

Kolegij: Biokemija

Voditelj: prof. dr. sc. Robert Domitrović

Suradnici: doc. dr. sc. Jelena marinić, dr. sc. Iva Suman, Domagoj Antunović, mag. pharm.

Katedra: Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju

Studij: Integrirani prijediplomski i diplomski sveučilišni studij farmacije

Godina studija: 2. godina

Akadska godina: 2024./2025.

IZVEDBENI NASTAVNI PLAN

Podatci o kolegiju:

Kolegij **Biokemija** je obvezni kolegij na Integriranom prijediplomskom i diplomskom sveučilišnom studiju farmacije. Nastava se odvija u četvrtom semestru druge godine studija, a sastoji se od **30 sati predavanja, 15 sati seminara i 15 sati vježbi**, odnosno ukupno 60 nastavnih sati (**6 ECTS**). Pojedine tematske cjeline predavanja nastavnik obrađuje u cijelosti dok temelj za rad tijekom seminara ili vježbi predstavlja samostalno učenje odnosno prethodna priprema studenta. Na vježbama studenti povezuju temeljna znanja usvojena na predavanjima i seminarima s laboratorijskim radom. Nastava kolegija izvodi se u predavaonama Medicinskog fakulteta te u Praktikumu Zavoda za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju i Medicinskog fakulteta.

Cilj kolegija

Cilj nastave predmeta **Biokemija** je razumijevanje načina kako ljudsko tijelo funkcionira na molekularnoj razini: kako proizvodi, koristi i pohranjuje energiju, stvara i razgrađuje molekule koje održavaju metabolizam, prepoznaje najrazličitije stanične i izvanstanične signale i reagira na njih te kako regulira metaboličke procese. Studentima će biti protumačena građa bioloških molekula, mehanizmi funkcioniranja metabolizma, kemijska pretvorba molekula pri procesima dobivanja i korištenja energije u sintezi makromolekula vlastitog organizma kao i s usklađivanje metaboličkih puteva u funkcionalnu cjelinu. Takav nastavni program studentu nudi znanja nužna za razumijevanje biokemijske osnove brojnih bolesti, odnosno patobiokemijskih procesa.

Sadržaj kolegija

Kolegij sadržava područja koja su obuhvaćena sljedećim poglavljima:

- Aminokiseline, peptidi i proteini.
- Enzimi.
- Koenzimi
- Metabolizam ugljikohidrata
- Ciklus limunske kiseline
- Respiracijski lanac
- Metabolizam lipida
- Probava proteina
- Metabolizam aminokiselina i proteina
- Nukleinske kiseline
- Stanična signalizacija
- Regulacija metabolizma

Ishodi učenja:

I. KOGNITIVNA DOMENA – ZNANJE

1. Klasificirati i prikazati biološki važne molekule te povezati njihovu građu s kemijskim reakcijama i promjenama u procesu metabolizma

2. Opisati pojedinosti reakcija biosinteze biološki važnih makromolekula te njihovu ulogu u izgradnji složenih molekulskih struktura organizma
3. Opisati pojedinosti reakcija u kojima se stvara i troši energija te izračunati i usporediti energijsku bilancu anaboličkih i kataboličkih reakcija proteina, ugljikohidrata i masti
4. Integrirati metaboličku sudbinu određenog sastojka hrane od njegove probave i apsorpcije do potpune razgradnje ili pretvorbe u neki međuprodukt metabolizma
6. Objasniti mehanizme regulacije metaboličkih procesa te ulogu hormona u integraciji metabolizma proteina, ugljikohidrata i masti

II. PSIHOMOTORIČKA DOMENA – VJEŠTINE

1. Samostalno izvesti kvantitativne i kvalitativne metode kemijske analize
2. Uz nadzor voditelja izvesti osnovne laboratorijske tehnike
3. Izračunati i prikazati rezultate kvantitativne analize te primijeniti teorijsko znanje u interpretaciji rezultata
4. Pripremiti i sigurno rukovati s uzorcima za analizu

Popis obvezne ispitne literature:

1. R. Murray: Harperova ilustrirana biokemija, Medicinska naklada, Zagreb 2011.
2. R. Domitrović i sur. Priručnik za seminare i vježbe iz biokemije za studente farmacije, Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 2022.

Popis dopunske literature:

1. Stryer, L. BIOKEMIJA, Školska knjiga, Zagreb, 2012.

Nastavni plan:

Popis predavanja s pojašnjenjem:

P1 Proteinogene aminokiseline. Peptidi.

Klasificirati proteinogene aminokiseline te prikazati i izložiti njihovu kemijsku građu, optičku aktivnost, disocijaciju i reaktivnost. Razlikovati esencijalne i neesencijalne aminokiseline. Prikazati te opisati nastajanje peptidne veze i izložiti njene strukturne značajke.

P2 Struktura i funkcija proteina.

Klasificirati proteine prema njihovoj funkciji i obliku. Navesti i definirati razine organizacije strukture proteina i ilustrirati značenje intra- i intermolekulskih veza i sila u izgradnji proteina. Povezati strukturu proteina s njihovom funkcijom.

P3 Enzimi. Kinetika enzimske reakcije. Regulacija enzimske aktivnosti.

Navesti i pojasniti osobine enzima. Razjasniti princip enzimske katalize. Objasniti načine regulacije enzimske aktivnosti i njihov značaj u koordinaciji biokemijskih procesa u organizmu.

P4 Probava i apsorpcija ugljikohidrata. Glikoliza. Regulacija glikolize.

Objasniti hidrolitičku razgradnju ugljikohidrata s osvrtom na specifične enzime, mjesto njihova djelovanja u probavnom sustavu te specifičnost djelovanja. Objasniti apsorpciju i ulazak glukoze u stanicu te navesti metaboličke putove glukoze. Objasniti tijek glikolize u anaerobnim i aerobnim uvjetima i navesti krajnje produkte tih reakcija. Izračunati energetske bilance stvaranja ATP pri aerobnoj i anaerobnoj glikolizi.

P5 Metabolizam glikogena: glikogeneza i glikogenoliza. Regulacija metabolizma glikogena.

Usporediti i protumačiti svrhu razgradnje glikogena u jetri i mišićima. Izložiti nastanak glukoze iz glikogena i stvaranje glikogena iz glukoze s osvrtom na enzime, supstrate, kofaktore, staničnu lokalizaciju i hormonsku regulaciju tih procesa.

P6 Glukoneogeneza. Regulacija glukoneogeneze. Ciklus mliječne kiseline.

Navesti kontrolna mjesta glukoneogeneze te mehanizme njezine regulaciju. Usporediti i protumačiti regulaciju glukoneogeneze i glikolize i identificirati uvjete u kojima je pojedini metabolički put aktivan. Protumačiti usklađenost glikolize i glukoneogeneze između mišića i jetre. Objasniti ciklus mliječne kiseline.

P7 Oksidacijska dekarboksilacija ketokiseline. Oksidacija piruvata.

Prikazati reakciju oksidacijske dekarboksilacije piruvata, s osvrtom na supstrate, kosupstrate, produkte reakcije te multienzimski kompleks koji katalizira reakciju. Izložiti (ne)mogućnost nastanka piruvat iz acetyl-CoA. Objasniti biološku ulogu tiamina, pantotenske kiseline, riboflavina i niacina.

P8 Ciklus limunske kiseline. Uloga okretišta metabolizma. Regulacija ciklusa limunske kiseline.

Navesti staničnu ciklusa limunske kiseline u metabolizmu. Opisati i reakcijama prikazati slijed reakcija oksidacije acetilne jedinice u ciklusu. Navesti međuprodukte preko kojih je ciklus povezan s metabolizmom proteina i lipida. Demonstrirati na primjeru i protumačiti značaj anaplerotskih reakcija. Protumačiti ulogu ciklusa limunske kiseline kao okretišta metabolizma. Objasniti principe njegove regulacije.

P9 Respiracijski lanac. Redoks sustavi i biološke oksidacije. Sinteza ATP-a.

Komentirati značaj i navesti osnovne tipove oksidacijsko-redukcijskih reakcija u biološkim sustavima. Protumačiti pojam standardnog redukcijskog potencijala i navesti biološki značajne redoks sustave. Opisati organizaciju respiracijskog lanca i pojedine enzimske komplekse. Opisati tijek elektrona kroz pojedine komplekse respiracijskog lanca, prijenos protona između unutrašnjeg i vanjskog prostora mitohondrija i mehanizam sinteze ATP. Objasniti energetske učinak respiracijskog lanca i njegovu regulaciju. Objasniti posljedice nepotpune redukcije kisika.

P10 Probava, apsorpcija i mobilizacija masti. Lipoproteini.

Prikazati i izložiti strukturu te opisati fiziološku ulogu triacilglicerola. Opisati proces hidrolitičke razgradnje triacilglicerola u probavnom sustavu i njihovu apsorpciju. Definirati što su lipoproteini, nabrojiti osnovne tipove lipoproteina i navesti njihov kemijski sastav, te navesti ulogu u transportu egzogenih i endogenih lipida. Opisati prijenos egzogenih lipida u krvotoku. Izložiti hidrolizu triacilglicerola u adipoznom tkivu.

P11 β -oksidacija masnih kiselina. Biosinteza masnih kiselina i regulacija.

Objasniti pojedine korake razgradnje masnih kiselina. Protumačiti ulogu karnitina u razgradnji masnih kiselina. Navesti preteče i njihove izvore u biosintezi masnih kiselina. Izložiti i reakcijama prikazati pojedine korake u biosintezi masnih kiselina. Izračunati energetske bilancu i izložiti stehiometriju sinteze zasićenih masnih kiselina. Usporediti biosintezu i razgradnju masnih kiselina i navesti kontrolna mjesta i za regulaciju tih procesa. Izložiti i primjerom ilustrirati princip elongacije i desaturacije lanca masnih kiselina.

P12 Biosinteza i metabolizam kolesterola. Ketogeneza.

Opisati biosintezu kolesterola i žučnih kiselina, definirati strukturu i ukazati na biološku ulogu. Navesti ključnu regulacijsku reakciju u biosintezi kolesterola te objasniti mehanizme regulacije iste. Izložiti biosintezu ketonskih tijela i iskorištavanje u ekstrahepatičkim tkivima, fiziološke uvjete njihova stvaranja te posljedice nastanka.

P13 Struktura i funkcija nukleinskih kiselina. Replikacija. Transkripcija.

Povezati strukturu i funkciju nukleinskih kiselina i razjasniti tijek genetičke informacije; objasniti semikonzervativno udvostručavanje DNA i sintezu različitih vrsta RNA. Opisati univerzalne značajke genetskog koda i njegovu biološku relevantnost. Temeljem genetske šifre predvidjeti aminokiselinske sekvence proteina za određenu sekvenciju nukleinske kiseline.

P14 Biosinteza proteina. Post-translacijske modifikacije.

Opisati biosintezu proteina. Navesti primjere post-translacijskih modifikacija. Objasniti utjecaj na stabilnost proteina, biokemijsku aktivnost, usmjeravanje proteina i staničnu signalizaciju. Opisati razloge i način na koji se proteini označavaju za razgradnju.

P15 Probava i apsorpcija proteina. Metabolizam aminokiselina. Dekarboksilacija. Transaminacija.

Klasificirati proteolitičke enzime. Navesti proteaze u procesu probave, svrstati ih prema specifičnosti djelovanja te protumačiti način njihove aktivacije. Opisati proces probave proteina i apsorpciju aminokiselina. Navesti osnovne putove enzimske razgradnje aminokiselina i objasniti ulogu vitamina B6 u tim procesima. Objasniti sintezu biogenih amina. Opisati i prikazati reakcije transaminacije. Opisati proces izmjene proteine i ulogu ubikvitina u razgradnji proteina.

P16 Oksidacijska dezaminacija. Ciklus ureje.

Opisati procese oksidacijske dezaminacije aminokiselina, stvaranje α -ketokiselina i amonijaka; objasniti stvaranje amonijaka u kombiniranim procesima transaminacije i oksidativne deaminacije nastalog glutamata. Navesti iz kojih spojeva nastaje visokoenergetski karbamoil-fosfat. Prikazati shematski ciklus ureje sa svim međuproduktima i stvaranje ureje.

P17 Signalne molekule. Uloga u regulaciji metabolizma.

Objasniti principe stanične signalizacije. Navesti vrste signalnih molekula obzirom na topljivost. Objasniti ulogu receptora u prijenosu signala. Objasniti ulogu hormona u regulaciji aktivnosti enzima.

P18 Vrste stanične signalizacije.

Definirati hormone i hormonima slične tvari. Navesti principe hormonske regulacije. Objasniti načine djelovanja peptidnih hormona: hormonski receptori, G proteini, drugi glasnici. Objasniti aktivaciju cAMP i fosfolipaze C. Objasniti mehanizme djelovanja steroidnih hormona aktivacijom gena. Objasniti mehanizme djelovanja eikozanoida.

Popis seminara s pojašnjenjem:

S1 Struktura proteina. Hemoglobin i mioglobin.

Rastumačiti funkciju hema u mioglobinu i hemoglobinu. Objasniti građu i funkcionalne razlike između hemoglobina i mioglobina s osvrtom na kooperativnost, Bohrov-činak i učinak 2,3-bisfosfoglicerata.

S2 Vrste enzimske inhibicije.

Skicirati Michaelis-Menteničin dijagram i rastumačiti kinetička svojstva enzima. Obrazložiti i primjerom te grafičkim prikazom potkrijepiti čimbenike enzimske aktivnosti. Objasniti kompetitivnu, nekompetitivnu, reverzibilnu, ireverzibilnu inhibiciju, alosteričku regulaciju, kovalentnu modifikaciju i proteolizu.

S3 Uloga kofaktora u enzimskoj katalizi.

Podijeliti kofaktore prema tipu katalizirane reakcije. Opisati i primjerima ilustrirati ulogu kofaktora u katalizi. Objasniti ulogu vitamina u djelovanju enzima i posljedice njihova manjka.

S4 Metabolizam ostalih heksoza. Put pentoza fosfata.

Prikazati i izložiti tijek glikolize s osvrtom na vrstu reakcije, supstrate, kosupstrate, produkte i enzime. Izložiti koncept fosforilacije na razini supstrata. Opisati fiziološki značaj glukoneogeneze, staničnu i tkivnu lokalizaciju. Objasniti ulazak glukoze i galaktoze u glikolizu i glukoneogenezu. Opisati put pentoza-fosfata. Rastumačiti razlike između oksidativnog i neoksidativnog ogranka puta pentoza fosfata.

S5 Biosinteza jednostavnih i složenih lipida.

Izložiti biosintezu triacilglicerola u jetri i masnom tkivu. Opisati prijenos endogenih triacilglicerola u krvotoku. Klasificirati složene lipide. Izložiti strukturu te opisati izvore i fiziološku ulogu fosfoglicerida. Izložiti sintezu fosfoglicerida. Izložiti strukturu te opisati izvore i fiziološku ulogu sfingolipida i glikolipida. Izložiti biosintezu sfingomijelina i glikosfingolipida.

S6 Slobodni radikali i oksidacijski stres.

Objasniti nastajanje i učinke slobodnih radikala. Objasniti mehanizme eliminacije slobodnih radikala. Uloga antioksidansa u savladavanju oksidacijskog stresa. Podjela i vrste antioksidansa.

S7 Metabolizam pojedinih aminokiselina.

Navesti osnovne međuprodukte nastale razgradnjom ugljikovog kostura pojedinih skupina aminokiselina i objasniti njihovu metaboličku sudbinu. Imenovati ketogene i glukogene aminokiseline. Sažeti biosintezu neesencijalnih aminokiselina iz međuprodukata ciklusa limunske kiseline i glikolize.

S8 Biološke membrane. Transport kroz membrane.

Opisati strukturu i svojstva bioloških membrana, lipide i proteine koji ih izgrađuju (trans-membranski proteini, periferni membranski proteini, proteini usidreni glikozilfosfatidilinozitolnim (GPI) sidrom; objasniti pokretljivost lipida i proteina u membranama; objasniti aktivni (primarni i sekundarni) i pasivni transport molekula kroz membranu.

Popis vježbi s pojašnjenjem:

V1 Laboratorijske metode u biokemiji

Objasniti princip metoda koje se koriste u biokemijskom laboratoriju (kromatografija, masena spektrometrija, imunokemijske metode (ELISA), western blot, analiza DNA). Primjena u biomedicinskim istraživanjima.

V2 Kvalitativno i kvantitativno određivanje proteina i ugljikohidrata u biološkim uzorcima.

Praktično primijeniti usvojeno znanje o kemijskim svojstvima aminokiselina, proteina i ugljikohidrata. Primijeniti kvalitativne kemijske metode u dokazivanju prisutnosti aminokiselina, proteina i ugljikohidrata u uzorku. Primijeniti stečeno znanje o fizikalnim svojstvima proteina za određivanje izolektričnog pH otopine proteina. Objasniti kvalitativne metode za dokazivanje šećera u biološkim uzorcima.

V3 Čimbenici enzimске aktivnosti.

Primijeniti stečeno znanje o ulozi enzima iz skupine hidrolaza. Praćenjem tijeka razgradnje škroba djelovanjem α -amilaze ustanoviti utjecaj pH i temperature na aktivnost enzima. Odrediti aktivnosti α -amilaze u serumu.

V4 Određivanje vrste enzimске inhibicije.

Na temelju eksperimentalnog rada, objasniti utjecaj koncentracije supstrata i inhibitora na brzinu enzimске reakcije te vrstu enzimске inhibicije.

Obveze studenata:

Svaku obvezu student treba obaviti savjesno i u zadanim rokovima kako bi mogao slijediti nastavu kolegija i biti ocijenjen pozitivnom konačnom ocjenom.

Da bi položili kolegij, student mora redovito pohađati sve oblike nastave te pristupiti provjerama znanja na međupitima i završnom ispitu.

Za svaki nastavni sat vodi se evidencija prisutnosti. Student može opravdano izostati 30% od svakog oblika nastave, što potvrđuje odgovarajućim dokazom. Student koji izostane s više od 30% nastave ne može pristupiti završnom ispitu. Time je prikupio 0 ECTS bodova, ocjenjuje se ocjenom F i mora ponovno upisati kolegij.

Očekuje se aktivno sudjelovanje studenta u nastavi samostalnim rješavanjem zadanih uradaka, samostalnim uključivanjem pitanjima i prijedlozima i/ili na poticaj nastavnika. Stoga se student upućuje na samostalno pripremanje za temu predviđenu nastavnim planom i programom prema zadanoj literaturi te na utvrđivanje i ponavljanje gradiva iznijetog na predavanjima/seminarima/vježbama prethodnog tjedna. Tijekom izrade vježbi provjeravaju se praktične vještine, samostalnost u radu, primjena usvojenog znanja te primjena sigurnosnih mjera prema sebi, drugima i okolišu. Student samostalno izvodi vježbu predviđenu planom i programom prema odgovarajućem propisu. Uz studenta je prisutan nastavnik, tehničar i demonstrator. Za rad u laboratoriju student mora imati propisanu radnu odjeću (bijelu kutu dugih rukava), potreban pribor (kalkulator, crtaći pribor) i Priručnik. Nakon izrade svake pojedine vježbe u Priručniku student treba napisati izvješće o praktičnom radu koje se predaje nakon odrađene vježbe.

Ispit:

Ocjenjivanje studenata provodi se prema važećem Pravilniku o studijima Sveučilišta u Rijeci, te prema Pravilniku o ocjenjivanju studenata na Medicinskom fakultetu u Rijeci usvojenom na Fakultetskom vijeću Medicinskog fakulteta u Rijeci.

U vrednovanju rada studenata uzima se u obzir uspješnost studenata tijekom nastave te na završnom ispitu. Tijekom nastave studenti mogu ostvariti do najviše **70 ocjenskih bodova** te do najviše **30 ocjenskih bodova** na završnom ispitu, odnosno ukupno maksimalno **100 ocjenskih bodova**.

Pojedine nastavne aktivnosti studenata za kolegij Biokemija u akademskoj godini 2020./2024. vrednuju se raspodjelom ocjenskih bodova na način prikazan u **tablici 1**.

Tablica 1. Vrednovanje nastavnih aktivnosti studenata

| | VREDNOVANJE | MAKS. BROJ OCJENSKIH BODOVA |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Pismeni međuispiti | Međuispit I | 30 |
| | Međuispit II | 30 |
| | Ukupno | 60 |
| Vježbe | Praktični dio i pismeno izvješće | 8 |
| Seminari | Aktivno sudjelovanje u nastavi | 2 |
| UKUPNO | | 70 |
| Završni ispit | Pismeni dio | 15 |
| | Usmeni dio | 15 |
| | Ukupno | 30 |
| UKUPNO | | 100 |

Međuispiti

Tijekom semestra planirane su dvije pismene provjere znanja (međuispiti I-II) na kojima se provjerava usvojenost gradiva s predavanja, seminara i vježbi obuhvaćenog sadržajem kolegija. Pristupanje međuispitima je obvezno. Položeni međuispiti vrijede tijekom tekuće akademske godine.

Na **međuispitu I** provjerava se gradivo predavanja P1-P8, seminara S1-S4 te vježbi V1-V4.

Na **međuispitu II** provjerava se gradivo predavanja P9-P17 i seminara S5-S8.

Na međuispitima I-II student može ostvariti ukupno 50 ocjenskih bodova. Na svakoj takvoj provjeri znanja student od ukupnog broja zadataka mora ostvariti minimalno 50% točnih odgovora kako bi zadovoljio kriterije za dobivanje ocjenskih bodova.

Tablica 2. Vrednovanje međuispita I-II.

| Postotak točno riješenih zadataka (%) | Ocjenski bodovi |
|---------------------------------------|-----------------|
| 50,00-54,99 | 15 |
| 55,00-59,99 | 16 |
| 60,00-64,99 | 17 |
| 65,00-69,99 | 18 |
| 70,00-72,49 | 19 |
| 72,49-74,99 | 20 |
| 75,00-77,49 | 21 |
| 77,50-79,99 | 22 |
| 80,00-82,49 | 23 |
| 82,50-84,99 | 24 |
| 85,00-87,49 | 25 |
| 87,50-89,99 | 26 |
| 90,00-92,49 | 27 |
| 92,50-94,99 | 28 |
| 95,00-97,49 | 29 |
| 97,50-100,00 | 30 |

Laboratorijske vježbe

U semestru su planirane četiri laboratorijske vježbe tijekom kojih student može prikupiti maksimalno 8 ocjenskih bodova. Vrednovanje vježbovne nastave podrazumijeva točno odrađenu vježbu (maksimalno 4 ocjenska boda) te ispunjen i priznat referat u Praktikum (maksimalno 4 ocjenska boda). Tijekom praktičnog rada student može biti pitan i usmeno.

Seminari

Na seminarima student može prikupiti maksimalno 2 ocjenska boda, a vrednovanje uključuje aktivno sudjelovanje tijekom seminarske nastave.

Popravni međuispit

Ponovno pristupanje međuispitu I i međuispitu II omogućiti će se onom studentu koji tijekom nastave ostvari manje od 35 ocjenskih bodova, studentu koji nije pristupio nekom međuispitu iz opravdanih razloga, te studentu koji želi ostvariti veći broj bodova na međuispitima.

Student koji želi ostvariti veći broj bodova na međuispitima dobiva one ocjenske bodove koje je ostvario popravkom međuispita. Ocjenski bodovi za popravak međuispita dodjeljuju se prema kriterijima navedenim u tablici 2.

Student može jedanput pristupiti popravku međuispita I i međuispita II u dva termina predviđena satnicom. U svakom terminu moguće je popravljati samo jedan međuispit.

Završni ispit

Student koji je uredno obavio sve oblike nastave i ostvario ukupno najmanje 35 ocjenskih bodova tijekom nastave i/ili nakon popravka međuispita stekao je pravo pristupiti završnom ispitu.

Student koji tijekom nastave i/ili nakon popravka međuispita ostvari od 0 do 34,99 ocjenskih bodova i/ili je izostao s više od 30% svih oblika nastave ocjenjuje se ocjenom F (neuspješan), ne može steći ECTS bodove i mora ponovo upisati kolegij Biokemija.

Završni ispit je obavezan, a sastoji se od *pismenog* i *usmenog dijela* i donosi maksimalno 30 ocjenskih bodova, a od toga 15 ocjenskih bodova na pismenom dijelu te 15 ocjenskih bodova na usmenom dijelu završnog ispita.

Na pismenom i usmenom dijelu završnog ispita provjera se usvojenost cjelokupnog gradiva predviđenog nastavnim planom i sadržajem kolegija.

Pismeni dio završnog ispita sastoji se od 30 pitanja. Student koji riješi 50% pismenog dijela ispita zadovoljava minimalne kriterije za dodjeljivanje ocjenskih bodova te može pristupiti usmenom dijelu ispita. Ocjenski bodovi dodjeljuju se prema skali ocjenjivanja navedenoj u tablici 3.

Student koji na pismenom dijelu završnog ispita ne zadovolji minimalne kriterije pristupa ponovno završnom ispitu u narednim terminima ispitnih rokova.

Student može polagati ispit najviše tri puta u jednoj akademskoj godini.

Tablica 3. Vrednovanje pismenog dijela završnog ispita.

| Postotak točno riješenih zadataka (%) | Ocjenski bodovi |
|---------------------------------------|-----------------|
| 50,00-59,99 | 7 |
| 60,00-64,99 | 8 |
| 65,00-69,99 | 9 |
| 70,00-74,99 | 10 |
| 75,00-79,99 | 11 |
| 80,00-84,99 | 12 |
| 85,00-89,99 | 13 |
| 90,00-94,99 | 14 |
| 95,00-100,00 | 15 |

Vrednovanje *usmenog dijela* završnog ispita je sljedeće:

7,5 – 8,5 ocjenskih bodova: odgovor zadovoljava minimalne kriterije

9,0 – 11,0 ocjenskih bodova: prosječan odgovor s primjetnim pogreškama

11,5 – 13,0 ocjenskih bodova: vrlo dobar odgovor s neznatnim pogreškama

13,5 – 15,0 ocjenskih bodova: izniman odgovor

Oblikovanje konačne ocjene

Konačna ocjena je zbroj ocjenskih bodova ostvarenih tijekom nastave i ocjenskih bodova ostvarenih na završnom ispitu.

Ocjenjivanje u ECTS sustavu provodi se apsolutnom raspodjelom, odnosno temeljem konačnog postignuća na sljedeći način:

A – 90-100 ocjenskih bodova

B – 75-89,9 ocjenskih bodova

C – 60-74,9 ocjenskih bodova

D – 50-59,9 ocjenskih bodova

F – 0-49,9 ocjenskih bodova

Brojčani sustav ocjenjivanja uspoređuje se s ECTS sustavom na sljedeći način:

A - izvrstan (5)

B – vrlo dobar (4)

C – dobar (3)

D– dovoljan (2)

F – nedovoljan (1)

Ostale napomene (vezane uz kolegij) važne za studente:

Kašnjenje i/ili neizvršavanje obveza

Nastava se održava u propisano vrijeme i nije moguće ulaziti nakon ulaska nastavnika. Na nastavu nije dozvoljeno unositi jela i pića te nepotrebno ulaziti/izlaziti s nastave. Za vrijeme nastave te tijekom vrijeme provjera znanja zabranjena je uporaba mobitela i drugih komunikacijski uređaji te ostalih pomagala koje nisu eksplicitno dozvoljene u nastavnom procesu/provjeri znanja. Ukoliko student ne bude poštivao odluku, biti će udaljen s nastave/ispita, a ispit studenta ocijenit će se ocjenom nedovoljan.

Akademski čestitost

Dužnost je nastavnika promicati akademsku čestitost i zahtijevati od studenata poštivanje akademskih normi ponašanja sukladno odredbama Etičkog kodeksa nastavnika, suradnika i znanstvenika Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci i Etičkog kodeksa studenata Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci.

Kontaktiranje s nastavnicima

Kontaktiranje s nastavnicima može se obaviti izravno tijekom nastave, u naznačeno vrijeme konzultacija u uredu nastavnika te putem elektronske pošte nastavnika i *Merlin* sustav za e-učenje. Mole se studenti da upite elektroničkim putem šalju isključivo radnim danima jer na taj način poštuju vrijeme tjednog odmora nastavnika.

prof. dr. sc. Robert Domitrović, univ. mag. med. biochem..

Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, Medicinski fakultet, Rijeka

Vrijeme konzultacija: utorak 9,00-10,00 (i prema dogovoru sa studentima)

e-mail: robert.domitrovic@medri.uniri.hr

doc. dr. sc. Jelena Marinić, dipl. ing. preh. tehn.

Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, Medicinski fakultet, Rijeka

Vrijeme konzultacija: utorak 9,00-10,00 (i prema dogovoru sa studentima)

e-mail: jelena.marinic@medri.uniri.hr

dr. sc. Iva Potočnjak, dipl. sanit. ing.

Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, Medicinski fakultet, Rijeka

Vrijeme konzultacija: utorak 9,00-10,00 (i prema dogovoru sa studentima)

e-mail: iva.potocnjak@medri.uniri.hr

Domagoj Antunović, mag. pharm.

Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, Medicinski fakultet, Rijeka

Vrijeme konzultacija: utorak 9,00-10,00 (i prema dogovoru sa studentima)

e-mail: domagoj.antunovic@medri.uniri.hr

Informiranje o predmetu

Studenti će na uvodnom predavanju biti upućeni na korištenje aktivnosti i resursa iz sustava za e-učenje *Merlin* na kojem će se objavljivati službene informacije vezane uz nastavu. Sustavu *Merlin* pristupa se na sljedećoj adresi: <https://moodle.srce.hr/2023-2024/>. Za prijavu je potreban elektronički identitet iz sustava AAI@EduHr. Osobna je odgovornost svakog studenta da bude redovito informiran.

Očekivane opće kompetencije studenata

Biokemija je interdisciplinarna znanost koja se nadovezuje na nastavu iz biologije, kemije i srodnih znanosti. Ovakva priprema omogućuje studentima integrirati znanja na molekularnoj i staničnoj razini te razmišljati i riješavati pitanja koja su u podlozi biokemijske/biomedicinske znanosti. Stoga su potrebna temeljna znanja iz organske kemije (kemijska svojstva organskih molekula relevantnih za biološke sustave, mehanizmi kemijskih reakcija u kojima te molekule sudjeluju) i opće i anorganske kemije (kemijska termodinamika, kemijska ravnoteža i slobodna energija). Od studenta se očekuje sudjelovati u radu korištenjem informacijsko-komunikacijske tehnologije.

SATNICA IZVOĐENJA NASTAVE (za akademsku 2024./2025. godinu)

| Datum | Predavanja (vrijeme i mjesto) | Seminari (vrijeme i mjesto) | Vježbe (vrijeme i mjesto) | Nastavnik |
|---------------------------|---|--|---|--|
| 6.3.2025. (1. tjedan) | P1 8,00-10,00 Predavaona 7 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 7.3.2025. | | P2 8,00-9,00 Predavaona 7 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 7.3.2025. | | S1 (grupa I i II) 9,00-10,00 Predavaona 7 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 13.3.2025. (2. tjedan) | P3 8,00-10,00 Predavaona 4 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 14.3.2025. | | S2 (grupa I i II) 14,00-16,00 Predavaona 15 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 14.3.2025. | | | V1 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 14.3.2025. | | | V1 (grupa II) 11,00-14,00 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 20.3.2025. (3. tjedan) | P4 8,00-10,00 Predavaona 5 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 21.3.2025. | | S3 (grupa I i II) 14,00-16,00 Predavaona 8 | | Dr.sc. I. Suman |
| 21.3.2025. | | | V2 (grupa I) 8,00-11,00 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 21.3.2025. | | | V2 (grupa II) 11,00-14,00 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 27.3.2025. (4. tjedan) | P5 8,00-10,00 Predavaona 5 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 28.3.2025. | | P6,7 14,00-16,00 Predavaona 15 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić Prof.dr.sc. R. Domitrović |
| 28.3.2025. | | | V3 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |

| | | | | |
|----------------------------|--|---|---|------------------------------|
| 28.3.2025. | | | V3 (grupa II) 11,00-14,00 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 3.4.2025. (5. tjedan) | P8 10,00-12,00 Predavaona 7 | | | Prof.dr.sc. R. Domitrović |
| 4.4.2025. | | S4 (grupa I i II) 14,00-16,00 Predavaona 15 | | Dr.sc. I. Suman |
| 4.4.2025. | | | V4 (grupa I) 08,00-10,15 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 4.4.2025. | | | V4 (grupa II) 11,00-13,15 Praktikum Zavoda | D. Antunović, mag. pharm. |
| 10.4.2025. (6. tjedan) | P9 10,00-12,00 Predavaona 7 | | | Prof.dr.sc. R. Domitrović |
| 11.4.2025. | P10 8,00-10,00 Predavaona 15 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 17.4.2025. (7. tjedan) | P11 8,00-10,00 Predavaona 15 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 18.4.2025. | | S6 (grupa I i II) 14,00-16,00 Predavaona 15 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 18.4.2025. | Meduispit I 9,00-10,00 Predavaona 2 | | | Dr.sc. I. Suman |
| 24.4.2025. (8. tjedan) | P12 8,00-10,00 Predavaona 15 | | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 25.4.2025. | | S5 (grupa I i II) 14,00-16,00 Predavaona 15 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 8.5.2025. (10. tjedan) | P13,14 10,00-13,00 Predavaona 2 | | | Prof.dr.sc. R. Domitrović |
| 9.5.2025. | P15,16 10,00-13,00 Predavaona 15 | | | Prof.dr.sc. R. Domitrović |
| 15.5.2025. (11. tjedan) | P17,18 10,00-13,00 Predavaona 5 | | | Prof.dr.sc. R. Domitrović |

| | | | | |
|------------|---|--|--|------------------------------|
| 16.5.2025. | | S7 (grupa I i II) 10,00-12,00 Predavaona 15 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 16.5.2025. | | S8 (grupa I i II) 12,00-14,00 Predavaona 15 | | Doc.dr.sc. Jelena Marinić |
| 22.5.2025. | Međuispit II 9,00-10,00 Predavaona 1 | | | Dr.sc. I. Suman |
| 30.6.2025. | Popravak međuispita I-II | | | Dr.sc. I. Suman |
| 14.7.2025. | Popravak međuispita I-II | | | Dr.sc. I. Suman |

| | ISPITNI TERMINI (završni ispit) |
|----|--|
| 1. | 16.6.2025. |
| 2. | 30.7.2025. |
| 3. | 14.7.2025. |
| 4. | 9.9.2025. |
| 5. | 23.9.2025. |

Popis predavanja, seminara i vježbi:

| | PREDAVANJA (tema predavanja) | Broj sati nastave | Mjesto održavanja |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|
| P1 | Proteinogene aminokiseline. Peptidi. | 2 | Predavaona 7 |
| P2 | Struktura i funkcija proteina. | 1 | Predavaona 7 |
| P3 | Enzimi. Kinetika enzimskih reakcija. Regulacija enzimske aktivnosti. | 2 | Predavaona 4 |
| P4 | Probava i apsorpcija ugljikohidrata. Glikoliza. Regulacija glikolize. | 2 | Predavaona 5 |
| P5 | Metabolizam glikogena: glikogeneza i glikogenoliza. Regulacija metabolizma glikogena.. | 2 | Predavaona 5 |
| P6 | Glukoneogeneza. Regulacija glukoneogeneze. Ciklus mliječne kiseline | 1 | Predavaona 15 |
| P7 | Oksidacijska dekarboksilacija ketokiselina. Oksidacija piruvata. | 1 | Predavaona 15 |
| P8 | Ciklus limunske kiseline. Uloga okretišta metabolizma. Regulacija ciklusa limunske kiseline. | 2 | Predavaona 7 |
| P9 | Respiracijski lanac. Redoks sustavi i biološke oksidacije. Sinteza ATP-a. | 2 | Predavaona 7 |
| P10 | Probava i apsorpcija masti. Lipoproteini. | 2 | Predavaona 15 |
| P11 | β -oksidacija masnih kiselina. Biosinteza masnih kiselina i regulacija. | 2 | Predavaona 15 |
| P12 | Biosinteza i metabolizam kolesterola. Ketogeneza. | 2 | Predavaona 15 |
| P13 | Struktura i funkcija DNA. Replikacija. Transkripcija. | 2 | Predavaona 2 |
| P14 | Biosinteza proteina. Post-translacijske modifikacije. | 1 | Predavaona 2 |
| P15 | Probava i apsorpcija proteina. Metabolizam aminokiselina. Dekarboksilacija. Transaminacija. | 2 | Predavaona 15 |
| P16 | Oksidacijska dezaminacija. Ciklus ureje. | 1 | Predavaona 15 |
| P17 | Signalne molekule. Uloga u regulaciji metabolizma. | 1 | Predavaona 5 |
| P18 | Vrste stanične signalizacije. | 2 | Predavaona 5 |
| | Ukupan broj sati predavanja | 30 | |

| | SEMINARI (tema seminara) | Broj sati nastave | Mjesto održavanja |
|----|---|--------------------------|--------------------------|
| S1 | Hemoglobin i mioglobin. | 1 | Predavaona 7 |
| S2 | Enzimi. Vrste enzimske inhibicije. | 2 | Predavaona 15 |
| S3 | Uloga kofaktora u enzimskoj katalizi. | 2 | Predavaona 7 |
| S4 | Metabolizam ostalih heksoza. Put pentoza-fosfata. | 2 | Predavaona 15 |
| S5 | Biosinteza jednostavnih i složenih lipida. | 2 | Predavaona 15 |
| S6 | Slobodni radikali i oksidacijski stres. | 2 | Predavaona 15 |
| S7 | Metabolizam pojedinih aminokiselina. | 2 | Predavaona 15 |
| S8 | Biološke membrane. Transport kroz membrane. | 2 | Predavaona 15 |

| | | | |
|--|----------------------------------|-----------|--|
| | Ukupan broj sati seminara | 15 | |
|--|----------------------------------|-----------|--|

| | VJEŽBE (tema vježbe) | Broj sati nastave | Mjesto održavanja |
|----|---|--------------------------|--------------------------|
| V1 | Laboratorijske metode u biokemiji. Kromatografske metode, masena spektrometrija, imunokemijske metode, western blot, analiza DNA. | 4 | Online |
| V2 | Kvalitativno i kvantitativno određivanje proteina i ugljikohidrata u biološkim uzorcima. | 4 | Praktikum Zavoda |
| V3 | Čimbenici enzimske aktivnosti. Utjecaj koncentracije supstrata, pH i temperature na aktivnost enzima. | 4 | Praktikum Zavoda |
| V4 | Određivanje vrste enzimske inhibicije. | 3 | Online |
| | Ukupan broj sati vježbi | 15 | |