

Kolegij: Biokemija lijekova

Voditelj: naslovna izv. prof. dr. sc. Ivana Vinković Vrček, znan. savj. u tr. iz.

Suradnici: naslovna viša asistentica dr.sc. Lucija Božičević, mag. pharm.

Katedra: Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju

Studij: Integrirani prijediplomski i diplomski sveučilišni studij farmacije

Godina studija: 4. godina

Akadska godina: 2025./2026.

IZVEDBENI NASTAVNI PLAN

Podatci o kolegiju:

Kolegij **Biokemija lijekova** je obvezni kolegij na Integriranom prijediplomskom i diplomskom sveučilišnom studiju farmacije. Nastava se odvija u osmom semestru četvrte godine studija, a sastoji se od **45 sati predavanja, 15 sati seminara i 30 sati vježbi**, odnosno ukupno 90 nastavnih sati (**7 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 i Odjela za biotehnologiju Sveučilišta u Rijeci, te u Praktikumu Zavoda za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju Medicinskog fakulteta.

Cilj kolegija

Cilj nastave predmeta **Biokemija lijekova** je stjecanje osnovnih znanja o apsorpciji, distribuciji, metabolizmu i izlučivanju lijekovitih tvari, ksenobiotika i endobiotika kao i o učincima njihovih metabolita na ljudski organizam, te primjenjivanje stečenog znanja na prepoznavanje učinkovitosti i toksičnosti lijekova, njihovih metaboličkih međuprodukata i produkata.

Sadržaj kolegija

Kolegij sadržava područja koja su obuhvaćena sljedećim poglavljima:

- Osnove o apsorpciji, distribuciji, metabolizmu i izlučivanju lijekovitih tvari, ksenobiotika i endobiotika (pregled, ADME baza podataka)
- Metabolički putevi prve i druge faze metabolizma
- Reakcije prve faze (oksidacije, hidroksilacije, redukcije, hidrolize, ciklizacije)
- Sustav citokroma P450
- Reakcije druge faze (metilacije, acetilacije, sulfokonjugacije, glukuronidacije, reakcije s reduciranim oblikom glutaciona)
- Stereoselektivnost metabolizma
- Prolijekovi
- Indukcije i inhibicije enzima
- Interindividualni i intraindividualni čimbenici metabolizma lijekova
- Pretkliničke metode istraživanja metabolizma lijekova
- Regulatorni aspekti toksičnosti u metabolizmu lijekova

Ishodi učenja:

IUFAR8011. Predvidjeti metaboličke putove lijeka i endogene tvari te njihove metabolite(IUSPF2, IUSPF6)

IUFAR8012. Imenovati i opisati reakcije prve i druge faze metabolizma lijekova (IUSPF2)

IUFAR8013. Objasniti način biokemijske aktivacije i ulogu prolijekova (IUSPF2)

IUFAR8014. Objasniti parametre koji utječu na apsorpciju, distribuciju, metabolizam i izlučivanje lijekovitih tvari (IUSPF2, IUSPF6, IUSPF31)
IUFAR8015. Predvidjeti potencijalnu toksičnost lijeka (IUSPF2, IUSPF6, IUSPF28, IUSPF31)
IUFAR8016. Predvidjeti potencijalne interakcije lijekova (IUSPF2, IUSPF6, IUSPF28)

Popis obvezne ispitne literature:

1. B. Testa, S.D. Krämer, The Biochemistry of Drug Metabolism: Volume 1: Principles, Redox Reactions, Hydrolyses, Wiley-VCH, Verlag GmbH, Weinheim, 2008.
3. B. Testa, S.D. Krämer, The Biochemistry of Drug Metabolism: Volume 2: Conjugations, Consequences of Metabolism, Influencing Factors, Wiley-VCH, Verlag GmbH, Weinheim, 2010.
4. M. Jadrijević-Mladar Takač, Vježbe iz biokemije lijekova, FBF 2015. (ISBN 978-953-6256-84-6)

Nastavni plan:

Popis predavanja:

- P1: Osnovne značajke metabolizma lijekova (1.1-1.3) – (4 sata)
P2: Posljedice metabolizma lijekova i razvoj lijekova (1.4 – 1.5) (2 sata)
P3: Biokemija citokroma P450 (CYP) i flavin monooksigenaza (FMO) 2.1. (4 sata)
P4: CYP-katalizirane C-oksidacije – 2.2-2.3 (3 sata)
P5: Oksidacije N- i S- spojeva – 2.4 (3 sata)
P6: Ostale reakcije katalizirane CYP-om – 2.5 (3 sata)
P7: Ostale oksidoreduktaze i njihove reakcije – 2.6 (2 sata)
P8: Reakcije hidrolize i enzimi – 3.1 (3 sata)
P9: Reakcije hidrolize: karboksilni esteri i transesterifikacije – 3.2-3.3 (3 sata)
P10: Reakcije hidrolize: amidi, peptidi, anorganske kiseline – 3.4-3.6 (3 sata)
P11: Ostale reakcije hidrolize – 3.7-3.8 (2 sata)
P12: Metilacije, sulfonacije i fosforilacije – 4.2 – 4.3 (3 sata)
P13: Glukuronidacije i ostale glikozidacije – 4.4. (2 sata)
P14: Acetilacije i ostale acilacije – 4.5 (2 sata)
P15: Stvaranje i sudbina konjugata s konezimom A – 4.6 (2 sata)
P16: Reakcije s glutationom – 4.7 (2 sata)
P17: Metabolizam i bioaktivnost (2 sata)

Popis seminara:

- S1: In silico metode proučavanja metabolizma lijekova (2 sata)
S2: In vitro metode proučavanja metabolizma lijekova (2 sata)
S3: In vivo metode proučavanja metabolizma lijekova (3 sata)
S4: Interindividualni čimbenici metabolizma lijekova (3 sata)
S5: Intraindividualni čimbenici metabolizma lijekova (3 sata)
S6: Regulatorni aspekti toksičnosti u metabolizmu lijekova (2 sata)

Popis vježbi:

- V1 Istraživanje odnosa između kemijske strukture lijekova, fizičko-kemijskih svojstava, sličnosti s lijekovima poznatog farmakološkog učinka i biološke aktivnosti (QSAR)
V2 In vitro ispitivanje metabolizma lijekova.
V3 In vivo ispitivanje metabolizma lijekova.
V4 Ispitivanje vezivanja lijekova na proteine plazme – Vezivanje lijekova na humani serumski albumin (HSA).
V5 Ispitivanje potencijalnih lijek-lijek interakcija na temelju predviđenih metaboličkih reakcija kataliziranih CYP enzimima.

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, studenti moraju redovito pohađati sve oblike nastave (minimalni postotak prisutnosti na predavanjima i seminarima iznosi 70%, a na vježbama 100%) te pristupiti provjerama znanja na međuispitima 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, crtači pribor) i Priručnik. Nakon izrade svake pojedine vježbe u Priručniku student treba napisati izvješće o praktičnom radu koje se predaje nakon odrađene vježbe.

Uvjeti za upis predmeta:

Za upis predmeta Biokemija lijekova (FAR801), uvjeti su položeni ispiti iz predmeta Farmaceutska i medicinska kemija I (FAR401) i Biokemija (FAR403) te odslušana nastava na predmetu Farmaceutska i medicinska kemija II (FAR502).

Ispit:

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	1. kolokvij (test, 14 pitanja)	14
	2. kolokvij (test, 14 pitanja)	14
	Ukupno	28
Vježbe	Praktični dio i pismeno izvješće	30
Seminari	Aktivno sudjelovanje u nastavi	2
UKUPNO		60
Završni ispit	Pisani ispit (test, 20 pitanja)	30
	Usmeni ispit	10
	Ukupno	40
UKUPNO		100

Rad i postignuća studenata izražavaju se postignutim % ocjenskim bodovima na temelju kojih se formira završna ocjena. Studenti mogu steći ukupno 100 % ocjenskih bodova, najviše 60 % ocjenskih bodova tijekom nastave i najviše 40 % ocjenskih bodova na završnom ispitu. Studenti mogu pristupiti završnom ispitu ako tijekom nastave steknu najmanje 30 ocjenskih bodova (50% mogućih) od kojih je najmanje 15 ocjenskih bodova (50% mogućih) s vježbi. Završni ispit, koji ima najviše 40 % ocjenskih bodova, sastoji se od pismenog (najviše 30 % ocjenskih bodova) i usmenog dijela (najviše 10 % ocjenskih bodova). Na pisanom dijelu ispita student mora steći najmanje 15 ocjenskih bodova (50% mogućih) da bi mogao pristupiti usmenom dijelu završnog ispita. Konačna ocjena donosi se temeljem ukupnog broja ostvarenih % ocjenskih bodova, a sukladno čl. 43 Pravilnika o studijima Sveučilišta u Rijeci.

Međuispiti

Tijekom semestra planirane su dvije pismene provjere znanja (1. i 2. kolokvij) 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 **1. kolokviju** provjerava se gradivo predavanja P1-P11, seminara S1-S4 te vježbi V1-V2.

Na **2. kolokviju** provjerava se gradivo predavanja P12-P19, seminara S5-S6, te vježbi V3-V5.

Laboratorijske vježbe

U semestru je planirano pet laboratorijskih vježbi tijekom kojih student može prikupiti maksimalno 30 ocjenskih bodova. Vrednovanje vježbovne nastave podrazumijeva točno odrađenu vježbu (maksimalno 3 ocjenska boda) te ispunjen i priznat referat za odrađenu vježbu (maksimalno 2 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 kolokvijima 1. ili 2. 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.

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 40 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 39,99 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 40 ocjenskih bodova, a od toga 30 ocjenskih bodova na pismenom dijelu te 10 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 20 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 2.

Tablica 2. Vrednovanje pismenog dijela završnog ispita.

Postotak točno riješenih zadataka (%)	Ocjenski bodovi
50,00-59,99	14
60,00-64,99	16
65,00-69,99	18
70,00-74,99	20
75,00-79,99	22
80,00-84,99	24
85,00-89,99	26
90,00-94,99	28
95,00-100,00	30

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.

Vrednovanje *usmenog dijela* završnog ispita je sljedeće:

4,5 – 5,5 ocjenskih bodova: odgovor zadovoljava minimalne kriterije

6,0 – 7,5 ocjenskih bodova: prosječan odgovor s primjetnim pogreškama

8,0 – 9,0 ocjenskih bodova: vrlo dobar odgovor s neznatnim pogreškama

9,5 – 10,0 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, te se brojčani sustav uspoređuje se s ECTS sustavom na sljedeći način:

A – 90-100 ocjenskih bodova - izvrstan (5)

B – 75-89,9 ocjenskih bodova - vrlo dobar (4)

C – 60-74,9 ocjenskih bodova - dobar (3)

D – 50-59,9 ocjenskih bodova - dovoljan (2)

F – 0-49,9 ocjenskih bodova - 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 komunikacijskih uređaja te ostalih pomagala koja nisu eksplicitno dozvoljena 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.

Akadska 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.

Naslovni izv. prof. dr. sc. Ivana Vinković Vrček, znan. savj. u tr. iz.

Vrijeme konzultacija: prema dogovoru sa studentima (e-mail: ivinkovic@imi.hr)

naslovna viša asistentica dr.sc. Lucija Božičević, mag. pharm.

Vrijeme konzultacija: prema dogovoru sa studentima (e-mail: lbozicevic@imi.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. Za prijavu je potreban elektronički identitet iz sustava AAI@EduHr. Osobna je odgovornost svakog studenta da bude redovito informiran.

SATNICA IZVOĐENJA NASTAVE (za akademsku 2025./2026. godinu)

Datum	Predavanja (vrijeme i mjesto)	Seminari (vrijeme i mjesto)	Vježbe (vrijeme i mjesto)	Nastavnik
4.3.2026.	P1 (4 sata) 9,00-13,00 Dvorana SC-a			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
5.3.2026.	P2 (4 sata) 9,00-13,00 Dvorana SC-a			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
12.3.2026.		S1 i S2 (4 sata) 9,00-13,00 Dvorana SC-a		Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
13.3.2026.			V1 (4 sata) 12,00-16,00 Praktikum, MEDRI	Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
18.3.2026.	P3 (4 sata) 9,00-13,00 Dvorana SC-a			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
27.3.2026.	P4, P5, P6 (8 sati) 8,00-16,00 Dvorana SC-a			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
2.4.2026.			V2 (4 sata) 8,00-12,00 Praktikum, MEDRI	Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
3.4.2026.	P6, P7 (4 sata) 8,00-12,00 Dvorana SC-a			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
7.4.2026.		S3 (3 sata) 9,00-12,00 Dvorana SC-a		Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
8.4.2026.	P8, P9 (4 sata) 8,00-12,00 Dvorana SC-a			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
13.4.2026.	P10, P11 (5 sati) 8,00-13,00 Zavod za temeljnu i kliničku			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček

	farmakologiju s toksikologijom			
13.4.2026.		S4 (3 sata) 13,00-17,00 P06, MEDRI		Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
15.4.2026.			V3 (4 sata) 8,00-12,00 Praktikum, MEDRI	Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
24.4.2026.	1. KOLOKVIJ 9,00-13,00 (4 sata) Dvorana SC-a			Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
30.4.2026.	P12 (3 sata) 13,00-16,00 Zavod za temeljnu i kliničku farmakologiju s toksikologijom			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
7.5.2026.		S5 (3 sata) 9,00 – 12,00 Dvorana SC-a		Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
8.5.2026.		S6 (3 sata) 13,00 – 16,00 P07, MEDRI		Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
11.5.2026.	P13, P14 (5 sati) 8,00-12,00 Zavod za temeljnu i kliničku farmakologiju s toksikologijom			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
14.5.2026.			V4 (4 sata) 9,00-13,00 Praktikum, MEDRI	Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
15.5.2026.			V5 (4 sata) 13,00-17,00 Praktikum, MEDRI	Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
21.5.2026.	P15, P16 (4 sata) 9,00-13,00			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček

	Zavod za temeljnu i kliničku farmakologiju s toksikologijom			
28.5.2026.	P17 (2 sata) 9,00-11,00 Zavod za temeljnu i kliničku farmakologiju s toksikologijom			Naslovni izv. prof. dr.sc. Ivana Vinković Vrček
3.6.2026.	2. KOLOKVIJ 8,00-12,00 (4 sata) Dvorana SC-a			Naslovna viša asistentica Lucija Božičević
12.6.2026.	Popravlak KOLOKVIJA 1 ILI 2 Dvorana SC-a			Naslovna viša asistentica Lucija Božičević

- **Praktikum Zavoda - Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, MEDRI**

	ISPITNI TERMINI (završni ispit)
1.	23.6.2026.
2.	7.7.2026.
3.	21.7.2026.
4.	3.9.2026.
5.	17.9.2026.