법 및 수술 등 다양한 방법과 더불어 비만 치료제를 이용하고 있다[3]. 그러나 비만 치료제는 높은 비만억제 효능을 가지는 대신 화학 합성 물질로 다양한 부작용을 야기하고 있다. 따라서 최근에는 부작용이 적은 천연물 유래의 비만 개선 효과가 있는 소재에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며, 특히 국내에 자생하는 식물을 이용하여 비만 치료 및 개선에 효과를 나타내는 기능성 소재를 개발하기 위해 노력하고 있다 [4]. 천연물을 이용한 항비만 소재로는 플라보노이드류, 이눌린, hydroxycitric acid (HCA), 캡사이신, 카테킨 등이 보고되고 있다[5-7]. 이러한 성분들은 탄수화물의 흡수를 저해하고 에너지 대사를 촉진하여 저장된 지방량을 감소시키는 것으로 알려져 있다 [8].

함초(*Salicornia herbacea* L.)는 통통마디라고 불리며 갯별이나 바닷가에 서식하는 염생식물이다. 고농도의 식염을 포함한 바다식물로 풍부한 미네랄과 요오드를 비롯한 칼슘, 인, 철, 마그네슘 등이 다량 함유되어 있다[9, 10]. 함초는 항산화, 항암, 항균 활성이 있는 것으로 알려져 있고 면역증강, 항당뇨에 대해서도 보고된 바가 있다 [11-13]. 또한 건조 함초는 100g 당 29mg의 타우린과 아스파르트산, 글루탐산, 라이신, 발린, 류신, 프롤린 등이 풍부하게 함유되어 있으며 60.66%의 높은 식이섬유를 포함하고 있다[14]. 함초는 예로부터 활용되어 독소와 숙변을 없애고 소화불량, 위장병, 변비 등 위장관 질환에 약재로 이용되어왔다[15]. 로페라마이드로 변비를 유발한 흰쥐에 함초로부터 열수 추출한 불용성 식이섬유를 섭취시킨 결과 몸무게 감소와 탁월한 장기능 개선효과가 나타났다고 보고 되었다[16]. 높은 함량의 식이섬유는 체내에서 콜레스테롤과 당의 흡

수를 저하시키고 장내에서 유해균과 발암물질을 빠르게 배설시킴을 도와 숙변을 제거해 주는 것으로 알려져 있다[17]. 3T3-L1 지방세포를 이용한 연구에서 함초는 leptin 과 resistin 생성은 감소시키고 adiponectin 생성을 증가시켜 비만과 심혈관계 질환에 탁월한 기능성을 가질 것으로 보고되었다[18].

메타분석은 하나의 주제에 대해 출판된 여러 연구를 모아 결과를 통계학적으로 분석하는 것을 의미한다. 독립적으로 도출된 각각의 연구로부터 얻어진 결과들을 좀 더 체계적이고 객관적으로 정리하여 병합하고 종합된 수치를 얻어내는 것이다[19]. 이를 위하여 사전/사후 변화에 대한 두 집단의 평균 차를 기반으로 한 표준화된 평균 차를 도출하여 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 함초의 기능성 식품소재로서 활용도를 알아보고자 현재까지 발표된 함초에 대한 비만 및 지질개선 관련 연구 자료를 수집하였다. 비만 및 혈액 내 지질에 미친 영향에 대하여 각각의 데이터를 추출하고 통계학적인 분석을 통하여 효과크기를 알아보고 종합된 결과를 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1. 문헌검색 및 선정기준

본 연구는 함초의 섭취가 비만과 혈중 콜레스테롤 개선에 미치는 영향을 분석하기 위해 효과크기를 알아보고자 메타분석(meta-analysis)을 실시하였다. 문헌 자료의 수집은 국내의 경우 RISS, DBpia, NDSL을 이용하였고 국외의 경우는 PubMed, Embase를 이용하여 수행하였다. 검색어는 ‘함초(*Salicornia herbacea*)’를 ‘비만(obesity)’, ‘고지방식이(high fat diet)’, ‘지질(lipid)’와 ‘AND’로 연결하여 2021년 6월까지 출판된 연구논문을 중심으로 하였다. 연구 분석에 필요한 자료의 선정은 PICOS 형식에 맞춰 설정하였다.

연구집단(population/participants)은 함초 추출물을 투여한 실험군이며, 중재방법(intervention/exposure)은 비만과 지질 대사에 관련된 6개의 중재변인(체중변화, 식이효율, 간무게 지수, 중성지방, 총콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤)을 측정된 결과물이다. 대조군(comparison)은 함초 추출물을 투여하지 않았거나 고지방식으로 비만을 유도한 군이며, 결과(outcome)는 중재변인에 대한 효과이다. 검색된 논문은 Zotero를 이용하여 중

복논문을 제외하고 제목과 초록을 검토하여 적합한 것을 최종 선정하였다.

2.2. 비뚤림 위험평가 (Risk of bias)

선정된 9편의 논문은 비뚤림 위험 평가를 위해 Review Manager 5.3의 도구를 이용하였다. 평가 항목은 무작위 배정순서 (Random sequence generation), 배정순서 은폐 (allocation concealment), 연구 참여자, 연구자에 대한 눈가림 (Blinding of participants and personnel), 결과 평가에 대한 눈가림 (Blinding of outcome assessment), 불충분한 결과자료 (Incomplete outcome data), 선택적 보고 (Selective reporting), 그 외 비뚤림 (Other bias) 등 7가지이다. 위험 평가 결과는 ‘낮음 (low risk)’, ‘불확실함 (unclear risk)’, ‘높음 (high risk)’으로 분류하였다.

2.3. 효과 크기의 계산 및 이질성 검증

함초 처리 효과를 검증하기 위해서는 처리 (treatment)된 실험집단으로부터 측정된 효과변수의 변화가 기준이 되는 통제집단으로부터 측정된 변화와는 다르다는 것을 보이는 것이 일반적이다. 함초 처리의 효과 크기는 실험과 통제집단의 효과에 대한 평균 차를 공통 표준편차로 나눈 표준화된 평균차인 Cohen's d를 일반적으로 이용한다 [20]. 본 연구는 함초 섭취에 의해 나타나는 효과 크기를 알아보고자 실험집단과 통제집단의 사전-사후를 비교하여 효과크기 분석 시 가장 많이 사용하는 d-family의 효과크기 산출법을 사용하였다. d-family의 효과크기 산출은 두 집단간의 평균차를 나타내는 것으로 비교하려는 집단 사이의 차이 또는 관계를 나타내는 표준화된 지표의 의미이다. 본 연구는 대조군과 함초첨가 식이섭취 실험으로 도출된 두 집단간의 평균값을 수집하여 효과크기를 산출하여 유의미한 차이점이 있는지를 알아보고자 한다. 효과크기에 대한 해석은 Cohen의 어렵법칙에 의거해 0.3이하면 작은 효과크기, 0.5일 경우 중간 효과크기, 0.8 이상이면 큰 효과크기로 판단하고 95% 신뢰구간을 적용하여 통계적 유의성을 검증하였다[21, 22]. 연구간 이질성은 I^2 통계량이 25% 미만은 ‘없음’, 25~50%는 ‘낮음’, 50~75%는 ‘중등도’, 75% 이상인 경우는 ‘높음’으로 해석하고 고정과 임의효과모형 모두에서 50% 이하는 고정효과모형(fixed effect model)를, 이상은 변량효과모형(random

effect model)를 적용했다[23].

2.4. 출판편향

출판편향(publication bias)이란 체계적 오류로 통계적으로 메타분석 시 유의미한 연구결과를 가진 연구들이 검색되어 포함될 경향성이 높다는 것을 의미한다[24]. 즉, 출판된 연구만을 종합해 분석하는 과정에서 결과가 왜곡될 수 있다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 출판편향이 있는지 확인하고자 깔대기도표(funnel plot)와 trim-and-fill 기법 등으로 관찰하였다.

2.5. 통계분석

본 연구에서는 함초 섭취를 통한 비만 및 혈중 지질의 개선에 대한 효과크기를 분석하기 위해 Review Manager 5.3 (RevMan 5.3) 프로그램을 이용하였다. 먼저 표준화된 평균차 (standardized mean difference, SMD)를 분석하고 이질성을 검증하기 위해 Q 검정을 한 후 p 값이 0.001보다 작은지 확인하고 Higgin's I^2 값으로 이질성을 판단한 후 고정효과모형 또는 변량효과모형을 선택하여 최종 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 문헌 선정 결과

주제어를 이용해 국내·외 데이터베이스(DB)를 검색한 결과, RISS 15편, NDSL 12편, DBpia 16편, Pubmed 20편, Embase 20편이 검색되었고 합산해 총 83편의 문헌이 검색되었다. 최종 83편 중 중복된 문헌 40편을 1차적으로 제외하고, 제목과 초록을 확인하여 분석내용과 상관없이 부적합한 문헌 20편을 2차적으로 제외하였다. 마지막으로, 세포대상 실험논문 7편, 사람대상 실험논문 2편, 데이터가 미비한 논문 2편, 투고논문과 학위논문의 데이터가 겹치는 경우 3편을 배제하고 최종적으로 9편의 논문이 선정되었다. 문헌의 선정 과정은 Figure 1에 PRISMA flow diagram으로 제시하였다. 또한 9편의 선정된 논문의 특징과 수집·분석한 변수의 항목에 대하여 Table 1에 정리하였다. 9편의 논문 중 2편은 학위논문이고 7편은 학술지에 게재된 논문이다[25-33]. 9편의 논문 중 3편은 스트렙토조토신을 투여하여 당뇨를 유발시켜 함초식을 투여한 연구로 당뇨로 인한 혈중 지질의 변화에 대한 변인을 분석하였

다. 나머지 6편은 고지방 식이를 통해 비만을 유도하여 함초첨가 식이를 투여한 연구로 몸무게 변화와 식이효율을 포함하여 혈중 지질 변화를 모두 변인으로 이용하여 분석이 진행되었다.

3.2. 선정 문헌의 비풀림 위험 평가

비풀림 위험평가는 문헌의 질평가로써 연구의 수준을 평가하는 것으로 정의된다. 연구의 질이란 연구 설계, 수행, 분석, 타당성 등과 관련된 다차원적인 개념을 알아보는 과정이다. 모든 연구의 결과물은 객관적인 근거가 있는 것이 아닐 수 있으므로 결과에 영향을 미치는 비풀림이 개입될 가능성이 있다. 그러므로 연구유형에 초점을 두어 연구결과에 타당성에 영향을 미치는 비풀림이 존재하는지의 정도를 통해 질평가가 수행되어야 한다[34-36]. 최종 선정된 9편의 개별 문헌의 연구 결과에 대한 체계적 오류를 검증하여 질평가를 위해 비풀림 위험 평가를 실시하여 Figure 2에

제시하였다. 그 결과 무작위 배정순서 2편, 무작위 배정순서 은폐 5편, 불충분한 결과자료 2편에서 명확하게 확인할 수 없었고, 이 외의 나머지 항목에서 대다수의 연구가 오류 위험이 '낮음'으로 평가되었다. 질 평가결과 무작위 배정순서 생성 항목이 가장 많으므로 본 연구의 분석에 포함된 대부분의 결과물은 선택의 비풀림이 낮음을 의미한다. 전체 9편의 논문에 대한 질평가 결과 7가지 항목에서 비풀림 위험이 낮은 문헌이 50% 이상을 차지하므로 문헌의 질적분석을 수행할 수 있다고 판단된다.

3.3. 함초 섭취가 몸무게, 식이효율, 간 지수에 미치는 영향 평가

형성된 비만에 대한 함초 섭취의 영향을 평가하기 위해 총 9편의 논문을 중재변인에 따라 분류하여 분석하였다. 함초 섭취의 연구에 대한 중재변인은 몸무게, 식이효율, 간무게 지수로 분류

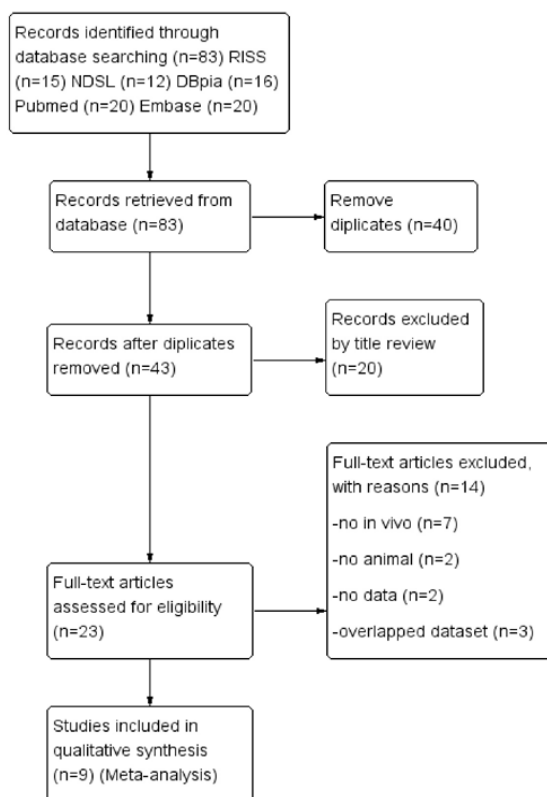


Fig. 1. PRISMA flow diagram.

Table 1. Characteristics and variable of study

| Author | Year | Publication | Analysis object | Variable |
|-----------------|------|-------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Bang et al [25] | 2002 | Journal | ST ST + SH 5% | Body weight gain (g), FER, Triglyceride, HDL-C, Total-C |
| Joh HH [26] | 2019 | Thesis | HFD HFD + SH 5% | FER, Triglyceride, HDL-C, Total-C, Liver index (g/100g BW) |
| Kim et al [27] | 2006 | Journal | HFD HFD + SH 4% | Body weight gain (g), FER, Triglyceride, HDL-C, LDL-C, Liver index (g/100g BW) |
| Kim et al [28] | 2007 | Journal | ST ST + SH 20% | Body weight gain (g), FER, Triglyceride, HDL-C, Total-C, Liver index (g/100g BW) |
| Kim et al [29] | 2008 | Journal | ST ST + SH 0.16% | Body weight gain (g), Triglyceride, HDL-C, Total-C |
| Kim et al [30] | 2015 | Journal | HFD HFD + SH 5% | Body weight gain (g), FER, Triglyceride, HDL-C, Total-C, Liver index (g/100g BW) |
| Lee et al [31] | 2012 | Journal | HFD HFD + SH 0.5% | Body weight gain (g), FER, Triglyceride, HDL-C, LDL-C, Total-C, Liver index (g/100g BW) |
| Pachiah PBT[32] | 2014 | Thesis | HFD HFD + SH 5% | Body weight gain (g), FER, Triglyceride, HDL-C, Total-C, Liver index (g/100g BW) |
| Seo et al [33] | 2012 | Journal | HFD HFD + SH 5% | Triglyceride, HDL-C, LDL-C, Total-C |

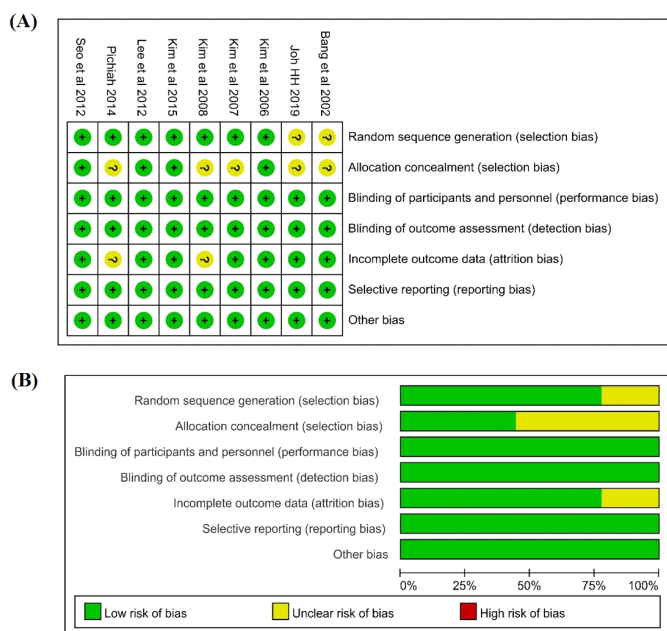
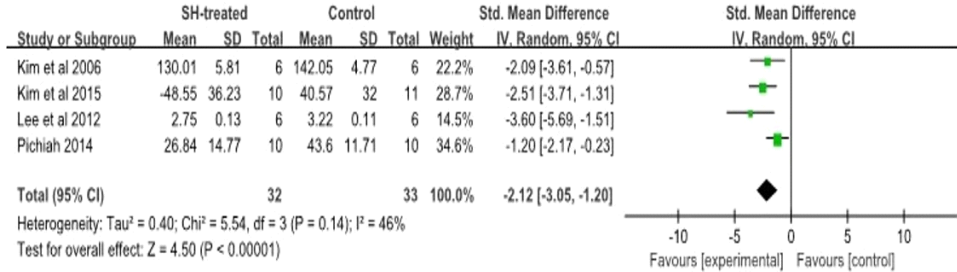
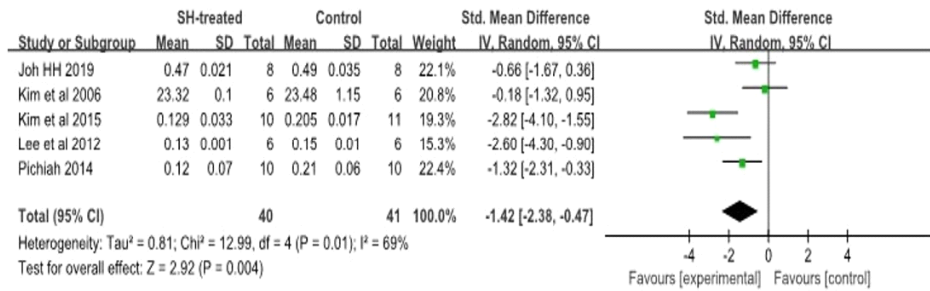


Fig. 2. Risk of bias for each included study. (A) Risk of bias summary and (B) graph.

(A) Body weight gain



(B) FER



(C) Liver index

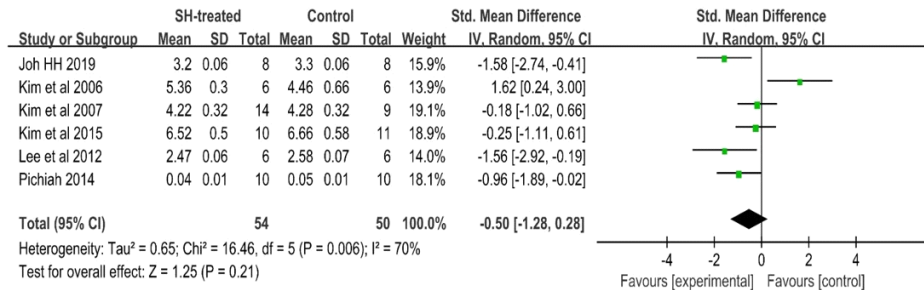


Fig. 3. Forest plots of the effects of *S. herbacea* effects on (A) body weight gain, (B) FER, and (C) liver index.

하였다. 비만분석결과는 Figure 3에 제시한 바와 같다. 몸무게의 변화는 4편의 문헌, 식이효율은 7 편의 문헌, 간무게 지수는 6편의 문헌에서 보고 되었다. 몸무게에 대한 분석은 고지방 식이 섭취에 의한 비만과 관련하여 함초 섭취시 변화를 관찰하기 위해 분석되었으며 Figure 3(A)에 제시하였다. 함초 섭취에 의해 체중 감소는 비만 억제 효과를 확인하는데 중요한 지표가 된다. 연구의 동질성 검증시 몸무게(Chi²=5.54, I²=46%)는 임의모형효과에서 이질성이 다소 ‘낮음’이었으나 고

정모형효과에서 95%의 결과가 나와 임의효과모형을 적용하여 분석하였다.

식이효율과 간무게 지수는 Figure 3(B)와 (C)에 숲그림(forest plot)을 보여준다. 식이효율(Chi²=40.91, I²=85%)은 이질성이 높으며 간무게 지수(Chi²=16.46, I²=70%)는 이질성이 중등도인 것으로 나타났다. 따라서 식이효율과 간무게 지수는 임의효과모형으로 효과크기를 산출하였다. 메타분석 결과 함초섭취군은 대조군(비만유발군)에 비해 몸무게가 SMD -2.12 (95% CI=-3.05,

-1.20)로 감소하여 통계적으로 탁월한 유의성 ($Z=4.5$, $p=0.00001$)을 보여준다. 식이효율의 수치는 SMD -0.94 (95% CI= -2.08 , 0.21)로 감소하였으나 통계적으로 유의성($Z=1.60$, $p=0.11$)이 없었다. 식이효율은 실험기간에 증가한 체중에 섭취한 식이량을 나누어 계산한다[37]. 분석된 바와 같이 대조군과 함초식이군에서 두 그룹간 식이 섭취량이 유사했다고 볼 수 있다. 따라서 함초의 섭취가 체중 감량의 효과가 있음을 시사한다. 비만 및 지질 대사에 장애가 일어나면 내장의 간에 과량의 지방과 콜레스테롤이 축적되어 간이 비대해지고 지질대사의 문제가 발생하여 간의 무게가 증가하게 된다[38]. 또한, 함초 열수추출물의 섭취로 비만쥐의 부고환과 신장주변 지방의 무게가 탁월하게 감소되었다고 보고되었다. 이러한 결과들은 함초의 섭취가 체내 장기의 전반적인 지방 축적에 탁월한 억제 효과가 있음을 보여준다[31]. 따라서 본 연구의 분석에서는 대표적으로 간의 무게를 측정하여 내장 장기의 지방 축적 여부를 확인하고자 한다. 간무게 지수는 총 6편의 문헌이 분석되었고 함초 섭취군에 비해 SMD -0.50 (95% CI= -1.28 , 0.28)로 감소하였으나 통계적 ($Z=1.25$, $p=0.21$) 의미는 없었다. 하지만 전반적인 무게의 감소가 나타나는 것으로 보아 내장의 지방 축적이 억제되고 있음을 예측할 수 있다. 그러나 그 외 다양한 내장장기의 무게나 지방크기의 변화와 같은 조직학적 또는 형태학적 변화에 대한 연구수집에 의한 통계학적 고찰은 함초를 활용한 추가적인 동물 실험 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.4. 함초 섭취가 혈중 지질에 미치는 영향 평가

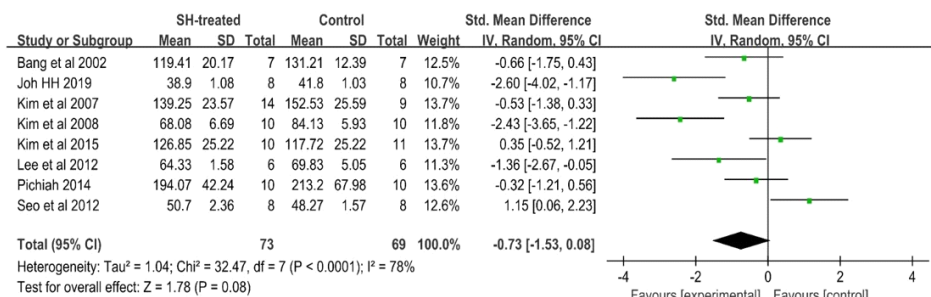
고지방식이에 의한 내장지방 증가는 혈중 총 콜레스테롤과 중성지방의 증가를 야기하고, 동맥 경화유발 인자인 저밀도 콜레스테롤을 제거에 탁월한 역할을 하는 고밀도 콜레스테롤을 감소시킴으로써 고지방 혈중 상태가 된다[39, 40]. 또한 당노가 조절되지 않으면 간의 hydroxyl methyl glutaryl CoA (HMG-CoA) reductase의 활성 감소가 감소하는 반면 장내의 HMG-CoA의 활성은 증가하여 간내 acetyl-CoA의 증가로 지방이 축적되어 심각한 지방변성이 일어나게 된다. 그 결과 총 지방, 콜레스테롤, 중성지방이 순환혈액으로 방출되어 혈중 지질이 증가된다고 보고되고 있다[41-43]. 본 연구에서는 함초의 섭취가 비만과 당뇨에 의해 형성된 혈중 지질변화에 어떠한

영향을 나타내는지 평가하기 위해 총 9편의 논문을 분석하였다. 함초 섭취의 연구에 대한 혈중지질 중재변인은 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도 콜레스테롤로 분류하였으며 분석결과는 Figure 4에 숲그림으로 제시한 바와 같다. 혈액 지질 중 총 콜레스테롤은 총 8편의 문헌에서 보고되었다. 먼저 연구의 동질성 검증시 이질성이 높은 것으로 나타나($Chi^2=32.47$, $I^2=78%$) 임의효과모형으로 효과크기를 산출하였다. 메타분석 결과 함초 섭취군이 대조군에 비해 SMD -0.73 (95% CI= -1.53 , 0.08)으로 총 콜레스테롤이 전반적으로 감소하였으나 통계적으로 유의성($Z=1.78$, $p=0.08$)은 없었다(Figure 4A). 중성지방과 고밀도 콜레스테롤은 총 9편의 문헌에서 보고되었고 연구의 이질성은 중성지방($Chi^2=67.95$, $I^2=88%$), 고밀도 콜레스테롤 ($Chi^2=49.62$, $I^2=84%$) 모두 높은 것으로 나타나 임의효과모형으로 효과크기를 산출하였다. 중성지방은 함초 섭취군에서 SMD -2.73 (95% CI= -4.09 , -1.37)으로 유의적 ($Z=3.94$, $p=0.0001$)으로 감소하였고(Figure 4B), 고밀도 콜레스테롤은 SMD 1.65 (95% CI= 0.64 , 2.67)으로 유의미하게($Z=3.19$, $p=0.001$) 증가하였다(Figure 4C). 함초를 활용한 식이 섭취는 고밀도 콜레스테롤의 증가를 야기하여 중성지방과 저밀도 콜레스테롤과 같은 나쁜 지질을 감소시키며 결과적으로 간내 지질 축적 억제에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

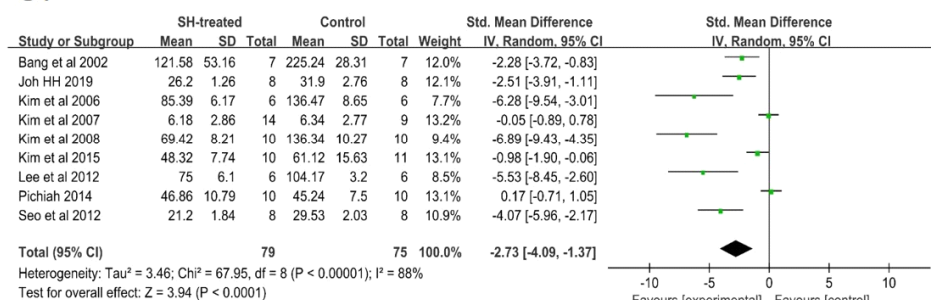
3.5. 출판편향

분석된 연구 결과의 타당성과 출판편향을 검증하기 위해 깔때기 모형(Funnel plot)을 확인하였다. 큰 규모의 연구들은 그래프 상단에 분포하고 작은 규모의 연구들은 하단에 분포하여 그래프는 가운데를 중심으로 시각적으로 좌우 대칭을 형성하고 있으면 출판편향은 없는 것으로 판단된다. 본 연구의 깔때기 모형을 확인한 결과 Figure 5와 6에 보여진 바와 같이 좌우 대칭적으로 형성되었고, 깔때기 밖으로 벗어난 연구에 대한 출판편향의 최종 확인을 위해 Trim-and-fill 방법으로 출판편향의 가능성을 추가 확인하였다. 비대칭적이라고 판단될 때, 즉 출판 비틀림이 있다고 생각될 때 가상의 점을 만들어 결과를 보여주게 된다[44, 45]. 6개의 중재변인에 대한 Trim-and-fill을 수행한 결과 모두 출판 비틀림이 없음을 확인하였다.

(A) Total cholesterol



(B) Triglyceride



(C) HDL-cholesterol

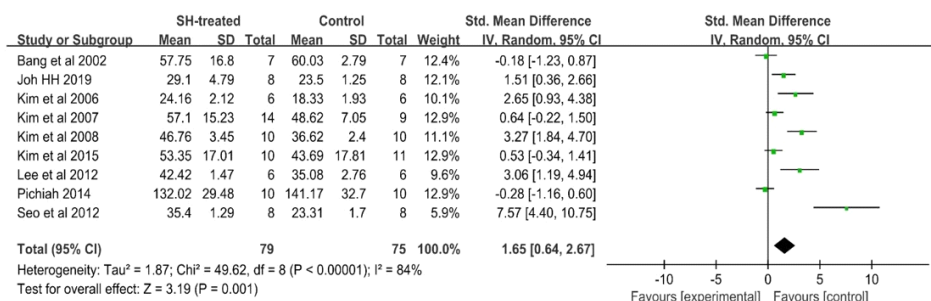


Fig. 4. Forest plots of the effect of *S. herbacea* on (A) total cholesterol, (B) triglyceride, and (C) HDL-cholesterol levels.

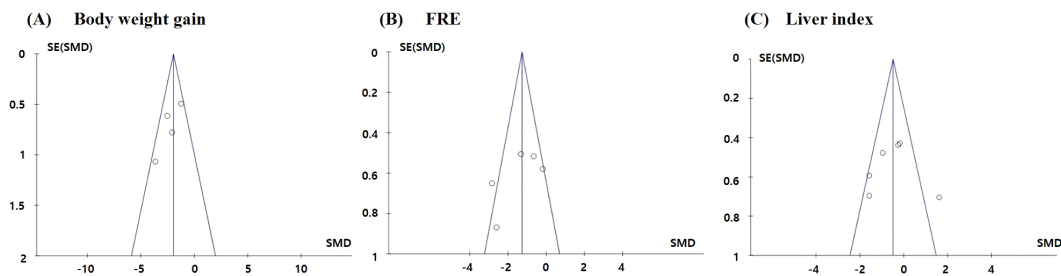


Fig. 5. Funnel plots of the effects of *S. herbacea* on (A) body weight gain, (B) FER, and (C) liver index.

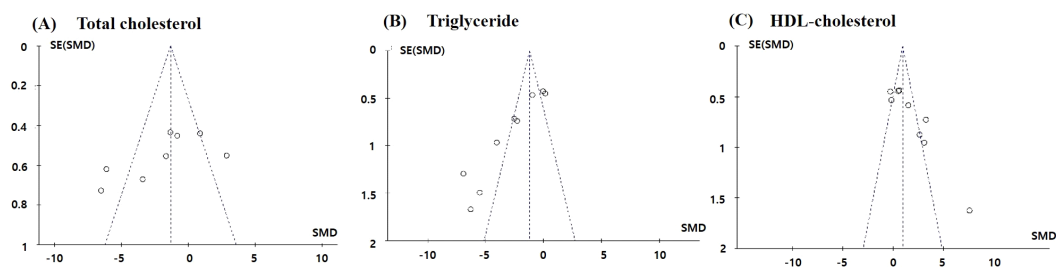


Fig. 6. Funnel plots effect of *S. herbacea* on (A) total cholesterol, (B) triglyceride, and (C) HDL-cholesterol levels

4. 결론

본 연구는 비만과 당뇨 유발 상태에서 함초의 섭취가 미치는 효과에 대하여 선행 연구를 이용하여 메타분석 기법을 이용하여 통계적으로 분석하여 효과크기를 측정된 결과이다. 첫째, 적합한 연구대상 논문은 최종적으로 총 9편으로 학술지 논문은 7편 (77.7%), 학위논문은 2편 (22.3%)이었다. 둘째, 함초 섭취가 몸무게, 식이효율, 간무게 지수에 미치는 효과크기를 분석해 본 결과, 몸무게(SMD=-2.12), 식이효율(SMD=-0.94), 간무게 지수(SMD=-0.50)는 모두 대조군에 비해 감소하는 결과를 보여주었다. 특히 비만실험에서 측정된 몸무게의 차이는 함초식이 섭취군에서 통계적으로 매우 유의미($p < 0.00001$)한 효과를 가진다. 셋째, 함초 섭취가 비만과 당뇨상태에서 혈액 내 지질 변화에 미치는 효과크기를 분석해 본 결과, 총 콜레스테롤(SMD=-0.73)이 감소하였으나 통계적으로 의미는 없었다. 그러나 함초 섭취에 의해 중성지방(SMD=-2.73)의 감소와 고밀도 콜레스테롤(SMD=1.65)은 증가함이 매우 강한 것으로 나타나 통계적으로 의미있는 결과가 도출되었다. 효과크기의 값이 음수인 경우 함초의 섭취가 대조군 보다 감소 효과가 더 크다는 것을 의미한다[46]. 따라서 함초의 섭취는 비만상태에서 탁월한 체중감소의 효과가 있는 것으로 확인되었다. 또한, 혈중 중성지방 감소, 고밀도 콜레스테롤 증가에 유의적인 효과가 있는 것으로 확인되어 체내 지질대사에 영향을 미쳐 총 콜레스테롤과 간무게 감소에 긍정적인 영향을 가져온 것으로 보여진다. 이러한 결과는 함초의 섭취가 비만에 있어서 체중감소 및 지질개선 효과를 가진 기능성 소재로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 중원대학교 교내학술연구비 지원에 의한 것임 (과제번호: 2021-043).

References

1. M. J. Kim, H. Y. Jun, J. H. Kim, "Anti-obesity of Korean Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) powder on high-fat diet-induced obese rats", *Journal of Nutrition and Health*, Vol.48, No.2 pp. 123-132, (2015).
2. K. S. Lee, H. S. Lee, "Anti-obesity effects of the water extract from *Orostachys japonicus* in High-fat diet-fed mice", *Microbiology and Biotechnology Letters*, Vol.45, No.4 pp. 284-290, (2017).
3. P. Reddy, M. S. Chow, "Focus on orlistat: a nonsystemic inhibitor of gastrointestinal lipase for weight reduction in the management of obesity", *Formulary*, Vol.33, No.10 pp. 943-959, (1998).
4. J. E. Park, H. Kee, Y. S. Cha, "Effect of *Stevia rebaudiana* Bertoni leaf extract on antiobesity in C57BL/6J mice", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol.42, No.5 pp. 586-592, (2010).
5. A. A. Burns, M. B. Livingstone, R. W. Welch, A. Dunne, I. R. Rowland,

- “Dose-response effects of a novel fat emulsion (Olibra) on energy and macronutrient intakes up to 36 h post-consumption”, *European Journal of Clinical Nutrition*, Vol.56, No.4 pp. 368-377, (2002).
6. N. M. Delzenne, P. D. Cani, C. Daubioul, A. M. Neyrinck, “Impact of inulin and oligofructose on gastrointestinal peptides”, *British Journal of Nutrition*, Vol.93, No.1 pp. 157-161, (2005).
 7. A. C. Zacour, M. E. Silva, P. R. Cecon, E. A. Bambirra, E. C. Vieira, “Effect of dietary chitin on cholesterol absorption and metabolism in rats”, *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, Vol.38, No.6 pp. 609-613, (1992).
 8. J. R. Jeon, J. Y. Kim, K. M. Lee, D. H. Cho, “Anti-obese effects of mixture contained pine needle, black tea and green tea extracts”, *Journal of Applied Biological Chemistry*, Vol.48, No.4 pp. 375-381, (2005).
 9. Y. S. Rim, Y. M. Seo, Y. W. Son, Y. L. Oh, “Effect of *Salicornia herbacea* L. extract on protein synthesis and detoxicity in cultured C6 glioma cells”, *Journal of Korean Society for People Plants and Environment*, Vol.15, No.3 pp. 149-154, (2012).
 10. Y. M. Seo, S. T. Park, S.J. Jekal, S. M. Kim, Y. S. Rim, “A study on the physioactivities of *Salicornia herbacea* L. grown in Suncheon Bay on cell viability and antioxidative effect in cultured C6 glioma cells”, *Korean Journal of Clinical Laboratory Science*, Vol.43, No.3 pp. 98-104, (2011).
 11. M. W. Kim, “Effects of *Salicornia herbacea* L. supplementation on antioxidative enzyme activities in streptozotocin-induced diabetic rats”, *The Korean Journal of Nutrition*, Vol.41, No.7 pp. 583-593, (2008).
 12. H. Kim, J. Y. Song, J. M. Lee, S. H. Oh, H. J. Lee, H. J. Choi, J. M. Goand, Y. H. Kim, “A study on physiochemical property of *Salicornia herbacea* and *Suaeda japonica*”, *Journal of Food Hygiene and Safety*, Vol.25, No.2 pp. 170-179, (2010).
 13. Y. R. La, Y. R. Lee, D. S. Lee, S. H. Kim, H. Sl. Lee, “Anti-cancer effects of *Salicornia herbacea* extract in OVCAR-3 cells by induction of apoptosis pathway”, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol.53, No.1 pp. 34-39, (2021).
 14. S. H. Kim, S. J. Kim, H. S. Lee, “Effect of Insoluble dietary fiber extracted from *Salicornia herbacea* L. on large intestinal function in rats”, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol.46, No.5 pp. 648-654, (2014).
 15. J. Y. Cho, S. Y. Park, M. J. Shin, T. C. Gao, J. H. Moon, K. S. Ham, “Isolation and identification of antioxidative compounds in fermented glasswort (*Salicornia herbacea* L.) Juice”, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.39, No.8 pp. 1137-1142 (2010).
 16. S. H. Kim, S. J. Kim, H. S. Lee, “Effect of insoluble dietary fiber extracted from *Salicornia herbacea* L. on Large intestinal function in rats”, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol.46, No.5 pp. 648-654, (2014).
 17. K. R. Kim, J. H. Choi, S. K. Lee, M. H. Woo, S. W. Choi, “Effect of enzymatic hydrolysate of Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) on antioxidative defense system in rats fed high cholesterol diet”, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.35, No.10 pp. 1356-1362, (2006).
 18. M. J. Kim, H. Y. Jun, J. H. Kim, “Antiadipogenic effect of Korean glasswort (*Salicornia herbacea* L.) water extract on 3T3-L1 adipocytes”, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.43, No.6 pp. 814-821, (2014).

19. J. Y. Lee, "Meta-analysis", *Journal of Korean Endocrine Society*, Vol.23, No.6 pp. 361-378, (2008).
20. S. M. Yoo, "Accuracy comparison of effect size calculation methods in meta-analysis", *Journal of The Korean Data Analysis Society*, Vol.19, No.3 pp. 1233-1246, (2017).
21. E. J. Kim, J. Y. Lee, A. J. Kim, "Meta-analysis on the effect of serum lipids levels in Silkworm and Silkworm pupae", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.11 pp. 273-282, (2020).
22. S. K. Myung, W. Ju, D. D. McDonnell, Y. J. Lee, G. Kazinets, C. T. Cheng, J. M. Moskowitz, "Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis", *Journal of Clinical Oncology*, Vol.27, No.33 pp. 5565-5572, (2009).
23. Y. H. Choe, D. H. Kim, "Effect of exercise on chemotherapy-induced peripheral neuropathy: A Systematic Review and Meta-analysis", *Korean Journal of Adult Nursing*, Vol.33, No.5 pp. 458-471, (2021).
24. S. H. Park, C. G. Kim, "Impact of resistance training on obesity index lipid index, blood pressure, pulse rate, and bone mineral densitometer in middle-aged women: A meta-analysis of randomized controlled trials", *The Korean Journal of Rehabilitation Nursing*, Vol.22, No.1 pp. 1-14, (2019).
25. M. A. Bang, H. A. Kim, Y. J. Cho, "Hypoglycemic and antioxidant effect of dietary hamcho powder in streptozotocin-induced diabetic rats", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.31, No.5 pp. 840-846, (2002).
26. H. H. Joh, "Anti-obesity effect of *Salicornia herbacea* L. supplementation on rats fed a high-fat diet", Doctor's thesis, Sunmoon University, (2019)
27. K. R. Kim, M. J. Jang, S. W. Choi, M. H. Woo, J. H. Choi, "Effects of water extract from enzymic-treated hamcho (*Salicornia herbacea*) on lipid metabolism in rats high cholesterol diet", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.35, No.1 pp. 55-60, (2006)
28. M. W. Kim, "Effects of *Salicornia herbacea* L. supplementation on blood glucose and lipid metabolites in streptozotocin-induced diabetic rats", *Journal of Nutrition and Health*, Vol.40, No.1 pp. 5-13, (2007)
29. K. R. Kim, J. H. Choi, M. H. Woo, Y. H. Kim, S. W. Choi, "Effects of enzymatic hydrolysates from hamcho (*Salicornia herbacea* L.) on Blood glucose and serum lipid composition in streptozotocin-induced diabetic rats". *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.37, No.2 pp. 170-176, (2008).
30. M. J. Kim, H. Y. Jun, J. H. Kim, "Anti-obesity effect of Koran hamcho (*Salicornia herbacea* L.) powder on high-fat diet-induced obese rats". *Journal of Nutrition and Health*, Vol.48, No.2 pp. 123-132, (2015).
31. H. S. Lee, J. H. Choi, Y. G. Kim, C. H. Lee, "Effect of dietary intake of *Salicornia herbacea* L. hot water extract on anti-obesity in diet-induced obese rats", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.41, No.7 pp. 950-956, (2012).
32. P. B. Triupathi Pichiah, "Anti-obesity effects of fermented barley and *Salicornia herbacea* in animal model", Doctor's thesis, Chonbuk National University, (2014).
33. H. Bl. Seo, Y. Y. Kwak, J. O. Nam, Y. J. Song, B. O. Kim, S. P. Ryu, "Glasswort powder diet activates lipid metabolism in rat", *Journal of Life Science*, Vol.22, No.4 pp. 478-485, (2012).
34. W. J. Shin, "An Introduction of the systematic review and meta-analysis", *Hanyang Medical Reviews*, Vol.35, NO.1

- pp. 9-17, (2015).
35. A. J. Sutton, K. R. Abrams, D. R. Jones, "An illustrated guide to the methods of meta-analysis", *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, Vol.7, No.2 pp. 135-148, (2001).
 36. D. Moher, A. R. Jadad, G. Nichol, M. Penman, P. Tugwell, S. Walsh, "Assessing the quality of randomized controlled trials: an annotated bibliography of scales and checklists", *Controlled Clinical Trials*, Vol.16, NO.1 pp. 62-73, (1995).
 37. S. I. Lee, S. D. Kim, Y. K. Lee, M. j. Kim, I. A. Lee, J. K. Choi, J. W. Suh, "Dietary effects of black bean fermented by *Monascus pilosus* on body weight, serum lipid profiles and activities of hepatic antioxidative enzymes in mice fed high fat diets", *Korean Journal of Nutrition*, Vol.46, No.1 pp. 5-14, (2013).
 38. J. H. Kim, Y. I. Lim, "Anti-obesity effect of commercial kochujang and fermented wheat grain products in Sprague-Dawley rats", *The Korean Journal of Food and Nutrition*, Vol.27, No.4 pp. 641-649, (2014).
 39. H. K. Kim, "Obesity and fat metabolism", *Journal of Korean Society for the Study of Obesity*, Vol.9, No.1 pp. 63-65, (2000).
 40. S. H. Park, M. J. Jang, J. H. Hong, S. J. Rhee, K. H. Choi, M. R. Park, "Effects of mulberry leaf extract feeding on lipid status of rats fed high cholesterol diets", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.36, No.1 pp. 43-50, (2007).
 41. R. B. Goldberg, "Lipid disorders in diabetes", *Diabetes Care*, Vol.4, No.5 pp. 561-572, (1981).
 42. S. H. Park, Y. K. Lee, H. S. Lee, "The effects of dietary fiber feeding on gastrointestinal functional and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats", *Korean Journal of Nutrition*, Vol.27, No.4 pp. 311-322, (1994).
 43. S. J. Lim, J. G. Jeong, M. W. Kim, S. S. Choi, H. K. Han, J. E. Park, "Effects of *Benincasa hispida* intake on blood glucose and lipid level in streptozotocin induced diabetic rats", *Korean Journal of Nutrition*, Vol.36, No.4 pp. 335-343, (2003).
 44. S. Duval, R. Tweedie, "Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis", *Biometrics*, Vol.56, No.2 pp. 455-463, (2000).
 45. H. C. Jeong, Y. S. Kim, M. Y. Han, "Effects of non-pharmacological interventions on cancer patients with sleep disorder: A meta-analysis", *Asian Oncology Nursing*, Vol.21, No.1 pp. 1-14, (2021).
 46. S. H. Heo, S. M. Yoo, S. H. Heo, H. Y. Yoon, "Meta-analysis of effects of functional salt intake on serum total cholesterol, triglyceride, insulin, and chloride levels of rats", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.47, No.2 pp. 222-228, (2018).