

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINAR

Sinteza DNA

Alen Rakipović

Voditelj: *Mile Šikić*

Zagreb, travanj, 2009.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Građa DNA i RNA	1
1.2. Razlika između RNA i DNA	3
2. Sinteza DNA.....	4
2.1. DNA replikacija – biosinteza.....	4
2.1.1. Raskid vodikovih veza i odmatanje polinukleotidnih lanca	5
2.1.2. Sparivanje dušičnih baza.....	5
2.1.3. Polimerizacija nukleotida	6
2.2. Lančana reakcija polimerizacije.....	6
2.3. Sinteza oligonukleotida i gena.....	8
2.3.1. Sinteza oligonukleotida	8
2.3.2. Sinteza gena	8
3. Zaključak.....	12
4. Literatura.....	13
5. Sažetak.....	14

1. UVOD

Razvojem računala i tehnologije, biolozi su dobili mogućnost proučavati, obrađivati, kombinirati i obrađivati goleme količine podataka što je dovelo do izgradnje nove znanstvene discipline nazvane bioinformatika. Bioinformatika predstavlja svaku primjenu računalnih znanosti i informacijskih tehnologija u organizaciji, povezivanju, pohranjivanju, analizi i vizualizaciji složenih bioloških podataka. Bioinformatika je polje znanosti u kojem se biologija, računalne znanosti i informacijske tehnologije objedinjavaju u jednu disciplinu.

Osnovna zadaća ("*klasične*") bioinformatike odnosi se na analizu bioloških sljedova. Potrebno je pročitati strukturne, funkcijske i evolucijske podatke kodirane u jeziku biološkog slijeda te zatim dobivenu veliku količinu podataka prevesti u biološki značajne informacije. Teži razvijanju metoda i postupaka analize pomoću kojih ćemo uporabom računala i tehnologije dobiti značajne rezultate u području proučavanja nukleinskih kiselina-DNA i RNA-primjenjive u praksi. Taj proces naziva se još i računalna biologija.

1.1. GRAĐA DNA

Nukleinske kiseline su molekule koje nose kemijski „zapis života“. One su prijenosnici nasljednih uputa s jedne generacije na drugu. Molekula DNA ima oblik dvostruke uzvojnice (helixa) koja se sastoji od skupa nukleotida koji se međusobno spajaju u lanac preko fosfatne skupine koja povezuje molekule šećera dvaju susjednih nukleotida. Ljudski niz DNA sastavljen je od približno 3,1 milijarde nukleotida.

Nukleotidi imaju 3 karakteristična dijela: dušičnu bazu, šećer pentozu te fosfatnu skupinu. Dušične baze derivati su piramidinske i purinske baze, te se javljaju u nekoliko oblika: adenin (A), gvanin (G), citozin (C) i timin (T). U purinske baze spadaju ADENIN (A) i GVANIN (G), a u piramidinske CITOZIN (C), te TIMIN (T).

Nukleotidi su u slijedu povezani fosfatnim mostovima, tako da se vežu fosfat na petom C atomu jednog nukleotida sa -OH skupinom na trećem C atomu sljedećeg

nukleotida, te tako stvaraju fosfodietersku vezu. Okosnica, tj. vanjski sloj molekule DNA koju čine šećer pentoza i fosfati je hidrofilan, jer je fosfatna grupa nabijena i to negativno.

Niz od 3 baze je triplet (kodon). Postoji samo $4^3 = 64$ različita tipa kodona u DNA lancu. Svaki triplet ili kodon je genetski ekvivalent jedne amino kiseline, gradbenog bloka proteina. Jedan se protein sastoji od stotinjak amino kiselina, pa je stoga potreban isti broj kodona za kodiranje jednog proteina. Od kompletnog lanca tripleta (kodona) potpunog DNA niza se koristi samo 5% koristi za kodiranje i reprodukciju proteina. Drugih 95% je nazvano bezvrijednom ("junk") ili neaktivnom ("dormant") DNA.

Nukleinske kiseline mogu imati dvije vrste pentoza (šećera sa 5 ugljikovih atoma). Deoksiribonukleotidi koji se javljaju u DNA sadrže 2-deoksi-D-ribozu (deoksigenirana na drugom C atomu), dok ribonukleotidi u RNA sadrže D-ribozu. Obje pentoze, javljaju se u obliku peteročlanog zatvorenog neplanarnog prstena.

Otkriveno je da se nukleotidne baze javljaju u različitim omjerima unutra različitih organizama, te da je količina određenih baza međusobno povezana. Došli su do sljedećih zaključaka:

1. Sastav baza varira od organizma do organizma.
2. Uzorak tkiva uzet s različitih dijelova organizma ima isti sastav baza.
3. Taj sastav ne mijenja se tokom godina ili pod utjecajem okoliša.
4. U svim staničnim DNA ima jednak broj adenina i timina ($A = T$), te guanina i citozina ($G = C$), pa je prema tome suma purinskih nukleotida jednaka sumi piramidinskih kiselina ($A+G = T+C$). Ovaj zaključak je poznat i kao Chargaffovo pravilo.

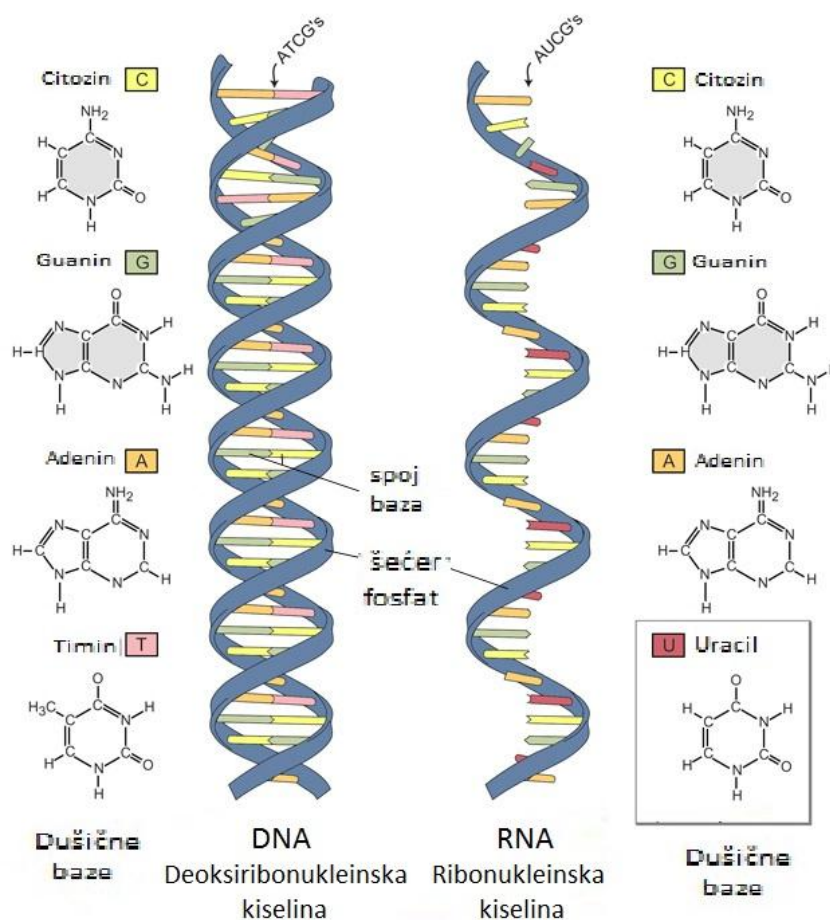
Ipak, revolucionarna najnovija otkrića razotkrivaju kako je ideja da se naslijeđena genetska struktura organizma ne može mijenjati kriva. Dokazano je kako se sekvencije DNA molekularnih kodona mogu reprogramirati. Sve naše pretpostavke o DNA kao svetoj knjizi života, koja sadrži sve tekstove za pisanje svakog poglavlja u biologiji, se sada moraju re-evaluirati. DNA razlika između ljudskih bića i primata, iz kojih smo evoluirali je jednostavno premala da bi uzela u obzir samo razlike u pojavnosti, a posebno ne i ogromne razlike u svjesnosti i inteligentnim sposobnostima. Na DNA razini imamo više zajedničkog s dupinima nego s majmunima.

1.2. RAZLIKA IZMEĐU RNA I DNA

U svakoj stanici postoji i DNA i RNA. One se razlikuju po sastavu, građi i funkciji u stanici. DNA se nalazi pretežno u jezgri, dok se RNA većim dijelom nalazi u citoplazmi i ribosomima, te postoji više tipova njezinih molekula.

Slijed aminokiselina u svakoj stanici, te slijed nukleotida u svakoj RNA, zapisan je u slijedu nukleotida stanične DNA. Pohrana važnih bioloških informacija i prijenos gena jedine su poznate funkcije molekule DNA. Molekule RNA imaju širi spektar funkcija i o njima se više zna. Ribosomska RNA (rRNA) sastavni je dio ribosoma te obavlja sintezu proteina. Messenger RNA (mRNA) prenose poruku od jednog ili više gena do ribosoma što omogućuje primitak potrebnih informacija, za sintezu proteina. Transfer RNA (tRNA) su molekule koje vjerno prevode genski zapis u predodređeni slijed aminokiselina.

RNA je jednostavnije građe od DNA. Sastoji se od jednog lanca, a nukleotidi se sastoje od šećera riboze, fosfatne skupine, te dušičnih baza URACIL (U), citozin, adenin, gvanin.



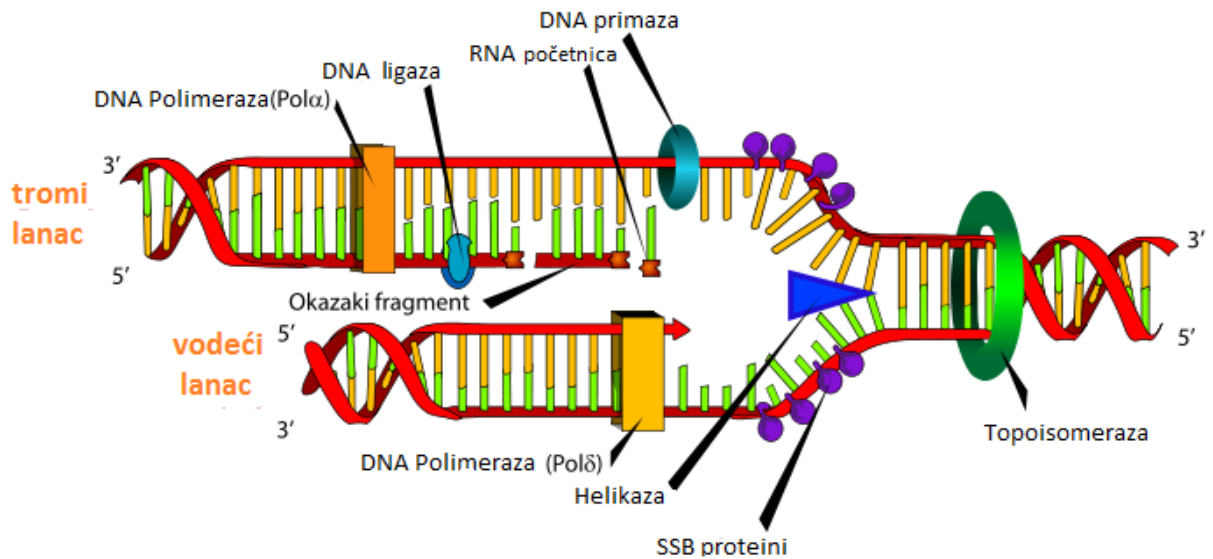
Slika 1. – struktura DNA i RNA

2. SINTEZA DNA

2.1. DNA REPLIKACIJA – BIOSINTEZA

Puno prije nego je otkrivena prava struktura molekula DNA, znanstvenici su se pitali i divili mogućnosti živih organizama da izrade vrlo slične organizme. Nagađali su da postoji nekakav predložak po kojem se to stvara, te da je taj predložak DNA molekula, no nikako nisu uspijevali to pokazati i dokazati. Tada su 1940-tih godina James Watson i Francis Crick otkrili strukturu DNA, te je postalo jasno da DNA može služiti kao predložak za replikaciju i prijenos genetskih informacija. Otkriće da su lanci međusobno komplementarni je ključno otkriće za daljnja istraživanja i ono je pokrenulo čitav niz pitanja. Tada je John Cairns proučavajući *E. Coli* pokazao da je replikacija vrlo koordiniran i dvosmjernan proces.

Replikacija je proces nastanka nove dvolančane strukture, odnosno umnažanja postojeće DNA strukture prije stanične diobe. Ovaj proces se odvija u tri osnovna koraka. Preduvjet za odvijanje replikacije je kidanje vodikovih veza kojima su spojeni DNA lanci. Prvi korak je odmatanje i razdvajanje polinukleotidnih lanaca. Nakon toga slijedi sparivanje dušičnih baza i to po pravilu komplementa. Pravilo komplementa kazuje da se spajaju međusobno komplementarne dušične baze, purinske dušične baze adenin i gvanin se spajaju s piramidinskim dušičnim bazama timinom te citozinom. Na slobodna mjesta u razdvojenim lancima se vežu slobodni nukleotidi. Završna faza je polimerizacija nukleotida, odnosno nastanak novih identičnih molekula DNA (molekule su identične po redosljedu parova baza). Novonastali lanci su semikonzervativni, što bi značilo da je svaka dvolančana struktura sastavljena od polovice prvotne strukture i lanca koji je sastavljen od slobodnih nukleotida.



Slika 1. - replikacija DNA

2.1.1. RASKID VODIKOVIH VEZA I ODMATANJE POLINUKLEOTIDNIH LANCA

Početak proces replikacije je uvjetovan raskidom postojećih veze između DNA lanaca. Za raskid veza je zaslužan enzim helikaza. Enzimi helikaze su iznimno bitni za sve žive organizme. U replikaciji DNA dolaze u obliku heksamernih prstena. Nakon djelovanja helikaze, SSB proteini sprečavaju ponovno spajanje razdvojenih lanaca.

2.1.2. SPARIVANJE DUŠIČNIH BAZA

Dva lanca koja čine strukturu DNA imaju različite slijedove nukleotida. Jedan lanac ima $3' \rightarrow 5'$ smjer, a drugi $5' \rightarrow 3'$ smjer. Nakon razdvajanja, enzim RNA polimeraza stvara slijedove od 30 nukleotida da bi omogućila djelovanje enzima DNA polimeraze jer DNA polimeraza ima mogućnost nastavka izgradnje nukleinskog lanca, no ne može započeti izgradnju od početka. DNA polimeraza sintetizira nove lance u $5' \rightarrow 3'$ smjeru. Dušične baze koje sudjeluju u sintezi DNA su purinska pod koju pripadaju adenin i gvanin, te piramidinska pod koju pripadaju citozin i timin. Pri spajanju lanaca dušične baze se komplementarno spajaju i to tako da se spajaju adenin i timin, te citozin i gvanin.

2.1.3. POLIMERIZACIJA NUKLEOTIDA

Enzim koji je počeo sparivanje u lancu smjera 3' → 5' stvara potpuno kontinuiran lanac koji se naziva vodeći lanac, a enzim koji je počeo sprivanje u lancu smjera 5' → 3' stvara lanac s pukotinama koji se naziva tromi lanac. To se događa zbog toga što se DNA polimeraza ne može spojiti na obje strane slijeda od 30 nukleotida (početnice) kojeg je stvorila RNA polimeraza, te dolazi do pojave Okazaki fragmenata. Prije završetka sinteze tromih lanaca, primari moraju biti izbačeni, te Okazaki fragmenti moraju biti spojeni. Za izbacivanje početnica se brine RNAza H, popunjavanje mjesta koja su nastala izbacivanjem početnica je zadužena DNA polimeraza, a spajanje Okazaki fragmenata se obavlja pod djelovanjem enzima ligaze. Završetkom djelovanja enzima ligaze dobili smo dvije slijedno identične DNA strukture.

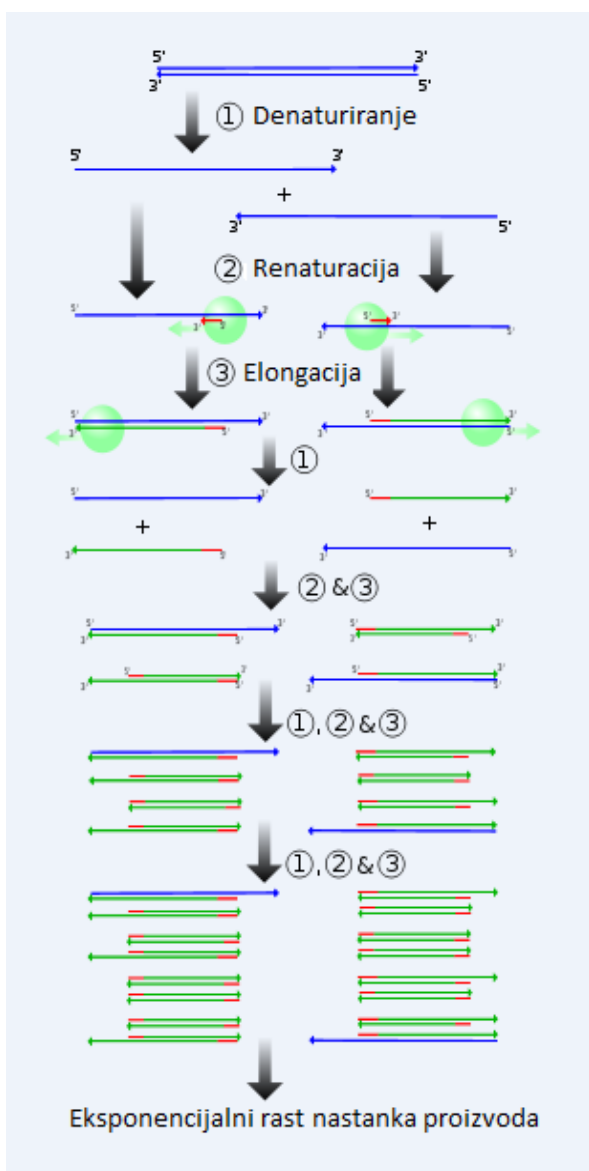
2.2. LANČANA REAKCIJA POLIMERIZACIJE

Lančana reakcija polimerizacije je postupak kojim se manji dio DNA lanca umožava u veliki broj kopija. To se odvija bez korištenja živog organizma. Cilj ove metode je stvoriti DNA lanac iz vrlo male količine materijala. Princip je vrlo jednostavan. Izgradnja lanca se odvija tako da se ciklus umožavanja ponavlja veliki broj puta uz pomoć enzima DNA polimeraze. Nakon nekog broja umožavanja generira se slijed nuklotida koji čini pravi DNA lanac.

Ovaj postupak se odvija u uređaju koji zagrijava i hladi posudice s uzorkom i to na vrlo preciznim temperaturama i u točno određenom vremenu. Za jednu reakciju polimeraze je potrebno imati termostabilnu DNA polimerazu, nešto malo izlazne DNA koja će biti matrica za kopiranje komplementarnog DNA lanca, dva odgovarajuća oligonukleotidna primera, pufer, nukleotide A, T, C i G.

Stadiji PCR - a

1. Inicijalno denaturiranje se odvija u trajanje od 5 minuta pri temperaturi od 94°C. Pritom se razdvajaju oba niza DNA koja služi kao matrica. U tom procesu će temperatura zatim biti snižena na 55°C da bi se dogodilo hibridiziranje početnice i kalupa masivno prisutnih oligonukleotidnih klica na već razdvojene nizove matrica-DNA (jednolančane). Potom se temperatura povisuje na 72°C. To je optimalna temperatura za Taq-polimeraze. Pritom će se primari stalno produžavati sve dok se ne izgradi nova dvolančana DNA potpuno identična početnoj DNA matrici. Budući da se komplementiranje odvija na oba lanca matrica-DNA, u jednom ciklusu će se tako broj DNA matrica udvostručiti. Postupak možemo u cijelosti u cilju umožavanja matrica DNA, stalno obnavljati. Broj novonastalih DNA će se uvećavati geometrijskim rastom (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64,...).



Slika 3. - PCR postupak

2. Trideset ciklusa koji slijede se odvijaju i to svaki:

3. Na kraju se odvija jedna završna alongacija u trajanju od 5 minuta pri temperaturi od 72°C da bi se osiguralo da su polimeraze završile svoj rad.

4. Reakcija će konačno biti ohlađena na 4°C.

Akcija	Trajanje	Temperatura
DENATURIRANJE	30 s	94°C
RENATURACIJA	30 s	55°C
ELONGACIJA	90 s	72°C

Trenutno su mogućnosti primjene PCR-a ogromne. Ukupne nasljedne upute čovjeka su kodirane s 3 milijarde nukleotida. Pojedini dijelovi koda se ponavljaju i mogu se izolirati te se tako dobije jedinstvena DNA uputa za svakog čovjeka. Multiplikacijom se iz malog broja nukleotida može dovesti DNA na tu razinu da je moguće izolirati taj jedinstveni dio. To se obavlja u PCR uređajima. PCR uređaj se koristi u forenzici za dokazivanje zločina i slično jer omogućava identificiranje počinitelja, odnosno žrtve s velikom preciznošću, a za to je potrebno samo mali dio čovjekove DNA. Također PCR se koristi u medicini za dijagnozu raznih bolesti od kojih je najpoznatiji HIV. Ova metoda je najvažnija metoda molekularne biologije i velika je vjerojatnost da će tako ostati i u budućnosti.

2.3. SINTEZA OLIGONUKLEOTIDA I GENA

2.3.1. SINTEZA OLIGONUKLEOTIDA

Sinteza oligonukleotida je zapravo kemijska sinteza kratkih DNA lanaca. Sinteza ovakvih nukleotida se koristi u istraživanjima molekularne biologije, farmacije, kemije, biokemije i slično (PCR procesi, sekvencioniranje, mutacijski i hibridizacijski studiji, ...). Najčešća uporaba oligonukleotida je za izgradnju primara.

2.3.2. SINTEZA GENA

Sinteza gena je proces stvaranja umjetnih DNA lanaca. Prije 50-tak godina znanstvenici su uspjeli stvoriti DNA u epuveti i to je bio početak ideje o stvaranju umjetnih lanaca. Razvojem tehnologije i razvijanjem ideja, znanstvenici su uspjeli izgraditi kratke sljedove nukleotida koje su uspjeli ubaciti u živi organizam kako bi izmijenili neka svojstva tog organizma. Sljedeći veliki korak je ostvaren stvaranjem umjetnog kromosoma sa svim mogućnostima potrebnim za život i reprodukciju. Tim koji je uspio stvoriti umjetni kromosom se trenutno usredotočio na njegovo umetanje u živu stanicu. Očekuje se da će se sintetički genetski materijal uspjeti uskladiti sa stanicom i obavljati sve funkcije.

Umjetni DNA lanci se stvaraju pomoću DNA sintetizatora. Sintetizator je uređaj koji iz kompjuterski oblikovanog zapisa stvara DNA lanac. Trenutno je software, pomoću kojeg je lako izgraditi vlastiti DNA lanac, dostupan cjelokupnoj populaciji. Ova činjenica ima za posljedicu to da sada svatko može sintetizirati gene, i to u vlastitom domu. Uređaj ima četiri uloška (staklene posudice) u kojima se čuvaju kiseline za četiri dušične baze. Nakon što sintetizator primi sekevencu nukleotida, počinju kemijske reakcije kiselina iz patrona. Na kraju tog postupka dobivamo DNA lanac identičan onome koji smo izradili u software-u. Znanstvenici još uvijek nisu uspjeli konstruirati potpuno funkcionalan složeni živi organizam na ovaj način.



Slika 4. DNA sintetizator

Sintezu umjetnih DNA materijala proučavaju znanstvenici diljem svijeta. Jedan od najistaknutijih biologa John Craig Venter, koji je sudjelovao u projektu ljudskog genoma te je izgradio Institut za istraživanje genoma, trenutno radi na sintezi stanica koje bi stvarale etanol, hidrogen i ostala slična goriva za vozila.

S druge strane, skupina znanstvenika u Kaliforniji već koriste E. Coli za proizvodnju goriva iz šećera i kukuruznog sirupa. Mnogo je sličnih primjera u svijetu.

Projekt ljudskog genoma

Internacionalni projekt ljudskog genoma, projekt je međunarodnog karaktera u kojem su znanstvenici pokušali identificirati kompletnu strukturu ljudske DNA, te mapirati njezine triplete i gene. Provedeno je na 5% kodirajućih tripleta i očekivalo se otkrivanje najmanje 100.000 gena, od kojih bi 70.000 koristilo za objašnjavanje fizikalne reprodukcije ljudskog tijela, a ostatak za objašnjavanje različitosti osobnosti i karaktera živih bića. Ono što je iznenadilo znanstvenike širom svijeta je da su pronašli samo 30.000 gena, što je samo 3000 više od genoma miša, te otkriće da sa čimpanzama dijelimo 98% svojih gena. Ta razlika je premalena da bi

obuhvaćala tolike razlike u pojavnosti, te ogromne razlike u svjesnom bivanju i inteligentnim sposobnostima.

Dok se Zapad fokusirao na tih 5% kodirajućih tripleta, Sovjetski savez formira grupu znanstvenika koja je proučavala kompletan ljudski genom. Istraživanje je vodio dr. Pjotr Garjajev, a uključeni su bili i fizičari, molekularni biolozi, embriolozi te čak i eksperti u lingvistici. Otkriveno je kako do tada pretpostavljano bezvrijedna DNA ipak nije toliko bezvrijedna. Sekvencioniranje kodona nekodirajuće DNA slijedi osnovna pravila sintakse, te poput nekog biološkog jezika ima i strukturu i logiku. Baš kao i u uobičajenom ljudskom jeziku kodoni formiraju riječi i rečenice.

Ono što znanstvenici nikad nisu uspjeli dokučiti, izvor i podrijetlo ljudskog jezika, te gramatičkih pravila, sada bi se moglo pripisati DNA. Zamislivo je da je DNA poslužila kao nacrt za razvoj ljudskog jezika, jer jezik gena puno je stariji od bilo kojeg ljudskog jezika.

Zapadni Projekt otkrio je „strojni jezik“ DNA molekule, tj. strukturu DNA „bitova“ koje kodiraju nizovi nukleotida, a Garjajev projekt prisutnost jezika visoke razine unutar DNA. Također, Garjajeva grupa otkrila je da se kodoni DNA niza mogu rearanžirati u različitim sekvencama, tj. da je software ljudskog genoma naše DNA molekule reprogramabilan. Shvatili su da tripleti unutar DNA niza mogu mijenjati mjesta. Nakon ovih projekata shvaćeno je da je naše znanje o DNA ograničeno i da je kodiranje reprodukcije proteina za kemijsko ustrojstvo organizma samo polovica priče.

Kada se in vitro u epruveti DNA izloži koherentnom laserskom svjetlu, ono spiralizira duž DNA spirale kao da je vođena strukturom DNA molekule. Najzačudjujući učinak je primijećen kada se sama ta DNA ukloni, a lasersko svjetlo nastavlja spiralizirati. Vakuum prostora, koji je upravo ranije bio okupiran s DNA se promijenio i nešto je prouzročilo nastavljanje spiraliziranja laserskog svjetla. Ti učinci su mjereni i ostaju na djelu još prilično vremena nakon uklanjanja DNA. Učinak je danas poznat pod nazivom DNA fantomski učinak. Vladimir Poponin sa Hearstmath je ponovio Garjajev pokus, te zaključio kako je u pitanju struktura polja koja je formirana u fizikalnom vakuumu čak i nakon uklanjanja DNA.

Najznačajniji rezultat pokusa Garjajeve grupe je mogućnost reprogramiranja DNA kodonske sekvencije korištenjem moduliranog laserskog svjetla. Uz pomoć saznanja o gramatičkoj sintaksi DNA jezika, te uz moduliranje koherentnog laserskog svjetla te radio valova, omogućeno je dodavanje semantike (značenja) valu nosiocu. Na taj su način mogli reprogramirati in vivo DNA u živim organizmima, korištenjem ispravne rezonantne frekvencije DNA. Najimpresivnije

otkriće do sada je mogućnost moduliranja vala nosioca govornim jezikom s istim učinkom reprogramiranja. Naša DNA se može reprogramirati ljudskim govorom, pretpostavljajući moduliranje riječima korektne frekvencije vala nosioca.

I dok Zapadna znanost koristi komplicirane bio-kemijske procese za premještanje DNA tripleta u DNA molekuli, ruski znanstvenici koriste modulirano lasersko svjetlo kako bi učinili isto. Rusi su se dokazali vrlo uspješnim u popravljanju oštećenog DNA materijala in vivo.

Terapije laserskim svjetlom utemeljene od Garjajeva se već uspješno primjenjuju u nekim europskim sveučilišnim bolnicama na različitim vrstama raka kože, pri čemu ne ostaje ožiljak.

3. ZAKLJUČAK

Svrha DNA nije postojanje samo kao uređaj kemijske memorije za reproduciranje proteina. Rusko istraživanje je otkrilo kako smo podcijenili inteligenciju DNA koja djeluje poput bio kompjutera, koji je sposoban procesirati biološke informacije staničnog metabolizma koji se odvija u našem tijelu. Najviše začuđuje mogućnost reprogramiranja sekvencije kodona DNA izvorima koherentnih frekvencija kao što su modulirano lasersko svjetlo, radio valovi i ljudske emocije.

Ta nova otkrića pokazuju ujedno i kako stvarno malo znamo o DNA. Ogroman broj današnjih istraživanja je posvećen sintezi DNA, bila to biosinteza ili umjetna sinteza. Posljednji biološki trend je umjetna sinteza. Međutim, iako je postignut veliki napredak u ovom području, još uvijek nitko nije uspio umetnuti umjetni materijal u složeniju stanicu i s time ostvariti funkcije reprodukcije i života stanice. Velika većina uspješnih istraživanja je vršena na jednostaničnim organizmima s relativno kratkim životnim vijekom kao što su razne bakterije i slično. Znanstvenici su uspjeli umetnuti nove gene u organizme što je dovelo do poboljšanja preformansi raznih biljnih i životinjskih vrsta.

Danas je veliki naglasak stavljen na razvitak sinteze umjetnih gena što bi moglo dovesti do liječenja mnogih bolesti, no isto tako do stvaranja super-organizama. Vode se mnoge rasprave o dobrim i lošim stranama umjetne sinteze. Pristaše umjetne sinteze tvrde da umjetno stvorene kreacije nemaju mogućnost preživljavanja u uvjetima koji nisu laboratorijski te da nema opasnosti po ljudski rod.

Po mom osobnom mišljenju rizik je prenapuhan od strane medija te da se znanost treba nastaviti razvijati u smjeru sinteze umjetnih sekvenci. Sve u svemu, očekuje nas zanimljiva budućnost.

4. LITERATURA

- [1] Wikipedija, DNA sinteza, http://en.wikipedia.org/wiki/DNA_synthesis, 18.04.2009.
- [2] Wikipedija, DNA replikacija, http://en.wikipedia.org/wiki/DNA_replication, 18.04.2009.
- [3] Animacije i zanimljivosti o DNA, <http://www.dnaftb.org>, 04.06.2009.
- [4] Wikipedija, DNA, http://hr.wikipedia.org/wiki/Deoksiribonukleinska_kiselina, 18.04.2009.
- [5] Roger Lewin – Patterns in evolution, 1997.
- [6] Wikipedija, DNA lančana reakcija, http://en.wikipedia.org/wiki/Polymerase_chain_reaction, 18. 04. 2009.
- [7] Wikipedija, DNA lančana reakcija, <http://hr.wikipedia.org/wiki/PCR>, 18. 04. 2009.
- [8] Wikipedija, DNA sinteza ologonukleotida, http://en.wikipedia.org/wiki/Oligonucleotide_synthesis, 18. 04. 2009.
- [9] Lehninger Principles of Biochemistry, 4. Edition, Nelson, Cox
- [10] Misteriozna DNA, http://www.soulsofdistortion.nl/croatian/SODA_chapter9.html, 18.04.2009.
- [11] članak o sintezi gena, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/12/16/AR2007121601900.html>, 30.05.2009.

5. SAŽETAK

U svakoj stanici postoji DNA i RNA. One se razlikuju po sastavu, građi i funkciji u stanici. DNA se nalazi pretežno u jezgri. Njezin nukleotid je sastavljen od šećera – deoksiriboze, dušičnih baza adenin (A), gvanin (G), citozin (C) i timin (T) te fosfatne skupine. Redoslijed dušičnih baza posebno je obilježje molekule DNA. Tri dušične baze zajedno u molekuli DNA čine nasljednu uputu koju nazivamo kodon. Molekula ima oblik dvojne zavojnice pri čemu su te zavojnice povezane poprečnim vezama između dušičnih baza. RNA je jednostavnije građe od DNA. Sastoji se od jednog lanca, a nukleotidi se sastoje od šećera riboze, fosfatne skupine, te dušičnih baza uracil (U), citozin, adenin, gvanin. Većim dijelom se nalazi u citoplazmi i ribosomima. Postoji više tipova RNA molekula.

DNA sinteza je postupak nastanka novih molekula nukleinskih kiselina iz postojećih lanaca. Biosinteza je prirodan put izgradnje novih dvolančanih struktura. Odvija se u tri osnovna koraka. Prvo se pokidaju vodikove veze između nukleotida te se odmotaju polinukleotidni lanci. Nakon toga se slobodni nukleotidi vezuju na slobodna mjesta u polinukleotidnim lancima i to po pravilu komplementa. Završni čin je polimerizacija nukleotida.

PCR i sinteza gena su umjetni načini sinteze DNA. PCR je osnovna metoda današnje molekularne biologije. To je postupak umnožavanja relativno malog uzorka DNA, te izgradnja jedinstvenog genetskog koda iz tog malog uzorka. Ova metoda se koristi u forenzici za dokazivanje zločina i slično. Sinteza gena je metoda stvaranja gena iz software-skog zapisa. Odvija se pomoću DNA sintetizatora.

Projekt ljudskog genoma je najveće istraživanje ljudskog DNA koda ikad provedeno. Znanstvenici smatraju da se samo 5% čitavog ljudskog DNA koda koristi na prijenos nasljednih uputa i slično, no ova istraživanja su pokazala da je i ostali dio koda vrlo važan, možda čak i važniji od dijela koji kodira nasljedne upute. Ruski znanstvenici su uspjeli pronaći metodu kojom se može izmijeniti DNA kod, odnosno reprogramirati DNA niz in vivo što bi moglo dovesti do novih otkrića na ovom području.