

Primjena linearnog optimiranja u dijetoterapiji

Kirin, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:064623>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2021.

Lucija Kirin

1206/N

**PRIMJENA LINEARNOG
OPTIMIRANJA U
DIJETOTERAPIJI**

Rad je izrađen u Laboratoriju za mjerenje, regulaciju i automatizaciju na Zavodu za procesno inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Jasenke Gajdoš Kljusurić.

ZAHVALA

Najveće hvala mojim roditeljima, bratu, bakama i djedovima koji su me tijekom cijelog školovanja poticali i motivirali na učenje, usadili mi radne navike koje mi puno pomažu u svakom životnom aspektu i uz sve to su mi bili najveća podrška u izazovnim trenucima koje je školovanje nosilo. Hvala vam na tome!

Beskrajno sam zahvalna i svojim prijateljima koji su razdoblje školovanja (od osnovne škole pa do završetka fakulteta) učinili još ljepšim, uzbudljivijim i nezaboravnim. Svaki od vas je svojim osmjehom ostavio trag u mom životu i zauzima posebno mjesto u mom srcu.

A što nas sve još čeka! Veselim se svim zajedničkim trenucima koje nam odrasli život nosi!

Zahvalna samo od srca i svojoj mentorici, koja je izradu ovog rada učinila maksimalno bezbolnim svojim predanim trudom i radom, ažurnim odgovaranjem na e-mailove uz detaljne upute i brojne savjete. Puno Vam hvala!

Za kraj zahvaljujem i sama sebi na svakom uspješno odrađenom seminaru, položenom ispitu, na izlascima iz zone ugone tijekom studiranja koji su bili odskočna daska za sve lijepe, uspješne i nezaboravne trenutke koji su oblikovali moj sadašnji život.

Sretna sam i zahvalna što nisam odustala kada je bilo najteže, dapače - rasturila sam!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za procesno inženjerstvo
Laboratorij za mjerenja, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

PRIMJENA LINEARNOG OPTIMIRANJA U DIJETOTERAPIJI

Lucija Kirin, 1206/N

Sažetak: *Optimiranje je proces traženja optimalnog rješenja postavljenog problema koje zadovoljava sva postavljena ograničenja. Primjenom optimiranja u dijetoterapiji – cilj je pronaći optimalnu ponudu koja odgovara određenoj dijete. Pomoću programa LINDO provedeno je linearno optimiranje, s ciljem dobivanja jednog optimalnog rješenja, ovisno o funkciji cilja, koje će zadovoljiti energetske i nutritivne zahtjeve postavljenog modela. Prilikom optimiranja korištene su 21 varijable (7 doručaka, 7 ručkova i 7 večera), što dovodi do mogućih 343 kombinacija dnevnog menija, no uvođenjem ograničenja s obzirom na potrebe promatranog modela broj kombinacija se smanjuje. Ograničenja se odnose na unos energije (npr. restriktivna dijeta), makronutrijente (proteini, ugljikohidrati i masti) te mikronutrijente (natrij, vitamin C i vitamin D). Funkcija cilja mijenjala se ovisno o potrebnoj dijetoterapiji, a ograničenja su ostala nepromijenjena. Kao rezultat optimiranja dobiveni su jednodnevni jelovnici s minimalnim i maksimalnim unosom promatranog nutrijenta. Iako je linearno optimiranje dobar alat u planiranju prehrane, provedena je dodatna analiza optimalnih ponuda budući da nutricionist procjenjuje prihvatljivost ponuđenog optimalnog jelovnika, koji mora biti u skladu s načelima raznolike prehrane, ali i preferencijama samog korisnika.*

Ključne riječi: LINDO, računalno modeliranje, dijetoterapija, optimalna prehrana, optimiranje

Rad sadrži: 44 stranice, 11 slika, 17 tablica, 58 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: Prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. Doc.dr.sc. Marjan Praľjak
2. Prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić
3. Doc.dr.sc. Tamara Jurina
4. Doc.dr.sc. Maja Benković (zamjena)

Datum obrane: 28. rujna 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Process engineering
Laboratory for Measurement, Regulation and Automatisation

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Nutrition

APPLICATION OF LINEAR OPTIMIZATION IN DIETOTHERAPY

Lucija Kirin, 1206/N

Abstract: *Optimization is the process of finding the optimal solution to a set problem that satisfies all set constraints. By applying optimization in diet therapy - the goal is to find the optimal offer that suits a particular diet. Using the LINDO program, linear optimization was performed to obtain an optimal solution, depending on the objective function, which will satisfy the energy and nutritional needs of the model. During the optimization, 21 variables were used (7 breakfasts, 7 lunches, and 7 dinners), which leads to possible 343 combinations of the daily menu. The number of combinations was reduced by introducing limits depending on the daily needs of the observed model. Restrictions apply to energy intake (e.g., restriction diet), macronutrients (proteins, carbohydrates, and fats), and micronutrients (sodium, vitamin C, and vitamin D). The objective function varied depending on the diet therapy required, and the limits remained unchanged. As a result of optimization, one-day menus with minimum and maximum intake of the observed nutrient were obtained. Although linear optimization is a good tool in diet planning, an additional analysis of optimal offers was conducted as the nutritionist assesses the acceptability of the offered optimal menu, which must be according to the principles of a varied diet and the user's preferences.*

Keywords: *LINDO, computer modeling, dietetics, nutrition, optimisation*

Thesis contains: 44 pages, 11 figures, 17 tables, 58 references

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in: Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: *PhD. Jasenka Gajdoš Kljusurić, Full professor*

Reviewers:

1. PhD. *Marjan Praljak*, Associate professor
2. PhD. *Jasenka Gajdoš Kljusurić*, Full professor
3. PhD. *Tamara Jurina*, Assistant professor
4. PhD. *Maja Benković*, Assistant professor (substitute)

Thesis defended: 28th September 2021

Sadržaj	stranica
1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Pravilna prehrana	2
2.1.1. Principi pravilne prehrane	3
2.1.2. Prehrambene smjernice	3
2.1.3. Piramida pravilne prehrane	4
2.1.4. Prehrambeni vodič u obliku piramide	5
2.1.5. Prehrambeni vodič u obliku tanjura	6
2.2. Dijetoterapija	7
2.2.1. Hrana kao lijek kroz povijest	8
2.2.2. Računalna dijetoterapija	11
2.3. Optimiranje	11
2.3.1. Optimiranje u planiranju prehrane	12
2.3.1.1. Optimiranje prehrane metodom linearnog programiranja	13
2.3.2. Program Lindo	15
3. EKSPERIMENTALNI DIO	16
3.1. Materijali	16
3.2. Metode	16
3.2.1. Baza podataka	18
3.2.2. Rad u Lindo programu	19
4. REZULTATI I RASPRAVA	21
4.1. Masti kao funkcija cilja	22
4.1.1. Minimizirani unos masti	22
4.1.2. Maksimizirani unos masti	24
4.2. Proteini kao funkcija cilja	25
4.2.1. Minimizirani unos proteina	25
4.2.2. Maksimizirani unos proteina	27
4.3. Ugljikohidrati kao funkcija cilja	28
4.3.1. Minimizirani unos ugljikohidrata	28
4.3.2. Maksimizirani unos ugljikohidrata	29
4.4. Natrij kao funkcija cilja	30
4.4.1. Minimizirani unos natrija	31
4.4.2. Maksimizirani unos natrija	32
4.5. Vitamin C kao funkcija cilja	33
4.5.1. Minimizirani unos vitamina C	35
4.5.2. Maksimizirani unos vitamina C	34
4.6. Vitamin D kao funkcija cilja	36
4.6.1. Minimizirani unos vitamina D	37
4.6.2. Maksimizirani unos vitamina D	37
5. ZAKLJUČCI	39
6. LITERATURA	40

1. UVOD

Jedan od najvećih javnozdravstvenih problema današnjice su kronične bolesti, čija prevalencija je sve veća usprkos interdisciplinarnom trudu znanosti koja svakodnevnim istraživanjima potvrđuje poveznicu između smanjene tjelesne aktivnosti i neadekvatne prehrane s porastom kroničnih bolesti i smrti u svijetu. Pravilna prehrana, uz redovitu tjelesnu aktivnost, temelj je zdravijeg života svih nas – osigurava adekvatan rast i razvoj djece te kvalitetniji život odraslih i starijih osoba.

No zbog brzih promjena u prehrani i načinu života, zdravlje i prehrana pojedinaca je narušena. Kako bi se široj populaciji pojednostavio i približio pojam i koncept pravilne prehrane, kreirane su prehrambene smjernice u obliku prehrambenih modela, na postavljenim principima pravilne prehrane: umjerenosti, ravnoteži i raznolikosti.

Još od pamtivijeka hrana se smatra lijekom. Primjerice, Egipćani su koristili med u lokalnim pripravcima za zacjeljivanje rana i liječenje infekcija. S razvojem nutricionizma kao Znanosti o prehrani krajem 18. stoljeća, utvrđena je uzročna – posljedična veza između deficita nekog nutrijenta i određene bolesti, što je doprinijelo pojavi i razvoju dijetoterapije. Dijetoterapija stavlja težište na liječenje ili način življenja uzimanjem posebnih, određenih jela, propisane hrane koja će pomoći da se neka bolest izbjegne, odnosno, kad se pojavi, izliječi ili ublaži (Živković, 2002). Njeno provođenje započinje s procjenom nutritivnog statusa pacijenta, a prilikom izrade jelovnika nužno je pratiti smjernice (propisane standarde) za određenu bolest.

Optimiranje je proces traženja optimalnog rješenja postavljenog problema koje zadovoljava sva postavljena ograničenja. Ovisno o odabranoj metodi, moguće je dobiti jedno optimalno rješenje ili skup optimalnih rješenja. Kod računalnog planiranja prehrane upotrebljava se računalo za provedbu linearnog optimiranja ili optimiranja primjenom neizravne logike.

Cilj ovog rada bio je pronaći optimalne jednodnevne ponude koje uključuju doručak, ručak i večeru za promatrani model - ženu ovisno o funkciji cilja sukladno potrebnoj dijetoterapiji, uz jednaka postavljena ograničenja. Za njegovu izradu korišteno je linearno optimiranje, pomoću programa LINDO, s ciljem dobivanja jednog optimalnog rješenja, ovisno o funkciji cilja. Iako se linearno optimiranje pokazalo uspješnim alatom u planiranju prehrane, provedena je dodatna analiza ponude budući da nutricionist procjenjuje prihvatljivost ponuđenog optimalnog jelovnika.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Pravilna prehrana

Pravilna prehrana osnova je za zdraviji život ljudi, ključna je za adekvatan rast i razvoj djece i adolescenata te pozitivno utječe na kvalitetu života starijih osoba. Podrazumijeva podmirenje potreba organizma za kalorijama, proteinima, ugljikohidratima, mineralima i vitaminima te predstavlja jedan od osnovnih čimbenika za unapređenje i održavanje mentalnog i fizičkog zdravlja, postizanje ljepšeg izgleda te veće energetske sposobnosti za savladavanje svakodnevnih napora (Sekulić, 2012).

Brojna istraživanja tijekom godina pokazala su poveznicu između reducirane tjelesne aktivnosti i neadekvatne prehrane s porastom porasta kroničnih bolesti i smrti u svijetu. Kronične bolesti su danas jedan od najvećih javnozdravstvenih problema u razvijenim, ali i u nerazvijenim zemljama. Okarakterizirane su dugotrajnošću i sporom progresijom. Neadekvatna prehrana najčešće uzrokuje bolesti i stanja poput dijabetesa tipa 2, dislipidemiju, kardiovaskularne bolesti, osteoporoze i neke oblike raka (USDA, 2005).

Unošenjem adekvatne količine hrane i hranjivih tvari uz redovitu tjelesnu aktivnost, zdravlje pojedinca ostaje maksimalno očuvano. Prema Zakonu o hrani hrana je definirana kao svaka tvar ili proizvod koji je prerađen, djelomično prerađen ili neprerađen, a pretpostavlja se da ga ljudi konzumiraju ili se može očekivati da će ga ljudi konzumirati. Ona ljudskom organizmu osigurava unos hranjivih tvari: ugljikohidrate, masti, proteine, vitamine i minerale, u različitim udjelima. Ugljikohidrati, masti i proteini osiguravaju organizmu energiju, proteini također imaju i gradivnu ulogu u tijelu, dok vitamini i minerali imaju regulatorno-zaštitnu funkciju. Hranom unosimo esencijalne i neesencijalne hranjive tvari. Vitamin B₁₂ koji se nalazi u namirnicama životinjskog podrijetla ili omega-3 masne kiseline koje unosimo putem ribe, morskih i orašastih plodova su neki od primjera esencijalnih hranjivih tvari koje je potrebno osigurati putem hrane, dok neesencijalne tvari ljudski organizam može samostalno sintetizirati.

Kvaliteta prehrane se može definirati kao usklađenost nečije prehrane s važećim prehranbenim preporukama (Alkerwi, 2014). Što je prehrana veće nutritivne gustoće (količina hranjivih tvari izražena po jedinici energije, najčešće 1000 kcal) s malim udjelom hrane visoke energetske gustoće (količina energije po jedinici mase, npr. 100 g) to je kvalitetnija. Prema Alibabić i Mujiću (2016) dva najvažnija faktora koja utječu na odabir hrane su dostupnost hrane i kupovna moć stanovništva.

Doko Jelinić i suradnici (2009) su tijekom istraživanja razlika u prehranbenim navikama kod odrasle hrvatske populacije između regija utvrdili kako 15,9 % hrvatske populacije ima neadekvatnu prehranu, od čega 20,2 % muškaraca i 12,1 % žena. Istraživanje je također pokazalo veću prevalenciju neadekvatne prehrane kod muškaraca u svim hrvatskim regijama.

2.1.1. Principi pravilne prehrane

Brze promjene u prehrani i načinu života koje su posljedica industrijalizacije, urbanizacije, gospodarskog razvoja i tržišta pokazuju značajan utjecaj na zdravlje i prehranbeni status stanovništva (Nishida i sur., 2004). Ljudi nemaju hormonalne mehanizme koji bi pomogli kod unošenja viška energije, što pokazuje kako je čovjek zapravo prilagođen oskudnoj i neredovitoj opskrbi hranom, a ne obilju hrane koja je sveprisutna u 21. stoljeću. (Šatalić, 2013).

Pri uspostavi pravilne prehrane važno je voditi se principima pravilne prehrane: umjerenosti, ravnoteži i raznolikosti. Hranjenje jednoličnim namirnicama te prekomjerni unos hrane može dovesti do negativnog utjecaja na zdravlje zbog nedovoljnog unosa nutrijenata koji su potrebni za funkcioniranje organizma, čime će se narušiti zdravlje pojedinca. Hranjive tvari je potrebno osigurati što različitim namirnicama, no potrebno je voditi brigu i o količini konzumiranih namirnica.

2.1.2. Prehrambene smjernice

Kako bi se široj populaciji pojednostavio i približio pojam i koncept pravilne prehrane, kreirane su prehrambene smjernice. Prehrambene smjernice su preporuke čije ishodište leži u znanstvenim istraživanjima i epidemiološkim studijama, a odnose se na prehranu koja će osigurati adekvatan unos hrane i poticati prehranbeni obrazac koji će zadovoljiti nutritivne potrebe pojedinca, održati poželjnu tjelesnu masu uz pozitivne učinke na zdravlje te smanjiti rizik od kroničnih bolesti koje su povezane s prehranom.

Prehrambene smjernice podrazumijevaju unos svih potrebnih nutrijenata putem hrane: makronutrijenata te minerala i vitamina. Također, prehrambene smjernice naglašavaju važnost pripreme, pohrane i upravljanje hranom na način koji maksimalno smanjuje rizik od trovanja hranom (Alebić, 2008).

Pravilno organiziranu prehranu, prema prehrambenim smjernicama karakterizira (Alebić, 2008):

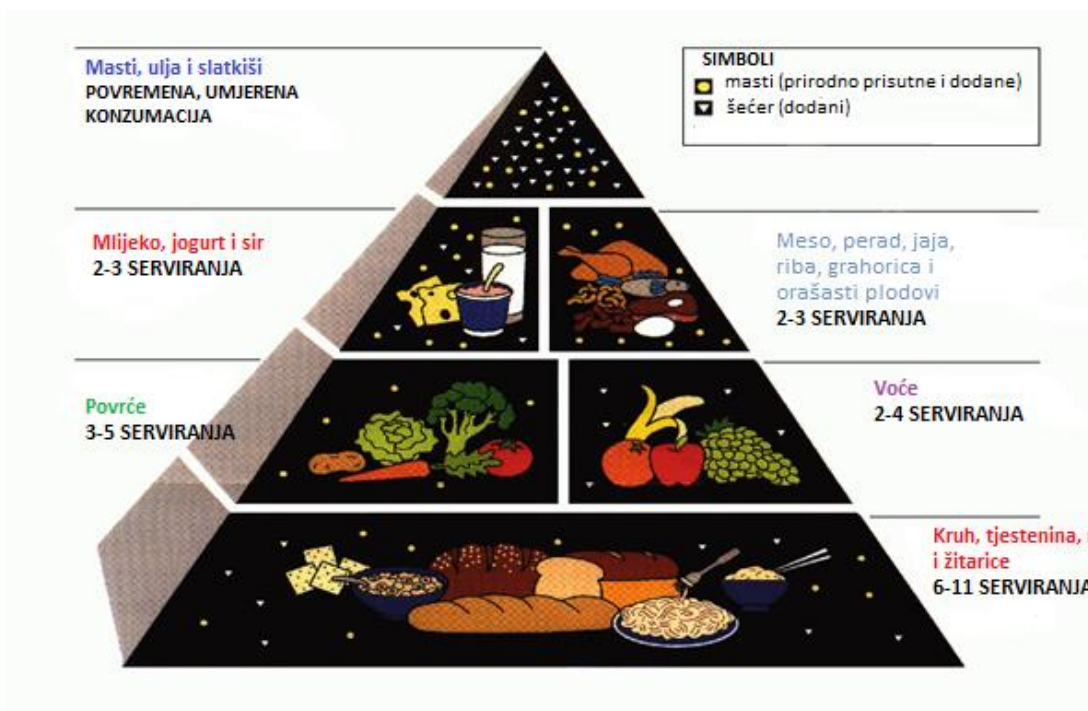
1. kontroliran energetske unos – energetske unos prilagođen osobi ovisno o njezinu spolu, dobi i visini te svakodnevnom intenzitetu tjelesne aktivnosti
2. adekvatnost – mogućnost podmirivanja potreba organizma za nutrijentima i energijom
3. uravnoteženost – prilagodba unosa energije njezinoj potrošnji
4. nutritivna gustoća – odnosno, unos namirnica visoke gustoće, a to su one koje osiguravaju značajne količine mikronutrijenata (vitamina i minerala) i relativno malo kalorija
5. raznolikost – unos raznovrsnih namirnica iz različitih skupina namirnica
6. umjerenost – ograničen unos namirnica koje mogu imati negativne implikacije na zdravlje ako se unose u količinama većim od preporučenih. Te namirnice uključuju sol (ne više od 5 do 6 g na dan), alkohol (ne više od jednog alkoholnog pića za ženu, odnosno dva za muškarca), zasićene (ne više od 10 % ukupnoga dnevnog kalorijskog unosa) i transmasne kiseline (ne više od 1 % ukupnoga dnevnog kalorijskog unosa), kolesterol (ne više od 300 mg na dan) i šećer (ne više od 10 % ukupnoga dnevnog kalorijskog unosa).

Smjernice upućuju na veću konzumaciju cjelovitih žitarica (preporuka je da barem polovica ukupnog unosa žitarica bude podrijetlom od cjelovitih žitarica), odabir kvalitetnih izvora masti (poput maslinova ulja) te ograničen unos zasićenih masnoća i transnezasićenih masnih kiselina. Preporučuje se dnevni unos 5 i više serviranja voća i povrća te 3 serviranja mlijeka i mliječnih proizvoda.

2.1.3. Piramida pravilne prehrane

Krajem dvadesetog stoljeća znanstvenici u Sjedinjenim Američkim Državama su utvrdili kako je pravilan unos svih nutrijenata, u količinama i omjerima koji su adekvatni za pravilan progres ljudskog organizma, temelj svih prehrambenih preporuka te su 1989. godine objavljene preporuke pod nazivom Preporučeni dnevni unos (engl. Recommended Dietary Allowance, RDA). One sadrže potrebne dnevne doze vitamina i minerala, ovisno o dobi, spolu i specifičnom stanju poput trudnoće i dojenja.

Uzevši u obzir RDA, 1992. godine je konstruirana prva piramida pravilne prehrane od strane američkog Ministarstva poljoprivrede, čija uloga je bila grafički prikazati prehrabene smjernice, učiniti ih vizualno razumljivijima te pojednostavniti koncept pravilne i uravnotežene prehrane. Namirnice su podijeljene u šest skupina (slika 1), ovisno o određenim zajedničkim nutritivnim karakteristikama: ulja i masti, žitarice i kruh, voće, povrće, mlijeko i mliječni proizvodi, jaja, riba te meso. Osim skupina namirnica, važne su i razine, čije su površine u piramidi proporcionalne zastupljenosti pojedine skupine namirnica u pravilnoj prehrani (slika 1).



Slika 1. Prikaz piramide pravilne prehrane iz 1992. godine (USDA, 2020)

2.1.4. Prehrambeni vodič u obliku piramide

Piramida pravilne prehrane (engl. My pyramid) iz 1992. godine je nekoliko puta revidirana s ciljem poboljšavanja njene funkcionalnosti te je 2005. godine zamijenjena unaprijeđenom verzijom (Haven i sur., 2006).

Piramida pravilne prehrane sadrži 12 individualiziranih piramida različitih energetske vrijednosti: od 1000, 1200, 1400 pa do 3200 kcal dnevno, čime se naglašava potreba za

osobnijim pristupom, budući da je potrebno za pojedinu osobu izračunati energetske unos na temelju tjelesne mase i visine, dobi i tjelesne aktivnosti.

Namirnice su i dalje svrstane u skupine (slika 2), i to:

1. Žitarice (narančasta boja)
2. Voće (crvena boja)
3. Povrće (zelena boja)
4. Mlijeko i mliječni proizvodi (plava boja)
5. Meso, riba, jaja, orašasti plodovi i leguminoze (ljubičasta boja)
6. Masnoće i dodaci prehrani (žuta boja)



Slika 2. Prikaz „Vodiča pravilne prehrane u obliku piramide“ iz 2005. godine (USDA, 2020)

Prikazan obris čovjeka simbolično naglašava važnost svakodnevne tjelesne aktivnosti koja ima pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje.

2.1.5. Prehrambeni vodič u obliku tanjura

Američko Ministarstvo poljoprivrede je 2011. godine izdalo prehrambene preporuke u kružnom prikazu. Tanjur (engl. MyPlate) (slika 3) kroz simboliku jarkih boja prikazuje četiri kategorije hrane i dnevne potrebe za njima: voće, povrće, žitarice i proteine uz dodatak mlijeka i mliječnih proizvoda koji su prikazani na posebnom tanjuru manjeg omjera (USDA, 2011).



Slika 3. Prikaz prehranbenog vodiča u obliku tanjura iz 2011. godine (USDA, 2020)

Prehrambeni vodič u obliku tanjura, čiji naziv u originalu zvuči "Odaberi moj tanjur" (engl. Choose My Plate), naglašava važnost pravilnog odabira hrane i veličine porcije, bez izbjegavanja nekih prehrambenih proizvoda.

2.2. Dijetoterapija

Ljudsko tijelo je najsavršeniji, najučinkovitiji i najbolje konstruirani stroj ikad osmišljen (Ochsner, 2010). Osnovna građevna jedinica ljudskog tijela je stanica. Istovrsne stanice koje obavljaju jednake funkcije udružene su u tkiva, a različita tkiva se međusobno udružuju u organe. Svako tkivo unutar organa ima određenu funkciju, a njihovo je djelovanje međusobno usklađeno. Za normalno funkcioniranje ljudskog organizma potrebna je energija koja se osigurava metaboličkim reakcijama. Ljudski metabolizam je skup kemijskih procesa koji se odvijaju u ljudskom tijeku kako bi održali život i omogućili organizmu rast, razmnožavanje i održavanje strukture. Metabolizam se dijeli prema metaboličkim reakcijama, na:

- katabolizam (reakcije razgradnje organskih tvari kojima se oslobađa energija) i
- anabolizam (reakcije izgradnje staničnih dijelova pri kojima dolazi do potrošnje energije).

Kako bi ljudski organizam funkcionirao, potrebno mu je svakodnevno osigurati makronutrijente u adekvatnom omjeru: proteine, masti, ugljikohidrate, a isto tako i određene količine vitamina i minerala (Živković, 1994).

Pod utjecajem raznih čimbenika dolazi do narušavanja funkcionalnosti organizma, točnije dolazi do razvoja bolesti. Čimbenici koji utječu na razvoj bolesti dijele se na:

1. vanjske (egzogene) – fizikalni, kemijski i biološki
2. unutrašnji (endogeni) – genetska i intrauterina oštećenja, nasljedni poremećaji

Prehrana je posebno važna za kritično bolesne pacijente. Zahvaljujući velikom broju studija provedenih širom svijeta, sve su prihvaćenije činjenice da je za liječenje bolesnika hrana jednako važan segment kao lijekovi i druge terapijske metode (Sobotka, 2004).

2.2.1. Hrana kao lijek kroz povijest

Dijetoterapija se može definirati kao složenica grčkih riječi *diatia* što znači život, način življenja, ali i hrana i *therapeia* što znači briga oko nečega, njega, liječenje. Afriku možemo smatrati kolijevkom učenja o povezanosti prehrane i zdravlja. Najstariji, slikovni zapisi o primjeni hrane u medicinske svrhe potječu iz Egipta, oko 6000. g. pr. Kr. Med se koristio u lokalnim pripravcima za zacjeljivanje rana i liječenje infekcija, dok je janjeća jetra pomagala kod noćnog sljepila (Živković, 1994).

Otac medicine, Hipokrat, uvidio je značajnu ulogu hrane prilikom liječenja tvrdnjom da isto jelo i piće ne može odgovarati zdravom i bolesnom čovjeku (Witkamp i van Norren, 2018).

Povijest nutricionizma seže od kraja osamnaestog stoljeća, kad je francuski kemičar Lavoisier otkrio vezu između ljudskog metabolizma hrane i procesa disanja (Carpenter, 2003).

Razvoj znanosti dogodio se u dva smjera:

1. definiranje nutritivnih potreba
2. istraživanje bolesti povezanih s nutritivnim manjkom

Istraživanja bolesti povezanih s nedostatkom pojedinačnih hranjivih sastojaka dovela je i do obogaćivanja odabrane osnovne hrane sa sastojcima, poput joda u soli i niacina (vitamina B₃) i željeza u pšeničnom brašnu i kruhu (Fletcher i sur., 2004; Bishai i sur., 2002). Poduzete akcije su se pokazale učinkovitima u smanjenju prevalencije bolesti koja se povezuje s nedostatkom

nutrijenata, uključujući gušu (jod), kseroftalmiju (vitamin A), rahitis (vitamin D) i anemiju (željezo). Hrana širom svijeta otad je obogaćena kalcijem, fosforom, željezom i određenim vitaminima (A, B, C, D), ovisno o sastavu lokalne osnovne hrane (Wirth i sur., 2012; Tazhibayev i sur., 2008).

Nutricionizam, to jest Znanost o prehrani, bavi se svim aspektima interakcije između hrane i hranjivih sastojaka, života, zdravlja i bolesti, te procesima kojima organizam unosi, apsorbira, transportira, koristi i izlučuje prehrambene tvari (Lagua i Claudio, 1995).

Dijetoterapija stavlja težište na liječenje ili način življenja uzimanjem posebnih, određenih jela, propisane hrane koja će pomoći da se neka bolest izbjegne, odnosno, kad se pojavi, izliječi ili ublaži (Živković, 2002).

Pojam dijetoterapija objedinjuje pojmove dijetalna hrana, dijeta, dijetetika. Danas riječ dijeta označuje specijalni način prehrane zdravih ljudi i bolesnika, a temelji se na odabiru određenih jela i restrikciji pojedinih namirnica i jela (Štimac i sur., 2004).

Svrha dijetoterapije je:

1. postići i održati normalni prehrambeni status
2. spriječiti prehrambeni deficit
3. korigirati svako patološko prehrambeno stanje

Dijetoterapija je u velikoj mjeri definirana interakcijom između nedostatka hrane i povezanih kataboličkih procesa bolesti i starenja. Uključuje prehrambenu njegu pacijenata s kardiovaskularnim bolestima, pretilošću, dijabetesom tipa 2, dislipidemijom, alergijama i netolerancijama na hranu, urođenim pogreškama metabolizma kao i bilo koje bolesti u kojoj prehrana igra ulogu kao što je karcinom, moždani udar, cistična fibroza i mnoge druge. Također uključuje znanje o sastavu tijela i metabolizmu koji uzrokuju abnormalne promjene u tjelesnom sastavu i funkciji tijekom akutnih i kronične bolesti (Cederholm i sur., 2017).

Za vrijeme izrade jelovnika nužno je pratiti smjernice za određenu bolest kako bismo kao krajnji rezultat dobili jelovnik s točno određenim unosom proteina, masti i ugljikohidrata koji je u skladu s biokemijskim nalazima, dobi, antropološkim i psihološkim stanjem pacijenta, što je ujedno i glavna zadaća nutricionista/dijetetičara.

Ministarstvo zdravlja Republike Hrvatske je 2015. godine donijelo na snagu Odluku o standardu prehrane bolesnika u bolnicama (NN 59, 2015). Propisani su standardi prehrane

bolesnika u bolnicama na način da se u svim bolnicama na području Republike Hrvatske osigurava:

1. jednoznačno označavanje, broja i vrste dijeta, jednoobrazna primjena dijeta kod određenih bolesti
2. ujednačena kvaliteta prehrane
3. sustavni razvoj i kontrola bolničke prehrane
4. temelj za informatizaciju bolničke prehrane.

Standard se sastoji od 50 dijeta koje se primjenjuju ovisno o postavljenoj dijagnozi pacijenta. Primjerice ako pacijent boluje od cistične fibroze, propisuje mu se dijeta pod brojem 40 - dijeta kod cistične fibroze, čije specifičnosti su dane u tablici 1 (NN 59, 2015).

Tablica 1. Prikaz dijete kod cistične fibroze iz odluke o standardu prehrane bolesnika u bolnicama (NN 59/2015)

40.	Dijeta kod cistične fibroze					
	Dnevni unos energije: E _d	Proteini (udio u E _d)	Masti (udio u E _d)	Ugljikohidrati (udio u E _d)	Broj obroka	Namijenjena
	20-50 % kcal više od preporuka za dob i spol	15-20 %	45 %	35-40 %	5+1 (noćni)	bolesnicima koji boluju od cistične fibroze
Karakteristike dijete						
Preporučuje se visoko-masna prehrana bogata proteinima zbog malapsorpcije, negativne ravnoteže dušika i promjene metabolizma proteina. Jela obogatiti margarinom, raznim kremama, sirevima, i industrijskim desertima na bazi punomasnog mlijeka. U pripremi hrane koristiti maslinovo ulje, laneno ulje i slično.						

Provođenje dijetoterapije započinje sa procjenom nutritivnog statusa pacijenta. Nutritivni status je određen čimbenicima koji su međusobno povezani, a utvrđuje se sintezom informacija prikupljenih različitim metodama te nam pokazuje u kojoj mjeri prehrana zadovoljava fiziološku potrebu pojedinca za hranjivim tvarima (Mahan i Escott-Stump, 2007).

Metode za procjenu pojedinih sastavnica nutritivnog statusa dijelimo na: dijetetske koje procjenjuju prehrambeni unos, antropometrijske (određivanje tjelesne mase, visine, debljine kožnog nabora, obujma struka i bokova, udjela masnog tkiva) i biokemijske metode (glukoza u krvi, HbA1C, lipidogram, albumin, prealbumin), klinički pregled (gubitak TM, tjelesni znaci) te alate za procjenu nutritivnog statusa (Martinis, 2020).

2.2.2. Računalna dijetoterapija

Porastom kroničnih nezaraznih bolesti, povećava se potreba za edukacijom o pravilnoj prehrani, proučavanjem prehrambenih smjernica i preporuka te posljedično potreba za primjenom individualizirane dijetoterapije tj. krojenih prema komorbiditetima (engl. tzv. Tailor made diets). No njihova primjena u praksi često je nezadovoljavajuća, budući da ogledni primjerci jelovnika u većini slučajeva ne zadovoljavaju sve preporuke i smjernice, što je pokazatelj njihove složenosti i kompliciranosti.

Koroušić Seljak (2009) predložila je računalnu metodu za planiranje prehrane i izradu jelovnika, koja bi pomogla uvrstiti redovite jelovnike u nove zdravstvene paradigme i time olakšati proces planiranja prehrane za pojedinca ili skupinu. Računalna metoda temelji se na evolucijskom računanju (Koroušić Seljak, 2004). Riječ je o dijelu umjetne inteligencije koja uključuje numeričke i kombinatoričke probleme optimizacije. Potrebno je odrediti za koliko će se dana izrađivati jelovnik, koji zatim dijeli pojedine obroke u danu. Istraživanje je pokazalo kako je računalo uspjelo ponuditi optimalni jelovnik za 21 dan u jednakom ili manjem vremenu od ljudskog profesionalca, koji je osmislio dnevni jelovnik. No nikako se ne smije izostaviti i ljudski faktor, koji je neizbježan u posljednjoj fazi, kada se rješenje mora odabrati i po potrebi prilagoditi.

2.3. Optimiranje

Optimiranje je po svojoj definiciji traženje najpovoljnijeg rješenja nekog problema, promatrajući odgovarajuća ograničenja koja limitiraju promatrane varijable (Gajdoš Kljusurić, 2002). Od još antičke Grčke, ljudi su skloni traženju najboljeg mogućeg rješenja problema koje ih je zadesilo. Upravo je to doprinijelo razvoju čovječanstva i dovelo do nastanka modernog svijeta kakvog ga mi poznajemo. Optimiranje se može primijeniti u brojnim područjima tehničkih, društvenih i prirodnih znanosti, pa tako i u nutricionizmu. Procesom optimiranja

dobijemo optimalno rješenje koje zadovoljava sva postavljena ograničenja. Ako se poštuju ograničenja modela ono predstavlja ujedno i najbolje rješenje.

Primjenom odabrane metode za optimiranje, moguće je dobiti jedno optimalno rješenje ili skup optimalnih rješenja. Metode koje se najčešće koriste su linearno programiranje, genetski algoritmi i neizrazita logika.

Optimalno rješenje koje je rezultat primjene linearnog programiranja, predstavlja rješenje koje mu u najvećoj mjeri odgovara. Skup optimalnih rješenja je rezultat nelinearnog optimiranja. Njime se nastoji zadovoljiti veći broj funkcija cilja istovremeno te se ujedno podrazumijeva da postoji neki raspon „optimalnosti“ rezultata koji, prema nekom pravilu, odabire osoba koja postavlja problem (Gajdoš Kljusurić i sur., 2012).

2.3.1. Optimiranje u planiranju prehrane

Optimiranje u planiranju prehrane provodi se sa svrhom zadovoljenja energetske i nutritivne zahtjeva pojedinca ili skupine za koje se vrši planiranje prehrane. Prilikom planiranja prehrane potrebno je voditi računa o preporukama za dnevni unos energije, unosu makronutrijenata i mikronutrijenata te o receptima odabranih jela. Uz to naglasak je na postavkama modela:

- a) za koga se planira jelovnik (pojedinaac ili skupina)
- b) navike i potrebe pojedinaca ili skupine
- c) postoje li posebnosti u prehrani pojedinaca ili skupine
- d) odabir nutrijenata koji će se konzumirati
- e) broj obroka koji će biti ponuđeni

Zatim se pomoću baze podataka o nutritivnom statusu namirnica izračuna energetska i nutritivna vrijednost definiranih jela.

Kako bismo ubrzali rad, analizu i promjenu na jelovniku, kod računalnog planiranja prehrane upotrebljava se računalo za provedbu linearnog optimiranja ili optimiranja primjenom neizrazite logike. Za linearno optimiranje najčešće se koristi program LINDO, dok se za optimiranje uz primjenu neizrazite logike koriste razni programi poput W.R. Mathematica-e (Gajdoš Kljusurić, 2002).

2.3.1.1.Optimiranje prehrane metodom linearnog programiranja

Matematički model koji obuhvaća definiranje funkcije cilja koja se stavlja u odnos s nizom jednadžbi i nejednadžbi koje predstavljaju promatrana ograničenja i smjernice naziva se linearno programiranje (Gajdoš Kljusurić, 2002). Postavljena ograničenja omogućuju dobivanje rješenja koja će zadovoljiti inicijalni problem, točnije dobivanje optimalnog rješenja koje je uvijek ekstremno s obzirom na to da označava najmanju (min) ili najveću (max) vrijednost postavljene funkcije cilja. Optimalno rješenje je veće ili jednako (\geq) od minimalne vrijednosti ograničenja, a manje ili jednako (\leq) od maksimalne vrijednosti ograničenja. U slučaju da rješenje s postavljenim parametrima nije moguće, potrebno je izmijeniti parametre u programu (Darmon i sur., 2002).

Funkcija cilja, skup ograničavajućih uvjeta i opći uvjet nenegativnosti su tri osnovna dijela matematičkih modela linearnog optimiranja (Gajdoš Kljusurić, 2020):

1. funkcija cilja – linearna funkcija više varijabli

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

c_1, c_2, c_n = koeficijenti (npr. cijena obroka)

x_1, x_2, x_n = varijable (npr. obroci)

2. skup ograničavajućih uvjeta – skup jednadžbi i nejednadžbi sa više varijabli

$$\begin{aligned} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1N} \cdot x_N &\leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_1 \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2N} \cdot x_N &\leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_2 \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mN} \cdot x_N &\leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_N \end{aligned} \quad [2]$$

Gdje je:

a_{11}, a_{12}, a_{1N} - sadržaj energije ili nutrijenata u pojedinim obrocima

b_1, b_2, b_N - ograničenja za energiju i nutrijente (za neke postoje i min. i maks. granice)

3. opći uvjet nenegativnosti – omogućuje zadržavanje u skupu pozitivnih rješenja

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

Prilikom planiranja optimalnog jelovnika za jedan dan, pri čemu postoji višestruki izbor jela, uvodi se ograničenje rješenja na cjelobrojnost rješenja. Uz to se koristi cjelobrojno optimiranje s izborom „0 ili 1“, s čime se onemogućava dobivanje ponude sa pola obroka (ili bilo koja decimalna vrijednost porcije). U tom slučaju uvode se i dodatna ograničenja:

$$d_1 + \dots + d_N = 1 \quad [4]$$

$$r_1 + \dots + r_N = 1 \quad [5]$$

$$v_1 + \dots + v_N = 1 \quad [6]$$

Naredba *INTEGER* (Int) u programu LINDO predstavlja uvjet cjelovitosti ponude u konačnom rješenju.

U suprotnome rezultat bi bio dobiven metodom mješovitog optimiranja, što znači da dobivena rješenja ne moraju biti cjelobrojna.

Rješavanjem modela i traženjem optimalnog obroka, mogu se uočiti neke zajedničke osobitosti, ali i neke razlike (Bhatti, 2000).

Svim modelima su zajedničke sljedeće stvari:

1. unos količine energije i prehrambenih tvari koji će zadovoljiti zahtjeve i preporuke ovisno o dobi i spolu
2. minimalna cijena

Kod različitih modela, razlike upućuju na optimiranje za pojedine skupine u drugim uvjetima, tj. sa drugim vrijednostima.

Modele možemo na dva načina promatrati: implicitno i eksplicitno, ovisno o stanju varijabli. (Gajdoš Kljusurić, 2020).

Pri implicitnom promatranju modela postoji mogućnost izbora između „prihvatljivih“ i „neprihvatljivih“ namirnica. U tom slučaju je važna procjena osobe koja planira jelovnik koja će ako računalo, na primjer odabere nekoliko serviranja nekog jela tjedno, promijeniti ponudu. Specifičnost ovog modela je ta da su namirnice još uvijek varijabilne (Gajdoš Kljusurić, 2020).

Kod eksplicitnog promatranja modela ne dolazi do mijenjanja namirnica te one više nisu varijabilne kao što je slučaj kod implicitnog promatranja modela.

2.3.2. Program Lindo

Lindo je računalni program koji služi za rješavanje linearnih i kvadratnih matematičkih modela (Gajdoš Kljusurić, 2002). Prilikom rješavanja linearnih modela koji sadrže više polaznih varijabli, program Lindo primjenjuje tzv. Simpleks (engl. Simplex) algoritam, koji pretražuju ekstremne točke područja mogućih rješenja linearnog programiranja. Pri tome se redom pretražuju susjedne ekstremne točke, a kao sljedeća ekstremna točka odabire se ona koja daje jednako ili bolje rješenje nego prethodna. Iako se osnovne postavke LINDO programa temelje na načelima linearnog programiranja, uvođenjem naredbe *subject to* se povezuje funkcija cilja i ograničenja. Program podrazumijeva uvjet nenegativnosti (jednadžba 3), a završava naredbom *end*.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

Kao model za optimiranje jelovnika ovisno o odabranoj funkciji cilja korišteni su podaci za odraslu žensku osobu u dobi od 32 godine, tjelesne mase 64 kg i visine 1,72 m. Njen indeks tjelesne mase iznosi $21,6 \text{ kg m}^{-1}$.

Žena većinu vremena na poslu provodi na nogama te je tjelesno aktivna, svakodnevno odlazi u jednosatnu šetnju, koristi bicikl za prijevoz do posla (ukupno pola sata) i dva puta tjedno odlazi na fitness te zbog svega navedenog PA faktor (engl. Physical Activity) iznosi 1,27.

Nije pušač te nema nikakvih dodatnih potreba na nutrijentima (zdrava).

3.2. Metode

Procijenjena dnevna potreba energije (engl. Estimated Energy Requirement, EER) za model-osobu, izračunata je prema DRI jednadžbi (engl. Dietary Reference Intakes):

$$\text{EER} = 354 - 6,91 \cdot \text{dob [godine]} + \text{PA} \cdot (9,36 \cdot \text{TM[kg]} + 726 \cdot \text{TV[m]}) \quad [7]$$

Uvrštavanjem potrebnih parametara u jednadžbu 7 (dob, tjelesna masa (TM) i tjelesna visina (TV)), dobivena je vrijednost od 2 400 kcal (10 042 kJ) koja označava procjenu dnevne potrebne energije za navedenu žensku osobu. Navedena vrijednost EER koristit će se za izračun raspona prihvatljivih vrijednosti makronutrijenata i mikronutrijenata (kao što je navedeno u tablici 2).

Tablica 2. Preporuke dnevnog nutritivnog unosa (DRI, 2004)

Nutrijent	Preporučena vrijednost	UL*
Masti	30 % kcal	/
Ugljikohidrati	50 % kcal	/
Proteini	20 % kcal	/
Vitamin D	15 µg	50 µg
Vitamin C	75 mg	1 800 mg
Natrij	> 500 mg	2 300 mg

*UL (engl. Upper Level), maksimalno dopušten unos nutrijenta

Za navedenu žensku osobu korišten je sedmodnevni jelovnik, čija se dnevna ponuda sastoji od doručka, ručka i večere prikazanih u tablici 3. Jelovnici su kreirani za ljetni period godine.

Tablica 3. Prikaz ponude jela korištenih jelovnika.

VARIJABLE	PONUĐA JELA
D1	margo, pureća obarena kobasica, polubijeli kruh, čaj od šipka
D2	topljeni sir, pureća šunka, polubijeli kruh, čaj od šipka
D3	margo, marmelada, polubijeli kruh, čaj od šipka
D4	svježi sir s vrhnjem, pureća prsa, polubijeli kruh, čaj od šipka
D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
D6	jetrena pašteta, polubijeli kruh, čaj od šipka
D7	svježi sir s vrhnjem, polubijeli kruh, čaj od šipka
R1	goveđa juha s noklicama, pečena piletina i rizi-bizi, zelena salata, polubijeli kruh
R2	goveđa juha s taranom, pirjana junetina, žganci, kupus salata, polubijeli kruh
R3	juha od rajčice s taranom, prženi oslić, blitva lešo, polubijeli kruh
R4	goveđa juha s rezancima, varivo od graha s rezanom kobasicom, polubijeli kruh, kroasan s marmeladom, kupus salata
R5	goveđa juha s noklicama, juneći paprikaš s tjesteninom, kupus salata, polubijeli kruh
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
R7	goveđa juha s taranom, pečena svinjetina, kelj lešo, polubijeli kruh
V1	špageti na "bolonjski", kupus salata, polubijeli kruh
V2	hrenovke pileće, kuhano jaje, senf, tekući jogurt, polubijeli kruh
V3	tjestenina sa sirom, acidofilno mlijeko
V4	zapečeni krumpir s jajima, zelena salata, polubijeli kruh
V5	šunka, tekući jogurt, topljeni sir, rajčica, polubijeli kruh
V6	buhtla, mlijeko 3,5 % m.m.
V7	juneći paprikaš, pire krumpir, zelena salata, polubijeli kruh

*D = doručak, R = ručak, V = večera

Proračun energetskog i nutritivnog sadržaja pojedinih obroka proveden je u MS Excel-u (slika 4) korištenjem Danskih tablica o kemijskom sastavu hrane.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Energija	Proteini, u	Dušik, uku	Masti, uku	Zasićenost	Mononez	Polinezasi	Ugljikohid	Ugljikohid	Šećer, dod	Prehramb	Alkohol	Pepeo	Vlaža	Vitamin A	Retinol
DAN 6																
DORUČAK 6 = D6																
Čaj od šipka																
šipak sušeni	5.6	0.015	0.0025	0.0125	0	0	0	0.215	0.3675	0	0.1525	0	0.0225	2.085	23.75	0
limun	2.64	0.01	0.002	0.022	0.006	0.002	0.01	0.086	0.11	0	0.024	0	0.006	1.852	0.0334	0
limunska kiselina u prahu --> limun	26.4	0.1	0.02	0.22	0.06	0.02	0.1	0.86	1.1	0	0.24	0	0.06	18.52	0.334	0
šećer	169.8	0	0	0	0	0	0	9.99	9.99	9.99	0	0	0	0.01	0	0
Jetrena pašteta	319.5	3.9	0.63	6.51	2.13	2.79	0.84	0.69	0.75	0	0.06	0	0.81	18.03	2640	2640
Polubijeli kruh	948.6	6.48	1.17	2.88	0.36	0.27	1.35	41.4	44.91	0	3.51	0	1.62	33.93	4.95	0
SUMA D6	1472.54	10.505	1.8245	9.6445	2.556	3.082	2.3	53.241	57.2275	9.99	3.9865	0	2.5185	74.427	2669.067	2640
RUČAK 6 = R6																
Goveda juha s rezancima																
celer list	4.65	0.035	0.005	0.01	0	0	0.005	0.18	0.26	0	0.08	0	0.055	4.645	0.071	0
vegeta --> kocka za juhu	0.13	0.0055	0.001	0.001	0.0005	0.0005	0	0	0	0	0	0	0.006	0.4875	0	0
kelj glavati	5.65	0.1	0.015	0.005	0	0	0	0.15	0.305	0	0.155	0	0.04	4.55	2.5	0
koncentrat govede juhe	13.52	0.34	0.054	0.064	0.032	0.032	0	0.316	0.316	0	0	0	0.8	0.48	0	0

Slika 4. Primjer jelovnika DAN6 u Excelu.

3.2.1. Baza podataka

Baza podataka predstavlja organizirani skup podataka što podrazumijeva skup podataka pripremljen na način koji omogućuje njihovo jednostavno korištenje (pregledavanje, pretraživanje, sortiranje, uspoređivanje, itd.), ali i mijenjanje (nadopunjavanje, brisanje). Karakteristično za bazu podataka je da su podaci međusobno povezani te su oni neovisni o programima kojima se obrađuju (Gajdoš Kljusurić, 2020).

Prilikom procesa optimiranja korištena je danska baza podataka iz 2009. godine (verzija 7.01) budući da hrvatska baza ne sadrži vrijednosti vitamina D, koje ćemo ovisno o mijenjaju funkcije cilja u procesu optimiranja promatrati.

Danska baza podataka obuhvaća 1 049 namirnica (broj redaka) i 112 energetsko-nutritivnih vrijednosti (broj stupaca) (slika 5), no pojedinim namirnicama nedostaju neke nutritivne vrijednosti (Resman i sur., 2019).

Budući da je u navedenoj bazi energiji pridodana mjerna jedinica kilodžul (kJ) u sljedećim koracima je energija iz kilokalorija (kcal) pretvorena u kilodžule (kJ).

[ID]	Dansk navn	English name	Energy	Protein, total	total-N	Fat, total	saturated fatty acids	monounsaturated	polyunsaturated	carbohydrate, total	alcohol	ash	moisture	Vitamin A	retinol	β-carotene eq.	Vitamin D	D3 cholecalciferol	D2 ergocalciferol	Vitamin E	alpha-tocopherol	Vitamin K	
500	[6336] Lychee, lichibloemne, kinesisk blomme,	Lychee, raw	297	0.8	0.1	0.4				15.2	16.5	0.0	1.3	0.0	0.4	81.8	0.000	0	0				
501	[6238] Loganber, frozene	Loganberries, frozen	210	1.5	0.2	0.3				7.7	13.0	0.0	5.3	0.0	0.5	84.6	2.00	0	24				
502	[639] Loquat, japansk mispel, rå	Loquat, raw	205	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	10.4	12.1	0.0	1.7	0.0	0.5	86.7	76.7	0	920				
503	[895] Lubbe, rå	Pollack, lythe, raw	347	19.1	3.1	0.6				0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	79.1	3.00	3	0		0.78	0.78	0	
504	[868] Lucerne, alfalfa, frø	Alfalfa seeds	1702	35.1	5.6	12.6				33.9	41.8	0.0	7.9	0.0	3.1	7.4							
505	[883] Lucernespirer, rå	Alfalfa seeds, sprouted,	113	4.0	0.6	0.7	0.1	0.1	0.4	0.2	2.1	0.0	1.9	0.0	0.4	92.8	8.00	0	96				
506	[1558] Læskedrik (light), koncentreret (1+10)	Non-alcoholic beverage	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	96.9	0.000	0	0		0	0	0	0
507	[1558] Læskedrik, koncentreret (1+5), tilsat	Non-alcoholic beverage,	1071	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	63.0	62.4	0.0	0.0	0.6	36.4	0.000	0	0	0	0	0	0
508	[662] Løg, hakkede, dybfrost	Onions, chopped, frozen	117	0.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	5.0	6.8	0.0	1.8	0.0	0.3	92.0	2.00	0	24		0.07	0.07	
509	[830] Løg, ristede	Onions, chopped and	2510	6.0	1.0	48.0	13.6	13.1	3.0	35.6	39.0	0.0	3.4	0.0	2.0	5.0	0.000	0	0		6.1		
510	[148] Løg, rå	Onion, raw	191	1.6	0.3	0.3	0.1	0.0	0.1	8.1	10.0	0.0	1.9	0.0	0.5	87.7	2.50	0	30		0.07	0.07	
511	[601] Madeira	Madeira	692	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	0.0	18.0	2.0	70.0	0.000	0	0		0	0	0
512	[149] Majroe, rå	Turnip, raw	110	0.6	0.1	0.1				4.7	6.7	0.0	2.0	0.0	0.6	92.0	0.000	0	0		0		
513	[152] Majs, kerner, dybfrost	Sweetcorn, kernels,	472	3.3	0.5	1.4	0.2	0.4	0.7	20.4	22.6	0.0	2.2	0.0	0.6	72.0	4.08	0	49		0.5	0.5	0
514	[151] Majs, kerner, konserves	Sweetcorn, kernels,	428	3.1	0.5	1.1	0.2	0.3	0.5	18.5	21.0	0.0	2.5	0.0	1.0	73.8	1.83	0	22		0.5	0.5	0
515	[150] Majskolbe, rå	Sweetcorn, on-the-cob,	383	3.7	0.6	1.8	0.3	0.5	0.9	13.6	16.4	0.0	2.8	0.0	0.7	77.5	3.92	0	47		0.8	0.8	0.3
516	[172] Majsmeel	Corn flour	1528	6.8	1.1	2.8	0.4	0.7	1.2	75.5	78.7	0.0	3.2	0.0	0.6	11.1	8.08	0	97		1.11	1.11	0
517	[153] Majsolie	Corn oil	3700	0.0	0.0	100.0	11.3	27.5	56.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0	0		12	12	1.9
518	[173] Majsstivelse	Corn starch	1534	0.4	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	88.3	88.8	0.0	0.5	0.0	0.0	10.2	0.000	0	0		0	0	0
519	[599] Makaroni, spaghetti, fuldkorns-, rå	Macaroni, spaghetti,	1490	13.1	2.3	2.9	0.4	0.3	1.3	63.7	73.3	0.0	9.6	0.0	1.6	9.3	0.000	0	0		0.2	0.2	0
520	[381] Makaroni, spaghetti, kont	Macaroni, spaghetti	573	5.0	0.9	0.4	0.1	0.0	0.2	26.9	28.9	0.0	2.0	0.0	0.2	67.4	0.000	0	0		0.07	0.07	0

Slika 5. Prikaz danske baze podataka (DTU, 2009)

3.2.2. Rad u Lindo programu

Program Lindo je korišten za optimiranje jelovnika modela-žene. Potrebni podaci su pripremljeni u Excel-u uz prilagođenu strukturu Lindo programu. Ponuda jela za sedam dana se sastoji od 7 doručaka, 7 ručkova i 7 večera, što posljedično dovodi do mogućih 343 kombinacija dnevnog menija svih ponuđenih jela ($7 \times D \times 7 \times R \times 7 \times V$).

No kako bi se broj mogućih kombinacija smanjio, uvedena su ograničenja s obzirom na potrebe ženske osobe u dobi od 32. godine. Ograničenja se odnose na unos energije, makronutrijente (proteine, ugljikohidrate i masti) i mikronutrijente (natrij, vitamin C i vitamin D).

Niti jedno ograničenje nutrijenta ne smije biti veće od UL vrijednosti (prema tablici 2). Za sva ograničenja dozvoljeno je odstupanje od $\pm 15\%$ što je u skladu s odstupanjima koja se očekuju ovisno o korištenoj tablici kemijskog sastava hrane (Resman i sur., 2019).

U tablici 4 nalaze se promatrani parametri i njihova postavljena ograničenja. S obzirom na prethodno izračunatu ukupnu dnevnu energetska potrebu žene koja iznosi 2 400 kcal (ili 10 042 kJ), ograničenja za energiju su postavljena kao $\pm 10\%$ 2 400 kcal (ili 10 042 kJ). Unos proteina mora biti iznad 20 %, unos masti ne smije prelaziti 30 % ukupnog dnevnog energetskeg unosa, unos ugljikohidrata mora biti veći od 50 % ukupnog dnevnog energetskeg unosa. Za mikronutrijente su kao ograničenja korištene maksimalne dozvoljene dnevne vrijednosti, tako je UL vrijednost za vitamin C 1 800 mg, vitamin D 50 µg, a za natrij 2 300 mg.

Tablica 4. Prikaz promatranih parametara s pripadnim ograničenjima

Parametar	Ograničenja
Energija	$\geq 9\ 010$ kJ $\leq 11\ 100$ kJ
Masti	≥ 70 g ≤ 103 g
Ugljikohidrati	≥ 260 g ≤ 330 g
Proteini	≥ 50 g ≤ 133 g
Vitamin C	$\leq 1\ 800$ mg
Vitamin D	≤ 50 μ g
Natrij	≥ 500 mg $\leq 2\ 300$ mg

Postavljeno je dvanaest modela koji se razlikuju po parametrima koji se promatraju u funkciji cilja (Fc), ovisno o bolesti za koju se traži primjeren jelovnik u skladu s postavljenim ograničenjima tj. za optimalni jednodnevni jelovnik, koji će zadovoljiti postavljena ograničenja i postavljenu funkciju cilja.

Tablica 5. Prikaz korištenih funkcija cilja, prema određenoj bolesti

Odabrana bolest za koju je potrebna dijetoterapija	Funkcija cilja
hipertenzija	Minimizirati unos natrija
kronični pankreatitis	Minimizirati unos masti
giht	Minimizirati unos proteina
dijabetes	Minimizirati unos ugljikohidrata
Infekcija / jačanje imuno-sustava	Maksimizirati unos vitamina C
	Maksimizirati unos vitamina D

4. REZULTATI I RASPRAVA

U rezultatima koji slijede, prikazane su dobivene optimalne jednodnevne ponude jelovnika koji osiguravaju adekvatnu ponudu jela promatranom modelu i u skladu su s dijetoterapijom koju je potrebno provoditi.

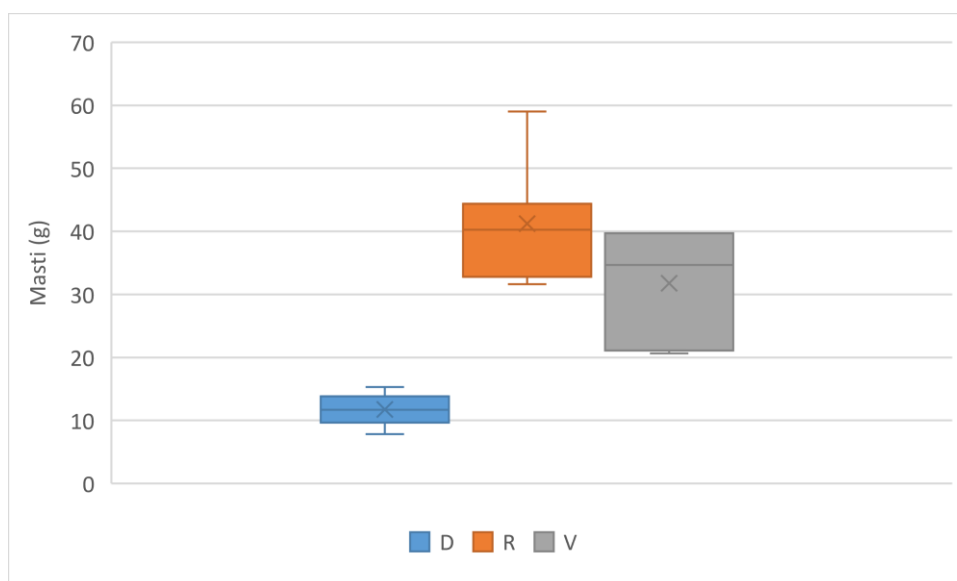
Optimalne ponude dobivene su linearnim optimiranjem u programu LINDO, koji je ponudio jedno optimalno rješenje ovisno o funkciji cilja, tj. promatranj bolesti (hipertenzija, kronični pankreatitis, giht, dijabetes, infekcija / jačanje imuno-sustava). Funkcija cilja se mijenjala, dok su ograničenja ostala jednaka u svakom procesu optimiranja. Ograničenja se odnose na unos energije (npr. restriksijska dijeta), makronutrijente (proteini, ugljikohidrati i masti) te mikronutrijente (natrij, vitamin C i vitamin D) i osiguravaju potrebnu energetska i nutritivnu kvalitetu obroka te nam poprilično smanjuju broj mogućih kombinacija, kojih bi bez njih bilo 343 ($7 \times D \times 7 \times R \times 7 \times V$). Kako bi se napravila dodatna provjera, svakom promatranom nutrijentu smo minimizirali i maksimizirali unos kroz funkciju cilja i usporedili dobivene rezultate.

Box-Whiskerovim grafom prikazani su promatrani nutrijenti prema tri glavna obroka koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera). Svaki obrok je opisan srednjom vrijednošću (\bar{X} unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom (krajevi linija).

4.1. Masti kao funkcija cilja

Premda su masti najkoncentriraniji izvor energije (osiguravaju 9 kcal g^{-1}), osim energetske imaju i druge bitne uloge u ljudskom tijelu: prekursori su pojedinih hormona, dio su stanične membrane, grade lipoproteine, sudjeluju u metabolizmu vitamina topivih u mastima (A, D, E, K) te utječu na probavljivost nekih namirnica. Procesom optimiranja smo minimizirali i maksimizirali unos masti, a njihovo ograničenje ($< 35 \% \text{ kcal}$) je u oba slučaja ostalo jednako.

Na slici 6 prikazan je Box-Whiskerovim grafom sadržaj masti prema tri glavna obroka koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera). Svaki obrok, opisan je srednjom vrijednošću (X unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom (krajevi linija). Iz grafa se može vidjeti kako nije prisutan outlier tj. vrijednost koja značajno odstupa.



Slika 6. Prikaz sadržaja masti Box-Whiskerovim grafom (D = doručak, R = ručak, V = večera)

4.1.1. Minimizirani unos masti

Kronični pankreatitis progresivna je upalna bolest koja dovodi do propadanja gušterače i njenih funkcija, što se očituje u lošoj probavi i/ili lošoj iskorištenosti uzete hrane. Važan dio liječenja je pravilna prehrana, ne samo radi prevencije pogoršanja bolesti nego i radi održavanja dobre kvalitete života ovih bolesnika (Martinis i sur., 2015).

Bez njezine funkcije je ugrožena probava i metabolizam bjelančevina, ugljikohidrata i masti, te samim time i apsorpcija hranjivih tvari. Utvrđeno je da kod 20-50 % hospitaliziranih bolesnika postoji rizik od pothranjenosti (Rasmussen, 2013).

Prilikom izrade jelovnika za navedenu bolest potrebno je smanjiti unos masti, što optimalna ponuda, koja se nalazi u tablici 6, osigurava.

Tablica 6. Prikaz optimalnog jelovnika s minimiziranim unosom masti kao funkcija cilja

D2	topljeni sir, pureća šunka, polubijeli kruh, čaj od šipka
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
V6	buhtla, mlijeko 3,5 % m.m.

Energetska vrijednost jednodnevnog optimalnog jelovnika iznosi 9 961 kJ (2 381 kcal). Unos proteina je 88 g, masti 70 g (od čega je unos zasićenih masti 18 g), ugljikohidrata 359 g (dok je unos dodanog šećera 58 g), vitamina C 328 mg, vitamina D 1,8 µg i natrija 2 386 mg.

Iako dobiveni jelovnik odgovara svim zahtjevima bilijarno - pankreatične dijete, analizom njenog sadržaja utvrđena je potreba za preinakom njenog sadržaja, budući da se prilikom dijetoterapije kroničnog pankreatitisa preporučuje lako probavljiva hrana, bez upotrebe oštrih i nadražujućih začina i namirnica koje uzrokuju nadimanje (NN 59, 2015).

Ukupan unos zasićenih masnih kiselina je 18 g, od kojih se najviše nalazi u punjenim paprikama (5 g), gdje je korišteno miješano mljeveno meso (svinjetina i junetina). Konzumacija crvenog mesa se ne preporučuje i lako se može zamijeniti s mljevenim pilećim ili purećim mesom te nemasnim dijelovima teletine, što će pozitivno utjecati na smanjenje unosa masti (zasićenih masti). Umjesto topljenog sira (ukupno 3,1 g masti i 2 g zasićenih masti) može se ponuditi svježiji nemasni sir. Također, goveđu juhu koja sadrži 0,2 g masnih kiselina možemo zamijeniti s povrtnom juhom koja će osigurati niži unos masti te povećati unos vlakana, vitamina i minerala. U večeri se može ponuditi mlijeko smanjene (2 % m.m.) ili niske mliječne masti (<1 % m.m.), koje je obogaćeno vitaminom D, čime će se povećati i njegov dnevni unos.

Odabrana večera sadrži 2/3 ukupnog dnevnog unosa dodatnog šećera. Boljim odabirom namirnica ona bi postala nutritivno vrijednija. Prihvatljiviji odabir od buhtle je sezonska voćna torta s malom količinom masnoće bez jaja, kvasca i smanjenim udjelom dodanog šećera.

Kako bi predloženi jelovnik osigurao adekvatan unos vitamina i minerala za promatrani model (5 serviranja), potrebno je uvrstiti sezonsku salatu (rajčica, paprika, krastavci, zelena salata) uz ručak i dodati jedno serviranje voća u doručak (maline, kupine, kivi).

4.1.2. Maksimizirani unos masti

Promjenom funkcije cilja uz jednaka ograničenja dobivena je optimalna ponuda jelovnika (tablica 7) koja se razlikuje od prethodne optimalne ponude u kojoj smo minimizirali unos masti.

Tablica 7. Prikaz optimalnog jelovnika s maksimiziranim unosom masti kao funkcija cilja

D1	margo, pureća obarena kobasica, polubijeli kruh, čaj od šipka
R4	goveđa juha s rezancima, varivo od graha s rezanom kobasicom, polubijeli kruh, kroasan s marmeladom, kupus salata
V1	špageti na "bolonjski", kupus salata, polubijeli kruh

Analizom dobivenog jelovnika utvrdilo se da njegova energetska vrijednost iznosi 10 095 kJ (2 413kcal). Unos proteina je jednak 90 g, masti 95 g (od toga unos zasićenih masti iznosi 22 g), ugljikohidrata 316 g (od toga unos dodatnog šećera iznosi 17 g), vitamina C 201 mg, vitamina D 1,4 µg te natrija 2 853 mg.

Prilikom kreiranja jelovnika važno je obratiti pozornost na to da se namjernice ne pojavljuju više puta u istom danu jer to narušava raznovrsnost prehrane. U ovom slučaju, kupus salata se nalazi u ručku i večeri te se u jednom jelu ona može zamijeniti sa zelenom salatam. Također su u dva jela prisutne mesne preradevine, čiji tjedni unos ne bi trebao prelaziti količinu koja se nalazi u odabranim jelima. Umjesto rezane kobasice u ručku, može se uvrstiti slanetak, koji će svojim kemijskim sastavom osigurati unosu proteina. Osim što se tako osigurava raznovrsnost, smanjit će se udio zasićenih masnih kiselina (4,2 g) i natrija (582 mg).

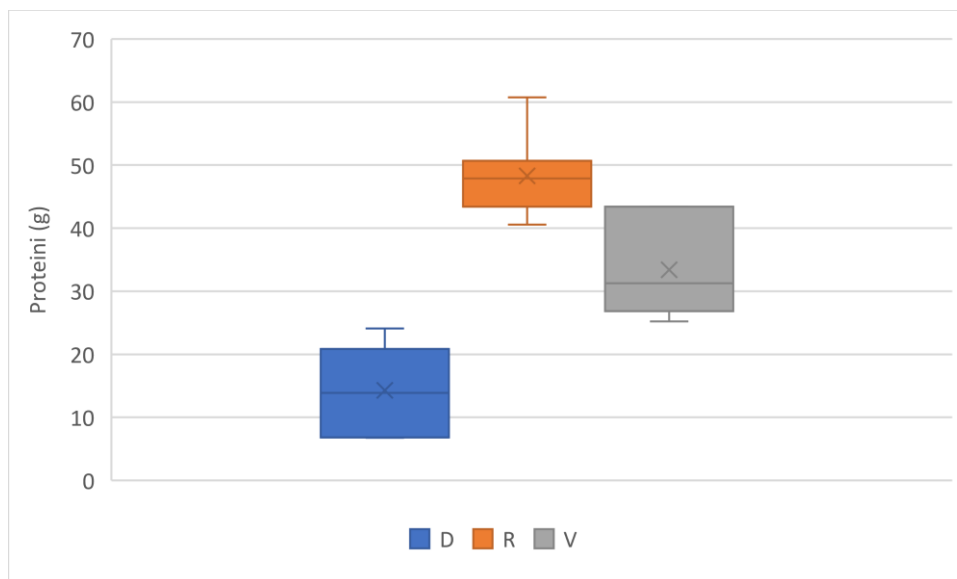
Zamjenom kroasana s marmeladom s voćnom salatam (kruška, grožđe, lubenica, kivi), optimalni jelovnik bi osigurao dnevne potrebe modela za unosom vitamina i minerala.

Proces optimiranja koji je fokusiran na unos masti ponudio je dva u potpunosti različita optimalna jelovnika, koja zadovoljavaju postavljena ograničenja i funkcije cilja.

4.2. Proteini kao funkcija cilja

Najzastupljenije tvari nakon vode u ljudskom organizmu su proteini. Sastavni su dio svake ljudske stanice te izgrađuju mišiće, krv, kosu te unutarnje organe, sudjeluju u proizvodnji hormona i regulaciji pH. Masti i ugljikohidrati se prvenstveno smatraju izvorom energije, dok se o proteinima iz hrane govori kao gradbenim i zaštitnim tvarima (DRI, 2005). Proteini su građeni od aminokiselina koje mogu biti esencijalne (potrebno ih je unositi hranom) i neesencijalne (tijelo ih samo proizvodi). Procesom optimiranja smo minimizirali i maksimizirali njihov unos, a njihovo ograničenje ($> 10\%$ kcal) je u oba slučaja ostalo jednako.

Box-Whiskerovim grafom na slici 7 prikazan je sadržaj proteina prema tri glavna obroka koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera). Svaki obrok, opisan je srednjom vrijednošću (X unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom (krajevi linija). Outlier tj. vrijednost koja značajno odstupa nije prisutna.



Slika 7. Prikaz sadržaja proteina Box-Whiskerovim grafom (D= doručak, R= ručak, V= večera)

4.2.1. Minimizirani unos proteina

Giht (urični artritis) je progresivna, reumatska bolest okarakterizirana s povišenom razinom mokraćne kiseline u serumu i odlaganjem kristala urata u zglobove i okolna tkiva (Bitik i

Öztürk, 2014). Mokraćna kiselina nastaje kao nusprodukt pri probavi hrane bogate aminokiselinom purin te je prilikom izrade jelovnika potrebno smanjiti unos hrane bogate proteinima koja je primarni izvor purina. U tablici 8 nalazi se predložena jednodnevna optimalna ponuda jelovnika s minimiziranim unosom proteina.

Tablica 8. Prikaz optimalnog jelovnika s minimiziranim unosom proteina kao funkcija cilja

D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
V6	buhtla, mlijeko 3,5 % m.m.

Kombinacijom odabranih obroka optimalni jelovnik osigurava unos proteina od 74 g, masti 76 g (od kojih su zasićene masti 19 g), ugljikohidrata 376 g (od čega je dodani šećer 58 g), natrij 1 745 mg, vitamin C 317 mg i vitamin D 1,6 µg, dok ukupni energetske unos optimalnog jelovnika iznosi 10 216 kJ (2 442 kcal).

Iako jelovnik zadovoljava postavljena ograničenja i funkciju cilja, detaljnija analiza je utvrdila potrebu za dodatnim revidiranjem odabranih jela (ručka i večere) kako bi ponuda jela bila u skladu s potrebnom dijetoterapijom.

Zamjenom goveđe juhe s pilećom juhom u ručku smanjio bi se unos zasićenih masti te purina, kojima je crveno meso bogato. Također potrebno je koristiti bijelo mljeveno mesu prilikom izrade punjenih paprika, budući da dnevni unos purina kod dijetoterapije gihta ne bi trebao prelaziti 150 mg (NN 59, 2015).

Umjesto buhtle koja sadrži 43 g dodanog šećera, u jelovnik je moguće uvrstiti palentu čime će se smanjiti unos dodanog šećera (palenta sadrži 1,5 grama dodanog šećera na 100 grama). Potrebno je zamijeniti i mlijeko s 3,5 % m.m s mlijekom smanjene (2 % m.m.) ili niske mliječne masti (<1 % m.m.).

Uz ponuđeni jelovnik potrebno je naglasiti i važnost unosa tekućine u većim količinama (voda, nezaslađeni čaj).

4.2.2. Maksimizirani unos proteina

Kako bismo usporedili dvije različite funkcije cilja s istim nutrijentom, maksimizirali smo unos proteina (uz jednaka ograničenja) i dobivena je optimalna ponuda jelovnika (tablica 9) koja se razlikuje od prethodne optimalne ponude, čiji je cilj bio minimizirati unos proteina.

Tablica 9. Prikaz optimalnog jelovnika s maksimiziranim unosom proteina kao funkcija cilja

D4	svježi sir s vrhnjem, pureća prsa, polubijeli kruh, čaj od šipka
R1	goveđa juha s noklicama, pečena piletina i rizi-bizi, zelena salata, polubijeli kruh
V4	zapečeni krumpir s jajima, zelena salata, polubijeli kruh

Ukupni energetske unos jednodnevnog optimalnog jelovnika iznosi 10 118 kJ (2 418 kcal), unos masti jednak je 91 g (od kojih zasićene 25 g), proteina 113 g, ugljikohidrata 297 g (od kojeg dodani šećer 10 g), natrija 3 114 mg, vitamina C 245 mg i vitamina D 2,0 µg.

Kako bi se smanjio unos zasićenih masti poželjno je zapečeni krumpir zamijeniti kuhanim, budući da se u njegovoj pripremi ne koristi znatna količina ulja. Također zamjenom svježeg sira s vrhnjem za posni sir utjecat će se na smanjenje unosa zasićenih masti. Uz zelenu salatu preporučljivo je poslužiti još neko sezonsko povrće poput rajčice, paprike ili luka i time osigurati raznovrsniju ponudu izvora vitamina i minerala.

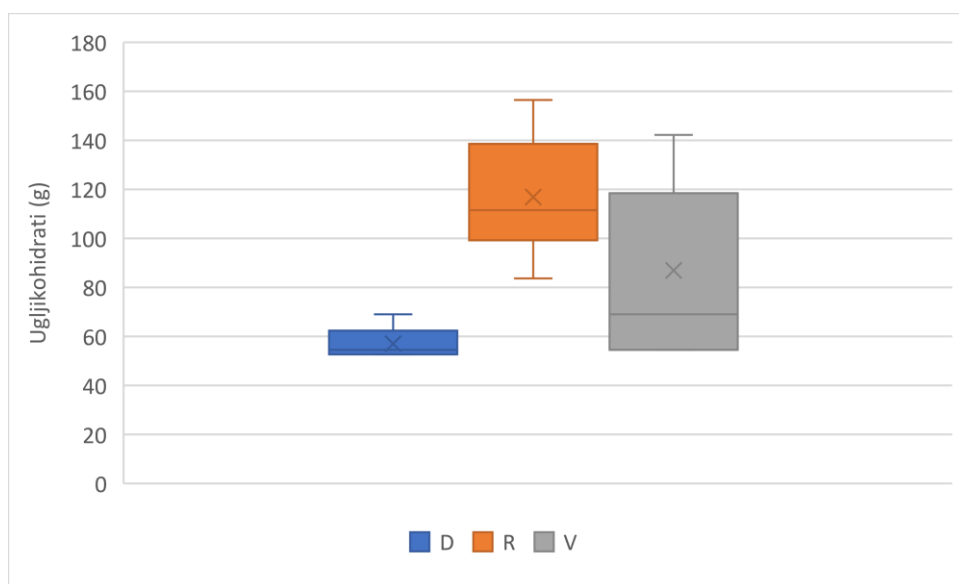
Budući da je jelovnik deficitaran s voćem, predložili bismo zamjenu polubijelog kruha iz ručka za sezonsku salatu (kivi, lubenica, grožđe).

Ovim procesom optimiranja koji je u prvi plan stavio proteine dobivena su dva u potpunosti različita optimalna jelovnika, koja zadovoljavaju postavljena ograničenja i funkcije cilja.

4.3. Ugljikohidrati kao funkcija cilja

Ugljikohidrati su za većinu ljudske populacije glavni izvor energije u svakodnevnoj prehrani te su prvi oblik energije koji se troši gladovanjem ili vježbanjem i neophodni su za pomaganje u probavi i asimilaciji drugih tvari. Dijelimo ih na jednostavne šećere (monosaharide), oligosaharide te složene šećere (polisaharide). Izvor su i prehrambenih vlakana koja pokazuju brojne benefite za ljudski organizam. Procesom optimiranja smo minimizirali i maksimizirali unos ugljikohidrata, a njihovo ograničenje (> 40 % kcal) je u oba slučaja ostalo jednako.

Slika 8 prikazuje Box-Whiskerov graf kojim je prikazan sadržaj ugljikohidrata prema tri glavna obroka koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera). Svaki obrok, opisan je srednjom vrijednošću (X unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom (krajevi linija). Nije prisutan outlier tj. vrijednost koja značajno odstupa.



Slika 8. Prikaz sadržaja ugljikohidrata Box-Whiskerovim grafom (D= doručak, R= ručak, V= večera)

4.3.1. Minimizirani unos ugljikohidrata

Sindrom poremećaja metabolizma proteina, masti i ugljikohidrata, dijabetes, uzrokovan je nedovoljnim lučenjem inzulina iz gušterače (dijabetes tip I) ili smanjenom osjetljivošću tkiva na inzulin (dijabetes tip II) (Guyton i Hall, 2017), a očituje se kroz povišenu razinu šećera u

krvi. Iako se dijabetes smatra bolešću modernog doba, uloga prehrane i nutricionističke intervencije prepoznata je i prije ere moderne znanstvene medicine (Evert i sur., 2013).

Brojna istraživanja pokazala su da prehrana koja sadrži manje ugljikohidrata utječe na smanjenje tjelesne mase i dovodi do povoljnih promjena u krvnom tlaku, razini glukoze u krvi i razini inzulina u krvi među pacijentima oboljelih od dijabetesa (Daly i sur., 2005).

Odabrana optimalna ponuda nalazi se u tablici 10.

Tablica 10. Prikaz optimalnog jelovnika s minimiziranim unosom ugljikohidrata kao funkcija cilja

D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
V3	tjestenina sa sirom, acidofilno mlijeko

Dobiveni optimalni jelovnik osigurava dnevnu energetska vrijednost od 9 340 kJ (2 232 kcal). Unos masti je jednak 85 g (od kojih su zasićene 23 g), proteina 91 g, natrija 3 606 mg, vitamina C 341 mg, vitamina D 2,6 µg i ugljikohidrata 287 g (od kojeg je dodani šećer 18 g).

Odabrani jelovnik zadovoljava postavljenu funkciju cilja i ograničena, no kako bismo ga prilagodili preporukama dijetoterapije dijabetesa, potrebna je promjena sadržaja obroka. Med je namirnica visokog glikemijskog indeksa i kao takva trebala bi se u što manjoj količini nalaziti u prehrani dijabetičara, dok je margo bogat zasićenim masnim kiselinama. U njihovu zamjenu može se ponuditi zobena kaša s dodatkom badema i džema od marelica s nižim udjelom šećera.

Kako bismo osigurali što veći unos sirovog i kuhanog povrća, umjesto pire krumpira može se ponuditi kuhani krumpir s blitvom uz kuhano goveđe meso, koje bismo uvrstili umjesto punjene paprike.

4.3.2. Maksimizirani unos ugljikohidrata

Promjenom funkcije cilja uz jednaka ograničenja dobivena je optimalna ponuda jelovnika (tablica 11) koja se razlikuje od prethodne optimalne ponude u kojoj smo minimizirali unos ugljikohidrata (tablica 10).

Tablica 11. Prikaz optimalnog jelovnika s maksimiziranim unosom ugljikohidrata kao funkcija cilja

D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
V6	buhtla, mlijeko 3,5 % m.m.

Ukupna energetska vrijednost ponuđenog jelovnika iznosi 10 216 kJ (2 442 kcal) te osigurava unos masti od 76 g (od kojih je unos zasićenih masti 18 g), proteina 75 g, natrija 1 746 mg, vitamina C 317 mg, vitamina D 1,6 µg i ugljikohidrata 376 g (od kojih je dodanog šećera 58 grama).

Budući da se u svakom obroku ponuđenog optimalnog jelovnika nalazi pekarski proizvod, buhtlu iz večer bismo zamijenili kus-kus salatam s bosiljkom i rajčicom, koja će osigurati potreban unos ugljikohidrata uz smanjen unos dodanog šećera, budući da kus-kus prosječno sadrži 4 g/100 g namirnice.

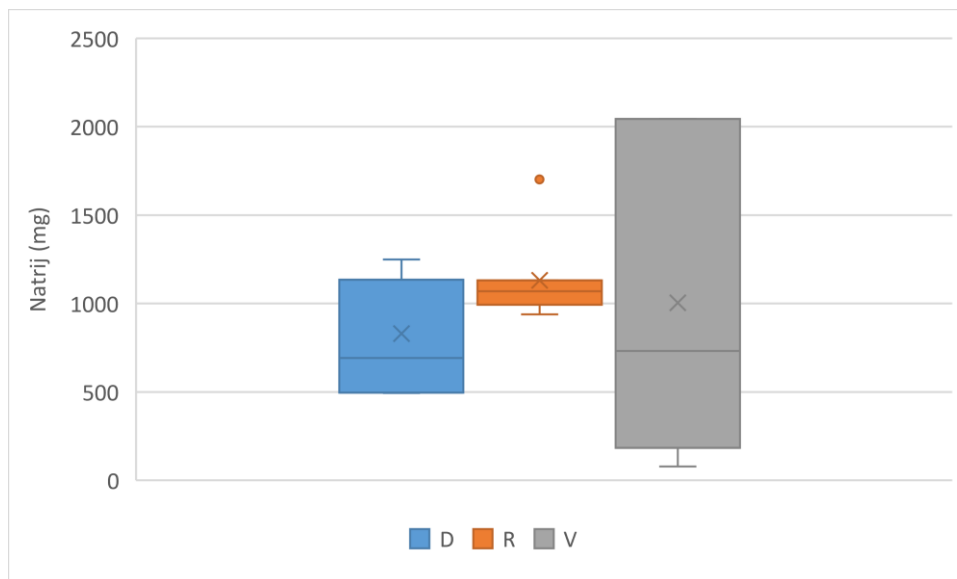
Oba dobivena optimalna jelovnika razlikuju se jedino po odabranoj večeri.

4.4. Natrij kao funkcija cilja

Natrij, najzastupljeniji izvanstanični kation, esencijalni je mineral ljudskog organizma čije su uloge važne za njegovo normalno funkcioniranje: sudjeluje u održavanju membranskog potencijala, osmotskog tlaka, u provođenju živčanih impulsa te kontrakciji mišića. Sukladno tome, prilikom optimiranja, ograničenje za unos natrija je iznosilo ≥ 500 mg. Procesom optimiranja smo minimizirali i maksimizirali njegov unos, a odabrana ograničenja su u oba slučaja ostala jednaka.

Box-Whiskerovim grafom na slici 9 prikazan je sadržaj natrija prema tri glavna obroka koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera). Svaki obrok, opisan je srednjom vrijednošću (X unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom

(krajevi linija). Vidljiv je jedan tzv. outlier tj. vrijednost koja značajno odstupa, a to je ručak čiji je unos natrija iznosio 1 702 mg.



Slika 9. Prikaz sadržaja natrija Box-Whiskerovim grafom (D= doručak, R= ručak, V= večera)

4.4.1. Minimilirani unos natrija

Krajem prošlog stoljeća, Cutler i suradnici (1997) utvrdili su pozitivnu korelaciju između povišenog krvnog tlaka i povećanog unosa natrija. Kod prevencije, ali i dijetoterapije hipertenzije, savjetuje se prehrana sa smanjenim unosom soli. Jedna od najčešćih dijetetičkih pristupa, DASH dijeta (engl. Dietary Approaches to Stop Hypertension), definirana od strane Appela i suradnika (1997), zasniva se na visokom unosu voća i povrća uz nizak unos natrija, odnosno visok unos vlakana i nizak unos masti i šećera. Optimiziran jednodnevni jelovnik nalazi se u tablici 12.

Tablica 12. Prikaz optimalnog jelovnika s minimiziranim unosom natrija kao funkcija cilja

D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
R3	juha od rajčice s taranom, prženi oslić, blitva lešo, polubijeli kruh
V6	buhtla, mlijeko 3,5 % m.m.

Energetska vrijednost jednodnevnog optimalnog jelovnika iznosi 10 171 kJ (2 461 kcal). Unos proteina je 84 g, masti 84 g (od čega je unos zasićenih masti 14,5 g), ugljikohidrata 341 g (dok je unos dodanog šećera 58 g), vitamina C 153 mg, vitamina D 0,93 µg i natrija 1 615 mg.

Analizom dobivenog jelovnika vidljiv je povećani unos zasićenih masnih kiselina (17 % od ukupnog dnevnog unosa masti). Tome najviše pridonosi odabrana večera, točnije punomasno mlijeko s 3,5 % mliječne masti, koje se može zamijeniti s mlijekom smanjene (2 % m.m.) ili niske mliječne masti (<1 % m.m.). Uz to se oslić umjesto prženja može pripremiti pečenjem, pirjanjem ili kuhanjem i tako smanjiti unos zasićenih masti.

Namirnica koja se ponavlja u ponuđenom jelovniku je polubijeli kruh, koji se može u doručku zamijeniti s kruhom od cjelovitih žitarica, čime će se povećati unos prehrambenih vlakana.

Kako bi jelovnik što više odgovarao zahtjevima DASH dijete, potrebno je smanjiti udio dodanog šećera čiji je najveći izvor u jelovniku buhtla u večeri. Nju bismo zamijenili zobnim pahuljicama, u koje se može dodati sezonsko voće poput šljiva, trešanja, malina ili jabuka, s čime bismo povećali unos voća i prehrambenih vlakana, a smanjili unos dodanog šećera.

4.4.2. Maksimizirani unos natrija

Tijekom ljetnog perioda i povećane tjelesne aktivnosti dolazi do pojačanog znojenja i gubitka natrija. Kako bi se nadomjestio njegov gubitak putem hrane, proveli smo proces optimiranja, a dobivena ponuda nalazi se u tablici 13.

Tablica 13. Prikaz optimalnog jelovnika s maksimiziranim unosom natrija kao funkcija cilja

D4	svježi sir s vrhnjem, pureća prsa, polubijeli kruh, čaj od šipka
R4	goveđa juha s rezancima, varivo od graha s rezanom kobasicom, polubijeli kruh, kroasan s marmeladom, kupus salata
V5	šunka, tekući jogurt, topljeni sir, rajčica, polubijeli kruh

Analizom dobivenog jelovnika utvrdilo se da njegova energetska vrijednost iznosi 10 274 kJ (2 455 kcal). Unos proteina je jednak 106 g, masti 91 g (od toga unos zasićenih masti iznosi 26 g), ugljikohidrata 322 g (od toga unos dodatnog šećera iznosi 17 g), vitamina C 213 mg, vitamina D 1,6 µg te natrija 4 318 mg.

Iako optimalni jelovnik zadovoljava sva postavljena ograničenja i funkciju cilja, potrebne su njegove preinake kako bi ga što više približili principima pravilne prehrane.

U svakom od odabranih jela u jednodnevnom jelovniku nalazi se mesna prerađevina ili suhomesnati proizvod, čiji unos ne bi trebao biti viši od 1-2 puta tjedno, budući da njihov povećani unos može imati negativan utjecaj na ljudsko zdravlje (karcinom debelog crijeva, povišeni krvni tlak i slično). Rezanu kobasicu u ručku može zamijeniti slanutak, koji će svojim kemijskim sastavom doprinijeti unosu proteina. U večeri umjesto šunke, odlična su zamjena kuhana jaja koja će također osigurati potreban unos masti i proteina.

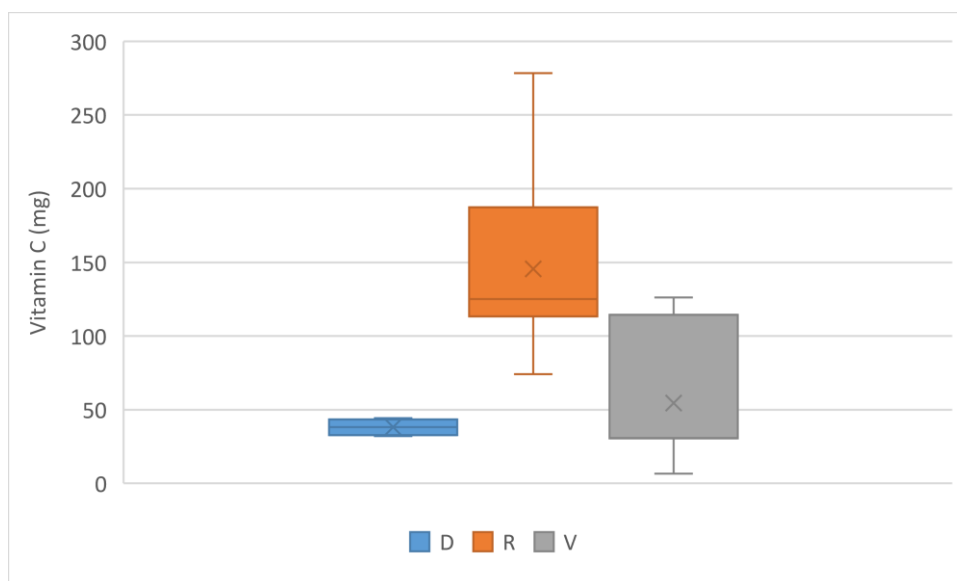
Najviše dodanog šećera ima u ručku te se umjesto kroasana s marmeladom može ponuditi sezonsko voće poput lubenice, dinje, borovnica ili jabuke, s čime će se udio dodanog šećera smanjiti.

Proces optimiranja ponudio je dva u potpunosti različita optimalna jelovnika, koja zadovoljavaju postavljena ograničenja i funkcije cilja.

4.5. Vitamin C kao funkcija cilja

Vitamin C, odnosno L-askorbinska kiselina, pripada skupini vitamina topivih u vodi. Budući da ljudi nemaju enzim koji je potreban za njegovu sintezu, potrebno ga je nadomjestiti iz prehrambenih izvora (najzastupljeniji je u voću i povrću) zbog važnih uloga koje ima u ljudskom organizmu: sudjeluje u sintezi kolagena, hormona i neurotransmitera te u metabolizmu određenih aminokiselina i vitamina. Također se smatra važnom u prevenciji različitih kroničnih bolesti poput raka, cerebralne apopleksije, dijabetesa, atopičnog dermatitisa, srčanog udara i AIDS-a (Du i sur., 2012), a njegov nedostatak izaziva skorbut. Procesom optimiranja smo minimizirali i maksimizirali unos vitamin C, a ograničenje (>60 mg) je u oba slučaja ostalo jednako.

Na slici 10 vidljiv je prikaz sadržaja vitamina C prema tri glavna obroka, koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera), Box-Whiskerovim grafom. Svaki je obrok opisan srednjom vrijednošću (X unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom (krajevi linija). Nije prisutan outlier tj. vrijednost koja značajno odstupa.



Slika 10. Prikaz sadržaja vitamina C Box-Whiskerovim grafom (D= doručak, R= ručak, V= večera)

4.5.1. Minimilirani unos vitamina C

Iako ima pozitivne učinke na organizam, u nekim slučajevima je potrebno smanjiti njegov unos. Budući da vitamin C povećava apsorpciju željeza, povišene doze vitamina C trebaju izbjegavati osobe koje imaju bolesti povezane s prekomjernim nakupljanjem željeza (hemokromatoza, hemosideroza). U tablici 14 nalazi se optimalni jednodnevni jelovnik s ciljem smanjenog unosa vitamina C.

Tablica 14. Prikaz optimalnog jelovnika s minimiziranim unosom vitamina C kao funkcija cilja

D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
R1	goveđa juha s noklicama, pečena piletina i rizi-bizi, zelena salata, polubijeli kruh
V6	buhtla, mlijeko 3,5 % m.m.

Analiza dobivenog jednodavnog jelovnika utvrdila je da njegov energetska unos odgovara vrijednosti od 10 316 kJ (2 466 kcal), unos proteina je 94 g, masti 89 g (od kojih je unos zasićenih masti 20 g), ugljikohidrata 330 g (od kojeg je unos dodanog šećera 53 g), vitamina D 1,6 µg, natrija 1 808 mg i vitamina C 113 mg.

Unos vitamina C je i dalje viši od preporučene RDA vrijednosti za unos ženske osobe starije od 19 godina (75 mg/d). Uklanjanjem peršina koji se koristi za pripremu goveđe juhe i rizibizija, smanjio bi se njegov unos za još 30 g.

Budući da unos dodanog šećera iznosi dvostruko više od preporučene RDA vrijednosti za žensku osobu stariju od 19 godina (24 g/d), buhtla iz večere se može zamijeniti palentom koja u prosjeku sadrži 1,5 g dodanog šećera/100 g.

4.5.2. Maksimizirani unos vitamina C

Vitamin C smatra se antivirusnim sredstvom jer ima pozitivan učinak na imunitet. Tijekom pandemije COVID -19 primjena vitamina C povećala je stopu preživljavanja pacijenata s umanjivanjem prekomjerne aktivacije imunološkog odgovora, na način da vitamin C povećava antivirusne citokine i stvaranje slobodnih radikala, smanjujući prijenos virusa (Minkyung i Hyeyoung, 2020). U tijeku su brojna istraživanja koja će nam približiti njegov utjecaj, no brojna dosadašnja istraživanja pokazala su smanjenje simptoma gripe ili prehlade zbog liječenja visokim dozama vitamin C (Ran i sur., 2018, Gorton i Jarvis, 1999) te su smanjeni upalni posrednici/ markeri zbog davanja vitamina C pacijentima s COVID-19 (Alamdari i sur., 2020, Hiedra i sur., 2020). Optimalni jelovnik s ciljem maksimalnog unosa vitamina C nalazi se u tablici 15.

Tablica 15. Prikaz optimalnog jelovnika s maksimiziranim unosom vitamina C kao funkcija cilja

D4	svježi sir s vrhnjem, pureća prsa, polubijeli kruh, čaj od šipka
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
V4	zapečeni krumpir s jajima, zelena salata, polubijeli kruh

Dobiveni optimalni jelovnik osigurava unos energetske vrijednosti od 10 019 kJ (2 395 kcal), proteina 93 g, masti 78 g (od kojih unos zasićenih masti iznosi 23 g), ugljikohidrata 343 g (od kojih je unos dodatnog šećera 15 g), natrija 3 051 mg, vitamina D 2,04 µg i vitamina C 449 mg, što je u skladu s postavljenom funkcijom cilja i ograničenjima.

Kako bismo povećali unos vitamina C, a pritom neznatno povećani energetske unos, uvrstili bismo u večeru voćnu salatu od bobičastog voća (borovnice, maline, kupine, ribiz), koje u

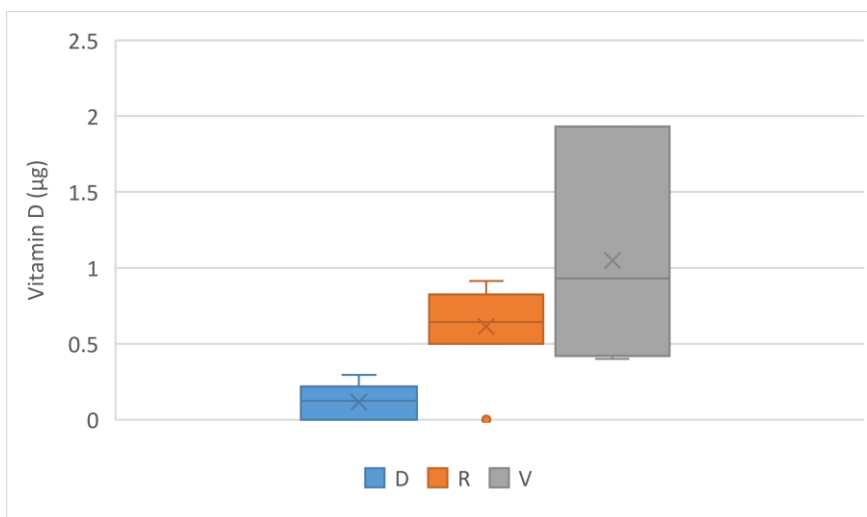
prosijeku na 100 g ima 50-60 kcal, a visoko su vrijedan izvor vitamina C. Uz ručak se može uvrstiti i svježe cijeđena, nezaslađena limunada, s obzirom na to da 100 g limuna sadrži 53 mg vitamina C.

Program LINDO je ponudio dva optimalna jelovnika s različitom ponudom jela ovisno o postavljenoj funkciji cilja s fokusom na vitamin C.

4.6. Vitamin D kao funkcija cilja

Vitamin D pripada vitaminima topivim u mastima te dolazi u dva oblika: vitamin D3 ili kolekalciferol i vitamin D2 ili ergokalciferol. Oko 80 % tjelesnih potreba se može sintetizirati u koži pomoću energije sunčeve svjetlosti (Feldman i sur., 2013). Osim što potiče iskorištavanje fosfora i kalcija iz hrane koji zatim prenose signal unutar stanice i vrše mineralizaciju kostiju, pridonosi i pravilnom funkcioniranju imunološkog, mišićnog i živčanog sustava (Shao i sur., 2012). Procesom optimiranja smo minimizirali i maksimizirali unos vitamina D, a njegovo ograničenje ($> 0,8 \mu\text{g}$) je u oba slučaja ostalo jednako.

Box-Whiskerovim grafom na slici 11 prikazan je sadržaj vitamina D prema tri glavna obroka koji su korišteni u postupku optimiranja (doručak, ručak i večera). Svaki obrok, opisan je srednjom vrijednošću (X unutar kutije), medijanom (ravna linija u kutiji) te minimumom i maksimumom (krajevi linija). Vidljiv je jedan tzv. outlier tj. vrijednost koja značajno odstupa, a to je ručak čiji je unos vitamina D iznosio $0 \mu\text{g}$.



Slika 11. Prikaz sadržaja vitamina D Box-Whiskerovim grafom (D= doručak, R= ručak, V= večera)

4.6.1. Minimilirani unos vitamina D

Kako bismo usporedili dvije različite funkcije cilja s istim nutrijentom, minimizirali smo unos vitamina D (uz jednaka ograničenja) i dobivena je optimalna ponuda jelovnika (tablica 16) koja se razlikuje od prethodne optimalne ponude, čiji je cilj bio maksimizirati unos vitamina D.

Tablica 16. Prikaz optimalnog jelovnika s minimiziranim unosom vitamina D kao funkcija cilja

D2	topljeni sir, pureća šunka, polubijeli kruh, čaj od šipka
R3	juha od rajčice s taranom, prženi oslić, blitva lešo, polubijeli kruh
V7	juneći paprikaš, pire krumpir, zelena salata, polubijeli kruh

Optimalni jelovnik osigurava energetska vrijednost od 9 642 kJ (2 298 kcal). Unos proteina jednak je 106 g, masti 84 g (od kojih su 17 g zasićene masti), ugljikohidrata 289 g (od kojih je dodanog šećera 15 g), natrija 2 656 mg, vitamina C 272 mg te vitamina D 0,83 µg.

Budući da se kruh ponavlja u sva tri ponuđena obroka, a pri tome u niti jednom jelu nema voća, bilo bi dobro ponuditi u sklopu večere umjesto kruha jedno serviranje voća (primjerice 1 srednju bananu, 1 naranču). Također je u sva tri obroka prisutno meso, riba i mesna prerađevina, dobra zamjena umjesto pureće šunke su jaja, namirnica bogata proteinima (13 g / 100 g) i mastima (10 g / 100 g).

Umjesto topljenog sira, doručak se može obogatiti svježim posnim sirom i tako smanjiti unos soli i masti (posebice zasićenih masti).

4.6.2. Maksimizirani unos vitamina D

Oko 80 % dnevnih potreba za vitaminom D može se proizvesti u ljudskom organizmu, a ostatak unijeti putem hrane i dodataka prehrani. Glerup i suradnici (2000) su u istraživanju utvrdili kako stanovnici sjevernih zemlja (iznad 40° geografske širine) i oni koje dugo rade u zatvorenom prostoru imaju veći riziku od nedostatka vitamina D. Generalni čimbenici rizika za nedostatak vitamina D su dob, pušenje, pretilost i kronične bolesti poput dijabetesa i hipertenzije (Siuka i sur., 2020).

Vitamin D smanjuje rizik od virusnih infekcija (Bae i Kim, 2020), što se trenutno povezuje i s COVID-19 pandemijom. Brojne studije pokazale su pozitivnu korelaciju između niske razine vitamina D i težih simptoma navedene bolesti te posljedica koje zaostaju (Pinzon i sur., 2020; Munshi i sur., 2020). Tablica 17 prikazuje dobivenu optimalnu ponudu procesom optimiranja.

Tablica 17. Prikaz optimalnog jelovnika s maksimiziranim unosom vitamina D kao funkcija cilja

D5	med, margo, polubijeli kruh, čaj od šipka
R6	goveđa juha s rezancima, punjena paprika, pire krumpir, polubijeli kruh, jabuka
V3	tjestenina sa sirom, acidofilno mlijeko

Dnevni energetske unos navedenog jelovnika iznosi 9 340 kJ (2 232 kcal), unos masti jednak je 85 g (od kojih su zasićene masti 23 g), unos ugljikohidrata je 287 g (dodanog šećera 17 g), proteina 91 g, natrija 3 606 mg, vitamina C 314 mg te vitamina D 2,6 µg.

Iako je LINDO program odabrao optimalan jednodnevni jelovnik za navedenu funkciju cilja, unos vitamina D od 2,6 µg manji je za 1,4 µg od potrebnih dnevnih 5 µg. Njegov unos se može povećati suplementacijom ili uvođenjem namirnice bogate vitaminom D u jelovnik poput ribljeg ulja, gljiva te mliječnih proizvoda.

Ovim procesiranjem su također dobivene dvije različite optimalne ponude jednodnevnog jelovnika.

5. ZAKLJUČCI

1. Linearno programiranje pokazalo se dobrom metodom u planiranju prehrane budući da osigurava rad sa značajnim brojem varijabli uz koje se može postaviti neograničeni broj ograničenja, čime je ubrzano i olakšano slaganje potrebnih jelovnika.
2. LINDO program omogućio je izradu jednodnevnog jelovnika te se pokazalo korisnim alatom budući da je od mogućih 343 kombinacije uz promišljeno postavljena ograničena, uspio ponuditi optimalne ponude koje zadovoljavaju postavljenih 12 funkcija cilja te osiguravaju energetske i nutritivne potrebe promatranog modela.

Za njegovo korištenje potrebno je detaljno pripremiti potrebne podatke u Excelu.

3. U svakom od ponuđenih jelovnika bilo je potrebno napraviti zamjenu odabranih namirnica/ jela kako bi se osigurala maksimalna raznovrsnost prehrane koja je nutritivno vrjednija, smanjio udio zasićenih masnih kiselina te udio dodanog šećera, osigurala što pravilnija dijetoterapija koja prati promatranu bolest ili osigurao veći unos vitamina i minerala.
4. Iako nam je program LINDO omogućio 12 optimalnih jelovnika, bilo je potrebno provesti njihovu detaljnu analizu, budući da samo nutricionist može odobriti i/ili prilagoditi predloženi jelovnik. Primjerice, ako je u optimalnom jelovniku ponuđena paprika te ju osoba za koju je rađen jelovnik ne konzumira, nutricionist će naći adekvatnu zamjenu koja osigurava približni unos vitamina C, poput soka od svježe cijedenog limuna, što se ne može očekivati od računalnog programa.
5. Za svaku postavljenu funkciju cilja predložen je jedan jelovnik, ali primjena linearnog optimiranja omogućuje i optimiranje ponude za više dana, tjedan i/ili mjesec, ali to zahtjeva ponavljanje provedbe postupka optimiranja s isključivanjem određenih jela i/ili njihovih kombinacija.

6. LITERATURA

- Alamdari D. H., Moghaddam A. B., Amini S., Keramati M. R., Zarmehri A. M., Alamdari A. H., Damsaz M., Banpour H., Yarahmadi A., Koliakos G. (2020) Application of methylene blue-vitamin C–N-acetyl cysteine for treatment of critically ill COVID-19 patients, report of a phase-I clinical trial. *Eur J Pharmacol.* **885**.
- Alebić I.J. (2008) Prehrambene smjernice i osobitosti osnovnih skupina namirnica, *Medicus* **17**, 39 – 46.
- Alibabić V., Mujić I. (2016) Pravilna prehrana i zdravlje. Veleučilište u Rijeci, Rijeka, str. 15.
- Alkerwi A. (2014) Diet quality concept. *Nutrition*, 30, 613–618.
- Appel L. J., Moore T. J., Obarzanek E., Vollmer W. M., Svetkey L. P., Sacks F. M., Bray G. A., Vogt T. M., Cutler J. A., Windhauser M. M., Lin P. H., Karanja N. (1997) A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. *N Engl J Med.* **336**,1117-24.
- Bae M., Kim H. (2020) The Role of Vitamin C, Vitamin D, and Selenium in Immune System against COVID-19. *Molecule.* **25(22)**, 5346.
- Bhatti M. A. (2000) Practical Optimization Methods. Springer-Verlag, New York.
- Bishai D, Nalubola R. (2002) The history of food fortification in the United States: Its relevance for current fortification efforts in developing countries. *Econ Dev Cult Change*, **51**, 37-53.
- Bitik B., Öztürk M. A. (2014) An old disease with new insights: Update on diagnosis and treatment of gout. *Eur J of Rheumatol.* **1**, 72-77.
- Carpenter K. J. (2003) A Short History of Nutritional Science: Part 1-4. American Society for Nutritional Sciences. *J. Nutr.* **133**, 638–645.
- Cederholm T., Barazzoni R., Austin P., Ballmer P., Biolo G., Bischoff S. C., Compher C., , Correia I., Higashiguchi T., Holst M., Jensen G. L., Malone A., Muscaritoli M., Nyulasi I., Pirlich M., Rothenberg E., Schindler Ž. K. , Schneider S. M., de van der Schueren M. A. E., Sieber C., Valentini L., Yu J. C., Van Gossum A., Singer P. (2017) ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. *Clinical Nutrition*, **36**, 49-64.
- Cutler J. A., Follmann D., Allender P. S. (1997) Randomized trials of sodium reduction: an overview. *Am J Clin Nutr.* **65(2)**, 643S-651S.

Daly M. E., Paisey R., Millward B. A., Eccles C., Williams K., Hammersley S., MacLeod K. M., Gale T. J. (2005) Short-term effects of severe dietary carbohydrate restriction advice in Type 2 diabetes-a randomized controlled trial. *Diabet. Med.* **23**, 15-20.

Darmon N., Ferguson E., Briand A. (2002) Linear and Nonlinear Programming to optimize the nutrient density of a population's diet. *Am. J. Clin. Nutr.* **75**, 245-253.

Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids (Macronutrients). Chapter 10: Protein and Amino Acids; Washington: The National Academies Press. (2005)

Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. (2004)

Doko Jelinić J., Pucarín-Cvetković J., Nola I. A., Senta A., Milošević M., Kern J. (2009) Regional Differences in Dietary Habits of Adult Croatian Population Kern. *Coll. Antropol.* **33** Suppl. 1: 31–34.

DTU (2009) Fodevaredatabanken, Version 7.01. DTU-Danmarks Tekniske Universitet.

Du J., Cullen J. J., Buettner G. R. (2012) Ascorbic acid: Chemistry, biology and the treatment of cancer. *Biochim Biophys Acta.* **1826**, 443 – 57.

Evert A. B., Boucher J. L., Cypress M., Dunbar S. A., Franz M. J., Mayer-Davis E. J., Yancy W. S. (2013) Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabet. Care.* **36(11)**, 3821-3842.

Feldman D., Krishnan A. V., Swami S. (2013) Vitamin D. *Osteoporosis*, 283–328.

Fletcher R. J., Bell I. P., Lambert J. P. (2004) Public health aspects of food fortification: a question of balance. *Proc Nutr Soc*, **63**, 605-614.

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

Gajdoš Kljusurić, J. (2002) Primjena neizrazitog modeliranja i optimiranja u planiranju društvene prehrane. Doktorski rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Gajdoš Kljusurić, J., Rumora I., Kurtanjek Ž. (2012) Application of Fuzzy Logic in Diet Therapy – Advantages of Application. U *Fuzzy Logic – Emerging Technologies and Applications* (ur. Dadios, E.P.), InTech, Rijeka.

- Glerup H., Mikkelsen K., Poulsen L., Hass E., Overbeck S., Thomsen J., Charles P., Eriksen E. F. (2000) Commonly recommended daily intake of vitamin D is not sufficient if sunlight exposure is limited. *J Intern Med.* **247(2)**, 260–8.
- Gorton H. C., Jarvis K. (1999) The effectiveness of vitamin C in preventing and relieving the symptoms of virus-induced respiratory infections. *J Manip Physiother.* **22**, 530–533.
- Guyton A. C., Hall J. E. (2017) *Medicinska fiziologija – udžbenik*, 13. izd., Medicinska naklada, Zagreb.
- Haven J., Burns A., Britten P., Davis C. (2006) Developing the Consumer Interface for the MyPyramid Food Guidance System. *J Nutr Educ Behav.* **38**, 124–135.
- Hiedra R., Lo K. B., Elbabsheh M., Gul F., Wright R. M., Albano J., Azmaiparashvili Z., Patarroyo Aponte G. (2020) The use of IV vitamin C for patients with COVID-19: A case series. *Expert Rev Anti-Infect Ther* **1**, 1–3.
- Koroušić Seljak B. (2004) Evolutionary balancing of healthy meals. *Informatica* **28**, 359–364.
- Koroušić Seljak B. (2009) Computer-based dietary menu planning. *J. Food Compost. Anal.* **22**, 414–420.
- Lagua R. T., Claudio V. S. (1995) *Nutrition and Diet Therapy Reference Dictionary*. Chapman & Hall, New York
- Mahan L. K. MS RD CDE, Escott-Stump S. MA RD LDN (2007) *Krause's food and nutrition therapy*. International Edition, Saunders, Philadelphia
- Martinis I. (2020) *Procjena učinka nutritivne intervencije na regulaciju glikemije i lipidnog profila osoba oboljelih od šećerne bolesti tipa 2*. Doktorski rad. Prehrambeno-biotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Martinis I., Orešković P., Tolić M. T., Lasić M., Oreč I., Prka L. (2015) Dijetoterapija akutnog i kroničnog pankreatitisa. *Medicus.* **24(2)**, 155-163.
- Munshi R., Hussein M.H., Toraih E. A., Elshazli R. M., Jardak, C., Sultana N., Youssef M. R., Omar M., Attia A. S., Fawzy M. S., Killackey M., Kandil E., Duchesne J. (2021) Vitamin D insufficiency as a potential culprit in critical COVID-19 patients. *J Med Virol* **93(2)**, 733-740.
- Nishida C., Shetty P., Uauy R. (2004) Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: introduction. *Public Health Nutr* **7**, 99–100.

- Ochsner A. (2010) Thoughts on the Human Body. *Ochsner J.* **10**, 44–47.
- Odluka o standardu prehrane bolesnika u bolnicama (2015) *Narodne novine* **59**, Zagreb.
- Ran L., Zhao W., Wang J., Wang H., Zhao Y., Tseng Y., Bu H. (2018) Extra dose of vitamin C based on a daily supplementation shortens the common cold: A meta-analysis of 9 randomized controlled trials. *BioMed Re. Int.* 1-12.
- Rasmussen H. H. (2013) Nutrition in chronic pancreatitis. *World J Gastroenterol*, **19(42)**, 7267.
- Resman B., Rahelić D., Gajdoš Kljusurić J., Martinis I. (2019) Food composition database reliability in calculations of diet offers. *Journal of Food Composition and Analysis*. **77**,101-107.
- Sekulić D. (2012) Prehrana. Fakultet prirodoslovno matematičkih znanosti i kineziologije, Sveučilište u Splitu.
- Shao T., Klein P., Grossbarda M. (2012) Vitamin D and breast cancer. *Oncologist*. **17**, 36-45.
- Siuka D., Pfeifer M., Pinter B. (2020) Vitamin D Supplementation During the COVID-19 Pandemic. *Mayo Clin. Proc.* **95**, 1804–1805.
- Sobotka L. (2004) Basics in Clinical Nutrition. 3. izd., Gal´en, Prag
- Štalić Z. (2013) 100 crtica iz znanosti o prehrani. Hrvatsko društvo prehrambenih tehnologa, biotehnologa i nutricionista, Zagreb.
- Štimac D., Krnazić Ž., Vranešić Bender D., Obrovac Glišić M. (2004) Dijetoterapija i klinička prehrana. Medicinska naklada, Zagreb, str. 34.
- Tazhibayev S., Dolmatova O., Ganiyeva G., Khairov K., Ospanova F., Oyunchimeg D., Suleimanova D., Scrimshaw N. (2008) Evaluation of the potential effectiveness of wheat flour and salt fortification programs in five Central Asian countries and Mongolia, 2002-2007. *Food Nutr Bull*, **29**, 255-65.
- USDA (2005), Dietary Guidelines for Americans, <<https://health.gov/our-work/food-nutrition/previous-dietary-guidelines/2005>>. Pristupljeno 30.10.2020.
- USDA (2011), MyPlate, < <https://www.choosemyplate.gov/>>. Pristupljeno 30.10.2020.

USDA (2020) A Brief History of USDA Food Guides <<https://www.choosemyplate.gov/eathealthy/brief-history-usda-food-guides>>. Pristupljeno 9.11.2020.

Wirth J. P., Laillou A., Rohner F., Northrop-Clewes C. A., Macdonald B., Moench-Pfanner R. (2012) Lessons learned from national food fortification projects: experiences from Morocco, Uzbekistan, and Vietnam. *Food Nutr Bull*, **33**, 281-292.

Witkamp R. F., Norren K. (2018) Let thy food be thy medicine....when possible. *Eur. J. Pharmacol.* **836**, 102-114.

Zakon o hrani (2007) *Narodne novine* **46**, Zagreb.

Živković R. (1994) *Dijetoterapija: medicinska dijetetika*, 1. izd., Medicinska naklada, Zagreb.

Živković R. (2002) *Dijetetika*, 1. izd., Medicinska naklada, Zagreb.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mogega rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Lucija Kirin
