

셀레늄 결핍식을 먹인 쥐를 대상으로 유기셀레늄의 생체이용률에 대한 연구

정은영

전주대학교 가정교육과

Bioavailability of Organic Selenium in Selenium-Deficient Rats

Eun Young Jung

Department of Home Economic Education, Jeonju University

ABSTRACT We examined the effects of selenium-binding peptide from sericin hydrolysates on the bioavailability of selenium-deficient rats. Three-week-old male rats were fed a selenium-deficient diet for 4 weeks while the normal control group was fed a normal diet. The selenium-deficient rats were divided into three groups: no treatment, organic selenium (OS), and inorganic selenium (IS). After selenium supplementation for 4 weeks, the level of serum glutathione reduced form in rats treated with organic selenium was significantly higher than that of inorganic selenium. Selenium retention rate also increased significantly in the organic selenium group compared to the inorganic selenium group [selenium deficient diet (DD)+OS 50.25% vs. DD+IS 17.04%, $P<0.05$]. In conclusion, binding of selenium to peptides from sericin hydrolysates seems to improve its bioavailability, and can hasten a cure for selenium deficiency in experimental rats.

Key words: bioavailability, organic selenium, sericin, selenium deficient diet

서론

무기질(無機質)은 무기염류(無機鹽類) 또는 미네랄(mineral)이라고도 하며 뼈와 치아의 형성, 체액의 산·염기 평형, 수분 평형에 관여하고 신경자극 전달물질, 호르몬의 구성 성분으로 작용하는 등 생명과 건강을 유지하는 데 필수적인 역할을 하는 영양소이다(1). 미량 무기질은 무기질 중 하루 필요량이 매우 소량(하루 100 mg 이하)이거나 체내에 존재하는 전체 무기질 중에서 1% 이하로 존재하는 무기질로, 생명 유지에 필수적인 미량 무기질에는 철분, 아연, 구리, 요오드, 불소, 망간, 크롬, 몰리브덴, 코발트 그리고 셀레늄 등이 있다(2). 이 중 셀레늄은 항산화효소인 글루타티온 과산화효소의 성분으로 작용하고 유리 라디칼의 작용을 억제하는 강한 항산화 작용을 통해 세포의 산화적 손상을 보호하며, 암, 심장질환, 면역질환, 염증질환에 효능을 나타내는 것으로 보고되고 있다(2,3). 이러한 셀레늄의 중요성이 인식된 것은 1970년대 후반으로 최근에 이르러서야 셀레늄의 체내 기능에 대한 연구가 활발히 이루어지면서 셀레늄의 중요성이 강조되고 있다(3).

무기질은 소화관 소화에서 단백질의 부분 분해로 생성된

올리고 펩티드 가수해성 무기염으로부터 전해된 킬레이트 형태로 소장을 통하여 흡수된다. 무기질이 체내로 흡수되기 위해서는 우선 무기질이 수용성인 이온의 상태로 되어야 하고, 둘째로 이온화된 무기질 이온이 다른 무기 이온과 재결합하여 비수용성 무기염으로 되는 것을 방지해 주어야 하며, 셋째로 무기질이 이온 상태를 유지하면서 무기질 이온의 기능을 발휘할 수 있도록 장해물질의 간섭을 피할 수 있는 포위체로 킬레이트되어 분자의 중심부에 위치하도록 하는 것이 중요하다(4,5). 따라서 생체 내에서 소화 작용에 의하여 분해되거나 이성화되지 않는 금속성 원자인 무기질이 양이온으로 되려면 무기성 음이온의 도움이 필요하며 이온으로 전환된 무기질 이온은 생성될 때 동시에 배위자에 의하여 킬레이트되어 이온의 자질이 상실되지 않도록 보호되어야 한다(4-6). 결과적으로 무기 형태의 무기질은 유기 형태에 비해 생체이용률이 떨어지며 또한 유기 형태 무기질의 체내 지속성은 무기 형태 무기질보다 길다(7,8).

세리신은 실크 단백질 중 25%를 차지하는 단백질로 두가닥의 피브로인을 감싸고 있으며 고치질이 잘 접착되도록 해주고 있다. 비극성 아미노산이 많고 물에 잘 용해되지 않는 피브로인과 달리 세리신은 극성 아미노산이 많고 물에 잘 용해된다. 특히 세리신은 자연계에 존재하는 단백질 중에서 세린 아미노산의 성분이 30% 이상 포함되어 있는 특이적 단백질로 알려져 있다(4,5,9). 최근 연구를 통해 세리신이 아스파틱산과 세린이 많다는 사실에 착안하여 이들이 금속 성분과 배위결합을 하여 금속 성분의 장내흡수를 도울 수

Received 9 February 2015; Accepted 10 April 2015

Corresponding author: Eun Young Jung, Department of Home Economic Education, Jeonju University, Jeonju, Jeonbuk 55069, Korea

E-mail: jijj@jj.ac.kr, Phone: +82-63-220-2827

있을 것으로 기대되고 있다(10). 이전 연구에서 칼슘과 철분을 함유한 펩타이드를 제조하였으며 이를 통해 생체 내에서 이들 유기화된 무기질의 생체이용률이 증가됨을 확인하였다(4,5). 본 연구는 세리신을 이용한 유기 무기질의 제조를 셀레늄에 적용시켜 최근 항산화 작용으로 중요성이 더해지고 있는 셀레늄의 체내 흡수율을 증가시키기 위한 방안을 마련하고자 셀레늄 결핍식이 먹인 Sprague-Dawley 쥐를 대상으로 세리신 함유 펩타이드의 항산화 활성 및 체내 흡수율과 보유율의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

세리신 단백질은 (주)월드웨이(Sejong, Korea)에서 제공받아 사용하였으며 가수분해에 사용된 효소인 Flavourzyme은 Novozymes Nordisk(Bagsvaerd, Denmark) 제품을 구입하여 사용하였다. 무기셀레늄으로 사용한 sodium selenite(Na_2SeO_3)는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

세리신 함유 유기셀레늄 제조

세리신 단백질 10% 용액에 Flavourzyme을 0.01%를 첨가하여 최적 반응 온도 50°C 및 최적 pH 6.0에서 12시간 가수분해한 후 10분간 가열한 다음 4°C , $3,000\times g$ 에서 10분간 원심분리 하여 상정액을 회수하였다. 유기셀레늄은 10% 세리신 단백질 가수분해 용액에 Na_2SeO_3 을 100 ppm이 되도록 혼합하여 pH 4로 조정 후 30°C 에서 1시간 반응한 시료를 사용하였다.

실험동물

실험동물은 나라바이오텍(Seoul, Korea)에서 SD 쥐(수컷 3주령, 60 ± 5 g)를 구입하여 사용하였다. 실험동물은 사육케이지(42×28 cm)를 이용해 실험실 온도 $22\sim 24^\circ\text{C}$, 습도 $60\pm 5\%$ 가 유지되고 밤낮 주기(12시간 light/12시간 dark)가 자동 조절 장치에 의해 조절되는 고려대학교 동물실에서 사육하였으며, 고려대학교 윤리위원회에 승인 하에 실험이 진행되었다(승인번호 KUIACUC-2009-149). 본 실험에 사용된 사료 조성은 Table 1에 나타내었다.

동물실험 그룹

연구 그룹은 무작위 추출법에 의해 군당 6마리씩 4개군으

Table 1. Components of experimental diets

Components	Amount (g)
Corn starch	1,132
Casein	392
Sucrose	200
Soybean oil	160
Cellulose	100
L-Methionine	6
Vitamin mixture	20
Mineral mixture	70

Vitamin mixture: AIN-93G.

Mineral mixture (100 g): selenium deficient diets; $\text{CaHPO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 14.56 g, KH_2PO_4 25.72 g, NaH_2PO_4 9.35 g, NaCl 4.66 g, calcium lactate 35.04 g, MgSO_4 7.17 g, ZnCO_3 110 mg, $\text{MnSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 120 mg, $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 30 mg, KI 10 mg, iron citrate 3.18 g.

로 분류하였다(Table 2). 실험 대조군은 일반사료(Purina Lab Rodent Chow #38057, Purina Co., Seoul, Korea)를 먹인 Normal diet 대조군(Normal diet), 셀레늄 결핍사료를 먹인 후 시료 처치하지 않은 무처리 음성 대조군(DD), 유기셀레늄군(DD+ OS), 무기셀레늄군(DD+ IS)으로 분류하였다. 셀레늄 처치군인 유기셀레늄군과 무기셀레늄군은 셀레늄 $1.044 \mu\text{g}/\text{d}$ 를 각각 존대를 이용하여 경구로 투여하였으며 4주간 셀레늄 결핍 사료를 먹인 후 4주 동안 시료를 처치하였다. 셀레늄 처치량은 AIN-93G의 셀레늄 요구량을 기준으로 하여 설정되었다.

혈액 채취 및 장기 적출

실험 종료 시점에서 12시간 절식시킨 실험동물을 ethyl ether로 마취시켜 희생시킨 후 흉강을 열고 대동맥에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 시험관에 넣어 4°C , $3,000\times g$ 에서 10분간 원심분리 하여 상정액인 혈청을 취하였으며 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. 혈액 채취 후 간, 신장을 적출하였고 적출한 장기는 무게를 측정하였으며, 측정된 장기 무게는 체중 100 g에 대해 상대적인 무게로 나타내었다.

환원형 글루타티온(glutathione reduced form, GSH) 함량 측정

혈청 환원형 글루타티온 함량 측정은 Tietze(11)의 방법에 따라 실시하였다. 혈청에 동량의 5% sulfosalicylic acid를 첨가하고 4°C , $2,000\times g$ 에서 10분간 원심분리를 하였다. 상정액 100 μL 에 0.3 mM Na_2HPO_4 800 μL 와 0.1% so-

Table 2. Experimental groups in selenium bioavailability study

Experimental group (6 rats/group)	Diet	Treatment
Normal diet	Normal diet	No-treatment
DD	Selenium deficient diet	No-treatment
DD+OS	Selenium deficient diet	Organic selenium
DD+IS	Selenium deficient diet	Inorganic selenium (selenite)

dium citrate에 0.04%가 되도록 5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoic acid(DTNB)를 섞은 용액 100 µL를 첨가하고 5분 후 412 nm에서 흡광도를 측정하였다.

과산화 지질 측정

혈청 과산화 지질의 함량은 Quintanilha 등(12)의 방법에 따라 실시하였다. 혈청 100 µL에 10% trichloroacetic acid 200 µL를 넣고 15분간 실온에서 방치한 후 4°C, 2,200×g에서 15분간 원심분리 하였다. 상정액 200 µL에 0.67% thiobarbituric acid 200 µL를 첨가하여 혼합한 다음 100°C의 항온 수조에서 10분간 반응시키고 냉각하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며 malondialdehyde를 표준물질로 하였다.

셀레늄 농도 측정 및 생체이용률

극초단파(Model MARS-5, CEM Co., Matthews, NC, USA)를 이용하여 혈청, 간, 요, 변을 전처리하였다. 요과 변은 실험 종료 마지막 주에 대사케이지를 이용하여 3일 채취하였다. 시료 1 mL(0.25 g)에 질산 1.5 mL와 60% 과염소산 1 mL를 넣어 400 W, 15 min, 800 psi, 200°C 전처리한 후, 셀레늄은 Elan 6000 ICP MS(PerkinElmer, Norwalk, CT, USA)를 이용하여 분석하였으며 생체흡수율과 보유율을 각각 다음과 같이 계산하였다. 셀레늄 섭취량은 계산으로 산출되었다.

$$\text{생체흡수율(\%)} = [(\text{셀레늄 섭취량} - \text{대변 내 셀레늄 배설량}) / \text{셀레늄 섭취량}] \times 100$$

$$\text{생체보유율(\%)} = [(\text{셀레늄 섭취량} - \text{대변 내 셀레늄 배설량} - \text{소변 내 셀레늄 배설량}) / \text{셀레늄 섭취량}] \times 100$$

통계 분석

실험 결과는 SPSS 12.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였으며 모든 측정 항목에 대한 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)를 산출하였

Table 3. Body weight gain, food intake, and food efficiency ratio (FER) of experimental groups for selenium bioavailability

Experimental group (6 rats/group)	Body weight gain (g/d)	Food intake (g/d)	FER
Normal diet	9.78±0.35	19.56±0.52 ^a	0.50±0.02 ^b
DD	9.88±0.67	23.26±0.43 ^c	0.43±0.03 ^a
DD+OS	9.21±0.83	21.99±0.33 ^b	0.42±0.04 ^a
DD+IS	10.03±0.21	22.73±0.05 ^b	0.44±0.01 ^a

Values are mean±SD for 6 rats. Means with different letters (a-c) within a column are significantly different at *P*<0.05 by Duncan's multiple range tests.

DD, no treatment with selenium deficient diet; DD+OS, organic-selenium with selenium deficient diet; DD+IS, inorganic-selenium with selenium deficient diet.

다. 실험군 간의 유의성은 ANOVA test 후 구체적인 사후 검증은 *P*<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 실시하였다.

결과 및 고찰

체중, 식이 섭취 및 식이효율

다양한 형태의 셀레늄 처치에 따른 체중 증가 및 식이 섭취를 Table 3에 나타내었다. 본 연구에서 셀레늄 결핍으로 인한 체중 증가에 대한 영향은 관찰되지 않았다. 그러나 일반식이군에 비해 셀레늄 결핍식이군은 통계적으로 유의하게 식이 섭취가 증가하였으며(*P*<0.05) 유의적으로 낮은 식이 효율을 나타내었으나(*P*<0.05) 결핍식이군 내에서 셀레늄 형태에 따른 차이는 관찰되지 않았다.

장기 무게

다양한 형태의 셀레늄 처치가 간과 신장에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다. 체중 100 g에 대한 상대적인 간과 신장의 무게는 일반식이군(간 3.09 g/100 g BW, 신장 0.86 g/100 g BW)에 비해 셀레늄 결핍식이군(간 2.77 g/100 g BW, 신장 0.75 g/100 g)이 낮았으며, 셀레늄 처치 자체는

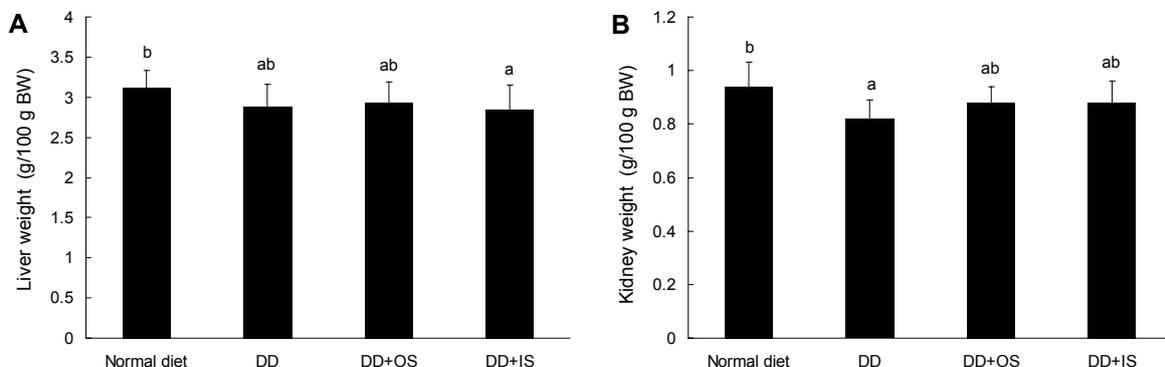


Fig. 1. Relative internal organ weights of rats treated with various selenium types for 4 weeks. Values are mean±SD for 6 rats. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different at *P*<0.05 by Duncan's multiple range tests. DD, no treatment with selenium deficient diet; DD+OS, organic-selenium with selenium deficient diet; DD+IS, inorganic-selenium with selenium deficient diet.

셀레늄 결핍식이로 낮아진 상대적인 장기 무게를 일반식을 하는 정상군의 수준으로 복귀하는 경향을 나타내었다. 셀레늄 형태에 따른 통계적 차이는 관찰되지 않았는데 장기 무게는 독성에 대한 지표 중의 하나로 제조된 유기셀레늄 처치가 기존의 무기셀레늄 처치와 비교하여 장기에 미치는 영향의 차이가 없다는 것은 유기셀레늄이 기존의 셀레늄이 미치는 범위를 넘어 장기 비대 등 장기 손상에 미치는 영향을 의미한다고 볼 수 있다. 셀레늄은 쥐의 경우 식이 1 g당 40 µg까지는 독성의 증상을 나타내지 않는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서의 셀레늄 처치량은 AIN-93G의 셀레늄 요구량을 기준으로 하여 설정되어 독성 증상을 나타내지 않는 범위 내에서의 처치량으로 본 연구에서 셀레늄 처치에 의한 이상 현상은 관찰되지 않았다. 셀레늄을 고농도로 섭취할 경우 독성을 나타내는 것으로 알려져 있는데 셀레늄이 고농도로 축적된 식물을 먹은 동물에서 이상 증세가 나타나 셀레늄이 가축 질병의 주요 독소로 취급되기도 하였다. 셀레늄의 독성은 셀레나이드 음이온의 산화촉진제로서의 촉매반응에 의하여 과산화수소나 반응성이 높은 대사산물과 같은 산화물을 만들어 내기 때문으로 추측된다(13). 셀레늄의 독성은 화합물의 종류에 따라 다르며 동물실험 결과 유기셀레늄이나 셀렌산염이 아셀렌산염에 비해 독성이 비교적 낮은 것으로 나타났다(13).

항산화 지표 측정

항산화 지표로 환원형 글루타티온 및 과산화 지질의 혈중 농도를 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 환원형 글루타티온은 일반식이군(334.20 µmol/mL)에 비해 셀레늄 결핍식이군(240.40 µmol/mL)이 낮았으며 이는 셀레늄 처치로 인해 증가되었는데 유기셀레늄(389.64 µmol/mL)에 의한 증가는 무기셀레늄(280.88 µmol/mL)에 비해 유의적으로 큰 것으로 나타났다($P<0.05$). 또 혈중 과산화 지질도 일반식이군(0.82 µmol/mL)에 비해 셀레늄 결핍식이군(1.04 µmol/mL)이 높아 셀레늄 결핍에 의해 항산화력이 저하됨을 나타냈으며, 셀레늄 처치에 의해 감소되었는데 특히 유기셀

레늄(0.68 µmol/mL)은 무기셀레늄(0.78 µmol/mL)에 비해 낮은 경향을 나타내며 과산화 지질 형성을 억제하는 경향이 큰 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

셀레늄은 체내에서 selenocysteine을 함유한 셀레늄 단백질질을 구성하여 산화·환원반응에 관여하는 것으로 알려져 있다(14). 셀레늄이 관여하는 셀레늄 단백질은 글루타티온 과산화효소(glutathione peroxidase), 타이오레독신 환원효소(reductase), 요오드티로닌 탈요오드화효소(iodothyronine deiodinase)와 셀레노포스페이트 합성효소 2(selenophosphate synthetase 2)의 요소로서 효소 활성화에 관여하고 있다(14,15). 셀레늄은 특히 항산화효소인 글루타티온 과산화효소 활성을 통해 반응성 산소와 자유 라디칼을 제거하여 지질 과산화물의 축적을 억제하며 노화를 지연시키는 작용을 한다. 뿐만 아니라 세포 성장, 유전정보 전사, 세포신호 전달 등 세포사멸에 영향을 주어 암의 발생을 억제하는데 기여하는 것으로 알려져 있다(15). 즉 셀레늄은 항산화효소인 글루타티온 과산화효소의 성분으로 독성의 과산화물을 알코올 유도체와 물로 전환시켜서 과산화수소 등 과산화물에 의해 세포막이나 세포가 파괴됨을 방지한다(14,15). 본 연구에서 셀레늄 결핍식이로 인해 저하된 항산화력은 셀레늄 처치로 인해 회복될 수 있는 것으로 나타났으며 유기셀레늄은 무기셀레늄에 비해 항산화력 향상에 더 기여하는 것으로 나타났다.

생체이용률

셀레늄의 흡수율과 보유율에 대한 셀레늄 형태에 대한 영향은 Fig. 3에 나타내었다. 일반식이에 비해 셀레늄 결핍식은 유의한 셀레늄 흡수율을 저하를 야기하였으며(Normal diet 80.47% vs. DD 64.98%, $P<0.05$) 이는 셀레늄 처치로 회복되는 경향을 보였다. 특히 유기셀레늄 처치는 가장 높은 흡수율(83.17%)을 나타내었다($P<0.05$). 셀레늄 보유율 역시 일반식이군(53.48%)에 비해 셀레늄 결핍식이군(15.14%)은 유의하게 낮았으며 이러한 셀레늄 보유율의 감소는 셀레늄 처치로 증가 경향을 보이는데 유기셀레늄만이 50%

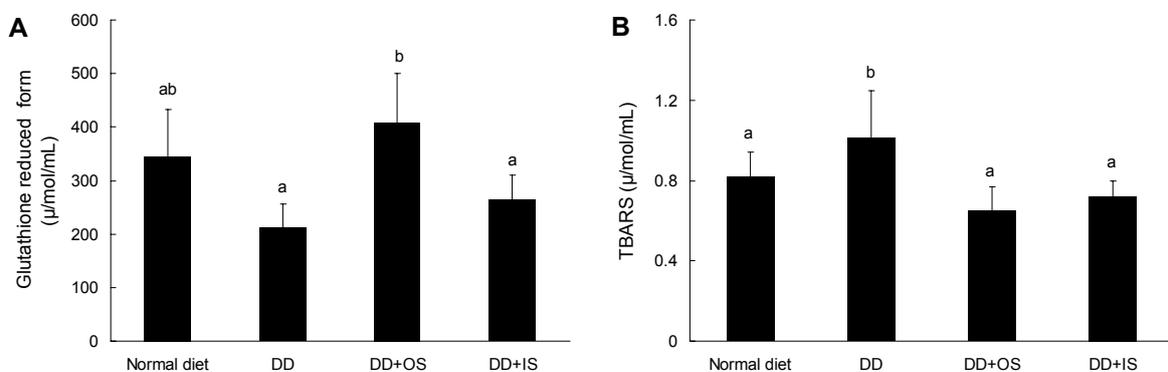


Fig. 2. Serum glutathione reduced form (GSH) and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels of rats treated with various selenium types for 4 weeks. Values are mean±SD for 6 rats. Means with different letters (a,b) above are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range tests. DD, no treatment with selenium deficient diet; DD+OS, organic-selenium with selenium deficient diet; DD+IS, inorganic-selenium with selenium deficient diet.

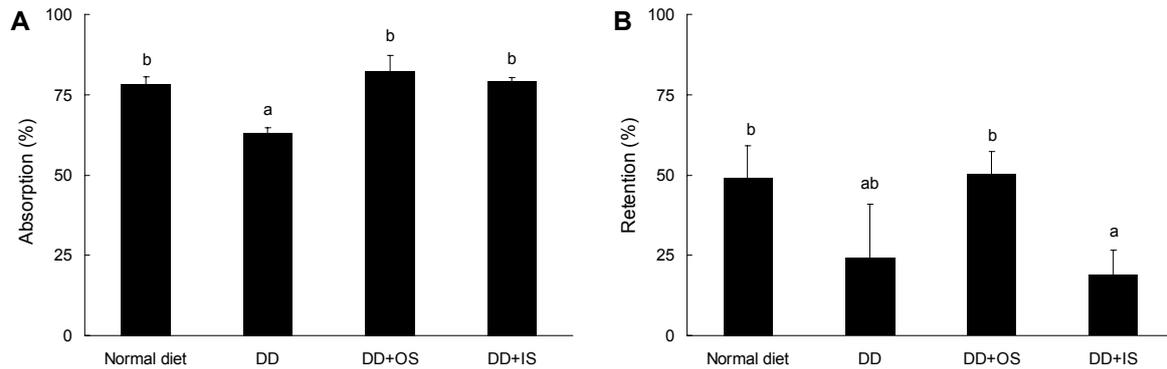


Fig. 3. Selenium absorption and retention of rats treated with various selenium types for 4 weeks. Values are mean±SD for 6 rats. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range tests. DD, no treatment with selenium deficient diet; DD+OS, organic-selenium with selenium deficient diet; DD+IS, inorganic-selenium with selenium deficient diet.

이상의 보유율을 나타내며 무기셀레늄과는 유의한 차이를 나타내었다(DD+ OS 50.25% vs. DD+ IS 17.04%, $P<0.05$). 따라서 셀레늄 결핍식으로 인해 저하된 셀레늄 흡수율과 보유율은 셀레늄 처치로 증가되는데 특히 유기셀레늄 처치로 인한 흡수율과 보유율은 높아 생체 내 이용률이 클 것으로 사료되며 이는 항산화력 향상에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

다양한 형태의 셀레늄 처치에 따른 혈청과 간의 셀레늄 농도는 Fig. 4와 같이 혈청과 간의 셀레늄 농도가 일반식이군(혈청 484.57 ng/mL, 간 649.67 µg/mL)에 비해 셀레늄 결핍식이군(혈청 377.36 ng/mL, 간 427.73 µg/mL)이 유의하게 낮았으며($P<0.05$), 이는 셀레늄 처치로 유의하게 증가하였는데($P<0.05$) 셀레늄 형태 중 유기셀레늄에 의한 증가가 가장 컸으나(혈청 464.60 ng/mL, 간 639.42 µg/mL) 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 이러한 혈청과 간의 셀레늄 농도는 셀레늄 흡수율과 보유율에 의한 결과와 상응하는데 유기셀레늄은 무기셀레늄에 비해 생체 내 흡수율과 보유율뿐 아니라 혈액과 간에 침착율도 큰 것으로 나타났다.

유기셀레늄은 무기셀레늄에 비하여 흡수율이 좋고 독성

이 적으며 체내 축적이 용이한 것으로 보고되고 있다(16). 이러한 유기셀레늄과 무기셀레늄 섭취 형태에 따른 차이는 다양한 동물 모델에서도 유사한 결과를 나타내는데 Ortman과 Pehrson(17)은 무기셀레늄을 먹인 소에 비해 유기셀레늄의 형태로 셀레늄을 먹인 소의 유즙에서 셀레늄의 농도가 더 높다고 보고하였다. Salman 등(18)은 낙농 소를 대상으로 분만 후 유즙 안의 셀레늄의 농도가 감소되는데 무기셀레늄 섭취 소는 42%의 감소를 보인 반면, 유기셀레늄을 섭취한 소는 셀레늄 농도의 감소가 35%로 감소 정도가 적다고 하였다. 이러한 효과는 낙타를 대상으로 한 연구에서도 유사한 결과를 보였는데 유기셀레늄을 섭취한 경우 무기셀레늄을 섭취하였을 때보다 더 높은 혈액과 유즙 내의 셀레늄의 농도를 나타냄이 관찰되었다(19). 유기셀레늄과 무기셀레늄의 대사의 차이는 흡수 및 흡수 후 대사의 차이로 설명되고 있다(20). 무기셀레늄 흡수는 장을 통과하는 동안 흡수가 잘 이루어지지 않는데 이는 무기셀레늄이 거의 음식 내 다른 영양 성분들과 상호 작용하지 않기 때문이다(21). 또한 흡수된 무기셀레늄은 유기체에서 빠르게 대사되어 selenide (H_2Se)가 되고 이후 selenophosphates에 의해 seleno-

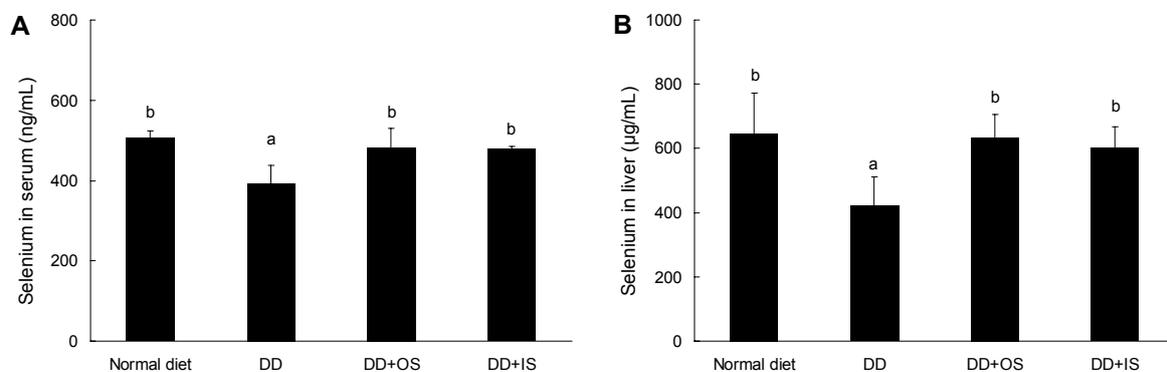


Fig. 4. Selenium levels of serum and liver in rats treated with various selenium types for 4 weeks. Values are mean±SD for 6 rats. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range tests. DD, no treatment with selenium deficient diet; DD+OS, organic-selenium with selenium deficient diet; DD+IS, inorganic-selenium with selenium deficient diet.

cysteine을 포함한 기능성 selenoproteins으로 전환된다. 유기셀레늄 아미노산의 흡수 시스템에 의해 흡수되고 대사되어 셀레늄의 활성 형태가 되거나 아미노산 풀의 성분이 되고 단백질 조직을 구성하며 selenide로 산화되어 방출되기도 한다(21,22). 이러한 무기셀레늄과 유기셀레늄의 흡수 및 흡수 후 대사의 차이는 이들의 체내에서의 작용의 차이를 설명해 준다(20,22).

세리신은 양잠산업의 부산물로 과거에는 폐기물로 여겨졌으나 최근 그 활용 가능성이 소개되면서부터 새로운 기능성 소재로 주목받고 있다(9). 세리신은 주로 음전하를 띠어 염기성 기질이 잘 부착되는 특징을 가지고 있다. Sasaki 등(10)의 보고에 따르면 세리신과 미량 무기질을 동시에 실험 동물에 투여할 경우 미량 원소의 흡수율이 증가하였으며, 경우에 따라서는 흡수율이 41% 정도 증가하였다고 보고하였다. 이전 연구에서 세리신 결합 칼슘과 철분의 경우 무기 무기질에 비해 생체이용률이 증가됨이 관찰되었다(4,5). 본 연구의 결과는 세리신 결합 유기셀레늄에서도 유사한 결과가 산출되었는데 셀레늄 결핍식으로 인해 저하된 셀레늄 흡수율과 보유율은 셀레늄 처치로 증가되었고, 특히 유기셀레늄 처치로 인한 흡수율과 보유율은 높아 생체 내 이용률이 클 것으로 사료되며 이는 항산화력 향상에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 세리신을 이용해 만든 유기셀레늄의 생체이용률을 알아보려고 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 항산화지표인 환원형 글루타티온은 셀레늄 처치로 인해 증가되었는데 유기셀레늄에 의한 증가는 무기셀레늄에 비해 큰 경향이었으며, 또한 혈중 과산화 지질도 유기셀레늄이 무기셀레늄에 비해 낮은 값을 나타내어 유기셀레늄은 무기셀레늄에 비해 항산화력 향상에 더 기여하는 것으로 나타났다. 셀레늄 결핍식으로 인해 저하된 셀레늄 흡수율과 보유율은 셀레늄 처치로 증가되는데, 특히 유기셀레늄 처치로 인한 흡수율과 보유율이 높아 생체 내 이용률은 증대될 것으로 사료되며 이는 항산화력 향상에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 혈청과 간의 셀레늄의 농도는 셀레늄 처치로 유의하게 증가되는데 셀레늄 형태 중 유기셀레늄에 의한 증가가 가장 컸으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 결론적으로 본 연구의 결과 무기질을 함유한 펩타이드는 무기질의 생체이용률을 증가시키는 것으로 나타났는데 세리신을 이용한 유기화 형태로 섭취될 경우 혈액과 장기의 침착뿐 아니라 흡수율과 보유율 증가에 관여하여 각 무기질의 효능을 증진시키는 것으로 나타났다.

REFERENCES

- Gmshinski IV, Mazo VK. 2006. Mineral substance in human nutrition. Selenium: absorption and bioavailability. *Vopr Pitan* 75: 15-21.
- Powell JJ, Jugdaohsingh R, Thompson RP. 1999. The regulation of mineral absorption in the gastrointestinal tract. *Proc Nutr Soc* 58: 147-153.
- Scott D, McLean AF. 1981. Control of mineral absorption in ruminants. *Proc Nutr Soc* 40: 257-266.
- Cho HJ, Lee HS, Jung EY, Park SY, Lim WT, Lee JY, Yeon SH, Lee JC, Suh HJ. 2010. Manufacturing of iron binding peptide using sericin hydrolysate and its bioavailability in iron deficient rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1446-1451.
- Cho HJ, Lee HS, Jung EY, Suh HJ. 2010. Manufacturing of calcium binding peptide using sericin hydrolysate and its bioavailability in calcium deficient rat. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 680-686.
- Tondapu P, Provost D, Adams-Huet B, Sims T, Chang C, Sakhae K. 2009. Comparison of the absorption of calcium carbonate and calcium citrate after Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg* 19: 1256-1261.
- Katayama H, Issiki M, Yoshitomi H. 2000. Application of fibroin in controlled release tablets containing theophylline. *Biol Pharm Bull* 23: 1229-1234.
- Kápolna E, Fodor P. 2007. Bioavailability of selenium from selenium-enriched green onions (*Allium fistulosum*) and chives (*Allium schoenoprasum*) after 'in vitro' gastrointestinal digestion. *Int J Food Sci Nutr* 58: 282-296.
- Kluge JA, Rabotyagova O, Leisk GG, Kaplan DL. 2008. Spider silks and their applications. *Trends Biotechnol* 26: 244-251.
- Sasaki S, Nakajima E, Fujii-Kuriyama Y, Tashiro Y. 1981. Intracellular transport and secretion of fibroin in the posterior silk gland of the silkworm *Bombyx mori*. *J Cell Sci* 50: 19-44.
- Tietze F. 1969. Enzymic method for quantitative determination of nanogram amounts of total and oxidized glutathione: applications to mammalian blood and other tissues. *Anal Biochem* 27: 502-522.
- Quintanilha AT, Packer L, Davies JM, Racanelli TL, Davies KJ. 1982. Membrane effects of vitamin E deficiency: bioenergetic and surface charge density studies of skeletal muscle and liver mitochondria. *Ann NY Acad Sci* 393: 32-47.
- Kosztá G, Fülesdi B. 2013. Significance of selenium in the pathogenesis and therapy of cardiovascular diseases and those requiring intensive care. *Orv Hetil* 154: 1621-1627.
- Ghaffarian-Bahraman A, Shahroozian I, Jafari A, Ghazi-Khansari M. 2014. Protective effect of magnesium and selenium on cadmium toxicity in the isolated perfused rat liver system. *Acta Med Iran* 52: 872-878.
- Méplán C, Hesketh J. 2014. Selenium and cancer: a story that should not be forgotten-insights from genomics. *Cancer Treat Res* 159: 145-166.
- Gunter SA, Beck PA, Hallford DM. 2013. Effects of supplementary selenium source on the blood parameters in beef cows and their nursing calves. *Biol Trace Elem Res* 152: 204-211.
- Ortman K, Pehrson B. 1999. Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. *J Anim Sci* 77: 3365-3370.
- Salman S, Dinse D, Khol-Parisini A, Schaff H, Lahrssen-Wiederholt M, Schreiner M, Scharek-Tedin L, Zentek J. 2013. Colostrum and milk selenium, antioxidative capacity and immune status of dairy cows fed sodium selenite or selenium yeast. *Arch Anim Nutr* 67: 48-61.
- Faye B, Saleh SK, Konuspayeva G, MUSAAD A, Bengoumi

- M, Seboussi R. 2014. Comparative effect of organic and inorganic selenium supplementation on selenium status in camel. *J King Saud Univ* 26: 149-158.
20. Pavlata L, Misurova L, Pechova A, Dvorak R. 2011. The effect of inorganic and organically bound forms of selenium on glutathione peroxidase activity in the blood of goats. *Vet Med* 56: 75-81.
21. Windisch W. 2002. Interaction of chemical species with biological regulation of the metabolism of essential trace elements. *Anal Bioanal Chem* 372: 421-425.
22. Schrauzer GN. 2003. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. *Adv Food Nutr Res* 47: 73-112.