



**VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS**

Medicinos studijų programa

Reumatologijos, ortopedijos – traumatologijos ir rekonstrukcinės chirurgijos klinika

Klinikinės medicinos institutas

Izabelė Jūraitytė, VI kursas, VII grupė

VIENTISŲJŲ STUDIJŲ MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Jodo ir seleno svarba žmogaus mityboje

Importance of Iodine and Selenium in Human Nutrition

Darbo vadovas

doc. dr. Lina Zabulienė

Katedros vadovas

prof. dr. (HP) Irena Butrimienė

Vilnius, 2026

Studento elektroninio pašto adresas: izabele.juraityte@mf.stud.vu.lt

TURINYS

TURINYS	2
1 SANTRUMPOS.....	4
2 SANTRAUKA.....	5
3 SUMMARY	6
4 ĮVADAS.....	8
5 TYRIMO METODIKA	9
5.1 TYRIMO TIPAS	9
5.2 LITERATŪROS PAIEŠKOS METODAI	9
5.3 STRAIPSNIŲ ĮTRAUKIMO IR ATMETIMO KRITERIJAI	9
5.4 DUOMENŲ PAIEŠKOS STRATEGIJA	10
6 LITERATŪROS APŽVALGA	10
6.1 JODO BIOLOGINIS VAIDMUO IR SVARBA ŽMOGAUS ORGANIZMUI	10
6.1.1 Jodo atradimas ir jo funkcijos žmogaus organizme nustatymas	10
6.1.2 Jodo cheminės ir biologinės savybės	10
6.1.3 Jodo fiziologinis vaidmuo	11
6.1.4 Jodo paros poreikis ir rekomenduojamos normos	11
6.1.5 Rekomenduojamos jodo paros normos suaugusiems ir vaikams	11
6.1.6 Jodo papildų rekomendacijos	12
6.1.7 Rizikos grupės asmenys ir jų jodo paros poreikis	13
6.1.8 Leistinos viršutinės suvartojamo jodo ribos	14
6.1.9 Jodo trūkumas ir perteklius	14
6.1.10 Jodo matavimas	16
6.2 SELENO BIOLOGINIS VAIDMUO IR REIKŠMĖ ŽMOGAUS ORGANIZMUI	16
6.2.1 Seleno atradimas ir jo funkcijos žmogaus organizme nustatymas	16
6.2.2 Organinės ir neorganinės seleno formos	16
6.2.3 Geografiniai seleno skirtumai.....	17
6.2.4 Seleno biologinis prieinamumas iš maisto	17
6.2.5 Seleno metabolizmas ir homeostazė	17

6.2.6	Seleno fiziologinės funkcijos	18
6.2.7	Seleno poreikis ir skydliaukės veikla.....	18
6.2.8	Seleno poveikis imuninės sistemos veiklai	19
6.2.9	Selenas ir kaulų bei raumenų sveikata	20
6.2.10	Selenas ir sunkiai sergantys pacientai.....	21
6.2.11	Selenas ir kognityvinė funkcija	21
6.3	SELENO PAROS POREIKIS IR REKOMENDUOJAMOS NORMOS	21
6.3.1	Rekomenduojama seleno paros norma	21
6.3.2	Rizikos grupės seleno trūkumui ir jų seleno poreikis	23
6.3.3	Viršutinė toleruotina seleno riba.....	23
6.3.4	Seleno trūkumas ir perteklius	23
6.3.5	Keshan liga, Kashin-Beck liga	24
6.3.6	Lėtinis seleno trūkumas	25
6.3.7	Selenozės klinikiniai požymiai	25
6.4	JODO IR SELENO TARPUSAVIO SĄVEIKA	26
6.5	JODO IR SELENO ŠALTINIAI MITYBOJE	26
6.5.1	Jodo šaltiniai maisto produktuose.....	26
6.5.2	Seleno šaltiniai maisto produktuose	29
6.5.3	Seleno papildai	32
6.6	JODU IR SELENU PRATURTINTI BEI FUNKCINIAI MAISTO PRODUKTAI	33
6.6.1	Praturtinimas jodu.....	33
6.6.2	Praturtinimas selenu.....	36
6.6.3	Praturtinimas jodu ir selenu.....	37
6.7	EPIDEMIOLOGINIAI ASPEKTAI.....	38
7	REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	39
7.1	Jodo ir seleno stokos paplitimas ir rizikos grupės.....	39
7.2	Biologinė jodo ir seleno svarba ir jų sinergija	40
7.3	Toksiškumas ir saugios mikroelementų suvartojimo ribos	40
7.4	Prevencijos strategijos	41
8	REKOMENDACIJOS	41

9	IŠVADOS	42
10	PADEKA.....	43
11	LITERATŪROS SĄRAŠAS	43

1 SANTRUMPOS

AI – pakankamas suvartojimas (angl. – *adequate intake*)

ATPO – antikūnai prieš skydliaukės peroksidazę (angl. – *thyroid peroxidase antibodies*)

DIO – jodtironinų deiodinazė (angl. – *iodothyronine deiodinase*) –

DRI – referencinė maistinių medžiagų suvartojimo norma (angl. – *dietary reference intake*)

EFSA – Europos maisto saugos tarnyba (angl. – *European Food Safety Authority*)

GPx — glutationo peroksidazė (angl. – *glutathione peroxidase*)

IDD – jodo trūkumo sutrikimai (angl. – *iodine deficiency disorders*)

NRV – referentinė maistinė vertė (angl. – *nutrient reference value*)

OA – osteoartritas (angl. – *oesteoarthritis*)

PSO – Pasaulio sveikatos organizacija (angl. – *World Health Organization*)

RDA – rekomenduojama paros norma (angl. – *recommended dietary allowance*)

RDI – rekomenduojama paros norma (angl. – *recommended daily intake*)

ROS – reaktyviosios deguonies formos (angl. – *reactive oxygen species*)

T3 – trijodtironinas (angl. – *triiodothyronine*)

T4 – tiroksinas (angl. – *thyroxine*)

TrxR1 – tioredoksino reduktazė (angl. – *thioredoxin reductase 1*)

TSH – tireotropinis hormonas (angl. – *thyroid – stimulating hormone*)

TT4 – bendras tiroksinas (angl. – *total thyroxine*)

FT4 – laisvasis tiroksinas (angl. – *free thyroxine*)

UIC – šlapimo jodo kiekis (angl. – *urinary iodine concentration*)

UIE – jodo išsiskyrimas su šlapimu per parą (angl. – *urinary iodine excretion*)

UL – didžiausias leistinas suvartojimo lygis (angl. – *tolerable upper intake level*)

UNICEF – Jungtinių Tautų vaikų fondas (angl. – *United Nations Children’s Fund*)

ICCIDD – Tarptautinė jodo trūkumo sutrikimų kontrolės taryba (angl. *International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders*)

UI/Cr – šlapimo jodo ir kreatinino santykis (angl. *urinary iodine-to-creatinine ratio*)

USE/Cr – šlapimo seleno ir kreatinino santykis (angl. *urinary selenium-to-creatinine ratio*)

SMD – standartizuotas vidurkių skirtumas (*angl. standardized mean difference*)

2 SANTRAUKA

Problemos aktualumas: Jodas ir selenas yra mikroelementai, svarbūs augimui bei vystymuisi, skydliaukės hormonų gamybai, imuninės sistemos veiklai ir antioksidaciniais procesams. Labai svarbu užtikrinti pakankamą šių mikroelementų suvartojimą su maistu, todėl yra taikomos įvairių maisto produktų praturtinimo programos, pavyzdžiui, valgomosios druskos praturtinimas jodu ir arbatos praturtinimas selenu. Nepaisant visuomenės ir sveikatos priežiūros darbuotojų švietimo apie šių mikroelementų svarbą ir trūkumo žalą ir prevencijos programų įgyvendinimą, nepakankamas jodo ir seleno suvartojimas vis dar išlieka aktuali problema rizikos grupių asmenims – mažamečiams vaikams, nėščiosioms ir besilaikantiems augalinės mitybos dietų. Taip pat svarbi gyvenamoji vieta, nes jodo ir seleno trūkumas nevienodai paveikia skirtingų geografinių vietovių gyventojus.

Darbo tikslas: Išanalizavus mokslinę literatūrą nustatyti jodo ir seleno svarbą žmogaus organizmo funkcijoms, jų stokos paplitimą ir prevencijos strategijas.

Uždaviniai: 1. Nustatyti jodo ir seleno nepakankamo suvartojimo paplitimą, rizikos grupes jodo ir seleno trūkumui pasireikšti ir šių mikroelementų trūkumo padarinius visuomenei. 2. Įvertinti jodo ir seleno veikimo mechanizmus žmogaus organizme ir jų sąveiką. 3. Apibendrinti jodo ir seleno kiekio žmogaus organizme ir populiacijoje vertinimo metodus 4. Nustatyti individualias ir populiacines jodo ir seleno trūkumo prevencijos priemones ir jų efektyvumą.

Medžiaga ir metodai. Mokslinės literatūros paieška atlikta tarptautinėje medicinos duomenų bazėje PubMed. Paieškai buvo naudojami raktiniai žodžiai anglų kalba ir jų kombinacijos: *iodine AND selenium, iodine and selenium functions, iodine deficiency, selenium deficiency, iodine AND thyroid function, selenium AND thyroid functions. iodine status assessments, iodine AND pregnancy OR pregnant woman, selenium AND pregnancy OR pregnant woman, maternal iodine status, universal salt iodization AND iodine deficiency, iodine fortification, iodine intake, selenium AND selenoproteins*. Buvo įtraukti moksliniai straipsniai, parašyti anglų kalba, atitinkantys darbo tikslą ir juose cituojami šaltiniai. Taip pat buvo remtasi jodo ir seleno suvartojimo ir kiekio maiste gairėmis, Lietuvos teisės aktais.

Rezultatai. Į galutinę literatūros analizę buvo įtraukta kriterijus atitinkančios 53 publikacijos. Analizuoti literatūros šaltiniai rodo, kad apie 30–50% Europos gyventojų vis dar suvartoja nepakankamai jodo. Ypač didelė rizika pastebima veganų grupėje, kur jodo suvartojimas gali būti net 50–70% mažesnis nei visavalgių, nes jie atsisako pagrindinių jodo šaltinių – pieno produktų ir jūros gėrybių. Atlikta literatūros

analizė parodė svarbią jodo ir seleno sinergiją – seleno trūkumas gali apriboti jodo vartojimo ar net terapijos efektyvumą, nes seleno fermentai (jodtironino dejodinazės) yra būtini T4 pavertimui į aktyvų hormoną T3. Nustatyta, kad patikimiausias jodo būklės rodiklis populiacijoje yra jodo kiekis šlapime (angl., – *urinary iodine concentration, UIC*), kai mediana mažiau nei 100 µg/l rodo jodo trūkumą populiacijos lygmeniu. Seleno būklei vertinti dažniausiai naudojama selenoproteino P kiekis serume nustatymas.

Išvados: Jodo deficitas išlieka aktualus Europoje, ypač nėščiosioms ir augalinės mitybos besilaikantiems asmenims. Seleno deficitas dažniausiai nustatomas regionuose, kurių dirvožemyje mažai seleno. Jodas ir selenas skydliaukės hormonų apykaitą veikia sinergistiškai. Patikimiausias populiacinis jodo būklės rodiklis yra jodo kiekio šlapime mediana, tačiau individualiam vertinimui šis metodas yra nepakankamas. Seleno būklei vertinti rekomenduojama matuoti ne tik bendrą seleno kiekį, bet ir selenoproteino P kiekį. Universalus druskos jodavimas išlieka efektyviausia ir ekonomiškai naudingiausia populiacinė jodo deficito prevencijos priemonė. Seleno prevencijai efektyviausia priemonė yra trąšų praturtinimas arba tikslinis papildų vartojimas rizikos grupėms.

Raktažodžiai: Jodas, selenas, skydliaukės funkcija, mityba, praturtinimas.

3 SUMMARY

Relevance of the problem: Iodine and selenium are microelements important for growth and development, thyroid hormone production, immune system function and antioxidant processes. Adequate intake of these microelements with food is essential; therefore, various fortification strategies are applied, including iodized salt and selenium-enriched tea. Despite public and healthcare education about the importance of these microelements and the consequences of deficiency, insufficient iodine and selenium intake remains relevant, especially among risk groups – young children, pregnant women and individuals following plant-based diets. Geographical factors are also important, as iodine and selenium deficiency affects populations differently depending on regional soil composition and dietary habits.

Objective of the work: To analyze the scientific literature and determine the importance of iodine and selenium for human body functions, the prevalence of their deficiency and prevention strategies.

Objectives: 1. To determine the prevalence of iodine and selenium deficiency, risk groups and consequences for society. 2. To assess the mechanisms of action of iodine and selenium in the human body and their interaction. 3. To summarize methods for assessing iodine and selenium status in

individuals and populations. 4. To determine individual and population-based prevention measures and their effectiveness.

Material and methods: Scientific literature was searched in the PubMed database using English keywords and their combinations: *iodine AND selenium*, *iodine and selenium functions*, *iodine deficiency*, *selenium deficiency*, *iodine AND thyroid function*, *selenium AND thyroid function*, *iodine status assessment*, *iodine AND pregnancy*, *selenium AND pregnancy*, *maternal iodine status*, *universal salt iodization*, *iodine fortification*, *iodine intake*, *selenium AND selenoproteins*. English-language scientific articles relevant to the aim of the work were included. Guidelines on iodine and selenium intake, food composition data and Lithuanian legislation were also used.

Results: In total, 53 publications meeting the criteria were included in the final literature analysis. The analyzed sources show that about 30–50% of the European population still has insufficient iodine intake. A particularly high risk is observed among vegans, whose iodine intake may be 50–70% lower than that of omnivores due to the exclusion of major iodine sources such as dairy products and seafood. The literature analysis showed an important interaction between iodine and selenium: selenium deficiency may reduce the effectiveness of iodine intake, as selenium-containing enzymes, particularly iodothyronine deiodinases, are necessary for the conversion of T4 into the active hormone T3. The most reliable population-level indicator of iodine status is urinary iodine concentration (UIC), with a median below 100 µg/L indicating iodine deficiency. Serum selenoprotein P concentration is most often used to assess selenium status.

Conclusions: Iodine deficiency remains relevant in Europe, especially among pregnant women and individuals following plant-based diets. Selenium deficiency is more common in regions with low selenium content in soil. Iodine and selenium have a synergistic role in thyroid hormone metabolism. Median urinary iodine concentration is the most reliable population-level indicator of iodine status, although it is insufficient for individual assessment. Selenium status should be assessed not only by total selenium concentration but also by selenoprotein P. Universal salt iodization remains the most effective and cost-efficient population-based measure for iodine deficiency prevention, while selenium deficiency prevention may include fertilizer enrichment, selenium-enriched tea or targeted supplementation in risk groups.

Keywords: Iodine, selenium, thyroid function, nutrition, fortification.

4 ĮVADAS

Darbo aktualumas ir naujumas: Lietuva vis dar yra jodo trūkumo zonoje, nors Lietuva nuo 2005 m. vykdo privalomą druskos jodavimo programą (maistinė druska turi būti joduota), tačiau seleno klausimas paliktas individualiam pasirinkimui (1). Šiaurės Europoje, įskaitant Lietuvą, Latviją ir Estiją, dėl tradiciškai mažo seleno kiekio dirvožemyje žmonių mityboje trūksta mikroelemento seleno (2). Žmogui reikalingas nedidelis mikroelementų kiekis – jie sudaro mažiau nei 0,01% žmogaus kūno masės (3), tačiau jų poveikis sveikatai yra labai svarbus (4). Esminiai mikroelementai yra cinkas (Zn), chromas (Cr), jodas (I) selenas (Se), kobaltas (Co), molibdenas (Mb), varis (Cu) (3).

Viena iš svarbiausių mikroelementų funkcijų yra normali fermentų ir hormonų, užtikrinančių normalų vystymąsi ir augimą, sintezė (3,4). Mikroelementai taip pat yra reikalingi humoraliniam ir ląsteliniam imuniniam atsakui, atsistatymui po ligų (3). Mikroelementai yra svarbi mitybos dalis tiek sveikiems asmenims, tiek sergantiesiems, tačiau sveikatos priežiūros specialistai stokoja žinių apie mikroelementų svarbą ir trūkumo padarinius (5). Kita vertus, jie gali būti ir toksiški. Pasisavinimas ir kaupimas žmogaus organizme lemia, ar jų daromas poveikis yra toksiškas, ar naudingas (3).

Mikroelementų trūkumas, ypač jodo, geležies ir cinko, yra vadinamas apibendrintu pasauliniu mikroelementų trūkumu (angl. – *Generalized Global Micronutrient Deficiencies*) (6). Nors jodo ir seleno poreikis matuojamas mikrogramais (μg), jų deficitas sukelia sisteminius sutrikimus. Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) duomenimis, jodo trūkumas išlieka pagrindine išvengiamo protinio atsilikimo priežastimi pasaulyje, o seleno trūkumas tiesiogiai siejasi su padidėjusia autoimuninių skydliaukės ligų (pvz., lėtinio autoimuninio tiroidito) rizika. Rekomenduojama paros norma (RPN) suaugusiajam yra apie 150 μg jodo ir 55–70 μg seleno, tačiau nėštumo metu jodo poreikis išauga iki 250 μg, todėl ši grupė tampa itin pažeidžiama (7,8). Dažniausiai mikroelementų trūkumą lemia per mažas suvartojimas arba sutrikusi absorbcija, ligos, fiziologiniai pokyčiai – nėštumas, maitinimas krūtimi ir padidėjęs mikroelementų poreikis dėl amžiaus (6). Kartais mikroelementų stoka pasireiškia nespecifiniais simptomais, mažina gyvenimo kokybę, darbingumą ir mokymosi rezultatus (4). Mikroelementų stoka gali paveikti psichinę ir motorinę vystymąsi, o reprodukcinio amžiaus moterims lemti savaiminį persileidimą, vaisiaus vystymosi anomalijas (6).

Daugelio mikroelementų trūkumo atvejų galima išvengti šviečiant visuomenę apie mitybą ir į maisto racioną įtraukiant kuo įvairesnių produktų, o nesant galimybių užtikrinti visavertės mitybos – pradėti vartoti maisto papildus. Taip pat yra vykdomos maisto produktų praturtinimo papildomomis maistinėmis medžiagomis programos. Viena iš jų – maistui skirtos druskos jodavimas (4,9). Pasak UNICEF, 66%

pasaulio namų ūkio turi prieigą prie joduotos druskos (4). Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) kartu su Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacija (angl. – Food and Agriculture Organization of the United Nations) sudarė pasaulinę mikroelementų duomenų bazę tam, kad spręstų endeminio mikroelementų trūkumo klausimus ir maisto produktų praturtinimą maistinėmis medžiagomis (5).

Darbo tikslas: Išanalizavus mokslinę literatūrą nustatyti jodo ir seleno svarbą žmogaus organizmo funkcijoms, jų stokos paplitimą ir prevencijos strategijas.

Uždaviniai: 1. Nustatyti jodo ir seleno nepakankamo suvartojimo paplitimą, rizikos grupes jodo ir seleno trūkumui pasireikšti ir šių mikroelementų trūkumo padarinius visuomenei. 2. Įvertinti jodo ir seleno veikimo mechanizmus žmogaus organizme ir jų sąveiką. 3. Apibendrinti jodo ir seleno kiekio žmogaus organizme ir populiacijoje vertinimo metodus 4. Nustatyti individualias ir populiacines jodo ir seleno trūkumo prevencijos priemones ir jų efektyvumą.

5 TYRIMO METODIKA

5.1 TYRIMO TIPAS

Atlikta išplėstinė literatūros apžvalga (naratyvioji)

5.2 LITERATŪROS PAIEŠKOS METODAI

Literatūros paieška atlikta vadovaujantis Center of Evidence based medicine paieškos strategija (Evidence) . Pagrindinių straipsnių buvo ieškoma medicinos duomenų bazės MEDLINE internetiniame tinklapyje Pubmed, naudojant šiuos raktinius žodžius ir jų derinius: *iodine AND selenium, iodine and selenium functions, iodine deficiency, selenium deficiency, iodine AND thyroid function, selenium AND thyroid functions. iodine status assessments, iodine AND pregnancy OR pregnant woman, selenium AND pregnancy OR pregnant woman, maternal iodine status, universal salt iodization AND iodine deficiency, iodine fortification, iodine intake, selenium AND selenoproteins*. Paskutinė paieška atlikta 2026 m. gegužės 1 d.

5.3 STRAIPSNIŲ ĮTRAUKIMO IR ATMETIMO KRITERIJAI

Įtraukimo kriterijai:

1. Nuo 2015 metų publikuoti moksliniai straipsniai „PubMed” duomenų bazėje
2. Moksliniai straipsniai anglų kalba.

3. Prieiga prie pilno publikacijos teksto.
4. Nagrinėjamas jodo ir (ar) seleno svarba žmogaus organizmui
5. Analizuojamas jodo ir seleno trūkumo paplitimas, rizikos grupės, prevencija ir trūkumo padariniai
6. Taip pat naudoti oficialūs draugijų ir organizacijų puslapiai ir gairės

5.4 DUOMENŲ PAIEŠKOS STRATEGIJA

Publikacijų atranka vykdyta trimis etapais. Pirmojo etapo metu buvo perskaityti straipsnių pavadinimai ir pašalinti dublikatai. Antrojo etapo metu vertinti straipsnių pavadinimai ir santraukos. Trečiojo etapo metu analizuotas visas publikacijos tekstas.

6 LITERATŪROS APŽVALGA

6.1 JODO BIOLOGINIS VAIDMUO IR SVARBA ŽMOGAUS ORGANIZMUI

6.1.1 Jodo atradimas ir jo funkcijos žmogaus organizme nustatymas

Jodą 1811 m. beveik vienu metu atrado prancūzų chemikai Bernard Courtois, Louis – Joshep Gay- Lussac ir britų chemikas Humphry Davy. Suaugusio žmogaus sveikoje skydliaukėje yra apie 12–16 mg jodo (0,5–1 mg jodo/g skydliaukės), jodas yra kaupiamas jodido pavidalu. Daugumoje maisto produktų ir gėrimų natūraliai jodo yra mažai, o joduota druska, pieno produktai, duona ir maistas su joduota druska, jūros gėrybės, jūros žuvis ir jūros dumbliai, taip pat kiaušiniai, yra pagrindiniai jodo šaltiniai (10).

6.1.2 Jodo cheminės ir biologinės savybės

Jodas yra cheminis elementas, kuris jodido formoje yra absorbuojamas plonojoje žarnoje (6,11). Jodido absorbcija sumažėja, kai geriamajame vandenyje yra huminių rūgščių, taip pat dėl maiste ir vandenyje esančių tiocianatų, izotiocianatų, nitratų, fluoridų, kalcio, magnio ir geležies (11).

Didžioji absorbuoto jodo dalis patenka į skydliaukę, kur dalyvauja hormonų trijodtironino (T3) ir tiroksino (T4) sintezėje (6). Apie 90% absorbuoto jodo yra išskiriama su šlapimu per parą po suvartojimo, todėl jodo kiekis šlapime yra pripažintas jodo suvartojimo vertinimo žymuo (12). Žindymo laikotarpiu stebimas mažesnis jodo išskyrimas su šlapimu, kadangi 40–45 % jodo išskiriama į pieną. Į tai reikėtų atsižvelgti ir maitinančioms moterims jodo kiekį matuoti kombinuojant šlapimo ir

motinos pieno jodo kiekio rezultatus. Taip pat jodo nustatymas motinos piene padeda netiesiogiai įvertinti tik žindomų kūdikių jodo suvartojimą (12).

Pakankamą jodo kiekį gaunančių suaugusiųjų organizme vidutiniškai yra apie 10–20 mg jodo, didžioji dalis (8–15 mg) yra skydliaukėje (11). Kiti literatūros šaltiniai nurodo, kad suaugusio žmogaus sveikoje skydliaukėje yra apie 12–16 mg jodo (0,5–1 mg jodo/g skydliaukės) (10).

6.1.3 Jodo fiziologinis vaidmuo

Jodas yra mikroelementas, kuris yra labai svarbus skydliaukės veiklai (6,13). Būtent kalnuotuose regionuose buvo pastebėtos jodo ir skydliaukės sutrikimų sąsajos. Manoma, kad tai yra susiję su ledynmečio laikotarpiu, kuris lėmė mažesnę mikroelementų kiekį dirvožemyje (10). Jodas yra būtinas skydliaukės hormonų: T3 – trijodtironino ir T4 – tiroksino sintezei (6,14). Jodo trūkumas lemia santykinai padidėjusią T3 gamybą, lyginant su T4 (6). Šie hormonai dalyvauja energijos metabolizmo, augimo ir vystymosi procesuose, reguliuojant kūno temperatūrą, taip pat yra svarbūs centrinės nervų sistemos formavimuisi (6). Daugeliu atvejų jodo stoka gali sukelti skydliaukės struktūrinius pakitimus, skatinti strumos, hipotirozės vystymąsi (14). Svarbu tai, kad Europoje skydliaukės sutrikimai siejami ir su nutukimo raida (13).

6.1.4 Jodo paros poreikis ir rekomenduojamos normos

Ikimokyklinio amžiaus vaikams (0 – 59 mėnesių) rekomenduojama suvartoti 90 µg per dieną, 6-12 metų vaikams – 120 µg per dieną, paaugliams ir suaugusiems – 150 µg per dieną, o didesnis kiekis – 250 µg - yra reikalingas nėščiosioms ir maitinančioms krūtimi moterims (6).

Vietovėse, kuriose vyrauja lengvas – vidutinis jodo trūkumas, kūdikiams (iki 6 mėn.) paros norma yra 90 µg jodo. Motinos piene nėra nustatyta visuotinai priimtose jodo kiekio ribos, tačiau manoma, kad kūdikiui pirmus pusę gyvenimo metų reikalinga, kad motinos piene būtų 150 µg/l jodo (12).

6.1.5 Rekomenduojamos jodo paros normos suaugusiems ir vaikams

Lentelė nr.1 *Skirtingų institucijų rekomenduojamas jodo suvartojimas pagal amžiaus ir fiziologines grupes, µg/parą*

Amžiaus grupė	PSO / UNICEF / ICCIDD	NIH Office of Dietary Supplements	LR SAM įsakymas Nr. V-836
---------------	--------------------------	--------------------------------------	------------------------------

0–6 mėn.	-	110	50
Ikimokyklinio amžiaus vaikai (0-59 mėn.)	90	-	-
7–12 mėn.	-	130	70
1–3 m.	-	90	90
4–6 m.	-	-	100
4-8 m.	-	90	-
Mokyklinio amžiaus vaikai (6-12 m.)	120	-	-
7–10 m.	-	-	120
9 – 13m.	-	120	-
11–14 m.	-	-	150
Paaugliai (vyresni nei 12m.) ir suaugusieji	250	-	-
14-18m.	-	150	-
15–18 m.	-	-	150
Suaugusieji ≥ 19 m.	-	150	150
Nėščiosios	250	220	200
Žindančiosios	250	290	200

Pastaba: kai kuriuose šaltiniuose suaugusiųjų grupės neišskiriamos pagal lytį ar amžių. Tokiais atvejais vienoda suaugusiųjų rekomendacija pritaikyta atitinkamoms lentelės grupėms.

Parengta pagal (15, 16, 17)

6.1.6 Jodo papildų rekomendacijos

Lentelė nr.2 *Jodo papildų vartojimo rekomendacijos pagal skirtingas organizacijas*

Organizacija	Rekomendacija
Amerikos skydliaukės asociacija (ATA)	Moterims, kurios planuoja nėštumą, besilaukiančioms ir žindančioms rekomenduojamas kasdienis jodo papildas, kuriame yra 150 µg jodo, vartojimas. Vartoti jodo papildą rekomenduojama 3 mėnesius prieš pastojimą

Europos skydliaukės asociacija (ETA)	Nėštumo ir žindymo metu rekomenduojama užtikrinti 250 µg jodo per parą, tam paprastai skiriamas 150 µg jodo papildas, kurį rekomenduojama pradėti vartoti prieš pastojimą
--------------------------------------	---

Parengta pagal (18, 19)

6.1.7 Rizikos grupės asmenys ir jų jodo paros poreikis

Būtina užtikrinti pakankamą jodo suvartojimą krūtimi maitinančioms moterims, kadangi nuo jų mitybos priklauso jodo kiekis žindomų kūdikių organizme. Priklausomai nuo rekomendacijų maitinančios moterys per dieną turėtų suvartoti 200–250 µg jodo (12). Nėščių moterų jodo poreikis padidėja daugiau nei 50% (20), o nėštumo metu jodo trūkumas yra ypač pavojingas, nes gali sukelti vaisiaus vystymosi sutrikimus (13). Augalinė mityba yra laikoma saugia visais gyvenimo tarpsniais, įskaitant nėštumą, žindymą ir pirmuosius gyvenimo metus, tačiau nevartojant gyvulinės kilmės produktų yra didesnė jodo ir seleno trūkumo rizika, todėl reikėtų apsvarstyti papildų vartojimą. Vis dėlto, dar nėra visuotinai priimtų optimalių maisto papildų dozavimo gairių augalinės mitybos šalininkams. Nusprendus laikytis augalinės mitybos nėštumo, žindymo ir vaikystės laikotarpiais, svarbu konsultuotis su mitybos specialistais, gydytojais dietologais ir atidžiai stebėti mitybą (20).

Norvegijoje 2019 m. rugsėjo-lapkričio mėn. atliktas skerspjūvio tyrimas, į kurį buvo įtraukti 205 suaugusieji, besilaikantys veganiškos, lakto-ovo vegetarinės arba pesketarinės mitybos. Tyrime nustatyta, kad visų trijų grupių jodo kiekio šlapime mediana buvo mažesnė už PSO rekomenduojamas ribas, o bendra šlapimo jodo kiekio mediana - 57 µg/l. Veganų grupėje tiriamųjų tiroglobulino (Tg) mediana buvo 18 µg/l, o pesketarų grupėje – 11 µg/l. Šis skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ($p = 0,028$). Veganų, kurie nevartojo jodo turinčių papildų, Tg mediana buvo 27 µg/l, o vartojusių papildus – 16 µg/l. Skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ($p = 0,004$) (9). Gyvūninės kilmės produktų nevartojantys asmenys gali gauti jodo iš mikrodumblių (20). Taigi, augalinius produktus vartojantys asmenys, ypač veganai, gali turėti didesnę jodo stokos riziką, ypač šalyse, kuriose maisto produktų praturtinimas jodu nėra privalomas (9). Norvegijoje nėra įgyvendinama druskos jodavimo programa, todėl nepakankamas jodo suvartojimas pastebėtas vaisingo amžiaus, nėščioms ir krūtimi maitinančioms moterims, žindomiems kūdikiams, pagyvenusiems žmonėms, veganams ir imigrantams. Jodo trūkumas gyvulinių produktų nevartojantiems asmenims ypač būdingas šalyse, kuriose nėra privalomos jodavimo

programos. Nėštumo ir žindymo metu jodu praturtinti produktai yra labai svarbūs moterims, besilaikančioms augalinės mitybos principų (20).

6.1.8 Leistinos viršutinės suvartojamo jodo ribos

Maitinančioms moterims nerekomenduojama suvartoti daugiau 600 µg jodo per dieną, suaugusiems asmenims saugi jodo suvartojimo riba – 1100 µg jodo per dieną (12).

Lentelė nr. 3 *Leistinos didžiausios jodo suvartojimo ribos (UL)*

Amžius	Vyrai	Moterys	Nėštumas	Žindymas
Nuo gimimo iki 6 mėn.	Negalima nustatyti*	Negalima nustatyti*		
7-12 mėn.	Negalima nustatyti*	Negalima nustatyti*		
1-3 metai	200 µg	200 µg		
4-8 metai	300 µg	300 µg		
9-13 metų	600 µg	600 µg		
14-18 metų	900 µg	900 µg	900 µg	900 µg
19 metų ir daugiau	1 100 µg	1 100 µg	1 100 µg	1 100 µg

*Kūdikiams – mišiniai ir maistas turėtų būti vieninteliai jodo šaltiniai.

Parengta pagal (16)

6.1.9 Jodo trūkumas ir perteklius

Jodo kiekis organizme priklauso nuo jodo esančio aplinkoje, mitybos, socioekonominių, demografinių ir gyvenimo būdo veiksnių (6).

6.1.9.1 Jodo trūkumas

Jodo stoka yra svarbi viso pasaulio sveikatos problema, kadangi apie 2 milijardams žmonių trūksta jodo (6,21). Jodo stoka dažniau stebima Pietų Azijos ir Užsachario Afrikos gyventojams. JAV ir Australijoje stebimas sumažėjęs jodo vartojimas (21), bent nedidelis jo trūkumas pasireiškia pusei europiečių (9,21), iš jų problema aktuali ir Baltijos šalyse (12).

Nepakankamas jodo suvartojimas nėštumo ir kūdikystės laikotarpiais gali lemti sutrikusį augimą, neurologinį vystymąsi (4,21) ir prastesnius motorinius įgūdžius, net padidinti kūdikių mirtingumą (21). Jodo trūkumas ypač pavojingas vaikams, kadangi jodo trūkumo sukelti sutrikimai ankstyvajame amžiuje sukelia negrįžtamus padarinius visam likusiam gyvenimui (13).

Jodo deficitas dažniausiai stebimas mokyklinio amžiaus vaikams, tačiau gali pasireikšti įvairaus amžiaus asmenis (6). Suaugusiųjų populiacijoje jodo stoka gali lemti savaiminį persileidimą (4), nevaisingumą, skydliaukės vėžį, hipotirozę, sumažėjusį darbingumą (6) ir kognityvinių funkcijų silpnėjimą (4,6).

Per mažas jodo suvartojimas neleidžia užtikrinti optimalios skydliaukės hormonų sintezės (6,13,21) Tada skydliaukė aktyvuoja prisitaikymo mechanizmus: padidėja tiotropinio hormono (TSH) sekrecija, skatinama skydliaukės hiperplazija ir strumos išsivystymas. Šis procesas gali skatinti T3 gamybą, tačiau kartu mažėja T4 lygis, todėl pakinta žmogaus medžiagų apykaita ir bendroji sveikatos būklė (6). Nustatyta, kad jodo trūkumu pasižyminčių regionų gyventojai turi didesnę skydliaukės mazgelių susidarymo, hipotirozės (13,14) ir strumos riziką (6,13,14).

Lietuvoje 2019–2020 m. vertintas Vilniaus miesto 6–12 m. vaikų jodo suvartojimas. Atlikta anketinė apklausa apie vaikų gyvensenos įpročius ir sveikatos būklę bei vaikų vienkartinį šlapimo mėginių laboratorinis tyrimas. Ištyrus 117 tyrime dalyvavusių vaikų šlapimo mėginius, apskaičiuoto 24 val. jodo kiekio šlapime mediana - 128,92 $\mu\text{g/d}$. 30,8% vaikų 24 val. jodo kiekis šlapime buvo mažesnis nei normos slenkstis 100 $\mu\text{g/d}$. Vaikų, vartojančių Himalajų druską, vidutinis 24 val. jodo kiekis šlapime buvo mažesnis nei vaikų, kurių šeimos vartojo kitos rūšies druską (atitinkamai 97,23 $\mu\text{g/d}$. ir 154,92 $\mu\text{g/d}$., ($p < 0,0001$). Nustatyta, kad beveik trečdalis (30,8 %) tirtų Vilniaus miesto 6–12 m. vaikų suvartoja nepakankamą jodo kiekį (22).

Lietuvoje 2019-2020 metais suaugusiųjų populiacijoje buvo vykdomas druskos vartojimo ir 24 valandų jodo kiekio šlapime tyrimas. Imtį sudarė 679 asmenys. Vidutinis druskos suvartojimas buvo 10,0 (SD 5,3) g/24 val. Vidutinis šlapimo jodo kiekis (UIC) buvo nepakankamas – 95,5 $\mu\text{g/l}$. Tyrimas parodė, kad vidutinis druskos suvartojimas yra dvigubai didesnis už Pasaulio sveikatos organizacijos rekomenduojamą maksimalų kiekį, tačiau jodo suvartojimas nesiekia normos (1).

6.1.9.2 Jodo perteklius

Rečiau pasitaikantis jodo perteklius taip pat yra svarbus. Per didelis jodo suvartojimas gali sutrikdyti kūdikių skydliaukės funkciją, kadangi jos reguliaciniai mechanizmai dar yra nesubrendę (12). Didelis jodo suvartojimas siejasi su kaulų pokyčiais, ypač menopauzė išgyvenančioms moterims. Taip pat gali

didinti širdies bei kraujagyslių sistemos sutrikimų riziką, susijusią su jodo sukelta hipertiroze (6). Subklinikinė hipertirozė yra susijusi su didesne aritmijų, koronarinės širdies ligos ir mirtingumo rizika, tačiau dažnai išlieka nediagnozuota (13). Tačiau organizmas turi prisitaikymo prie jodo pertekliaus mechanizmą, vadinamą Wolffo–Chaikoffo efektu, kai laikinai sumažėja hormonų sintezė, slopinant skydliaukės peroksidazę (6).

6.1.10 Jodo matavimas

Apie 90–92% absorbuoto jodo yra išskiriama su šlapimu per parą po suvartojimo, todėl šlapimo jodo kiekis yra pripažintas jodo kiekio vertinimo žymuo (12). Šlapimo jodo kiekio medianos (*angl. Urinary iodine concentration*, UIC) rodiklį gali paveikti tiriamo asmens hidratacijos lygis – tai ypač aktualu vertinant atsitiktinius šlapimo mėginius. Vis dėlto šio rodiklio variacijos koeficientas paprastai būna mažesnis nei 10 %. Svarbu pabrėžti, kad šis rodiklis taikomas populiacijai, o ne individualiam asmeniui (6).

Lentelė nr. 4 *Jodo statusas ne nėščioms ir nėščioms moterims pagal šlapimo jodo kiekį, µg/l*

<i>Jodo statusas</i>	<i>Ne nėščios moterys</i>	<i>Nėščios moterys</i>
<i>Nepakankamas</i>	≤99	<150
<i>Pakankamas</i>	100–199	150–249
<i>Viršijantis poreikį</i>	200–299	250–499
<i>Perteklinis</i>	≥300	≥500

Parengta pagal (6)

6.2 SELENO BIOLOGINIS VAIDMUO IR REIKŠMĖ ŽMOGAUS ORGANIZMUI

6.2.1 Seleno atradimas ir jo funkcijos žmogaus organizme nustatymas

Seleną kaip mikroelementą 1817 m. atrado švedų chemikas J.J. Berzelis (10,23, 24), tačiau seleno svarba gyviems organizmams nustatyta tik po 140 metų (24). Žmogaus organizme yra apie 14 mg seleno (10).

6.2.2 Organinės ir neorganinės seleno formos

Selenas gamtoje yra randamas dirvožemyje, vandenyje bei uolienuose. Vulkaninės uolienos yra pirminis seleno šaltinis. Gamtoje selenas randamas dviejose formose - selenitų (SeO_3^{2-}) ir selenatų (SeO_4^{2-}). Organinės seleno formos - selenometioninas ir selenocisteinas. Aminorūgštis - selenometionas (SeMet)

yra gaunama su maistu, rezorbuojama plonojoje žarnoje ir įtraukiama į baltymų sudėtį. Aminorūgštis selenocisteinas (SeCys) yra cisteino analogas, kuriame siera yra pakeista seleno. Baltymai, kuriuose yra SeCys, vadinami selenoproteinais (25).

6.2.3 Geografiniai seleno skirtumai

Se kiekis dirvoje labai skiriasi įvairiose vietovėse (26,27). Kiek seleno yra maisto produktuose priklauso nuo to, kiek augalai gali sukaupti šio mikroelemento, nes jie paverčia seleną į organinę jo formą. Daugelyje Europos Sąjungos valstybių, tarp jų ir Lietuvoje, seleno trūksta tiek dirvožemyje, tiek maiste. Suomijoje seleno trūkumas, naudojant natrio selenato trąšas ir vartojant seleno papildus, yra išspręstas jau 1984 metais (27).

6.2.4 Seleno biologinis prieinamumas iš maisto

Su maistu selenas pasisavinamas neorganinėmis formomis (selenatas ir selenitas) bei organinėmis formomis (selenocisteinas ir selenometioninas) (24). Selenometioninas yra seleno mielėse ir augaliniuose šaltiniuose. Didžiausiu jo kiekiu pasižymi grūdinės kultūros. Selenometioninas gali būti įtrauktas į žmogaus organizmo baltymų sudėtį vietoje metionino, todėl selenometioninas pasižymi geresniu biologiniu prieinamumu (23,26).

6.2.5 Seleno metabolizmas ir homeostazė

Daugiau nei pusė seleno yra absorbuojama dvylikapirštėje žarnoje, rečiau ir kitose plonosios žarnos dalyse (23,26). Iš plonųjų žarnų absorbuoti selenocisteinas, selenitas ir selenatas yra naudojami selenoproteinų sintezei. Neorganinės formos – selenitas ir selenatas – redukuojamos iki selenido (28). Daugiau nei pusė seleno ekskretuojama per inkstus, mažiau ekskreciją vykdo žarnynas, selenas taip pat išskiriamas per seiles ir prakaitą. Kepenys yra svarbios seleno metabolizmui, inkstai prisideda prie seleno homeostazės (23,26). Iš virškinamojo trakto selenas yra paskirstomas per kraujotakos sistemą į organizmo audinius ir įtraukiamas į selenobaltymų sudėtį - jų daugiausiai yra kepenyse, inkstuose, skydliaukėje (23). Selenobaltymas selenometioninas yra kaupiamas griaučių raumenyse, raudonuosiuose kraujotakos kūneliuose, kasoje, kepenyse, inkstuose, skrandyje ir virškinamojo trakto gleivinėje – organuose, kuriuose yra intensyviai sintetinami baltymai. Inkstuose arba kepenyse selenometioninas yra verčiamas selenocisteinu, kadangi šioje formoje selenas dalyvauja medžiagų apykaitoje (28).

6.2.6 Seleno fiziologinės funkcijos

Selenas yra svarbus daugeliui organizmo fiziologinių funkcijų: imuninės, endokrininės, reprodukcinės ir širdies ir kraujagyslių sistemų veiklai, medžiagų apykaitai, ląstelių homeostazei, DNR sintezei (23,26). Selenas gali būti naudingas gydant širdies ir kraujagyslių, judėjimo ir nervų sistemų sutrikimus, taip pat yra svarbus onkologiniams pacientams ir reprodukcinėms funkcijoms (27).

Pagrindinės seleno fiziologinės funkcijos žmogaus organizme yra siejamos su selenoproteinais (23). Selenas ypač svarbus pagrindinių selenoproteinų – tioredoksino reduktazės (TRx), tiroidinio hormono dejodinazės (DIO), glutathiono peroksidazės (GPx) funkcijoms (25).

Fermentai glutathiono peroksidazės – GPx1 ir GPx3 - randami skirtingose organizmo vietose. Plazmoje yra GPx3, o GPx1 - trombocituose ir eritrocituose. GPx yra viena iš žmogaus antioksidacinės sistemos dalių ir apsaugo nuo oksidacinės pažeidimo (28), ypač svarbu neutralizuoti skydliaukės folikulų išskiriamą vandenilio peroksido (H_2O_2) perteklių, tai leidžia išvengti reaktyviųjų deguonies ir azoto junginių susidarymo (10). Vandenilio peroksidas kaupiasi skydliaukės audinyje ir žaloja tirocitus, kurių pažeidimas vėliau lemia fibrozę (26). TRx yra seleno turinčių piridino nukleotidų disulfido oksidoreduktazių šeima, dalyvaujanti apsaugoje nuo oksidacinės pažeidimo (24).

6.2.7 Seleno poreikis ir skydliaukės veikla

Dauguma skydliaukės hormonų dejodinazių, kurios aktyvuoja arba deaktyvuoja skydliaukės hormonus ir jų metabolitus, naudoja selenoproteinus kaip kofaktorių. Lėtinis autoimuninis (dar vadinamas Hašimoto) tiroiditas pasireiškia, kai skydliaukės ląstelės pradeda naikinti autoantikūnai prieš skydliaukės peroksidazę (ATPO). Nors seleno, gauto iš maisto, poveikis skydliaukės autoantikūnams buvo prieštaringas, yra įrodymų, kad seleno vartojimas sumažina ATPO kiekį. Kepenys gamina SELENOP (dar vadinamą SePP), kuris veikia kaip pagrindinis Se transporteris į periferinius audinius. Įrodyta, kad SELENOP kiekis kraujo serume arba plazmoje yra vertingas diagnostinis seleno trūkumo rodmuo (24).

Žmogaus organizmo ląstelėse per membranas neorganinis selenitas arba selenatas yra pernešami sulfatų ir sulfidų anijonų nešikliais. Šiuo metu nėra žinoma, kaip selenas yra įsisavinamas ir kaupiamas skydliaukės folikuluose, o didelis seleno kiekis skydliaukėje siejamas su daugumos selenoproteinų sinteze skydliaukėje (10).

Sutrikus selenoproteinų sintezei nebeužtikrinama pakankama skydliaukės hormonų gamyba (26). Ypač svarbi jodtironino dejodinazė (DIO), kadangi T4 verčia į T3 (26, 29) ir šiuos hormonus aktyvuoja (10).

Sumažėjusi skydliaukės hormonų gamyba stimuliuoja pogumburio – hipofizės ašį, kuri skatina TSH išskyrimą (26).

Naudojant NHANES 2007–2012 metų 5575 tiriamųjų iš JAV duomenis, buvo atliktas skerspjūvio tyrimas. Tirtas bendras ir laisvas T3 ir T4 kiekis, seleno suvartojimas vertintas pagal dvi 24 valandų tiriamųjų mitybos apklausas. Rezultatai rodo, kad didesnis seleno suvartojimas buvo susijęs su mažesnėmis bendro T4 reikšmėmis ($\beta = -0,383$; 95 % PI: $-0,695$ iki $-0,070$) ir mažesniu bendro T4 ir bendro T3 santykiu ($\beta = -0,003$; 95 % PI: $-0,006$ iki $-0,0004$). Ši sąsaja labiau stebėta vyrams ir tiriamiesiems, kurių organizme buvo pakankamas jodo kiekis (29). Teigiamą poveikį įrodė ir 2013-2019 metais Kinijoje atliktas kohortinis tyrimas, kuriame dalyvavo 1254 asmenys iš dviejų vietovių, kuriose seleno kiekis dirvožemyje skyrėsi. Buvo vertinta Hašimoto tiroidito rizikos ir seleno kiekio organizme sąsaja. Tyrimo dalyviams buvo atliktas skydliaukės ultragarsinis tyrimas, tirtas seleno kiekis bei ATPO. Vietovėje, kuri pasižymi seleno stoka dirvožemyje, naujai diagnozuoto Hashimoto tiroidito dažnis buvo didesnis nei vietovėje, kurioje seleno dirvožemyje yra pakankamai – atitinkamai 0,31 % ir 0,09 % ($p = 0,037$). Be to, seleno stoka pasižyminčioje vietovėje dažniau nustatyta ATPO serokonversija – 10,2 %, palyginti su 5,6 % vietovėje, kurios dirvožemyje yra mažai seleno (30). Brazilijoje 2008 – 2010 metais atlikto tyrimo rezultatai nesiskyrė nuo aptartų tyrimų: vertinant 144283 35-74 metų tiriamųjų, suskirstytų į tertilius pagal seleno suvartojimą, duomenis, nustatyta, kad palyginti su mažiausio seleno suvartojimo tertiliu, antrasis tertilis buvo susijęs su mažesne subklinikinės hipotirozės tikimybe ($OR = 0,79$; 95 % PI: $0,65-0,96$), o trečiasis – su dar mažesne tikimybe ($OR = 0,72$; 95 % PI: $0,58-0,90$) (31). Taigi seleno suvartojimas yra neigiamai susijęs su subklinicine hipotiroze.

Vis dėlto, įvertinus jau atliktus įvairius tyrimus ir siekiant patvirtinti priežastinį poveikį ir klinikinę naudą, būtini perspektyviniai, pakankamos imties klinikiniai tyrimai, vertinantys seleno papildų skyrimą pacientams, sergantiems skydliaukės ligomis (10).

6.2.8 Seleno poveikis imuninės sistemos veiklai

Selenas yra svarbus imuninei sistemai. Teigiama, kad seleno trūkumas lemia dažnesnes bakterines ir virusines infekcijas (27). Pastebėta, kad net ir seleno stokos neturintiems asmenims seleno papildai turėjo imuninę sistemą stimuliuojantį poveikį. Tai pasireiškia pagerėjusia aktyvuotų T ląstelių proliferacija, padidėjusiu natūralių kilerinių (NK) ląstelių, citotoksinių limfocitų aktyvumu. T ląstelės jautriai reaguoja į oksidacinį stresą, todėl esant selenoproteinų trūkumui sutrinka jų proliferacija (26).

6.2.9 Selenas ir kaulų bei raumenų sveikata

Didelė seleno dalis organizme yra kauluose (16%) ir raumenyse (27,5%), kadangi selenas dalyvauja kaulų metabolizmo procesuose. Selenas yra būtinas selenoproteinų sintezei ir yra labai svarbus tinkamam augimui bei skeleto vystymuisi (24). Pakankamas seleno kiekio suvartojimas (žr. lentelę nr. 5) teigiamai siejasi su kaulų sveikata, nes padidina kaulų mineralinį tankį ir sumažina osteoporozinių lūžių riziką (24) (32). O kaulų rezorbciją mažina aktyvuodamas osteoklastus (33).

Selenoproteinų ekspresija kaulų ląstelėse gali prisidėti prie apsaugos nuo oksidacinio streso kauluose ir padėti išvengti osteoporozės (24,32). Selenoproteinai taip pat turi įtakos kaulų formavimuisi: selenoproteinas tioredoksino reduktazė 1 (TR1) dalyvauja osteoblastų diferenciacijos procese. O selenoproteinas GPx1 gali slopinti osteoklastogenezę (33). GPx atlieka pagrindinį vaidmenį osteoklastuose, slopindamas osteoklastogenezę, jo ekspresija priklauso nuo seleno suvartojimo. Selenas taip pat apsaugo kaulų čiulpų stromos ląsteles nuo vandenilio peroksido sukulto osteoblastų diferenciacijos slopinimo, mažindamas oksidacinį stresą. Sumažėjus selenoproteinų ekspresijai – reaktyviųjų deguonies formų (ROS) kiekis padidėja, dėl to suintensyvėja osteoklastų aktyvumas, pažeidžiama kaulų mikroarchitektūra (32). Kaulo remodeliacijos metu susidaro didelis kiekis ROS, kurie kenkia normaliai kaulų fiziologijai, nes slopina osteoblastų diferenciaciją ir skatina osteoklastų diferenciaciją (24).

Skeleto raumenys yra masyviausias audinys suaugusių žinduolių organizme, kuris yra būtinas svarbioms fiziologinėms funkcijoms: judėjimui, kvėpavimui ir termoreguliacijai, taip pat jis yra vienas iš labiausiai seleno trūkumo pažeidžiamų audinių. Šio mikroelemento trūkumas lemia sutrikusį raumenų susitraukimą ir raumenų nekrozę. Intensyvus fizinis krūvis padidina laisvųjų radikalų (ROS) gamybą. Jie trikdo raumenų veiklą, o seleno papildai gali padėti atsistatyti po fizinio krūvio. Selenas gali sulėtinti raumenų atrofijos progresavimą, apsaugodamas motorinių neuronų funkciją ir mažindamas neuromuskulinių jungčių degeneraciją seleno trūkumas netgi gali būti raumenų distrofijų ir miopatijų priežastis (34).

Seleno trūkumas yra susijęs su dažnesnėmis uždegiminėmis sąnarių ligomis, pavyzdžiui, osteoartritu (OA), kuriam būdingas progresuojantis kremzlės irimas bei sinovijos uždegimas. Nors tradiciškai tai siejama su mechaniniais ir amžiniais veiksniais, vis daugiau dėmesio skiriama oksidacinio streso poveikiui, kuris skatina kremzlės irimą ir sinovijos disfunkciją. Seleno antioksidacinė funkcija yra ypač reikšminga osteoartrito paveiktuose sąnariuose, potencialiai sulėtindama OA progresavimą. Selenas taip pat reguliuoja imuninių ląstelių funkciją, taip sumažindamas lėtinio uždegimo ir sąnarių pažeidimo

riziką. Mažas seleno kiekis sinovijos skystyje ir serume siejamas su padidėjusiu oksidacinio streso poveikiu, padidėjusiu uždegiminių citokinų kiekiu ir kremzlės pažeidimu (35).

Selenas taip pat atlieka svarbų vaidmenį chondrocituose – selenoproteinai apsaugo chondrocitus nuo pažeidimų, apoptozės ir kremzlės matricos sunaikinimo dėl oksidacinio streso (33).

6.2.10 Selenas ir sunkiai sergantys pacientai

Kritinių būklių pacientai pasižymi blogesne mikroelementų absorbcija žarnyne, padidėjusiu metaboliniu aktyvumu, o šie veiksniai lemia 40–60% sumažėjusį seleno kiekį. Seleno kiekio sumažėjimas sukelia didesnę oksidacinę pažeidimą, blogesnes išesis. Sunkios būklės pacientų seleno deficitui mažinti ne visada padeda seleno turinčių papildų vartojimas (36). Sutrikusią seleno absorbciją sunkiai sergantiems pacientams lemia malabsorbcija, nepakankamas enterinis ir parenterinis maitinimas, tam tikri medikamentai: antacidiniai vaistai, protonų pompos inhibitoriai, H₂ receptorių antagonistai, taip pat sepsis, didelės apimties operacijos ir traumos (37).

6.2.11 Selenas ir kognityvinė funkcija

Organizmas, optimizuodamas seleno atsargas, prioritetą teikia seleno kiekio palaikymui nerviniame audinyje, kadangi šio mikroelemento trūkumas smegenis pažeidžia negrįžtamai. Taip yra sutrikdomos koordinacijos ir kognityvinės funkcijos (27).

6.3 SELENO PAROS POREIKIS IR REKOMENDUOJAMOS NORMOS

6.3.1 Rekomenduojama seleno paros norma

Vidutinė seleno paros norma yra 55 µg (0,7 µmol). Išskiriami nėštumo ir maitinimo etapai, kai rekomenduojama paros dozė yra 60–70 µg (27).

Rekomenduojama seleno paros norma nustatoma pagal reikalingą seleno kiekį optimaliam fermento GPx aktyvumui (25). Gpx galima naudoti kaip seleno kiekio organizme matavimo žymenį (25,28). Tačiau dar tikslesniu žymeniu laikoma seleno transportinio baltymo (SEPP1) kiekis, laikoma tikslesniu seleno kiekio matavimo rodikliu, o netiksliausiu – seleno suvartojimo vertinimas pagal mitybos duomenis (28).

Lentelė nr. 5 *Skirtingų institucijų rekomenduojamas seleno suvartojimas pagal amžiaus ir fiziologines grupes, µg/parą*

Amžiaus grupė	NIH Office of Dietary Supplements	FAO/WHO	LR SAM įsakymas Nr. V-836
0–6 mėn.	15	6	-
7–12 mėn.	20	10	15
1–3 m.	20	17	20
4–6 m.	-	22	25
4–8 m.	30	-	-
7–9 m.	-	21	-
7–10 m.	-	-	30
9 – 13m.	40	-	-
10-18 m. mergaitės	-	26	-
10-18 m. berniukai	-	32	-
11–14 m. berniukai	-	-	45
14–18 m.	55	-	-
15–18 m. mergaitės	-	-	55
15–18 m. berniukai	-	-	60
19–50 m.	55	-	-
51+ m.	55	-	-
Vyrai $\geq$ 19 m.	-	-	60
Vyrai 19–65 m.	-	34	-
Vyrai $\geq$ 65 m.	-	33	-
Moterys 19–64 m.	-	-	50
Moterys 19–65 m.	-	26	-
Moterys $\geq$ 65 m.	-	25	50
Nėščiosios	-	70	60
Žindančiosios	-	85	70
Nėščiosios, II trimestras	-	28	-
Nėščiosios, III trimestras	-	30	-

Žindančiosios, 0–6 mėn. po gimdymo	-	35	-
Žindančiosios, 7–12 mėn. po gimdymo	-	42	-

Pastaba: kai kuriuose šaltiniuose suaugusiųjų grupės neišskiriamos pagal lytį ar amžių. Tokiais atvejais vienoda suaugusiųjų rekomendacija pritaikyta atitinkamoms lentelės grupėms.

Parengta pagal (17,38,39)

6.3.2 Rizikos grupės seleno trūkumui ir jų seleno poreikis

Norvegijoje 2019 m. rugsėjo–lapkričio mėn. buvo atliktas skerspjūvio tyrimas, kuriame buvo vertintas seleno kiekis organizme tarp veganų, lakto-ovo vegetarų ir pesketarų. Tiriamųjų imtyje seleno kiekio šlapime mediana siekė 13 µg/l (p25–p75: 6–22 µg/l). Nors augalinės mitybos besilaikantys asmenys pasižymi mažesniu seleno kiekiu organizme, tačiau reikšmingų skirtumų tarp subgrupių neustatyta, nes vieni svarbiausių seleno šaltinių yra gyvūninės kilmės produktai, o seleno kiekį augaliniuose maisto produktuose lemia dirvožemio seleno kiekis, kuri yra labai skirtinga regionuose (9).

6.3.3 Viršutinė toleruotina seleno riba

Selenas daugiausia randamas grūduose, daržovėse, mėsoje ir žuvyje. Įvertinus standartinę europiečių mitybą, vien tik su maistu gaunamas seleno kiekis neviršija leistinos normos (40). 2023 metais Europos maisto saugos tarnyba (EFSA) rekomenduoja maksimaliai toleruotiną suvartojamo seleno kiekį sumažinti nuo 300 µgmg iki 250 µgmg per dieną (40). Tačiau yra ir kitokių nuomonių: viršutinė toleruotina riba – 400 µg (41), o kituose šaltiniuose netgi - 800 µg/d (10).

6.3.4 Seleno trūkumas ir perteklius

6.3.4.1 Seleno trūkumas

Seleno trūkumas yra stebimas dažniau nei perteklius, jo gali trūkti net apie 1 milijardui žmonių (24). Tai yra susiję su mažu seleno kiekiu dirvožemyje, kuri priklauso nuo geografinės teritorijos (24,41). Seleno stoka būdinga ir sergantiems žarnyno ligomis ar lėtinėmis inkstų ligomis (24).

Pavyzdžiui, Kinijoje seleno kiekis dirvožemyje stipriai varijuoja tarp regionų. Vienur seleno kiekis dirvožemyje yra <0,125 mg/kg, kitur – 0,168-2,552 mg/kg (41).

Seleno trūkumas lemia susilpnėjusį jodtironino dejodinazių aktyvumą, o jos yra atsakingos už skydliaukės hormonų sintezę, gali išsivystyti endeminis miksedeminis kretinizmas (hipotirozė).

Seleno trūkumas padidina nefropatijos, koronarinės širdies ligos, prostatos vėžio riziką (27) ir yra siejamas su padidėjusia kitų onkologinių susirgimų rizika (41).

Sąveikos tarp jodo ir seleno svarba skydliaukės ligų atsiradimui buvo pastebėta prieš maždaug 35 metus Centrinės Afrikos ir Himalajų regionuose, kuriuose buvo paplitusi endeminė struma ir įgimta hipotirozė (27).

Buvo aprašytos dvi skirtingos įgimtos hipotirozės formos – miksedeminė ir neurologinė. Miksedeminė forma yra susijusi su skydliaukės hormonų trūkumu, kuris pasireiškia augimo sulėtėjimu, o neurologinė forma – pažintinės funkcijos sutrikimu. Šias dvi būkles išskiria skirtingas nėštumo laikas, kada trūksta jodo ir seleno ir sutrinka skydliaukės hormonų gamyba. Ankstyvuojų nėštumo laikotarpiu sumažėjusi T4 sintezė lemia sutrikdytą smegenų vystymąsi. Jeigu jodo trūkumas išryškėja vėlesniu nėštumo metu arba jau gimus naujagimiui, tai dažniau lemia miksedeminę formą. Šių susirgimų pagrindinė priežastis yra jodo trūkumas, tačiau būklę komplikuoja seleno stoka, ypač miksedeminei formai. Abi hipotirozės formos gali sukelti negrįžtamus psichinius ir fizinius sutrikimus (27).

6.3.5 Keshan liga, Kashin-Beck liga

1935 metai Kinijos Kešano apskrityje buvo atrasta Kešano liga - reta kardiomiopatija, daugiausia aptinkama regionuose, kurių dirvožemiuose trūksta seleno, pasireiškianti kaip potencialiai mirtina ir progresuojanti širdies liga. Būdinga miokardo nekrozė ir fibrozė, lemiančios sunkias širdies komplikacijas, tokias kaip kardiogeninis šokas ir širdies nepakankamumas. Ankstyvos stadijos Kešano ligos diagnostika yra sudėtinga (42). Kešano kardiomiopatija Kinijoje pasireiškia dėl seleno stokos (25,27). Todėl dėl mažo seleno kiekio dirvožemyje, šiaurės Rytų Kinijoje Coxackie B virusu užsikrėtusiems asmenims būdinga endeminė jaunatvinė kardiomiopatija – Keshan liga (23,25,34). Šiai kardiopatijai būdinga miokardo uždegiminė infiltracija (34), nekrozė ir kalcifikacija (23,34). Seleno trūkumas sutrikdo selenofermentų aktyvumą (pvz., GPx), sutrikdo kardiomiocitų redokso homeostazę ir sustiprina virusinės DNR oksidacinį pažeidimą. Vėlesnis virusinių genominių mutacijų kaupimasis sustiprina viruso virulentiškumą, paūmindamas miokardo pažeidimą (34). Seleno trūkumas būdingas regionams, kuriuose dirvožemio seleno kiekis yra ypač mažas, o vietoje auginami maisto produktai yra pagrindiniai maisto racione. Maždaug pusė Kinijos gyventojų nepasiekia PSO seleno suvartojimo

rekomendacijos. Seleno trūkumas laikomas pagrindine Kešano ligos priežastimi, kadangi stebėtas reikšmingas ligos paplitimo sumažėjimas po natrio selenito papildų vartojimo valgomojoje druskoje ir pasėliuose (42).

Seleno trūkumas yra susijęs su padidėjusiu jautrumu uždegiminėms sąnarių ligoms, įskaitant endeminę osteoartropatiją – Kašino-Beko ligą (27,35). Kašino-Beko liga yra endeminė, degeneracinė osteoartropatija, ypač dažna Kinijoje. Be seleno trūkumo svarbus ir jodo trūkumas kaip pagrindinis šios ligos etiologinis veiksnys (43).

6.3.6 Lėtinis seleno trūkumas

Normaliai selenobaltymų sintezei, kraujyje seleno kiekis turėtų siekti ne mažiau kaip 80 µg/l. Alzheimerio ligos, išsėtinės sklerozės, smegenų onkologinių susirgimų pacientams buvo stebėtas sumažėjęs seleno kiekis kraujo plazmoje ir smegenyse (27).

6.3.7 Selenozės klinikiniai požymiai

Seleno perteklius yra toksiškas (41). Nors kraujo serume seleno kiekiui peržengus daugiau nei 120 µg/l gali prasidėti sunkios būklės: hiperglikemija, hiperlipidemija, hiperinsulinemija, aterosklerozė ir antrojo tipo cukrinis diabetas (27), selenozė išsivysto pavartojus daugiau nei 400 µg seleno per dieną (23,26). Toksinis ūmaus seleno perdozavimo poveikis, suvartojus didelį kiekį seleno per trumpą laiką, pasireiškia virškinamojo trakto simptomais, pavyzdžiui, pilvo skausmu, kurį lydi pykinimas, vėmimas, viduriavimas (23,26,27).

Apsinuodijus gali sutrikti kvėpavimas ir pasireikšti ataksija. Per didelio seleno kiekio vartojimas pasireiškia plaukų slinkimu, lūžinėjančiais nagais, periferine neuropatija, anemija, nuovargiu, kepenų ciroze. Tipinis simptomas – česnakinis prakaito ir burnos kvapas (23,26). Česnako kvapą nulemia lakus dimetilselenidas (27).

2008 metais 10 JAV valstijų buvo užfiksuotas 201 apsinuodijimo skystais seleno papildais atvejis. Maisto papilduose seleno kiekis viršijo apie 200 kartų kiekį, nurodytą etiketėje. Vidutiniškai nukentėjusieji suvartojo 41749 µg seleno per dieną (rekomenduojama seleno dozė per dieną yra 55 µg). Tyrime aprašyti dažniausiai tyrimo dalyviams pasireiškę nepageidaujami reiškiniai per dvi savaites nuo papildų suvartojimo buvo viduriavimas (78%), nuovargis (75%), plaukų slinkimas (72%), sąnarių skausmai (70%), nagų pakitimai (61%) ir pykinimas (58%). Nagų pažeidimai, nuovargis ir plaukų slinkimas tęsėsi net 90 ir daugiau dienų (44).

6.4 JODO IR SELENO TARPUSAVIO SĄVEIKA

Daugelį žmogaus augimo ir vystymosi medžiagų apykaitos procesų tiesiogiai arba netiesiogiai kontroliuoja skydliaukės hormonai. Visapusiškam skydliaukės hormonų funkcionavimui reikalingas ne tik pakankamas jodo kiekis, bet ir kitos maistinės medžiagos, kurios yra svarbios jų susidarymui. Stebimas teigiamas ryšys tarp jodo būklės ir T3/T4 ir seleno kiekio. Gyvūnų modeliai parodė seleno poveikį jodo būklei ir skydliaukės hormonų apykaitai, tačiau šis ryšys ne visada yra patvirtinamas, kai yra atliekami tyrimai su žmonėmis (6).

Jodo ir seleno tarpusavio ryšys buvo pastebėtas Centrinės Afrikos populiacijoje bandant atkurti mikroelementų kiekį, nes šioje populiacijoje jodo ir seleno suvartojama per mažai. Pacientui, sergančiam miksedemine įgimta hipotirozės forma, buvo stebėtas sumažėjęs bendras T4 ir padidėjęs TSH po 6 mėnesių seleno vartojimo. Tikėtina, kad tai nutiko dėl ribotų jodo atsargų ir pagreitėjusio jodo praradimo, o gyvūnų modeliai parodė, kad seleno stoka gali skatinti transformuojančio augimo faktoriaus beta (TGF-beta) sukeltą skydliaukės fibrozę, o to galima išvengti atkūrus pakankamas seleno atsargas. Pakankamas seleno kiekis per skydliaukės selenoproteinų antioksidacinę apsaugą nuo laisvųjų deguonies radikalų gali sumažinti neigiamą per didelio jodo kiekio poveikį skydliaukei. Teigiama, kad skydliaukė gali išlaikyti santykinai normalų seleno kiekį, kai kituose audiniuose seleno atsargos būna išnaudotos (10).

Mikroelementų trūkumo sąveika nėra gerai suprantama, todėl tokių tyrimų poreikis dar labiau išryškėja. Yra žinoma, kad trūkumo procesai gali sąveikauti tarpusavyje, nes medžiagų apykaitos keliai yra tarpusavyje susiję, o pakankamas mikroelementų (jodo, geležies, seleno ir cinko) kiekis yra labai svarbus tinkamai skydliaukės funkcijai (10).

6.5 JODO IR SELENO ŠALTINIAI MITYBOJE

Daugumoje maisto produktų ir gėrimų natūraliai jodo yra mažai, o jūros gėrybės, jūros žuvis ir jūros dumbliai, taip pat kiaušiniai, pieno produktai, duona ir maistas su joduota druska, yra pagrindiniai jodo šaltiniai (10).

6.5.1 Jodo šaltiniai maisto produktuose

Lentelė nr. 6 *Jodo šaltiniai skirtinguose maisto produktuose*

Maisto produktas	Porcijos dydis	Jodas (µg)	Šaltinis
------------------	----------------	------------	----------

Balta duona su joduota druska	2 riekės	296	NIH
Pilno grūdo duona su joduota druska	2 riekės	273	NIH
Kepta menkė	85 g	146	NIH
Džiovinti jūros dumbliai	5 g	116	NIH
Virtos austrės	85 g	93	NIH
Graikiškas jogurtas	$\frac{3}{4}$ puodelio	87	NIH
Pienas	1 puodelis	84	NIH
Joduota valgomoji druska	$\frac{1}{4}$ arb. šaukštelio	78	NIH
Makaronai, virti su joduota druska	1 puodelis	30	NIH
Šokoladiniai Ledai	$\frac{1}{2}$ puodelio	28	NIH
Čederio sūris	30 g	14	NIH
Virtos krevetės	85 g	13	NIH
Konservuotas tunas	85 g	7	NIH
Kepta jautiena	85 g	3	NIH
Sojų gėrimas	1 puodelis	3	NIH
Kepta vištienos krūtinėlė	85 g	1	NIH
Obuolių sultys	1 puodelis	1	NIH
Valgomoji druska	100g	2000	FRIDA
Sūdyta laukinė atlantinė lašiša	100g	65	FRIDA
Šaltai rūkyta laukinė atlantinė lašiša	100g	30	FRIDA
Džiūvėsėliai	100g	28.6	FRIDA

Balta duona	100g	26	FRIDA
Pieninis šokoladas	100g	17	FRIDA
Stracciatella ledai	100g	15.5	FRIDA
Karameliniai ledai	100g	14	FRIDA
Tarkuotas parmezano sūris	100g	13.8	FRIDA
Camembert sūris, 30 % rieb.	100g	13.8	FRIDA
Šviežios petražolės	100g	13.5	FRIDA
Liesas jogurtas, 0,1 % rieb.	100g	13	FRIDA
Braškiniai ledai	100g	12.5	FRIDA
Šokoladiniai ledai	100g	12	FRIDA
Plakamoji grietinė, 38 % rieb.	100g	10.1	FRIDA
Majonezas	100g	8.5	FRIDA
Žalias mangas	100g	6.5	FRIDA
Žalias ananasas	100g	5.63	FRIDA
Juodosios alyvuogės be kauliukų, sūryme	100g	4.5	FRIDA
Žaliosios alyvuogės, konservuotos	100g	4.5	FRIDA
Sojų padažas	100g	4.5	FRIDA
Rudieji ryžiai, nevirti	100g	4.5	FRIDA
Grikiai, nevirti	100g	3.7	FRIDA
Švieži špinatai	100g	3.4	FRIDA
Kakavos milteliai	100g	2.8	FRIDA

Džiovinti persikai	100g	2.8	FRIDA
Žalios bulvės	100g	1.2	FRIDA
Žalias jautienos faršas, 8–12 %rieb.	100g	1	FRIDA
Žemės riešutų sviestas	100g	0.5	FRIDA
Medus	100g	0.5	FRIDA
Švieži brokoliai	100g	0.156	FRIDA
Žalias svogūnas	100g	0.153	FRIDA

Pastaba: duomenys pateikti pagal skirtingus šaltinius; NIH duomenys nurodyti porcijai, o FRIDA – 100 g produkto. Sudaryta pagal (16,45)

Pagrindiniai jodo šaltiniai Baltijos šalyse yra jodu praturtinta druska ir ja praturtinti produktai, pienas ir jo produktai, sūravandenės žuvis, kiaušiniai, pavyzdžiui, duona (12). Jodo kiekis makrodumbliuose yra skirtingas kiekvienoje, o kartais net toje pačioje rūšyje, todėl jie nėra patikimas jodo šaltinis. Augalinės kilmės jodu nepraturtintuose pieno produktų pakaitaluose yra mažas jodo kiekis (9).

Airijoje atliktame MyPlanetDiet tyrime 355 sveiki 18–64 metų suaugusieji dalyvavo 12 savaičių viengubai aklame atsitiktinių imčių kontroliuojamame tyrime (46). Jis vyko 2022 m. vasario–2023 m. kovo mėnesiais (47). Tyrimo dalyviams buvo pritaikyta mažiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų išskirianti – tvaresnė mityba ir vėliau buvo tiriama, kaip tokia mityba keičia mikroelementų kiekį organizme. Rezultatai buvo lyginami su kontroline grupe, kuri laikėsi įprastos mitybos rekomendacijų. Intervencinėje grupėje šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos sumažėjo 22 %, energijos suvartojimas – 8 %, jodo suvartojimas – 26 %, o seleno – net 15 %. Tvaresnės mitybos grupėje nustatytas reikšmingas seleno ir jodo suvartojimo sumažėjimas: seleno suvartojimas sumažėjo 15 %, o jodo – 26 % ($p < 0,05$), taip pat buvo nustatytas seleno nepakankamumas, tačiau jodo rodikliai per 12 savaičių reikšmingai nepakito (46).

6.5.2 Seleno šaltiniai maisto produktuose

Lentelė nr. 7 Seleno kiekis skirtinguose maisto produktuose

Maisto produktas	Porcija	Selenas (µg porcijoje)	Šaltinis
------------------	---------	------------------------	----------

Braziliniai riešutai	~28 g (6–8 riešutai)	544	NIH
Virtas geltonpelekis tunas	~85 g	92	NIH
Krevetės, virtos	~85 g	42	NIH
Kiaulienos karbonadas su kaulu, keptas	~85 g	37	NIH
Spagečiai, virti	1 stiklinė	33	NIH
Jautienos kepenys, keptas	~85 g	28	NIH
Kalakutiena, kepta	~85 g	26	NIH
Kumpis, keptas,	~85 g	24	NIH
Ramiojo vandenyno menkė, virta	~85 g	24	NIH
Vištienos krūtinėlė, kepta	~85 g	22	NIH
Malta jautiena (25 % rieb.), kepta	~85 g	18	NIH
Kiaušinis, virtas	1 didelis	15	NIH
Avižinė košė, virta vandenyje	1 stiklinė	13	NIH
Rudieji ryžiai, virti	1 stiklinė	12	NIH
Pilno grūdo duona	1 riekė	8	NIH
Lęšiai, virti	1 stiklinė	6	NIH
Balta duona	1 riekė	6	NIH
Žemės riešutų sviestas	2 valgomieji šaukštai	1	NIH
Žalia kiaulės inkstų mėsa	100g	182	FRIDA
Žali menkių ikrai	100g	105	FRIDA
Konservuotas tunas aliejuje	100g	68	FRIDA
Virta menkės filė	100g	30	FRIDA

Sūdyta laukinė Atlanto lašiša	100g	26	FRIDA
Šaltai rūkyta laukinė Atlanto lašiša	100g	26	FRIDA
Ryžių trapučiai iš rudųjų ryžių	100g	24,6	FRIDA
Žali ekologiški vištų kiaušiniai	100g	24,4	FRIDA
Virtos krevetės sūryme	100g	24	FRIDA
Serrano vytintas kumpis	100g	22	FRIDA
Nesmulkintos sezamo sėklos	100g	19,5	FRIDA
Skrudinti anakardžių riešutai	100g	14,6	FRIDA
Kakavos milteliai	100g	14,3	FRIDA
Tarkuotas kietasis parmezano sūris	100g	14	FRIDA
Kietasis ožkos sūris, 45 % rieš. s.m.	100g	13,8	FRIDA
Feta / salotų sūris, 5 %	100g	12,2	FRIDA
Žali džiovinti raudonieji lęšiai	100g	11,8	FRIDA
Džiovintos moliūgų sėklos	100g	11	FRIDA
Skrudintos maltos kavos pupelės	100g	10	FRIDA
Žalias kalakutienos faršas, 0–5 % rieš.	100g	9,9	FRIDA
Žalias jautienos faršas, 15–20 % rieš.	100g	8,9	FRIDA
Brie sūris, 11 %	100g	7,4	FRIDA

Žemės riešutų sviestas	100g	6,9	FRIDA
Žalia kiauliena, apie 20 % rieb.	100g	6,9	FRIDA
Speltos viso grūdo miltai	100g	6,75	FRIDA
Džiovinti pomidorai	100g	5,5	FRIDA
Pieninis šokoladas	100g	4,5	FRIDA
Tirpios kavos milteliai	100g	3	FRIDA
Švieži krapai	100g	2,7	FRIDA
Džiūvėsėliai	100g	2,65	FRIDA
Balta duona	100g	2,65	FRIDA
Žali brokoliai	100g	2,44	FRIDA
Jogurtas su vaisiais, 0,4 % rieb.	100g	2,2	FRIDA
Džiovinti abrikosai	100g	2,2	FRIDA
Nevirti rudieji ryžiai	100g	2,2	FRIDA
Žali lapiniai kopūstai	100g	2,1	FRIDA
Džiovintos figos	100g	2	FRIDA
Braškiniai ledai	100g	1,65	FRIDA
Juodosios alyvuogės sūryme, be kauliukų	100g	0,9	FRIDA
Žaliosios marinuotos alyvuogės	100g	0,9	FRIDA
Sojų padažas	100g	0,5	FRIDA
Žalias mangas	100g	0,488	FRIDA
Žalios bulvės	100g	0,268	FRIDA

Pastaba: duomenys pateikti pagal skirtingus šaltinius; NIH duomenys nurodyti porcijai, o FRIDA – 100 g produkto sudaryta pagal(38, 45)

6.5.3 Seleno papildai

Dirvožemyje ir požeminiuose vandenyse yra randamos neorganinės seleno formos, tokios kaip selenitai (SeO_3^{2-}) ir selenatai (SeO_4^{2-}), jie gali būti naudojami maisto papildų pavidalu (26). Maisto papildai yra

veiksmingas būdas užtikrintai gauti seleno. Juose gali būti ir organinės, ir neorganinės seleno formos. Selenometionino formos papildai yra geriau pasisavinami. Seleno papildus rekomenduojama vartoti, kai nėra galimybės užtikrinti pakankamo kiekio iš maisto, taip pat galima atlikti seleno kiekio kraujyje tyrimą, nes esant seleno kiekiui kraujyje 122 $\mu\text{g/l}$ ar daugiau maisto papildai yra nerekomenduojami (27). Besilaukiančioms moterims seleno turintys maisto papildai gali būti naudingi mažinant preeklamsijos, gestacinio diabeto, pogrindinės depresijos bei skydliaukės funkcijos sutrikimus. Taip pat gali turėti įtakos motinos pieno sudėčiai ir paveikti vaisiaus bilirubino ir lipidų kiekį. Vis dėlto nėra pakankamai informacijos apie saugų seleno kiekį papilduose (20).

6.6 JODU IR SELENU PRATURTINTI BEI FUNKCINIAI MAISTO PRODUKTAI

Didėjančios sveikos mitybos išlaidos, žemas šeimos išsilavinimas ir pajamos bei sunkumai gauti sveikatos priežiūros paslaugas prisideda prie didesnės mitybos nepakankamumo rizikos (6). Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) ir Maisto ir žemės ūkio organizacija (angl. – Food and Agriculture Organization of the United Nations) sudarė pasaulinę mikroelementų (MN) duomenų bazę tam, kad spręstų endeminius mikroelementų trūkumus, kuriems gali prireikti maisto produktų praturtinimo maistinėmis medžiagomis (5).

Seleno kiekis dirvožemyje ir jame auginamuose augaluose yra svarbus, vertinant gyventojų seleno mitybinę būklę. Deja, žemės ūkyje užauginto maisto praturtinimas seleno gali tuo pačiu būti užterštas sunkiaisiais metalais (pavyzdžiui, kadmiu, švinu, gyvsidabriu, arsenu ir chromu) ir sukelti pavojų ekosistemai ir žmonių sveikatai. Todėl yra labai svarbu įvertinti tokių produktų naudos ir žalos santykį, siūlyti veiksmingas dirvožemio ir produktų tikrinimo schemas (48).

Viena svarbiausių visuomenės sveikatos problemų yra jodo trūkumas (14). Jau šimtą metų yra žinoma, kad esminio mikroelemento jodo kiekis yra svarbus reguliariai skydliaukės funkcijai ir skydliaukės hormonų sintezei (10). Pavyzdžiui, 1922 metais Šveicarijoje pradėtas valgomosios druskos praturtinimas jodu, o šiandien apie 80% šveicarų naudoja joduotą druską namuose (49). Net ir žinant jodo svarbą dar nebuvo rasta sėkmingų būdų, kurie leistų užtikrinti pakankamą jodo kiekį visame pasaulyje (10).

6.6.1 Praturtinimas jodu

Viena svarbiausių visuomenės sveikatos problemų yra jodo trūkumas. Valgomosios druskos praturtinimas jodu yra efektyvus ir ekonomiškai būdas jo išvengti. Joduota druska yra nesunkiai

prieinama ir dažnai naudojama žmonių namuose, todėl yra tinkama priemonė didinant jodo suvartojimą, ypač regionuose, kurių dirvožemyje natūraliai yra jodo stygius (14). Nors nuo pirmųjų prieš šimtmetį įvestų valgomosios druskos jodavimo programų Šveicarijoje ir JAV gerokai pagerėjo maistinio jodo tiekimas, įvairiuose regionuose ir šalyse tokių prevencinių programų vis dar nėra (13). Į tai atsižvelgiant, 2015 metais įkurtas visuomenės sveikatos tyrimų projektas ragino reguliariai stebėti jodo praturtinimo programas ir šviesti visuomenę apie jodo svarbą ir trūkumo žalą. Deklaracijoje aptarti skirtingų šalių jodo papildymo programų skirtumai (13).

Besilaukiančios moters organizmui reikia daugiau jodo, kadangi yra suintensyvėjusi skydliaukės hormonų gamyba, o vaisiaus vystymuisi taip pat yra reikalingas jodas, o vaikams jodas būtinas augimui ir vystymuisi, todėl visuomenės sveikatos institucijos turi stengtis užtikrinti pakankamą jodo kiekį maiste (14). Per didelis kiekis suvartoto jodo taip pat gali būti pavojingas. Greitas suvartojamo jodo kiekio padidėjimas po ilgalaikio jodo trūkumo, gali lemti hipertirozę, o asmenys, turintys skydliaukės mazgus ar kenčiantys nuo autoimuninių sutrikimų jautriau reaguoja į jodo perteklių. Į tai atsižvelgus praturtinimo jodu programos turi būti įvestos palaipsniui bei peržiūrimos (14).

Jodo yra joduotoje druskoje, maisto produktuose ir papilduose, todėl vartojant visus šaltinius vienu metu yra didesnė tikimybė jodo pertekliniam suvartojimui, todėl savarankiškas papildų vartojimas yra nerekomenduojamas. Praturtinimo jodu nauda yra ženkliai didesnė nei žala, tačiau reikalinga reguliarius jodo kiekio vertinimas (14).

Per pastaruosius keliasdešimt metų visuotinės druskos jodavimo programos daugelyje pasaulio regionų labai sėkmingai mažino gūžio (skydliaukės padidėjimo) dažnį ir naujagimių, paveiktų jodo trūkumo. Nepaisant to, maždaug 5 milijonai naujagimių vis tiek susidurs su jodo trūkumo sutrikimais ir sutrikusią kognityvinių raidą. Remiantis PSO duomenimis, 60 % europiečių nepasiekia apatinės 100 µg/l jodo išsiskyrimo su šlapimu ribos, atitinkamai 40 mln. vaikų ir daugiau nei 430 mln. suaugusiųjų Europos šalyse, kuriose savanoriškai vartojama joduota druska. Pagal amžiaus grupes, moksleiviai gauna pakankamai jodo, o suaugusieji – ne. Prie šios situacijos prisidėjo savanoriškas ir mažėjantis joduotos druskos naudojimas komercinėje maisto gamyboje (10).

Atlikta sisteminė literatūros apžvalga parodė statistiškai reikšmingą teigiamą poveikį jodo kiekiui šlapime po praturtinimo jodu programų įvedimo atsitiktinių imčių kontroliuojamuose tyrimuose (SMD 0,59; 95 % PI 0,37–0,81), toks rezultatas atitiko vidutinį padidėjimą – 38,32 µg/l (95 % PI 24,03–52,61).

Neatsitiktinių imčių rezultatai kitokie (SMD 0,25; 95 % PI -0,16–0,66). Metaanalizėje rezultatų palyginimui naudotas standartizuotas vidurkių skirtumas (SMD), kadangi jis leidžia lyginti skirtingus tyrimus, kuriuose naudotos skirtingos matavimo skalės. Pasirinkti 11 tyrimų – 7 tyrimai buvo atsitiktinių imčių kontroliuojami tyrimai, 3 – klasteriniai neatsitiktinių imčių kontroliuojami, o vienas – atsitiktinių imčių kryžminio tyrimo, iš viso 4317 tiriamųjų. Moksleivių tirta 3636, vaisingo amžiaus moterų – 648, mažiausiai kūdikių – 33. Aptariamai jodu praturtinti įvairūs produktai – maisto produktai, padažai, gėrimai, prieskoniai ir kūdikių maitinimo mišiniai. Jodo dienos normos varijavo nuo 35 µg iki 220 µg per parą, analizuoti tyrimai truko nuo 11 iki 48 savaičių. Iš kitos pusės, nebuvo pateikta tvirtų duomenų apie poveikį kognityvinei raidai, skydliaukės funkcijai, mirtingumui, klinikinės baigtis. Apie nepageidaujamas reakcijas duomenis pateikė tik vienas tyrimas. Taigi, rezultatai parodė, kad jodu papildyti maisto produktai didina šlapimo jodo kiekį: randomizuotų tyrimų metaanalizėje nustatytas SMD buvo 0,59 (95 % PI: 0,37–0,81), tai leidžia teigti, kad šlapimo jodo kiekis vidutiniškai padidėjo maždaug 38,32 µg/l (95 % PI: 24,03–52,61 µg/l) (50).

Latvijoje buvo atliktas skerspjūvio tyrimas, kuriame vertintas ryšys tarp motinos mitybos ir jodo kiekio motinos piene. Nuo 2024 m. spalio iki 2025 m. balandžio mėn. Latvijoje buvo renkami 55 krūtimi maitinančių motinų 24 valandų motinos pieno mėginiai. Taip pat dalyvės pildė 72 valandų maisto dienoraščius bei pateikė antropometrinius ir sociodemografinius duomenis. Jodo motinos piene kiekis buvo nustatyta naudojant induktyviai sujungtą plazmos masių spektrometriją. Jodo kiekis tarp dalyvių varijavo nuo 15,00 µg/l iki 291,00 µg/l, o vidutinė vertė - mediana - (86,00 µg/l) buvo mažesnė už kiekį, reikalingą tik krūtimi maitinamam kūdikiui (150 µg/l). Rastas teigiamas ryšys tarp motinos suvartojamo jodo kiekio ir jodo kiekio motinos piene ($\rho = 0,407$, $p = 0,002$). Pagal dalyvių pateiktus mitybos duomenis, jų mityboje trūko jodo turinčių produktų, o pakankamas – 200 µg per parą – jodo kiekis pasiekiamas tik vartojant jodo papildus. Šiuo metu latvių mityboje nėra pakankamai jodo turinčių produktų, todėl vertėtų peržiūrėti ir patobulinti motinų mitybos gaires (12).

Portugalijoje vasaros ir žiemos sezonais buvo surinkta po vieną pagrindinėse parduotuvėse parduodamų visų pieno ir augalinių pieno pakaitalų vieneta. Pienas vasaros laiku buvo renkamas 2023 m. spalio ir lapkričio mėn. ($n = 142$), o žiemos mėginiai - 2024 m. kovo ir balandžio mėn. ($n = 146$), buvo atsižvelgta į įprastą trijų mėnesių laikotarpį nuo pagaminimo iki paskirstymo. Buvo įtraukti karvių, avių ir ožkų pieno mėginiai, taip pat 1–3 metų vaikams paženklintas pienas. Augaliniai pieno pakaitalai ($n = 128$) buvo įtraukti įvairūs – sojų, avižų, migdolų, ryžių, lazdynų riešutų, kokosų gėrimai ir jų mišiniai.

Dokumentuota visa etiketėse pateikta informacija – apdorojimas (UAT / pasterizuotas), riebumas, laktozės buvimas, ekologiškumas, maistingumo lentelės, kilmės / partijos kodai ir su jodu susijusi informacija. Šalis ir regionas buvo nustatyti pagal gamyklos identifikavimo kodą. Pieno ir augaliniai produktai buvo laikomi pagal etiketėje pateiktas rekomendacijas. Visi produktai buvo analizuojami per jų etiketėse nurodytą tinkamumo vartoti laiką. Nustatyta, jog pienas yra geras jodo šaltinis, nepriklausomai nuo jo apdorojimo, surinkimo sezono ir riebumo. Reikšmingu jodo kiekiu pasižymėjo tik praturtinti jodu augaliniai pieno pakaitalai, nors buvo rasta neatitinkčių ženkliniame. Keturiuose jodu praturtintuose pieno pakaitaluose buvo nurodytas 22,5 µg, tačiau išmatavus laboratoriskai – mediana buvo 20,3 µg. Augaliniai gėrimai, kaip pieno alternatyva, sudarė tik 3% jodo paros normos suaugusiems ir 6% vaikams (51).

Panašus tyrimas buvo atliktas Šveicarijoje 2022 metais. Jodo kiekis vertintas ne tik pieno produktų, bet ir žuvies augaliniuose pakaitaluose. Tyrėjai nepraturtintuose jodu augaliniuose produktuose jodo kiekį apskaičiavo pagal sudėtį, naudodami Šveicarijos maisto sudėties duomenų bazės (*angl. – Swiss Food Composition Database*) duomenis. Nepraturtinti jodu augalinės kilmės pieno produktų ir žuvies pakaitalai neturėjo optimalaus jodo kiekio. Iš 477 augalinių produktų tik 4 augaliniai gėrimai buvo praturtinti jodu. Lyginta įprastų produktų ir augalinių pakaitalų jodo mediana, pateikta lentelėje. Pakeitus tris pieno produktų porcijas per dieną nepraturtintais augaliniais pakaitalais, jodo suvartojimas sumažėja nuo apytiksliai 25 % iki 0,7 % rekomenduojamos paros normos, todėl gali didėti jodo trūkumo rizika (52).

Lentelė nr. 8 *Nepraturtintų jodu augalinių alternatyvų ir įprastų produktų jodo kiekio mediana*

Produktų grupė	Augalinė alternatyva	Įprastas produktas
Pieno alternatyvos	0,21 µg/100 ml	9,5 µg/100 ml
Jogurto alternatyvos	0,36 µg/100 g	6,1 µg/100 g
Sūrio alternatyvos	0,10 µg/100 g	20 µg/100 g
Žuvies alternatyvos	0,50 µg/100 g	44 µg/100 g

sudaryta pagal (52)

6.6.2 Praturtinimas selenu

Pagrindiniai praturtinimo selenu metodai yra praturtintų trąšų naudojimas, augalų lapų purškimas ir sėklų mirkymas Se(IV) ir Se(VI) tirpaluose. Lapų purškimas laikomas efektyviu ir sukeliančiu mažiau taršos dirvožemiui. Vietoje plačiai naudojamų selenato ir selenito druskų, yra siūloma naudoti mažiau

toksiškas seleno nanodetales (41). Suomijoje seleno trūkumas, naudojant natrio selenato trąšas ir vartojant seleno papildus, yra išspręstas 1984 metais (27).

Vienas iš būdų palaikyti optimalų seleno kiekį organizme – vartoti selenometionino turinčias mieles, kurios gali savyje sukaupti net iki 3000 µg/g seleno. Jos pasižymi saugumu ir nedidele kaina. Selenometioninas palaiko kraujo plazmos glutationo peroksidazės aktyvumą, pasižymi priešvėžiniu poveikiu. Taip pat galima svarstyti selenu praturtintos augalų biomasės vartojimą. Ši biomasė gaunama daiginant sėklas vandenyje, kuriame yra neorganinių seleno druskų. Taip pat galimas nepatogeninių mikroorganizmų *Lactobacillus* arba *Saccharomyces* biomasių auginimas su neorganiniu seleno. Vykstant fermentinėms reakcijoms, jie neorganinį seleną paverčia organiniu, taip biomasė praturtinama selenocisteinu arba selenometioninu. Šie mikroorganizmai gali būti naudojami pieno pramonėje gaminant selenu praturtintus raugintus produktus (27).

Vienas iš seleno praturtintų produktų - seleno praturtinta arbata gali turėti naudingą poveikį sveikatai dėl sąveikos tarp arbatos junginių ir seleno. Arbatžolės gali pasisavinti seleną iš patręšto dirvožemio arba seleno trąšomis apipurkštų lapų. Didelę reikšmę arbatos cheminei sudėčiai turi dirvožemis, praturtinimo seleno metodai ir arbatos paruošimas. Yra nustatytas teigiamas seleno praturtintos arbatos poveikis antioksidaciams, priešūždegiminiams, hepatoprotekciniais ir priešvėžiniams procesams (41).

Pagal Kinijos Liaudies Respublikos žemės ūkio pramonės standartą, arbata klasifikuojama kaip praturtinta seleno, jei jos seleno kiekis yra tarp 0,25 ir 4,0 mg/kg. Daugiausiai seleno sukaupia rudenį surinkta arbata, o mažiausiai – vasarą. Seleno praturtinta būtent juodoji arbata pasižymėjo stipresniu poveikiu mažinant gliukozės kiekį serume nevalgius ir didinant insulino kiekį, o seleno praturtinta žalioji arbata gali sumažinti antibiotikų sukeltą žarnyno bakterijų disbalansą (41).

6.6.3 Praturtinimas jodu ir seleno

2023 – 2024 metais Lietuvoje atliktas dvigubai aklas kontroliuojamas tyrimas, kuriame dalyvavo 130 sveikų suaugusiųjų nuo 18 iki 45 metų amžiaus. Dalyviams atsitiktine tvarka buvo paskirta suvartoti po vieną jodu ir seleno praturtintą kiaušinį arba po vieną papildomai nepraturtintą kiaušinį per dieną. Šlapimo skiedimui buvo apskaičiuotas jodo/kreatinino (UI/Cr) ir seleno/kreatinino (USe/Cr) kiekis šlapime. Jodo trūkumas buvo apibrėžtas kaip UI/Cr <100 µg/gCr, o seleno trūkumas – kaip USe/Cr <25 µg/gCr. Pradinio tyrimo metu 74,8 % dalyvių trūko jodo (UI/Cr: 80,73 ± 34,74 µg/gCr), o 93,3 % – seleno (USe/Cr: 17,16 ± 4,91 µg/gCr). 5 dieną UI/Cr intervencijos grupėje buvo reikšmingai didesnis, palyginti su kontroline grupe, 17,06 µg/gCr (93,41 ± 44,43 µg/gCr ir 76,35 ± 36,74 µg/gCr, P = 0,036), o UIE buvo didesnis 31,83 µg/24 val. (161,85 ± 84,60 µg/24 val. ir 130,02 ± 61,09 µg/24 val., P = 0,031).

Lyginant su pradiniu rodikliu, seleno rezultatai parodė, kad USe/Cr padidėjo 1,09 µg/gCr intervencinėje grupėje (P = 0,077), o kontrolinėje grupėje – 1,41 µg/gCr (P = 0,075). USeE reikšmingai padidėjo intervencinėje grupėje – 2,13 µg/24 val. (nuo 30,01 ± 8,64 µg/24 val. iki 32,14 ± 11,04 µg/24 val., P = 0,047), bet kontrolinėje grupėje pokyčių nepastebėta. Taigi jodu ir seleno praturtintų kiaušinių vartojimas padidino jodo išsiskyrimą su šlapimu, o seleno pokyčiai buvo žymiai nekito (53).

6.7 EPIDEMIOLOGINIAI ASPEKTAI

Nors nuo pirmųjų prieš šimtmetį įvestų valgomosios druskos jodavimo programų Šveicarijoje ir JAV gerokai pagerėjo maistinio jodo (I) tiekimas, įvairiuose regionuose ir šalyse tokių prevencinių programų vis dar nėra. Iš kitos pusės, kai kur Europos Sąjungoje taip pat sumažėjo joduotos valgomosios druskos gamyba, platinimas ir vartojimas (13).

Atsižvelgiant į tai, 2015 metais įkurtas Europos Sąjungos finansuojamas visuomenės sveikatos tyrimų projektas 2018 metais paskelbė Krokuvos deklaraciją, kuri ragino reguliariai stebėti jodavimo programas ir šviesti visuomenę apie jodo svarbą ir trūkumo sukeliamą žalą. Deklaracijoje aptarta kirtingų šalių jodavimoprogramų skirtumai pagal reguliavimo lygį (privalomos ir savanoriškos). Taip pat skiriasi praturtintas produktas ir vertinimo bei stebėsenos procedūros. Pagrindinė mažo visuomenės informuotumo apie jodo trūkumo žalą priežastis yra neužtikrintas viešasis reguliuojamas švietimas (13). Pavyzdžiui, 1922 metais Šveicarijoje pradėtas valgomosios druskos praturtinimas jodu, o šiandien apie 80% šveicarų naudoja joduotą druską namuose (49).

Standartizuoti šlapimo jodo kiekio matavimai Europos šalyse parodė jodo trūkumą nėštumo metu – net 64% atliktų tyrimų parodė, kad jodo kiekis nesiekė PSO rekomenduojamos normos (13).

2025 m. EUthyroid2 apibendrinio skirtingose šalyse atliktų tyrimų duomenis ir pabrėžė, kad nėščiųjų žinios apie padidėjusį jodo poreikį nėštumo metu išlieka nepakankamas. Tik 2 % nėščiųjų Puerto Rike, 8,3 % Šanchajuje, 20 % Šiaurės Airijoje, 25 % Škotijoje ir 26 % Norvegijoje žinojo apie būtinybę didinti jodo suvartojimą arba apie galimą jodo trūkumo riziką vaisiui (13).

Jodo kiekis šveicarų organizme yra stebimas kas 5 metus nuo 1998–1999 metų. Per pastaruosius 10 metų stebėtas pakankamas 6–12 metų vaikų jodo suvartojimas. Mažas jodo suvartojimas stebėtas nėščiosioms, žindančioms ir kūdikiams. Šie duomenys neišskyrė Šveicarijos nuo šalių, kuriose yra savanoriškas druskos jodavimas. Dėl to 2014 metais jodo kiekis druskoje padidintas nuo 20 iki 25 mg/kg. Šis pokytis

pagerino jodo kiekio šlapime rezultatus tik vaikams, kadangi suaugusiems joduota druska nėra vienintelis jodo šaltinis. Antras šaltinis yra pieno produktai, o pastaruoju metu pieno produktų vartojimas yra mažėjantis, populiarėja vegetarizmas ir veganizmas (49).

2020–2022 Šveicarijoje atliktas nacionalinis skerspjūvio tyrimas, vertinantis jodavimo programos efektyvumą pagal jodo kiekį šlapime 6–12 metų amžiaus vaikams ir 18–44 metų amžiaus nėščioms moterims. Tyrimas vykdytas remiantis PSO nurodytomis rekomendacijomis, buvo vykdoma klasterinė atranka, sudaryta iš dviejų etapų. Papildomai vaikų grupėje buvo vertinta nesilaikančių moterų šlapimo kreatinino kiekis, šlapimo natrio kiekis, taip pat jodo kiekis namuose naudojamoje joduotoje druskoje ir skydliaukės funkcijos rodikliai, rinkta informacija apie mitybos įpročius. Rezultatai vaikų ir nėščiųjų grupėje skyrėsi – vaikų šlapimo jodo kiekio mediana buvo 127 $\mu\text{g/l}$, o nėščiųjų – 97 $\mu\text{g/l}$ (PSO rekomendacija vaikams – 100–299 $\mu\text{g/l}$, o nėščiosioms – 150–249 $\mu\text{g/l}$). Tyrimas parodė, jog Šveicarijoje įvesta valgomosios druskos praturtinimo jodu programa efektyviai veikia vaikų ir bendroje grupėje, bet ne nėščiosioms (49).

Vis dar labai svarbu didinti informuotumą apie jodo trūkumo riziką Europoje, ypač nėštumo metu, siekiant apsaugoti vaikų smegenų vystymąsi. Siekiama įtraukti visuomenės sveikatos įstaigas, pacientų organizacijas ir medikus. „EUthyroid2“ taip pat gali įtraukti suinteresuotus visuomenės narius į tikslią veiklą, skirtą visuomenės informuotumo gerinimui (13).

7 REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

Literatūros analizė atskleidė, kad jodas ir selenas yra būtinieji mikroelementai, kurių biologinis poveikis žmogaus organizmui yra glaudžiai persipynęs, o jų trūkumas išlieka viena aktualiausių visuomenės sveikatos problemų pasaulyje.

7.1 Jodo ir seleno stokos paplitimas ir rizikos grupės

Nepaisant dešimtmečius vykdomų praturtinimo programų, apie 2 milijardai gyventojų pasaulyje vis dar patiria jodo trūkumą (6). Analizuojant geografinį pasiskirstymą, stebimas ryškus kontrastas: jei JAV ir Australijoje jodo stoka yra reta, tai Pietų Azijoje ir Užsachario Afrikoje ji išlieka. Lietuva, net ir pradėjus visuotinį jodavimą 2005 m., vis dar priklauso jodo stokos zonai (1,22). Europos regionas pasižymi nevienalytiškumu – standartizuoti tyrimai rodo, kad net 64% atvejų nėščiųjų jodo kiekis šlapime nesiekia

PSO rekomenduojamų normų (13). Nustatytos didžiausios rizikos grupės jodo stokai išsivystyti: 1) Nėščiosios ir žindančios moterys, nes jų jodo poreikis padidėja iki 250 $\mu\text{g}/\text{parą}$, o deficitas tiesiogiai siejasi su vaisiaus neurologinio vystymosi sutrikimais bei padidėjusiu kūdikių mirtingumu (12). 2) Augalinės mitybos besilaikantys asmenys (veganai, vegetarai): Naujausi 2023–2025 m. tyrimai (9,51) patvirtina, kad nevartojant gyvūninės kilmės produktų (pieno, kiaušinių, žuvies), jodo ir seleno suvartojimas reikšmingai sumažėja. Nepraturtinti augaliniai pieno pakaitalai paprastai turi tik jodo pėdsakus, palyginti su karvės pienu. 3) Regionų, kuriuose seleno dirvožemyje yra mažai, gyventojai: Seleno kiekis maiste tiesiogiai priklauso nuo geocheminės aplinkos. Mažas seleno kiekis dirvožemyje siejasi ne tik su skydliaukės patologijomis, bet ir su specifinėmis ligomis, tokiomis kaip kardiomiopatija (Kešano liga) ar sąnarių degeneracija (Kašino-Beko liga) (34).

7.2 Biologinė jodo ir seleno svarba ir jų sinergija

Jodas ir selenas žmogaus organizme veikia kaip vientisa funkcinė sistema, užtikrinanti skydliaukės hormonų homeostazę. Jodas yra tiesioginis skydliaukės hormonų – T4 ir T3 – struktūrinis komponentas (14). Tačiau naujausi tyrimai pabrėžia, kad be pakankamo seleno kiekio šių hormonų apykaita tampa neefektyvi. Kritinę reikšmę čia turi seleno turintys fermentai – jodtironinų dehidrogenazės, kurios katalizuoja neaktyvaus T4 vertimą biologiškai aktyviu T3. Be to, seleno turinti glutathiono peroksidazė (GPx) atlieka esminį apsauginį vaidmenį – ji neutralizuoja vandenilio peroksido perteklių, kuris susidaro jodo oksidacijos metu skydliaukėje. Literatūros apžvalga rodo, kad esant seleno deficitui, padidėja oksidacinė pažeida tirocitams, o tai skatina skydliaukės fibrozę ir autoimuninių procesų aktyvavimą (10).

7.3 Toksiškumas ir saugios mikroelementų suvartojimo ribos

Viena svarbiausių literatūros analizės išvadų – selenas pasižymi itin siauru diapazonu tarp būtinojo kiekio ir toksiškumo. Jei optimali dozė suaugusiajam svyruoja apie 55–70 $\mu\text{g}/\text{parą}$, tai viršijus saugią 400 μg ribą, pasireiškia selenozė. Jos simptomai – periferinė neuropatija, plaukų slinkimas ir specifinis česnako kvapas iš burnos (26). Panaši situacija stebima ir su jodu – nors Wolffo–Chaikoffo efektas leidžia organizmui laikinai prisitaikyti prie jodo pertekliaus, ilgalaikis perteklinis suvartojimas (ypač vyresnio amžiaus žmonėms ar kūdikiams) gali sukelti jodo indukuotą hipertirozę, kuri didina širdies aritmijų ir mirtingumo riziką (13).

7.4 Prevencijos strategijos

Efektyviausia jodo deficito prevencijos priemone išlieka valgomosios druskos jodavimas. Tai pripažinta kaip ekonomiškiausia strategija, tačiau 2024–2025 m. publikacijos (14) pabrėžia naują iššūkį – būtinybę suderinti druskos jodavimo programas su PSO rekomendacijomis mažinti bendrą druskos suvartojimą dėl hipertenzijos rizikos. Tai skatina ieškoti alternatyvių praturtinimo būdų. Seleno trūkumas efektyviai sprendžiamas per žemės ūkį – praturtinant trąšas, mirkant sėklas ar purškiant augalų lapus seleno tirpalais (Pyrzynska, 2025). Tyrimai rodo didelį potencialą praturtinant kasdienio vartojimo produktus – selenu praturtintą arbatą ar kiaušinius. Selenu praturtintos mielės ir *Lactobacillus* biomasės vertinamos kaip saugesnis ir geriau pasisavinamas mikroelemento šaltinis nei neorganinės druskos (27).

Projekte „EUthyroid2“ pabrėžiama, kad vien techninių priemonių neužtenka - būtina didinti visuomenės (ypač sveikatos priežiūros specialistų) informuotumą apie jodo svarbą nėštumo metu, siekiant apsaugoti būsimų kartų kognityvinę sveikatą (13)

Apibendrinant rezultatus, galima teigti, kad jodo ir seleno būklę reikia vertinti kompleksiskai. Vien tik jodo papildymas, neatsižvelgiant į seleno statusą, gali būti ne tik neefektyvus, bet ir biochemiškai žalingas skydliaukės audiniui. Ateities tyrimai turėtų atsižvelgti į individualizuotą mitybą, ypač taikomą pažeidžiamoms grupėms (veganams, nėščiosioms), bei tolesnį funkcinį maisto produktų, galinčių užtikrinti stabilų ir saugų šių mikroelementų tiekimą be druskos pertekliaus, kūrimą.

8 REKOMENDACIJOS

1. *Rekomendacijos valstybiniu ir populiacijos lygmeniu (Politikos formuotojams)*

1.1. Svarbus nuolatinis praturtinimo jodu programų atnaujinimas, tęsiant ir plečiant valgomosios druskos jodavimo programas, kartu laikantis bendrųjų druskos vartojimo mažinimo strategijų ir skatinti joduotos druskos naudojimą kepančią duoną ne tik viešojo maitinimo įstaigose, tačiau ir namuose.

1.2. Geografinėse vietovėse, kuriose seleno kiekis dirvožemyje mažas (tarp jų ir Lietuva), apsvaistyti agrokultūrinį (trąšų) praturtinimą selenu.

1.3. Skatinti nacionalines programas, skirtas reguliariai stebėti nėščiąjų, žindančių moterų ir vaikų iki 2 metų, jodo būklę (matuojant jodo kiekį šlapime), siekiant išvengti negrįžtamų kognityvinės raidos sutrikimų.

2. Rekomendacijos sveikatos priežiūros specialistams ir individui

2.1. Gydytojams endokrinologams ir šeimos gydytojams rekomenduojama vertinti skydliaukės funkciją ne izoliuotai, o atsižvelgiant į jodo ir seleno sinergiją.

2.2. Svarbu aktyviai konsultuoti asmenis, pasirinkusius augalinę mitybą (veganus, vegetarus), apie jodu praturtintų augalinių gėrimų arba specifinių papildų vartojimą.

2.3. Šviesti visuomenę apie „siaurą terapinį langą“ vartojant seleną, pabrėžiant, kad savarankiškas didelių seleno dozių vartojimas (viršijant 400 µg/parą) gali būti toksiškas.

3. Rekomendacijos visuomenės švietimui

3.1. Organizuoti tikslinius informacinius renginius, aiškinančius jodo ir seleno svarbą medžiagų apykaitai, psichinei sveikatai ir darbingumui.

3.2. Skatinti visuomenę rinktis joduotą druską namų ūkiuose ir domėtis vietinės gamybos praturtintais produktais, akcentuojant jų biologinį prieinamumą lyginant su sintetiniais papildais.

9 IŠVADOS

1. Nepaisant druskos jodavimo programų, jodo deficitas išlieka aktualus Europoje, ypač nėščiosioms ir augalinės mitybos besilaikantiems asmenims, kurių jodo kiekio šlapime mediana dažnai nesiekia kritinės 100 µg/l ribos. Seleno deficitas dažniausiai nustatomas regionuose, kurių dirvožemyje mažai seleno (pvz., Rytų Europa, Skandinavija), šiuose regionuose seleno suvartojimas nesiekia rekomenduojamų 55–70 µg per parą.
2. Jodas ir selenas skydliaukės hormonų apykaitą veikia sinergistiškai. Jodas yra pagrindinis T3 ir T4 hormonų komponentas, o selenas, kaip jodtironino dejodinazių sudėtinė dalis, ir yra būtinas periferiniam T4 virtimui į aktyvų T3. Literatūros analizė rodo, kad izoliuotas seleno trūkumas gali imituoti jodo deficitą arba sumažinti jodo papildų terapinį efektyvumą.
3. Patikimiausias populiacinis jodo būklės rodiklis yra jodo kiekis šlapime mediana, tačiau individualiam vertinimui šis metodas yra nepakankamas dėl didelio paros svyravimo. Seleno būklei vertinti rekomenduojama matuoti ne tik bendrą seleno kiekį, bet ir selenoproteino P kiekį, atspindintį organizmo prisotinimą seleno.

4. Universalus druskos jodavimas išlieka efektyviausia ir ekonomiškai naudingiausia populiacinė jodo deficito prevencijos priemonė. Seleno prevencijai efektyviausia priemonė yra trąšų praturtinimas arba tikslinis papildų vartojimas rizikos grupėms.

10 PADEKA

Nuoširdžiai dėkoju baigiamojo darbo vadovei doc. dr. Linai Zabulienei už nuoseklią pagalbą, profesionalias įžvalgas ir vertingas rekomendacijas viso baigiamojo darbo rengimo metu

11 LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Zakauskienė U, Macionienė E, Zabulienė L, Sukackienė D, Linkeviciute-Dumcė A, Banys V, et al. Sodium, potassium and iodine intake in an adult population of Lithuania. *Nutrients*. 2022;14(18):3817. doi:10.3390/nu14183817
2. Jones GD, Droz B, Greve P, Gottschalk P, Poffet D, McGrath SP, et al. Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017;114(11):2848-53. doi:10.1073/pnas.1611576114
3. Cannas D, Loi E, Serra M, Firinu D, Valera P, Zavattari P. Relevance of essential trace elements in nutrition and drinking water for human health and autoimmune disease risk. *Nutrients*. 2020;12(7):2074. doi:10.3390/nu12072074
4. World Health Organization. Micronutrients [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024 [cited 2026 March 10]. Available from: https://www.who.int/health-topics/micronutrients#tab=tab_2
5. Berger MM, Shenkin A, Schweinlin A, Amrein K, Augsburger M, Biesalski HK, et al. ESPEN micronutrient guideline. *Clin Nutr*. 2022;41(6):1357-424. doi:10.1016/j.clnu.2022.02.015
6. Lopes SO, Mayer EM, Azevedo FM, Candido AC, Bittencourt JMD, et al. Nutritional status of iodine and association with iron, selenium, and zinc in population studies: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2025;17(21):3432. doi:10.3390/nu17213432
7. Hay I, Hynes KL, Burgess JR. Mild-to-moderate gestational iodine deficiency processing disorder. *Nutrients*. 2019;11(9):1974. doi:10.3390/nu11091974
8. Zhang F, Li X, Wei Y. Selenium and selenoproteins in health. *Biomolecules*. 2023;13(5):799. doi:10.3390/biom13050799
9. Henjum S, Groufh-Jacobsen S, Aakre I, Gjengedal ELF, Langfjord MM, Heen E, et al. Thyroid function and urinary concentrations of iodine, selenium, and arsenic in vegans, lacto-ovo vegetarians and pescatarians. *Eur J Nutr*. 2023;62(8):3329-38. doi:10.1007/s00394-023-03218-5
10. Köhrle J. Selenium, iodine and iron-essential trace elements for thyroid hormone synthesis and metabolism. *Int J Mol Sci*. 2023;24(4):3393. doi:10.3390/ijms24043393
11. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for iodine. *EFSA J*. 2014;12(5):3660. doi:10.2903/j.efsa.2014.3660

12. Aumeistere L, Kovada K, Driksna A, Kozačenko J, Ciproviča I. Enhancing human milk iodine concentration: a data-driven action plan for Latvia. *Front Nutr.* 2025;12:1650108. doi:10.3389/fnut.2025.1650108
13. Völzke H, Henck V, Ittermann T, Pendt P, Khan Khattak MN, Khattak RM, et al. EUthyroid2: the next step towards the elimination of iodine deficiency and preventable iodine-related disorders in Europe and beyond. *Eur Thyroid J.* 2026;15(1):ETJ250335. doi:10.1530/ETJ-25-0335
14. Rigutto-Farebrother J, Zimmermann MB. Salt reduction and iodine fortification policies are compatible: perspectives for public health advocacy. *Nutrients.* 2024;16(15):2517. doi:10.3390/nu16152517
15. World Health Organization, United Nations Children's Fund, International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. 3rd ed. [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2007 [cited 2026 Mar 05]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241595827>
16. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. Iodine: fact sheet for health professionals [Internet]. Bethesda (MD): National Institutes of Health; 2025 [cited 2026 Mar 16]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-HealthProfessional/>
17. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministras. Dėl rekomenduojamų paros maistinių medžiagų ir energijos normų patvirtinimo, Nr. V-836 [Internet]. 2016 [cited 2026 April 17]. Available from: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/4bd890f0428011e6a8ae9e1795984391>
18. Alexander EK, Pearce EN, Brent GA, Brown RS, Chen H, Dosiou C, et al. 2017 Guidelines of the American Thyroid Association for the diagnosis and management of thyroid disease during pregnancy and the postpartum. *Thyroid.* 2017;27(3):315-89. doi:10.1089/thy.2016.0457
19. Lazarus J, Brown RS, Daumerie C, Hubalewska-Dydejczyk A, Negro R, Vaidya B. 2014 European Thyroid Association guidelines for the management of subclinical hypothyroidism in pregnancy and in children. *Eur Thyroid J.* 2014;3(2):76-94. doi:10.1159/000362597
20. Herrero Jiménez MP, Del Pozo de la Calle S, Cuadrado Vives C, Escobar Sáez D. Nutritional supplementation in pregnant, lactating women and young children following a plant-based diet: a narrative review of the evidence. *Nutrition.* 2025;136:112778. doi:10.1016/j.nut.2025.112778
21. Zimmermann MB. Iodine deficiency. *Endocr Rev.* 2009;30(4):376-408. doi:10.1210/er.2009-0011
22. Zabulienė L, Miglinas M, Mačionienė E, Banys V, Bratčikovienė N, Petronytė D, et al. Vilniaus miesto 6-12 m. vaikų jodo suvartojimo tyrimas. Visuomenės sveikata [Internet]. 2021 [cited 2026 May 01];3(94):43-50. Available from: [https://visuomenessveikata.hi.lt/uploads/pdf/visuomenes%20sveikata/2021.3\(94\)/VS%202021%203\(94\)%20ORIG%20Jodo%20suvartojimas.pdf](https://visuomenessveikata.hi.lt/uploads/pdf/visuomenes%20sveikata/2021.3(94)/VS%202021%203(94)%20ORIG%20Jodo%20suvartojimas.pdf)
23. Bai S, Zhang M, Tang S, Li M, Wu R, Wan S, et al. Effects and impact of selenium on human health: a review. *Molecules.* 2024;30(1):50. doi:10.3390/molecules30010050
24. Yang T, Lee SY, Park KC, Park SH, Chung J, Lee S. The effects of selenium on bone health: from element to therapeutics. *Molecules.* 2022;27(2):392. doi:10.3390/molecules27020392

25. Firantienė R, Račkus J, Šarnauskienė S, Eidzytė R, Kalibaitienė D, Jablonskienė V. Seleno apykaitos organizmuose ypatumai. *Laboratorinė medicina*. 2012;14(1):48-56.
26. Ventura M, Melo M, Carrilho F. Selenium and thyroid disease: from pathophysiology to treatment. *Int J Endocrinol*. 2017;2017:1297658. doi:10.1155/2017/1297658
27. Kuršvietienė L, Stanevičienė I. Selenas mityboje ir jo svarba sveikatai. *Visuomenės sveikata* [Internet]. 2020 [cited 2026 May 01];1(88):9-12. Available from: [https://www.hi.lt/uploads/Institutas/zurnalas_vs%20info/2020_1/Vs%202020%201\(88\)%20Lit%20A%20Selenas.pdf](https://www.hi.lt/uploads/Institutas/zurnalas_vs%20info/2020_1/Vs%202020%201(88)%20Lit%20A%20Selenas.pdf)
28. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for selenium. *EFSA J*. 2014;12(10):3846. doi:10.2903/j.efsa.2014.3846
29. Liu F, Wang K, Nie J, Feng Q, Li X, Yang Y, et al. Relationship between dietary selenium intake and serum thyroid function measures in U.S. adults: data from NHANES 2007-2012. *Front Nutr*. 2022;9:1002489. doi:10.3389/fnut.2022.1002489
30. Wu Q, Wang Y, Chen P, Wei J, Lv H, Wang S, et al. Increased incidence of Hashimoto thyroiditis in selenium deficiency: a prospective 6-year cohort study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2022;107(9):e3603-11. doi:10.1210/clinem/dgac410
31. Andrade GRG, Gorgulho B, Lotufo PA, Bensenor IM, Marchioni DM. Dietary selenium intake and subclinical hypothyroidism: a cross-sectional analysis of the ELSA-Brasil study. *Nutrients*. 2018;10(6):693. doi:10.3390/nu10060693
32. Vergatti A, Abate V, Garofano F, Fiore A, De Filippo G, Strazzullo P, et al. Are dietary habits the missing link between Hashimoto's thyroiditis and osteoporosis? *Nutrients*. 2025;17(13):2109. doi:10.3390/nu17132109
33. Bryliński Ł, Brylińska K, Woliński F, Sado J, Smyk M, Komar O, et al. Trace elements-role in joint function and impact on joint diseases. *Int J Mol Sci*. 2025;26(15):7493. doi:10.3390/ijms26157493
34. Wang Q, Huang J, Zhu K, Zuo W. Selenium and skeletal muscle health in sports nutrition. *Nutrients*. 2025;17(11):1902. doi:10.3390/nu17111902
35. Amhare AF, Liu H, Qiao L, Deng H, Han J. Elemental influence: the emerging role of zinc, copper, and selenium in osteoarthritis. *Nutrients*. 2025;17(13):2069. doi:10.3390/nu17132069
36. Lee JG, Jang JY, Baik SM. Selenium as an antioxidant: roles and clinical applications in critically ill and trauma patients: a narrative review. *Antioxidants (Basel)*. 2025;14(3):294. doi:10.3390/antiox14030294
37. de Man AME, Stoppe C, Koekkoek KWAC, Briassoulis G, Subasinghe LSDP, Cobilinschi C, et al. What do we know about micronutrients in critically ill patients? A narrative review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2025;49(1):33-58. doi:10.1002/jpen.2700
38. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. Selenium: fact sheet for health professionals [Internet]. Bethesda (MD): National Institutes of Health; 2021 [cited 2026 March 13]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/selenium-healthprofessional/>
39. FAO, WHO. Human vitamin and mineral requirements: report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok, Thailand [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2001 [cited 2026 March 22]. Available from: <https://www.fao.org/4/y2809e/y2809e00.pdf>

40. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, de Henauw S, Hirsch-Ernst KI, et al. Scientific opinion on the tolerable upper intake level for selenium. *EFSA J.* 2023;21(1):7704. doi:10.2903/j.efsa.2023.7704
41. Pyrzynska K. Selenium-enriched tea: chemical composition and health benefits. *Food Chem.* 2025;496(Pt 3):146952. doi:10.1016/j.foodchem.2025.146952
42. Fabian D, Ahmed I. Keshan disease. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [updated 2024 May 7; cited 2026 May 1]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK603722/>
43. Yang L, Zhao GH, Yu FF, Zhang RQ, Guo X. Selenium and iodine levels in subjects with Kashin-Beck disease: a meta-analysis. *Biol Trace Elem Res.* 2016;170(1):43-54. doi:10.1007/s12011-015-0463-8
44. MacFarquhar JK, Broussard DL, Melstrom P, Hutchinson R, Wolkin A, Martin C, et al. Acute selenium toxicity associated with a dietary supplement. *Arch Intern Med.* 2010;170(3):256-61. doi:10.1001/archinternmed.2009.495
45. FRIDA Food Data. Version 5.5 [Internet]. Kongens Lyngby: National Food Institute, Technical University of Denmark; 2025 [cited 2026 April 4]. Available from: <https://frida.fooddata.dk/>
46. Leonard UM, Davies KP, Lindberg L, Woodside JV, Nugent AP, O'Sullivan AM, et al. Impact of sustainable diets on micronutrient intakes and status: outcomes of the MyPlanetDiet randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2025;122(3):675-89. doi:10.1016/j.ajcnut.2025.06.007
47. Davies KP, Gibney ER, Leonard UM, Lindberg L, Woodside JV, Kiely ME, et al. Developing and testing personalised nutrition feedback for more sustainable healthy diets: the MyPlanetDiet randomised controlled trial protocol. *Eur J Nutr.* 2024;63(7):2681-96. doi:10.1007/s00394-024-03457-0
48. Xi Z, Chen C, Zhu D, Zhu H, Liang K. Selenium biofortification: a dual-edged sword of nutrition and contamination risk. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2025;24(6):e70345. doi:10.1111/1541-4337.70345
49. Fischer L, Andersson M, Braegger C, Herter-Aeberli I, Swiss Iodine Study Collaborators. Iodine intake in the Swiss population 100 years after the introduction of iodised salt: a cross-sectional national study in children and pregnant women. *Eur J Nutr.* 2024;63(2):573-87. doi:10.1007/s00394-023-03287-6
50. Santos JAR, Christoforou A, Trieu K, McKenzie BL, Downs S, Billot L, et al. Iodine fortification of foods and condiments, other than salt, for preventing iodine deficiency disorders. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;2(2):CD010734. doi:10.1002/14651858.CD010734.pub2
51. Machado SI, Machado A, Bordalo AA, Roque S, Borges N, Palha JA. Mapping iodine sources for human nutrition in Portugal considering geography, seasonality, and processing: milk and plant-based milk alternatives. *Nutrients.* 2025;17(22):3606. doi:10.3390/nu17223606
52. Wall RJ, Clegg M, Zou Y, Stergiadis S. Macromineral and trace element concentrations of dairy products and plant-based imitations in the UK: implications for population intakes. *Food Res Int.* 2025;222(Pt 2):117741. doi:10.1016/j.foodres.2025.117741
53. Zabulienė L, Mazeikiene A, Banys V, Gruzauskas R, Urbaite I, Hendrixson V, et al. The effect of iodine- and selenium-fortified eggs on urinary excretion: findings from a randomized controlled study. *Endocrine Abstracts.* 2025;110:P13. doi:10.1530/endoabs.110.P13

