

# NUTRIGENOMIKA – ZNAČAJ HRANE ZA ZDRAVLJE ČOVJEKA

K. Milojčić, M. Ristić

Univerzitet u Banjaluci, Tehnološki fakultet Banjaluka, RS, BiH

ISSN 2232-755X

UDC 613.2:159.942

DOI: 10.7251/GHTE1208021M

Pregledni rad

*Budućnost nauke o prehrani karakteriše razvoj nove naučne discipline koja povezuje našu ishranu i gene. Nova nauka koja izučava efekte bioaktivnih komponenti hrane koju jedemo na funkcionisanje naših gena, odnosno na DNK naziva se nutrigenomika.*

*Najveći uticaj na razvoj naučnih saznanja iz ove oblasti donijelo je otkriće da su mnoge hronične bolesti uzrokovane neusklađenom ishranom, ali i da mijenjajući prehrambene navike možemo spriječiti pojavu nekih bolesti. Struktura naših gena određuje na koji način će naš organizam odreagovati na unošenje konkretne namirnice. Naučnici u novije vrijeme ističu da je potrebno personalizovati ishranu, jer ono što je dobro jednome ne mora biti dobro drugome čovjeku, svaki pojedinac različit je za sebe. Ovakav način ishrane je opšti svjetski trend, jer je dosadašnja praksa pokazala da personalna hrana može smanjiti rizik od geneze kancera, hroničnih srčanih oboljenja, nervnih oboljenja i dr.*

*Vjeruje se da će se pravilnom ishranom i prihvatanjem zdravog načina života spriječiti pojava brojnih oboljenja.*

**Ključne riječi:** nutrigenomika, hrana, genetika, bolesti.

## UVOD

Proučavanjem nauke o hrani sve više se počinjemo baviti pitanjem kako ishranom unaprijediti zdravlje i spriječiti nastanak bolesti.

Budućnost naučnih saznanja leži u proučavanju povezanosti ishrane i naših gena. Nutrigenomika je nova disciplina gdje ljekari, nutricionisti i genetičari proučavaju efekte genetskih varijacija i međusobne reakcije između gena i nutrijenata radi tretmana hroničnih bolesti kao što su kardiovaskularne, insulin-nezavisni dijabetes i rak.

Za razliku od dosadašnjih tehnologija, čiji je osnovni cilj bio razlikovati postojanje bolesti od odsustva bolesti, nutrigenomika ima za cilj prepoznati stanje prije nastanka bolesti i personalizovanjem ishrane spriječiti ili barem modifikovati osjetljivost odnosno predispoziciju prema razvoju bolesti.

Geni su ti koji odlučuju koju hranu ćemo najbolje podnositi, prerađivati i iskorišćavati. Neka hrana može imati povoljno djelovanje kod neke bolesne osobe, dok kod druge, koja ima drugačiji genotip i njime uslovljenu drugačiju varijantu enzima, ta hrana nije efikasna ili će čak dovesti do daljeg oštećenja zdravlja. Preporuke za ishranu bi trebale biti individualne za svaku osobu i one bi tako imale za cilj prevenciju od oboljenja i poboljšanje načina života.

---

Korespondentni autor: Kristina Miložčić, Univerzitet u Banjaluci, Tehnološki fakultet, V.S.Stepanovića 73, 78 000 Banjaluka, BiH, e-mail: [kristinamilojcic@yahoo.com](mailto:kristinamilojcic@yahoo.com)

Nakon 2500 godina na putu smo da još jednom shvatimo da je otac medicine, Hipokrat, bio u pravu, koji je rekao: "*Sve što putem ishrane unosimo u naš organizam gradi nas i mijenja, a od toga šta smo unijeli zavisi naša snaga, naše zdravlje i naš život*", dok je Platon (V-IV vijek pr. n. e.) smatrao da se umjerena i pravilna ishrana sastoji od žitarica, mahunarki, voća, mlijeka, meda i ribe, dok meso, poslastice i vino treba trošiti umjereno, a pretjerivanje u hrani vodi ka bolesti. (1)

Dakle, genetske predispozicije za razvoj bolesti možemo umanjiti ciljanom prehranom. Koristeći nutrigenomiku kao metodu istraživanja, otkriveno je kako osobe koje unose veće količine voća i povrća imaju značajno niže nivoe protivupalnih markera u krvi, jer gotovo u svim slučajevima geni uspostavljaju dobru komunikaciju sa ovakvom prehranom.

Ovim istraživanjem je, takođe, ustanovljeno kako unos od najmanje 660 g voća i povrća dnevno, kod zdravih i mladih pojedinaca, smanjuje nivo određenih protivupalnih markera povezanih s ekspresijom mRNK (eng. *messenger RNA*- glasnica ribonukleinska kiselina), a moguće je da se time štiti i od hroničnih bolesti poput bolesti srca, osteoporoze i Alzheimerove bolesti i sva druga stanja koja se povezuju s hroničnom upalom. (2)

---

Nutrigenomika je još uvek nauka u razvoju, pojam nutrigenomike definisan je 2002. godine i opisuje regulaciju ekspresije gena putem hrane odnosno komponenata hrane, koristeći se dostignućima novih genomskih pristupa, a istraživanja u ovoj oblasti započeta su aprila 2003. godine. (3)

Prehrambena intervencija u prevenciji bolesti kompleksan je i ambiciozan cilj koji zahtijeva ne samo znanje kako pojedini hranljivi sastojak utiče na biološki sistem, nego kako će i kompleksna mješavina hranljivih sastojaka ulaziti u interakcije, a sve s ciljem modulacije bioloških funkcija organizma. (4)

Trenutno se širom svijeta vrše istraživanja koja bi otkrila koji nutrijenti utiču na nastanak pojedinih oboljenja, a čijom bi prevencijom bio poboljšan kvalitet života i smanjen pritisak na zdravstvene službe. Za ovakva istraživanja od ključnog značaja su kliničke i epidemiološke studije koje mogu dati informaciju o dugoročnim posljedicama ishrane na velikom broju stanovnika. (5)

Pravi značaj nutrigenomike pokazaće se nakon njenog multidisciplinarnog razvoja. Njeno korišćenje će biti moguće u praksi nakon adekvatne obuke ljekara o značaju ove nauke za zdravlje stanovništva i prevenciju bolesti.

### **Naši geni i posljedice nastanka bolesti uzrokovane ishranom**

Genetske promijene leže u osnovi hroničnih bolesti i smatra se da su one glavni pokretač za nastanak i razlog zbog koga te bolesti traju do kraja života. Geni pojedinca mogu služiti kao smjernice za pravilnu ishranu, dok ishrana može uticati na promijenu funkcije gena i njihove međusobne interakcije. Do sada je dokazan uticaj pojedinih nutrijenata koji mogu uzrokovati pojavu bolesti kao što su: dijabetes melitus, osteoporoza, reumatoidni artritis, neka neurološka oboljenja, tumor dojke, tumor prostate, infarkt miokarda, itd.

Dosadašnja ispitivanja su ukazala na činjenicu da unos vitamina (tokoferol, biotin), minerala (cink) i fitohemikalija (katehini, flavoni) dokazano utiče na strukturu gena. Ukoliko su vitamin B12, niacin, folat, retinol, vitamin E i kalcijum prisutni u optimalnim koncentracijama smanjuje se učestalost oštećenja DNK molekula, dok prisustvo riboflavina, pantotenske kiseline i biotina u suficitu povećava česta oštećenja DNK molekula u istoj meri kao genotoksični agensi. (6)

Suficit vitamina D dokazano utiče na izmenu stabilnosti mRNK. Najnovija istraživanja pokazuju da unos gvožđa u količini većoj ili jednakoj 15 mg dnevno smanjuje poremećaja DNK molekula kod mladih osoba.

*Tabela 1. Uticaj nutrijenata na gene*  
*Table 1. The influence of nutrients on genes*

<b>Nutrijenti Nutrient</b>	<b>Uticaj gena Gene impact</b>	<b>Nedostatak ishrane – potencijalne bolesti Deficient diet - Potential Diseases</b>
Folna kiselina Folic acid	DNK metilacija DNA methylation	Kancer Cancer
Masne kiseline Fatty acids	Vezuje se za transkripcione faktore Binding to transcription factors	Gojaznost Obesity
Vitamin D Vitamin D	Izmjena stabilnosti mRNA m R N A stability change	Bolest bubrega Kidney disease
Flavonoidi Flavones	Povećana sinteza mRNK Increased mRNA synthesis	Kancer Cancer
Antioksidant polifenola čaja Theaflavins	Smanjena sinteza mRNK Decreased mRNA synthesis	Artritis Arthritis

Mogućnost oboljevanja od kardiovaskularnih bolesti zavisi od genetičkog profila, starosne dobi, pola i životnih navika pojedinca. Nutrigenomika nudi rješenje za kardiovaskularna oboljenja preko modifikacije metabolizma Apo-A1 lipoproteina koji igra centralnu ulogu u nastanku i razvoju koronarnog oboljenja srca. Istražena je uloga omega-3 polinezasićenih masnih kiselina u prevenciji kardiovaskularnih bolesti. One imaju pozitivan uticaj na više načina: odgovorne su za održavanje niske koncentracije  $Ca^{2+}$  jona u vaskularnim mišićnim ćelijama, smanjuju mogućnost ateroskleroze, smanjujući nivo triglicerida u plazmi, svojim djelovanjem sprječavaju stvaranja tromba. Glavni lipoproteini odgovorni za pojavu srčanih bolesti su lipoproteini male gustine (engl. Low Density Lipoproteins - LDL) i lipoproteini velike gustine (engl. High Density Lipoproteins - HDL), odnosno povišene vrijednosti LDL-a i snižene vrijednosti HDL-a. HDL igra kritičnu ulogu u prevenciji srčanih bolesti transportujući kolesterol iz perifernih tkiva do jetre gdje se izlučuje putem žuči. Unos polinezasićenih masnih kiselina ne remeti samo metabolizam gena, već i gena koji kodiraju nekoliko enzima koji učestvuju u lipidnom metabolizmu i metabolizmu ugljenih hidrata. (7)

Deficit holina (sastavni deo lipida koji sačinjava ćelijsku membranu) može imati uticaja na nastanak oboljenja jetre, ateroskleroze i nekih neuroloških poremećaja, dok suficit može imati uticaja u nastanku adenoma kolona. Neke od ovih tvrdnji su potvrđene u praksi na slučaju bolesnika koji su imali nizak unos holina, što je za posledicu imalo masnu jetru, opterećenje jetre i mišića, dok neki od bolesnika nisu imali posledica. (8)

Poremećaji u unosu folne kiseline mogu dovesti do oboljenja srca, poremećaja u reprodukciji, gojaznosti, tumora, depresije, infektivnih bolesti, itd. *In vitro* (ispitivanje reakcija žive materije u epruveti) i *in vivo* (u živom organizmu) studije pokazale su da deficit folata izaziva

ekspresiju slabih mjesta na hromozomu, prekide u hromozomima, višak uracila u DNK i mikronukleusne formacije. Dokazano je i da blagi deficit folata ima jače efekte na nestabilnost hromozoma od mutacija na BRCA1 i BRCA2 (engl. breast carcinoma) genima koji su specifični za tumor dojke. (9)

Intervencije na bolesnicima pokazale su da su mikronukleusne formacije smanjene na minimum nakon unosa više od 200–400 mikrograma folne kiseline dnevno i više od 2 mikrograma vitamina B12 dnevno. Pokazalo se da je unos ovih nutrijenata bio važniji kod ljudi sa sniženim procentom apsorpcije i metabolizma ovih vitamina, čemu je uzrok uglavnom starenje.

Politika američke vlade iz 1996. godine, kojom je dozvoljeno obogaćivanje proizvoda od žitarica folnom kiselinom, kao i preporučeni unos od 400 mikrograma folne kiseline dnevno trudnicama sa genetskim opterećenjem koje nosi rizik od defekta neuralne tube pre začeca i tokom rane trudnoće dala je dobre rezultate. Uzrok ove bolesti leži u još uvek nedovoljno razjašnjenim genetskim defektima i poremećajima u metaboličkom putu. Dokazano je i da unošenje folata smanjuje česte pojave spontanog abortusa. (10)

Dijabetes tip 2 je metabolički poremećaj uzrokovan poremećajem lučenja inzulina ili otpornosti ciljanih ćelija na inzulin. Na pojavu dijabetesa tipa 2 najviše utiče genetički faktori, način života, unos hrane bogate mastima, ali i okolina u kojoj se živi. Dijabetes tip 2 ima i genetičku predispoziciju, tako pojedinci koji imaju oboljelog rođaka u prvom koljenu imaju 3,5 puta veću vjerovatnoću da će i sami oboljeti. Isto tako, predispozicija za dijabetes može se prenijeti s majke na dijete preko mitohondrijalne DNK.

Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije više od 60% bolesti 2020. godine će biti povezano sa prekomjernom tjelesnom težinom. Pronađena su dva spoja koja sigurno i uspješno omogućavaju gubitak tjelesne mase: hidroksi-limunska kiselina (engl. HydroxyCitric Acid - HCA) izolovana iz osušene kore biljke *Garcinia cambogia* i mikronutrijent NBC (engl. Niacin-Bound Chromium III). Uz poznate terapije kao što su smanjeni unos hrane, veća fizička aktivnost i farmakoterapija, danas se sve više koriste i ovi dodaci ishrani. Mehanizam djelovanja oba spoja u ljudi do danas nije potpuno razrješen, ali istraživanja na miševima su pokazala da NBC uspješno smanjuje nivo triglicerida a poznato je da djeluje preventivno i na pojavu dijabetesa tipa 2. Provedena istraživanja pokazuju da je povećana tjelesna masa u ljudi povezana sa drugim bolestima, pa je tako u 80% ljudi s dijabetesom tipa 2, u 70% s kardiovaskularnim bolestima i u 42% ljudi s nekim oblikom raka. (11)

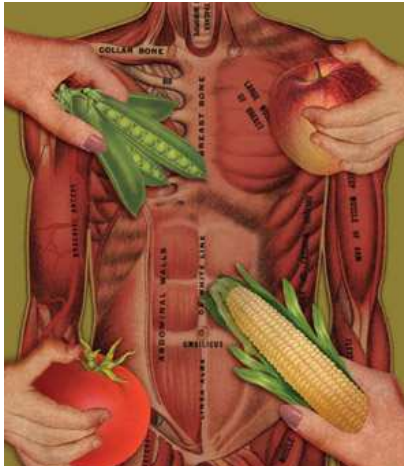
### **Negativni i pozitivni agensi iz hrane i njihov uticaj na ljudsko zdravlje**

Neki od kancerogenih sastojaka hrane su mikotoksini: aflatoksin B1, fumonizin B1, zeralenon, ohratoksin, organohlorni preparati (prisutni u mesu, ribi, siru, ulju), itd. Većinom su genotoksični, osim fumonizina koji svoje kancerogeno dejstvo ostvaruje tako što remeti signalno sprovođenje u ciljnoj ćeliji. U Evropi je rasprostranjen ohratoksin, koji je izolovan čak i iz humanog mlijeka. Na žalost, samo nekoliko država ima propise koji se odnose na prisustvo ohratoksina u namirnicama. (12)

Aditivi su veoma ispitivana grupa jedinjenja. Za neke se zna da su kancerogeni, kao karaginan (polisaharidna guma velike molekularne mase, dobivena iz crvenih algi), koji se u prehrambenoj industriji koristi kao stabilizator. Kalijum bromat izaziva karcinom bubrega,

tako što se u proksimalnim tubulima redukuje u okside i bromin-radikale, koji su reaktivni i dovode do oksidacije azota u gvaninskoj bazi u molekulu DNK. Takođe i druga jedinjenja broma kao što je bromodihlormetan, koji se javlja kao nusprodukt u procesu dezinfekcije vode za piće, pokazuju toksičnost i kancerogenost. (13)

Alkohol se, takođe, pokazao kao faktor rizika od pojedinih karcinoma, što predstavlja zabrinjavajući podatak ukoliko se uzme u obzir količina unosa u opštoj populaciji. Alkohol remeti sintezu DNK, dovodi do stvaranja oksidativnih radikala, inhibiše reparativne enzime i remeti recirkulaciju želudčane kiseline. (14)



Ishrana bogata zasićenim mastima ubrzava razvoj kancera. Polinezasićene masne kiseline  $\omega$ -6 reda djeluju kao promotori, a  $\omega$ -3 reda kao inhibitori procesa tumorigeneze. Objašnjenje djelovanja masti leži u pojačanoj sekreciji žuči, koja dovodi do povećanog umnožavanja ćelija u debelom crijevu.

Prekomjeren unos crvenog mesa ima povećan rizik zbog sadržaja hema u mioglobinu, jer je dokazano da željezo iz hema u višku doprinosi razvoju malignih oboljenja.

Ishrana bogata škrobom i šećerom povezana je sa karcinomom debelog crijeva, što podržava hipotezu o ulozi postprandijalne hiperinsulinemije u nastanku ove bolesti. Takođe je bitan i sastav ugljenih hidrata: unos

saharoze pokazuje pozitivnu, a kompleksih ugljenih hidrata negativnu povezanost sa smrtnošću od karcinoma dojke. (15).

Međutim, ishranom se u organizam unose i zaštitni faktori (Slika 1.). Zaštita se može postići antioksidansima, folnom kiselinom i kalcijumom.

*Slika 1. „Neka hrana bude vaš lijek a lijek vaša hrana.“ (Hipokrat)*

*Figure 1. “Let food be thy medicine and medicine be thy food.” ( Hippocrates)*

Kada je u pitanju terapija oboljenja, do sada se pokazalo da resveratrol (jedinjenje iz grupe polifenola) koji je prisutan u grožđu i crvenom vinu, kikirikiju i borovnicama, ima protektivni efekat kada su u pitanju kardiovaskularna oboljenja, nivo šećera u krvi i zapaljenja.

Holin se može naći u grejpfrutu, pasulju, mesu ribe, pilećem mesu, bademima i kikirikiju, dok se folna kiselina i folati nalaze u špinatu, suncokretovom sjemenu, pasulju i kukuruznim pahuljicama.

Koenzim Q10 ima ulogu u zaštiti od nastanka, razvoja i metastaziranja tumora dojke kao i da sprečava i ublažava mnoge bolesti starenja. Vitamin C, vitamin E (suncokretove sjemenke, lješnjaci, orasi, špinat, bademi i paradajz) i cink (sjemenke različitih vrsta i žitarice) imaju efekat zaštite kada je u pitanju makularna degeneracija (bolest središnjeg dijela mrežnjače). Eikozapentanoična kiselina (EPA) koja pripada omega-3 polinezasićenim masnim kiselinama, kao prirodni sastojak ribljeg ulja, smanjuje inflamaciju u *in vitro* i *in vivo* uslovima.

Antioksidativno dejstvo karotenoida je odavno poznato. Osim beta-karotena, antikarcenogeno dejstvo pokazuje i alfa-karoten, lutein, zeaksantin, likopen, fukoksantin, peridinin, astaksantin i fitoen. Poznato je da aksorbinska kiselina i tokoferol inhibišu endogeno

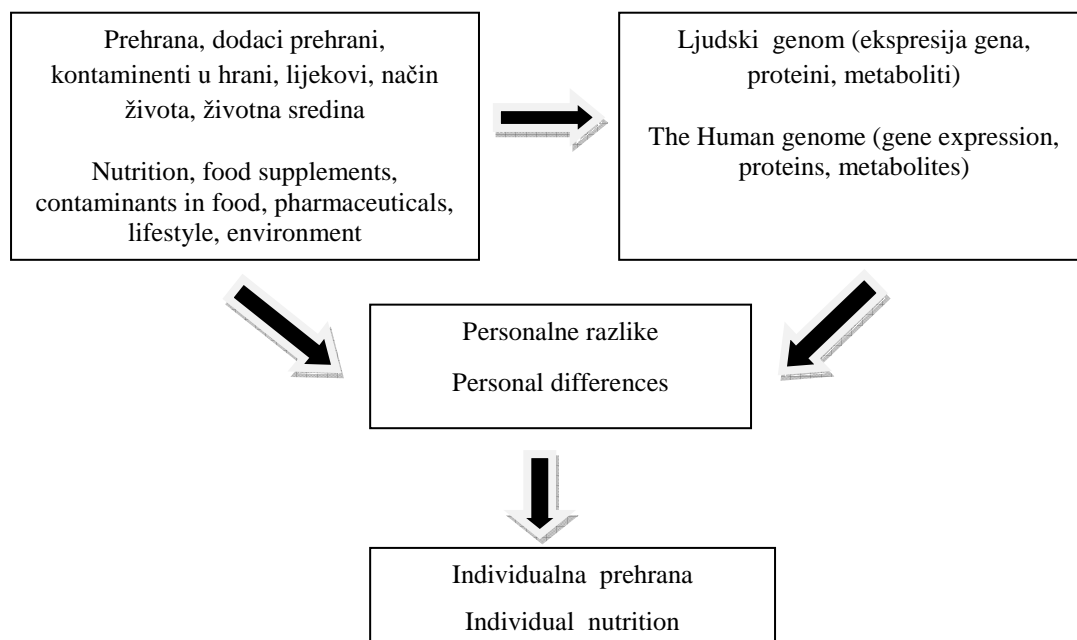
stvaranje kancerogenih N-nitrozo jedinjenja, a isto dejstvo pokazuju i polifenoli iz zelenog čaja. Ishrana bogata sojom koja sadrži genistein i daidzein, izoflavone slabog estrogenskog dejstva, povećava pretvaranje endogenih estrogena u protektivne 2-hidroksilisane međuprodukte, što smanjuje rizik od kancera dojke. Bjeli luk ostvaruje antikancerogeni efekat tako što njegove hidrosolubilne i liposolubilne ali i sumporne komponente indukuju detoksikujuće enzime prve i druge faze, zatim indukuju apoptozu izmijenjenih ćelija i poboljšavaju oporavak DNK. (16)

Selen je poznati antimutageni agens, a svoje hemoprotektivno dejstvo ostvaruje višestrukim mehanizmima: selenoenzimi štite DNK od dejstva oksidativnih radikala, učestvuju u detoksikaciji, indukuju apoptoze i funkcionisanju imunog sistema, i u stanju su da djelimično retransformišu tumorsku ćeliju u normalnu. (17)

U posljednje vrijeme sve češće se spominju probiotici, kao na primjer komercijalni probiotički mikroorganizmi u fermentisanim mliječnim proizvodima (*Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. plantarum*, *Bifidobacterium bifidum*) koji svojim prisutvom u debelom crijevu osiguravaju zdravu crijevnu floru i djeluju blagotvorno. Mehanizam probiotika je inhibicija rasta patogenih mikroorganizama, imunska modulacija ili antikancerogeno dejstvo. (18)

### Personalna ishrana

Cilj nutrigenomičkih istraživanja je postići koncept personalne prehrane (Slika 2.), odnosno preporuke za konzumiranje hrane i/ili dodataka prehrani koji se temelje na ukupnom genetičkom profilu neke osobe. Zasluga nutrigenomike je upravo podizanje svijesti o uticaju ishrane na nastanak hroničnih oboljenja, koje su izuzetno visoke u čitavom svijetu.



Slika 2. Uticaj različitih faktora za primjenu personalne prehrane kod ljudi  
Figure 2. Factors affecting the implementation of individual human diet

Za razliku od farmakoloških i biomedicinskih istraživanja, gdje se razvijaju pojedine bioaktivne komponente s ciljem liječenja dobro definisanih bolesti, znanje o ishrani bavi se prevencijom bolesti i očuvanjem zdravlja. (19, 20)

Ljudski organizam je adaptiran na svoju sredinu što uključuje i način ishrane kao i spektar nutrijenata koji odgovaraju njegovom genetskom sklopu. Starosna dob, pol, način života, fenotip i genotip određene osobe, zajedno pridonose njenim prehranbenim potrebama kao i odgovoru na određenu hranu. (21)

Na primjer, potrebe za vitaminima i mineralima razlikuju se u zavisnosti od starosne dobi i zdravstvenog stanja. Djelovanje fitohemikalija, izoflavona, flavonoida, razlikuje se od osobe do osobe. Povećan unos soli kod nekih će osoba dovesti do povećanja krvnog pritiska, dok kod nekih osoba neće imati neko značajnije djelovanje. Sve ove različite reakcije pojedinaca, rezultat su raznolikosti među pojedincima koju definiše genom.

Ova saznanja bi u budućnosti mogla pomoći u razvoju hrane sa specifičnim nutritivnim efektima, dizajniranim tako da zadovoljavaju određene potrebe pojedinaca. Takva hrana, koja sadrži biološki aktivne komponente koje imaju moć da blagotvorno djeluju na zdravlje ili redukuju rizik od različitih bolesti, može pomoći u neutralizaciji djelovanja određenih gena pa čak i odgoditi razvoj određenih hroničnih bolesti i zdravstvenih problema.

Trenutno u prodaji se nalaze proizvodi koji snižavaju kolesterol, mlijeko bez laktoze i probiotski jogurti. Upravo zbog toga što se ovakvi proizvodi u prodaji nalaze zajedno sa tradicionalnim proizvodima postavlja se pitanje etičnosti, jer su dostupni široj populaciji i postoji šansa da ne odgovaraju svim kupcima. Dovodi se u pitanje i etičnost reklama koje nisu dovoljno informativne i imaju za cilj zaradu. Nastavak istraživanja i dalja promocija uvođenja personalne hrane u ishranu opšte populacije zahtevaće zakonsku regulativu koja će obezbediti da se ciljevi ovakve ishrane kreću u željenom smjeru. Pored ispitivanja bezbednosti i kvaliteta hrane, potrebno je sprovesti istraživanja koja će ispitati uticaj takvih proizvoda na organizam kao i potencijalne nuspojave prije puštanja u promet. (22)

Međutim, za očekivati je da će nutrigenomika značajno uticati na prevenciju i liječenje bolesti povezanih s prehranom. Personalna prehrana je koncept koji bi trebao prilagoditi prehranu našim individualnim potrebama i tako umanjiti rizik obolijevanja od raka, dijabetesa ili infarkta. Prema tim saznanjima budućnost prehrambene industrije možda upravo leži u odgovaranju na individualne potrebe pojedinaca i plasiranju proizvoda koji će zadovoljiti te iste potrebe.

### **Budućnost razvoja nutrigenomike**

Razvojem novih nauka i njihovom praktičnom primjenom mogli bi se promijeniti načini tretiranja pacijenata, saznati koja je hrana i u kojoj količini za njega najbolja. Ghosh (23) takođe navodi da je teško uvjeriti potrošače o povezanosti ljudskog genoma s novim prehranbenim proizvodima tako da prihvatljiviji način predstavlja preporuka personalne ishrane. Nutrigenomika ukazuje na značajnost personalizovane medicine u čijoj osnovi leži činjenica da je svaki pojedinac različit i da ne odgovara svakome isti tretman pa čak ni ista količina.

Postoje brojni ciljevi za dalja istraživanja u ovoj novoj naučnoj oblasti, koja se odnose na:

- ispitivanje novih načina koji će omogućiti otkriće uloge sastava genoma u najčešćim bolestima današnjice, kao što su kardiovaskularne bolesti, dijabetes, mentalne bolesti i karcinom;
- nove metode za ranu detekciju bolesti;
- otkrića na području epigenomike s ciljem razumijevanja bioloških puteva.

Polaznu osnovu za israživanje u oblasti nutrigenomike obično predstavlja analiza navika u ishrani ciljane grupe ispitanika. Obično se u takvim istraživanjima koriste upitnici za ishranu koje učesnici samostalno popunjavaju, a koje su opisali Baghurst i Record (24), jer su se pokazali efikasnim u praksi i daju tačne rezultate nakon poređenja sa laboratorijskim analizama. Upitnik sadrži listu od 4 180 uobičajenih namirnica i pitanja koja se tiču pripreme hrane i navika u ishrani.

Razvoj novih metoda ranog otkrivanja bolesti će voditi u još značajniju i intenzivniju prevenciju, uključujući i dugoročne prehrambene intervencije. Razvojem nutrigenomike započeto je sa komercijalizacijom suplemenata u ishrani. Neke laboratorije širom Amerike započele su sa marketinškom promocijom genotipizacije i naknadnim savjetovanjem za ishranu. Kanada je jedna od zemalja čiji su stanovnici započeli sa korišćenjem usluga koje nude laboratorije. Istraživanja pokazuju da veliki dio stanovništva vjeruje u to da su koristi nutrigenomike veće od eventualne štete, dok ljekari iste zemlje pokazuju sumnju. Pored sumnje u korist, ljekari sumnjaju u mogućnost tako brze integracije Internet usluga u sistem zdravstva. Naravno, koristi nutrigenomike su ogromne, međutim, postavlja se pitanje da li je nauka toliko odmakla da se sa kliničkih ispitivanja može preći odmah na usluge preko Interneta bez ličnog kontakta sa bolesnikom. Obe strane se slažu da je potrebno veće upoznavanje stanovništva sa realnim mogućnostima nutrigenomike i o tome dokle se za sada stiglo sa istraživanjima. (25)

Vjeruje se da će se pravilnom ishranom spriječiti pojava gojaznosti, što bi u kombinaciji sa promovisanjem i prihvatanjem zdravog načina života dovelo do smanjenja incidencije brojnih oboljenja. (15)

Animalni modeli ukazuju na mogućnost da se modifikacijom ishrane majke prije i u toku trudnoće može programirati šema ekspresije gena u embrionu koja će se održati sa godinama i spriječiti ili ublažiti nastanak bolesti. Takve tvrdnje potiču kada je primjećen fenomen malnutricije (manjak esencijalnih hranjivih supstanci u organizmu) na animalnom modelu koji uzrokuje poremećaj gena u nasljeđu majki koje su nepravilno hranjene u toku trudnoće. Pretpostavlja se da se taj primjer može primjeniti i na ljudsku populaciju jer ishrana majke utiče na genetski profil djeteta. (26). Takođe se vjeruje da će se pravilnom ishranom majki povećati lučenje korisnih elemenata u mlijeku koji su od izuzetnog značaja u ishrani, pravilnom razvoju i zdravlju bebe. Neki od tih elemenata mogu imati protektivno i antioksidativno dejstvo i umanjiti ili eliminisati toksične efekte koje mogu proizvesti rezidue kontaminenata prisutnih u majčinom mlijeku. (27)

## **ZAKLJUČAK**

Ishrana može biti ozbiljan faktor rizika mnogih bolesti, tako što određene komponente iz hrane mogu djelovati na ljudski genom, pri čemu mijenjaju strukturu gena. Naši geni komuniciraju sa hranom koju jedemo i u zavisnosti od toga, odgovara li im ili ne, izbacuju je vani kao neupotrebljivu ili skladište u masne naslage.



Mi još uvijek dovoljno ne razumijemo interakciju između genotoksičnih i zaštitnih faktora iz hrane. Međutim, opšte je prihvaćena činjenica da je ishrana faktor koji doprinosi nastanku velikog broja bolesti, ali još nismo u stanju da identifikujemo specifične uzorke. Mnogo sastojaka hrane ima genetički potencijal, a još više takvih supstanci bude proizvedeno endogeno tokom varenja. Sa druge strane, postoje ubjedljivi dokazi da unos određenih namirnica može smanjiti rizik od oboljenja, a ispitivanjima je potvrđeno da brojna jedinjenja iz biljaka sprečavaju različite stadijume kancerogeneze.

U budućnosti će odnos ishrane, zdravlja i statusa genoma biti zanimljivo i vrlo značajno područje istraživanja. Nutrigenomika predstavlja osnovu onog što bi medicina u budućnosti trebala da postane. Genotipizacija kao skupa metoda još uvek je nedostupna velikom dijelu stanovništva. Trenutno u svijetu postoje kompanije koje se bave propisivanjem dijeta nakon određivanja nasljedne osnove. Međutim, dok nutrigenomika ne postane naša svakodnevica, na nama je da jedem raznovrsnu i uravnoteženu hranu.

Nutrigenomika će postati bitna prehrambeno-zdravstvena prekretnica u budućnosti, koja je usmjerena prema pojedincima u pokušaju prevencije bolesti, a tržište prehrambenih dodataka i hrane već polako prilagođava svoj poslovni model novim saznanjima i djelovanju hrane i nutrijenata na suzbijanje i aktivaciju različitih gena.

## LITERATURA

1. Šatalić, Z.: Povijest znanosti o prehrani. *MEDICUS*, **17**(1) (2008) 149 – 156.
2. Bašić, M., D. Zrnec, A. Butorac, I. L. Jurčević, D. Đikić, V. B. Družina.: Što je nutrigenomika?. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **6** (1-2) (2011) 37-44
3. Chadwick, R.: Nutrigenomics, individualism and public health. *Proceedings of the Nutrition Society*, **63** (1) (2004) 161- 166.
4. Arab, L.: Individualized nutritional recommendations:do we have the measurements needed to assess risk and make dietary recommendations?. *Proceedings of the Nutrition Society*, **63** (1) (2004) 167–172.
5. Stojanović, D., D. Marković: Nutrigenomika-nauka za 21. vek. *Vojnosanitetski Pregled*, **68**(9) (2011) 786-791.
6. Pajović, B. S.: Nutrigenomics. *Genetika*, **40**(1) (2008) 67-74.
7. Ordovas, JM.: Genetic interactions with diet influence the risk of cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr*, **83**(2) (2006) 443S–6S.
8. da Costa, K.A., O.G. Kozyreva, J. Song, J.A. Galanko, L.M. Fischer, S.H. Zeisel: Common genetic polymorphisms affect the human requirement for the nutrient choline. *FASEB J*, **20**(9) (2006) 1336–44.
9. Beetstra, S., C. Salisbury, J. Turner, M. Atree, R. McKinnon, G. Suthers, et al: Lymphocytes of BRCA1 and BRCA2 germ-line mutation carriers, with or without breast cancer, are not abnormally sensitive to the chromosome damaging effect of moderate folate deficiency. *Carcinogenesis*, **27**(3) (2006) 517–24.
10. Cole, B.F., J.A. Baron, R.S. Sandler, R.W. Haile, D.J. Ahnen, R.S. Bresalier, et al: Folic acid for the prevention of colorectal adenomas: a randomized clinical trial. *JAMA*, **297**(21) (2007) 2351–9.
11. Lau, F.C., M. Bagchi, C. Sen, S. Roy D. Bagchi: Nutrigenomic analysis of diet-gene interactions on functional supplements for weight management. *Current Genomics*, **9** (4) (2008) 239-251.

12. Radaković, S.S, M. Šurbatović, A. Radaković, M. Pavlica: Nutrigenetika-uloga ishrane i nasleđa u nastanku i sprečavanju malignih bolesti. *Vojnosanit Pregled*, **61**(1) (2004) 65-70.
13. Murata, M., Y. Bansho, S. Inoue, K. Ito, S. Ohnishi, K. Midorikawa, et al: Requirement of glutathione and cysteine in guanine-specific oxidation of DNA by carcinogenic potassium bromate. *Chem Res Toxicol*, **14**(6) (2001) 678-85.
14. Stojanović, D., A. Visnjić, V. Mitrović, M. Stojanović: Risk factors for the occurrence of cardiovascular system diseases in students. *Vojnosanit Pregl*, **66**(6) (2009) 453–8.
15. Radaković, S.S, M. Marjanović, M. Pavlica: Nutritive aspects of malignant diseases development and prevention, in *Neoplastic diseases: the problem of the 21st century*. Ed. Rakić, B., Proceedings of the International Congress „Health for All“- Health Perspective in the 21st century, Banja Luka: Republika Srpska 4. (2003) 172-80.
16. Milner, J.A: A historical perspective on garlic and cancer. *J Nutr*, **131**(3) (2001) 1027-31.
17. Schrauzer, G.N.: Anticarcinogenic effects of selenium. *Cell Mol Life Sci*, **57**(13-14) (2000) 1864-73.
18. Burns, A.J., I.R. Rowland: Anti-carcinogenicity of probiotics and prebiotics. *Curr Issues Microbiol*, **1**(1) (2000) 13-24.
19. Van Ommen, B.: Personalized nutrition from a health perspective: luxury or necessity?. *Genes Nutrition*, **2** (1) (2007) 3-4.
20. Fenech, M.: Genome health, nutri-genomics and nutrigenetics: diagnosis and nutritional treatment of genome damage on an individual basis. *Food and Chemical Toxicology*, **46**(4) (2008) 1365–1370.
21. Kussmann, M., L. Krause, W. Siffert: Nutrigenomics: where are we with genetic and epigenetic markers for disposition and susceptibility? *Nutrition Reviews*, **68**(1) (2010) 38-47.
22. Kaput, J., A. Perlina, B. Hatipoglu, A. Bartholomew, Y. Nikolsky: Nutrigenomics: concepts and applications to pharmacogenomics and clinical medicine. *Pharmacogenomics*, **8**(4) (2007) 369–90.
23. Ghosh, D.: Personalised food: how personal is it?. *Genes Nutrition*, **5**(1) (2010) 51-53.
24. Baghurst, K.I., S.J. Record: A computerised dietary analysis system for use with diet diaries or food frequency questionnaires. *Community Health Stud*, **8**(1) (1984) 11–8.
25. Morin, K.: Knowledge and attitudes of Canadian consumers and health care professionals regarding nutritional genomics. *OMICS*, **13**(1) (2009) 37–41.
26. Stojanović, M., V. Bojanić, D. Mušović, Z. Milošević, D. Stojanović, A. Višnjić, M. Vučić, I. Milosavljević, M. Vidanović: Pušenje majki u trudnoći i socioekonomski faktori kao prediktori male telesne mase na rođenju kod terminske novorođenčadi u Nišu. *Vojnosanitetski Pregled*, **67**(2) (2010) 145-150.
27. Stojanović, D, D. Nikić: The exposure of the foetus and the breast-fed newborn of women smokers to carcinogenic element of nickel. *Facta Universitatis*, **12**(2) (2005) 89–92.

## **NUTRIGENOMICS –THE IMPORTANCE OF FOOD FOR HUMAN HEALTH**

*K. Milojčić, M. Ristić*

*University of Banjaluka, Faculty of Technology Banja Luka, RS, B&H*

*The future of the science of nutrition is characterized by the development of a new scientific discipline that links our diet and genes. This new science which studies the effects of bioactive components of food that we eat on the functioning of our genes or DNA is called nutrigenomics.*

*The greatest influence on the development of scientific knowledge in this field was brought by the discovery that many chronic diseases are caused by unbalanced diet, but also by the finding that by changing our eating habits we can prevent some diseases. Its goal is to achieve more efficient individual dietary intervention strategies aimed at preventing disease, improving quality of life and achieving healthy aging. The structure of our genes determines how our bodies will react to the introduction of specific food. In recent years scientists have highlighted the need for personalizing diet, because what is good to one may not be good to another man. Every individual is different.*

*This diet is a general, global trend, because practice has shown that personal foods can reduce the risk of cancer genesis, of chronic heart disease, nerve disease and others. It is believed that with proper nutrition and by embracing a healthy lifestyle the occurrence of many diseases will be prevented.*

*This article presents the description of the primary objective of nutrigenomics, as well as its practical implementation in the development of an individual diet concept.*

*Key words: nutrigenomics, food, genetics, diseases*

*Rad primljen: 16. 10. 2012.*

*Rad prihvaćen: 05. 12. 2012.*