

Review  
KDRI Special Series



**OPEN ACCESS**

Received: Jun 30, 2022  
Revised: Jul 25, 2022  
Accepted: Aug 1, 2022  
Published online: Aug 17, 2022

Correspondence to

Kyungsuk Choi

Department of Food Science and Nutrition,  
Daejin University, 1007 Hoguk-ro, Pocheon  
11159, Korea.

Tel: +82-31-539-1864

Email: kchoi@daejin.ac.kr

© 2022 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID iDs

Kyungsuk Choi

<https://orcid.org/0000-0003-0316-2905>

Okhee Lee

<https://orcid.org/0000-0001-9864-862X>

Funding

This research was supported by the Policy Research Program for Project No. 20180415A13-00, 25193068200, 25203084501 from the Ministry of Health and Welfare in 2018-2020.

Conflict of Interest

There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

<https://e-jnh.org>

# 셀레늄의 2020 한국인 영양소 섭취기준 개정 및 권장식단의 셀레늄 함량 평가를 통한 식품의 셀레늄 데이터베이스 검토

최경숙 <sup>1</sup>, 이옥희 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>대진대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>용인대학교 식품영양학과

## 2020 Korean Dietary Reference Intakes of selenium and a review of selenium database of foods by evaluating of selenium contents of the recommended menus

Kyungsuk Choi <sup>1</sup> and Okhee Lee <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, Pocheon 11159, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science and Nutrition, Yongin University, Yongin 17092, Korea

### ABSTRACT

Selenium is an important trace mineral that plays an essential role in maintaining the body's immunity with oxidative stress defense and antioxidant activity, immunity, thyroid hormone control, defense against drug or heavy metal harm, and reducing the risk of chronic diseases. A selenium deficiency increases the risk of various chronic diseases, such as cancer, cardiovascular disease, diabetes, neurological disease, osteoarthritis, muscle necrosis and weakness, thyroid disease, and inflammatory diseases. This paper explains the criteria for establishing and revising selenium in the 2020 Dietary Reference Intake for Koreans (KDRIs) and reviews the current status of the selenium database and suggestions for setting the 2025 KDRIs in the future. In the 2020 KDRIs, the selenium intake with the maximum plasma selenoprotein P level was used as the criteria. The weight and coefficient of the variation were applied to the Chinese' reported values. Compared to 2015 KDRIs, there were some revisions in the selenium dietary reference intakes by gender and age according to the change in reference weight. To improve and revise selenium dietary reference intakes in the future, a selenium intervention study is needed to determine the maximum level of plasma selenoprotein P in Koreans. In addition, a revision of the selenium database of the nutritional assessment program (CAN-Pro 5.0) is needed. An analysis of the selenium content of foods should be expanded to assess the selenium intake accurately. In addition, research on the relationship between selenium intake and the biological indicators in the body is required for healthy people and subjects of special environments, such as patients and athletes with various oxidative stress.

**Keywords:** selenium; 2020 Korean Dietary Reference Intakes; food databases

## 서론

셀레늄 (selenium, Se)은 1970년대 후반에 중국의 케산 지방에서 셀레늄 결핍증이 풍토병으로 보고된 이후에 미생물의 성장과 항산화 및 항암효과 등을 가진 필수 영양소임이 알려졌다 [1,2]. 셀레늄은 여러가지 셀레노프로테인 (selenoproteins) 형태로 생식능, 갑상선호르몬 대사, 산화적 손상과 감염으로부터 인체의 보호 및 DNA 합성 등의 중요한 작용을 하는 필수 영양소이다 [1].

셀레늄은 성인의 체내에 약 10 mg 정도의 미량으로 존재하고 [3], 동식물조직에서 유기형 셀레노시스테인 (selenocysteine, Sec)과 셀레노메티오닌 (selenomethionine)이 주요 형태로 존재한다. 혈장에는 셀레노프로테인 p나 글루타치온 과산화효소 (glutathione peroxidase, GSHpx)의 셀레노시스테인 잔기를 가진 셀레노프로테인 형태로 주로 존재한다. 식품에는 주로 셀레노메티오닌을 함유한 단백질 형태로 존재하며, 셀레노시스테인 잔기를 가진 셀레노프로테인이 생물학적 기능을 가지는 것으로 알려졌다. 셀레늄은 주로 항산화효소인 글루타치온 과산화효소의 구성요소로서 인체의 항산화기능을 유지하는 필수성이 입증되었고, 혈장의 셀레노프로테인으로는 셀레노프로테인 p가 가장 많이 존재하여 많은 연구에서 적절한 셀레늄 섭취를 판정할 때, 글루타치온 과산화효소의 활성 보다는 셀레노프로테인 p가 충분한 수준으로 도달하는가에 초점을 맞추고 있다.

인체 검체의 셀레늄 수준은 셀레늄 섭취뿐만 아니라 나이, 성별, 인종, 식사습관, 생활습관, 흡연이나, 대기오염 등에 따라 차이를 보이고 있다. 한국인의 셀레늄 대사와 영양문제에 관한 연구는 부족한 편이다. Lee 등 [4]은 우리나라 여성의 혈청 셀레늄 농도는 젊은 성인기는 12.4 µg/dL, 중년기는 9.5 µg/dL, 노년기는 9.16 µg/dL로 연령 증가에 따라 감소하였고, 이는 단백질 영양상태와 관련성이 있다고 보고하였다. 40대 이하 여성의 혈청 셀레늄 수준은 고밀도 지단백 (high-density lipoprotein, HDL)-콜레스테롤 수준과 관련이 있음이 보고되었고 [5], Lee 등 [6]은 한국의 남녀 성인의 평균 혈청 셀레늄 농도가 25.5 µg/dL이었고 연령 증가에 따라 감소하였으며, 여자의 혈청 셀레늄 농도가 남자에 비해 낮았음을 보고하였다. 또한 Kim과 Lim [7]은 젊은 여성의 혈청 셀레늄 수준이 3.73 µg/dL로 결핍 상태임을 보고하였고, 반면, Lee 등 [8]은 젊은 성인 여성의 혈청 셀레늄은 평균 12.0 µg/dL로, 셀레노프로테인 합성을 제한하는 수준인 7.0 µg/dL 이하를 나타내는 경우는 없었다고 보고하여, 우리나라 성인의 셀레늄 영양상태는 분석방법에 따라 많은 차이를 보이고 있다.

셀레늄은 세포의 항산화기능, 면역기능, 갑상선호르몬 조절, 약물이나 중금속 위해에 대한 방어, 만성질환의 위험 감소에 필수적이고, 나아가 장내 미생물 상의 균형에 관여한다고 알려져 있다 [9]. 이러한 작용에 의하여 셀레늄 섭취의 부족은 암, 심혈관질환, 당뇨병, 신경질환, 골관절 및 근육괴사와 약화, 갑상선질환, 염증성 질환 등 다양한 만성적 질환 위험을 높일 것으로 제시되고 있다 [9-11]. 셀레늄의 특성인 산화스트레스 방어능은 인체의 면역기능 유지에 필수적이므로, 최근에는 코로나 중증환자의 셀레늄 수준이 코로나로 인한 사망률이나 호흡기감염과의 관련성 등 다양한 면역체계에서의 역할이 인정되고 있다. 또한 이런 면역기능뿐만 아니라, 코로나바이러스의 병원성과 염증반응의 완화를 위한 셀레늄의 중요성도 제시되고 있다 [12-15]. 나아가 만성적 질환인 혈당조절, 인슐린 저항성 감소를 위한 적절한 셀레늄의 섭취는 섭취수준에 따라 차이를 보이며, 일부 암의 발생은 셀레늄 섭취와 용량반응적

관계가 아닌 U-curve의 관계가 보고되고 있다 [16]. 한편 운동종목별 산화스트레스 수준에 따라 운동선수의 셀레늄 필요량이 영향을 받을 수 있는 것으로 보고되었으며 [17], 과다한 셀레늄 섭취가 독성을 나타내는 것은 잘 알려져 있다.

우리나라에서는 과거에는 노인이나 식사량이 매우 부족하거나, 육류·어패류 등 동물성 식품의 섭취가 부족한 경우와 정맥영양 환자 및 토양의 낮은 셀레늄 수준으로 인해 셀레늄 섭취의 부족이 우려되었다 [4]. 그러나 최근 사회적으로 여러 연령층에서 식사패턴의 변화로 인해 육류 섭취와 밀가공식품 및 견과류의 섭취가 증가하고 있고, 토양의 셀레늄 함량이 높은 미국, 호주 등의 식품의 수입 증가로 인해 식사를 통한 셀레늄 섭취가 증가하고 있다 [8,18]. 특히 코로나 팬데믹과 같은 감염병 위기에서 영양보충제 이용 증가의 사회적 트렌드는 셀레늄 섭취의 과다를 초래할 수 있다.

셀레늄은 섭취 부족뿐만 아니라 과다한 섭취도 산화스트레스와 관련된 다양한 질환의 발생 위험을 증가시키므로, 적절한 셀레늄 섭취를 유도하기 위한 한국인 셀레늄 섭취기준의 설정이 필수적이다. 이에 본고는 2020 한국인 영양소 섭취기준에서 셀레늄 섭취기준 설정의 근거 및 방향을 제시하고, 한국인의 셀레늄 섭취 상태 평가의 활성화를 위해 영양평가용 프로그램의 셀레늄 데이터베이스를 검토하였으며, 향후 셀레늄의 2025 한국인 영양소 섭취기준 설정을 위한 필요 연구에 대해 제안하고자 한다.

## 셀레늄의 역할과 영양상태 지표

셀레늄은 생물체에서 셀레노프로테인의 합성에 관여함으로써 체내 산화스트레스를 줄이는 주요 역할을 하는데, 35개 이상의 셀레노프로테인 형태를 통해 항산화기능과 면역작용, 산화환원 조절작용, 갑상선기능과 생식능 등에 관여한다. 대표적인 셀레노프로테인으로는 셀레노프로테인 p, 셀레노프로테인 w, 글루타치온 과산화효소, 티오레독신 환원효소 (thioredoxin reductase), 아이오도티로닌 디아이오디나제 (iodothyronine deiodinase) 등이다 [19].

글루타치온 과산화효소 (GSHPx)는 체내에서 과산화수소를 분해하여 과산화수소에 의한 세포손상을 억제하는 항산화기능을 한다 [20]. 티오레독신 환원효소는 티오레독신을 환원하여 항산화시스템의 재생에 관여하고, 티오레독신은 세포분화의 초기단계에서 중요한 역할을 하며 [21], 아이오도티로닌 디아이오디나제 (iodothyronine deiodinase)는 갑상선호르몬 대사를 조절한다 [19]. 혈장에 가장 많은 셀레노프로테인은 당단백질인 셀레노프로테인 p인데, 셀레늄을 운반·저장하는 역할을 하고, 세포막에서의 발견으로 미루어 항산화기능을 할 것으로 추측된다 [21-23]. 즉, 셀레늄을 포함하는 효소들은 생리적 수준에서 항산화기능과 생식, 근육의 발달, 갑상선호르몬 대사 및 면역반응 등에 이르는 여러가지 대사와 생리 기능에 관여하고, 셀레늄을 보충하면 암, 남성 불임, 바이러스 감염, 면역체계 등의 여러 가지 질병의 예방과 치료에 효과적인 것으로 보고되고 있다 [24].

중국에서 보고된 셀레늄 결핍 풍토병인 케산병은 어린이나 가임기 여성에서 심장비대, 심근괴사, 세포 미토콘드리아의 파괴 특징을 가진 심장질환과 신장기능 장애를 나타내고, 카신백병 (Kashin Beck disease)은 사춘기에 나타나는 풍토성 골관절염과 연골세포의 괴사로 인

한 난쟁이 증세와 관절의 변형이 주요 특징으로 나타날 수 있다 [25]. 또한 혈장 셀레늄 수준이 낮은 경우에 폐암의 발생 위험이 증가하는 등, 암 발생과 관련된 역학연구가 보고되었다 [26]. 혈청 셀레늄 수준이 정상인 사람에게 셀레늄을 보충하면 암 위험이 감소되었고, 혈청 셀레늄 수준이 낮은 사람에게 셀레늄을 보충한 경우 간암, 폐암, 전립선암, 결장암 및 직장암의 발생과 암에 의한 사망률을 낮추는 것이 보고되었다 [27,28].

셀레늄의 영양문제와 섭취 수준을 보면, 케산병이 있는 지역의 중국인의 셀레늄 섭취량은 11  $\mu\text{g}/\text{일}$  (0.14  $\mu\text{mol}$ ) 이하이었으며, 질병이 없는 지역의 중국인의 섭취량은 17  $\mu\text{g}/\text{일}$  (0.22  $\mu\text{mol}$ ) 인 것으로 보고되었다 [29]. 성인 관찰연구에서 혈청 셀레늄 수준이 130  $\mu\text{g}/\text{L}$  이하인 경우에 혈청 셀레늄과 암에 의한 사망률은 역의 관계를 보였고, 혈청 셀레늄 수준이 낮은 흡연 노인인 경우 암 발생 위험이 증가하였다 [30]. 암 발생을 낮추기 위한 셀레늄의 섭취 수준은 셀레노프로테인이 최대 활성을 나타내는 수준보다 높은 편이며, 암 발생의 위험을 낮추는 것은 셀레노프로테인과 메틸셀레놀 (methylselenol) 등의 셀레늄 대사물이 관여한다 [27,31].

셀레늄의 섭취기준을 설정하는 데에는 글루타치온 과산화효소의 최대 활성을 보이는 셀레늄 섭취량과 혈장 셀레노프로테인 p가 최대 수준을 보이는 셀레늄 섭취량을 지표 기준으로 사용 가능하다. 그 중 셀레노프로테인 p는 혈장의 주 셀레노프로테인이며, 생물학적 지표로 사용할 경우 셀레늄 필요량이 더 높게 평가되고 장기간의 일상식사의 섭취 상태를 반영한다. 이와 관련한 연구로, Xia 등 [32]은 식사에서 14  $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 섭취하여 셀레늄이 결핍된 중국 성인 95명에게 셀레노메티오닌 형태의 셀레늄을 매일 0, 21, 35, 55, 79, 102, 126  $\mu\text{g}/\text{일}$ 의 7가지 용량으로 40주 동안 보충하면서, 보충한 셀레늄 용량과 기간에 따른 혈장의 셀레늄 농도, 글루타치온 과산화효소 활성과 셀레노프로테인 p 수준의 변화를 관찰한 결과, 35  $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 40주간 보충하였을 때 혈장 셀레노프로테인 p가 포화되었음을 보고하였다. 셀레늄 보충기간이 짧은 경우에는 보충용량이 더 높은 실험군에서만 혈장 셀레노프로테인 p 수준이 최대를 보였다. 그 결과, 셀레늄을 보충한 40주에 혈장 셀레노프로테인 p 수준이 최대를 보이는 셀레늄 보충량 35  $\mu\text{g}/\text{일}$ 과 14  $\mu\text{g}/\text{일}$ 의 식사로의 셀레늄 섭취량을 합해 총 49  $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 중국인의 적정섭취량으로 제시하여 셀레늄 섭취기준의 설정 지표로는 이 값을 사용할 수 있다.

## 셀레늄의 2020 한국인 영양소 섭취기준의 설정과 근거

2020년 한국인 영양소 섭취기준의 셀레늄 평균필요량 설정에는 한국인 대상의 셀레늄 중재 연구 결과가 아직 제시되지 않고 2015년 한국인 영양소 섭취기준 [33]에 비해 19-29세 성인의 평균필요량의 설정 지표를 변경할 만한 과학적 연구가 불충분하여 2015년과 같이 Xia 등 [32]이 보고한 셀레노프로테인 p 수준이 최대를 보이는 셀레늄 섭취량인 49  $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 근거로, 연구 대상인 중국인 남녀 대상자의 평균 체중 58.4 kg과 우리나라 19-29세 성인 남녀의 참고체중치의 평균인 62.4 kg과의 체중비를 사용한 ( $49 \times 62.4 \div 58.4 = 52.36$ ) 계산식을 통하여 52.36  $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 산출하였고, 사용 시 편의를 고려하여 50  $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 평균필요량을 결정하였다. 셀레늄의 권장섭취량은 결정된 평균필요량 50  $\mu\text{g}/\text{일}$ 에 변이계수 10%를 적용하여 평균필요량의 120%인 60  $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 설정하였다. 2015년의 섭취기준과 2020년의 섭취기준을 비교해 보면 Table 1과 같으며, 참고체중치의 변경으로 인한 변경이 일부 있다 [34].

Table 1. 2015 and 2020 KDRI: selenium

Age	2015 KDRI selenium (µg/day)				2020 KDRI selenium (µg/day)			
	EAR	RNI	AI	UL	EAR	RNI	AI	UL
Infants (mon)								
0-5			9	45			9	40 <sup>1)</sup>
6-12			11	65			12	65
Children (yrs)								
1-2	19	23		75	19	23		70
3-5	22	25		100	22	25		100
Male (yrs)								
6-8	30	35		150	30	35		150
9-11	39	45		200	40	45		200
12-14	49	60		300	50	60		300
15-18	55	65		300	55	65		300
19-29	50	60		400	50	60		400
30-49	50	60		400	50	60		400
50-64	50	60		400	50	60		400
65-74	50	60		400	50	60		400
75+	50	60		400	50	60		400
Female (yrs)								
6-8	30	35		150	30	35		150
9-11	39	45		200	40	45		200
12-14	49	60		300	50	60		300
15-18	55	65		300	55	65		300
19-29	50	60		400	50	60		400
30-49	50	60		400	50	60		400
50-64	50	60		400	50	60		400
65-74	50	60		400	50	60		400
75+	50	60		400	50	60		400
Pregnant	+3	+4		400	+3	+4		400
Lactation	+9	+10		400	+9	+10		400

KDRIs, Dietary Reference Intakes for Koreans; EAR, estimated average requirement; RNI, recommended nutrient intake; AI, adequate intake; UL, tolerable upper intake level.

<sup>1)</sup>Revised in the 2020 Dietary Reference Intake for Koreans (KDRIs).

2020년 셀레늄 섭취기준 설정과 근거를 연령별로 보면, 영아는 셀레늄 섭취량에 관한 자료가 없어 0-5개월까지 영아 전기에는 한국인 모유의 평균 셀레늄 농도 11.0 µg/L (1.055 µg/dL) [35,36]와 평균 모유 섭취량을 780 mL/일로 적용하여 9 µg/일을 영아의 모유를 통한 셀레늄 섭취량으로 설정하였다. 영아 후기인 6-11개월은 영아 전기의 충분섭취량에 대사체중에 기초한 외삽방법을 사용해서 12 µg/일로 설정하였다. 1-18세의 유아, 아동 및 청소년에서도 셀레늄의 평균필요량을 설정하기 위한 근거가 충분하지 않아, 대사체중과 성장계수를 고려하여 성인의 평균섭취량에서 외삽하여 산정하였다. 30세 이상의 성인은 연령 증가에 따라 기준체중이 감소하였지만 나이 증가에 따른 산화스트레스가 증가함을 고려하여 19-29세 기준을 그대로 사용하였다. 노인기 (65세 이상)는 노화에 따른 인체 셀레늄 수준의 감소와 산화스트레스의 증가 및 각종 만성 질환의 위험 증가를 고려하여 체중 감소를 고려하지 않고 성인과 동일한 평균필요량과 권장섭취량으로 설정하였다. 임신기의 셀레늄 필요량은 태아에게 셀레노프로테인을 포화시킬 수 있는 수준의 셀레늄을 축적할 수 있어야 하는데, 임신기 동안 태아는 체중 1kg당 250 µg의 셀레늄을 축적한다는 보고 [37]를 근거로, 3.4 kg의 태아는 850 µg의 셀레늄을 보유하게 되며, 이 양을 임신기간 280일로 나누어 1일 3 µg/일을 임신부의 하루 추가 필요량으로 산정하였다. 권장섭취량은 개인 변이계수 10%를 적용하여 4 µg/일을 각 연령별 권장섭취량에 추가하는 것을 권장하였다. 수유부의 1일 셀레늄 추가필요량은 우리나라 모유의 평균 셀레늄 농도 11.0 µg/L [38,39]와 하루 모유 분비량 780 mL/일을 적용하여 9.0 µg/일을 수유부의 추가필요량으로 설정하였다.

셀레늄의 만성질환 예방을 위한 목표량은 셀레늄 섭취량과 암, 심장질환, 갑상선질환, 골관절염 등의 질병 발생과 관련성이 있지만, 이러한 질병의 위험 감소와 관련한 증거가 아직 충분하지 않으므로 설정하지 않았다.

셀레늄 상한섭취량의 설정에 적용할 수 있는 셀레늄의 과잉 섭취에 의한 유해 영향은 새로운 연구 자료가 제시되지 않아 2015년도 기준과 같이 영아를 제외한 모든 연령에서 Yang 등 [40]의 연구결과에 따라 0.85 mg/일 (0.014 mg/kg체중)을 최대무해용량으로 정하고 불확실계수 2.0을 적용하여, 한국 성인의 셀레늄 상한섭취량은 400 µg/일로 결정하였다. 임신부와 수유부는 상한섭취량을 설정할 만한 추가 근거가 없어 성인의 기준을 그대로 적용하였다. 영아기 (1세 미만)는 Yang 등 [40]의 연구결과에 따라 7.5 µg/kg 체중/일을 최대무해용량으로 설정하고, 체중을 곱하고 불확실계수 1을 고려하였다. 즉, 영아의 셀레늄 상한섭취량은 0-5개월은 40 µg/일, 6-11개월은 65 µg/일로 결정하였다. 유아, 아동 및 청소년의 셀레늄 상한섭취량은 성인의 상한섭취량에 남자 성인 기준체중에 대한 유아의 기준체중비를 적용하여 계산하였다.

## 한국인의 셀레늄 섭취 수준

우리나라에서 셀레늄의 영양적 측면의 연구는 활발한 편은 아니다. 한국인의 셀레늄 섭취량에 대한 보고도 많지 않으며 연구마다 다양한 결과를 보인다. Oh와 Jo [38]는 성인의 하루 셀레늄 섭취량이 42 µg/일이라고 보고하였다. 셀레늄의 하루 섭취량이 경기도 여주지역은 36.3 µg/일, 서울의 강북구지역은 45.7 µg/일, 인천지역은 41.9 µg/일, 강원도 양양지역은 43.8 µg/일을 섭취하는 것으로 지역에 따른 차이가 보고된 바 있다 [40]. 또한 Kim과 Lim [7]은 전북 지역 젊은 여성에서 섭취한 음식을 직접 분석한 결과 셀레늄 섭취량이 41.9 µg/일이라고 보고하였다. 65-74세 노인의 하루 셀레늄 섭취량이 남자 118.3 µg/일, 여자 102.1 µg/일로 보고되어 성인의 섭취량 결과에 비해 높은 것으로 나타났다 [41]. 성장기 어린이와 청소년의 셀레늄 섭취량에 대한 보고는 매우 부족하며, 초등학교생의 혈청 셀레늄 수준이 41.7 µg/dL라는 보고로 미루어 높은 섭취 상태일 것으로 유추할 수 있다 [6]. 최근 대학 여자 운동선수에 대한 연구에서, 일반 여성의 평균 하루 섭취량은 84 µg/일이나 여자 운동선수의 경우 100 µg/일 이상의 섭취를 보였고 [17], 서울·경기도에 거주하는 21-69세 대상의 연구에서 육류를 통한 셀레늄 섭취량은 남자 28.7 µg/일, 여자 27.6 µg/일로 보고되었다 [42]. 이와 같이 최근 우리 국민의 셀레늄 섭취량은 증가하는 경향을 보이지만, 연구에 따라 섭취량 수준의 차이가 크다. 이는 식생활 패턴, 토양의 셀레늄 함량, 식품 셀레늄의 분석 방법 및 식사조사 방법에 따라 셀레늄 섭취량이 다르게 평가되기 때문으로 생각된다 [42,43].

## 권장식단의 셀레늄 함량 평가를 통한 셀레늄 데이터베이스 검토

셀레늄을 직접 분석하고 평가하기에는 시간과 전문성이 많이 필요하므로 한국인의 셀레늄 섭취량 평가를 활성화시키기 위해서는 식품의 셀레늄 함량 데이터베이스가 충분히 지원되어야 한다. 식품의 셀레늄 데이터베이스의 현황을 파악하고자, 2020 한국인 영양소 섭취기준 활용 [44]에서 제안하는 권장식사패턴을 활용한 연령별 권장식단을 영양평가용 프로그램

(CAN-Pro; The Korean Nutrition Society, Seoul, Korea) [45]을 이용하여 각 식단의 셀레늄 함량을 분석한 결과는 **Table 2**와 같다. 연령별 권장식단 12개의 셀레늄 함량은 1-2세 식단은 52.38  $\mu\text{g}$ , 3-5세 식단은 63.17  $\mu\text{g}$ , 6세 이상의 식단에서는 92.22-155.92  $\mu\text{g}$ 을 함유하고 있어, 연령별 권장섭취량보다 높아 권장식단의 셀레늄의 영양소 적정섭취비율 (nutrient adequacy ratio, NAR)이 1.33-2.64로 다양하게 높게 나타났다. 권장식단의 셀레늄 함량을 성별, 연령별 식단에 대해 평가해보면, 남성 권장식단의 셀레늄 함량은 높은 경향을 보였고, 여성 권장식단의 셀레늄 함량은 낮은 경향을 보였으며, 특히 19세 이상 여성 식단의 셀레늄 함량이 다른 연령의 권장식단에 비해 낮게 나타났다. 권장식단이 셀레늄에 대하여 맞춤 제안된 식단은 아니지만, 일반적으로 한국인의 식습관에서 권장하는 식단이라는 측면에서 볼 때, 권장식단이 2020 한국인 영양소 섭취기준의 셀레늄을 충분히 섭취할 수 있는 식단이라는 점은 한국인이 일상적으로 균형식을 한다면 셀레늄의 영양상태는 큰 문제가 없을 것으로 추측된다.

그러나 이와 같이 권장식단의 셀레늄 함량을 평가하기 위하여 영양평가용 프로그램을 사용하는 데 있어서, 현재 영양평가용 프로그램 (CAN-Pro 5.0)의 음식 데이터베이스에는 특정 식품의 셀레늄 함량이 없어 권장식단의 셀레늄 함량이 낮게 평가되었다. 이는 음식 데이터베이스에 들어간 식품 중에 셀레늄 함량의 입력 유무의 차이 때문인 것으로 나타났는데, 예를 들어, 백미, 현미, 보리, 밥 등 주요식품에서 셀레늄 함량의 입력이 빠진 것이 많아, 음식 데이터베이스 선택 시 주요 식품의 셀레늄 함량의 유무를 확인하고 음식 데이터베이스에서 해당 식품을 셀레늄 데이터베이스가 있는 식품으로 수정하는 작업을 해야 한다. 권장식단의 각 음식에서 셀레늄 데이터베이스에 미포함된 식품의 가짓수는 **Table 2**와 같이 13-21가지이었다. 그 중 권장식단에서 해당 식품의 분량이 작아 영향을 미치지 않는 식품도 있지만, 한국인의 주요 식품이고 권장식단 중 여러 식단에 포함되는 식품 (김치 [배추김치, 백김치, 열무김치 등], 표고버섯, 사과, 숙주나물, 시금치, 아욱, 참기름, 참깨, 깨소금, 된장, 콩기름 등)에 대해서는 데이터를 새로 넣거나, 같은 식품에서 셀레늄 분석치가 있는 식품코드로 음식DB를 수정하는 등의 데이터베이스에 대한 전반적인 검토가 필요한 것으로 나타났다. 예를 들면, CAN-Pro 5.0에서 멍쌀의 DB가 17가지 종류가 있는데, 셀레늄 함량은 그 중 2개의 멍쌀에 입력되어 있어 음식 데이터베이스에서 멍쌀의 셀레늄 데이터의 포함 유무를 확인하지 않는다면, 셀레늄

**Table 2.** Selenium contents of recommended menus of 2020 KDRIs

Age	Selenium content ( $\mu\text{g}$ )	NAR	Foods without a selenium database
<b>Children (yrs)</b>			
1-2	52.38	2.28	Shiitake mushroom, white kimchi, mung bean sprout, etc. (15) <sup>3)</sup>
3-5	63.17	2.53	Pork, quail egg, kiwi, etc. (15)
<b>Male (yrs)</b>			
6-11	103.40	2.63	Shiitake mushroom, cabbage kimchi, tofu, etc. (13)
12-18	136.79	2.19	Tofu, fish cake, spinach, etc. (18)
19-64	155.92	2.60	Cod, bracken, acorn jelly, etc. (21)
65-74	92.22	1.54	Sorghum, cabbage kimchi, shiitake mushroom, etc. (16)
75+	112.87	1.88	Fish cake, water dropwort, perilla leaf, etc. (16)
<b>Female (yrs)</b>			
6-11	94.72	2.41	Bread, kiwi, cabbage kimchi, etc. (15)
12-18	102.84	1.65	Kalguksu, pumpkin, apple, etc. (17)
19-64	79.71	1.33	Sorghum, tofu, broccoli, etc. (16)
65-74	93.45	1.56	Pimpinella brachycarpa (charm-namul), anchovy, crown daisy, etc. (14)
75+	82.05	1.37	Sorghum, spinach, mallow, etc. (14)

KDRIs, Dietary Reference Intake for Koreans; NAR, nutrient adequacy ratio.

<sup>3)</sup>Number of foods without a selenium database.

의 섭취량은 과소평가될 수 있는 우려가 있다. 따라서 우리나라 국민의 다빈도 주요식품에 대해서는 영양평가용 프로그램의 셀레늄 데이터베이스를 점검해야 할 필요성이 크게 요구되었다. 현재 CAN-Pro 5.0의 음식 데이터베이스에서 한국인의 다빈도식품의 셀레늄 함량 분석치의 입력 유무를 일반 사용자가 일일이 확인하기는 쉽지 않다. 따라서 영양평가용 프로그램의 셀레늄 데이터베이스에 대한 전반적인 검토가 필요하다. 또한 현재 한국에서 사용 가능한 식품성분표에서 셀레늄 함량 분석 데이터가 있는 식품의 목록이나 식품 수를 파악하기는 어렵지만, 한국인의 주요 식품에 대한 셀레늄 함량의 데이터베이스 구축은 좀더 활발하게 이루어져야 하겠다.

## 향후 셀레늄 KDRI 개정에 관한 제언

셀레늄의 2020 한국인 영양소 섭취기준 [34]의 제정 과정과 2020 한국인 영양소 섭취기준 활용 [44]에서 제안하는 권장식단의 셀레늄 함량 평가를 통한 식품의 셀레늄 데이터베이스에 대한 검토를 종합하여 셀레늄의 한국인 영양소 섭취기준의 향후 발전을 위해서 다음과 같은 제안을 하고자 한다. 첫째, 한국인 대상의 셀레늄 중재연구가 필요하다. Xia 등 [32]의 중국인 대상 연구 결과를 지표로 사용하는 것보다는 한국 성인 대상의 셀레노프로테인 p 수준이 최대를 보이는 셀레늄 섭취량을 평가하는 것이 필요하다. 둘째, 식품의 셀레늄 함량에 대한 정확한 데이터베이스의 구축과 식품의 셀레늄 분석을 활성화시켜야 한다. 셀레늄 함량은 식품이 생산된 지역 토양의 셀레늄 함량에 따라 많은 차이를 보이는데, 이러한 지형 특성에 의한 식품의 셀레늄 함량 차이가 섭취량 평가에 반영되지 못하는 점, 식품의 셀레늄이 가열 조리 의해 휘발되어 일부가 소실되지만 식품성분표의 분석치에서 식품의 셀레늄의 보존율이 고려되지 않는 점 및 분석방법에 따라 식품의 셀레늄 함량이 차이를 보이는 문제점으로 인하여 표준 식품 영양성분표를 사용하여 계산 평가한 셀레늄 섭취량은 생물학적 셀레늄 수준과 관련성이 다르게 나타나는 경우가 있으므로 [4], 이러한 인과관계에 대한 평가가 필요하다. 그리고 현재 우리가 많이 사용하는 영양평가용 프로그램에서 같은 식품이어도 코드에 따라 셀레늄 분석치가 없는 경우도 있어 셀레늄 섭취량을 평가할 때는 식품의 셀레늄 함량 데이터의 유무를 일일이 확인해야 하므로, 같은 식품에서는 데이터가 일관성 있게 입력 정리되고, 셀레늄 함량 분석 식품수를 증가시켜야 하겠다. 셋째, 셀레늄의 호흡기질환에 대한 면역성 강화 및 염증성 완화 효과에 대한 검증이 필요하고, 셀레늄의 과다 섭취가 오히려 당뇨병이나 인슐린 저항성을 높이며, 산화스트레스를 받는 운동선수는 종목에 따라 섭취량과 인체 수준이 달리 나타난 점을 고려하여 우리나라 국민의 셀레늄 섭취와 체내 생물학적 지표와의 관계를 건강한 일반인뿐만 아니라, 질환자 및 운동선수 등 특수 환경의 대상자에서 규명하는 연구가 필요하다.

## 요약

셀레늄은 산화스트레스 방어 기능으로 인체의 면역기능 유지에 필수적 역할을 하고, 세포의 항산화기능, 면역기능, 갑상선호르몬 조절, 약물이나 중금속 위해에 대한 방어, 만성질환의 위험 감소에 필수 역할을 하는 미량무기질이다. 셀레늄 섭취의 부족은 암, 심혈관질환, 당뇨병, 신경질환, 골관절 및 근육괴사와 약화, 갑상선질환, 염증성 질환 등 다양한 만성적 질환의 위험을 높인다. 본 논문은 2020 한국인 영양소 섭취기준에서 셀레늄의 제정과 개정 근거 기



준에 대해 설명하고, 셀레늄 데이터베이스의 현황과 향후 2025 한국인 영양소 섭취기준 설정을 위한 필요 연구에 대해 논의하였다. 셀레늄의 2020 한국인 영양소 섭취기준은 2015년에 이어 혈장 셀레노프로테인 p 수준이 최대가 되는 셀레늄의 평균필요량을 지표로 사용하였고, 중국인 대상의 보고치에 한국인의 기준체중과 변이계수를 적용하는 방법이 적용되었으며, 2015년에 비해 참고체중치의 변경에 따라 성별, 연령별 셀레늄 섭취기준에서 약간의 개정이 있었다. 향후 셀레늄 섭취기준 설정의 발전을 위해서는 1) 한국인 대상의 혈장 셀레노프로테인 p의 최대수준을 나타내는 셀레늄 섭취량을 파악하기 위한 셀레늄 중재연구가 필요하고, 2) 셀레늄 섭취량 판정의 정확성을 높이기 위한 영양평가 프로그램내 식품 셀레늄 데이터베이스의 검토와 식품의 셀레늄 함량 분석을 확대해야 하며, 3) 국민의 셀레늄 섭취와 체내 생물학적 지표와의 관계를 건강한 일반인뿐만 아니라 질환자 및 운동선수와 같은 특수 환경의 대상자들로 확대하는 연구가 요구된다.

## REFERENCES

1. Sunde RA. Selenium. In: Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR, editors. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
2. Sunde RA. Selenium. In: Coates PM, Betz JM, Blackman MR, Cragg GM, Levine M, Moss J, et al., editors. *Encyclopedia of Dietary Supplements*. 2nd ed. New York, NY: Informa Healthcare; 2010.
3. Choi YS, Hesketh JE. Nutritional biochemistry of selenium. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2006; 35(5): 661-670.  
[CROSSREF](#)
4. Lee O, Moon J, Chung Y. Assessment of selenium status in adult females according to life cycle. *Korean J Nutr* 2003; 36(5): 491-499.
5. Lee O, Moon J, Chung Y. The relationship between serum selenium levels and lipid profiles in adult women. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2003; 49(6): 397-404.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Lee YJ, Jeong EJ, Whang JA, Kim MK, Lee JH, Park TS, et al. A study on the serum concentration of antioxidant-related minerals in normal Koreans. *Korean J Nutr* 1998; 31(3): 324-332.
7. Kim KH, Lim HS. Dietary intakes, serum concentrations, and urinary excretions of Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr of Korean young adult women. *Korean J Nutr* 2006; 39(8): 762-772.
8. Lee O, Chung Y, Moon J. Iron status according to serum selenium concentration and physique in young female adults. *Korean J Nutr* 2010; 43(2): 114-122.  
[CROSSREF](#)
9. Ferreira RL, Sena-Evangelista KC, de Azevedo EP, Pinheiro FI, Cobucci RN, Pedrosa LF. Selenium in human health and gut microflora: bioavailability of selenocompounds and relationship with diseases. *Front Nutr* 2021; 8: 685317.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Vinceti M, Dennert G, Crespi CM, Zwahlen M, Brinkman M, Zeegers MP, et al. Selenium for preventing cancer. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 2014(3): CD005195.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Kohler LN, Florea A, Kelley CP, Chow S, Hsu P, Batai K, et al. Higher plasma selenium concentrations are associated with increased odds of prevalent type 2 diabetes. *J Nutr* 2018; 148(8): 1333-1340.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. Moghaddam A, Heller RA, Sun Q, Seelig J, Cherkezov A, Seibert L, et al. Selenium deficiency is associated with mortality risk from COVID-19. *Nutrients* 2020; 12(7): 2098.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
13. Zhang J, Taylor EW, Bennett K, Saad R, Rayman MP. Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *Am J Clin Nutr* 2020; 111(6): 1297-1299.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
14. Alexander J, Tinkov A, Strand TA, Alehagen U, Skalny A, Aaseth J. Early nutritional interventions with zinc, selenium and vitamin D for raising anti-viral resistance against progressive COVID-19. *Nutrients* 2020; 12(8): 2358.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

15. Bae M, Kim H. The role of vitamin C, vitamin D, and selenium in immune system against COVID-19. *Molecules* 2020; 25(22): 5346.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
16. Kohler LN, Foote J, Kelley CP, Florea A, Shelly C, Chow HS, et al. Selenium and type 2 diabetes: systematic review. *Nutrients* 2018; 10(12): 1924.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Lee OH. Assessment of selenium and zinc status in female collegiate athletes. *J Nutr Health* 2018; 51(2): 121-131.  
[CROSSREF](#)
18. Moon JH, Kim SH, Kim KS, Lee OH. INAA for the evaluation of selenium contents in grain foods consumed by Korean. *J Radioanal Nucl Chem* 2016; 309(1): 337-341.  
[CROSSREF](#)
19. Berry MJ, Larsen PR. The role of selenium in thyroid hormone action. *Endocr Rev* 1992; 13(2): 207-219.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
20. Flohé L. Glutathione peroxidase. *Basic Life Sci* 1988; 49: 663-668.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
21. Brown KM, Arthur JR. Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutr* 2001; 4(2B): 593-599.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Zachara BA. Mammalian selenoproteins. *J Trace Elem Electrolytes Health Dis* 1992; 6(3): 137-151.  
[PUBMED](#)
23. Hill KE, Burk RF. Selenoprotein P: recent studies in rats and in humans. *Biomed Environ Sci* 1997; 10(2-3): 198-208.  
[PUBMED](#)
24. Moghadaszadeh B, Beggs AH. Selenoproteins and their impact on human health through diverse physiological pathways. *Physiology (Bethesda)* 2006; 21(5): 307-315.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Mo D. Pathology and selenium deficiency in Keshin-Beck disease. In: Combs GF, Spallholz JE Jr, Levander OA, Oldfield JE, editors. *Selenium in Biology and Medicine*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold; 1987.
26. Jablonska E, Gromadzinska J, Sobala W, Reszka E, Wasowicz W. Lung cancer risk associated with selenium status is modified in smoking individuals by Sep15 polymorphism. *Eur J Nutr* 2008; 47(1): 47-54.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
27. Rayman MP. Selenium in cancer prevention: a review of the evidence and mechanism of action. *Proc Nutr Soc* 2005; 64(4): 527-542.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. Duffield-Lillico AJ, Dalkin BL, Reid ME, Turnbull BW, Slate EH, Jacobs ET, et al. Selenium supplementation, baseline plasma selenium status and incidence of prostate cancer: an analysis of the complete treatment period of the Nutritional Prevention of Cancer Trial. *BJU Int* 2003; 91(7): 608-612.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
29. Yang GQ, Xia YM. Studies on human dietary requirements and safe range of dietary intakes of selenium in China and their application in the prevention of related endemic diseases. *Biomed Environ Sci* 1995; 8(3): 187-201.  
[PUBMED](#)
30. Lippman SM, Klein EA, Goodman PJ, Lucia MS, Thompson IM, Ford LG, et al. Effect of selenium and vitamin E on risk of prostate cancer and other cancers: the Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT). *JAMA* 2009; 301(1): 39-51.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
31. Peters U, Foster CB, Chatterjee N, Schatzkin A, Reding D, Andriole GL, et al. Serum selenium and risk of prostate cancer—a nested case-control study. *Am J Clin Nutr* 2007; 85(1): 209-217.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
32. Xia Y, Hill KE, Li P, Xu J, Zhou D, Motley AK, et al. Optimization of selenoprotein P and other plasma selenium biomarkers for the assessment of the selenium nutritional requirement: a placebo-controlled, double-blind study of selenomethionine supplementation in selenium-deficient Chinese subjects. *Am J Clin Nutr* 2010; 92(3): 525-531.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
33. Korean Nutrition Society. *Korean Recommended Dietary Allowances*. Seoul: Korean Nutrition Society; 2015.
34. Korean Nutrition Society. *2020 Dietary Reference Intakes for Koreans*. Seoul: Korean Nutrition Society; 2020.
35. Yang HR. Study on the contents of selenium and zinc in human milk. *Korean J Nutr* 1995; 28(9): 872-879.
36. Moon SJ, Kang JS, Lee MJ, Lee JH, Ahn HS. A longitudinal study of micro-mineral concentrations in human milk. *Korean J Nutr* 1995; 28(7): 620-628.

37. Schroeder HA, Frost DV, Balassa JJ. Essential trace metals in man: selenium. *J Chronic Dis* 1970; 23(4): 227-243.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
38. Oh SH, Jo UY. Distribution of selenium content among Korean and Korean foods. *Korean J Nutr* 1983; 16(3): 185-192.
39. Yang HR. Study of the dietary selenium intake and selenium status of Korean women [dissertation]. Seoul: Dankook University; 2003.
40. Yang G, Yin S, Zhou R, Gu L, Yan B, Liu Y, et al. Studies of safe maximal daily dietary Se-intake in a seleniferous area in China. Part II: relation between Se-intake and the manifestation of clinical signs and certain biochemical alterations in blood and urine. *J Trace Elem Electrolytes Health Dis* 1989; 3(3): 123-130.  
[PUBMED](#)
41. Kwak EH, Lee SL, Yoon JS, Lee HS, Kwon CS, Kwun IS. Macronutrient, mineral and vitamin intakes in elderly people in rural area of north Kyungpook province in South Korea. *Korean J Nutr* 2003; 36(10): 1052-1060.
42. Moon JH, Kim SH, Chung YS, Lee O. Application of instrumental neutron activation analysis to assess dietary intake of selenium in Korean adults from meat and eggs. *J Radioanal Nucl Chem* 2015; 303(2): 1561-1564.  
[CROSSREF](#)
43. Willett W. Food and nutrients. In: Willett W, editor. *Nutritional Epidemiology*. New York, NY: Oxford University Press; 1990.
44. Korean Nutrition Society. 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: Application. Seoul: Korean Nutrition Society; 2022.
45. Korean Nutrition Society. Computer Aided Nutritional Analysis Program 5.0. Seoul: Korean Nutrition Society; 2022.