

FERMENTLAR MUHANDISLIGI MAVZUSINI O'QITISHNING METODOLOGIK ASOSLARI

Sattarov Abdumurod Sattarovich

Biologiya fanlari nomzodi, dotsent

Samijononova Umida Olimjon Qizi

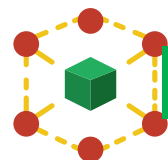
Annotatsiya

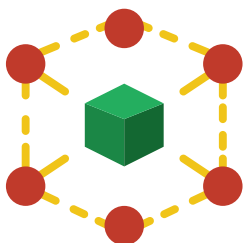
Ushbu maqolada fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishning metodologik asoslari biologik ta'lim, biokimyo, molekulyar biologiya, mikrobiologiya, gen muhandisligi va biotexnologiya fanlari integratsiyasi nuqtayi nazaridan tahlil qilinadi. Fermentlar muhandisligi mazmunan murakkab, ko'p komponentli va amaliy yo'naltirilgan mavzu bo'lgani sababli uni faqat ma'ruza bayoni orqali o'rgatish yetarli natija bermaydi. Mazkur mavzuni samarali o'qitish uchun kompetensiyaviy yondashuv, muammoli ta'lim, laborator-amaliy faoliyat, keys-stadi, loyiha metodi, vizual modellashirish, raqamli simulyatsiyalar, fanlararo integratsiya va tadqiqotga yo'naltirilgan ta'lim usullarini uyg'unlashtirish zarur. Maqolada fermentlar muhandisligini o'qitishning maqsadi, didaktik vazifalari, mazmuniy modullari, metodik tamoyillari, ta'lim texnologiyalari, baholash mezonlari va o'quv jarayonida uchraydigan muammolar yoritiladi. Shuningdek, ferment-substrat kompleksi, ferment kinetikasi, immobilizatsiya, fermentatsiya, rekombinant DNK texnologiyasi, sanoat biokatalizi va bioxavfsizlik kabi murakkab tushunchalarni talabalarga bosqichma-bosqich tushuntirish bo'yicha metodik model taklif etiladi. Tadqiqot natijalari fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishda nazariy bilim, amaliy ko'nikma, ilmiy-tadqiqot madaniyati va texnologik tafakkurni uzviy bog'lash ta'lim samaradorligini oshirishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: fermentlar muhandisligi, o'qitish metodikasi, biokimyo, biotexnologiya, kompetensiyaviy yondashuv, muammoli ta'lim, laboratoriya mashg'uloti, keys-stadi, fanlararo integratsiya, ta'lim texnologiyasi.

Аннотация

В статье рассматриваются методологические основы преподавания темы инженерии ферментов в контексте интеграции биохимии, молекулярной биологии, микробиологии, генетической инженерии и биотехнологии. Поскольку инженерия ферментов является





сложной, междисциплинарной и практико-ориентированной темой, ее эффективное преподавание требует сочетания компетентностного подхода, проблемного обучения, лабораторно-практической деятельности, метода проектов, кейс-стади, цифрового моделирования и исследовательски ориентированного обучения. В статье раскрываются цели, задачи, содержание, методические принципы, технологии обучения и критерии оценивания. Предложена методическая модель поэтапного освоения таких понятий, как фермент-субстратный комплекс, ферментативная кинетика, иммобилизация, ферментация, рекомбинантная ДНК-технология и промышленный биокатализ.

Ключевые слова: инженерия ферментов, методика преподавания, биохимия, биотехнология, компетентностный подход, проблемное обучение, лабораторная работа, кейс-стади, междисциплинарная интеграция.

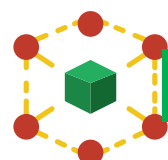
Abstract

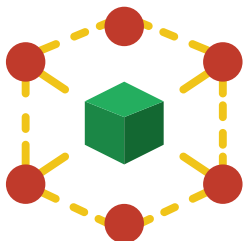
This article analyzes the methodological foundations of teaching enzyme engineering through the integration of biochemistry, molecular biology, microbiology, genetic engineering and biotechnology. Since enzyme engineering is a complex, interdisciplinary and practice-oriented topic, its effective teaching requires the combination of competency-based learning, problem-based learning, laboratory practice, case studies, project-based learning, digital modeling and research-oriented education. The article discusses the aims, didactic objectives, content modules, methodological principles, educational technologies and assessment criteria of teaching enzyme engineering. A step-by-step methodological model is proposed for explaining complex concepts such as enzyme-substrate complex, enzyme kinetics, immobilization, fermentation, recombinant DNA technology, industrial biocatalysis and biosafety.

Keywords: enzyme engineering, teaching methodology, biochemistry, biotechnology, competency-based approach, problem-based learning, laboratory practice, case study, interdisciplinary integration.

Kirish

Biologik ta'limning zamonaviy bosqichida o'quvchi va talabalarga tayyor bilimlarni yetkazishdan ko'ra, ularni ilmiy fikrlashga, tajribaviy dalillarga tayanishga, biologik jarayonlarni tizimli tahlil qilishga va amaliy muammolarni yechishga o'rgatish ustuvor vazifaga aylanmoqda. Ayniqsa, biotexnologiya, molekulyar biologiya va gen muhandisligi kabi tez rivojlanayotgan yo'nalishlarni o'qitishda an'anaviy izohli-ma'ruzaviy usul yetarli samara bermaydi. Sababi bu fanlar mazmunida nazariy tushunchalar, laborator texnikalar, texnologik jarayonlar, iqtisodiy samaradorlik va bioxavfsizlik talablari bir-biri bilan chambarchas bog'langan. Fermentlar muhandisligi ana shunday murakkab, fanlararo va amaliy yo'naltirilgan mavzulardan biridir.





Fermentlar muhandisligi mavzusi talabalardan bir vaqtning o'zida bir necha bilim qatlamini o'zlashtirishni talab qiladi. Birinchidan, ular fermentlarning biokimyoviy tabiati, faol markazi, substratga xosligi, kinetikasi va regulyatsiyasini tushunishi kerak. Ikkinchidan, fermentlarning genetik va texnologik modifikatsiyasi, produsent mikroorganizmlar, fermentatsiya, immobilizatsiya, tozalash va sanoat miqyosida qo'llanish mexanizmlarini bilishi zarur. Uchinchidan, talaba fermentlarning oziq-ovqat, farmatsevtika, qishloq xo'jaligi va ekologik biotexnologiyadagi amaliy ahamiyatini real texnologik jarayonlar bilan bog'lay olishi lozim. Bu talablar mavzuni oddiy nazariy bayon shaklida emas, balki metodik jihatdan loyihalashtirilgan, bosqichma-bosqich va kompetensiyaviy asosda o'qitishni zarur qiladi.

O'zbek pedagogik adabiyotlarida biologiyani o'qitish metodikasi, pedagogik texnologiyalar, muammoli ta'lim, modulli ta'lim, laboratoriya mashg'ulotlari va fanlararo aloqadorlik masalalari keng yoritilgan. Biologiyani o'qitish metodikasiga oid manbalarda o'quv jarayonining maqsadga yo'naltirilganligi, ilmiylik, ko'rgazmalilik, ongli o'zlashtirish, nazariya bilan amaliyot birligi va talabaning faol ishtiroki muhim didaktik tamoyillar sifatida ko'rsatiladi [1; 2]. Fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishda aynan shu tamoyillarni zamonaviy biotexnologik mazmun bilan bog'lash zarur.

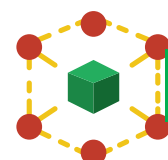
Mazkur maqolaning dolzarbligi shundaki, fermentlar muhandisligi biologik ta'limda faqat ilmiy tushuncha sifatida emas, balki sanoat, tibbiyot, oziq-ovqat xavfsizligi, ekologik monitoring va innovatsion texnologiyalar bilan bog'liq amaliy bilim sohasi sifatida qaralishi kerak. Agar mavzu noto'g'ri o'qitilsa, talaba fermentni faqat oqsil katalizatori sifatida yodlab qoladi, ammo uni texnologik tizim, ishlab chiqarish resursi va muhandislik obyektiga aylantirish mantig'ini tushunmaydi. Bu esa ta'lim natijasini yuzaki qiladi.

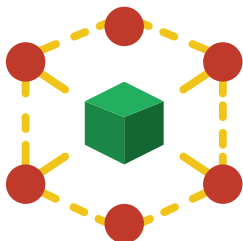
Shuning uchun fermentlar muhandisligini o'qitish metodologiyasi nafaqat mavzu mazmunini tanlash, balki talabaning fikrlash faoliyatini tashkil etish, tajriba asosida bilim hosil qilish, muammoli vaziyatlarda qaror qabul qilish, biologik xavfsizlikni baholash va texnologik samaradorlikni tahlil qilishni ham o'z ichiga olishi kerak.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari

Ushbu maqolaning maqsadi fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishning metodologik asoslarini ilmiy-metodik jihatdan tahlil qilish, mavzuni o'zlashtirishda samarali bo'lgan didaktik yondashuvlarni aniqlash va biologiya hamda biotexnologiya ta'limi uchun qo'llash mumkin bo'lgan metodik modelni asoslashdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun bir nechta vazifalar belgilandi. Avvalo, fermentlar muhandisligi mavzusining o'quv mazmunidagi o'rni va fanlararo xususiyati tahlil qilindi.





Ikkinchidan, mavzuni o'qitishda zarur bo'lgan nazariy, amaliy va tadqiqot kompetensiyalari aniqlashtirildi. Uchinchidan, fermentlar muhandisligini o'qitish uchun mos pedagogik texnologiyalar: muammoli ta'lim, modulli yondashuv, laborator-amaliy mashg'ulot, keys-stadi, loyiha metodi va raqamli modellashtirish imkoniyatlari baholandi. To'rtinchidan, mavzu bo'yicha o'quv natijalarini baholash mezonlari ishlab chiqildi. Beshinchidan, o'qitish jarayonida uchraydigan metodik muammolar va ularni kamaytirish yo'llari ilmiy jihatdan asoslandi.

Maqolaning ilmiy-metodik ahamiyati shundaki, unda fermentlar muhandisligi mavzusi alohida faktlar yig'indisi sifatida emas, balki nazariy-biokimyoviy bilim, laboratoriya ko'nikmasi, texnologik tafakkur va kasbiy kompetensiyalarni shakllantiruvchi integrativ o'quv moduli sifatida tahlil qilinadi.

Tadqiqot metodologiyasi

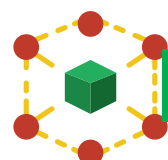
Maqola nazariy-metodik tadqiqot xarakteriga ega. Unda biologiyani o'qitish metodikasi, pedagogik texnologiyalar, biokimyo, mikrobiologiya, biotexnologiya va fermentlar muhandisligiga oid mahalliy adabiyotlar asosida tizimli tahlil, qiyosiy-metodik tahlil, umumlashtirish, didaktik modellashtirish va kompetensiyaviy yondashuv metodlaridan foydalanildi.

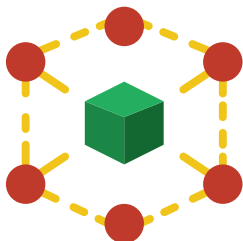
Metodologik tahlilda uch asosiy yo'nalish ajratildi. Birinchi yo'nalish mavzuning ilmiy mazmunini aniqlashga qaratildi: fermentning tuzilishi, faol markaz, substratga xoslik, kinetika, immobilizatsiya, fermentatsiya, genetik modifikatsiya va sanoat qo'llanilishi. Ikkinchi yo'nalish mazkur mazmunni o'quv jarayoniga moslashtirishga qaratildi: tushunchalarni ketma-ketlikda berish, murakkab materialni soddalashtirmasdan, lekin metodik jihatdan tushunarli shaklga keltirish, laboratoriya va amaliy topshiriqlar bilan mustahkamlash. Uchinchi yo'nalish o'quv natijalarini baholashga qaratildi: talabaning nazariy bilimni, tajriba bajarish ko'nikmasini, texnologik jarayonni tahlil qilish qobiliyatini va mustaqil ilmiy xulosa chiqarish malakasini aniqlash.

Mazkur yondashuvning muhim tomoni shundaki, fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishda metodika biologik mazmunning ortidan passiv yurmasligi kerak. Aksincha, metodika mavzuning o'z ichki mantiqini ochib berishi, talabani oddiy tushunchadan murakkab texnologik tizimga olib kirishi va har bir nazariy bilimni amaliy vazifa bilan bog'lashi zarur.

Fermentlar muhandisligi mavzusining o'quv mazmunidagi o'rni

Fermentlar muhandisligi biokimyo, molekulyar biologiya, mikrobiologiya va biotexnologiya fanlarining kesishgan nuqtasida joylashgan mavzudir. Shuning uchun uni alohida, uzilgan, faqat bitta fan doirasidagi mavzu sifatida o'qitish metodik xato hisoblanadi. Fermentlar muhandisligini tushunish uchun talaba avval oqsillarning tuzilishi, aminokislotalar, fermentlarning biologik katalizator sifatidagi roli, hujayra metabolizmi va fermentativ reaksiyalar haqida asosiy bilimga ega





bo'lishi kerak. Keyingi bosqichda esa bu bilimlar gen muhandisligi, mikroorganizmlar seleksiyasi, fermentatsiya texnologiyasi va sanoat biokatalizi bilan bog'lanadi.

Mavzuning o'quv mazmuni uch darajada shakllantirilishi maqsadga muvofiq. Birinchi daraja — fundamental biokimyoviy daraja. Bu bosqichda fermentning oqsil tabiatli katalizator sifatidagi mohiyati, faol markaz, substrat, koferment, inhibitor, aktivator, pH va harorat omillari tushuntiriladi. Ikkinchi daraja — molekulyar-muhandislik darajasi. Bu bosqichda ferment tuzilishini maqsadli o'zgartirish, genetik modifikatsiya, rekombinant DNK, mutatsion seleksiya va ferment barqarorligini oshirish tushunchalari o'rganiladi. Uchinchi daraja — texnologik-amaliy daraja. Bu bosqichda produsent mikroorganizmlar, fermentatsion muhit, bioreaktor, fermentni ajratib olish, tozalash, immobilizatsiya qilish va mahsulot sifatini nazorat qilish masalalari tahlil qilinadi.

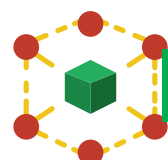
Agar ushbu uch daraja orasidagi bog'lanish ko'rsatilmasa, talabada mavzu parchalangan holda shakllanadi. Masalan, u ferment kinetikasini matematik formula sifatida bilishi mumkin, lekin sanoat jarayonida substrat konsentratsiyasini tanlash nima uchun muhimligini tushunmaydi. Yoki rekombinant DNK texnologiyasi haqida umumiy ma'lumotga ega bo'lishi mumkin, lekin bu texnologiya ferment ishlab chiqaruvchi shtamm yaratishda qanday vazifa bajarishini izohlab bera olmaydi. Shu bois mavzuni o'qitishda har bir nazariy tushuncha texnologik vazifa bilan bog'lanishi shart.

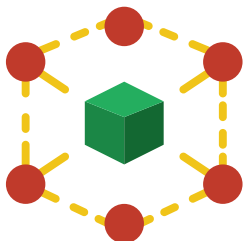
Fermentlar muhandisligi mavzusining ta'limiy qiymati shundaki, u talabalarda ilmiy va texnologik tafakkurni birlashtiradi. Talaba fermentni biologik obyekt sifatida ham, muhandislik jihatdan boshqariladigan katalitik tizim sifatida ham ko'ra boshlaydi. Bu esa biotexnologiya yo'nalishida kasbiy tayyorgarlikning muhim sharti hisoblanadi.

Mavzuni o'qitishning didaktik tamoyillari

Fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishda birinchi muhim tamoyil — ilmiylik tamoyilidir. Mavzu soddalashtirilishi mumkin, lekin ilmiy mazmun buzilmasligi kerak. Fermentning faol markazi, substrat bilan bog'lanishi, katalitik sikl, denaturatsiya, immobilizatsiya yoki genetik modifikatsiya kabi tushunchalar yuzaki tariflar bilan emas, balki sabab-oqibat aloqalari orqali tushuntirilishi zarur. Talaba nima sodir bo'layotganini emas, nima uchun aynan shunday sodir bo'layotganini tushunishi kerak.

Ikkinchi tamoyil — tizimlilik va ketma-ketlikdir. Fermentlar muhandisligi mavzusida tushunchalar o'zaro zanjirli bog'langan. Oqsil strukturasi tushunilmasa, ferment barqarorligi tushunilmaydi. Faol markaz tushunilmasa, substratga xoslik va inhibitor ta'siri anglashilmaydi. Ferment kinetikasi tushunilmasa, texnologik optimallashtirish mazmunsiz ko'rinadi. Shu sababli o'qituvchi mavzuni alohida faktlar ro'yxati sifatida emas, mantiqiy tizim sifatida loyihalashi kerak.





Uchinchi tamoyil — nazariya va amaliyot birligidir. Fermentlar muhandisligi ishlab chiqarish bilan bogʻlangan soha boʻlgani uchun nazariy bilim amaliy topshiriqlar bilan mustahkamlanmasa, mavzu yetarlicha oʻzlashtirilmaydi. Masalan, haroratning ferment faolligiga taʼsiri faqat grafik orqali emas, kichik laboratoriya tajribasi yoki simulyatsiya orqali koʻrsatilsa, talaba denaturatsiya, optimal harorat va faollik pasayishini yaxshiroq tushunadi.

Toʻrtinchi tamoyil — fanlararo integratsiyadir. Fermentlar muhandisligi kimyo, fizika, matematika, ekologiya, texnologiya va iqtisodiyot bilan bogʻlanadi. Ferment kinetikasida matematik model, fermentatsiyada fizik-kimyoviy sharoit, immobilizatsiyada materialshunoslik, bioxavfsizlikda ekologik yondashuv, sanoat qoʻllanishida iqtisodiy samaradorlik muhim ahamiyatga ega. Fanlararo aloqadorlik mavzuni chuqurroq va realroq anglashga xizmat qiladi.

Beshinchi tamoyil — faol taʼlim tamoyilidir. Talaba mavzuni passiv eshituvchi emas, balki muammoli vaziyatni tahlil qiluvchi, tajriba natijasini sharhlovchi, texnologik yechim taklif qiluvchi va bahsda ilmiy dalil keltiruvchi subyekt sifatida qatnashishi zarur. Bu tamoyil ayniqsa biotexnologiya kabi amaliy fanlarda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

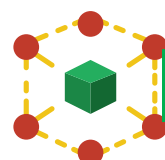
Kompetensiyaviy yondashuv asosida oʻqitish

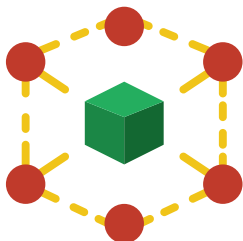
Zamonaviy taʼlimda bilimning oʻzi yetarli emas; talaba oʻz bilimini real vaziyatda qoʻllay olishi, muammoni aniqlashi, dalilga asoslangan xulosa chiqarishi va kasbiy qaror qabul qila olishi kerak. Fermentlar muhandisligi mavzusini oʻqitishda kompetensiyaviy yondashuv ayniqsa muhim, chunki bu mavzu nazariy biokimyoviy bilim bilan texnologik koʻnikmaning uzviy birligini talab qiladi.

Mavzu doirasida shakllantirilishi kerak boʻlgan birinchi kompetensiya — nazariy-biokimyoviy kompetensiyadir. Talaba fermentlarning tuzilishi, katalitik mexanizmi, faol markaz, substratga xoslik, kofaktorlar, ferment kinetikasi va regulyatsiya mexanizmlarini tushuntira olishi kerak. Bu kompetensiya mustahkam boʻlmasa, keyingi texnologik masalalarni oʻzlashtirish qiyinlashadi.

Ikkinchi kompetensiya — laborator-amaliy kompetensiyadir. Talaba ferment faolligini aniqlash, tajriba sharoitlarini tanlash, natijani jadval va grafik shaklida ifodalash, xatolik manbalarini baholash, xavfsizlik qoidalariga rioya qilish va tajriba natijasidan ilmiy xulosa chiqarishni bilishi kerak. Bu kompetensiya faqat nazariy savollar bilan shakllanmaydi; u amaliy mashgʻulot, laboratoriya ishi va mustaqil topshiriqlar orqali rivojlanadi.

Uchinchi kompetensiya — texnologik kompetensiyadir. Talaba ferment produsentini tanlash, fermentatsiya sharoitlarini belgilash, fermentni ajratib olish, tozalash, immobilizatsiya qilish va





tayyor ferment preparatini qo'llash jarayonini umumiy texnologik sxema sifatida tasvirlay olishi kerak. Bu kompetensiya talabaning biotexnologik ishlab chiqarish mantig'ini tushunishini ko'rsatadi.

To'rtinchi kompetensiya — tadqiqot kompetensiyasidir. Talaba muammoli savol qo'ya olishi, gipoteza ilgari surishi, tajriba dizaynini taklif qilishi, natijalarni taqqoslashi va ilmiy asoslangan xulosa chiqarishi kerak. Masalan, 'Nima uchun immobilizatsiyalangan ferment ba'zi sharoitlarda erkin fermentdan barqarorroq bo'ladi?' yoki 'Ferment ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish uchun mahalliy xomashyodan qanday foydalanish mumkin?' kabi savollar tadqiqot kompetensiyasini rivojlantiradi.

Beshinchi kompetensiya — bioxavfsizlik va ekologik mas'uliyat kompetensiyasidir. Fermentlar muhandisligi genetik modifikatsiya, mikroorganizmlar, fermentatsiya chiqindilari va sanoat ishlab chiqarishi bilan bog'liq bo'lgani uchun talaba biologik xavfsizlik, steril sharoit, chiqindilarni zararsizlantirish, allergenlik, toksiklik va ekologik oqibatlarni baholay olishi kerak.

Mavzuni modulli tashkil etish

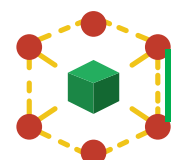
Fermentlar muhandisligi mavzusini modulli tashkil etish o'quv materialini tartibli, bosqichli va mantiqiy o'zlashtirish imkonini beradi. Modulli yondashuvda mavzu bir-biriga bog'langan, lekin mustaqil didaktik vazifaga ega bo'lgan bloklarga ajratiladi. Har bir modulda maqsad, asosiy tushunchalar, muammoli savollar, amaliy topshiriqlar va baholash mezonlari aniq belgilanadi.

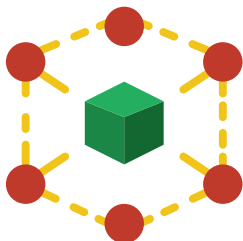
Birinchi modul 'Fermentlarning biokimyoviy asoslari' deb nomlanishi mumkin. Unda fermentlarning oqsil tabiatga ega katalizator sifatidagi xususiyatlari, faol markaz, substrat, ferment-substrat kompleksi, kofermentlar, inhibitorlar va aktivatorlar o'rganiladi. Bu modul mavzuning poydevorini yaratadi.

Ikkinchi modul 'Ferment kinetikasi va muhit omillari'ga bag'ishlanadi. Unda harorat, pH, substrat konsentratsiyasi, ferment miqdori, ionlar va inhibitorlar ta'siri tahlil qilinadi. Ushbu modulda grafiklar, eksperimental natijalar va hisoblash topshiriqlaridan foydalanish maqsadga muvofiq.

Uchinchi modul 'Fermentlarni modifikatsiyalash va immobilizatsiya qilish'ni qamrab oladi. Unda fermentlarni barqarorlashtirish, tashuvchi materiallarga bog'lash, kapsulalash, gel ichiga qamash, kovalent bog'lash va immobilizatsiyalangan fermentlarning afzalliklari o'rganiladi. Bu modul nazariya bilan texnologik amaliyotni bog'lash uchun qulay.

To'rtinchi modul 'Produsent mikroorganizmlar va fermentatsiya texnologiyasi'ga qaratiladi. Unda bakteriyalar, zamburug'lar va achitqilarning ferment ishlab chiqarishdagi roli, oziqa muhiti, aeratsiya, pH, sterilizatsiya, bioreaktor va mahsulot ajratib olish bosqichlari o'rganiladi.





Beshinchi modul ‘Gen muhandisligi va rekombinant fermentlar’ bo‘lishi mumkin. Unda ferment genlarini klonlash, rekombinant DNK texnologiyasi, modifikatsiyalangan produsentlar, ferment xossalarini maqsadli o‘zgartirish va bioxavfsizlik masalalari tahlil qilinadi.

Oltinchi modul ‘Fermentlar muhandisligining amaliy qo‘llanilishi’ga bag‘ishlanadi. Unda oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika, tibbiy diagnostika, ekologik monitoring, qishloq xo‘jaligi va sanoat biokatalizi misollarida mavzu umumlashtiriladi. Yakuniy modulda talaba fermentlar muhandisligini real hayotdagi texnologik muammolar bilan bog‘lay olishi kerak.

Muammoli ta’lim texnologiyasidan foydalanish

Fermentlar muhandisligi mavzusini o‘qitishda muammoli ta’lim texnologiyasi eng samarali yondashuvlardan biridir. Chunki fermentlar muhandisligi tabiatan muammo yechishga qaratilgan sohadir: ferment beqaror bo‘lsa, uni barqarorlashtirish kerak; substratga xoslik yetarli bo‘lmasa, uni o‘zgartirish kerak; ishlab chiqarish qimmat bo‘lsa, jarayonni optimallashtirish kerak; ferment tez denaturatsiyalansa, immobilizatsiya yoki genetik modifikatsiya yechim bo‘lishi mumkin.

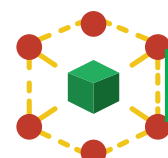
Muammoli ta’limda o‘qituvchi tayyor javobni bermaydi, balki talabani sababni izlashga majbur qiladigan vaziyat yaratadi. Masalan, quyidagi muammoli savol berilishi mumkin: ‘Bir xil ferment laboratoriya sharoitida yuqori faollik ko‘rsatdi, ammo sanoat bioreaktorida tez faolligini yo‘qotdi. Buning ehtimoliy sabablari nima va muammoni qanday hal qilish mumkin?’ Bu savol talabaning harorat, pH, mexanik aralashtirish, inhibitorlar, denaturatsiya, immobilizatsiya va texnologik muhit haqidagi bilimlarini birlashtirishga majbur qiladi.

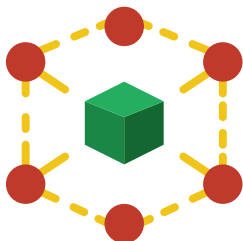
Yana bir muammoli vaziyat: ‘Meva sharbatini tiniqlashtirishda pektinaza fermenti kutilgan natijani bermadi. Ferment preparati sifatsizmi yoki texnologik sharoit noto‘g‘ri tanlanganmi?’ Talaba bu vaziyatda pH, harorat, substrat tarkibi, ferment dozalash, reaksiya vaqti va inhibitorlar ehtimolini tahlil qiladi. Bunday topshiriqlar mavzuni quruq nazariyadan amaliy fikrlash maydoniga olib chiqadi.

Muammoli ta’limning kuchli tomoni shundaki, u talabaning bilimdagi bo‘shliqlarini ochib beradi. Agar talaba fermentning termik beqarorligini bilmasa, u sanoat sharoitidagi muvaffaqiyatsizlik sababini tushuntira olmaydi. Agar u immobilizatsiya mohiyatini tushunmasa, fermentni qayta ishlatish va jarayon tannarxini kamaytirish yo‘lini asoslay olmaydi. Shu jihatdan muammoli ta’lim diagnostik va rivojlantiruvchi vazifani ham bajaradi.

Laboratoriya va amaliy mashg‘ulotlarning metodik ahamiyati

Fermentlar muhandisligi mavzusini laboratoriya mashg‘ulotlarisiz to‘liq o‘qitish mumkin emas. Chunki fermentativ jarayonlar ko‘zga ko‘rinmaydigan molekulyar darajada kechadi va talaba ularni faqat tasavvur orqali emas, tajriba natijalari orqali ham anglashga muhtoj. Laboratoriya ishlari talabaning nazariy bilimni aniq dalil bilan bog‘laydi.





Mazkur mavzu bo'yicha laboratoriya mashg'ulotlari bir necha yo'nalishda tashkil etilishi mumkin. Birinchi yo'nalish — ferment faolligiga haroratning ta'sirini o'rganish. Talabalar bir xil ferment preparatini turli haroratlarda substrat bilan reaksiyaga kiritib, mahsulot hosil bo'lish tezligini taqqoslaydilar. Natijada optimal harorat, denaturatsiya va reaksiyaning sekinlashuvi haqida xulosa chiqaradilar.

Ikkinchi yo'nalish — pH ta'sirini o'rganish. Turli pH muhitlarda ferment faolligi aniqlanadi va natijalar grafik shaklida ifodalanadi. Bu tajriba talabalarga faol markazdagi ionlanish holati va fermentning fazoviy tuzilishi muhitga bog'liqligini tushuntirishga yordam beradi.

Uchinchi yo'nalish — substrat konsentratsiyasi ta'sirini o'rganish. Bunda talabalar substrat miqdori ortgani sari reaksiya tezligi qanday o'zgarishini kuzatadilar. Natijada fermentning to'yinish holati, maksimal tezlik va ferment kinetikasi haqida amaliy tasavvur hosil bo'ladi.

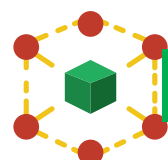
To'rtinchi yo'nalish — immobilizatsiyalangan va erkin ferment faolligini taqqoslash. Bu amaliy ish biotexnologik tafakkurni rivojlantirish uchun juda foydali. Talaba fermentning erkin holatda yuqori faollikka ega bo'lishi mumkinligini, ammo immobilizatsiyalangan holatda qayta ishlatilish va barqarorlik ustunligi paydo bo'lishini tushunadi.

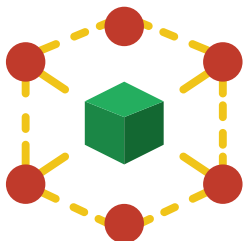
Laboratoriya mashg'ulotlarida xavfsizlik qoidalari alohida o'rgatilishi zarur. Ferment preparatlari, mikroorganizmlar, kimyoviy reaktivlar, biologik materiallar va steril sharoit bilan ishlashda tartib-intizom talab qilinadi. Talaba laboratoriya daftari yuritishi, tajriba shartlarini aniq qayd etishi, natijalarni jadvalga solishi va xulosa yozishi kerak. Bu ko'nikmalar ilmiy-tadqiqot madaniyatining boshlang'ich shaklidir.

Keys-stadi va loyiha metodidan foydalanish

Keys-stadi metodi fermentlar muhandisligi mavzusini real ishlab chiqarish yoki ilmiy muammo bilan bog'lash imkonini beradi. Keys talabalarga tayyor nazariy savol emas, balki qaror qabul qilishni talab qiladigan vaziyat sifatida beriladi. Masalan, oziq-ovqat korxonasida kraxmalni shakarli siropga aylantirish jarayonida amilaza fermenti ishlatilmoqda, ammo mahsulot chiqimi pasaygan. Talabalar bu holatda ferment preparati sifati, harorat rejimi, substrat tarkibi, pH, reaksiya vaqti va texnologik intizomni tahlil qiladilar.

Boshqa keys farmatsevtika yo'nalishiga oid bo'lishi mumkin: rekombinant ferment preparatini ishlab chiqarishda produsent mikroorganizmdan ajratilgan mahsulotda aralash oqsillar miqdori yuqori. Talabalar fermentni tozalash bosqichlarini, xromatografiya, ultrafiltratsiya, sifat nazorati va bioxavfsizlik talablarini muhokama qiladilar. Bunday keyslar nazariy bilimni kasbiy vaziyatga tatbiq etish imkonini beradi.





Loyiha metodi esa talabalarning mustaqil izlanish, jamoada ishlash va yakuniy mahsulot yaratish ko‘nikmalarini rivojlantiradi. Fermentlar muhandisligi mavzusida quyidagi loyiha mavzulari samarali bo‘lishi mumkin: ‘Mahalliy qishloq xo‘jaligi chiqindilari asosida ferment ishlab chiqarish uchun oziqa muhiti modeli’, ‘Immobilizatsiyalangan ferment asosida biosensor loyihasi’, ‘Meva sharbatini tiniqlashtirishda pektinaza qo‘llash texnologik sxemasi’, ‘Ferment preparatini sanoat sharoitida barqarorlashtirish yo‘llari’, ‘Rekombinant ferment ishlab chiqarishda bioxavfsizlik talablari’.

Loyiha ishining metodik qiymati shundaki, talaba mavzuni yakuniy mahsulotga aylantiradi: sxema, jadval, texnologik karta, taqdimot, tajriba protokoli yoki kichik ilmiy hisobot. Bu jarayon bilimni mustahkamlaydi, lekin undan ham muhimi — talabaning ilmiy va muhandislik fikrlashini shakllantiradi.

Raqamli texnologiyalar va vizual modellashtirish

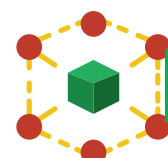
Fermentlar muhandisligi mavzusidagi ko‘plab jarayonlar molekulyar darajada sodir bo‘ladi. Ferment-substrat kompleksining shakllanishi, faol markazdagi konformatsion o‘zgarish, inhibitorning bog‘lanishi, oqsil denaturatsiyasi yoki genetik modifikatsiya jarayoni talaba uchun mavhum bo‘lib qolishi mumkin. Shuning uchun vizual modellashtirish va raqamli texnologiyalar mavzuni o‘qitishda katta ahamiyatga ega.

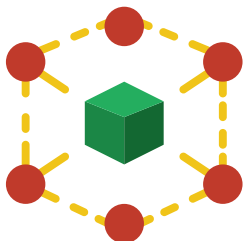
Vizual modellar yordamida ferment molekulasining fazoviy tuzilishi, faol markazning joylashuvi, substrat bilan moslashuvi, kovalent yoki nokovalent bog‘lanishlar, denaturatsiya oqibatida shaklning buzilishi ko‘rsatiladi. Bunday modellar talabaning tasavvurini aniq obrazga aylantiradi. Ayniqsa, fermentning ‘qulf-kalit’ va ‘induksiya qilingan moslashuv’ modellari grafik, animatsiya yoki sxema orqali tushuntirilsa, mavzu tezroq anglashiladi.

Raqamli simulyatsiyalar ferment kinetikasini o‘qitishda foydalidir. Talaba substrat konsentratsiyasi, ferment miqdori, harorat yoki pH parametrlarini o‘zgartirib, reaksiya tezligi qanday o‘zgarishini kuzatishi mumkin. Bu metodik yondashuv matematik formulani jonli jarayonga aylantiradi. Natijada talaba grafikni yodlamaydi, balki uning ortidagi sababni tushunadi.

Biroq raqamli texnologiyalardan foydalanishda bitta xavf bor: vizual effekt bilimning o‘rnini bosmasligi kerak. Chiroyli animatsiya talabaning chuqur tushunishini kafolatlamaydi. Shuning uchun har bir simulyatsiya muammoli savol, tahlil topshirig‘i yoki yozma xulosa bilan yakunlanishi zarur. Masalan, simulyatsiyadan so‘ng talaba ‘Nima uchun pH o‘zgarganda ferment faolligi pasaydi?’ yoki ‘Nima uchun substrat ortsa ham reaksiya tezligi cheksiz oshmaydi?’ degan savollarga javob yozishi kerak.

Metodik model va o‘quv jarayonini loyihalash





Fermentlar muhandisligi mavzusini samarali o'qitish uchun quyidagi bosqichli metodik modelni taklif etish mumkin. Birinchi bosqich — motivatsion-kirish bosqichi. Bu bosqichda o'qituvchi mavzuning amaliy ahamiyatini ochib beradi. Masalan, fermentlar yordamida oziq-ovqat mahsulotlari sifati oshirilishi, dori vositalari ishlab chiqarilishi, ekologik monitoring amalga oshirilishi yoki sanoat chiqindilari kamaytirilishi ko'rsatiladi. Maqsad — talabada mavzuga nisbatan ehtiyoj va qiziqish uyg'otish.

Ikkinchi bosqich — tayanch bilimlarni faollashtirish. Bu bosqichda oqsil tuzilishi, fermentlarning umumiy xususiyatlari, hujayra metabolizmi, mikroorganizmlar va genetik axborot haqidagi avvalgi bilimlar esga olinadi. Agar tayanch bilimlar aniqlanmasa, yangi mavzu mustahkam o'zlashtirilmaydi.

Uchinchi bosqich — nazariy tushunchalarni shakllantirish. Bu bosqichda fermentlar muhandisligining asosiy tushunchalari ketma-ket beriladi: ferment, faol markaz, substrat, ferment-substrat kompleksi, kinetika, modifikatsiya, immobilizatsiya, produsent, fermentatsiya, rekombinant ferment, bioxavfsizlik. Har bir tushuncha misol, sxema va savol bilan mustahkamlanadi.

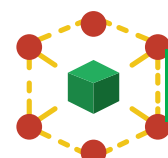
To'rtinchi bosqich — amaliy-tadqiqot faoliyati. Bu bosqichda laboratoriya ishi, keys-stadi, grafik tahlil, kichik loyiha yoki tajriba natijalarini sharhlash topshiriqlari bajariladi. Talaba mavzuni amaliy vaziyatda qo'llaydi.

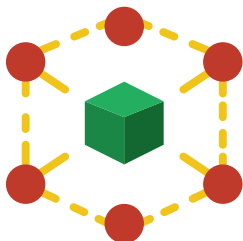
Beshinchi bosqich — umumlashtirish va refleksiya. Bu bosqichda talaba o'rgangan bilimlarini yagona texnologik zanjirga joylashtiradi: ferment manbai tanlanadi, produsent o'stiriladi, ferment ajratiladi, tozalanadi, modifikatsiya qilinadi, immobilizatsiya qilinadi va amaliy jarayonga tatbiq etiladi. Refleksiya jarayonida talaba nimani tushunganini, qaysi tushunchada qiynalganini va mavzuni qaysi amaliy sohada qo'llash mumkinligini yozma yoki og'zaki bayon qiladi.

Oltinchi bosqich — baholash. Baholash faqat test bilan cheklanmasligi kerak. Mavzu bo'yicha og'zaki javob, grafik tahlil, laboratoriya hisobot, keys yechimi, loyiha ishi va qisqa ilmiy esse kabi shakllar uyg'unlashtirilsa, ta'lim natijasi aniqroq baholanadi.

O'quv natijalarini baholash mezonlari

Fermentlar muhandisligi mavzusini baholashda faqat atamalarni yoddan bilish yetarli ko'rsatkich emas. Talaba tushunchalarni izohlashi, ular orasidagi bog'lanishni ko'rsatishi, tajriba natijasini tahlil qilishi va texnologik vaziyatda qaror qabul qilishi kerak. Shuning uchun baholash mezonlari ko'p komponentli bo'lishi zarur.





Birinchi mezon — tushunchaviy aniqlik. Talaba ferment, substrat, faol markaz, koferment, inhibitor, immobilizatsiya, fermentatsiya va rekombinant ferment kabi tushunchalarni aniq ta’riflab, ularni bir-biridan farqlay olishi kerak.

Ikkinchi mezon — sabab-oqibat aloqasini tushuntirish. Talaba harorat oshishi nima uchun dastlab reaksiyani tezlashtirib, keyin ferment faolligini pasaytirishini, pH o’zgarishi faol markazga qanday ta’sir qilishini, immobilizatsiya ferment barqarorligini nima uchun oshirishi mumkinligini izohlashi kerak.

Uchinchi mezon — grafik va jadval bilan ishlash. Ferment kinetikasi, pH yoki harorat ta’siri bo’yicha berilgan grafikdan xulosa chiqarish talabning amaliy tahlil qobiliyatini ko’rsatadi. Bunday topshiriqlar yodlashdan ko’ra chuqurroq fikrlashni talab qiladi.

To’rtinchi mezon — laboratoriya ko’nikmasi. Talaba tajriba shartlarini to’g’ri tanlashi, natijani qayd etishi, xatolik manbalarini aniqlashi va xavfsizlik qoidalariga rioya qilishi kerak.

Beshinchi mezon — texnologik fikrlash. Talaba ferment ishlab chiqarish yoki qo’llash jarayonining asosiy bosqichlarini sxema sifatida tuza olishi, muammo yuzaga kelganda ehtimoliy sabab va yechimlarni taklif qilishi kerak.

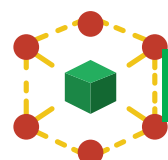
Oltinchi mezon — mustaqil xulosa. Talaba berilgan vaziyat yuzasidan ilmiy asoslangan xulosa chiqara olishi, o’z fikrini dalil bilan himoya qilishi va mavzuning amaliy ahamiyatini ko’rsata olishi zarur.

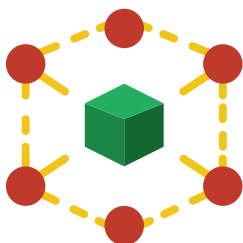
O’qitish jarayonidagi asosiy muammolar va ularni bartaraf etish

Fermentlar muhandisligi mavzusini o’qitishda birinchi muammo — mavzuning haddan tashqari murakkab va fanlararo ekanligidir. Talaba biokimyo, genetika, mikrobiologiya va texnologiya bilimlarini bir vaqtda bog’lay olmasa, mavzuni parcha-parcha o’zlashtiradi. Buni bartaraf etish uchun o’qituvchi mavzuni modullarga ajratishi va har bir yangi tushunchani avvalgi bilim bilan bog’lashi kerak.

Ikkinchi muammo — abstraktlik. Ferment-substrat kompleksi, faol markaz yoki genetik modifikatsiya kabi jarayonlar ko’zga ko’rinmaydi. Shuning uchun ko’rgazmali sxemalar, modellar, animatsiyalar va laboratoriya tajribalari zarur. Faqat matnli izoh mavzuni yetarlicha tushunarli qilmaydi.

Uchinchi muammo — laboratoriya bazasining cheklanganligi. Har bir ta’lim muassasasida zamonaviy bioreaktor, xromatografiya uskunasi yoki molekulyar biologiya laboratoriyasi bo’lmastligi mumkin. Bu sharoitda o’qituvchi kichik hajmli modellashtirilgan tajribalar, virtual





laboratoriyalar, tayyor eksperimental ma'lumotlar tahlili va keys-stadi metodlaridan foydalanishi kerak.

To'rtinchi muammo — talabalarning mavzuni faqat yodlashga urinishi. Fermentlar muhandisligi yodlash orqali o'zlashtiriladigan mavzu emas. Buni kamaytirish uchun savollar reproduktiv emas, tahliliy bo'lishi kerak. Masalan, 'Immobilizatsiya nima?' degan savoldan ko'ra, 'Qaysi sharoitda immobilizatsiyalangan ferment erkin fermentdan ustun bo'ladi?' degan savol samaraliroq.

Beshinchi muammo — o'qituvchining mavzuni amaliy ishlab chiqarish bilan bog'lamasligi. Agar fermentlar muhandisligi real hayotdagi qo'llanishlar bilan tushuntirilmasa, talaba uni nazariy va uzoq mavzu deb qabul qiladi. Shuning uchun oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika, ekologik monitoring, diagnostika va qishloq xo'jaligidan misollar keltirish zarur.

Oltinchi muammo — baholashning torligi. Agar baholash faqat testdan iborat bo'lsa, talabaning amaliy va texnologik fikrlashi aniqlanmaydi. Shuning uchun test, og'zaki savol, laboratoriya hisobot, keys yechimi va loyiha ishlarini uyg'unlashtirish kerak.

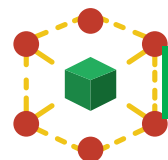
Fermentlar muhandisligini o'qitishda fanlararo integratsiya

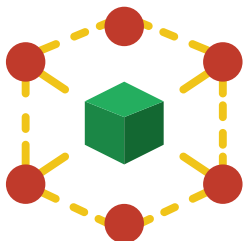
Fermentlar muhandisligi mavzusining metodik kuchi uning fanlararo tabiatidadir. Biokimyo fermentning katalitik mohiyatini tushuntirsa, molekulyar biologiya ferment sintezining genetik asosini ochib beradi. Mikrobiologiya produsent organizmlarni o'rganadi, texnologiya fermentatsiya va ishlab chiqarish jarayonlarini yoritadi, matematika ferment kinetikasi va jarayon modellashini ta'minlaydi, ekologiya esa fermentativ texnologiyalarning xavfsizlik va barqarorlik jihatlarini baholaydi.

Fanlararo integratsiya o'qituvchi tomonidan maxsus tashkil etilishi kerak. Masalan, ferment kinetikasini o'rganishda matematika bilan bog'lanish faqat formula yozish bilan cheklanmasligi, balki grafikdan xulosa chiqarish, optimal sharoitni aniqlash va tajriba natijasini taqqoslashga xizmat qilishi kerak. Gen muhandisligi bilan bog'lanishda esa DNK, gen, ekspressiya, rekombinant oqsil va produsent shtamm tushunchalari ferment ishlab chiqarish jarayoni bilan bog'lab tushuntiriladi.

Ekologiya bilan integratsiya fermentlar muhandisligining zamonaviy ahamiyatini ko'rsatadi. Fermentativ texnologiyalar kimyoviy jarayonlarga nisbatan yumshoq sharoitda kechishi, chiqindilarni kamaytirishi va ayrim ifloslantiruvchilarni parchalanishiga yordam berishi mumkin. Bu jihat talabalarda ekologik mas'uliyat va barqaror rivojlanish tafakkurini shakllantiradi.

Kasbiy ta'lim nuqtayi nazaridan fanlararo integratsiya talabaning kelajakdagi ish faoliyatiga tayyorgarligini kuchaytiradi. Chunki real ishlab chiqarishda biologik jarayon faqat biologiya bilan





hal qilinmaydi; unda texnologik reglament, uskunalar, sifat nazorati, iqtisodiy hisob va xavfsizlik talablari birgalikda ishlaydi.

Amaliy mashg'ulot uchun namunaviy metodik ssenariy

Fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishda quyidagi namunaviy metodik ssenariydan foydalanish mumkin. Mashg'ulot mavzusi: 'Ferment faolligiga muhit omillarining ta'siri va texnologik optimallashtirish'. Mashg'ulotning maqsadi talabalarda ferment faolligiga harorat, pH va substrat konsentratsiyasi ta'sirini tushuntirish, tajriba natijasini tahlil qilish va sanoat sharoitida optimal parametr tanlash ko'nikmasini shakllantirishdan iborat.

Mashg'ulotning kirish qismida o'qituvchi muammoli vaziyat beradi: 'Korxonada fermentativ jarayon avval yaxshi natija bergan, ammo so'nggi partiyada mahsulot chiqimi kamaygan. Ferment preparati o'zgarmagan, lekin texnologik sharoitlarda kichik farqlar bo'lgan. Siz muammoni qanday tekshirasiz?' Bu savol talabalarni mavzuga faol jalb qiladi.

Keyingi bosqichda talabalar kichik guruhlariga bo'linadi. Birinchi guruh harorat ta'sirini, ikkinchi guruh pH ta'sirini, uchinchi guruh substrat konsentratsiyasi ta'sirini, to'rtinchi guruh inhibitorlar ehtimolini tahlil qiladi. Har bir guruhga jadval, grafik yoki eksperimental natija beriladi. Talabalar natijani sharhlab, ehtimoliy sabablarni aniqlaydi.

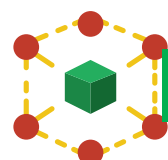
Mashg'ulotning amaliy qismida talabalar berilgan ma'lumotlar asosida optimal texnologik parametrlarni tanlaydi. Masalan, ferment eng yuqori faollikni 40 °C va pH 6,5 da ko'rsatsa, lekin 50 °C da tez denaturatsiyalansa, talaba jarayonni 40 °C atrofida olib borish va barqarorlikni oshirish uchun immobilizatsiya yoki stabilizatorlardan foydalanish taklifini berishi mumkin.

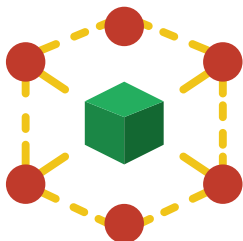
Yakuniy bosqichda har bir guruh o'z xulosasini himoya qiladi. Baholashda javobning ilmiy asoslanganligi, grafikni to'g'ri tahlil qilish, muammoni aniqlash, yechim taklif qilish va jamoaviy taqdimot sifati hisobga olinadi. Bunday ssenariy mavzuni faqat eshitish emas, balki tahlil qilish va qo'llash orqali o'zlashtirishga yordam beradi.

Natijalar va muhokama

Fermentlar muhandisligi mavzusini metodik jihatdan to'g'ri tashkil etish talabalarda bir nechta muhim natijalarni shakllantiradi. Birinchidan, talabalar fermentlarni faqat biologik katalizator sifatida emas, balki texnologik jarayonning boshqariladigan elementi sifatida tushuna boshlaydilar. Bu yondashuv mavzuni chuqurlashtiradi va biotexnologik tafakkurni rivojlantiradi.

Ikkinchidan, modulli va kompetensiyaviy yondashuv mavzuning murakkabligini kamaytiradi. Talaba avval fermentning biokimyoviy mohiyatini, keyin kinetik xususiyatlarini, so'ng





modifikatsiya va immobilizatsiyani, undan keyin fermentatsiya va sanoat qo'llanishini o'zlashtiradi. Bunday ketma-ketlik bilimning mantiqiy shakllanishiga xizmat qiladi.

Uchinchidan, muammoli ta'lim va keys-stadi usullari talabanning mustaqil fikrlashini kuchaytiradi. Talaba tayyor javobni kutmaydi, balki vaziyatni tahlil qiladi, sababni izlaydi va yechim taklif qiladi. Bu esa aynan fermentlar muhandisligi kabi amaliy sohada zarur bo'lgan kasbiy sifatdir.

To'rtinchidan, laboratoriya va amaliy mashg'ulotlar nazariy bilimni dalil bilan bog'laydi. Talaba ferment faolligi haqidagi qonuniyatni tajriba natijasida ko'rsa, tushuncha mustahkamroq shakllanadi. Biroq laboratoriya mashg'ulotlari faqat tajriba bajarish bilan yakunlanmasligi, natijani tahlil qilish va xulosa chiqarish bilan tugashi kerak.

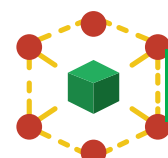
Beshinchidan, raqamli modellashtirish mavzuning ko'rinmas molekulyar jarayonlarini tushunarli qiladi. Ammo raqamli vositalar o'qituvchi metodikasining o'rnini bosmaydi. Ular to'g'ri savol, tahlil va baholash bilan birga qo'llangandagina samarali bo'ladi.

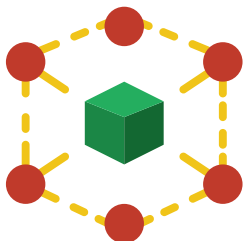
Muhokama shuni ko'rsatadiki, fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishda eng katta xato mavzuni faqat nazariy ma'ruza bilan cheklashdir. Bunday yondashuv talabanning yodlash darajasini oshirishi mumkin, ammo texnologik fikrlash va amaliy kompetensiyani shakllantirmaydi. Eng maqbul yo'l — nazariy tushuncha, vizual model, muammoli savol, laboratoriya yoki keys topshirig'i va refleksiv xulosani bitta metodik zanjirga joylashtirishdir.

Fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishning metodik modeli

Quyidagi model mavzuni o'qitishda o'qituvchi uchun amaliy yo'riqnoma vazifasini bajaradi. Modelning ustunligi shundaki, unda mavzu mazmuni, metod, talaba faoliyati va kutiladigan natija bir-biri bilan bog'langan holda beriladi.

Bosqich	Mazmun	Metod	Kutiladigan natija
Motivatsiya	Fermentlar muhandisligining amaliy ahamiyati	Muammoli savol, qisqa keys	Mavzuga ehtiyoj va qiziqish paydo bo'ladi
Tayanch bilimlar	Oqsil, ferment, metabolism, mikroorganizm tushunchalari	Savol-javob, klaster, mini-test	Avvalgi bilimlar faollashadi





Nazariy asos	Faol markaz, substrat, kinetika, modifikatsiya	Ma'ruza-muloqot, sxema, model	Tushunchaviy baza shakllanadi
Amaliy faoliyat	Harorat, pH, substrat ta'siri, immobilizatsiya	Laboratoriya, grafik tahlil, simulyatsiya	Tajriba va tahlil ko'nikmasi rivojlanadi
Texnologik bog'lash	Produsent, fermentatsiya, bioreaktor, tozalash	Keys-stadi, loyiha, texnologik sxema	Biotexnologik tafakkur shakllanadi
Baholash	Bilim, ko'nikma, xulosa va yechim sifati	Rubrika, hisobot, loyiha himoyasi	Kompetensiya darajasi aniqlanadi

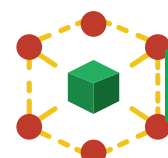
Xulosa

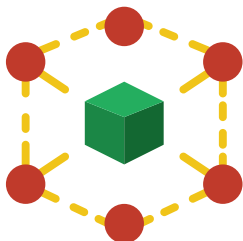
Fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitish zamonaviy biologik ta'limda alohida metodologik yondashuvni talab qiladi. Bu mavzu biokimyo, molekulyar biologiya, mikrobiologiya, gen muhandisligi, texnologiya va ekologiya fanlari bilan uzviy bog'langanligi sababli uni oddiy ma'ruza shaklida berish yetarli emas. Samarali o'qitish uchun mavzu modullashtirilishi, nazariy tushunchalar amaliy vazifalar bilan bog'lanishi, talabalar muammoli vaziyatlarni tahlil qilishga yo'naltirilishi va laboratoriya faoliyati bilan mustahkamlanishi kerak.

Maqolada tahlil qilinganidek, fermentlar muhandisligini o'qitishda ilmiylik, tizimlilik, nazariya va amaliyot birligi, fanlararo integratsiya, faol ta'lim va kompetensiyaviy yondashuv asosiy metodik tamoyillar bo'lib xizmat qiladi. Talaba fermentlarni faqat biologik katalizator sifatida emas, balki sanoat jarayoni uchun boshqariladigan, modifikatsiyalanadigan va optimallashtiriladigan biotexnologik obyekt sifatida tushunishi lozim.

Mavzuni o'qitish jarayonida muammoli ta'lim, keys-stadi, loyiha metodi, laboratoriya mashg'ulotlari, grafik tahlil, vizual modellashtirish va raqamli simulyatsiyalarni uyg'unlashtirish yuqori natija beradi. Bunday yondashuv talabalarda nazariy-biokimyoviy bilim, amaliy tajriba, texnologik fikrlash, bioxavfsizlik madaniyati va ilmiy-tadqiqot kompetensiyasini rivojlantiradi.

Fermentlar muhandisligi mavzusini o'qitishdagi asosiy metodik talab shuki, har bir tushuncha real jarayon bilan bog'lanishi kerak. Faol markaz — substratga xoslik bilan, kinetika — texnologik optimallashtirish bilan, immobilizatsiya — fermentni qayta ishlatish va barqarorlik bilan, gen



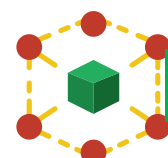


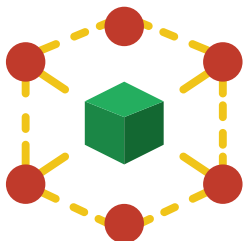
muhandisligi — rekombinant ferment ishlab chiqarish bilan, bioxavfsizlik esa sanoat va ekologik mas’uliyat bilan izohlanishi zarur.

Umuman olganda, fermentlar muhandisligini o‘qitish metodologiyasi biologik ta’limni nazariy yodlashdan amaliy-ilmiy fikrlash darajasiga olib chiqadi. Bu mavzuni to‘g‘ri o‘qitish kelajak mutaxassislarida biotexnologik jarayonlarni tushunish, tahlil qilish va takomillashtirish ko‘nikmalarini shakllantirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Tolipova J.O., G‘ofurov A.T. Biologiya o‘qitish metodikasi. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari biologiya o‘qituvchilari uchun o‘quv-uslubiy qo‘llanma. Toshkent, 2004.
2. Tolipova J.O. Biologiyani o‘qitishda pedagogik texnologiyalar. Darslik. Toshkent: Cho‘lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2011.
3. Azimov I.T. Biologiya o‘qitish metodikasi. O‘quv qo‘llanma. Toshkent: Nizomiy nomidagi TDPU, 2021.
4. Mirhamidova P., Vahobov A.H., Davranov Q.D., Tursunboyeva G.S. Mikrobiologiya va biotexnologiya asoslari. Darslik. Toshkent: Ilm Ziyo, 2014.
5. Tashmuxamedova Sh.S. Biotexnologiya. Darslik. Toshkent: Mehr-nuri, 2024.
6. Sobirova R.A., Abrorov O.A., Inoyatova F.X., Aripov A.N. Biologik kimyo. Darslik. Toshkent: Yangi asr avlodi, 2006.
7. Valixonov M.N., Dolimova S.N., Umarova G.B., Mirhamidova P. Biologik kimyo va molekulyar biologiya. 2-qism. Darslik. Toshkent: Navro‘z, 2015.
8. Komilov X.M., Rahimov M.M., Odilbekova D.Yu. Biotexnologiya asoslari. Darslik. Toshkent, 2010.
9. Komilov X.M., Mahmudov A.A. Biologik faol moddalar texnologiyasi. Darslik. Toshkent: Sharq, 2010.
10. Davronov Q.D., Xo‘jamshukurov N.A. Umumiy va texnik mikrobiologiya. O‘quv qo‘llanma. Toshkent: TDAU, 2004.
11. Xakimova Sh.I. Oziq-ovqat mikrobiologiyasi. O‘quv qo‘llanma. Toshkent: O‘zbekiston, 2005.
12. Zakirova M.R., Egamova M.U. Oziq-ovqat mikrobiologiyasi. Laboratoriya va amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent: IJOD-PRINT, 2019.





13. To'xtaboyeva F.M., Xamidullayeva N.R., Erkinova R.U., Shavkatbekova M.A. Fermentlarning biotexnologiya va gen muhandisligida qo'llanilishi. Universal xalqaro ilmiy jurnal, 2024.
14. Sultanov M. Biotexnologiya va ekologiya. O'quv-uslubiy material. Toshkent, 2018.
15. Obidov O., Jo'rayeva A. Biologik kimyodan laboratoriya amaliyoti. O'quv qo'llanma. Toshkent.

