

영양결핍을 유도한 C57BL/6 Mice에서 완전균형영양조제식품의 섭취가 체내 혈액 상태에 미치는 영향

전광진¹ · 정상현² · 송중화³ · 이은수⁴ · 조은채⁵ · 김도희⁵ · 이원중⁶ · 황효정⁷ · 최연정⁸ · 신경옥^{9†}

¹삼육식품 CEO, ²삼육식품 중앙연구소 소장, ³삼육식품 중앙연구소 부장, ⁴삼육식품 중앙연구소 주임연구원, ⁵삼육대학교 식품영양학과 박사과정, ⁶삼육대학교 식품영양학과 석사과정, ⁷삼육대학교 식품영양학과 부교수, ⁸삼육대학교 식품영양학과 조교수, ⁹삼육대학교 식품영양학과 교수

Effects of Completely Balanced Nutritional Formula on Blood Conditions in C57BL/6 Mice Induced with Malnutrition

Kwang-Jin Chon¹, Sang Hyun Cheong², Chung-Hwa Song³, Eun Su Lee⁴, Eun-Chae Cho⁵, Do-Hui Kim⁵, Won-Joong Lee⁶, Hyo-Jeong Hwang⁷, Yean-Jung Choi⁸ and Kyung-Ok Shin^{9†}

¹CEO, Sahmyook Food, Chunan 31033, Republic of Korea

²Headquarters Manager, Central Research Institute, Sahmyook Food, Chunan 31033, Republic of Korea

³Manager, Central Research Institute, Sahmyook Food, Chunan 31033, Republic of Korea

⁴Senior Researcher, Central Research Institute, Sahmyook Food, Chunan 31033, Republic of Korea

⁵A Doctoral Program, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

⁶Master Student, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

⁷Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

⁸Assistant Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

⁹Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

ABSTRACT

This study examined the effects of consuming a newly developed complete balanced nutritional formula (NDCG) on the blood levels of C57BL/6 mice with malnutrition. The weight change, body mass index (BMI), thigh muscle mass, and blood white blood cell and lymphocyte counts were lowest in the nutritionally deficient control group (NDCG), which had been induced with 20% malnutrition for four weeks. Nevertheless, these values tended to improve with the NDCG. The blood calcium concentrations increased significantly in the nutritionally deficient+Sahmyook complete nutritionally balanced diet products 20% (NDSC 20%) group, nutritionally deficient+Daesang Newcare 20% (NDDN 20%) group, and nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20% (NDJG 20%) group, which were fed the NDCG ($p<0.05$). The blood protein and albumin concentrations were similar in all groups. The blood cholesterol and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-cholesterol) concentrations were lowest in the NDSC 20% group : 118.00±12.03 mg/dL and 19.00±2.08 mg/dL, respectively. The blood triglyceride concentrations were lowest in the NDCG 20% group, which was induced with 20% malnutrition for four weeks, at 29.57±6.43 mg/dL. In summary, the complete balanced nutritional formula developed by Sahmyook Foods as a latecomer is of superior quality, with experimental results that are not inferior to those of other companies.

Key words: C57BL/6 mice, malnutrition, completely balanced nutritional formula, blood condition

서 론

영양결핍에 대해서 1974년 Butterworth가 처음으로 병원 입원 환자를 대상으로 발표하기 전까지는 마라스무스나 콕시 오커의 형태로만 알려져 있었다(Butterworth CE 1994). 그러나 최근 우리가 섭취하는 영양소의 편중이 두드러지게 나타

나면서 영양과잉이나 영양결핍이 질병 유발의 원인이 되고 있다. 영양결핍의 예를 보면, 철 결핍성 빈혈은 소아에서 가장 흔한 혈액학적 질환이며(Noh SJ 등 2008), 청소년기에는 불량한 식습관으로 인해 신체 성장 저해, 개인의 심리상태 및 정서발달에도 영향을 줄 수 있다(Choi JY & Lee SS 2009).

또한 영양 문제 중 우리나라도 초고령화 사회에 진입하면서 노인의 영양결핍으로 주요 공중보건 문제로 대두되고 있다(Kim SJ & Jeon GS 2017). 노화가 진행됨에 따라 신체 기

† Corresponding author : Kyung-Ok Shin, Tel: +82-2-3399-1657, Fax: +82-2-3399-1655, E-mail: skorose@syu.ac.kr

능의 저하, 정서 상태의 변화, 우울감, 치매, 구강건강 상태의 변화 및 사회경제적 어려움을 겪게 된다(Iizaka S 등 2008; Kim SJ & Jeon GS 2017). 특히 노인기의 영양결핍에는 만성 퇴행성질환 발생, 식욕부진, 저작 작용의 문제, 약물복용 여부, 일상생활 수행 능력 부족 및 연령과 성별 등의 인구사회학적 요인이 거론되고 있다(Wojcisz ZB 2012). 최근에 노인에게 있어서 발생하는 근감소증은 노화 과정에서 나타나는 근육량, 근력 및 신체 기능의 점진적인 감소를 특징으로 하는 질환으로서 노인 삶의 질 저하, 낙상 위험 증가, 신체 기능 제한 및 의료비용 상승 등 사회적 및 경제적 부담도 함께 증가시키는 중대한 문제이다(Chung MY 2025). 근감소증의 원인은 염증 증가, 단백질 섭취 부족 및 신체활동 감소 등이 있다. 선행연구(Bauer J 등 2013; Chung MY 2025)에서는 근감소증의 진행 속도는 개인차가 크며, 이는 유전적 소인, 식이 섭취 방법 및 섭취량, 운동, 만성퇴행성질환의 유무 등 조절이 가능한 생활 습관 요인들에 의해 좌우되며, 특히 근육 합성과 유지에 필수적인 영양소인 단백질의 섭취 부족은 근감소증의 발생과 밀접한 연관성이 있다고 보고하였다. 노인의 근감소증 예방을 위해 체중 1 kg당 1.2~2.0 g 수준의 단백질 섭취를 권장하고 있으며(Bauer J 등 2013), 식사를 통해 섭취하는 단백질 외에도 단백질 영양보충제가 근육량 유지 및 근 손실 예방에 효과적이라는 연구가 보고되고 있다(Milne AC 등 2006; Chung MY 2025). 근감소증 관리와 예방을 위해서는 적절한 양의 단백질 섭취가 필수적이며, 되도록 자연식품을 통해 섭취하는 것이 바람직하다고 강조하고 있다(Chung MY 2025).

이러한 노인의 건강 상태 관련 현상, 사회의 고령화 현상 및 만성퇴행성질환의 증가는 특수의료용도식품의 수요를 증가시켰으며, 식품의약품안전처에서는 2020년 이후 특수의료용도식품 분류체계를 확대하고, 공공데이터를 개방하는 등 식품개발자들의 시장 진출을 지원하고 있다. 이 중 완전균형 영양조제식품은 맞춤형 영양서비스로써 개인의 건강 상태와 개인의 요구도를 파악하여 건강 상태 조절에 도움을 줄 수 있는 제품으로 부각되고 있다. 또한 고령인구의 증가와 함께

노인의 의료비는 전체 의료비의 30% 이상을 상회할 만큼 증가하였으며, 만성퇴행성질환(당뇨병, 고지혈증, 고혈압, 심장병을 비롯해 치매 및 파킨슨병, 뇌혈관질환 등)을 앓는 노인들은 기본적인 영양공급이 부족하고, 해당 질병으로 인해 특정 영양성분의 필요량이 증가되어 있다(Seo JM 2015). 노화로 인한 저작작용과 연하근력이 흔히 동반되며, 이러한 경우 정상적인 음식 섭취를 통한 충분한 영양공급이 어려우므로 경장영양이나 정맥영양을 통한 영양공급이 필요하다(Seo JM 2015). 식품의약품안전처 보고(2013~2014년)에 따르면, 국내 환자용 영양식품(특수의료용도 등 식품) 분야별 생산 및 출하 현황을 조사한 결과 환자용영양식품(특수의료용도 등 식품)의 생산액은 약 246억 원, 출하액은 약 332억 원이었으며, 환자용 균형영양식의 생산량이 가장 많았고, 당뇨환자용 식품, 신장질환자용 식품, 영·유아용 특수조제 식품 순으로 높았다고 보고하였다(Seo JM 2015). 노인인구가 증가 및 초고령화 사회에 접어드는 이 시점에서는 천연물질을 이용하여 부작용이 적으면서 신체의 유지와 발달에 도움을 줄 수 있는 제품의 개발이 시급한 실정이다.

이에 본 연구에서는 삼육식품 및 다른 회사(대상, 정식품)에서 개발한 완전균형영양조제식품의 섭취가 영양결핍을 유도한 C57BL/6 mice의 체내 혈액 상태에 미치는 영향을 확인 및 비교하고자 실험을 실시하였다.

연구방법

1. 실험 동물 및 식이 조성

본 연구는 라온바이오(Raonbio, Yongin, Korea)에서 생후 5주령의 수컷 C57BL/6 mice 60마리를 분양받았으며, 케이지에 한 마리씩 배치하여 각 처리구 당 10마리씩 총 8주간 사육하였고, 7일의 적응기를 가진 후 실험에 사용하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 22±2℃, 습도 50±10%, 12시간 주기의 점등 조건을 유지하였으며, 전체적인 동물 실험 디자인은 Table 1에 제시하였다. 본 연구에 사용한 실험 식이는 ㈜두얼 바이오텍(DooYeol Biotech, Seoul, Korea)에 의뢰하여 pellet

Table 1. Details of experimental animal groups

	Group ¹⁾				
	ND	NDCG 20%	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%
Number	10	10	10	10	10
Diet	Normal diet	20% deficiency diet	20% deficiency diet+complete nutritionally balanced diet		

¹⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Sahmyook Food complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

형태로 주문 제작하였으며, 구체적인 실험군은 정상식이군(normal diet; ND), 영양결핍대조군(nutritionally deficient control group; NDCG), 영양결핍대조군+삼육식품 완전균형 영양조제식품 20%(NDSC 20%), 영양결핍대조군+대상 뉴케어 완전균형영양조제식품 20%(NDDN 20%), 영양결핍대조군+정식품 그린비아 완전균형영양조제식품 20%(NDJG 20%)으로 나누었다(Table 1). 생후 5주령의 수컷 C57BL/6 mice는 본 실험실에서 7일 동안 적응기를 지난 후, 4주 동안 AIN-93G 식이를 기반으로 전체 영양소를 동일 비율로 약 20% 감소시켜 영양결핍 유도기를 거쳐서 완전균형영양조제식품을 섭취시키는 본 실험을 4주 동안 실행하였다. 영양결핍을 20%로 결정한 이유는 식이 제한에 기반한 영양실조 마우스 모델의 타당성을 검증한 Malveira AT(2024)의 연구에서 제시한 영양 제한에 대한 문헌을 확인하고, 이를 응용하여 결정하였다. 식이 조성은 Table 2와 같으며, 총 실험 기간(2025년 9월 29일~2025년 12월 15일) 동안 대조군과 실험군 모두에게 사료와 물을 자유롭게 섭취하도록 공급하였다. 본 연구는 삼육대학교 동물윤리위원회(Institutional Animal Care and Use Committee)의 승인을 받아 동물 실험을 진행하였으며, 실험에 관한 규정

에 따라 수행하였다(SYUIACUC 2025-006).

2. 체중 변화, 식이 섭취량 및 식이 효율 측정

쥐의 개별 체중은 주 1회 일정한 시간에 측정하여 기록하였으며, 식이 섭취에 따른 갑작스러운 체중 변화를 방지하기 위해 체중 측정 4시간 전 식이 그릇을 제거한 후에 흰쥐의 체중 증가량을 확인하였다. 실험동물의 식이 섭취량은 매일 측정하였으며, 식이 효율(feed efficiency ratio)은 체중 증가량(g)을 식이 섭취량(g)으로 나눈 값에 100을 곱하여 계산하였다.

$$\text{식이 효율(Food efficiency ratio)} = [\text{Body weight (g)} / \text{Food intake (g)}] \times 100$$

3. 혈액 채취 및 조직 무게 측정

실험 동물의 희생은 해부 전에 조직 적출을 위해 12시간 동안 절식시킨 실험 동물을 CO₂ 가스를 사용하여 호흡 마취한 후, 경추탈골을 실시하여 실험 동물을 희생시켰다. 실험동물의 복강 해부를 진행하여 심장박동이 유지되고 있는 상

Table 2. Diet composition of contents and experiment diets

Ingredient	Group ¹⁾					
	ND groups		NDCG groups		NDSC 20%, NDDN 20% & NDJG 20% groups	
	AIN 93G (gm)	Kcal	20% deficiency diet	Kcal	20% deficiency diet+complete nutritionally balanced diet	Kcal
Casein, lactic	200	800	159.7	638.8	159.7	638.8
L-cystine	3	12	3	12	3	12
Corn starch	397.486	1,589.944	317.7	1,270.8	317.7	1,270.8
Sucrose	100	400	80	320	80	320
Maltodextrine	132	528	105.5	422	105.5	422
Cellulose	50	0	30.7	0	30.7	0
Soybean oil	70	630	55.9	503.1	55.9	503.1
t-Butylhydroquinone	0.014	0	0.014	0	0.014	0
AIN-93G mineral mix	35	0	35	0	35	0
AIN-93 vitamin mix	10	0	10	0	10	0
Choline bitartrate	2.5	0	2.5	0	2.5	0
Freeze-dried powder	-	-	-	-	200	-
Total	1,000	3,960	1,000	3,167	1,000	3,167

¹⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Sahmyook Food complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

태로 심장에서 혈액을 채취하였다. 채혈한 혈액은 BD Vacutainer® SSTTM 처리가 된 tube에 넣고 실온에서 응고시킨 후, 4°C 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리를 진행한 후에 혈청만 취하여 -80°C deep freezer에서 냉동 보관하였다. 흰 쥐의 조직은 중량 측정을 위해 간, 비장, 신장, 허벅지 근육 및 종아리 근육을 적출하였으며, 생리식염수에 세척하여 전자저울을 사용하여 무게를 측정하였다.

4. 기본 혈액 분석

채취한 혈액 중 혈액의 일반 성분 분석을 위하여 약 2 mL은 EDTA-2K가 처리된 병(CBC bottle, 녹십자)에 넣어 응고를 방지하기 위하여 8자 교반을 하였으며, ADVIA 120(Bayer, NY, USA)을 이용하여 white blood cell(WBC), red blood cell(RBC), hematocrit, hemoglobin(Hb), mean cell volume(MCV), mean cell hemoglobin(MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration(MCHC), platelet(PLT), lymphocyte, neutrophil 등을 분석하였다.

5. 혈청 중 간 기능 지표성분 분석

간 기능 지표성분인 alanine aminotransferase(ALT)와 aspartate aminotransferase(AST) 활성도 측정은 Kang HY 등(2016)의 방법에 따라 assay kit(Asanpharm Co., Seoul, Korea)을 사용하였다. 20 µL Serum에 37°C에서 preincubation 된 ALT, AST 기질액을 100 µL 혼합하여 37°C water bath에서 ALT는 30분, AST는 60분 방치한 다음, 100 µL 2,4-dinitrophenylhydrazine를 첨가하여 실온에서 20분 반응시켰다. 반응 후 0.4 N NaOH 1 mL를 가하고, 효소 작용을 정지시켜 생성된 hydra-zone을 UV spectrophotometer(Specord 200, Analytik-Jena, Jena, Germany) 505 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 혈중 철과 칼슘 분석

철과 칼슘의 무기질 함량을 분석은 Kim HR 등(2007)이 제시한 방법에 따라 실시하였다. 건식 분해법에 따라 분해 및 여과하여 시료를 전처리하였다. 이를 메스플라스크에서 증류수로 50 mL까지 맞춘 후, 시험용액으로 사용하였으며, 공시험도 같은 방법으로 실시하였다. 전처리된 실험 용액은 UV Spectrophotometer(Analyst 700, Perkin Elmer, Norwalk CT, USA)에 주입하여 분석하였다.

7. 단백질 관련 혈액 분석

Kim HJ 등(2009)의 방법을 응용하여 분리된 혈청을 -80°C deep freezer에서 보관하였다가 단백질, 알부민, blood urea nitrogen(BUN) 및 creatinine 등을 분석하였다. 분석기기는 혈

액 생화학자동분석기인 Hitachi 7020(Hitachi Medical Co., Ltd, Tokyo, Japan)을 사용하여 동시에 분석하였다.

8. 혈중 지질 분석

혈중 총 지질 함량은 Frings CS 등(1972)과 Kang JR 등(2017)이 제시한 방법에 따라 실시하였다. 혈청 20 µL를 진한 황산으로 분해시킨 다음, phospho-vanillin 시약을 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시킨 후, 시료 무첨가군을 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 총콜레스테롤(total cholesterol), HDL-cholesterol(high density lipoprotein cholesterol), 중성지방(triglyceride) 함량은 혈액자동분석기(DRICHAM 4000i, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. LDL-cholesterol(low density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈청 총콜레스테롤 - [HDL-cholesterol + (triglyceride / 5)]의 계산식에 의해 산출하였다.

9. 통계 분석

실험된 모든 자료는 IBM SPSS package version 23.0 (statistical package for the social science, Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 각각 평균과 표준오차를 산출하였다. 실험 처리구 간의 통계적 유의성을 검증하기 위해 one-way ANOVA test를 실시하였으며, 처리구 간의 차이를 검증하기 위해서 Duncan의 다중범위 검정법을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

결과 및 결론

1. 체중 변화, 식이 섭취량 및 식이 효율

체중 변화, 식이 섭취량 및 식이 효율은 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다. 체중 변화는 ND군 26.76±0.74 g, NDCG군 24.42±0.89 g, NDSC 20%군 25.66±1.68 g, NDDN 20%군 25.58±1.54 g, NDJG 20%군 25.86±1.78 g으로 나타났으며, 특히 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 인 NDCG군에서 가장 낮은 수치를 보였다. 또한 각 회사의 완전균형영양조제식품을 20%씩 섭취시킨 군은 NDCG군에 비해 체중이 증가하였으나, NDSC, NDDN, NDJG군 간에는 유의한 차이가 없었다($p < 0.05$). BMI는 ND군이 0.29±0.02 kg/m²였으며, 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG군은 0.27±0.01 kg/m²로 유의하게 감소하였다. 그러나 완전균형영양조제식품을 20%씩 섭취시킨 군은 각각 NDSC 20%군 0.28±0.00 kg/m², NDDN 20%군 0.29±0.01 kg/m², NDJG 20% 0.29±0.01 kg/m²로 증가하는 경향을 보였다. 다음에 제시한 그래프는 4주 동안 식이 섭취량과 8주 동안의 식이 효율을 주별로 제시하였으며, 총 식이섭취량 평균 수치는 ND군 20.75±1.72 g,

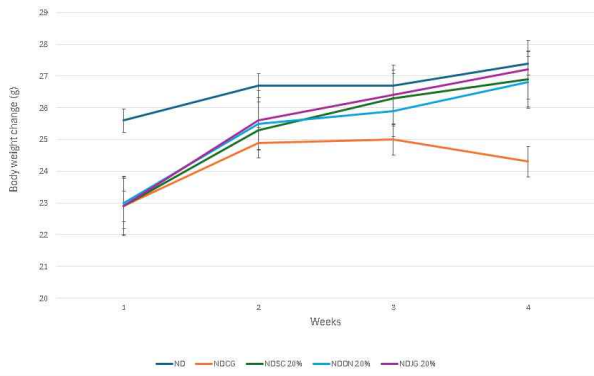


Fig. 1. Changes in C57BL/6 mice body weight. Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Sahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

NDCG 20%군 23.28±2.58 g, NDSC 20%군 21.50±1.94 g, NDDN 20%군 20.75±2.25 g, NDJG 20%군 20.98±2.47 g이었으며, 총 사료효율 평균 수치는 ND군 2.11±1.46%, NDCG 20%군 2.29±1.72%, NDSC 20%군 4.56±1.96%, NDDN 20%군 4.43±1.45%, NDJG 20%군 5.03±1.64%로 나타났다. 사료효율은 NDCG군에서 그래프의 변화율이 컸으며, 다른 실험군에서는 사료효율이 증가하는 양상으로 보였다($p < 0.05$). 그러나 선행연구(Koh JB 2002)에서는 동충하초 밀리타리스의 균사체 분말을 성장기 흰쥐에 5주간 섭취시킨 결과 체중증

가량, 식이효율 및 식이섭취량은 대조군과 각 수준별 첨가군이 유의한 차이가 없었다고 보고하였으며, Jung EY(2015)의 연구에서도 SD쥐에서 셀레늄 결핍으로 인한 체중 증가에 대한 영향은 관찰되지 않았으나, 일반식이군에 비해 셀레늄 결핍식이군은 식이 섭취가 증가하였다고 보고하였다. Sprague-Dawley 계 흰쥐에 아스파르트산 킬레이트 철분을 결핍시킨 경우 체중의 변화, 식이섭취량 및 주요 장기의 변화에서 모든 투여군 간에서 유의적 차이가 없었다고 보고하였다(Park MG 등 2011). 이는 동물의 주령 및 종간의 차이가 영양결핍에 대한 영향을 받는 정도가 다른 것으로 판단되며, 성체의 동물에서는 영양결핍이 체중 증가 및 식이섭취량에 미치는 영향이 상대적으로 적은 것으로 판단된다.

2. 조직 무게

조직 무게는 Table 3에 제시하였다. 조직 무게에서 군 간의 간과 신장의 무게는 유의한 차이가 없었다. 비장은 NDCG군에서 0.23±0.05 g로 낮은 수치를 보였으며, NDSC 20%(0.26±0.03 g)과 NDDN 20%(0.26±0.03 g)에서는 ND군(0.26±0.03 g)과 같은 양상을 보였다. 허벅지 근육량은 NDCG군에서 0.66±0.09 g로 감소하였으며, NDSC 20%군에서는 0.84±0.10 g로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 이는 영양결핍 시 완전균형영양조제식품의 섭취는 근육을 정상으로 회복하는데 효과가 있음을 확인하였으며, 이는 임상시험 적용 시 노인에 있어서 완전균형영양조제식품의 섭취는 근육량 유지 가능성을 시사할 수 있을 것으로 판단된다. 선행연구(Jung EY 2015)에서는 간과 신장의 무게는 일반식이군에 비해 셀레늄 결핍식이군이 낮았으며, 면역 결핍 동물모델(C57BL/6 쥐)에

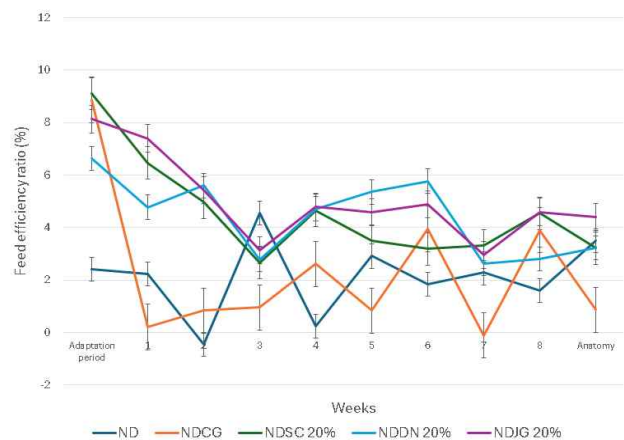
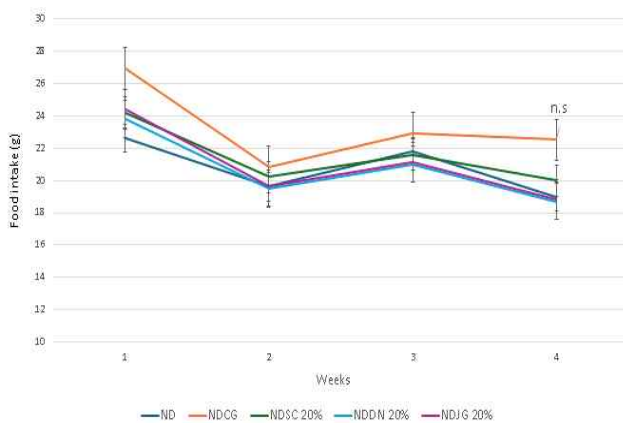


Fig. 2. Changes in food intake over 4 weeks and food efficiency ratio over 8 weeks. Mean values of feed efficiency ratio over 8 weeks without a common letter were significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. n.s.: not significantly different from each other. ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Sahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

Table 3. BMI and organ weight of C57BL/6 mice

Organ	Groups ³⁾					F-value
	ND	NDCG	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%	
Body mass index (kg/m ²)	0.29±0.02 ^{1)a2)}	0.27±0.01 ^b	0.28±0.00 ^a	0.29±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.1501 [*]
Liver (g)	3.77±0.37	3.61±0.43	3.75±0.42	3.65±0.39	3.75±0.30	NS ⁴⁾
Kidney (g)	1.06±0.06	1.07±0.06	1.12±0.08	1.14±0.09	1.10±0.11	NS
Spleen (g)	0.26±0.03 ^a	0.23±0.05 ^c	0.26±0.03 ^a	0.26±0.03 ^a	0.25±0.04 ^b	1.864 [*]
Thigh (g)	0.72±0.11 ^{bc}	0.66±0.09 ^c	0.84±0.10 ^a	0.78±0.07 ^{ab}	0.82±0.06 ^a	6.592 [*]
Calf (g)	0.72±0.11	0.72±0.15	0.81±0.19	0.72±0.16	0.75±0.19	NS

¹⁾ Values are means±S.D.

²⁾ Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at ^{*}*p*<0.05.

³⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Sahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

⁴⁾ NS: not significant.

서 간의 무게 변화는 정상 대조군과 비교하여 감염대조군에서 유의적으로 무게가 증가되었으나, 울금 20% 주정 추출물식이투여 시 모든 군에서 감염대조군과의 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다(Kim OK 등 2014). 또한 수준별 동충하초의 섭취가 각 군별 간, 신장, 심장 및 비장 등의 장기 무게에 영향을 주지 않는다고 보고하였다(Koh JB 2002).

3. 기본 혈액

기본 혈액 분석은 Table 4에 제시하였다. 우선 기본 혈액 데이터에서 현저히 나타난 결과는 기본 혈액 분석 시 4주간 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서 혈중 white blood cell[(3.60±1.01(×10³/uL)] 및 lymphocyte(88.60±4.29%) 수치는 다른 군에 비해 현저하게 낮은 수치를 보였으며, 3가

Table 4. Basic blood analysis in C57BL/6 mice

Parameter	Groups ³⁾					F-value
	ND	NDCG 20%	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%	
White blood cell (10 ³ /uL)	3.77±1.20 ^{1)c2)}	3.60±1.01 ^d	4.47±1.46 ^{ab}	5.03±1.48 ^{ab}	6.27±1.03 ^a	2.232 [*]
Red blood cell (10 ⁶ /uL)	>8.00	>8.00	>8.00	>8.00	>8.00	-
Hematocrit (%)	53.13±1.05 ^c	59.10±1.91 ^a	52.43±2.10 ^d	51.60±3.36 ^c	53.30±0.52 ^b	6.404 [*]
Hemoglobin (g/dL)	14.03±0.31 ^c	15.27±0.81 ^a	14.00±0.56 ^d	13.90±0.82 ^e	14.13±0.12 ^b	2.738 [*]
Mean corpuscular volume (fL)	53.70±1.44 ^{ab}	54.43±0.76 ^a	52.90±0.89 ^{ab}	51.90±1.54 ^c	52.70±0.20 ^{ab}	2.414 [*]
Mean corpuscular hemoglobin (pg)	14.17±0.42	14.07±1.15	14.13±0.32	13.97±0.21	13.97±0.12	NS ⁴⁾
Mean corpuscular hemoglobin concentration (g/dL)	26.40±0.46 ^{ab}	25.80±0.53 ^c	26.70±0.17 ^{ab}	26.97±0.87 ^a	26.50±0.26 ^{ab}	2.090 [*]
Platelet (10 ³ /uL)	678.33±502.49	925.33±110.56	950.33±63.89	861.67±86.29	834.33±72.51	NS
Lymphocyte (%)	92.03±2.27 ^a	88.60±4.29 ^c	92.43±1.42 ^a	92.67±2.22 ^a	91.20±1.14 ^b	1.291 [*]
Neutrophil (%)	7.20±1.97 ^{ab}	11.00±4.25 ^a	7.23±1.23 ^{ab}	5.90±0.89 ^c	8.33±0.91 ^{ab}	2.201 [*]

¹⁾ Values are means±S.D.

²⁾ Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at ^{*}*p*<0.05.

³⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Sahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

⁴⁾ NS: not significant.

지 종류의 완전균형영양조제식품의 섭취 후(NDSC 20%, NDDN 20%, NDJG 20%), 정상군인 ND군 만큼 수치를 다시 회복하였다($p<0.05$). NDCG 20%군에서는 혈중 hematocrit $59.10\pm 1.91\%$, hemoglobin 15.27 ± 0.81 g/dL, mean corpuscular volume 54.43 ± 0.76 fL 및 neutrophil $11.00\pm 4.25\%$ 로서 완전균형영양조제식품을 섭취한 다른 3군에 비해 유의하게 높은 수치를 나타내었다($p<0.05$). 일반적으로 영양결핍 시 철분이나 엽산, 비타민 B₁₂ 등의 부족으로 인해 혈중 hematocrit, hemoglobin, mean corpuscular volume 및 neutrophil 수치를 감소시켜 빈혈 등의 질환을 유발하지만(Bruner AB 등 1996), 특정 실험 모델에서 혈중 hematocrit, hemoglobin, mean corpuscular volume 및 neutrophil 등의 수치가 높게 관찰이 된다면, 영양결핍으로 인해 흰쥐의 불충분한 수분 섭취 및 설사 등으로 탈수 현상이 나타나 혈액이 농축되어 혈중 수치가 정상 이상으로 높게 측정될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 혈중 hemoglobin 수치는 ND군 14.03 ± 0.3 g/dL, NDSC 20%군 14.00 ± 0.56 g/dL, NDJG 20%군 14.13 ± 0.12 g/dL 수치를 보였으나, NDDN 20%군에서는 13.90 ± 0.82 g/dL로 유의하게 낮은 수치를 보였다($p<0.05$). 군 간에 유의한 차이는 나타나지 않았지만, platelet는 NDSC 20%군에서 $950.33\pm 63.89(\times 10^3/uL)$ 로 가장 높은 수치를 보였다.

4. 혈청 중간 기능 지표성분

혈청 중간 기능 지표성분은 Table 5에 제시하였다. 혈청 AST 수치는 정상군인 ND군에서 76.29 ± 47.12 IU/L였으나, 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서는 61.14 ± 12.38 IU/L로 유의하게 수치가 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 이때 NDSC 20%군의 완전균형영양조제식품은 64.86 ± 21.69 IU/L, NDJG 20%군의 완전균형영양조제식품은 60.00 ± 22.31 IU/L로서 혈청 AST 수치를 높이는 데 도움을 준 것으로 판단된다. 혈청 AST 수치는 간 손상이나 심근 손상 등을 파악하는 혈액 검사 방법이며, 혈청 AST 수치가 높으면, 간염, 간경변, 알코올성 간질환, 심근경색 등의 질환을 의심할 수 있다(Lee YR & Baik IK 2024). 혈청 ALT 수치는 ND군 34.71 ± 41.62 IU/L

였으나, NDCG 20%군에서는 20.86 ± 5.70 IU/L로 유의하게 낮은 수치를 보였다($p<0.05$). 또한 완전균형영양조제식품을 섭취한 NDSC 20%군 16.14 ± 5.81 IU/L, NDDN 20%군 15.14 ± 3.13 IU/L, NDJG 20%군 15.71 ± 3.35 IU/L로 나타나 일반적으로 ALT의 정상범위 0~40 IU/L에는 속한다. 그러나 혈중 ALT 수치가 정상범위 보다 낮게 나오는 이유는 체중 변화, 근육량 및 전반적인 영양 상태 등이 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한 혈중 ALT 수치가 높으면, 간 손상이나 간질환을 의심할 수 있다(Kim YJ 2008). 따라서 정상범위 내에서 낮게 나오는 경우 건강에 큰 문제가 되지 않으며, 영양 상태 개선을 위해 완전균형영양조제식품을 섭취한다고 해서 정상범위보다 더 높은 수치가 나오는 것은 아니라고 판단된다.

5. 혈중 철과 칼슘 함량

혈중 철과 칼슘 함량은 Table 6에 제시하였다. 혈중 철의 함량은 ND군 121.86 ± 11.92 ug/dL였으나, 완전균형영양조제식품을 섭취한 NDSC 20%군 136.43 ± 16.15 ug/dL, NDDN 20%군 141.71 ± 29.98 ug/dL, NDJG 20%군 130.29 ± 10.83 ug/dL로 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 그러나 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서는 162.71 ± 34.47 ug/dL로 높은 수치가 관찰되었는데, 이러한 결과는 일반적인 예가 아니며, 오히려 혈중 철의 결핍을 유도하여 빈혈 등의 질환을 유발해야 한다(Kassebaum NJ 등 2014). 그러나 이러한 현상은 아연, 구리 등의 다른 무기질의 결핍으로 인해 철을 처리하는 방식에 영향을 줄 수 있으며, 영양결핍 상태(특히 단백질-에너지 영양불량 등)에서 혈중 철 수치가 높게 나타나는 현상을 의학적으로 역설적 철 과부하(paradoxical iron overload) 상황에서 발생한다고 보고하였다(Huo C 등 2022). 즉, 철은 혈액 내에서 트랜스페린(철+단백질) 형태로 이동하는데, 영양결핍 상태가 되면, 간에서 트랜스페린을 형성하는 단백질을 충분히 만들어내지 못하며, 이때 철이 혈관 내에 떠 있는 상태가 형성되면서 혈액검사 시 철 수치가 높게 나올 수 있을 것으로 사료된다. 철은 인간을 포함한 대부분의

Table 5. Serum liver function markers in C57BL/6 mice

Parameter	Groups ³⁾					F-value
	ND	NDCG 20%	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%	
Aspartate transaminase (IU/L)	$76.29\pm 47.12^{1)a2)}$	61.14 ± 12.38^c	64.86 ± 21.69^b	48.57 ± 7.14^c	60.00 ± 22.31^d	1.040*
Alanine aminotransferase (IU/L)	34.71 ± 41.62^a	20.86 ± 5.70^b	16.14 ± 5.81^c	15.14 ± 3.13^c	15.71 ± 3.35^d	1.392*

1) Values are means±S.D.

2) Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at * $p<0.05$.

3) ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Saahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

Table 6. Blood iron and calcium levels in C57BL/6 mice

Parameter	Groups ³⁾					F-value
	ND	NDCG 20%	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%	
Iron (ug/dL)	121.86±11.92 ^{1)d2)}	162.71±34.47 ^a	136.43±16.15 ^b	141.71±29.98 ^{ab}	130.29±10.83 ^c	3.749 [*]
Calcium (mg/dL)	8.86±0.32 ^c	8.84±0.16 ^d	8.96±0.21 ^b	9.10±0.26 ^a	8.91±0.13 ^c	1.207 [*]

¹⁾ Values are means±S.D.

²⁾ Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at ^{*}*p*<0.05.

³⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Saahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

생물체에 존재하는 미량 무기질로서 성장, 전신 대사 및 면역 반응에 필수적인 요소라고 보고되었다(Huo C 등 2022). 본 연구에서 혈중 칼슘의 함량은 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서는 8.84±0.16 mg/dL로 가장 낮은 수치를 보였으며, 완전균형영양조제식품을 섭취한 NDSC 20%군 8.96±0.21 mg/dL, NDDN 20%군 9.10±0.26 mg/dL, NDJG 20%군 8.91±0.13 mg/dL로 유의하게 증가하였다(*p*<0.05). 무기질 중에서 칼슘은 뼈와 치아의 구성 성분으로 신체에 가장 많이 함유되어 있으며, 근육수축과 이완, 규칙적 심장박동, 신경의 흥분과 자극전달, 효소의 활성화 및 여러 영양소의 대사 작용 등의 다양한 생리활성기능을 조절한다(Kim HS 등 2013).

6. 단백질 관련 혈액 성분

혈중 단백질 관련 혈액 성분은 Table 7에 제시하였다. 각 군별 혈중 단백질과 알부민 농도는 유의한 차이가 없었다. 이는 신체가 항상성을 유지하며, 근육 단백질의 분해 및 단기간의 영양결핍으로는 혈중 단백질과 알부민 농도가 유의

하게 감소하지는 않을 것으로 판단된다. 특히 혈중 알부민 수치는 급성 영양결핍보다는 장기적이고 만성적인 영양실조의 지표로 사용되며, 심한 염증, 간질환, 신장질환이 발생했을 때 급격히 감소하는 경향을 보인다. 본 연구에서 혈중 BUN은 정상수치가 6~20 mg/dL 범위인데, 모든 군에서 17.29~21.71 mg/dL로서 정상범위를 크게 벗어나지 않았다. 혈중 BUN은 혈액 속 요소 농도를 측정하여 신장의 기능을 평가하는 지표인데, 4주 동안 영양결핍을 유도한 경우 신장 기능을 크게 저하시키지는 않은 것으로 판단된다. 본 연구에서 혈중 creatinine 농도는 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서는 0.18±0.04 mg/dL로 가장 낮은 수치를 보였지만, 모든 군에서 정상범위(0.7~1.4 mg/dL)보다 낮은 수치를 보였다. 이는 4주 동안 영양결핍을 유도하여 근육량의 부족이 나타난 것은 사료된다. Creatinine은 근육에서 creatine의 대사 최종산물로 신세뇨관에서 재흡수 없이 대부분 소변으로 배설되며, 혈액에서 creatinine 농도는 만성신부전이나 요독증에서 증가하여 신장 기능 장애의 중요한 지표가 된다(Koh JB 2002).

Table 7. Protein-related blood components in C57BL/6 mice

Parameter	Groups ³⁾					F-value
	ND	NDCG 20%	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%	
Protein (g/dL)	4.66±0.13	4.61±0.25	4.56±0.13	4.69±0.39	4.64±0.13	NS ⁴⁾
Albumin (g/dL)	3.29±0.12	3.26±0.32	3.19±0.09	3.27±0.28	3.20±0.13	NS
Blood urea nitrogen (mg/dL)	20.71±2.93 ^{1)b2)}	17.43±2.23 ^c	17.29±1.98 ^d	19.43±2.30 ^c	21.71±2.29 ^a	4.234 [*]
Creatinine (mg/dL)	0.22±0.02 ^b	0.18±0.04 ^c	0.21±0.03 ^b	0.23±0.04 ^a	0.21±0.03 ^b	2.638 [*]

¹⁾ Values are means±S.D.

²⁾ Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at ^{*}*p*<0.05.

³⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Saahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

⁴⁾ NS: not significant.

7. 혈중 지질 함량

혈중 지질 함량은 Table 8에 제시하였다. 혈중 총콜레스테롤 농도는 NDSC 20%군에서 118.00±12.03 mg/dL로 가장 낮은 함량을 보였으나, 군 간의 유의한 차이는 없었다. 혈중 LDL-cholesterol 농도는 14.71~32.43 mg/dL로 관찰되었고, NDCG 20%군(32.43±11.70 mg/dL)에서 가장 높은 수치였으며, NDSC 20%군(19.00±2.08 mg/dL)에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 혈중 HDL-cholesterol 농도는 NDJG 20%군에서는 105.43±11.52 mg/dL로 가장 높은 수치를 보였다. 이는 신체가 콜레스테롤 대사를 조절하는 방식의 변화 즉, 영양결핍으로 인한 간 기능이나 콜레스테롤 제거가 원활하지 않아서 일시적으로 HDL-cholesterol 농도가 상승하는 경우가 발생할 수 있으며, 혈중 LDL-cholesterol, HDL-cholesterol 등의 혈중 지질 농도는 신체의 스트레스 및 대사 불균형을 반영하는 지표가 될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 혈중 triglyceride 농도는 다른 군에 비해 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서 29.57±6.43 mg/dL로 가장 낮은 수치를 보였는데, 이는 중성지방을 구성하는 재료인 당질과 지방의 섭취가 절대적으로 부족하기 때문으로 판단된다. 즉, 영양결핍은 식이 섭취량 감소를 의미하며, 이로 인해 중성지방 합성에 필요한 당질과 지방 등의 공급이 줄어들고, 간에서 VLDL의 합성이 감소한다. 또한 지속적으로 영양결핍 상태가 발생되면, 지방 조직의 중성지방을 분해하여 에너지원으로 사용하게 되는데, 이는 혈중 중성지방 농도를 낮아질 수 있게 하는 것으로 판단된다. 본 연구에서 동맥경화지수는 대조군인 ND군에서 0.19, 실험군(완전균형영양조제식품)에서는 NDSC 20%군 0.23으로 가장 낮은 수치를 보였다. 혈중 LDL-cholesterol의 감소와 동맥경화지수 감소는 고지혈증에 효과가 있음이 보

고되었으며(Lee SJ 등 2011), 동맥경화지수가 3.0을 넘을 경우 동맥경화의 위험이 있다고 보고되었다(Rosenfeld L 1989).

요 약

이에 본 연구에서는 삼육식품 및 다른 회사(대상, 정식품)에서 개발한 완전균형영양조제식품의 섭취가 영양결핍을 유도한 C57BL/6 mice의 체내 혈액 상태에 미치는 영향을 확인 및 비교하고자 실험을 실시하였다. 체중변화량, BMI, 허벅지 근육량, 혈중 white blood cell 및 lymphocyte 수치는 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG군에서 가장 낮았으나, 완전균형영양조제식품을 섭취하므로써 개선되는 경향을 보였다. 혈중 칼슘의 농도는 완전균형영양조제식품을 섭취한 NDSC 20%군 8.96±0.21 mg/dL, NDDN 20%군 9.10±0.26 mg/dL, NDJG 20%군 8.91±0.13 mg/dL로 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 혈중 단백질과 알부민 농도는 각 군별로 유의한 차이가 없었다. 혈중 총콜레스테롤과 LDL-cholesterol 농도는 NDSC 20%군에서 각각 118.00±12.03 mg/dL과 19.00±2.08 mg/dL로써 가장 낮은 수치를 나타내었다. 혈중 triglyceride 농도는 다른 군에 비해 4주 동안 영양결핍을 20% 유도한 NDCG 20%군에서 29.57±6.43 mg/dL로 가장 낮은 수치를 보였다. 본 연구를 종합해 볼 때, 삼육식품에서 후발 주자로 개발한 완전균형영양조제식품을 포함한 세 가지 제품 모두 영양결핍 개선에 유사한 경향을 보였다. 따라서 실험을 통해 4주 동안 영양결핍을 20% 유도하였을 때, C57BL/6 mice의 체내 혈액 인자에 영향을 주며, 이때 완전균형영양조제식품을 섭취시키면 C57BL/6 mice의 영양 상태 개선 및 체내 기능이 정상적으로 회복하는데 도움을 줌으로 더 나아가서 임상시험에 적

Table 8. Blood lipid content in C57BL/6 mice

Parameter	Groups ³⁾					F-value
	ND	NDCG 20%	NDSC 20%	NDDN 20%	NDJG 20%	
Total cholesterol (mg/dL)	123.57±28.50	127.00±12.68	118.00±12.03	127.43±17.41	131.43±14.75	NS ⁵⁾
LDL-cholesterol (mg/dL)	14.71±5.62 ^{1)e2)}	32.43±11.70 ^a	19.00±2.08 ^d	26.14±8.15 ^b	23.00±4.65 ^c	8.310 [*]
HDL-cholesterol (mg/dL)	103.86±22.01	94.29±6.87	96.14±11.22	100.00±13.17	105.43±11.52	NS
Triglyceride (mg/dL)	38.00±7.68 ^a	29.57±6.43 ^b	37.43±9.76 ^a	43.71±3.09 ^a	42.71±7.25 ^a	5.961 [*]
Atherogenic index ⁴⁾	0.19	0.35	0.23	0.27	0.25	-

¹⁾ Values are means±S.D.

²⁾ Mean values without a common letter significantly different by Duncan's multiple range test at $*p<0.05$.

³⁾ ND: normal diet, NDCG; nutritionally deficient control group, NDSC 20%; nutritionally deficient+Saahmyook complete nutritionally balanced diet products 20%, NDDN 20%; nutritionally deficient+Daesang Newcare 20%, NDJG 20%; nutritionally deficient+Jung's Food Greenbia 20%.

⁴⁾ Atherogenic index (AI): (total cholesterol - HDL-cholesterol) ÷ HDL-cholesterol.

⁵⁾ NS: not significant.

용이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 결과물은 삼육식품의 지원을 받아 삼육식품 중앙연구소와 함께 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bauer J, Biolo G, Cederholm T, Cesari M, Cruz-Jentoft AJ, Morley JE, Phillips S, Sieber C, Stehle P, Teta D, Visvanathan R, Volpi E, Boirie Y (2013) Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: A position paper from the PROT-AGE study group. *J Am Med Dir Assoc* 14(8): 542-559.
- Bruner AB, Joffe E, Duggan AK, Casella JF, Brandt J (1996) Randomized study of cognitive effects of iron supplementation in non-anemic iron deficient adolescent girls. *Lancet* 348(9033): 992-996.
- Butterworth CE (1994) The skeleton in the hospital closet. 1974. *Nutrition* 10(5): 435-441.
- Choi JY, Lee SS (2009) Relation between dietary habit and nutrition knowledge, and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in the middle school students in Seoul. *Korean J Nutr* 42(8): 682-690.
- Chung MY (2025) Nutritional approaches in sarcopenia management. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 54(7): 565-573.
- Frings CS, Fendley TW, Dunn RT, Queen CA (1972) Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phosphovanillin reaction. *Clin Chem* 18(7): 673-674.
- Huo C, Li G, Hu Y, Sun H (2022) The impacts of iron overload and ferroptosis on intestinal mucosal homeostasis and inflammation. *Int J Mol Sci* 23(22): 14195.
- Iizaka S, Tadaka E, Sanada H (2008) Comprehensive assessment of nutritional status and associated factors in the healthy, community-dwelling elderly. *Geriatr Gerontol Int* 8(1): 24-31.
- Jung EY (2015) Bioavailability of organic selenium in selenium-deficient rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44(9): 1249-1255.
- Kang HY, Lee CE, Ly SY (2016) Protective effects of ethanol extract of *Allium hookeri* root on acute alcohol-induced intoxication in ICR mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45(5): 625-633.
- Kang JR, Kang MJ, Byun HW, Shin JH (2017) Effects of freeze-dried garlic powder on lipid improvement in rats fed a high fat-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46(9): 1035-1044.
- Kassebaum NJ, Jasrasaria R, Naghavi M, Wulf SK, Johns N, Lozano R, Regan M, Weatherall D, Chou DP, Eisele TP, Flaxman SR, Pullan RL, Brooker SJ, Murray CJ (2014) A systematic analysis of global anemia burden from 1990 to 2010. *Blood* 123(5): 615-624.
- Kim HJ, Yang HJ, Kim MH, Ryu GH, Jung JY (2009) Effect of saengmaec-san on the level of blood glucose and serum components in Streptozocin-induced diabetic rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(9): 1179-1186.
- Kim HR, Lee JH, Kim YS, Kim KM (2007) Chemical characteristics and enzyme activities of Icheon ge-geol radish, Ganwha turnip, and Korean radish. *Korean J Food Sci Technol* 39(3): 255-259.
- Kim HS, Choi EO, Kim MD, Choi YH, Kim BW, Kim SY, Hwang HJ (2013) Effect of calcium extracted from salted anchovy (*Engraulis japonicus*) on calcium metabolism of the rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(2): 182-187.
- Kim OK, Yoo SA, Nam DE, Kim YJ, Kim E, Jun WJ, Hwan KT, Lee JM (2014) Immunomodulatory effects of *Curcuma longa* L. extract in LP-BM5 murine leukemia viruses-induced murine acquired immune deficiency syndrome. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(9): 1317-1324.
- Kim SJ, Jeon GS (2017) Socioeconomic and social support factors of malnutrition among Korean elderly in the community. *The Korean Journal of Health Service Management* 11(3): 79-90.
- Kim YJ (2008) Interpretation of liver function tests. *Korean J Gastroenterol* 51(4): 219-224.
- Koh JB (2002) Effect of mycelium of *Cordyceps militaris* on growth, lipid metabolism and protein levels in male rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(4): 685-690.
- Lee SJ, Ha WH, Choi HJ, Cho SY, Choi JW (2011) Effects of saury meat on antihyperlipidemic and antiarteriosclerosis activities in Sprague-Dawley rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(4): 531-537.
- Lee YR, Baik IK (2024) Effects of the administration of *Crataegus pinnatifida* fruit extract and ursolic acid on the biomarkers of glucose and lipid metabolism and hepatic function in adult rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 53(10): 1014-1020.
- Malveira AT, Guimarães VHD, Lima SR, Farias LC, de Paula AMB, Guimarães ALS, Santos SHS (2024) Development of a malnutrition model in mice: Comparative evaluation

- of food restriction percentage and different diets. *J Nutr Biochem* 134: 109721.
- Milne AC, Avenell A, Potter J (2006) Meta-analysis: Protein and energy supplementation in older people. *Ann Intern Med* 144(1): 37-48.
- Noh SJ, Na BM, Kim MJ (2008) Iron deficiency and early, low-dose iron supplementation in breast-fed infants. *Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr* 11(2): 169-178.
- Park MG, Ha TY, Shin KS (2011) Bioavailability of aspartic acid chelated iron on iron-deficient rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(12): 1720-1725.
- Rosenfeld L (1989) Lipoprotein analysis. Early methods in the diagnosis of atherosclerosis. *Arch Pathol Lab Med* 113(10): 1101-1110.
- Seo JM (2015) Proposition of Regulations and Management Systems for Medical Food Products in Korea. Ministry of Food and Drug Safety. pp 1-10.
- Wojszel ZB (2012) Use of NSI determine checklist to assess the risk of malnutrition in persons of advanced old age living in rural areas. *Prog Health Sci* 2(1): 68-75.
-

Date Received Jan. 28, 2026
Date Revised Feb. 27, 2026
Date Accepted Feb. 27, 2026