Optimiranje jelovnika za osobu oboljelu od Hashimoto tireoiditisa

Hodžić, Melisa

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:415056

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Melisa Hodžić
0058218591

OPTIMIRANJE JELOVNIKA ZA OSOBU OBOLJELU OD HASHIMOTO TIREOIDITISA

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu
Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

Zagreb, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Zavod za procesno inženjerstvo
Laboratorij za mjerenje, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Optimiranje jelovnika za osobu oboljelu od *Hashimoto tireoiditisa*

Melisa Hodžić, 0058218591

Sažetak: *Hashimotov tireoiditis* (HT) je autoimuno oboljenje u kojem imunološki sustav napada štitnjaču, što rezultira disbalansom u proizvodnji hormona štitnjače te pravilna prehrana ima važnu ulogu u održavanju ravnoteže hormona i smanjenju simptoma samog oboljenja. Stoga je cilj ovog rada bio optimirati jelovnik prilagođen odrasloj osobi, polazeći od pet preuzetih jelovnika namijenjenih oboljelima od *HT-a*. Energija i nutritivni sastav jelovnika su izračunati primjenom USDA baze podataka o kemijskom sastavu namirnica. Za optimiranje je korišten program LINDO u kojem je funkcija cilja postavljena na traženje dnevnog jelovnika s maksimalnim unosom selena uz ograničenja unosa energije, proteina, selena, željeza, cinka i vitamina D. Optimalno rješenje se sastojalo od 3 glavna obroka i jednog međuobroka čija je energetska vrijednost 1948,9 kcal (preporuka: 2000 kcal) te 159,4 μg selena (preporuka 55 μg/dan). Međutim, iako je optimalna dnevna ponuda u skladu s preporukama za sve promatrane parametre, ona je u dva obroka nudila iste namirnice, te zbog ograničenja USDA baze nisu evaluirani parametri koji su iznimno važni za osobe oboljele od HT-a kao npr. jod. Stoga je važno da educirana osoba, nutricionist, evaluira unos i esencijalnih mikronutrijenata.

Ključne riječi: optimiranje, Hashimoto tireoiditis, prehrana, LINDO program

Rad sadrži: 28 stranica, 11 slika, 4 tablice, 39 literaturnih navoda, 3 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš-Kljusurić

Datum obrane: 14. 9. 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition

Department of process engineering
Laboratory for measurement, control and automatisation

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Menu Optimisation for a Person with Hashimoto's Thyroiditis

Melisa Hodžić, *0058218591*

Abstract: Hashimoto's thyroiditis (HT) is an autoimmune disease in which the immune system attacks the thyroid gland, resulting in an imbalance in thyroid hormone production. Proper nutrition plays a crucial role in maintaining hormone balance and reducing the symptoms of the condition. Therefore, the aim of this study was to optimize a menu tailored for adults, based on five retrieved menus intended for individuals with HT. The energy and nutritional composition of the menus were calculated using the USDA food composition database. The LINDO program was used for optimization, with the objective function set to find a daily menu with maximum selenium intake, while limiting energy, protein, selenium, iron, zinc, and vitamin D intake. The optimal solution consisted of 3 main meals and one snack, with an energy value of 1948.9 kcal (recommended: 2000 kcal) and 159.4 μg of selenium (recommended: 55 μg/day). However, although the optimal daily offering complied with recommendations for all observed parameters, two meals included the same foods. Additionally, due to limitations of the USDA database, parameters crucial for individuals with HT, such as iodine, were not evaluated. Therefore, it is important for an educated individual or nutritionist to assess the intake of essential micronutrients.

Keywords: optimization, Hashimoto's thyroiditis, nutrition, LINDO program

Thesis contains: 28 pages, 11 figures, 4 tables, 39 references, 3 supplements

Original in: Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Jasenka Gajdoš Kljusurić, PhD, Full Professor

Thesis defended: September 14, 2023

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. TEORIJSKI DIO 2
2.1. ZNAČAJ PRAVILNE PREHRANE U LIJEČENJU BOLESTI 2
2.2. HASHIMOTO TIREODITIS 2
2.2.1. POVIJESNI PREGLED BOLESTI 4
2.2.2. ČIMBENICI I SIMPTOMI 5
2.3. SPECIFIČNOST PREHRANE OBOLJELIH OD HASHIMOTO TIREODITISA 6
2.4. PRIMJENA RAČUNALNIH ALATA U PLANIRANJU JELOVNIKA 11
2.4.1. OPTIMIRANJE 11
3. EKSPERIMENTALNI DIO 13
3.1. MATERIJALI 13
3.1.1. JELOVNICI 13
3.1.2. POTREBA NA ENERGIJI I NUTRIJENTIMA 13
3.2. METODE 14
3.2.2. PRIMJENA LINDO PROGRAMA 14
3.2.3. OBRADA PODATAKA 15
4. REZULTATI I RASPRAVA 16
4.1. ANALIZA DNEVNOG SADRŽAJA ENERGIJE I NUTRIJENATA 16
4.2. EXCEL RAČUNALJKA 19
4.3. OPTIMIRANJE POMOĆU LINDO PROGRAMA 20
4.4. KRITIČKI OSVRT NA OPTIMALNU PONUDU 23
5. ZAKLJUČCI 25
6. POPIS LITERATURE 26
7. PRILOZI

1. UVOD

Još u drevnim civilizacijama, ljudi su hranu doživljavali kao svojevrsni eliksir, te su je iskorištavali u ljekovite svrhe. Hrana je poslužila kao osnovna poluga u ispitivanju i razvijanju medicine kao znanosti, a na njen značaj ukazao je i Hipokrat (460.-370. prije Krista), kroz misao:

„Medicinska znanost ne bi uopće bila otkrivena niti pronađena, i ne bi postala predmetom istraživanja kad bi isto jelo i piće odgovaralo i bolesnu i zdravu čovjeku“ (Živković, 2002).

Moderna znanost pruža pregled hrane u vidu sadržaja; (i) energije, zatim (ii) proteina, (iii) ugljikohidrata, (iv) masti, koje se naziva makronutrijentima, zatim (v) vitamina, (vi) minerala, koje se naziva mikronutrijentima, te (vii) vode i (viii) elektrolita. Ona ukazuje na značaj takve svjesnosti o hrani jer su danas jasno definirane posljedice deficita ili suficita nekih od tih nutrijenata po zdravlje čovjeka. Ukoliko je neadekvatan unos makro i mikro nutrijenata, uzrok ili pak posljedica lošeg zdravstvenog stanja čovjeka, uz primjenu hrane kao izvora istih, čovjek može prevenirati, liječiti bolest i/ili smanjiti simptome već postojeće bolesti. Kao što je to prethodno istaknuto kroz Hipokratovu misao, ne odgovara jednaka hrana i jednaka količina hrane, potrebama zdrave i bolesne osobe (Živković, 2002). Stoga je važno razumjeti uzrok i učinke određene bolesti na metabolizam kako bi se hrana mogla prilagoditi i koristiti u terapijske svrhe u skladu s individualnim potrebama.

Zadovoljavanje općih prehrambenih smjernica za oboljele od pojedine bolesti, uz uvažavanje individualnih preferencija pojedinca, kompleksan je proces kojim se nutricionisti bave prilikom planiranja prehrane za oboljelu osobu. Zahvaljujući napretku znanosti u svim područjima, pa tako i računarstvu i informatici, razvijene su računalne alatke, koje nutricionistima olakšavaju pojedine procese tijekom planiranja prehrane.

Međutim, koliko je zapravo čovjek, sa stečenim znanjem, „*stroj*“ van svih konkurencija, bit će pokazano i u nastavku ovog rada.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. ZNAČAJ PRAVILNE PREHRANE U LIJEČENJU BOLESTI

Hrana nije lijek, niti otrov, ali može imati svojstva i jednog i drugog kada se (ne)koristi u skladu s preporukama. Kada se prehrana slaže na poseban način, koji zahtjeva uvođenje, kombiniranje ili pak odricanje određenih namirnica ili načina pripreme istih, u skladu s potrebama zdrava, a posebno bolesna čovjeka, onda se ona naziva *dijetom*.

Dijetoterapija je složenica nastala od riječi grčkog porijekla *diaite i therapia* što u prijevodu označava liječenje dijetom. Ona stavlja težište na liječenje i/ili način življenja primjenom dijete, osmišljene po individualnim potrebama, na način da bi se smanjila mogućnost pogoršanja odgovarajuće bolesti (Živković, 2002).

2.2. HASHIMOTO TIREODITIS

Autoimuna oboljenja su bolesti uzrokovane poremećajima u imunološkom sustavu, koji greškom prepoznaje vlastite stanice i tkiva kao strane tvari, te ih napada antitijelima koja stvara. *Hashimotov tireoiditis* (HT) je jedno od najčešćih autoimunih i endokrinoloških oboljenja kojeg karakterizira upala, oštećenje i uništavanje tkiva štitnjače uslijed infiltracije limfocita i prisutnosti antitijela na *tireoglobulin* i *tiroidnu peroksidazu*, dva proteina koja su važna za stvaranje hormona štitnjače. Hormoni štitnjače su *trijodtrionin (T3)* koji sadrži tri atoma joda, *tirozin (T4)* koji sadrži četiri atoma joda i kalcitonin. *Tireoglobulin* (Tg) je protein koji se proizvodi u folikulima štitnjače i nužan je za sintezu hormona štitnjače, dok enzim *tiroidna peroksidaza* (TPO) katalizira proces adicije joda na tireoglobulin kako bi se sintetizirali hormoni štitnjače.(Baretić, 2011). Tg i TPO su poznati kao potencijalni *autoantigeni*, jer se u neobičnim okolnostima mogu pretvoriti u antigene i izazvati autoimunu reakciju.

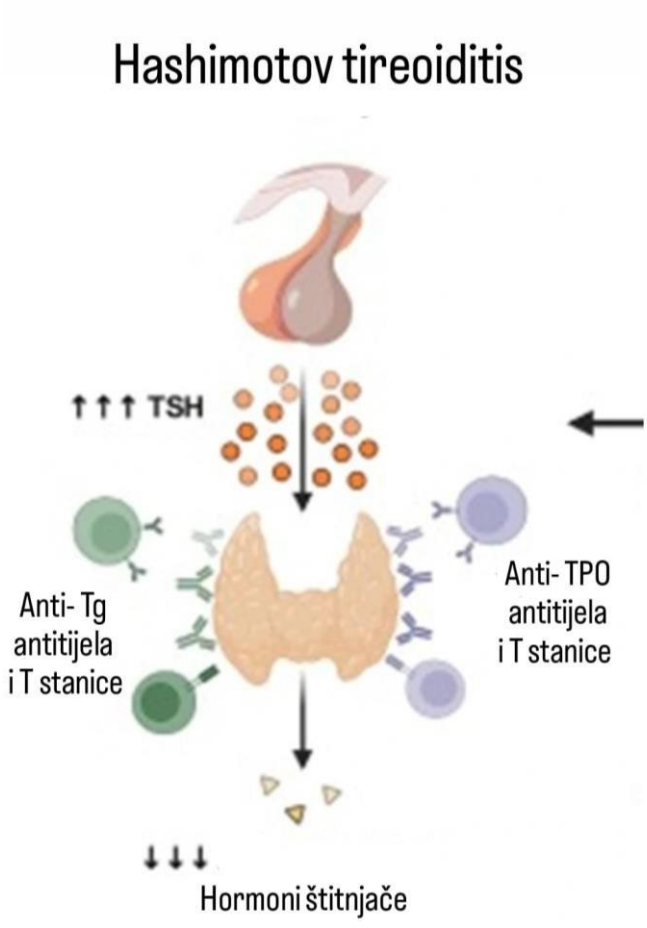
Ako se tijelo suočava s čestim upalnim stanjima ili deformacijama tkiva štitnjače uslijed nekih bolesti, to može dovesti do oštećenja folikula unutar štitnjače. Oštećenje folikula može uzrokovati otpuštanje različitih proteina u krvotok, što potiče imunološki sustav da reagira i pokrene obrambeni mehanizam protiv štitnjače. Ovo stanje se naziva autoimuna bolest štitnjače.

„*Do problema u radu štitnjače dolazi čak i pri manjim poremećajima njene funkcije u različitoj životnoj dobi jer se i očituju na potpuno drugačije načine"* (Baretić, 2011).

Tijekom autoimune bolesti štitnjače, imunološki sustav stvara antitijela koja su usmjerena

protiv različitih proteina koji se nalaze u štitnjači. Konkretno, stvaraju se antitijela *anti-Tg* (antitijelo usmjereno protiv tireoglobulina koji je dio stanica štitnjače) i *anti-TPO* (antitijelo usmjereno protiv tiroidne peroksidaze koja je važna za proizvodnju hormona štitnjače). Ova antitijela djeluju na stanice štitnjače i uzrokuju oštećenje tkiva, što dodatno potiče imunološki sustav na stvaranje antitijela (Kotani i sur., 1995).

Uz antitijela anti-Tg i anti-TPO, stvara se i *antitijelo Trab* (antitijelo usmjereno protiv receptora za mjesto vezivanja TSH hormona štitnjače). Ova antitijela mogu uzrokovati povećanu proizvodnju hormona štitnjače, što dovodi do hipertireoze (ubrzanog rada štitnjače) ili, uglavnom u većini slučajeva, smanjene proizvodnje hormona štitnjače, što dovodi do hipotireoze (usporenog rada štitnjače) (Klubo-Gwiezdzinska i Wartofsky, 2022).



Slika 1. Djelovanje Hashimoto tireoiditisa (Milo i sur., 2023)

Serološki testovi koji mjere koncentraciju antitijela anti-Tg, anti-TPO i Trab, zajedno s razinom TSH-a u krvi (tiroidno stimulirajućeg hormona hipofize), koriste se za dijagnosticiranje autoimune bolesti štitnjače(Mincer i Jialal, 2023). Kod *Hashimotovog tireoiditisa* zbog snižene koncentracije T3 i T4 povisuje se TSH jer pokušava stimulirati štitnjaču na proizvodnju

hormona. Međutim, uslijed oštećenja same štitnjače, unatoč povećanju koncentracije TSH, koncentracija hormona štitnjače ostaje niska (Milo i sur., 2023). U slučajevima neliječene autoimune bolesti štitnjače, imunološki sustav može postupno uništavati štitnjaču, što može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema, kao što su kardiovaskularni poremećaji, neplodnost i problema s raspoloženjem. Stoga je važno pravodobno dijagnosticirati i liječiti autoimunu bolest štitnjače kako bi se spriječile komplikacije.

2.2.1. Povijesni pregled bolesti

Autoimuna bolest Hashimotovog tireoiditisa (HT) je nazvana po japanskom kirurgu dr. Hakuru Hashimotu, koji je 1912. godine objavio rad u njemačkom kliničkom časopisu *Archiv fur Klinische Chirurgie*. Dr. Hashimoto je opisao novo otkriveno oboljenje, koje je nazvao "struma limfomatoza". Kroz klinički i histološki prikaz četiri slučaja oboljenja, opisao je patohistološke promjene koje je identificirao u uzorcima štitnjače četiri žene. Bolest je karakterizirao kao stanje "limfatične gušavosti", što je podrazumijevalo intenzivnu limfocitnu infiltraciju, fibrozu i atrofiju parenhima štitnjače. Iako se prvotno smatralo da je Hashimotovo opisano oboljenje samo faza prethodno poznate bolesti, godinama kasnije, američki i britanski znanstvenici su procijenili članak i priznali stanje opisano u članku kao samostalnu bolest. U čast dr. Hakuru Hashimota, bolest je dobila ime Hashimotova bolest, iako je Hashimoto umro bez priznanja za otkrivanje nove bolesti (Baretić, 2011).

Za otkriće korelacije patohistoloških poremećaja štitnjače i prirode autoimunosti, zaslužan je američki imunolog, patolog i molekularni mikrobiolog, *Noel Rose, tzv. „Otac autoimunosti“*. Noel Rose je studij medicine započeo na Sveučilištu Buffalo, pridruživši se laboratoriju Ernesta Witebskog gdje je za zadatak dobio pripremu čistog tireoglobulina. Rose je testirao dobivene pripravke na bilo koji stupanj denaturacije, tako što je promatrao hoće li izazvati imunološki odgovor kada se ubrizgaju u kuniće. Tadašnja aktualna dogma smatrala je da tijelo ne može prepoznati vlastite proteine, tako da bi svaki imunološki odgovor značio da je protein degradiran. Iako doista nije bilo odgovora nakon ubrizgavanja putem intravenske injekcije, naknadni eksperimenti u kojima je koristio adjuvans za stimulaciju imunološkog sustava i ubrizgavanje u šapu životinje, doveli su do potpuno neočekivanog stvaranja antitijela tireoglobulina. Vodeći se, već spomenutom dogmom, nadređeni znanstvenici su isprva sumnjali u dobivene rezultate, zbog čega je nalaz ponovljen više puta. Na kraju je Rose pročistio tireoglobulin, koji je ubrizgan natrag u istu životinju iz koje je dobiven, i time otkrio, ne samo antitijela, već i upalni proces u štitnjači; otkrio je autoimuni tireoiditis. Ovo ključno otkriće potaknulo je britanske imunologe *Doniach i Roitta* (2020) da postanu prvi koji su otkrili

antitijela na tireoglobulin u serumima pacijenata s Hashimotovim tireoiditisom (HT).

2.2.2. Čimbenici i simptomi

Na manifestiranje Hashimotovog tireoiditisa utječu različiti čimbenici koje se mogu svrstati u tri skupine: genetski, okolišni i biološki čimbenici (Mincer i Jialal, 2023).

Genetski čimbenici: glavni geni histokompatibilnosti (HLA klasa I i II), imunoregulacijski geni (npr. CTLA4, PD1, CD40), geni specifični za štitnjaču (TG), geni povezani sa sintezom antitijela na peroksidazu štitnjače (npr. TPO, BACH2).

Okolišni čimbenici: *PREHRANA*; unos joda (mogući odnos u obliku slova U), pušenje, alkohol, selen, vitamin D, infekcije, terapije koje moduliraju imunološki sustav; litij; zračenje

Biološki čimbenici: ženski spol, dob, trudnoća, Down-ov sindrom, povezana oboljenja.

Bitno je naglasiti da, premda se bolest češće očituje u starijoj dobi osoba ženskog spola, u suštini nema izuzetaka. Hashimotova bolest se može dijagnosticirati u osoba oba spola, i u bilo kojoj životnoj dobi. Omjer oboljelih žena u odnosu na muškarce iznosi 10:1 (Mincer i Jialal, 2023).

Putem svojih hormona; tj. njihove koncentracije, štitnjača regulira funkcije gotovo svih organskih sustava u tijelu, uključujući srčanu frekvenciju, crijevnu pokretljivost, resorpciju kosti, gubitak mišićne mase, smanjenje kolesterola u krvi, apsorpciju glukoze iz crijeva, održavanje tjelesne temperature, aktivnost centra za disanje i mnoge druge vitalne funkcije. U biti, štitnjača upravlja metabolizmima tih funkcija. Kada tijelo doživi izvanredna stanja poput trudnoće, prehlade, stresa i slično, štitnjača može povećati ili smanjiti lučenje hormona kako bi održala tjelesne funkcije adekvatnima za te situacije (Mincer i Jialal, 2023).

Budući da su hormoni štitnjače regulatorni čimbenik metabolizma, simptomi koji ukazuju na oboljenje štitne žlijezde, u većini slučajeva, dolaze iz odgovora drugih organskih sustava, na promjene u metabolizmu. Ti simptomi uključuju npr. krhkost noktiju, gubitak kose, suhu i ispucalu kožu, naglo dobivanje/gubljenje tjelesne mase, oticanje, poremećaje živčanog sustava, tromost i umor, iznenadne promjene raspoloženja, spontane pobačaje, smanjeni libido kod oba spola, bolove u zglobovima, zatvor te mnoge druge simptome (Mincer i Jialal, 2023).

2.3. SPECIFIČNOST PREHRANE OBOLJELIH OD HASHIMOTO TIREODITISA

Štitna žlijezda, pod nadzorom hipofize, spada u jedan od najprokrvljenijih organa u našem tijelu, zbog čega često nosi naziv i *metabolički organ*. Iz tog se naziva može zaključiti koliko je, usvajanje životnih navika koje pozitivno utječu na zdravlje štitne žlijezde, bitno za dobrobit i drugih organskih sustava. Zbog same prirode štitne žlijezde, te širokog spektra čimbenika koji utječu na njenu funkciju, njenom liječenju treba pristupati *holistički*. Budući da je Hashimotov tireoiditis autoimuno oboljenje, dijetoterapiju koja se tom oboljenju pripisuje, uz uvođenje promjena i drugih životnih navika (razina tjelesne aktivnosti, smanjenje stresa, utjecaj na cirkardijalni ritam, ustaljen ritam spavanja i buđenja itd.) , treba prihvatiti kao stil života (Abbott i sur., 2019).

Dijetoterapija HT zasniva se na pravilnoj prehrani, kako u pogledu odabira namirnica, tako i u pogledu vremenskog rasporeda jedenja. Namirnice koje se preporučuju su izvori makro i mikronutrijenata za koje se, kroz mnoga istraživanja, utvrdilo da su u deficitu ili suficitu (jod u nekim slučajevima), kod ljudi oboljelih od HT. Ti nutrijenti, pored direktnog učinka na štitnu žlijezdu, imaju učinak i druge sustave u organizmu, u kojima se mogu očitovati problemi, kao posljedica neadekvatnog rada štitne žlijezde. Dijetoterapija HT uključuje prehrambene smjernice za adekvatan unos hrane koja ima protuupalni učinak, kao i za eliminaciju neke hrane koja može postati podražaj, intolerancijama koje se jave kao nuspojava HT, ili pak mogu ometati apsorpciju određenih nutrijenata kao i djelovanje terapije propisane oboljelima.

U nastavku su opisani neki od nutrijenata esencijalni za normalno funkcioniranje štitne žlijezde.

Energija i proteini- Kada se radi o planiranju prehrane za osobe s bolestima, važan početni korak je određivanje kalorijskog unosa i unosa proteina, koji se razlikuju ovisno o stanju bolesti te individualnim potrebama. U slučaju bolesti štitnjače, povećanje unosa proteina iz cjelokupnog obroka može pomoći u regulaciji oscilacija tjelesne mase koje su posljedica promjena u metabolizmu uzrokovanim neadekvatnim radom štitnjače. Meso, riba, jaja, morski plodovi, orašasti plodovi itd. su izvori proteina koje se preporučuje konzumirati. Važno je obratiti pažnju na unos proteina u slučaju smanjenja ili eliminacije laktoze u prehrani pacijenta s bolešću štitnjače, jer su mliječni proizvodi također važan izvor proteina. Kontrola kalorijskog unosa važna je kako bi se spriječila pretilost uslijed povećanja tjelesne mase, ali se radije preporuča povećati razinu tjelesne aktivnosti umjesto restrikcije unosa hrane kako bi se izbjegao moguće nedostatak nutrijenata potrebnih za normalno funkcioniranje štitnjače

(Ihnatowicz i sur., 2020).

Jod je esencijalni mikronutrijent potreban za sintezu hormona štitnjače. Njegov nedostatak može uzrokovati niz ozbiljnih zdravstvenih problema, uključujući gušavost, srčanu i mišićnu slabost, kretenizam u djece, itd. Tijekom trudnoće, potrebe za jodom se povećavaju jer je ovaj nutrijent važan za razvoj živčanog sustava fetusa. Međutim, i deficit i suficit joda mogu imati negativne učinke na rad štitnjače (Chung, 2014).Prekomjerni unos joda može dovesti do smanjenja aktivnosti enzima štitnjače, uključujući peroksidazu štitnjače, zbog čega se inhibira proizvodnja hormona štitnjače. Ovo se naziva Wolff-Chaikoff efekt, a kod nekih pacijenata hipotireoza postaje trajna. Iako se još uvijek ne zna točno kako se ovaj fenomen razvija, važno je osigurati adekvatan unos joda kako bi se osigurala normalna funkcija štitnjače i spriječile njene disfunkcije.

Wolff-Chaikoffov efekt se pojavljuje kada organizam apsorbira previše joda, što dovodi do privremenog zaustavljanja sinteze hormona štitnjače. To je zaštitni mehanizam koji sprečava toksičnost joda i omogućava normalnu funkciju štitne žlijezde. Kada se koncentracija joda normalizira, štitna žlijezda ponovno aktivira proizvodnju hormona. Međutim, kod nekih pacijenata sa autoimunim tireoiditisom, ova regulacija štitne žlijezde može biti poremećena, što uzrokuje hipotireozu. To se povezuje s nakupljanjem joda u stanicama štitne žlijezde, što može inhibirati enzime koji su važni za sintezu hormona (Wolff i sur., 1949.).

Dugotrajno se proučavao adekvatan unos joda i prevencija posljedica njegova nedostatka, a program jodirane soli se pokazao kao jedno od najsigurnijih i najučinkovitijih rješenja. Međutim, s obzirom na nejednakost izloženosti jodu u različitim populacijama diljem svijeta, važno je uzeti u obzir potencijalne nuspojave prekomjernog unosa joda i koristiti namirnice obogaćene jodom. Također je važno uskladiti unos joda prehranom s trenutnim potrebama pojedinca, koje se mogu mijenjati ovisno o specifičnim uvjetima poput trudnoće, terapije jodom, radioloških pregleda i slično.

Selen, poput joda, je ključan element za niz endokrinih procesa u ljudskom tijelu, a posebno za sintezu, aktivaciju i metabolizam hormona štitnjače. Nedostatak selena može oslabiti imunitet, što može negativno utjecati na čovjekovo zdravlje. Štitnjača je organ s najvećom koncentracijom selena po gramu tkiva. Selen može pomoći u sprečavanju neželjenih učinaka prekomjernog unosa joda, poput povećanja anti-tireoglobulinskih protutijela. Pravilnim unosom selena, mogu se poboljšati imunološki odgovor organizma i spriječiti loši učinci suficita joda. Međutim, potrebno je biti oprezan prilikom konzumacije selena, jer njegov

"U-odnos" može imati utjecaja na štitnu žlijezdu(Ventura i sur., 2017). Hrana bogata selenom uključuje brazilski oraščić, indijski oraščić, ribu, špinat, jetru, meso, itd.

Cink je ključni nutrijent koji igra važnu ulogu u procesu sinteze hormona štitnjače. Njegov nedostatak može uzrokovati poremećaj ravnoteže hormona štitnjače, jer on ima važnu ulogu u reakcijama njihove sinteze. Cink je izuzetno važan element u tragovima, posebno kada se kombinira s drugim elementima. Manjak cinka može dovesti do nemogućnosti pretvaranja hormona T4 u T3 oblik u tkivima, što može izazvati simptome poput gubitka kose, umora i debljanja. Nedostatak cinka također može utjecati na oslabljenje drugih organskih sustava, a njegovi pokazatelji su mnogobrojni simptomi, uključujući oslabljene nokte, ispadanje kose, alergijske reakcije, kožne bolesti, probavne smetnje i ADHD.
Nedostatak cinka u organizmu također može biti uzrokovan problemima s propusnošću crijeva ili celijakijom, što opet može biti u vezi s disbalansom hormona štitnjače. Osobe koje razviju hipotireozu često imaju deficit cinka u organizmu, jer je cink ključan u reakcijama sinteze TSH, hormona koji stimulira štitnjaču da proizvodi hormone. Velika proizvodnja TSH, uslovljena prirodom hipotireoze, zahtijeva crpljenje zaliha cinka (Betsy i sur., 2013).
Dobri izvori hrane bogati cinkom uključuju kakao i gorku čokoladu, meso, kefir, jogurt, sjemenke bundeve, orašaste plodove, špinat, gljive i cjelovite žitarice.

Željezo je ključan element u aktivnom središtu enzima TPO, koji igraju važnu ulogu u reakcijama sinteze hormona štitnjače. U nedostatku željeza, aktivnost TPO se smanjuje, što dovodi do smanjene proizvodnje hormona štitnjače. Niska koncentracija željeza u krvi često se javlja kod osoba s hipotireozom i može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih smetnji jer je željezo ključno za mnoge metaboličke reakcije. Deficit željeza može biti popratni simptom autoimune celijakije ili gastritisa, a kod osoba s hipotireozom, postojanost simptoma može se povećati za 5 do 10 % čak i nakon terapijskog liječenja levotiroksinom, ako postoji i nedostatak željeza (Rayman, 2019). Liječenje deficita željeza kod osoba s HT zahtijeva primjenu pravilne prehrane i adekvatne terapije za hipotireozu koju propisuje liječnik, a uz cilj adekvatnog unosa željeza, potrebno je utjecati i na čimbenike koji ograničavaju njegovu apsorpciju ili iscrpljivanje zaliha željeza u organizmu. Izvori hrane bogati željezom uključuju meso, životinjske iznutrice, kakao i gorku čokoladu, špinat, sardine, plodove mora, sjemenke bundeve itd. (Ihnatowicz i sur., 2020).

Vitamin D je važan nutrijent za ljudsko tijelo, a može se unijeti na dva načina:

endogenim putem, kroz kožu izloženu sunčevoj svjetlosti, i egzogenim putem, kroz hranu. Hrana koja je bogata vitaminom D uključuje mlijeko obogaćeno vitaminom D i mliječne proizvode, jaja, masnu ribu, sušene gljive, morske plodove i druge namirnice. Osim što pomaže u održavanju kalcija i fosfata u ravnoteži, vitamin D igra ulogu u reguliranju imunoloških procesa (Puszkarz i sur., 2018)

Kod osoba koje boluju od bolesti štitnjače (HT), često se primjećuje niska koncentracija vitamina D. Premda još nije potpuno jasno je li manjak vitamina D uzrok napredovanja autoimunih procesa štitnjače ili posljedica samih procesa, postoji jasna korelacija između ove bolesti i nedostatka vitamina D. Nekoliko studija je pokazalo da dodaci kolekalciferola, oblika vitamina D, mogu smanjiti razinu antitijela povezanih s HT kod pacijenata s nedostatkom vitamina D (Gierach i Junik, 2023).

Suplementacija vitaminom D može biti korisna za pacijente s autoimunim bolestima zbog svojih protuupalnih i imunomodulatornih svojstava (Liontiris i Mazokopakis, 2017). Međutim, treba biti oprezan kod unosa vitamina D, jer prekomjerni unos može uzrokovati štetne učinke kao što su hiperkalcemija, a prekomjerno izlaganje jakom suncu može povećati rizik od razvoja melanoma kože. Stoga je važno pristupiti suplementaciji vitamina D s oprezom i prema uputama stručnjaka (Lim i Thadhani, 2020).

Eliminacija glutena- Pacijenti koji pate od autoimunih bolesti su skloniji razvoju autoimunih poremećaja u drugim organima i drugim popratnim bolestima tijekom života. Kod pacijenata s Hashimotovim tireoiditisom (HT), celijakija se pojavljuje učestalije, od nekoliko do 10 puta više nego u općoj populaciji. Smatra se da su genetski faktori razlog za pojavu istovremeno autoimunih poremećaja štitnjače i celijakije (Sharma i sur., 2016). Celijakija ima veliki utjecaj na kvalitetu života pacijenata i dodatno pogoršava poremećaj štitnjače. Ako se celijakija ne liječi, oštećenje crijevnih resica ometa apsorpciju nutrijenata potrebnih za pravilan rad štitnjače, što može utjecati na potrebu za povećanjem hormonske terapije. Stoga se za pacijente s HT i celijakijom preporučuje dijetoterapija koja uključuje eliminaciju namirnica koje sadrže gluten, kao jedini način liječenja celijakije.

Eliminacija laktoze-Većina (75,9 %) pacijenata koji boluju od hipotireoze također ima dijagnosticiranu i intoleranciju na laktozu, šećer prisutan u mlijeku i mliječnim proizvodima (Asik i sur., 2014). Ovo je posebno važno za pacijente koji uzimaju levothyroxine, jer intolerancija na laktozu može utjecati na bioraspoloživost lijeka (Polska i sur., 2012). Sukladno tome, kako bi se postigao isti terapijski učinak, potrebna je veća doza lijeka, što može dovesti

do dodatnog opterećenja štitne žlijezde. Međutim, gotovo su sve formulacije na tržištu zamijenile nosač laktozu, kao i u najzastupljenijoj terapiji euthyrox koja ima izmijenjenu formulaciju od kraja 2019. godine (Štitnjača.hr, 2020). Ako se dijagnosticira laktoza intolerancija, preporuča se prehrana namijenjena za osobe oboljele od HT s eliminacijom ili smanjenjem unosa hrane koja sadrži laktozu, ovisno o stupnju osjetljivosti. Moguće je i liječenje netolerancije laktoze uz pomoć enzima laktaze koji se uzima prije obroka koji sadrži laktozu.

Uz navedene nutrijente, za optimalan rad štitnjače potrebni su i vitamini A, C, E, te vitamini skupine B . Za adekvatan unos navedenih vitamina, pacijentima s HT, preporučaju se sljedeći izvori:

- vitamina A: kelj, mrkva, bundeva, jetrica, špinat, jaje žumanjak, maslac, suhe marelice;
- vitamina C: crni ribiz, kivi, jagoda, naranča, mango, limun, dinja, kelj, špinat, rajčica, paprika (osobito crvene paprike); povrće i voće su u osnovi glavni izvori;
- vitamina E: avokado, riblje ulje, proizvodi od cjelovitih žitarica, biljna ulja;
- skupine vitamina B: jaja, meso, orašasti plodovi, proizvodi od cjelovitih žitarica, grahorice itd.

Mikrobiota- Održavanje ravnoteže i sinergije između korisnih i patogenih bakterija koje nastanjuju ljudski organizam je izuzetno važno za normalno funkcioniranje probavnog sustava i zdravlja općenito. Crijeva su najznačajniji dio imunološkog sustava i blisko su povezana s crijevnom mikrobiotom (Ihnatowicz i sur., 2020). Kod većine pacijenata s Hashimotovim tireoiditisom postoji neravnoteža crijevne mikrobiote, što dovodi do poticanja autoimunih procesa (Virili i sur., 2018) To stvara začarani krug u kojem neravnoteža hormona štitnjače djeluje na količinu bakterija u crijevima, a u slučaju Hashimotovog tireoiditisa, neravnoteža je izraženija i nepravilnija, što povećava rizik od prekomjernog razmnožavanja crijevnih bakterija. Kako bi se smanjio intenzitet upalnih procesa u tijelu koji potiču autoimune procese i koji mogu prethoditi razvoju ozbiljnijih zdravstvenih problema, važno je poboljšati crijevnu mikrobiotu (Durack i Lynch, 2019). Pored prehrane bogate povrćem i voćem, pažnju bi trebalo obratiti i na:

- unos polinezasićenih koje imaju povoljan učinak na mikrobiotu, a smanjenju unosa zasićenih masti koje pospješuju sindrom propusnih crijeva,

- adekvatan unos i topivih i netopivih vlakana, te obratiti pažnju na unos namirnica koje sadržavaju tzv. „prebiotička vlakna“,
- smanjenje unosa rafiniranih žitarica a povećanje unosa cjelovitih,
- unos namirnica bogatih fenolnim spojevima zbog mnogobrojnih blagotvornih svojstava koja posjeduju poput: protuupalnog učinka, antiokisdativnog, antikancerogenog itd.,
- konzumaciju ribe u cilju unosa omega-3 masnih kiselina koje pozitivno djeluju na crijevnu mikrofloru, te imaju protuupalni učinak,
- eliminaciju namirnica koje djeluju kao podražaji na potencijalne intolerancije koje se javljaju kao posljedica drugih oboljenja (Ihnatowicz i sur., 2020).

Naravno bitno je naglasiti kako se preporuke uvijek modificiraju prema individualnim potrebama, te nisu uvijek nužno iste, nego se preporučene doze mijenjaju vremenom kako se mijenjaju i vrijednosti parametara kojima se definira stanje bolesti.

2.4. PRIMJENA RAČUNALNIH ALATA U PLANIRANJU JELOVNIKA

2.4.1. Optimiranje

Kreiranje plana o vrsti namirnica i obroka za jedan ili više dana prema energetskim i prehrambenim potrebama osobe, primjenjujući prehrambene preporuke, ali i uzimajući u obzir osobne preferencije korisnika, naziva se planiranje prehrane. Planiranje prehrane može biti ovisno ili neovisno o prethodno-procijenjenoj prehrani (Gajdoš Kljusurić, 2020).

Zadatak nutricioniste/dijetetičara je primjenjivanje znanja iz područja znanosti o prehrani, te vještina u korištenju alatki za planiranje prehrane, kako bi konačan ishod bio optimalno rješenje, odnosno jelovnik koji je usklađen sa potrebama ili smjernicama.

Bilo da je riječ o procjeni ili planiranju prehrane, nutricionistima je veoma važno napraviti uvid u energetski i nutritivni status namirnica jelovnika koje ispituju. Olakšavajuća alatka za ovaj korak su tzv. baze podataka koja ima iznimno velik utjecaj na kvaliteti samog optimiranja (Resman i sur., 2019).

Primjena optimiranja u nutricionizmu koristi se za rješavanje složenih problema prilikom planiranja prehrambenih jelovnika, kao što su balansiranje unosa hranjivih tvari, pridržavanje prehrambenih ograničenja (npr. kalorijski unos, unos makro- i mikronutrijenata), optimiranje jelovnika za potrebe prehrane sportaša ili pak upravljanje posebnim prehrambenim potrebama

(npr. kod osoba s određenim zdravstvenim stanjima).

Linearno optimiranje je skup metoda koje se mogu koristiti u traženju optimalnog rješenja. Ovisno o metodi koja se koristi može se očekivati ili skup rješenja (skup optimalnih rješenja), ili jedno rješenje (optimalno rješenje). Jedna od metoda koja se najčešće koristi u linearnom optimiranju je matematičko programiranje, tzv. linearno programiranje. Osnovna karakteristika problema koji se rješava primjenom linearnog programiranja je da postoji linearna zavisnost između čimbenika koji određuju taj problem. Stoga se prilikom optimizacije koriste modeli koji se sastoje od sustava linearnih jednadžbi i nejednadžbi (Gajdoš Kljusurić, 2020).

Matematički modeli linearnog programiranja sastoje se od tri osnovna dijela (Đunđek i sur., 2011):

1) Funkcija cilja

$$(\min, \max)\ f = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \ldots + c_n \cdot x_n \quad [1]$$

$c_1, c_2, \ldots, c_n$ = koeficijenti

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ = varijable

2) Skup ograničavajućih uvjeta

$$\begin{aligned} &a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \ldots + a_{1n} \cdot x_n \leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_1 \\ &a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \ldots + a_{2n} \cdot x_n \leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_2 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \ldots a_{mn} \cdot x_n \leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_m \end{aligned} \quad [2]$$

3) Opći uvjet nenegativnosti

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,\ x_n \geq 0 \quad [3]$$

Postoje mnogi računalni modeli za linearno optimiranje, a jedan od njih je i *LINDO program*, koji je korišten u ovom radu.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

3.1.1. Jelovnici

Ulazni podaci su ponude za doručak, ručak, međuobrok i večeru za pet dana (pet dnevnih jelovnika; doručak + ručak + međuobrok + večera), namijenjenih osobama oboljelim od *Hashimoto tireoiditisa*, s naglaskom na stanje hipotireoze. Jelovnici su preuzeti sa internetske stranice (Fitness, 2023) te modificiranih s obzirom na dostupnost namirnica u bazi podataka (prilog 1).

3.1.2. Potreba na energiji i nutrijentima

Kako bi se procijenili i/ili planirali obroci, potrebno je znati energetske i nutritivne potrebe pojedinca ili prosječnu potrebu skupine. Stoga je za potrebe ovog rada, izabrana ženka osoba (dob: 30 godina; tjelesna visina: 1,75 m, te tjelesna masa: 73 kg), koja je slabo aktivna. Dnevna energijska potreba izračunata je pomoću korištenjem Harris -Benedictove jednadžbe.i vrijednosti *Bazalne Energijske Potrošnje* (BEP) i *faktora tjelesne aktivnosti* (engl. *physical activity level,* PAL).
Najprije je izračunata Bazalna Energetska Potrošnja (BEP), izražena u kcal/dan,

BEP = 655.1 + (9.563 × tj. masa [kg]) + (1.850 × tj. visina [cm]) - (4.676 × dob [godine])
= 655.1 + (9.563 × 73) + (1.850 × 175) - (4.676 × 30)
BEP = 1.536,7 kcal

Kako bi se izračunala vrijednost potrebnog dnevnog unosa energije, vrijednost BEP je potrebno pomnožiti sa vrijednosti faktora tjelesne aktivnosti.

Tablica 1. PAL vrijednosti za stupnjeve tjelesne aktivnosti (Comana, 2012)

Aktivnost	PAL
Slaba (većinom sjedenje)	1,2
Niži stupanj aktivnosti (lagano vježbanje ili sportska aktivnost 1-3 puta tjedno)	1,375
Srednja aktivnost (lagano vježbanje ili sportska aktivnost 3-5 puta tjedno)	1,55
Aktivna osoba (aktivno vježbanje ili sportska aktivnost 6-7 puta tjedno)	1,725
Vrlo aktivna osoba (zahtjevno vježbanje ili sp. aktivnost uz vrlo naporan posao)	1,9

Obzirom na aktivnost osobe za koju se analizira i optimira dnevni jelovnik, korišten je PAL 1,2 te slijedi:

$$EER = BEP \times PAL = 1536,7 \times 1,2 = 1844,04 \text{ kcal/dan}$$

Kako je EU preporuka za radno aktivne osobe ≈ 2000 kcal, uzeta je navedena vrijednost kao preporučena vrijednost i za žensku osobu koja je oboljela od HT-a. Time je dnevna potreba energije za prije spomenutu žensku osobu 2000 kcal/dan (8400 kJ/dan).

3.2. METODE

3.2.1. Tablice o kemijskom sastavu namirnica

Primjenom baza podataka tj. tablica o kemijskom sastavu namirnica izračunava se energija te makro i mikro-nutritivni sastav jela i jelovnika. *Baze podataka* su logički organizirani skupovi podataka tj. informacija, koje su, kao takve, osmišljene za jednostavno korištenje, te se mogu mijenjati (brisati i nadopunjavati) (Gajdoš Kljusurić, 2020). Kada su u pitanju baze podataka kojima se koriste nutricionisti, riječ je o bazama podataka kemijskog sastava namirnica. Namirnice u bazama podataka mogu biti termički obrađene ili sirove. Jedna od najčešće korištenih baza podataka, i ujedno baza koja je korištena u ovom radu je Američka tablica sastava namirnica v.19. (*engl. US Department of Agriculture's (USDA) food composition databases*, FCDB) koja sadrži 7589 redaka, tj. namirnica, te 35 pratećih stupaca koji sadrže informacije o masi hrane/namirnice, alkohola, makro i mikronutrijenata te prehrambenih vlakana.

3.2.2. Primjena LINDO programa

Primjenom matematičkih relacija navedenih u jednadžbama 1-3, cilj je od preuzetih jelovnika

pokušati kombinirati dnevnu ponudu (jelovnik) tj. optimalno rješenje koje predstavlja dnevni jelovnik primjeren za odraslu osobu oboljelu od Hashimoto tireoiditisa.

Štitnjača je organ s najvećom koncentracijom selena po gramu tkiva, i iznimno je bitan za štitnu žlijezdu, zbog čega je funkcija cilja maksimizirana upravo s obzirom na taj mineral (Gorini i sur., 2021).

Ograničavajući uvjeti su izdvojeni uzimajući u obzir DRI vrijednosti za odraslu žensku osobu od 30 godina i preporuke o povećanju/smanjenju unosa pojedinih nutrijenata ukoliko osoba boluje od HT. Preporučene dnevne potrebe na vitaminima i mineralima koji se smatraju izuzetno važnima u prehrani oboljelih od HT-a, promatrane su prema tablici u prilogu 2, te je skup ograničavajućih uvjeta korišten u LINDO programu naveden u tablici 2.

Tablica 2. Skup ograničavajućih uvjeta korištenih u LINDO programu

Ograničenja	
Energija (kcal)	> 1800 < 2200
Proteini (g)	> 67.5 < 100
Selen (µg)	> 100 < 400
Cink (g)	> 8 < 34
Željezo (g)	> 10 < 45
Vitamin D (µg)	> 5 < 50

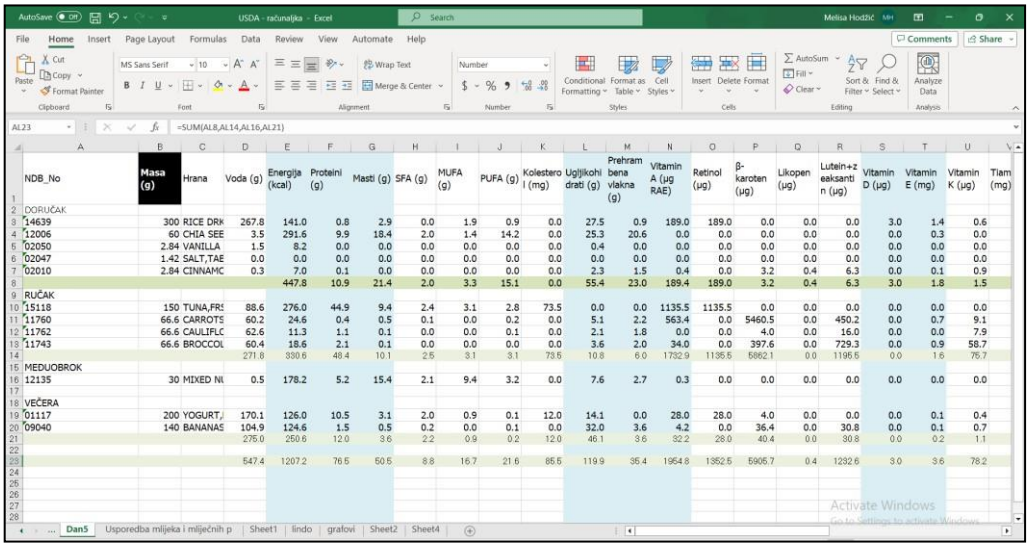
3.2.3. Obrada podataka

U analizi ponuda, za pojedinačne obroke i dnevne ponude su korištene srednja vrijednost i standardna devijacija, te su računati udjeli makronutrijenata. U grafičkom prikazu rezultata su korišteni standardni alati i MS Excel-a 2010.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Analiza dnevnog sadržaja energije i nutrijenata

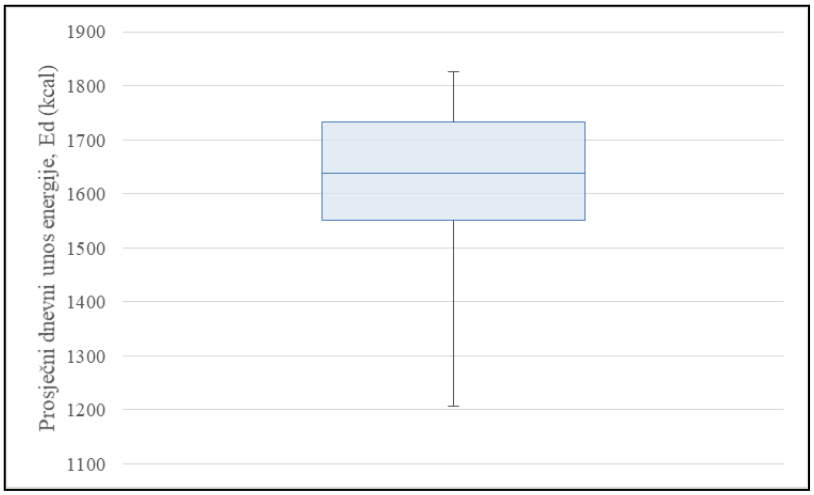
Proračun nutritivnog sastava obroka unošenjem jelovnika u Excel računaljku primjenom USDA baze podataka o kemijskom sastavu hrane. Ova tablica kemijskog sastava namirnica korištena je zbog jednostavnosti za korištenje, bogate ponude sirovih i termički obrađenih namirnica, te se vrlo često koristi u znanstvenim publikacijama (Đunđek i sur, 2011; Orešković i sur., 2015). Primjer proračuna prikazan je u slici 2.



	NDB_No	Masa (g)	Hrana	Voda (g)	Energija (kcal)	Proteini (g)	Masti (g)	SFA (g)	MUFA (g)	PUFA (g)	Kolesterol (mg)	Ugljikohidrati (g)	Prehrambena vlakna (g)	Vitamin A (µg RAE)	Retinol (µg)	β-karoten (µg)	Likopen (µg)	Lutein+zeaksantin (µg)	Vitamin D (µg)	Vitamin E (mg)	Vitamin K (µg)	Tlam (mg)
1																						
2	DORUČAK																					
3	14639	300	RICE DRK	267.8	141.0	0.8	2.9	0.0	1.9	0.9	0.0	27.5	0.9	189.0	189.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.4	0.6	
4	12006	60	CHIA SEE	3.5	291.6	9.9	18.4	2.0	1.4	14.2	0.0	25.3	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	
5	02050	2.84	VANILLA	1.5	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	02047	1.42	SALT,TAE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	02010	2.84	CINNAMC	0.3	7.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	1.5	0.4	0.0	3.2	0.4	6.3	0.0	0.1	0.9	
8					447.8	10.9	21.4	2.0	3.3	15.1	0.0	55.4	23.0	189.4	189.0	3.2	0.4	6.3	3.0	1.8	1.5	
9	RUČAK																					
10	15118	150	TUNA,FRS	88.6	276.0	44.9	9.4	2.4	3.1	2.8	73.5	0.0	0.0	1135.5	1135.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	11760	66.6	CARROTS	60.2	24.6	0.4	0.5	0.1	0.0	0.2	0.0	5.1	2.2	563.4	0.0	5460.5	0.0	450.2	0.0	0.7	9.1	
12	11762	66.6	CAULIFLC	62.6	11.3	1.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	2.1	1.8	0.0	0.0	4.0	0.0	16.0	0.0	0.0	7.9	
13	11743	66.6	BROCCOL	60.4	18.6	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	2.0	34.0	0.0	397.6	0.0	729.3	0.0	0.9	58.7	
14				271.8	330.6	48.4	10.1	2.5	3.1	3.1	73.5	10.8	6.0	1732.9	1135.5	5862.1	0.0	1196.5	0.0	1.6	76.7	
15	MEĐUOBROK																					
16	12135	30	MIXED NI	0.5	178.2	5.2	15.4	2.1	9.4	3.2	0.0	7.6	2.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
17																						
18	VEČERA																					
19	01117	200	YOGURT,/	170.1	126.0	10.5	3.1	2.0	0.9	0.1	12.0	14.1	0.0	28.0	28.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	
20	09040	140	BANANAS	104.9	124.6	1.5	0.5	0.2	0.0	0.1	0.0	32.0	3.6	4.2	0.0	36.4	0.0	30.8	0.0	0.1	0.7	
21				275.0	250.6	12.0	3.6	2.2	0.9	0.2	12.0	46.1	3.6	32.2	28.0	40.4	0.0	30.8	0.0	0.2	1.1	
22																						
23				547.4	1207.2	76.5	50.5	8.8	16.7	21.6	85.5	119.9	35.4	1954.8	1352.5	5905.7	0.4	1232.6	3.0	3.6	78.2	

Slika 2. USDA Excel računaljka (vlastita fotografija)

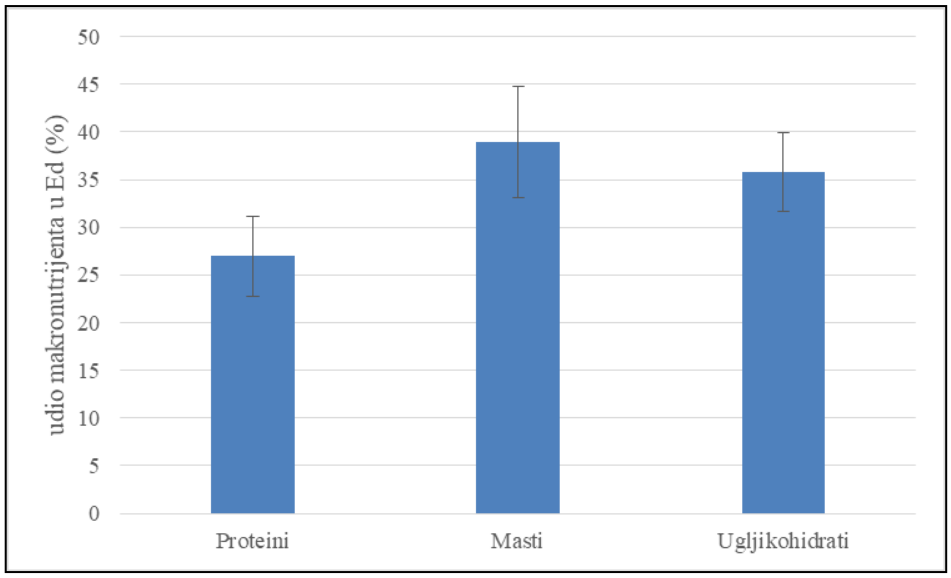
Prvi korak u analizi dnevnih jelovnika je analiza njihova ponuda energije (slika 3), makronutrijenata i mikronutrijenata (slike 4 i 5).



Slika 3. Box Whiskerov dijagram za energiju tijekom pet dana

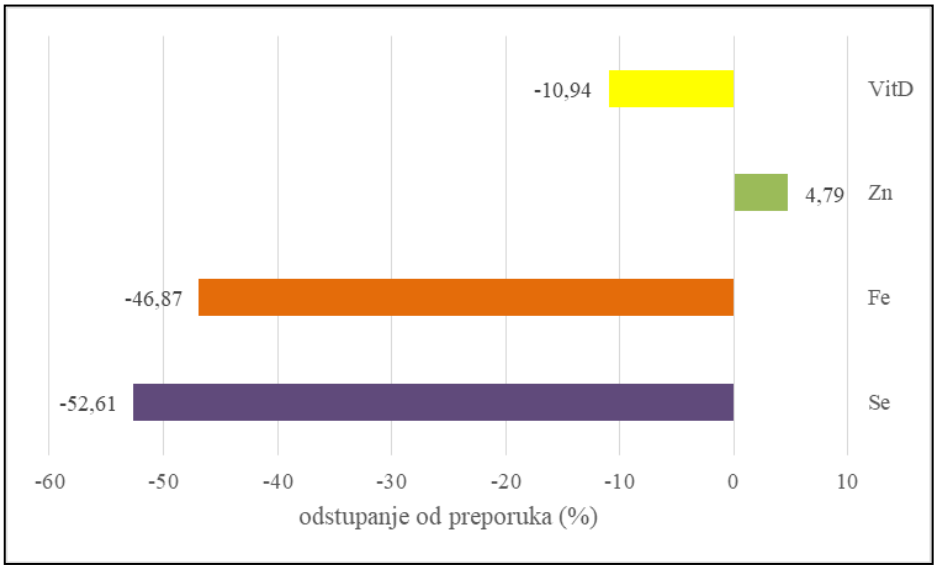
Slika 3 pokazuje kako je dnevna energetska ponuda bila u rasponu od 1207 do 1850 kcal, dok

su prosječni udjeli proteina bili 27 %, masti 39 %, a ugljikohidrata svega 36 % (slika 4).



Slika 4. Udio makronutrijenata u dnevnoj energijskoj ponudi

Promatran je i prosječan sadržaj četiri mikronutrijenta čiji primjeren unos je iznimno važan osobama oboljelim od HT-a, a to su selen, željezo, vitamin D i cink. Navedeni mikronutrijenti su od iznimnog značaja u nizu biokemijskih reakcija u ljudskom tijelu (Puszkarz i sur., 2018).



Slika 5. Odstupanje prosječnih dnevnih ponuda promatranih mikronutrijenata; selena (Se), željeza (Fe), cinka (Zn) i vitamina D (vitD)

Zeleni stupac (slika 5) predstavlja odstupanje u prihvatljivom rasponu ± 10 %, dok ostale boje stupaca predstavljaju odstupanja koja premašuju zadani raspon, te predstavljaju ponude koje nisu u skladu s dnevnim preporukama te su problem koji se može pokušati riješiti optimiranjem.

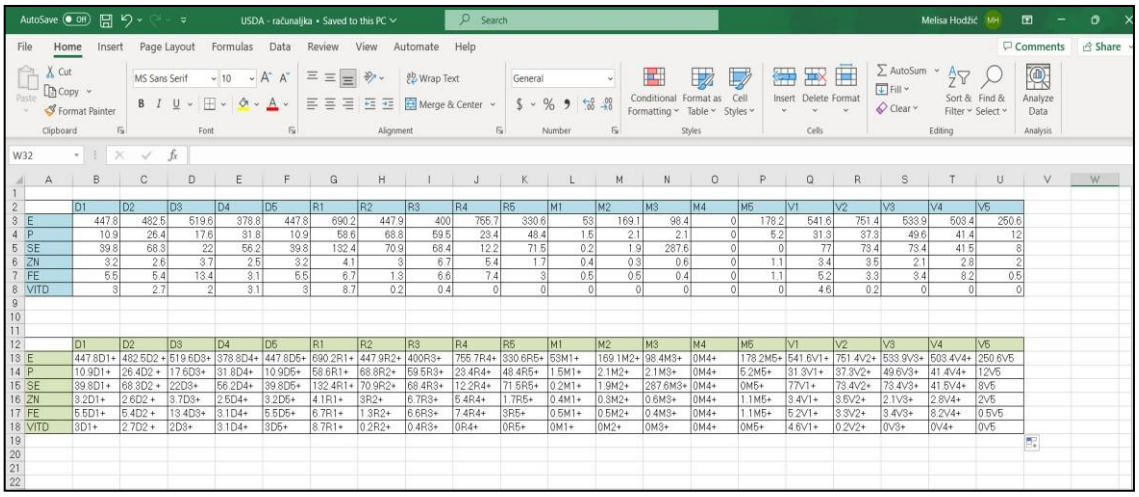
Iz navedene analize prosječne ponude mikronutrijenata (slika 4) vidljivo je kako su samo 2 mikronutrijenta u prihvatljivom rasponu od ± 10 % (Đunđek i sur., 2011) te uzimajući u obzir ostale promatrane parametre (energija, makronutrijenti), šest od osam promatranih parametara nije u skladu s preporučenim vrijednostima. Pored uvažavanja nutritivnih kriterija za plan prehrane prilagođenog određenoj osobi, postoje i drugi ograničavajući faktori poput: rasporeda obroka, ponavljanja namirnica, budžeta, subjektivnih preferencija okusa, teksture i boja namirnica itd.

Vizualno prezentirani rezultati analize polaznih obroka, daju na preglednosti, naizgled složenim, nutricionističkim podacima. Vidimo kako je dnevna ponuda energije niža u odnosu potrebe prosječne odrasle ženske osobe (dobi od 30 god.). Udio makronutrijenata je takav da dominiraju masti, a udio ugljikohidrata je niži od preporučenih vrijednosti. Preporučene vrijednosti za makronutrijente izračunate s obzirom na preporučene udjele dnevnog energijskog unosa. Pri analiziranju odstupanja mikronutrijenata, temeljenih na DRI vrijednostima za 30-godišnju ženu (prilog 2), primjećujemo da se vrijednosti cinka i vitamina D kreću unutar dopuštenih granica (+/- 10 % od preporučenih vrijednosti). Suprotno tome, primjećujemo značajna odstupanja za unos selena i željeza u većim mjerilima. Unatoč tome, s obzirom na stanje hipotireoze, karakteristično za Hashimotov tireoiditis, i povećane potrebe za tim mikronutrijentima, vrijednosti željeza i selena nisu identificirane kao ozbiljno problematične, dok bi povećani unos cinka mogao biti preporučljiv. Važno je napomenuti da su vrijednosti i dalje ispod UL (engl. *Upper Limit*) vrijednosti za te nutrijente.

Iz priloženih triju slika zaključeno je kako ponuđeni jelovnici ne zadovoljavaju potrebe za osobu oboljelu od Hashimoto tireoiditisa, te se, stoga, primijenilo optimiranje kako bi se utvrdilo ukoliko je moguće da se kombinacijom obroka i/ili međuobroka različitih dana postigne jelovnik koji bi poslužio kao "primjer" za našeg bolesnika.

Rješavanje navedenih problema tj. proces pronalaska najpovoljnijeg rješenja s obzirom na sve zadane kriterije naziva se optimiranje. Optimiranje u nutricionizmu je pristup koji se koristi za postizanje najboljih rezultata u planiranju prehrane i prilagodbi prehrane.

Izdvajanje esencijalnih nutrijenata (s obzirom na HT) čiji će dnevni unosi biti okarakterizirani kao ograničavajući uvjeti, te prilagođavanje zapisa iz Excela, LINDO programu, u slici 6 je prikaz forme tablice podataka koje se kopiraju u LINDO.



	D1	D2	D3	D4	D5	R1	R2	R3	R4	R5	M1	M2	M3	M4	M5	V1	V2	V3	V4	V5
E	447.8	482.5	519.6	378.8	447.8	690.2	447.9	400	755.7	330.6	53	169.1	98.4	0	178.2	541.6	751.4	533.9	503.4	250.6
P	10.9	26.4	17.6	31.8	10.9	58.6	68.8	59.5	23.4	48.4	1.5	2.1	2.1	0	5.2	31.3	37.3	49.6	41.4	12
SE	39.8	68.3	22	56.2	39.8	132.4	70.9	68.4	12.2	71.5	0.2	1.9	287.6	0	0	77	73.4	73.4	41.5	8
ZN	3.2	2.6	3.7	2.5	3.2	4.1	3	6.7	5.4	1.7	0.4	0.3	0.6	0	1.1	3.4	3.5	2.1	2.8	2
FE	5.5	5.4	13.4	3.1	5.5	6.7	1.3	6.6	7.4	3	0.5	0.5	0.4	0	1.1	5.2	3.3	3.4	8.2	0.5
VITD	3	2.7	2	3.1	3	8.7	0.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	4.6	0.2	0	0	0

	D1	D2	D3	D4	D6	R1	R2	R3	R4	R6	M1	M2	M3	M4	M5	V1	V2	V3	V4	V6
E	447.8D1+	482.5D2+	519.6D3+	378.8D4+	447.8D6+	690.2R1+	447.9R2+	400R3+	755.7R4+	330.6R6+	53M1+	169.1M2+	98.4M3+	0M4+	178.2M5+	541.6V1+	751.4V2+	533.9V3+	503.4V4+	250.6V6
P	10.9D1+	26.4D2+	17.6D3+	31.8D4+	10.9D6+	58.6R1+	68.8R2+	59.5R3+	23.4R4+	48.4R6+	1.5M1+	2.1M2+	2.1M3+	0M4+	5.2M5+	31.3V1+	37.3V2+	49.6V3+	41.4V4+	12V6
SE	39.8D1+	68.3D2+	22D3+	56.2D4+	39.8D6+	132.4R1+	70.9R2+	68.4R3+	12.2R4+	71.5R6+	0.2M1+	1.9M2+	287.6M3+	0M4+	0M5+	77V1+	73.4V2+	73.4V3+	41.5V4+	8V6
ZN	3.2D1+	2.6D2+	3.7D3+	2.5D4+	3.2D6+	4.1R1+	3R2+	6.7R3+	5.4R4+	1.7R6+	0.4M1+	0.3M2+	0.6M3+	0M4+	1.1M5+	3.4V1+	3.5V2+	2.1V3+	2.8V4+	2V6
FE	5.5D1+	5.4D2+	13.4D3+	3.1D4+	5.5D6+	6.7R1+	1.3R2+	6.6R3+	7.4R4+	3R6+	0.5M1+	0.5M2+	0.4M3+	0M4+	1.1M5+	5.2V1+	3.3V2+	3.4V3+	8.2V4+	0.5V6
VITD	3D1+	2.7D2+	2D3+	3.1D4+	3D6+	8.7R1+	0.2R2+	0.4R3+	0R4+	0R6+	0M1+	0M2+	0M3+	0M4+	0M5+	4.6V1+	0.2V2+	0V3+	0V4+	0V6

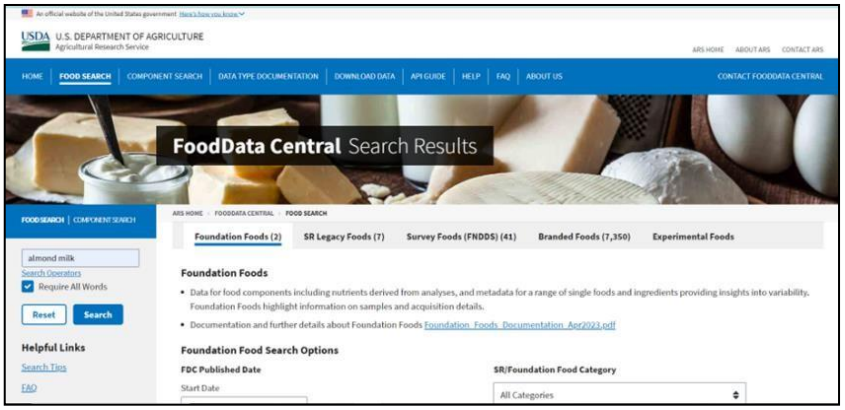
Slika 6. Prilagođen proračun u MS Excel-u za prijenos u LINDO program (vlastita fotografija)

4.2. EXCEL RAČUNALJKA

Zbog nedostatka vrijednosti za selen u hrvatskoj bazi o kemijskom sastavu namirnica, te termičkoj obradi namirnica koje su u njoj sadržane, prilikom izrade jelovnika korištena je USDA baza podataka o kemijskom sastavu namirnica. Navedena baza pokazala se jednostavnom i praktičnom za korištenje.

Premda Excel računaljka ne sadrži podatke o jodu i laktozi, ciljane namirnice, tj. makor- i mikronutrijenti se mogu ispitati putem unaprijeđene pretražilice ***USDA FoodSearch.*** Prednosti korištenja ova pretražilice su jednostavnost korištenja, besplatan pristup putem interneta, preglednost stranice i upotpunjenost USDA baze podataka.

Nepostojanje joda i laktoze kao stupaca u USDA računaljki, istaknula bih kao nedostatak tijekom koraka ispitivanja kemijskog sastava namirnica, jer je praćenje unosa joda od velikog značaja, a eliminacija laktoze, ili barem ograničenje njena unosa, ponekad neizbježna smjernica u savjetovanju osoba oboljelih od HT.



Slika 7. USDA Web pretražilica

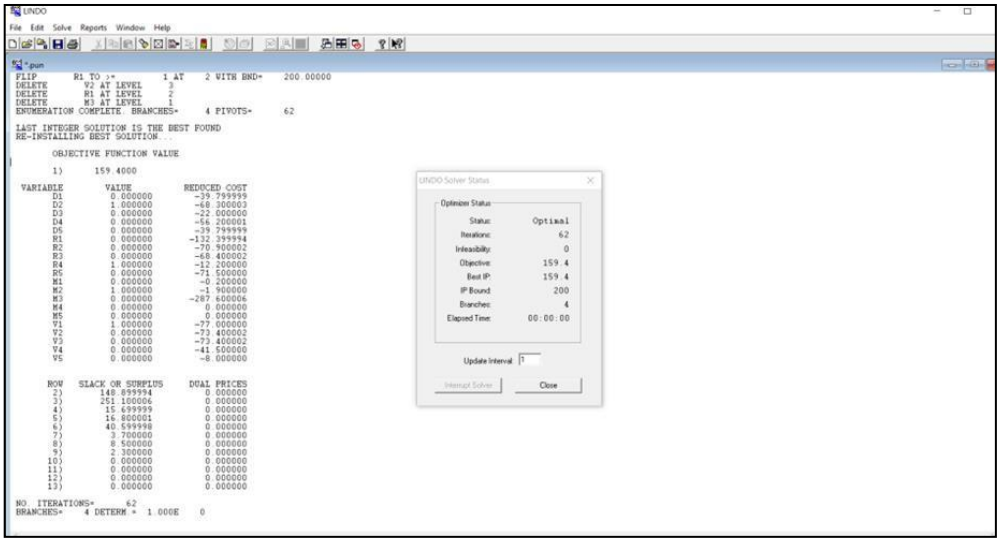
4.3. Optimiranje pomoću LINDO programa

Prema jednadžbi 2, potrebno je definirati dnevna ograničenja, tj. definirati raspona dnevnog unosa za promatrane nutrijente, s obzirom na dnevne preporučene vrijednosti (engl. *Dietary Reference Intakes, DRI*) te nutritivne potrebe oboljelih od HT.

Ograničavajući uvjeti su izdvojeni uzimajući u obzir DRI vrijednosti za odraslu žensku osobu od 30 godina i preporuke o povećanju/smanjenju unosa pojedinih nutrijenata ukoliko osoba boluje od HT (tablica 2). U radnu stranicu LINDO programa (prilog 3). Osnovni dijelovi linearnog modela su (i) Funkcija cilja (koja je maksimizirana s obzirom na unos **selena**), (ii) skup ograničavajućih uvjeta koje sačinjavaju rasponi dnevnih preporuka za unos energije, proteina, selena, cinka, željeza i vitamina D. Osnovni izgled linearnog programa prikazan je u slici 7.

Sam proces optimiranja opisan je kroz nekoliko koraka, a ono što se nastoji ispitati je, koliko se proces optimiranja pojednostavljuje uporabom računalnih alatki, te koliko se rezultati, dobiveni istim, mogu smatrati optimalnim.

Prema zadanoj funkciji cilja, koja je maksimizirana s obzirom na sadržaj selena te postavljenim ograničavajućim uvjetima za unos energije, proteina, selena, cinka, željeza i vitamina D, LINDO program (slika 9) je odabrao kombinaciju obroka kao optimalnu jednodnevnu ponudu jelovnika koja je navedena u tablici 3, a čiji ne energetsko nutritivni sadržaj promatranih parametara naveden u tablici 4.



Slika 9. Rezultat optimiranja u LINDO-u

Tablica 3. Optimalna dnevna ponuda (kombinacija obroka)

	DORUČAK	RUČAK	MEĐUOBROK	VEČERA
OPTIMALNI JELOVNIK	Integralni kruh, 2 jaja (kajgana)	Salata od kvinoje, dresing	Banana	3 jaja (kuhana ili kajgana) 100 g riže

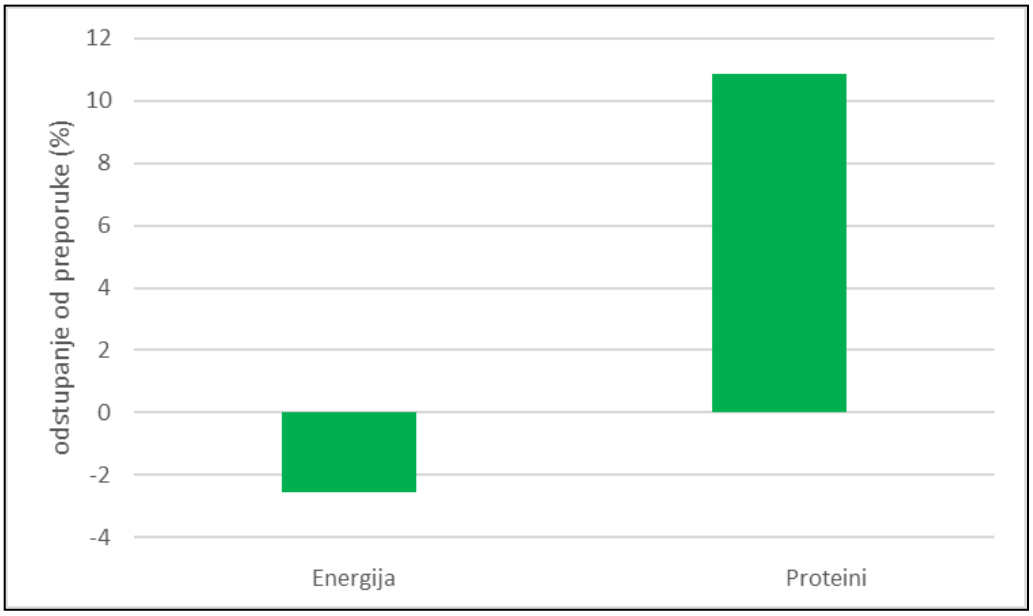
Tablica 4. Postavljena ograničenja i dnevni unos energije i nutrijenata u optimalnoj ponudi

	Postavljena ograničenja	**Vrijednosti u optimalnoj ponudi**
Energija (kcal)	1800-2200	1948.9
Proteini (g)	67.5-100	83
Selen (µg)	100-400	159.4
Cink (g)	8-34	11.7
Željezo (g)	10-45	18.4
Vitamin D (µg)	5-50	7.3

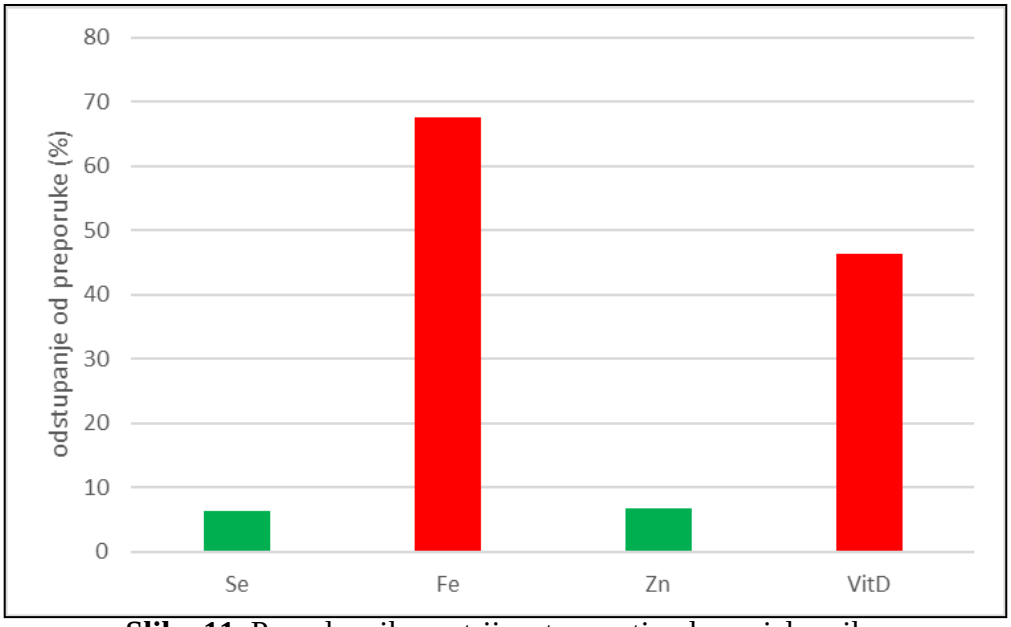
Prema rezultatima, optimalna ponuda (tablica 3) ima sve promatrane parametre u rasponu postavljenih ograničenja (tablica 4) uz maksimalan unos selena od 159,4 µg. Iako je računalo uspješno predložilo ponudu koja zadovoljava postavljena ograničenja i ima maksimalan unos selena, ponavljanje iste namirnice (kao što je to ovdje slučaj sa jajima u doručku i večeri) nije u skladu s načelima raznovrsnosti prehrane, ali često i sa preferencijama konzumenata (Gajdoš

Kljusurić i sur., 2016). Jedno od mogućih rješenja za izbjegavanje ponavljanja iste namirnice je postavljanje dodatnog ograničenja (npr. ne više od jednog ponavljanja iste namirnice u danu), ili supstitucija jaja u večeri s pilećim prsima ili nekom ribom. Međutim, tada bi se ponovno morao provesti postupak optimiranja kako bi se provjerilo jesu li i dalje svi promatrani parametri u postavljenim rasponima ograničenja (Đunđek i sur., 2011).

Slikama 10 i 11 su prikazane vrijednosti odstupanja promatranih parametara od preporučenih vrijednosti, te su za Fe i vitamin D vrijednosti znatno iznad preporučenih, međutim nutricionist je educiran da se odstupanja ne računaju isključivo na temelju ponude jednog dana i da je ključno kroz 7-10 dana promatrati prosječne unose (Resman i sur., 2019). Isto tako će educiranom nutricionistu biti prekomjeran unos kritičan ukoliko prelazi vrijednosti UL-a (FNB, 2004).



Slika 10. Ponuda energije i *proteina* u optimalnom jelovniku



Slika 11. Ponuda mikronutrijenata u optimalnom jelovniku

Maksimum funkcije cilja postavljen je s obzirom na selen, jer smatram da je njegova potreba kod oboljelih od HT mnogo veća, od količine koju, isti, unose u kroz svakodnevnu prehranu (Ventura i sur., 2017).

DRI vrijednost za selen, za zdravu odraslu osobu iznosi u prosjeku 55 µg, međutim, nekoliko istraživanja je pokazalo kako dnevni unos selena od oko 200 µg/dan pokazuje pozitivan učinak na supresiju autoimunih procesa, zbog čega se i oboljelima od HT često savjetuje unos od oko 150-200 µg/dan. (Turker i sur., 2006)

Kao što je i prethodno navedeno, odabrani jelovnik nudi 159,4 µg selena, što zasigurno zadovoljava postavljeni kriterij.

4.4. KRITIČKI OSVRT NA OPTIMALNU PONUDU

Ponuđeni jelovnik zadovoljava sve zadane kriterije, no nije u potpunosti u skladu s preporučenim udjelima masti i ugljikohidrata u ukupnom dnevnom energijskom unosu. Da bi se postigao balans, preporučuje se smanjenje udjela masti na 25-30 % energije, te povećanje unosa ugljikohidrata. Važno je naglasiti da adekvatan unos ugljikohidrata ima značajnu ulogu u održavanju ravnoteže mikrobiote, što je posebno važno za osobe oboljele od HT (hipotireoze).

Analizom optimalne ponude mikronutrijenata, uočeno je da, ista, zadovoljava zadane ograničavajuće uvjete. Iako su vrijednosti za željezo i vitamin D označene crvenom bojom,

njihove vrijednosti su unutar zadanih raspona i ne prelaze gornje granice dopuštenih vrijednosti (UL vrijednosti). Važno je napomenuti da su preporučene vrijednosti temeljene na DRI preporukama za zdrave žene u dobi od 30 godina, stoga je u slučaju HT oboljenja preporučljivo povećati te vrijednosti zbog učestalosti deficita ovih nutrijenata kod oboljelih od HT i njihovog utjecaja na optimalno funkcioniranje štitnjače.

Unatoč zadovoljavanju matematičkih nejednadžbi optimizacijom putem LINDO programa, potrebno je uzeti u obzir i druge aspekte koji zahtijevaju dodatne korekcije, kao što je raznovrsnost ponude namirnica. Na primjer, umjesto ponavljanja jaja za doručak i večeru, moguće je uvesti raznolikost i zamijeniti jaje, u večernjoj ponudi, ribom poput lososa, koja je bogata selenom, vitaminom D i omega-3 masnim kiselinama, koje su esencijalne za optimalno zdravlje organizma.

Iz perspektive nutricioniste, dobivena optimiranjem putem LINDO programa, ne može se smatrati optimalnom ponudom osobi oboljeloj od HT ukoliko se, ista, ne ispita nadopunjavanjem skupa ograničavajućih uvjeta, i to s obzirom na masti i ugljikohidrate, te uz dodatak ograničavajućeg uvjeta s obzirom na jod. Naime, navedeni nedostatak joda kao nutrijenta u stupcu Excel računaljke, onemogućio je uvrštavanje joda u skup ograničavajućih uvjeta. Rješenje na ovaj problem bio bi, možda, korištenje neke druge računaljke ili pak ispitivanje količine joda u pojedinim namirnicama jelovnika putem pretražilice USDA FoodSearch, te, potom, ručno unošenje tih vrijednosti u Excel. DRI vrijednost za jod, za odraslu žensku osobu od 30 god., iznosi 150 mg/dan, a UL vrijednost 1100 mg/dan. Zbog neželjenog razvoja stanja hipotireoze, HT pacijentima se savjetuje, kroz određeni period, dnevni unos joda, čak i niži od preporučenog (Yoon i sur., 2003).

5. ZAKLJUČCI

- Premda su planovi prehrane, namijenjeni osobama oboljelima od Hashimota, lako dostupni na internetskim stranicama, to ne mora značiti da su oni usklađeni sa specifičnostima preporuka za prehranu istih.
- Nedostaci polaznih jelovnika dostupnih na webu (preuzetih za potrebe rada) ogledaju se u neusklađenosti dnevnih ponuda koje su dostupne korisnicima, a koje ne odgovaraju niti energetski, niti nutritivno, potrebama istih.
- Jelovnici su analizirani na osnovu vrijednosti energije, proteina, te mikronutrijenata; selena, željeza, cinka i vitamina D s obzirom na njihov značaj po adekvatan rad štitnjače.
- Prosječne vrijednosti dnevnih ponuda energije i mikronutrijenata (selena, željeza i vitamina D), odstupale su od preporučenih (niže) za više od 10 % .
- U svrhu ispitivanja postojanja najpovoljnijeg rješenja, kombiniranjem obroka preuzetih jelovnika, korišten je jedan od mogućih pristupa- optimiranje.
- Računalne alatke, poput korištenog LINDO programa su korisna olakšica, posebno prilikom traženja optimalnog rješenja, kada se polazi od velikog broja jelovnika, te kada je potrebno zadovoljiti velik broj ograničenja.
- Kao rezultat optimiranja, dobiveno je jedno rješenje; jelovnik čije su ponude energije, proteina, selena, cinka, željeza i vitamina D zadovoljavale postavljene kriterije.
- Ukoliko bi se dobiveni jelovnik koristio kao „primjer“ prilikom savjetovanja oboljelih od HT, bilo bi potrebno analizirati ga i s obzirom na količinu joda, laktoze i glutena (ako je potrebno), te obratiti pažnju na supstituciju namirnica koje se ponavljaju u ponudama obroka.
- **Iako linearno optimiranje može biti korisna alatka za osmišljavanje jelovnika, važno je koristiti ga kao polaznu točku koju treba nadopuniti drugim faktorima i stručnim znanjem kako bi se stvorio cjelovit i prilagođen jelovnik.**

6. POPIS LITERATURE

Abbott RD, Sadowski A, Alt AG (2019) Efficacy of the Autoimmune Protocol Diet as Part of a Multi-disciplinary, Supported Lifestyle Intervention for Hashimoto's Thyroiditis. *Cureus*. **11,**:e4556. https://doi.org/10.7759/cureus.4556

Andrijašević M. (2023) 7-dnevni jelovnik za osobu koja boluje od hipotireoze – Fitness https://www.fitness.com.hr/prehrana/dijete/Sedmodnevni-jelovnik-hipotireoza.aspx. Pristupljeno 26. lipnja 2023.

Asik M, Gunes F, Binnetoglu E, Eroglu M, Bozkurt N, Sen H, i sur. (2014) Decrease in TSH levels after lactose restriction in Hashimoto's thyroiditis patients with lactose intolerance. *Endocrine* **46**, 279–284. https://doi.org/10.1007/s12020-013-0065-1

Baretić M (2011) 00 godina HasHimotova tireoiditisa, bolesti koja još uvijek intrigira-prikaz bolesnice. *Acta Med Croatica* **65**, 453-457.

Betsy A, Binitha MP, Sarita S (2013) Zinc deficiency associated with hypothyroidism: An overlooked cause of severe alopecia. *Int J Trichology* **5**, 40–42. https://doi.org/10.4103/0974-7753.114714

Carlson JL, Erickson JM, Lloyd BB, Slavin JL (2018) Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber. *Curr Dev Nutr* **2,** 1-8. https://doi.org/10.1093/cdn/nzy005

Chung HR (2014) Iodine and thyroid function. *Ann Pediatr Endocrinol Metab* **19**, 8. https://doi.org/10.6065/apem.2014.19.1.8

Comana F (2012) The Energy Balance Equation. https://www.ideafit.com/personal-training/the-energy-equation/ Pristupljeno 26. lipnja 2023.

Durack J, Lynch S V. (2019) The gut microbiome: Relationships with disease and opportunities for therapy. *J Exp Med* **216**,20–40.

Đunđek S, Gajdoš Kljusurić J, Magdić D, Lukač Čačić J, Kurtanjek Ž (2011) Optimisation of the Daily Nutrient Composition of Daily Intakes During Gestation. *CJFTBN*, **6**, 45-51.

FNB (2004) Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals, Vitamins. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6763727/mod_resource/content/2/DRIS%20todas%20reunidas.pdf Pristupljeno 15. svibnja 2023.

Gajdoš Kljusurić J, Bosanac V, Šanko K, Colić Barić I (2016) Establishing energy-nutritional variety of boarding school daily menus as a result of regional differences by use of multivariate analysis. *J Food Comp Anal* **51**, 61-68. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.010

Gajdoš Kljusurič J. (2020) Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu, Element, Zagreb.

Gorini, F., Sabatino, L., Pingitore, A.,Vassalle, C. (2021) Selenium: An Element of Life Essential for Thyroid Function. *Molecules* **26**, 7084. https://doi.org/10.3390/ molecules26237084

Gierach M, Junik R (2023) The role of vitamin D in women with Hashimoto's thyroiditis. *Endokrynol Pol* **74,** 176-180. https://doi.org/10.5603/ep.a2022.0095

Ihnatowicz P, Drywien M, Wator P, Wojsiat J (2020) The importance of nutritional factors and dietary management of hashimoto's thyroiditis. *Ann Agric Environ Med* **27**,184–193.

Puszkarz I, Guty E, Stefaniak I, Bonarek A (2018) Role of food and nutrition in pathogenesis and prevention of Hashimoto's thyroiditis. *J Educ Health Sport* **8**, 394-401.

http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1320419

Klubo-Gwiezdzinska J, Wartofsky L (2022) Hashimoto thyroiditis: an evidence-based guide: etiology, diagnosis and treatment. *Pol Arch Intern Med* **132**, 16222.https://doi.org/10.20452/pamw.16222

Kotani T, Aratake Y, Hirai K, Fukazawa Y, Sato H, Ohtaki S (1995) Apoptosis in Thyroid Tissue from Patients with Hashimoto's Thyroiditis. *Autoimmunity* **20**, 231–236. https://doi.org/10.3109/08916939508995700

Leung A.M., Braverman L.E. (2014) Consequences of excess iodine. *Nat Rev Endocrinol* **10**, 136–142. https://doi.org/10.1038/nrendo.2013.251

Lim K, Thadhani R (2020) Vitamin D Toxicity. *J Bras Nefrol* **42**, 238–244. https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2019-0192

Liontiris MI, Mazokopakis EE (2017). A concise review of Hashimoto thyroiditis (HT) and the importance of iodine, selenium, vitamin D and gluten on the autoimmunity and dietary management of HT patients. Points that need more investigation. *Hell J Nucl Med* **20**, 51-56. https://doi.org/0.1967/s002449910507

Marabotto, E., Ferone, D., Sheijani, A.D., Vera, L., Ziola, S., Savarino, E., i sur. (2022) Prevalence of Lactose Intolerance in Patients with Hashimoto Thyroiditis and Impact on LT4 Replacement Dose. *Nutrients* **14**, 3017. https://doi.org/10.3390/ nu14153017

Mincer DL, Jialal I (2023) Hashimoto Thyroiditis, StatPearls Publishing, Treasure Island.

Orešković P, Gajdoš Kljusurić J, Šatalić Z (2015) Computer-generated vegan menus: The importance of food composition database choice, *J Food Comp Anal* **37**, 112-118. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.07.002.

Polska E, Ruchała M, Szczepanek-Parulska E, Zybek A (2012) The influence of lactose intolerance and other gastro-intestinal tract disorders on L-thyroxine absorption. *Pol J Endocrinol* **63**, 318-323.

Rayman MP (2019) Symposium 2: Nutrient interactions and their role in protection from chronic diseases: Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. U: Proceedings of the Nutrition Society. Cambridge University Press, Cambridge, England, str. 34–44.

Resman B, Rahelić D, Gajdoš Kljusurić J, Martinis I (2019) Food composition database reliability in calculations of diet offers. *J Food Comp Anal* **77,** 101-107

Sharma B, Joshi A, Varthakavi P, Chadha M, Bhagwat N, Pawal P (2016) Celiac autoimmunity in autoimmune thyroid disease is highly prevalent with a questionable impact. *Indian J Endocrinol Metab* **20**, 97–100. https://doi.org/10.4103/2230-8210.172241

Štitnjača.hr (2020) Nova formulacija lijeka EUTHYROX – sve informacije na jednom mjestu!- Štitnjača https://xn--titnjaa-o6a36e.hr/stitnjaca/pregledi-i-lijecenje/nova-formulacija-lijeka-euthyrox-sve-informacije-na-jednom-mjestu/. Pristupljeno 11.9.2023. 21:56

Turker O, Kumanlioglu K, Karapolat I, Dogan I (2006) Selenium treatment in autoimmune thyroiditis: 9-month follow-up with variable doses. *J Endocrinol* **190**, 151–156. https://doi.org/10.1677/joe.1.06661

Van Zuuren E.J., Albusta A. Y., Fedorowicz Z., Carter B., Pijl H. (2013) Selenium Supplementation for Hashimoto's Thyroiditis: Summary of a Cochrane Systematic Review. *Eur Thyroid J* **2014**, 25–31. https://doi.org/ 10.1159/000356040

Ventura M, Melo M, Carrilho F (2017) Selenium and thyroid disease: From pathophysiology to treatment. *Int J Endocrinol* **2017**,1297658. https://doi.org/ 10.1155/2017/1297658

Virili C, Fallahi P, Antonelli A, Benvenga S, Centanni M (2018) Gut microbiota and Hashimoto's thyroiditis. *Rev Endocr Metab Disord* **19**, 293–300. https://doi.org./ 10.1007/s11154-018-9467-y

Weetman A. (2020) In Memoriam: Noel Rose (1927–2020). *Eur Thyroid J* **10**, 98-99. https://doi.org/10.1159/000511939

Wolff J, Chaikoff IL, Goldberg RC, Meier JR (1949) The temporary nature of the inhibitory action of excess iodine on organic iodine synthesis in the normal thyroid. *Endocrinology* **45**, 504-13- https://doi.org/ 10.1210/endo-45-5-504

Xue H., Wang W., Li Y., Shan Z., Li Y., Teng X., i sur.. (2010) Selenium upregulates CD4+ CD25+ regulatory T cells in iodine-induced autoimmune thyroiditis model of NOD.H-2h4 mice. *Endocrine J* **57**, 595-601.

Yoon SJ, Choi SR, Kim DM, Kim JU, Kim KW, Ahn CW, i sur. (2003) The Effect of Iodine Restriction on Thyroid Function in Patients with Hypothyroidism Due to Hashimoto's Thyroiditis. *Yonsei Med J* **44**, 227. https://doi.org/10.3349/ymj.2003.44.2.227

Živković R (2002) Dijetetika. Medicinska naklada, Zagreb.

7. PRILOG

Prilog 1. Prijedlog jelovnika za osobe s dijagnozom hipotireoze (Andrijašević, 2023)

	JELOVNIK 1	JELOVNIK 2	JELOVNIK 3	JELOVNIK 4	JELOVNIK 5
DORUČAK	Chia puding (rižino mlijeko, chia sjemenke, ekstrakt vanile, sol, cimet)	Integralni kruh, 2 jaja (kajgana)	Zeleni smoothie (banana, rižino mlijeko, špinat, chia sjemenke, ekstrakt vanile)	2 jaja, zrnati sir, rajčica	Chia puding (rižino mlijeko, chia sjemenke, ekstrakt vanilije, sol, cimet)
RUČAK	Integralni kruh, tuna konzervirana, dresing (jogurt, peršin, sol, papar, češnjak)	Salata od piletine (pileća prsa, rajčica, zrnati sir), lagani dresing od jogurta	Juha od rajčice, pečena puretina, salata rukola	Salata od kvinoje (kvinoja, krastavac, tikvica, rajčica, cvjetača), dresing (maslinovo ulje, ocat)	Odrezak od tune, mrkva, cvjetača, brokula
MEĐUOBROK	Mrkva Krastavci	Banana	Brazilski oraščići		Studentski mix orašastih plodova
VEČERA	3 jaja (kuhana ili kajgana) 100 g riže	Prženi škampi, bezglut. tjestenina, tikvica, maslinovo ulje)	Odrezak od tune, brokula na pari, maslinovo ulje	Pileća prsa grill, Miješana salata (krastavac, rajčica, paprika, luk, kupus, mrkva, maslinovo ulje)	Jogurt, banana

Prilog 2. Tablica DRI preporuke (FNB, 2004)

Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals, Elements

Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies

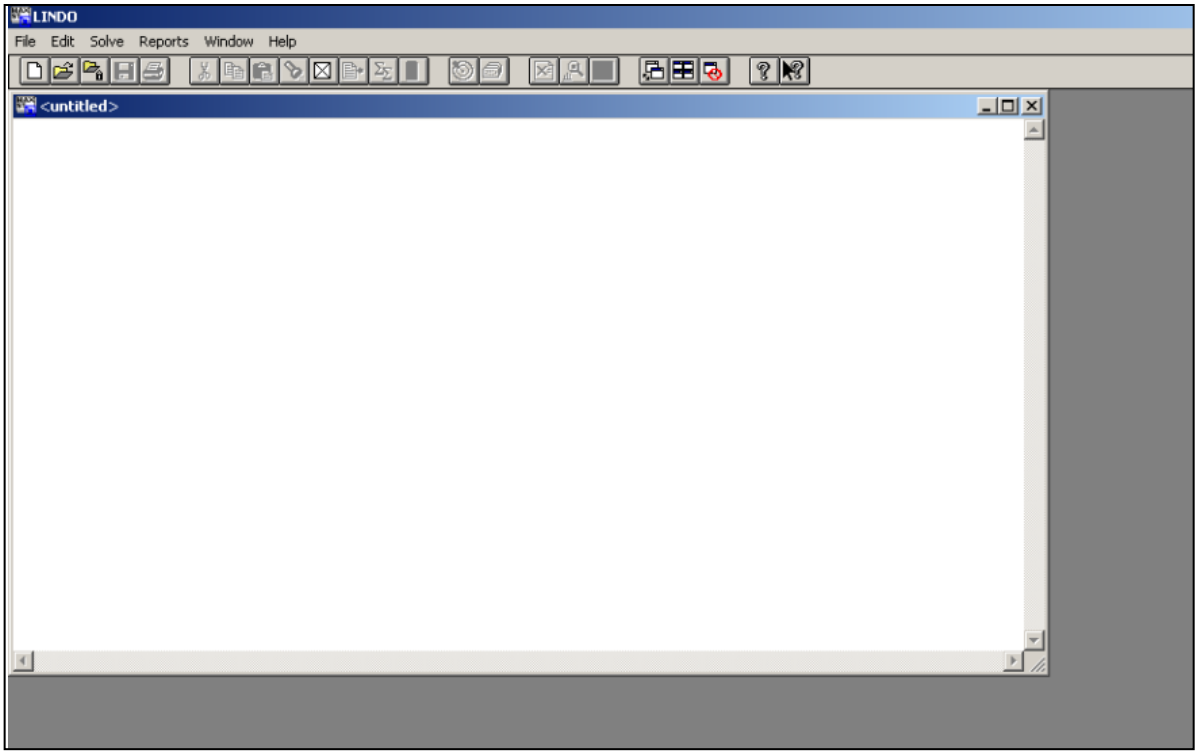
Life Stage Group	Calcium (mg/d)	Chromium (µg/d)	Copper (µg/d)	Fluoride (mg/d)	Iodine (µg/d)	Iron (mg/d)	Magnesium (mg/d)	Manganese (mg/d)	Molybdenum (µg/d)	Phosphorus (mg/d)	Selenium (µg/d)	Zinc (mg/d)	Potassium (g/d)	Sodium (g/d)	Chloride (g/d)
Infants															
0–6 mo	210*	0.2*	200*	0.01*	110*	0.27*	30*	0.003*	2*	100*	15*	2*	0.4*	0.12*	0.18*
7–12 mo	270*	5.5*	220*	0.5*	130*	**11**	75*	0.6*	3*	275*	20*	**3**	0.7*	0.37*	0.57*
Children															
1–3 y	500*	11*	**340**	0.7*	**90**	**7**	**80**	1.2*	**17**	**460**	**20**	**3**	3.0*	1.0*	1.5*
4–8 y	800*	15*	**440**	1*	**90**	**10**	**130**	1.5*	**22**	**500**	**30**	**5**	3.8*	1.2*	1.9*
Males															
9–13 y	1,300*	25*	**700**	2*	**120**	**8**	**240**	1.9*	**34**	**1,250**	**40**	**8**	4.5*	1.5*	2.3*
14–18 y	1,300*	35*	**890**	3*	**150**	**11**	**410**	2.2*	**43**	**1,250**	**55**	**11**	4.7*	1.5*	2.3*
19–30 y	1,000*	35*	**900**	4*	**150**	**8**	**400**	2.3*	**45**	**700**	**55**	**11**	4.7*	1.5*	2.3*
31–50 y	1,000*	35*	**900**	4*	**150**	**8**	**420**	2.3*	**45**	**700**	**55**	**11**	4.7*	1.5*	2.3*
51–70 y	1,200*	30*	**900**	4*	**150**	**8**	**420**	2.3*	**45**	**700**	**55**	**11**	4.7*	1.3*	2.0*
> 70 y	1,200*	30*	**900**	4*	**150**	**8**	**420**	2.3*	**45**	**700**	**55**	**11**	4.7*	1.2*	1.8*
Females															
9–13 y	1,300*	21*	**700**	2*	**120**	**8**	**240**	1.6*	**34**	**1,250**	**40**	**8**	4.5*	1.5*	2.3*
14–18 y	1,300*	24*	**890**	3*	**150**	**15**	**360**	1.6*	**43**	**1,250**	**55**	**9**	4.7*	1.5*	2.3*
19–30 y	1,000*	25*	**900**	3*	**150**	**18**	**310**	1.8*	**45**	**700**	**55**	**8**	4.7*	1.5*	2.3*
31–50 y	1,000*	25*	**900**	3*	**150**	**18**	**320**	1.8*	**45**	**700**	**55**	**8**	4.7*	1.5*	2.3*
51–70 y	1,200*	20*	**900**	3*	**150**	**8**	**320**	1.8*	**45**	**700**	**55**	**8**	4.7*	1.3*	2.0*
> 70 y	1,200*	20*	**900**	3*	**150**	**8**	**320**	1.8*	**45**	**700**	**55**	**8**	4.7*	1.2*	1.8*
Pregnancy															
14–18 y	1,300*	29*	**1,000**	3*	**220**	**27**	**400**	2.0*	**50**	**1,250**	**60**	**12**	4.7*	1.5*	2.3*
19–30 y	1,000*	30*	**1,000**	3*	**220**	**27**	**350**	2.0*	**50**	**700**	**60**	**11**	4.7*	1.5*	2.3*
31–50 y	1,000*	30*	**1,000**	3*	**220**	**27**	**360**	2.0*	**50**	**700**	**60**	**11**	4.7*	1.5*	2.3*
Lactation															
14–18 y	1,300*	44*	**1,300**	3*	**290**	**10**	**360**	2.6*	**50**	**1,250**	**70**	**13**	5.1*	1.5*	2.3*
19–30 y	1,000*	45*	**1,300**	3*	**290**	**9**	**310**	2.6*	**50**	**700**	**70**	**12**	5.1*	1.5*	2.3*
31–50 y	1,000*	45*	**1,300**	3*	**290**	**9**	**320**	2.6*	**50**	**700**	**70**	**12**	5.1*	1.5*	2.3*

NOTE: This table presents Recommended Dietary Allowances (RDAs) in **bold type** and Adequate Intakes (AIs) in ordinary type followed by an asterisk (*). RDAs and AIs may both be used as goals for individual intake. RDAs are set to meet the needs of almost all (97 to 98 percent) individuals in a group. For healthy breastfed infants, the AI is the mean intake. The AI for other life stage and gender groups is believed to cover needs of all individuals in the group, but lack of data or uncertainty in the data prevent being able to specify with confidence the percentage of individuals covered by this intake.

SOURCES: *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride* (1997); *Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B_6, Folate, Vitamin B_{12}, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline* (1998); *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids* (2000); *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc* (2001); and *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate* (2004). These reports may be accessed via http://www.nap.edu.

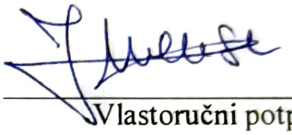
Copyright 2004 by the National Academy of Sciences. All rights reserved.

Prilog 3. Radna stranica LINDO programa



Izjava o izvornosti

Ja Melisa Hodžić izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.



Vlastoručni potpis