



СИЛАБУС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

БІЛКОВА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ДИЗАЙН БІЛКІВ

спеціальність	162 Біотехнології та біоінженерія	обов'язковість дисципліни	вибіркова
освітня програма	Біотехнологія	факультет	Біотехнологій
освітній рівень	перший (бакалаврський)	кафедра	біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів

ВИКЛАДАЧ

Мироненко Лілія Сергіївна



**Вища освіта – спеціальність біотехнологія біологічно-активних речовин
Науковий ступень - кандидат технічних наук 05.18.06 Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів**

Вчене звання – доцент кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів

Досвід роботи – більше 10 років

Показники професійної активності з тематики курсу:

- співавторка 2 тематичних публікацій;
- учасниця міжнародних наукових конференцій.

телефон 0968958480

електронна пошта mironenko@btu.kharkiv.ua
foxphenek@gmail.com
fox-phenek@ukr.net

дистанційна підтримка Moodle
Google Meet

До викладання дисципліни долучені: --

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНЮ КОМПОНЕНТУ (ДИСЦИПЛІНУ)

Мета	Метою дисципліни є формування у студентів здатностей до аналізу основних фундаментальних інструментів та методів, які зараз використовуються для конструювання білкових молекул; охоплення методів, які використовуються для аналізу впливу цих змін на різні функції білків з особливим акцентом на ферментативному каталізі; використання конкретних прикладів для закріплення розглянутих концепцій, а також для демонстрації студентській аудиторії широкого впливу досліджень у галузі білкової інженерії; застосування базових понять хімічної інженерії до конкретних підходів, що використовуються в білковій інженерії; охоплення основ білкової інженерії та її застосування в медицині, хімічних процесах та енергетиці.
Формат	лекції, практичні заняття, самостійна робота, тестові завдання.
Деталізація результатів навчання	-- вміння визначати та аналізувати основні фізико-хімічні властивості органічних сполук, що входять до складу біологічних агентів (білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди)./ ІК, ЗК 1, ЗК 4, ЗК 5, ФК 2, ПРН 6.
Обсяг і форми контролю	3 кредитів ECTS (30 годин): 12 годин лекції, 18 годин практичні заняття; 60 годин самостійна робота; модульний контроль (1 модуль); підсумковий контроль – залік.
Вимоги викладача	Відвідування он-лайн занять, вчасне виконання завдань, активність.
Умови зарахування	згідно з навчальним планом.

ВІДПОВІДНІСТЬ СТАНДАРТУ ОСВІТИ І ОСВІТНІЙ ПРОГРАМІ

Компетенції	<p>ІК Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю у біотехнології, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів біотехнології.</p> <p>ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК 4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>ЗК 5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ФК 2. Здатність використовувати ґрунтовні знання з хімії та біології в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.</p>	Програмні результати навчання	ПРН 6. Вміти визначати та аналізувати основні фізико-хімічні властивості органічних сполук, що входять до складу біологічних агентів (білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди).
--------------------	---	--------------------------------------	--

СТРУКТУРА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ (ДИСЦИПЛІНИ)

Модуль 1.					
Лекція 1.	Вступ до вивчення структури та функцій білків.	Практичне заняття 1 (ПЗ 1)	Дизайн білкової інженерії: від спрямованої еволюції до синтезу <i>de novo</i>.	Самостійн	Самостійна робота студента по дисципліні включає самостійне вивчення тем, перелік яких наводиться нижче (15 годин):

Лекція 2.	Амінокислоти: будівельні елементи білків.	ПЗ 2	Прориви в методах комп'ютерного дизайну відкривають нові горизонти для білкової інженерії <i>de novo</i> .	<ol style="list-style-type: none"> 1 Структура та функції фібрилярних (волокнистих) білків. 2 Структура та функції мембранних білків. 3 Різноманітність білків. 4 Кінетика, структура, функції та каталіз ферментів. 5 Рекомбінантна ДНК. 6 Твердофазний синтез пептидів. 7 Пост-трансляційні модифікації у білках. 8. Ірраціональний пептидний синтез. 9 Неприродні амінокислоти. 10 Нативна хімічна лігація. 11 Розробка терапевтичних засобів на основі білків за допомогою структурного та хімічного дизайну. 12 Розробка жовтого термостабільного флуоресцентного білка шляхом раціонального дизайну. 13 Модулювання співтрансляційного згортання білків за допомогою раціонального дизайну та рибосомної інженерії. 14 Самозбірні наноосії зі штучних білків: дизайн, функціоналізація та застосування для доставки ліків. 15 Білкова інженерія та дизайн: досягнення нових висот. 16 Ефективне дослідження простору послідовностей за допомогою інженерії та дизайну білків, керованих послідовністю. 17 Дизайн та інженерія алостеричних зв'язків у білках. 18 Стратегії білкової інженерії для раціонального дизайну імуногенів. 19 Розробка на основі моделювання для конструювання білкових гідрогелів з
Лекція 3.	Тривимірна структура білків.	ПЗ 3	Розробка нових ферментних біокаталізаторів для промислових біопроектів: використання можливостей білкової інженерії, високопродуктивного скринінгу та синтетичної біології.	
Лекція 4.	Синтез, переробка та обмін білків.	ПЗ 4	Забезпечення керованої машинним навчанням білкової інженерії за допомогою розумного дизайну бібліотек та масових паралельних аналізів.	
Лекція 5.	5.1) Експресія, очищення та характеристика білків. 5.2) Фолдинг білків <i>in vivo</i> та <i>in vitro</i> .	ПЗ 5	Білкові наночастинки: об'єднання сили білків з підходами інженерного дизайну.	
Лекція 6.	6.1) Вступ до білкового дизайну. 6.2) Дизайн нових функцій білків.	ПЗ 6	Протеїнова інженерія в дизайні білок-білкових взаємодій: інгібітори SARS-CoV-2 в якості тестового кейсу.	
		ПЗ 7	Розробка білків павукового шовку для індукованої людиною інженерії серцевої тканини на основі плюрипотентних стовбурових клітин.	
		ПЗ 8	8.1 Метод сайт-спрямованого мутагенезу для білкової інженерії шляхом раціонального дизайну. 8.2 Mutation maker -- платформа з відкритим вихідним кодом для оліго-дизайну для білкової інженерії.	
			ПЗ 9	

випадковими співполімерами.

20 Розробка та відбір інженерних літичних білків з деколонізуючою активністю щодо стафілококу.

21 Дизайн флуоресцентних білків з великим стоксовим зсувом на основі переносу протонів збудженого стану з розробленої фотооснови.

22 Раціональний дизайн програмованих монодисперсних напівсинтетичних білкових наноматеріалів, що містять інженерну дисульфідну функціональність.

23 Розробка зріджених клітинних капсул на основі білків з біоіндукованою адгезією для тканинної інженерії.

24 Поєднання машинного навчання зі структурним дизайном білків для прогнозування та інженерії посттрансляційних модифікацій білків.

25 TReSR: метод конструювання ПЛР-сумісних послідовностей ДНК для інженерії білків, що містять тандемні повтори.

26 Консенсусний дизайн та інженерія ефективною та високопродуктивною пептидною аспарагініловою лігази для циклізації та лігування білків.

27 Дизайн та застосування систем доставки білків у наномедицині та тканинній інженерії.

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА ТА МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література:

1. Chica, R.A., Ferruz, N. (2024). What does it take for an 'AlphaFold Moment' in functional protein engineering and design? *Nat Biotechnol*, 42, 173–174. <https://doi.org/10.1038/s41587-023-02120-z>
2. (2024). Protein engineering and design. *Nat Biotechnol*, 42, 183. <https://doi.org/10.1038/s41587-024-02124-3>
3. Shin, J.; Jang, Y. (2023). Rational design and engineering of polypeptide/protein vesicles for advanced biological applications. *Journal of materials chemistry B*, 11(37), 8834–8847. DOI10.1039/d3tb01103h
4. Ebrahimi, S.B., Samanta, D. (2023). Engineering protein-based therapeutics through structural and chemical design. *Nat Commun*, 14, 2411. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38039-x>
5. Hsu, Chloe (2023). *Learning to design and engineer proteins from evolution, 3D structures, and experiments*. ProQuest Dissertations Publishing, University of California, Berkeley.
6. Anderson, M.R., Padgett, C.M., Dargatz, C.J., Nichols, C.R., Vittalam, K.R., DeVore, N.M. (2023). Engineering a yellow thermostable fluorescent protein by rational design. *ACS Omega*, 8(1), 436–443. DOI10.1021/acsomega.2c05005
7. Ahn, M., Wlodarski, T., Mitropoulou, A., Chan, S.H.S., Sidhu, H., Plessa, E., Becker, T.A., Budisa, N., Waudby, C.A., Beckmann, R., Cassaignau, A.M.E., Cabrita, L.D., Christodoulou, J. (2022). Modulating co-translational protein folding by rational design and ribosome engineering. *Nature communications*, 13(1), 5441. DOI10.1038/s41467-022-33270-4
8. Leonard, A.C., Whitehead, T.A. (2022). Design and

Допоміжна література:

1. Ertelt M, Mulligan VK, Maguire JB, Lyskov S, Moretti R, Schiffner T, et al. (2024). Combining machine learning with structure-based protein design to predict and engineer post-translational modifications of proteins. *PLoS Comput Biol* 20(3): e1011939. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011939>
- 2 Chungyoun, M.F., Gray, J.J. (2023). AI models for protein design are driving antibody engineering. *Current opinion in biomedical engineering*, Vol.28, 100473. DOI10.1016/j.cobme.2023.100473
3. Prasathkumar, M., Dhriya, C., Lin, F.H., Sadhasivam, S. (2023). The design and developments of protein-polysaccharide biomaterials for corneal tissue engineering. *Advanced materials technologies*, Vol.8, Is.15. DOI10.1002/admt.202300171
4. Davey J.A., Goto N.K. (2023). TReSR: a PCR-compatible DNA sequence design method for engineering proteins containing tandem repeats. *PLoS ONE*, 18(4): e0281228. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281228>
5. Hemu, X., Zhang, X.H., Chang, H.Y., Poh, J.E., Tam, J.P. (2023). Consensus design and engineering of an efficient and high-yield peptide asparaginyl ligase for protein cyclization and ligation. *Journal of biological chemistry*, Vol.299, Is.3, 102997. DOI10.1016/j.jbc.2023.102997
6. Maglia, G. (2021). Design and engineering nanopores for single-protein analysis and sequencing. *FEBS OPEN BIO*, 11(1), 30–30, S-05.2-3.
7. Zhang, H., Zhai, W.X., Lin, L., Wang, P., Xu, X.Y., Wei, W., Wei, D.Z. (2021). In silico rational design and protein engineering of disulfide bridges of an α -amylase from *Geobacillus* sp. to improve thermostability. *STARCH-STARKE*, 73(9-10), 2000274. DOI10.1002/star.202000274
8. Maity, S., Sheng, W., Ehyaei, N., Kimmel, T.E., Geiger, J.H., Borhan, B. (2021). Reversible Michael addition of an engineered cysteine residue to a light activated ligand, a new design strategy for a synthetic photoswitchable fluorescent protein. *Biophysical journal*, 120(3), 365A.
9. Bizeau, J., Mertz, D. (2021). Design and applications of protein delivery systems in nanomedicine and tissue engineering. *Advances in Colloid and Interface Science*, 102334. doi:10.1016/j.cis.2020.102334
10. ElGamacy, M., Alvarez, B.H., Skokowa, J., Lupas, A. (2021). Damietta: a tensorised protein design engine, and its application in therapeutic protein engineering. *Protein science*, 30, 62–62.

- engineering of genetically encoded protein biosensors for small molecules. *Current opinion in biotechnology*, 78, 102787. DOI10.1016/j.copbio.2022.102787
9. Tee, W.V., Tan, Z.W., Guarnera, E., Berezovsky, I.N. (2022). Conservation and diversity in allosteric fingerprints of proteins for evolutionary-inspired engineering and design. *Journal of molecular biology*, 434(17) SI, 167577. DOI10.1016/j.jmb.2022.167577
10. Li, Y.R., Champion, J.A. (2022). Self-assembling nanocarriers from engineered proteins: Design, functionalization, and application for drug delivery. *Advanced drug delivery reviews*, 189, 114462. DOI10.1016/j.addr.2022.114462
11. McCue, A.C., Kuhlman, B. (2022). Design and engineering of light-sensitive protein switches. *Current opinion in structural biology*, 74, 102377. DOI10.1016/j.sbi.2022.102377
12. Derat, E., Kamerlin, S.C.L. (2022). Computational advances in protein engineering and enzyme design. *Journal of physical chemistry B*, 126(13), 2449-2451. DOI10.1021/acs.jpcc.2c01198
13. Hocker, B., Zielonka, S. (2022). Protein engineering & design: hitting new heights. *Biological chemistry*, 403(5-6), 453-453. DOI10.1515/hsz-2022-0139
14. Clifton, B., Kozome, D., Laurino, P. (2022). Efficient exploration of sequence space by sequence-guided protein engineering and design. *Biochemistry*. DOI10.1021/acs.biochem.1c00757
15. Chen, J.X., Vishweshwaraiah, Y.L., Dokholyan, N.V. (2022). Design and engineering of allosteric communications in proteins. *Current opinion in structural biology*, 73, 102334. DOI10.1016/j.sbi.2022.102334
16. Habibi, N., Mauser, A., Ko, Y., Lahann, J. (2022).

Protein nanoparticles: uniting the power of proteins with engineering design approaches. *Advanced science*, 9(8), 2104012. DOI10.1002/advs.202104012

17. Kikuchi, K., Fukuyama, T., Uchihashi, T., Furuta, T., Maeda, Y.T., Ueno, T. (2022). Protein needles designed to self-assemble through needle tip engineering. *Small*, 18(10), 2106401. DOI10.1002/smll.202106401

18. Karki, Uddhab (2022). *Enhancing production of functional proteins in plant cell culture through cellular engineering and rational protein design*. Dissertation/Thesis, Arkansas State University.

19. Khatoon, N., Adusumilli, S., Dey, P., Sharma, R., Kampani, P., Shandilya, J., Nayak, T.K. (2022). Protein engineering and design in ion channels and receptors. Book Chapter. *Methods in cell biology*, 169(B), 143-168. DOI10.1016/bs.mcb.2021.12.031

20. Caradonna, T.M., Schmidt, A.G. (2021). Protein engineering strategies for rational immunogen design. *NPJ VACCINES*, 6(1), 154. DOI10.1038/s41541-021-00417-1

21. Chu, H.Y., Wong, A.S.L. (2021). Facilitating machine learning-guided protein engineering with smart library design and massively parallel assays. *Advanced genetics (Hoboken, N.J.)*, 2(4), 2100038. DOI10.1002/ggn2.202100038

22. Cardellini, A., Jiménez-Angeles, F., Asinari, P., de la Cruz, M.O. (2021). A modeling-based design to engineering protein hydrogels with random copolymers. *ACS NANO*, 15(10), 16139-16148. DOI10.1021/acsnano.1c04955

23. Gutiérrez, D., Rodríguez-Rubio, L., Ruas-Madiedo, P., Fernández, L., Campelo, A.B., Briers, Y., Nielsen, M.W., Pedersen, K., Lavigne, R., García, P., Rodríguez, A. (2021). Design and selection of engineered lytic proteins with staphylococcus aureus decolonizing activity. *Frontiers in microbiology*, 12, 723834. DOI10.3389/fmicb.2021.723834

24. Santos, E.M., Sheng, W., Salmani, R.E., Nick, S.T., Ghanbarpour, A., Gholami, H., Vasileiou, C., Geiger, J.H., Borhan, B. (2021). Design of large stokes shift fluorescent proteins based on excited state proton transfer of an engineered photobase. *Journal of the American chemical society*, 143(37), 15091-15102. DOI10.1021/jacs.1c05039

25. Bhandari, P.J., Sandanaraj, B.S. (2021). Rational design of programmable monodisperse semi-synthetic protein nanomaterials containing engineered disulfide functionality. *CHEMBIOCHEM*, 22(20), 2966-2972. DOI10.1002/cbic.202100288

26. Aharoni, A., Dickinson, B. C. (2021). Editorial overview: engineering, evolving, and designing proteins. *Current Opinion in Structural Biology*, 69, iii–v, SI. doi:10.1016/j.sbi.2021.06.007

27. Gomes, M.C., Costa, D.C.S., Oliveira, C.S., Mano, J.F. (2021). Design of protein-based liquefied cell-laden capsules with bioinspired adhesion for tissue engineering. *Advanced healthcare materials*, 10(19), 2100782. DOI10.1002/adhm.202100782

28. Zahradník, J., Schreiber, G. (2021). Protein engineering in the design of protein–protein interactions: SARS-CoV-2 inhibitors as a test case. *Biochemistry*. doi:10.1021/acs.biochem.1c00356

29. Xiong, W., Liu, B., Shen, Y., Jing, K., Savage, T. R. (2021). Protein engineering design from directed evolution to de novo synthesis. *Biochemical Engineering Journal*, 174, 108096. doi:10.1016/j.bej.2021.108096

30. Esser, T. U., Trossmann, V.T., Lentz, S., Engel, F.B., Scheibel, T. (2021). Designing of spider silk proteins for human induced pluripotent stem cell-based cardiac tissue engineering. *MATERIALS TODAY BIO*, 11, 100114. DOI10.1016/j.mtbio.2021.100114

31. Meinen, B.A., Bahl, C.D. (2021). Breakthroughs in

computational design methods open up new frontiers for de novo protein engineering. *Protein Engineering, Design and Selection*, 34, gzab007. <https://doi.org/10.1093/protein/gzab007>

32. Dunne, M., Prokhorov, N.S., Loessner, M.J., Leiman, P.G. (2021). Reprogramming bacteriophage host range: design principles and strategies for engineering receptor binding proteins. *Current Opinion in Biotechnology*, 68, 272–281. doi:10.1016/j.copbio.2021.02.006

33. Watanabe, S., Ito, M., Kigawa, T. (2021). DiRect: Site-directed mutagenesis method for protein engineering by rational design. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 551, 107–113. doi:10.1016/j.bbrc.2021.03.021

34. Madhavan, A., Arun, K.B., Binod, P., Sirohi, R., Tarafdar, A., Reshmy, R., Sindhu, R. (2021). Design of novel enzyme biocatalysts for industrial bioprocess: harnessing the power of protein engineering, high throughput screening and synthetic biology. *Bioresource Technology*, 325, 124617. doi:10.1016/j.biortech.2020.12461

35. Hiraga, K., Mejzlik, P., Marcisin, M., Vostrosablin, N., Gromek, A., Arnold, J., Bitton, D.A. (2021). Mutation maker, an open source oligo design platform for protein engineering. *ACS Synthetic Biology*, 10(2), 357–370. doi:10.1021/acssynbio.0c00542

36. Huang, Z.L., Zhang, C., Xing, X.H. (2021). Design and construction of chimeric linker library with controllable flexibilities for precision protein engineering. *Methods in enzymology*, 647, 23-49. DOI10.1016/bs.mie.2020.12.004

37. Walsh, G. (2014). *Proteins: biochemistry and biotechnology*. Second edition, Chichester, West Sussex, Wiley Blackwell.

38. Walsh, G. (2014). *Proteins: biochemistry and*

biotechnology. (Second edition). Wiley Blackwell.

39. Williamson, M. P. (2012). How proteins work. New York, Garland Science.

40. Park, S., Cochran, J. (2010). Protein engineering and design. CRC Press.

41. Witford, D. (2005). Proteins, structure and function. Wiley.

42. Carl, B., Tooze, J. (1999). Introduction to protein structure, 2nd Ed Garland.

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ

СИСТЕМА		БАЛИ	ДІЯЛЬНІСТЬ, ЩО ОЦІНЮЄТЬСЯ
Підсумкове оцінювання	100 бальна ECTS (стандартна)	до 50	50% від усередненої оцінки за модулі
		до 50	підсумкове тестування
Модульне оцінювання	100 бальна сумарна	до 50	відповіді на тестові питання
		до 20	усні відповіді на практичних заняттях
		до 30	результат засвоєння блоку самостійної роботи

НОРМИ АКАДЕМІЧНОЇ ЕТИКИ ТА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Всі учасники освітнього процесу (в тому числі здобувачі освіти) повинні дотримуватися кодексу академічної доброчесності та вимог, які прописані у положенні «Про академічну доброчесність учасників освітнього процесу ДБТУ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, поважати гідність один одного, проявляти доброзичливість, чесність, відповідальність.