

Hemija prirodnih organskih jedinjenja
Univerzitet Crne Gore
Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica
Seminarski rad



KOLAGEN I VITAMIN C

Student: Džogović Jasna

Profesor: dr Milica Kosović-Perutović

Podgorica, mart 2026. godine

SADRŽAJ:

1. Apstrakt	3
2. Uvod	4
3. Kolagen	5
3.1. Struktura kolagena.....	5, 6
3.2. Vrste kolagena u ljudskom organizmu	6
3.3. Funkcija kolagena u organizmu	7
4. Vitamin C	7
4.1. Hemijska struktura i osobine vitamina C.....	8
4.2. Biološka uloga vitamina C	8, 9
4.3. Izvori vitamina C u ishrani.....	9
5. Uloga vitamina C u sintezi kolagena	10
5.1. Molekularni mehanizam djelovanja vitamina C u hidroksilaciji prolina i lizina tokom biosinteze kolagena.....	10,11
5.2. Uloga vitamina C u regeneraciji tkiva i zarastanju rana	11
5.3. Savremena primjena kolagena u biomedicini, biomaterijalima i tkivnom inženjerstvu.....	12
6. Zaključak	13
7. Literatura	14

1. Apstrakt:

Ovaj rad analizira biohemijsku povezanost između strukture kolagena i esencijalne uloge vitamina C (askorbinske kiseline) u njegovoj sintezi i stabilizaciji u ljudskom organizmu. Cilj ovog rada je da se kroz pregled literature objasni proces posttranslacionih modifikacija kolagena, uloga vitamin C kao kofaktora u aktivaciji enzima hidroksilaze, te posljedice deficita ovog vitamin na integritet vezivnog tkiva. Analiza ukazuje na to da vitamin C ima ključnu ulogu u formiranju stabilne trostruke heliksne konformacije kolagena putem hidroksilacije ostatka prolina i lizina. Rad takođe istražuje antioksidativnu ulogu vitamina C u neutralizaciji reaktivnih vrsta kiseonika tokom procesa zarastanja mišićno-koštanih povreda. U radu su sistematizovane vrste kolagena, njihova distribucija u tkivima i patološke promjene koje nastaju usljed nedostatka vitamina C, prvenstveno kroz pojavu skrobuta. Rezultati potvrđuju da je adekvatan unos vitamin C neophodan za strukturni integritet vezivnog tkiva, zarastanje rana i prevenciju degenerativnih promjena u koštano-zglobnom sistemu.

2.Uvod

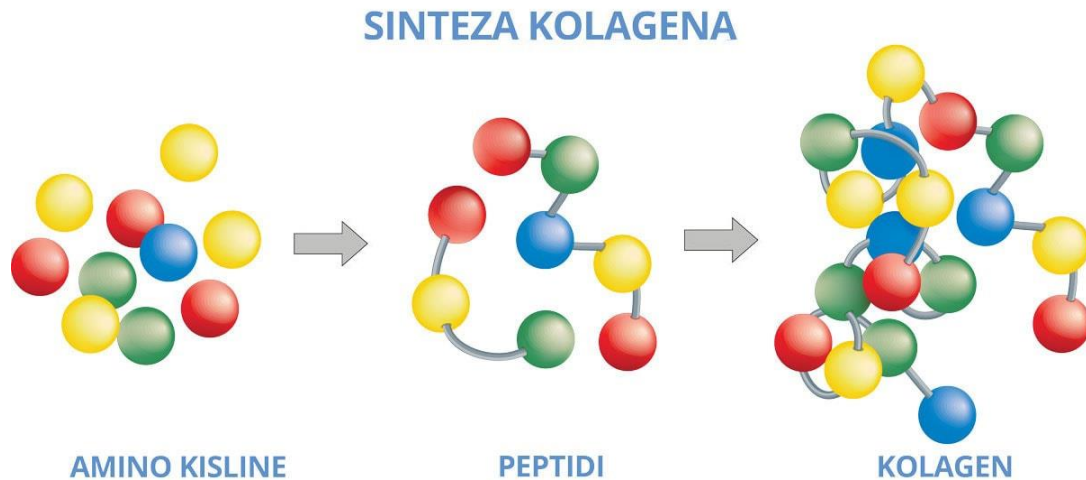
Kolagen je glavni proteinski sastojak vezivnog tkiva i ima ključnu ulogu u strukturalnoj potpori kosti, tetiva, ligamenata, kože i drugih tkiva. Tipični molekul kolagena sastoji se od tri polipeptidna lanca bogata glicinom i prolinom, koji se udružuju u stabilnu trostruku heliks strukturu ojačanu vodoničnim vezama. Posttranslacione modifikacije, uključujući hidroksilaciju prolina i lizina, neophodne su za pravilnu stabilnost heliksa i njegovu funkcionalnost, a ove reakcije zavise od prisustva vitamina C. Askorbinska kiselina djeluje kao kofaktor za enzime prolin-hidroksilazu i lizin-hidroksilazu, omogućavajući pravilnu sintezu i ugradnju kolagena u ekstracelularni matriks.

Vitamin C ima i ključnu ulogu u zarastanju mišićno-koštanih tkiva, uključujući kost, tetive i ligamente, jer poboljšava sintezu kolagena i stimulira diferencijaciju osteoblasta, fibroblasta i matinih ćelija tetiva. Osim toga, vitamin C djeluje kao snažan antioksidans, neutralizujući reaktivne vrste kiseonika koje mogu izazvati ćelijsku apoptozu tokom inflamatorne faze zacjeljivanja. Nedostatak ovog vitamina dovodi do smanjene sinteze kolagena, slabijeg zacjeljivanja tkiva i bolesti poznate kao skorbut.

3. Kolagen

3.1 Struktura kolagena

Tipični molekul kolagena ima molekulsku masu 285 kDa, dimenzije 1,5x300 nm i sastoji se od tri polipeptidna lanca, koji se sintetišu na ribozomima GER-a. Njegova vlakna se javljaju u snopovima širokim do nekoliko stotina mikrometara. Pojedinačna vlakna mogu se razdvojiti na sitne fibrile, koje se sastoje od još sitnijih filameta sa periodičnom prugastom strukturom. Među aminokiselinama koje ulaze u sastav lanca kolagena dominiraju glicin (oko 30%) i prolin (oko 25%). Pored toga u značajnom procentu se nalaze hidroksilni derivati aminokiselina: 4-hidroksiprolin i hidroksilizin koji nisu nadjeni ni u jednom drugom proteinu. Oni nastaju posttranslacionom modifikacijom-oksidacijom prolina i lizina uz pomoć odgovarajućih hidroksilaza, za čiji rad je neophodna askrobinska kiselina (vitamin C). **Primarna gradnja** (sekvenca) polipeptidnog lanca kolagena odlikuje se preovladjujućim prisustvom ponavljajuće tripeptidne sekvence: ...-Glicin-X-Y-... gdje je X najčešće, ali ne isključivo, prolin, a Y je često hidroksiprolin.



Slika 1. Proces formiranja kolagena.

Na **sekundarnom nivou** lanac je zavijen u zavojnicu sa 3,3 ostatka aminokiselina u jednom okretu. Tri polipeptidna lanca udružuju se u trožilnu pletenicu koja je ojačana unakrsnim, bočnim vodoničnim vezama i naziva se heliks kolagena. Svaka treća aminokiselina u zavojnici nalazi se u neposrednoj blizini ose pletenice, gdje je prostor tako gusto ispunjen da u njega može da se smesti jedino glicin. Ako usljed mutacije dodje do poremećaja ugradnje glicina nastaće defektni kolagen koji remeti normalnu osifikaciju kostiju. Javlja se nasljedno oboljenje poznato kao krte (tošne) kosti [2].

Klasifikacija porodice kolagenskih proteina zasniva se na razlikama u strukturi, lokaciji i svojstvima pojedinačnih tipova. Dvije glavne grupe kolagena su: fibrilarni kolagen i nefibrilarni. Fibrilarni kolagen formira fibrile, čineći oko 90% cjelokupnog kolagena prisutnog u ljudskom tijelu. Kodiran je sa 11 gena i formiran je od tri spiralno uvijena polipeptidna lanca, razdvojena kratkim nespiralnim fragmentima koji se nazivaju

teleopeptidi. Prostorna struktura fibrilarnog kolagena je unakrsno prugasta sa poprečnim trakama koje se ponavljaju svakih 64–67 nm.

Nefibrilarni kolagen je mnogo diferencijalniji u pogledu strukture, lokacije i svojstava. Iako čini samo 10% celokupnog kolagena u ljudskom telu, on je vitalni deo mnogih organa.

3.2 Vrste kolagena u ljudskom organizmu

Kolagen pripada grupi proteina koje karakteriše niska rastvorljivost u vodi. Zajedničko ime kolagen nosi grupa proteina srodne strukture čija je uloga da u međučelijskom prostoru grade snažna, nerastvorljiva proteinska vlakna koja daju fizičku potporu tkivima.

Kolageni su prisutni u svim višćelijskim organizmima a u tijelu sisara predstavljaju pojedinačno najzastupljeniju grupu proteina. Najmanje 19 različitih tipova kolagena sastavljenih od 30 različitih polipeptidnih lanaca identifikovano je u ljudskim tkivima. Iako je nekoliko njih prisutno samo u malim proporcijama, oni mogu igrati važnu ulogu u određivanju fizičkih svojstava specifičnih tkiva. Pored toga, brojni proteini koji nisu klasifikovani kao kolageni imaju domene slične kolagenu u svojim strukturama; ovi proteini se ponekad nazivaju „nekolageni kolageni“.

U veoma čvrstoj strukturi kostiju i zuba dominira kolagen tipa I u kombinaciji sa hidroksiapatitom. U tetivama kolagen tipa I gradi debele snopove vlakana, u obliku kabla, koji se snažno opiru istezanju. U koži, vlakna kolagena tipa I i V rastresito su prepletena u svim pravcima. Kako se kolagen sastoji od tri polipeptidna lanca, sva tri lanca mogu imati iste djelove ili se mogu naći dva ista i jedan različit. Različitim kombinacijama pojedinačnih polipeptidnih lanaca nastaje pet tipova kolagena od kojih je svaki karakterističan za jedno ili više tkiva.

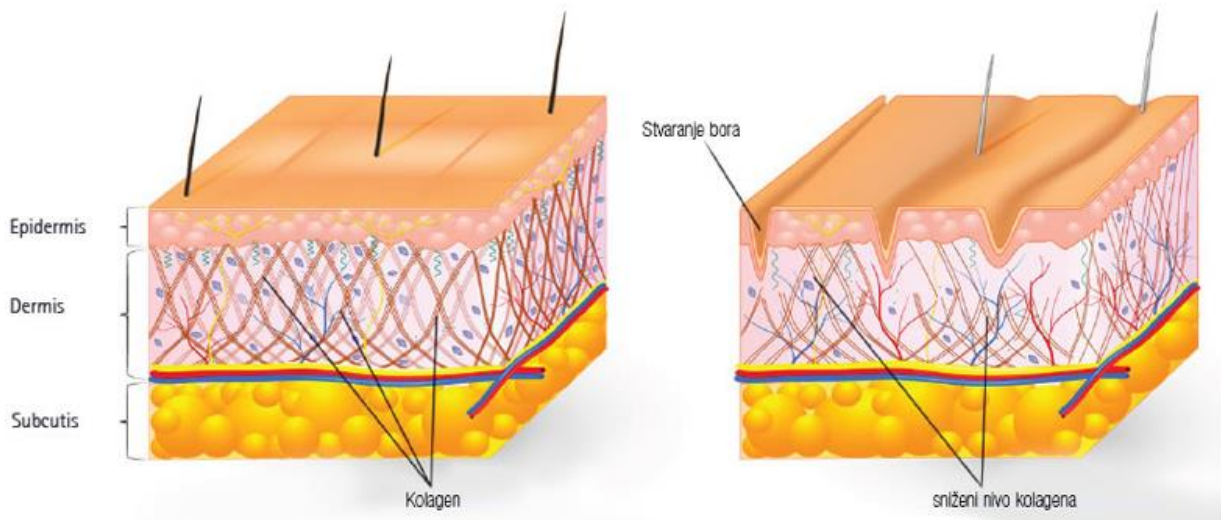
Tabela 1. Tipovi kolagena.

Tkivo	Tip kolagena	Polipeptidni lanac
Kosti, zubi, tetive, koža, zidovi krvnih sudova	Tip I	$[\alpha 1(I)]_2 \alpha 2(1)$
Hrskavice, međjupršljenski diskovi	Tip II	$[\alpha 1(II)]_3$
Koža fetusa, zidovi krvnih sudova	Tip III	$[\alpha (III)]_3$
Bazalne membrane	Tip IV	$[\alpha 1(IV)]_2 \alpha 2(IV)$
Placenta, koža	Tip V	$[\alpha 1(V)]_2 \alpha 2(V)$

Izvor: Mihailović M., Jovanović I., Biohemija.

3.4 Funkcija kolagena u organizmu

Kolagen čini gotovo jednu četvrtinu ukupnog sadržaja proteina u većini životinja, i predstavlja glavni sastojak nekoliko vezivnih tkiva kao što su koža, tetive, ligamenti, hrskavica, kosti, zubi, krvni sudovi i dr. Riječ „kolagen“ zapravo potiče od grčke riječi za lepak i prvobitno je korišćen da označi onaj sastojak vezivnog tkiva koji daje želatin kada se kuha. Međutim, ubrzo je utvrđeno da je u nekim tkivima kolagen kovalentno vezan za neku drugu stabilnu strukturu, tako da ga nije moguće ekstrahovati samo zagrijavanjem. Nakon izlaganja ključaloj vodi, pretvara se u želatin. Kolagen je glavni sastojak vanćelijskog matriksa, koji pruža strukturnu potporu tkivima i organima. U koštanom tkivu, kolagen formira strukturnu mrežu koja služi kao podloga za taloženje minerala, omogućavajući kostima da steknu čvrstoću i otpornost, dok zadržavaju određenu elastičnost. Kolagenska vlakna su veoma otporna na istezanje; stoga u tetivama i ligamentima omogućavaju tkivu da izdrži napetost izazvanu silom i pokretom. Kolagen takođe ima važnu ulogu u obnovi tkiva i održavanju njihove integriteta. Kako starimo, naše tijelo proizvodi manje kolagena. Taj kolagen je veoma lošeg kvaliteta, pa se vrlo brzo raspada. „Broj unakrsnih veza u kolagenu jednog tkiva povećava se sa godinama života tako da je meso starijih životinja čvršće nego meso mlađih životinja. Individualni molekuli kolagena mogu da se izdvoje samo iz mesa vrlo mladih životinja [4].“ Nakon šezdesete godine, pad u proizvodnji kolagena je normalan za svakoga, a kod žena, znatno smanjenje uočava se nakon menopauze. Količina kolagena ne može se mjeriti. Rizik od nepoželjnog i prijevremenog gubitka kolagena, možemo spriječiti ako izbjegnemo neke od faktora koji ga značajno mogu smanjiti. To su pušenje (smanjuje proizvodnju kolagena, dovodi do pojave bora..), konzumiranje previše šećera i rafiniranih ugljenih hidrata (kolagen postaje slabiji i suv), izlaganje UV zračenju (dovodi do bržeg raspadanja kolagena). Efekte starenja, vidljive na našoj koži, možemo usporiti ako svaki dan nosimo kremu za sunčanje, ili druge kreme koje imaju zaštitni faktor (SPF) od 30 ili više. Izbalansirana ishrana je takođe veoma važna. Potrebno je unositi dovoljne količine voća, povrća, orašastih plodova, integralnih žitarica, umjerene količine morskih plodova, mlečnih proizvoda, jaja itd.

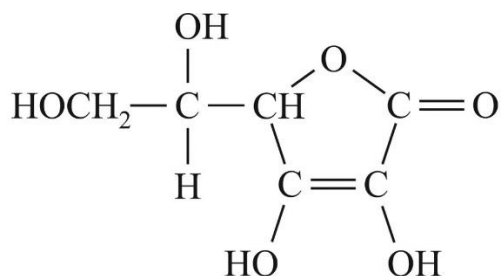


Slika 2. Prikaz uticaja redukcije kolagena na strukturnu stabilnost kože.

4. Vitamin C

4.1 Hemijska struktura i osobine vitamina C

Vitamin C ili askorbinska kiselina je derivat keto-glukonske kiseline. To je bezbojna kristalna supstanca, topi se na 190-192 °C, dobro se rastvara u vodi, jako je kiselog ukusa. Teže se rastvara u etanolu a skoro je nerastvorljiva u etru, acetonu i hloroformu. Optički je aktivan. Askorbinska kiselina je redukciono sredstvo. Lako gubi atome vodonika i prelazi u dehidroaskorbinsku kiselinu koja takođe ima aktivnost vitamina C. Vodeni rastvor vitamina C reaguje kiselo, boji plavi lakmus crveno, mada u svom sastavu ne sadrži karboksilnu grupu koja je karakteristična funkcionalna grupa organskih kiselina. Kiselo karakter i jako redukciono dejstvo ove supstance potiče od dvije susjedne OH grupe (na drugom i trećem C atomu) koje se nalaze na jednoj etilenskoj vezi. Oba vodonikova atoma ovih grupa mogu se izdvojiti u obliku H⁺ jona.

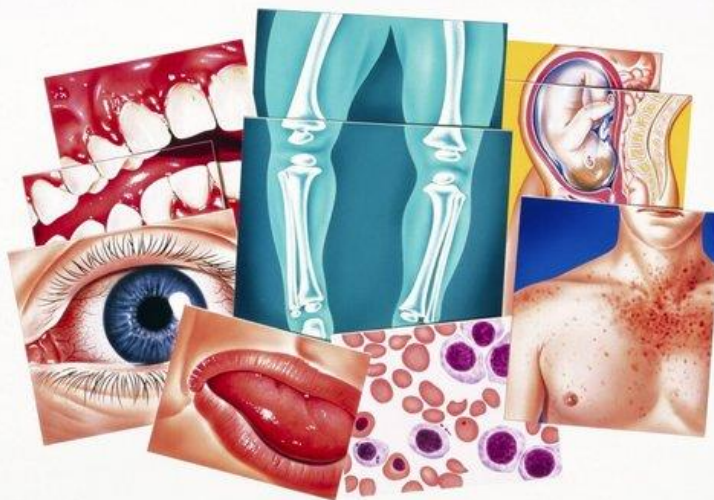


Slika 3. Hemijska struktura askorbinske kiseline.

4.2 Biološka uloga vitamina C

Askorbinska kiselina učestvuje u oksido-redukcionim procesima. Kora nadbubrežne žlijezde sadrži znatne količine askorbinske kiseline jer je potrebna u sintezi steroidnih hormona. Pretpostavlja se da askorbinska kiselina učestvuje u reakcijama hidrosilacije i u transportu elektrona u mikroorganizmima. Nedostatak ovog vitamina u ishrani izaziva oboljenje poznato pod nazivom skorbut. Skorbut se manifestuje pojavom krvarenja desni, ispadanjem zuba, opštom malaksalošću i perutanjem kože. Organizam izložen hipovitaminozi askorbinske kiseline podložan je bakterijskim i virusnim infekcijama. Askorbinska kiselina je važna za sintezu hormona kore nadbubrega, kao i za stvaranje vezivnog i koštanog tkiva. Askorbinska kiselina nema osobinu da gradi depoe u organizmu pa vrlo lako dolazi do hipovitaminoze ovog vitamina a samim tim i do niza poremećaja koje ona uslovljava. Dnevna potreba čovjeka za ovim vitaminom iznosi oko 20 mg. On igra značajnu ulogu u regulaciji bioloških oksidoredukcionih procesa u organizmu. Vitamin C štiti organizam od infekcija i otrova. Neophodan je za pretvaranje folne u folinsku kiselinu, kao i za biosintezu kortikosteroida i kolagena. Takođe je važna njegova uloga za pretvaranje prolina u

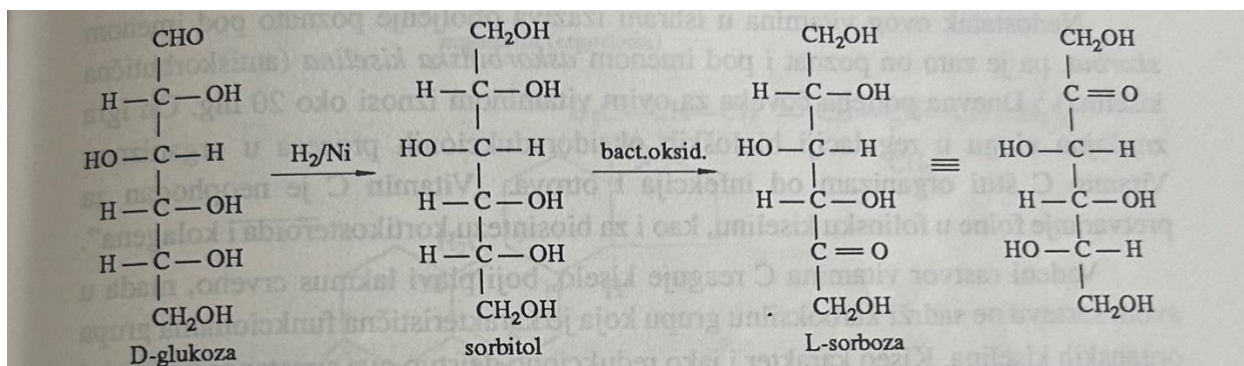
hidroksiprolin. Askorbinska kiselina koristi se u liječenju krvarenja, kao profilaksa za neka oboljenja, prehladu kao i dodatna terapija u liječenju zaraznih bolesti. Pri unosu iznad približno 100 mg/dan, sposobnost tela da metaboliše vitamin C je zasićena i svaki dalji unos se izlučuje urinom. Međutim, pored svojih drugih uloga, vitamin C poboljšava apsorpciju gvožđa, a to zavisi od prisustva vitamina u crevima. Stoga, povećani unos može biti koristan. Dokazi nisu ubedljivi da visoke doze vitamina C sprečavaju običnu prehladu ili smanjuju trajanje njenih simptoma.



Slika 4. Kliničke manifestacije deficita vitamina C.

4.3 Izvori vitamina C u ishrani

Najbogatiji izvor vitamina C su: nar, limun, grejpfrut, paprika i lišće povrća. U mlijeku i životinjskim tkivima se nalazi malo vitamina C. Vitamin C moraju unositi hranom samo nekoliko vrsta kičmenjaka: čovjek, majmun, zamorac i neke vrste riba. Ostali kičmenjaci i biljke su sposobni da sintetišu askorbinsku kiselinu iz glukoze i drugih prostijih jedinjenja. Vitamin C se ne nalazi u mikroorganizmima i nije im potreban. Sintetički se proizvodi u industrijskim razmjerama polazeći od glukoze kao osnovne sirovine [3]. Redukcijom glukoze prvo se gradi sorbitol, a zatim njegovom fermentacijom, pomoću *Acetobacter xylinum*, postaje L-sorboza:



Slika 5. Sinteza L-sorboze iz D-glukoze putem redukcije u sorbitol i naknadne bakterijske oksidacije.

5.Uloga vitamina C u sintezi kolagena

Askorbinska kiselina (vitamin C) deluje kao donor elektrona i smanjuje reaktivne vrste kiseonika (ROS) kao što su superoksidni radikali i hidroksilni radikali. Askorbinska kiselina takođe djeluje kao kofaktor u nehemskom gvožđu (gvožđu biljnog porijekla). Posebno u biosintezi kolagena, askorbinska kiselina je esencijalni kofaktor prolil i lizil hidroksilaza za hidroksilaciju prolina i lizina da bi se formirali hidroksiprolin i hidroksilizin. Ljudi ne uspevaju da sintetišu askorbinsku kiselinu u organizmu jer im nedostaje enzim

L-gulonolakton oksidaza, koja katalizuje poslednji korak puta sinteze. Stoga, ljudi razvijaju simptome skorbuta kada konzumiraju hranu bez ove kiseline. Nedostatak vitamina C je povezan sa defektom u vezivnim tkivima, posebno u zarastanju rana, jer ova tkiva ne mogu da stabilizuju trostruku spiralnu strukturu kolagena.

Zarastanje mišićno-koštanih tkiva, kao što su kost, tetive i ligamenti, zavisi od sposobnosti sinteze kolagena i njegove međumolekulske povezanosti. Slabo razvijeni ekstracelularni matriksi izvedeni iz kolagena mogu dovesti do neadekvatne strukture tkiva i smanjene biomehaničke čvrstoće, što može rezultirati nezadovoljavajućim ishodom i povećanim rizikom od ponovnih povreda. Osnovna naučna istraživanja o biohemijским putevima nakon povrede mišićno-koštanog sistema sugerišu da vitamin C, poznat i kao askorbinska kiselina, može poboljšati sintezu kolagena i zacjeljivanje mekih tkiva. Uprkos minimalnim potrebama u ishrani, vitamin C ostaje neophodan za stabilnost kolagena i ukupnu funkcionalnost tkiva, što ističe njegovu ključnu ulogu u ljudskom zdravlju.

5.1 Molekularni mehanizam djelovanja vitamina C u hidroksilaciji prolina i lizina tokom biosinteze kolagena.

Ostaci prolina i lizina koji se nalaze na Y-poziciji u sekvenci -Gly-X-Y- mogu biti hidroksilovani i tako formirati hidroksiprolin i hidroksilizin. Ove reakcije hidroksilacije zahtijevaju molekularni kiseonik, fero-gvožđe (Fe^{2+}) i redukciono sredstvo vitamin C (askorbinsku kiselinu), bez kojih enzimi koji katalizuju hidroksilaciju — prolil-hidroksilaza i lizil-hidroksilaza — ne mogu da funkcionišu.

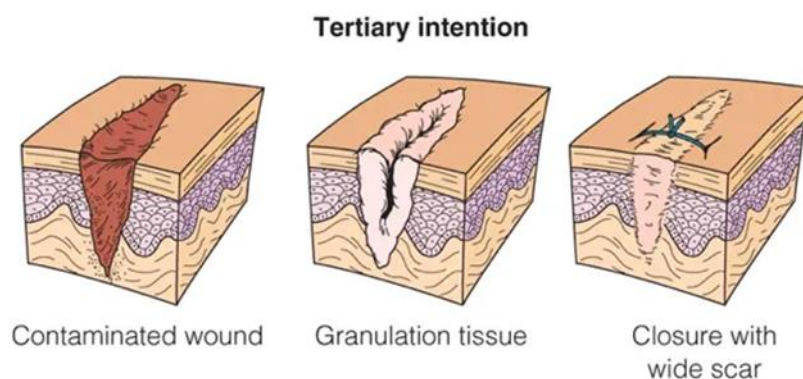
U slučaju nedostatka vitamina C (a samim tim i nedostatka hidroksilacije prolina i lizina), stvaranje međulančanih vodoničnih veza i formiranje stabilne trostruke spirale je poremećeno. Osim toga, kolagenske fibrile ne mogu da se međusobno umrežavaju, što značajno smanjuje mehaničku čvrstoću formiranog vlakna. Nakon hidroksilacije i glikozilacije, tri pro- α lanca formiraju prokolagen, prekursor kolagena koji ima centralni dio u obliku trostruke spirale, okružen nehelikalnim (N)- i karboksilnim (C)-terminalnim produžecima koji se nazivaju propeptidi.

Formiranje prokolagena započinje stvaranjem međulančanih disulfidnih veza između C-terminalnih produžetaka pro- α lanaca. Ovo dovodi tri α lanca u poravnanje koje pogoduje formiranju trostruke spirale.

Molekuli prokolagena zatim prolaze kroz Goldžijev aparat gdje se pakuju u sekretorne vezikule. Te vezikule se spajaju sa ćelijskom membranom, što dovodi do oslobađanja molekula prokolagena u ekstracelularni prostor.

5.2 Uloga vitamina C u regeneraciji tkiva i zarastanju rana

Vitamin C utiče na popravku i regeneraciju tkiva u telu. Ključna uloga vitamina C je sinteza vezivnog tkiva, posebno kolagena. Takođe pruža otpornost na zatezanje novoformiranom kolagenu koji se inače ne bi mogao istegnuti bez kidanja. Pored toga, vitamin C je važan antioksidans koji može ukloniti i neutralisati oksidanse u telu. Ovo je posebno važno u epidermisu. Pored svoje uloge u sintezi kolagena, postoje i dokazi da vitamin C povećava proliferaciju dermalnih fibroblasta, funkciju važnu za zarastanje rana. Vitamin C se troši u ovim procesima, tako da je verovatno da će doći do povećanog obnavljanja na mjestima rana, što sugerije da suplementacija može biti korisna u zarastanju. Pored toga, upala verovatno ubrzava razgradnju i potrošnju vitamina C. Kod zarastanja rana, odloženo zarastanje i oštećeno potkožno zarastanje povezani su sa nedostatkom vitamina C.



Slika 6. Regeneracija tkiva i zarastanje rana.

5.3. Savremena primjena kolagena u biomedicini, biomaterijalima i tkivnom inženjerstvu

Kolagen predstavlja jedan od najvažnijih biomaterijala jer je prirodna komponenta ekstracelularnog matriksa, koja omogućava biokompatibilnost i pogoduje normalnim ćelijskim funkcijama. Zahvaljujući tim osobinama, kolagen se široko koristi u savremenoj medicini i tkivnom inženjerstvu.

U oblasti **biomedicine**, kolagen se primjenjuje u izradi obloga za rane i opekotine, kao i materijala za regeneraciju kostiju i tkiva. Takođe se koristi za stvaranje površina koje sprečavaju trombozu i za imobilizaciju terapijskih enzima.

U **biomaterijalima**, kolagen se može oblikovati kao čvrsti umreženi materijal ili kao gelasta struktura, što omogućava njegovu prilagodljivost različitim medicinskim primjenama. Posebno je značajan jer zadržava strukturu i biološke osobine prirodnog tkiva, što ga čini pogodnijim u odnosu na sintetičke materijale.

U **tkivnom inženjerstvu**, kolagen ima ključnu ulogu kao strukturna komponenta koja obezbjeđuje mehaničku stabilnost i podršku rastu ćelija. Njegova vlakna formiraju osnovu za izgradnju tkiva, prilagođenu mehaničkim zahtjevima organizma. Takođe se koristi u savremenim tehnologijama kao što su elektrospun vlakna, koja oponašaju prirodni ekstracelularni matriks i omogućavaju bolju regeneraciju tkiva.

Pored toga, kolagen ima značajnu primjenu u sistemima za dostavu lijekova, uključujući gelatinske mikrosfere, hidrogelske implantate i membrane, čime se omogućava kontrolisano oslobađanje terapijskih supstanci [5].

6. Zaključak:

Kolagen i vitamin C predstavljaju usko povezane ključne komponente ljudskog organizma čija je međusobna interakcija od suštinskog značaja za održavanje strukturalnog integriteta vezivnog tkiva. Kolagen, kao najzastupljeniji proteinski sastojak vezivnog tkiva, obezbjeđuje mehaničku čvrstoću i elastičnost kostiju, tetiva, ligamenata, kože i drugih tkiva. Njegova stabilna trostruka heliksna struktura zavisi od posttranslacijskih modifikacija, prvenstveno hidroksilacije prolina i lizina, procesa koji ne mogu pravilno funkcionisati bez prisustva vitamina C.

Vitamin C, osim što djeluje kao kofaktor u sintezi kolagena, ima i antioksidativnu ulogu, štiteći ćelije od oštećenja reaktivnim vrstama kiseonika i omogućavajući efikasno zacjeljivanje mišićno-koštanih povreda. Nedostatak ovog vitamina dovodi do slabije sinteze kolagena, osjetljivosti tkiva, poremećaja u zarastanju rana i bolesti poput skorbuta. Redovan unos vitamina C putem ishrane, naročito iz voća i povrća, ključan je za očuvanje optimalne funkcionalnosti tkiva, prevenciju degenerativnih promjena i podršku regenerativnim procesima organizma.

Kolagen je izuzetno važan biomaterijal zbog svoje biokompatibilnosti i sličnosti prirodnom tkivu, što ga čini široko primjenjivim u biomedicini i tkivnom inženjerstvu. Njegova sposobnost prilagođavanja različitim oblicima i funkcijama omogućava upotrebu u regeneraciji tkiva, izradi medicinskih materijala i sistemima za kontrolisanu dostavu lijekova, čime značajno doprinosi savremenim medicinskim tehnologijama.

Sveukupno, zajedničko djelovanje kolagena i vitamina C ističe značaj interdisciplinarnog pristupa u istraživanju i primjeni biomaterijala, nutricionizma i kliničke medicine. Razumijevanje njihove međusobne povezanosti omogućava bolje strategije za očuvanje zdravlja, prevenciju bolesti i podršku procesu regeneracije tkiva, što potvrđuje da adekvatna ishrana i očuvanje fizioloških procesa predstavljaju osnovu održavanja funkcionalnog integriteta ljudskog organizma.

7. Literatura:

1. S.R. Arsenijević, Organska hemija, Beograd: Naučna knjiga, 1969, pp. 895-896.
2. M. B. Mihailović i I. B. Jovanović, Biohemija, Beograd: Naučna KMD, 2008, pp. 96-98.
3. M. Pokrajac i D. Panić, Farmaceutska hemija 1 i 2, Beograd, 1988.
4. Z. Jelić i V. Spasojević, Opšta biohemija, Beograd, 2021.
5. M. Miholjčić i J. Kavarić, Biohemija, 1998.
6. P.J. Kennelly et al., Harper's Illustrated Biochemistry, 32. Izd.,2022.
7. "Kolagen Structura i Funkcija:"
https://proteopedia.org/wiki/index.php/Collagen_Structure_%26_Function
- 8.Uloga vitamina C u zarastanju rana: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36009324/>
9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378517301006913>
10. <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/collagen-synthesis>