O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

P. Mirhamidova, A.H. Vahobov,
Q. Davranov, G.S. Tursunboyeva

MIKROBIOLOGIYA VA BIOTEXNOLOGIYA ASOSLARI

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan oliy o'quv yurtlari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

«ILM ZIYO»
TOSHKENT — 2014

UO'K: 579.2(075)
KBK 28.4
M58

Taqrizchilar: **M. Valixonov,** Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zMU «Biokimyo» kafedrasi professori, biologiya fanlari doktori;

S.Fayzullaev, Nizomiy nomidagi TDPU «Biologiya va uni o'itish metodikasi» kafedrasi professori, biologiya fanlari nomzodi.

M58 Mirhamidova P.
Mikrobiologiya va biotexnologiya asoslari: darslik / P.Mirhamidova, A.H.Vahobov, Q.Davranov, G.S.Tursunboyeva. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. — T.: «Ilm Ziyo», 2014. —336 b.

I. Vahobov A.H. II. Davranov Q. III. Tursunboyeva G.S.

KBK 28.4

ISBN 978-9943-16-168-9

Darslik oliy o'quv yurtlarining 5140400 — «Biologiya» va 5110400 — «Biologiya o'qitish metodikasi» bakalavriat ta'lim yo'nalishlari bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, DTS va biologiya fani dasturiga mos ravishda yozilgan.

Darslik mikrobiologiya, mikroorganizmlarning morfologiyasi, anatomiyasi, sistematikasi, fiziologiyasi, genetikasi, biokimyosi, tarqalishi, geologik faoliyati, ularga tashqi muhitning ta'siri, kasallik qo'zg'atuvchi mikroorganizmlar, biotexnologiya asoslari, biotexnologiyaning hozirgi zamon biologiyasida tutgan o'rni, ahamiyati, obyektlari, gen injenerligi, biotexnologik jarayonlarning eng muhim biokimyoviy asoslari, fermentlar muhandisligi va shu kabi boshqa tushunchalarni o'z ichiga qamrab olgan.

Shuningdek, ushbu darslikdan tegishli ta'lim yo'nalishlari o'qituvchilari va shu sohada faoliyat yurituvchi mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

UO'K: 579.2(075)
KBK 28.4

© P. Mirhamidova, A.H. Vahobov, Q. Davranov, G.S. Tursunboyeva, 2014.
© «ILM ZIYO», 2014.

ISBN 978-9943-16-168-9

SO'ZBOSHI

O'zbekiston Respublikasida yaratilgan mustaqil demokratik davlat, erkin fuqarolik jamiyati qurish yo'lidagi ulkan ishlar inson mohiyatini yangidan kashf qilishga, uning o'zligini anglashga, imkoniyatlarni ro'yobga chiqarishga va ma'naviy intellektual, aqliy-amaliy rivojlanish uchun yangidan-yangi keng imkoniyatlar va shart-sharoitlar yaratib berdi.

1997-yil 29-avgustda O'zbekiston Respublikasining «Ta'lim to'g'risida»gi qonuni qabul qilindi. Bu qonun asosida, avvalgilaridan farqli ravishda, xalq ta'limining yangi qoidalari e'lon qilinib, hayotga tatbiq etila boshlandi. Ta'lim-tarbiya jarayonining mazmuni, shakl va usullari bu sohada erishilgan ilg'or tajribalar asosida ishlab chiqildi. Bunda ta'limning jahon standartlari darajasida bo'lishi nazarda tutiladi. Mustaqillik yillaridagi muhim voqealardan biri 1997-yil Oliy Majlisning IX sessiyasida «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi»ning qabul qilinishi bo'ldi. Ushbu dastur asosida ta'lim tizimi bosqichma-bosqich isloh qilina boshlandi.

Prezidentimiz I.A.Karimov ta'kidlaganlaridek: «Hayotimizni hal qiluvchi muhim masalalar qatorida ta'lim-tarbiya tizimini tubdan o'zgartirish, uni zamon darajasiga ko'tarish, barkamol avlodimiz kelajagiga dahldor qonun loyihalari ham bor», degan edilar. Bu muhim hujjatlar asosida ta'lim tizimida katta o'zgarishlar sodir bo'lmoqda. Bu jarayonda Davlat ta'lim standartlari ishlab chiqildi, kadrlar tayyorlashning milliy modeli yaratildi. Uzluksiz ta'limning bir turi sifatida o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limida yangi ta'lim

yo'nalishlari, ya'ni akaden litsey, kasb-hunar kollejlari yaratildi. Oliy ta'lim ham ikki bosqi li — bakalavriat va magistraturadan iborat ta'lim berishga asoslangan holda qayta tuzildi. Bu o'zgarishlar ta'limning ham nazariy, ham amaliy muammolarini ilmiy asosda qayta ishlab chiqishni, buning negizida zamonaviy ilmiy ishlar, o'quv qo'llanmalar, darsliklar yaratishni taqozo qildi.

Mustaqil O'zbekistonimizda ta'lim tizimining isloh qilinishi, Kadrlar tayyorlash milliy dasturining qabul qilinishi barkamol avlodni yaratishdagi dastlabki qadamlardir.

Ta'limning mazmuni o'zgaruvchan, u doimo yangilanib turadi. Yangi demokratik jamiyat qurilayotgan hozirgi kunda har bir fan jadal rivojlanmoqda. O'quv jarayoni jahon talablariga mos keluvchi davlat ta'lim standartlari asosida ishlab chiqilgan o'quv reja va dasturlari asosida tashkil etilmoqda.

Mustaqil jamiyatimiz taraqqiyotining tamoyillariga asoslangan holda isloh qilingan har bir fan erishilgan yutuqlar darajasini ilmiy asosda aks ettirishi lozim.

Ma'lumki, mikrobiologiya biologiyaning yangi tarmoqlaridan hisoblanadi. Bu soha bo'yicha respublikamizda juda ko'p ilmiy ishlar qilingan. Lekin talabalar uchun mikrobiologiya va biotexnologiya asoslari fani bo'yicha lotin alifbosiga asoslangan o'zbek tilidagi adabiyotlar yetishmaydi.

Darslik o'quv jarayonining asosidir. Har bir fanning mazmuni, maqsadi va vazifasi darslikda yoritiladi. Darslikda bayon qilingan ilmiy bilimlarning nazariy asosi, g'oyalari tizimli va izchil bo'lishi talab qilinadi. Nazariy bilimlar ishlab chiqarish amaliyoti bilan bog'langan bo'lishi shart. Darslikda mavzu sodda, ravon tilda yozilishi hamda tegishli qoida va ta'riflar berilishi kerak.

KIRISH

Mikrobiologiya (lotin tilida *micros* – mayda, *bios* – hayot, *logos* – fan) mayda, asbobsiz ko'zga ko'rinmaydigan organizmlarning morfologiyasi, anatomiyasi, ko'payishi va rivojlanishi, hayotiy jarayonlari, o'zgaruvchanligi, sistematik holati, tabiatda tarqalishi va h.k. larni o'rganuvchi fan.

Hozirgi kunda bu fan umumiy, qishloq xo'jaligi, sanoat, tibbiyot, veterinariya, dengiz va kosmik mikrobiologiya kabi turlarga tarmoqlanib ketgan.

Mikrobiologiya kun sayin rivojlanib bormoqda, u ayniqsa, bioximiya, molekular biologiya, biotexnologiya, fitopatologiya, epidemiologiya, genetika va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqdir.

Mikroorganizmlar kichik o'lchamga ega bo'lishidan qat'i nazar, tabiatda moddalar almashinuvida, murakkab organik moddalarning parchalanishida faol ishtirok etadilar.

Mikroorganizmlarga viruslar, bakteriyalar, arxeylar, bakteriofaglar, bakteriyalarga yaqin turadigan aktinomitsetlar, ba'zi bir zamburug'lar, rikketsiyalar, mikoplazma va boshqalar kiradi.

Tabiatda moddalarning almashinuvida, ko'pgina foydali qazilmalar (torf, toshko'mir, neft) hosil bo'lishida, turli organik moddalarning chirishida mikroorganizmlarning ahamiyati katta.

Oziq-ovqat sanoatida qatiq, kefir, qimiz, pishloq tayyorlash sut-kislotali bijg'ituvchi bakteriyalarning, novvoychilik, turli ichimliklar tayyorlash (spirt, vino) esa achitqi zamburug'larning faoliyatlariga bog'liq bo'lgan jarayonlardir.

Ko'pgina mikroorganizmlar turli fiziologik faol moddalar: fermentlar, vitaminlar, aminokislotalar, biologik stimulatorlarni sintez qilish xususiyatiga egalar.

Qishloq xo'jaligida ham mikroorganizmlar muhim rol o'ynaydi, chunki ularning faoliyati natijasida tuproqda o'simliklar uchun zarur bo'lgan oziq moddalar to'planadi, tuproqning unumdorligi ortadi, buning oqibatida ekinning hosildorligi ham yuqori bo'ladi.

Tuproqda sodir bo'ladigan jarayonlarning deyarli barchasi undagi mikroorganizmlarning faoliyatiga bog'liq, masalan, tabiiy tuproq hosil bo'lish jarayonlari, yerni o'g'itlash, sug'orish, tuproqda ro'y beradigan fiziologik ishqoriylik va kislotalilikni yo'qotish, tabiatdagi turli xil moddalarning o'zgarishi va boshqalar mikroorganizmlar faoliyati bilan chambarchas bog'liq.

Tuproq tarkibidagi mikroorganizmlarni o'rganish bir qator bakterial o'g'itlarni ishlab chiqishga (nitragin, azotobakterin, fosforobakterin va h.k.) va ulardan qishloq xo'jalik amaliyotida foydalanish orqali tuproqning unumdorligi va o'simliklarning hosildorligini oshirishga imkon yaratdi.

Mikroorganizmlar tabiatda ko'pgina yuqumli kasalliklarning qo'zg'atuvchilari ekanliklari, ularning suv va havo orqali tarqalishlari qadimdan ma'lum bo'lgan. Mikrobiologlarning tinimsiz mehnatlari tufayli hozirgi paytda har bir kasallikning qo'zg'atuvchisi aniqlanib, davolash usullari ham topilgan. Ko'pgina farmatsevtika fabrikalari aktinomitsetlar, zamburug'lar va ba'zi bir bakteriyalarning hayotiy faoliyati mahsuli bo'lgan antibiotiklar ishlab chiqaradilar.

XX asrda mikrobiologiyadan viruslar dunyosini o'rganuvchi virusologiya fani ajralib chiqdi. Bu fanning asoschisi (1892-y.) rus olimi D.I.Ivanovskiydir. Ba'zi kasalliklar: quturish, qizamiq, chechak, poliomiyelit kabilarning qo'zg'atuvchilarining faqatgina

morfologiyasini elektron mikroskop ashf qilingandan so'nggina o'rganish mumkin bo'ldi.

Biotexnologiya yoki biologik jarayonlar texnologiyasi biologik agentlar yoki ularning majmualaridan (mikroorganizmlar, o'simliklar va hayvon hujayralari, ularning komponentlaridan) kerakli mahsulotlar ishlab chiqarish maqsadida, sanoatda foydalanish degan ma'noni beradi.

Adabiyotlarda «biotexnologiya» atamasiga mutaxassis olimlar tomonidan turli xil ta'riflar berib kelinmoqdaki, fanning hozirgi rivojlangan davrida ham birorta aniq to'xtamga kelinmagan. Quyida biotexnologiya sohasining yetuk olimlari tomonidan ushbu atamaga berilgan ta'riflarga to'xtalib o'tamiz:

a) Anbash, A.Xemferi, N.Millislarning (1975) fikriga ko'ra, biotexnologiya yangi biokimyoviy ishlab chiqarishlar mahsulidir (vitaminlar, antibiotiklar);

b) biotexnologiya moddalarni biosintez usuli orqali oziqa olish fanining bo'limi bo'lib, u «bioinjeneriya» sohasi bilan bog'liqdir;

d) A.Xasting (1983) fikricha, «biotexnologiya» — pivo, vino, pishloq, vitaminlarni sanoat asosida ishlab chiqarish jarayonidir.

e) 1980-yilda o'tkazilgan Yevropa federatsiyasi Kengashining muhokamasida biotexnologiyaga biologik tizimlar asosidagi sanoat jarayoni deb qaralgan.

f) 1983-yil Bratislavada bo'lib o'tgan kengashda biotexnologiya moddalarni katta miqdordagi sanoat asosida (biokatalizatorlar orqali) olish va atrof-muhitni himoya qiladigan fan deb ta'riflangan.

g) A.A.Bayev (1986), Y.A.Ovchinnikov (1982) biotexnologiyani biologik jarayonlarni ishlab chiqarishga joriy etish to'g'risidagi fan, deb ta'riflashgan.

Bizning fikrimizcha, biotexnologiya – inson ehtiyoji uchun zarur bo'lgan modda va birikmalarni tirik hujayralar va organizmlar hamda ularning metobolitlari yordamida, katta hajmda tayyorlash degan ma'noga to'g'ri keladi. Darhaqiqat, biotexnologik jarayonlardan mikroorganizmlar, o'simlik va hayvon hujayralari va to'qimalari, hujayra organellalari, ularni o'rab turgan membranalardan sof holatda oqsil, organik kislotalar, aminokislotalar, spirtlar, dorivor moddalar, fermentlar, gormonlar va boshqa organik moddalarni (masalan, biogaz) ishlab chiqarish (sintez qilishda), tabiiy qazilmalardan sof holda metall ajratish, oqova suvlarni tozalash va qishloq xo'jalik yoki sanoat chiqindilarini qayta ishlash kabi sohalarda keng foydalaniladi.

Fan sifatida o'tgan asrning 60-yillaridan shakllana boshlagan biotexnologiyaning tarixiga chuqurroq nazar tashlasak, mikroorganizmlar yordamida «bijg'itish», «achitish» jarayonlari insoniyat tomonidan qadimdan keng ishlatilib kelinayotganligining guvohi bo'lamiz.

Mikrob biotexnologiyasining rivojlanish tarixi ko'p ma'noda XX asrning ikkinchi yarmi bilan bog'liq. O'tgan asrning 40-yillarida mikroorganizmlardan penitsillin olish texnologiyasining yaratilishi bu fan rivojida ijobiy burilish yasadi. Penitsillin ishlab chiqarilishining yo'lga qo'yilishi va muvaffaqiyat bilan ishlatilishida keyingi avlod antibiotiklarini qidirib topish, ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish va qo'llash usullari ustida ishlarni tashkil qilish zarurligi oldindan belgilab qo'yiadi. Bugungi kunda yuzdan ortiq antibiotiklarni ishlab chiqarish texnologiyalari hayotga tadbiq qilingan.

Antibiotiklar ishlab chiqarish bilan bir qatorda aminokislotalar, fermentlar, gormonlar va boshqa fiziologik faol birikmalar tayyor-

lash texnologiyalari ham yaratila boshlandi. Bugungi kunda tibbiyot va qishloq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan aminokislotalar (ayniqsa, organizmda sintez bo'lmaydigan aminokislotalar), fermentlar va boshqa fiziologik faol moddalar ishlab chiqarish texnologiyalari yo'lga qo'yilgan.

Oxirgi 20–30 yilda, ayniqsa, mikrob oqsilini olish texnologiyasi rivojlanib ketdi. Insoniyat uchun o'ta zarur bo'lgan bu mahsulotni ishlab chiqarish bilan bir qatorda, undan unumli va oqilona foydalanish yo'llari amalga oshirilmoqda. Oqsil ishlab chiqarishda har xil chiqindilardan (zardob, go'sht qoldiqlari) va parafindan foydalanish mumkinligi isbotlangan. Hozirgi paytda buning uchun metan va metanoldan foydalanish mumkinligi ham ko'rsatib o'tilgan. Keyingi vaqtda mikrob biotexnologiyasining rivojlanishi, immobillashgan (maxsus sorbentlarga bog'langan) fermentlar va mikroorganizmlar ishtirokida tayyorlash texnologiyalarining yaratilishi bilan uzviy bog'liq bo'ldi. Immobilizatsiya qilingan fermentlarning har xil jarayonlarda ishlatilishi (fermentlar muhandisligi) bu biokatalizatorlardan foydalanishni yanada faollashtirib yubordi. Endilikda fermentlar bir marotaba emas, bir necha marotaba uzluksiz (hatto bir necha oylab) ishlatiladigan bo'lib qoldi.

Mikroorganizmlar faoliyati va imkoniyatidan foydalanish, ularning hosildor turlarini (shtammlarini) yaratish bilan bog'liq. Bunday vazifani mikrobiologlar bilan uzviy hamkorlikda genetiklar va gen muhandisligi usullaridan xabardor bo'lgan mutaxassislar amalga oshiradilar. Mikrob preparatlarini ishlab chiqarishni faollashtirishning yana bir yo'li ikki yoki undan ortiq bo'lgan, biri ikkinchisining faolligini oshirib bera oladigan (simbiozda ishlaydigan) mikroorganizmlar assotsiatsiyasidan foydalanishdir. Bu yo'l hozirgi

vaqtda fermentlar, antibiotiklar, vitaminlar va metan gazi olishda hamda oqova suvlarni tozalash jarayonlarida keng qo'llanilib kelinmoqda.

Biotexnologiyaning asosini mikrob faoliyati tashkil qiladi. Shunday ekan faol mikroorganizmlar yaratish, ularni faglardan va tashqi salbiy muhit ta'siridan asrash masalalari ham eng muhim vazifalardan biridir.

Shu kabi qator o'ta muhim muammolarni yechishda nafaqat mikrobiologlar, biokimyogarlar, biotexnologlar, balki muhandislar va texnologlar ishtirok etishlari zarur bo'ladi.

Bu esa biotexnologiya fanini yaxshi o'zlashtirib olish uchun yuqorida eslab o'tilgan fanlardan xabardor bo'lmoqlikni taqozo etadi.

MIKROBIOLOGIYA VA BIOTEXNOLOGIYANING QISQACHA RIVOJLANISH TARIXI

Qadimdan yuqumli kasalliklarning sabablarini tabiblar izlay boshlashgan. Abu Ali ibn Sino (980–1037-y.) chechak, moxov va boshqa yuqumli kasalliklarning qo'zg'atuvchilari tirik mavjudot ekanligini, suv va havo orqali yuqishini ta'kidlagan.

1550-yilda shishaga ishlov beruvchilar Gans va Zaxariy Yansenlar mayda narsalarni kattalashtirib ko'rsatuvchi asbob yasadilar. 1609–1610-yillarda G.Galiley (1564–1642) birinchi sodda mikroskop ixtiro qildi. 1617–1619-yillarda K.Drebbel mikroskoplarni takomillashtirib, ikki linzali qavariq obyektivli mikroskopni yaratdi. Bu mikroskop yordamida M.Malpigi, Y.Svammerdam, A.Kirxer va boshqalar o'simlik va hayvonlarning hujayra va to'qimalarini o'rganishgan.

XVII asrning oxiri (1675-y.)da birinchi bo'lib, gollandiyalik Anton Levenguk o'zi tayyorlagan yuqori sifatli lupadan mikroskopni yasab, takomillashtirib, tish kiridan, organik moddalar ko'p bo'lgan suvdan, ko'lmak suvlardan preparat tayyorlab, unda tayoqchasimon, sharsimon, egilgan va boshqa shakllardagi mikroorganizmlarni ko'rib, ularga izoh berdi. Odam og'iz bo'shlig'ida mikroorganizmlarning shunchalik ko'p bo'lishini ko'rib, hayratlandi. U o'zi ko'rgan mikroorganizmlarni «tirik hayvonchalar» – «Animalkula viva» deb nomladi.

A.Levengukning kashfiyoti ko'pgina olimlarning mikroorganizmlar dunyosini o'rganishlari uchun turtki bo'ldi. Shunday bo'lsa ham, oradan 100–200 yil muddat o'tgandan keyingina bijg'ish, chirish, ko'pchilik yuqumli kasalliklar etiologiyasi, biosferada azot va uglerodning aylanishida mikroorganizmlarning roli aniqlandi.

G.Galiley

A.Levenguk

D.Samoylovich

Rus harbiy vrachi D.S.Samoylovich toun kasalligini o'rganib, uning qo'zg'atuvchisi tirik mavjudot ekanligini aniqlab, odamlarni bu kasallikka qarshi emlash usulini taklif qildi. D.S.Samoylovichning shu kasallik ustida qilgan ko'p yillik, samarali xizmatlari uchun u ko'pgina G'arbiy Yevropa mamlakatlarining akademiyalarining faxriy a'zosi qilib saylangan. Ko'pgina yuqumli kasalliklarning nazariy va amaliy profilaktikasiga javob topishda D.S.Samoylovich fikrlarining ahamiyati katta bo'lgan.

Ingliz vrachi E.Djenner (1749–1823) 1796-yilda chechakka qarshi emlash usullarini asoslab bergan.

Daniyalik olim Otto Fredrik Myuller 1786-yilda 200 ga yaqin bir hujayrali organizmlarni izohlab bergan. U yaratgan atamalar bilan bog'liq *Vibrio, Monas, Proteus* kabi avlodlarning nomlaridan hozirgacha foydalaniladi.

Shved tabiatshunosi Karl Linney (1707–1778) binar nomenklaturani, o'simliklar changchilari soniga asoslangan sun'iy sistematikani yaratdi. U bir hujayrali organizmlarni xaos avlodiga biriktirdi.

XVIII asrda italiyalik olim Ladzaro Spallansani (1729–1799) va M.M.Terexovskiy mikrobiologiyaga katta hissa qo'shdilar.

L.Spallansani

L.Paster

I.Mechnikov

Spallansani (1765) organik eritmali kolbani qaynatganda infuzoriya hosil bo'lmasligini ko'rsatadi va shu tajribasi bilan J.Nidxem (1745) va J.Byuffonning «o'z-o'zidan tug'ilish mumkin» degan qarashlarini rad etdi.

XIX asrning 40-yillarida bijg'ish jarayonlarini o'rganish va bu jarayonlardan xalq xo'jaligida foydalanish boshlandi. Pivo tayyorlash, vino olish, qatiq, kefir, non pishirishda va boshqalarda bijg'ish jarayonlaridan foydalanishning ko'lami kengayib bordi.

1837-yilda olimlardan T.Shvan, F.Kyutsing Germaniyada, Sh.Kanyar de-la-Tur Fransiyada bir-biridan bexabar ravishda, spirtli bijg'ish jarayoni mikroorganizmlar faoliyati tufayli yuzaga chiqishini aniqladilar.

Yosh ximik Lui Paster (1822–1895) 1856-yilda spirtli va 1857-yilda sut kislotali bijg'ish jarayonlarining biologik mohiyatini ochib berdi. 1860-yilda «o'z-o'zidan tug'ilish» degan qarashlarni uddaburonlik bilan hal qildi. Shunday qilib, Paster bijg'ish jarayonini o'rganishdan boshlagan ishini tibbiy mikrobiologiya bilan tugatdi. 1988-yili L.S.Senkovskiy Paster metodi bilan kuydirgi kasalligining oldini olish uchun emlash ishlarini bajarish maqsadida Parijga

keldi. Ammo bu ishlarni amalga oshirishga ruxsat ololmagach, vataniga qaytib ketdi. 1984-yil mustaqil ravishda kuydirgi kasalligini vaksinatsiya qilish usulini ishlab chiqdi. Shunday qilib, hayvonlarning bu kasallik bilan og'rishining oldini olish veterinariyada qo'llanila boshlandi. Ma'lum bo'lishicha, Lui Paster L.S.Senkovskiyga kuydirgi kasalligiga qarshi vaksinatsiya bilan bog'liq muammolarni o'z laboratoriyasida amalga oshirishiga ruxsat bermaganligining sababi, u vaksinatsiya qilish usulini bir aksionerlik jamiyatiga sotib yuborgan bo'lib, bu sirni ochishga haqqi yo'q edi.

Tibbiy mikrobiologiyaning ikkinchi asoschisi nemis olimi R.Kox (1843–1910) toza mikroorganizmlar kulturasini yangi va ishonchli usulda, qattiq oziqa muhitidan (jelatina) ajratib olish usulidan foydalandi. Bundan tashqari, Kox qator yuqumli kasalliklarning qo'zg'atuvchilarini (sil, vabo) o'rgandi.

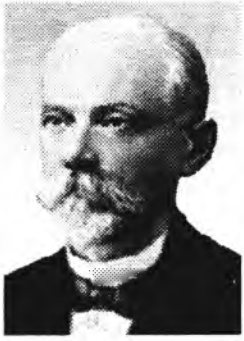
Tibbiy mikrobiologiyaga katta hissa qo'shgan I.I.Mechnikov (1845–1916) immunitetni fagotsitar nazariyasiga asos soldi. Keyinchalik P.Erlix gumoral nazariyani taxmin qildi. Bakteriyalarning rivojlanishi va ular turlarining o'ziga xosligini tushunishga bag'ishlangan diqqatga sazovor ishlarni K.Negeli (1817–1891) va F.Kon (1828–1898)lar amalga oshirdilar. Bu vaqtda Negeli boshchilik qilayotgan polimorfistlar bakteriyalarning turlari turg'un emas va ularni o'rab turgan sharoit o'zgarganda biri ikkinchisiga aylanib turadi, deb hisoblar edilar. F.Kon monomorfizm tarafdori bo'lib, boshqa turdagi organizmlar singari bakteriyalar ham haqiqiy turga ega deb hisoblardi. Fan taraqqiyoti Konning haqligini isbotladi. Lekin ko'pchilik bakteriyalarning rivojlanish davrida tur ichida polimorfizm bo'lishini (rivojlanish va moslashish davrida) ko'rsatdi. Yuqorida eslab o'tilgan L.S.Senkovskiy polimorfizmning tarafdorlaridan edi. U tuban organizmlarni ontogenetik metod bilan o'r-

L.Senkovskiy

B.Isachenko

S.Vinogradskiy

ganishning asoschisidir. L.S.Senkovskiy amyobasimon organizmlar, infuzoriy, xivchinlilarning rivojlanish tarixini o'rganishni muvaffaqiyatli qo'lladi va fanga ma'lum bo'lmagan *Vampirella vorax*, *Vamp. pendula, Pseudospora nitellarum, Gobiella borealis, Nuclearia delicatula, Labyrinthula vitelina, Endomyxa paludosa* kabi 43 ta yangi mikroorganizmlarni tahlil qildi. U bakteriyalardan shakar siropini shilimshiq massaga aylantiruvchi bakteriyani *Ascococcus mesenterioides* (1879-y.) deb atab, uni ta'riflab bergan. Van-Tigem esa *Leuconostos mesenterioides* (1879)ga ta'rif bergan. Bundan tashqari, Senkovskiy bakteriyalarda shilimshiq koloniyalarning (zoogleya) hosil bo'lishini tahlil qilib berdi (1877-y.). Uning yirik mikroorganizmlarga bog'liq ishlari katta muvaffaqiyatga ega bo'lgan bir vaqtda bakteriyalarni o'rganish sohasida L.S.Senkovskiy polimorfizm tarafdori bo'lib, ko'pgina jarayonlarni noto'g'ri talqin qilgan. Bakteriyalarning har xil avlod va turlarini mikrotriks ipsimon bakteriyasining turli rivojlanish bosqichidagi bitta turga mansub deb hisoblagan. U ko'plab turdagi bakteriyali substratlar bilan steril bo'lmagan sharoitda ishlagani uchun shunday fikrga kelgan. Lekin kuydirgi kasalligiga qarshi vaksinani tayyorlashda u mono-



D.Ivanovskiy

A.Faminsin

M.Beyerink

morfizm yo'liga o'tdi va bilishimizcha, uning bu ishlari katta muvaffaqiyatlarga olib keldi.

L.S.Senkovskiyning tuban organizmlarning o'rganish tarixi sohasidagi shogird va izdoshlari: M.S.Voronin (1838–1903), A.S.Faminsin (1835–1918), X.Y.Gobi (1847–1920), I.N.Gorojankin (1448–1904), A.P.Artariy (1862–1919) va boshqa tadqiqotchilar mikrobiologiyaning rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar. X.Y.Gobi kriptomagistlar, ya'ni tuban o'simliklarni o'rganuvchi tadqiqotchilar maktabining asoschisi bo'lgan. Bu maktabdan G.A.Nadson (1867–1942) va B.L.Isachenko (1871–1948) kabi taniqli mikrobiologlar yetishib chiqdi. S.N.Vinogradskiy A.S.Faminsin va X.Y.Gobilarning laboratoriyasida boshlang'ich bilimlarni olgan. Viruslar dunyosining birinchi tadqiqotchisi D.I.Ivanovskiy A.S.Faminsin va qisman X.Y.Gobining shogirdi bo'lgan. Mikrobiologik ishlarning borgan sari ko'payishi bilan stelirizatsiya qilish, oldin suyuq muhitda (Paster), keyinchalik qattiq jelatinli (R.Kox) muhitda toza kulturalar olishning mikrobiologik texnikasi rivojlanib bordi. Bakteriya kulturalari uchun agar-agar nemis olimi Gesse (1884) tomonidan kiritildi. Mikrobiologik texnikaga shifokor

L.L.Gedenreyx juda ko'p yangiliklar kiritdi. U birinchi bo'lib «Bakteriologiyadan amaliy qo'llanma» nomli kitobni yozgan va birinchi bo'lib Petri idishchalari nomini olgan (1887) shisha idishlardan foydalangan (1885).

Texnik mkrobiologiyaning rivojiga katta hissa qo'shgan daniyalik olim E.X.Gazen (1872–1901-yillardagi ishlari) pivo ishlab chiqarishda achitqi zamburug'i kulturasidan birinchi bo'lib foydalangan. Bu unga sifatli pivo tayyorlashga imkon berib, mahsulotni ishlab chiqarish jarayonida uchraydigan zamburug'larning yovvoyi turlari ta'sirida aynib qolishdan halos qilgan. L.Pasterning bijg'ishga bag'ishlangan ishlaridan mikrobiologiyaning alohida yo'nalishi – texnik mikrobiologiya rivojlana boshlagan bo'lsa, G.Gelrigel va G.Vilfart (1886) hamda buyuk rus mikrobiologi S.N.Vinogradskiy tuproq mikrobiologiyasi yo'nalishiga asos solganlar.

G.Gelrigel va Vilfart (1886) azotobakteriyalar bilan dukkakli o'simliklar o'rtasidagi simbioz hodisasini ochdilar. Bu tadqiqot butun dunyoda dehqonchilikning rivojlanishida katta ahamiyat kasb etdi.

Shuni ta'kidlash lozimki, 1886-yili Voronin dukkakli o'simliklarning tuganagida bakteriyalarning to'planishini bayon qilgan. Gollandiyalik olim M.Beyerink (1888-y.) esa birinchi bo'lib tugunak bakteriyalarning toza kulturasini ajratib oldi. S.N.Vinogradskiy oltingugurt bakteriyasi, temir bakteriyasi va nitirifikatorlar misolida xemosintez jarayonini ochdi. Bu ishlar XIX asrning umumiy fiziologiya sohasidagi buyuk tadqiqotlardan biri bo'ldi. Bundan tashqari, Vinogradskiy erkin yashovchi anaerob azotfiksator organizm *Clostridium pasterianum* ni ajratib oldi va tahlil qildi. Ko'pgina izlanishlar Vinogradskiy tomonidan fanga kiritilgan yangi metod – bakteriyalarning elektiv kulturasini olish tufayli amalga oshdi. Keyinchalik S.N.Vinogradskiy (1924-, 1925-, 1928-y.) tuproqning

Y-77511/3
TDPU
kutubxonasi

mikroflorasini o'rganishning qator yangi metodlarini yaratdi va tuproqdan kletchatkani parchalovchi aerob mikroorganizm ajratib olishga erishdi. Aynan shu vaqtda N.G.Xolodniy tuproqning mikroflorasini o'rganish metodi va temir bakteriyalarga bag'ishlangan ishlarini nashrdan chiqardi.

XX asrning boshida mikrobiologiya faniga S.N.Vinogradskiyning shogirdi V.L.Omelyanskiy (1867–1928) tabiatda keng tarqalgan kletchatka parchalovchi bakteriyalarning anaerob florasini o'rganib, tahlil qilishi hamda mikroorganizmlar ekologiyasiga tegishli muhim ishlari bilan katta hissa qo'shdi. M.Beyerink (1988-y.) azotfiksatsiya qiluvchi aerob bakteriya azotobakterni ochdi, tamakining mozaika kasalligi ustida tadqiqotlar olib bordi va butun dunyoga mashhur «virus» nomini berdi. Bu vaqtgacha virus atamasi har qanday yuqumli illatning boshlanishi deb hisoblanar edi. Ammo D.I.Ivanovskiyning fikriga qarshi o'laroq, M.Beyerink viruslarni suyuq tabiatga ega degan ma'no o'rnida ishlatilar edi. Ammo D.O.Ivanovskiyning fikri elektron mikroskop ochilgandan so'ng to'liq tasdiqlandi.

O'tgan asrning oxirlarida suv, dengiz, geologiya mikrobiologiyasi yo'nalishlari rivojlana boshladi. Bu yo'nalishlarda G.A.Nadson, B.L.Isachenko, M.A.Egunov, V.O.Tauson, Y.E.Uspenskiy, V.S.Butkevich, A.E.Kriss, A.S.Razumov, B.V.Perfilev, S.I.Kuznetsov va boshqalar tomonidan amalga oshirilgan ishlar e'tiborga molikdir.

Mikroorganizmlar tomonidan amalga oshiriladigan nafas olishning ximizim va bijg'ishini o'rganishda S.P.Kostichev, V.S.Butkevich va V.N.Shaposhnikovning ishlari mikrobiologiyaga ko'p yangiliklar kiritdi. So'nggi yillarda mikrobiologik tadqiqotlar texnikasiga B.F.Perfilev va D.R.Gabe (1961-y.)lar katta hissa qo'shdilar. Ular ko'p yillar davomida mikroorganizmlarning yassi shisha

V.Omelyanskiy

G.Gabrichevskiy

N.Gamaleya

kapillyarlarda rivojlanishini kuzatish mumkin bo'lgan kapillyar mikroskopiya metodi ustida ishlab, suv havzalarining ichida yirtqich bakteriyalarning yangi original florasini ochdilar. 1920–1925-yillarda G.A.Nadson va uning shogirdi G.S.Filippovlarni ionlashtiruvchi nurlar ta'siri ostida zamburug'larda indutsirlangan mutagenez chaqirilishini o'rganish bo'yicha amalga oshirgan tadqiqotlari katta ahamiyat kasb etdi. Hozirgi vaqtda o'zgaruvchanlik va mikroorganizmlar irsiyati molekular darajada o'rganilmoqda. Mikroorganizmlarning transduksiya va transformatsiya hodisalari aniqlandi. Zamburug'larda gibridizatsiya hodisasi ochib berildi. G.A.Nadson asos solgan mikrobiologlarning katta maktabida akademik A.A.Imshenetskiy, N.A.Krasilnikov va M.N.Meysel, professorlar A.E Kriss, V.I.Kudryavsev, Y.I.Rautenshteynlar muvaffaqiyat bilan faoliyat ko'rsatganlar.

Tuproq mikrobiologiyasiga K.A.Timiryazev nomli qishloq xo'jaligi akademiyasining professorlari N.N.Xudyakov (1866–1927), M.V.Fedorov (1898–1961)lar katta hissa qo'shganlar.

Avvaliga tuproq mikrobiologiyasini o'rganishga bag'ishlangan tadqiqotlar S.P.Kostichev rahbarligidagi laboratoriyada amalga oshi-

rilgan bo'lsa, hozirda Sank-Peterburgdagi Qishloq xo'jaligi mikrobiologiyasi Akademiyasida muvaffaqiyat bilan davom ettirilmoqda. Suv mikrobiologiyasini o'rganishda F.A.Voytkeyvich, S.A.Korolyov va boshqa olimlarning hissasi katta.

Xorijiy olimlar E.Bering, E.Rular qatorida rus tadqiqotchilaridan G.N.Gabrichevskiy (1860–1907), D.K.Zabolotniy (1866–1929), V.A.Xavkin va boshqalar tibbiy mikrobiologiyaning rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar.

XX asrda patogen mikroorganizmlarga qarshi kurashning qator yangi metodlari kashf qilindi. F.D.Errel bakteriofaglar va ularning davolovchi xususiyatlarini ochdi (1917-y.), R.Dimak sulfanilamidlarning ahamiyatini; A.Fleming, G.Flori birinchi antibiotik penitsilinni; S.Vaksman qator jiddiy kasalliklarga qarshi samarali kurashishga imkon bergan streptomitsinni kashf qildilar.

N.F.Gamaleya (1859–1949) XIX asrning oxirida birinchi bo'lib bakteriyalarning so'rilishi (lizis) fenomenini aniqlab, ularni bakteriolizinlar deb atadi. Bu ishlarni davom ettirgan F.D.Errel bakteriofagiya hodisasini ochdi. Faglar mikroblarning viruslaridir. Elektronmikroskopiyaning ixtiro qilinishi va uning rivojlanishi natijasida viruslarni korpuskulyar tabiati tadqiq qilindi. Bu esa faglarning o'lchami, tuzilishi va tarkibini aniqlashga imkon berdi. Mikrobiologiyaning asoschisi Lui Paster, Robert Koxlarning ishlaridan so'ng ko'pgina yuqumli kasalliklarning qo'zg'atuvchilari tadqiq qilindi. Lekin qator patogen mikroorganizmlarni (qizamiq, skarlatina, quturish va boshqa kasalliklarni chaqiruvchilarni) uzoq vaqtgacha ta'riflash qiyin bo'ldi. Ko'pincha, ba'zi kasalliklar vaqtida bakteriyalar aniqlanib, bu kasalliklarning qo'zg'atuvchilari deb hisoblanardi. D.I.Ivanovskiy viruslar dunyosini ochganidan so'ng, aslida ko'p kasalliklar bakteriyalar tomonidan emas, viruslar tomo-

nidan qo'zg'atilishi aniq bo'ldi. Masalan, grippni qo'zg'atuvchi virus 1933-yili ochilgan. Stenli (1935-y.) tomonidan kristall holatda ajratib olingan tamaki mozaikasi virusi oqsil xususiyatiga ega ekanligi, ularning kristallanishi aniqlandi. Bu, o'z navbatida, viruslarning kimyoviy tarkibini o'rganishga turtki bo'ldi. Ammo ko'p vaqt o't-may, tamaki mozaikasi viruvsining nukleoproteid ekanligi ma'-lum bo'ldi. F.Bouden va N.Pirilar (1937-y.) tamaki mozaikasi virusida oqsildan tashqari nuklein kislota ham borligini aniqladilar. 1953-yildan boshlab «Viruslarning ko'payish tabiati» nomli anjumandan so'ng oqsillarni o'rganish bilan bir qatorda nuklein kislotalarni o'rganishga kirishib ketildi. Tadqiqotlar turli viruslarning nuklein kislotalari bir-biridan nukleotid asoslari nisbatining turlicha ekanligi bilan farqlanishini ko'rsatadi. Bakteriyalarning virusi – bakteriofagni o'rganish chog'ida, bakteriya ichiga virusni o'rab turgan oqsil qobig'i emas, aynan nuklein kislotasi kirishi ma'lum bo'ldi.

Virus va mikoplazmalarning tashuvchisi hasharotlar (sikadalar) (masalan, pomidor stolburi) va kanalar (odamda kananing ensefalit kasalligini chaqirishi) ekanligining aniqlanishi juda katta ahamiyatga ega bo'ldi. Tovuq embrionida (gripp), maymunning jigar to'qimasida (poliomiyelit virusi) kultura metodlarining ixtiro qilinishi ham katta ahamiyat kasb etib, poliomiyelit va boshqa virus kasalliklariga qarshi kurash choralarining ishlab chiqilishiga sabab bo'ldi.

XIX asrning ikkinchi yarmi va XX asrning birinchi yarmida mikrobiologiyaning katta yutuqlari ishlab chiqarish va texnik jarayonning o'sishi bilan chambarchas bog'liq bo'ldi. Bu vaqtda mikrosopik texnikaning mukammallashuvi fizik professor Ernest Abbe nomi bilan bog'liq bo'lib, u Karl Sess bilan birgalikda, keyinchalik Germaniyada «Karl Sess» nomi bilan mashhur bo'lgan

optik firmaga asos soldi. 1873-yilda Ernest Abbe mikroskop uchun yorutuvchi linzalar tizimini yaratdi, 1886-yilda esa apoxromatlarning konstruksiyasini yaratib, yorug'lik mikroskopining xossalarini yaxshiladi. 1903-yilda Zidentopf va Jigmondilar ultra-mikroskoplar yasadilar. Bu mikroskop turi kolloid kimyoning rivojlanishiga katta hissa qo'shdi. 1908-yili A.Kaler va G.Zidentopflar tomonidan birinchi luminessent mikroskop taklif qilindi. 1928–1931-yillari birinchi elektron mikroskop, 1934-yilda esa F.Sernik tomonidan fazali kontrast tamoyili ishlab chiqildi. Birmuncha keyinroq anoptral mikroskop paydo bo'lib, obyektlarning o'lchamli sur'atlarini tasvirlash imkoni tug'ildi.

Mikroskoplarning barcha turlari, ayniqsa, elektron mikroskop organizm tuzilishi to'g'risidagi tasavvurlarni aniqlashtirishga imkon berdi. Elektron mikroskop 0,02 mm dan to 7 Å va undan kichik bo'lgan o'lchamda, hujayra organoidlarining alohida struktura va funksiyasi o'rtasidagi aloqani kuzatishning imkonini berdi. Biokimyoning XX asrdagi yutuqlari mikroorganizmlarni o'rganishda biokimyoviy yo'nalishning paydo bo'lishiga turtki bo'ldi va hozirgi kunda u jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda.

So'nggi ikki asr davomida mikrobiologiya bijg'ish jarayonining kimyoviy jihatini o'rganish yo'lidan borgan bo'lsa, hozirda ular muhim ahamiyat kasb etayotgan chorvachilik va tibbiyot amaliyoti uchun zarur bo'lgan almashilmaydigan aminokislotalar biosintezi, qator vitamin va antibiotiklarning manbayi bo'lib xizmat qilmoqdalar.

Mikroskoplar yangi turlarining yaratilishi, o'simlik va hayvonlar hujayralarini fiksatsiya qilish va bo'yash metodlarining mukammalashuviga olib keldi. Sitologiya va sitokimyoviy tadqiqot metodlari-

ning rivojlanishi va keyinchalik elektron mikroskopik preparatlar texnikasining (o'ta yupqa kesmalar va boshq.) ishlab chiqarilishiga olib keldi.

Shu vaqtgacha mikrobiologiya va bioximiyaning diqqat markazida dunyoning paydo bo'lishi muammosi turgan bo'lsa, hozirgi kunda organik moddalarni sun'iy yo'l bilan hosil qilish ustida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Mikrobiologiya hozirgi vaqtda xalq xo'jaligida katta ahamiyat kasb etib, undan turli sohalarda foydalanish bo'yicha ilmiy va amaliy, innovatsion tadqiqotlar olib borilmoqda. Mamlakatimizda qabul qilingan Kadrlar tayyorlash milliy dasturida mikrobiologiya faniga alohida o'rin ajratilgan. Bu fanni o'rganish bo'yicha qator universitetlarda magistratura, stajyor-tadqiqotchi-izlanuvchilarga o'rinlar berilgan. Dissertatsiya himoya qiluvchi ilmiy kengashlar faoliyat ko'rsatib kelmoqda.

Yuqorida aytilganlardan ko'rinib turibdiki, mikrobiologiyaning 100 yildan ortiq vaqt ichida rivojlanishi nafaqat ko'pgina hodisalarni tushuntirib berdi, balki jarrohlarning ajoyib operatsiyalarni amalga oshirishlari uchun asos bo'ldi, oziq-ovqat ishlab chiqarish texnologiyalarini o'zgartirdi, konserva tayyorlashni qat'iy asosga qo'ydi, sut mahsulotlarini yoppasiga ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi, pivo ishlab chiqarish, arzon xomashyodan qimmatli mahsulotlar (lizin va boshqalar), kimyo va o'simliklar fiziologiyasi bilan birgalikda dalalarda ratsional agrotexnikani yaratish imkoniyatlarini ochib berdi.

Barcha aytilganlardan ko'rinadiki, hozirgi zamonda mikrobiologiyaning tutgan o'rni, fanning ko'pgina fundamental nazariy masalalarini ishlab chiqishda hamda ishlab chiqarish, qishloq xo'jaligi, veterinariya va tibbiyotda keng qo'llanilishi uning qanchalar ahamiyatli ekanligini ko'rsatadi.

O'zbekistonda mikroorganizmlar biotexnologiyasi sohasi bo'yicha birinchi o'zbek akademigi A.G.Xolmurodov (1939–1996) fuzarium avlodiga mansub zamburug'lardan NAD-kofermenti va vitaminlar kompleksi (B guruhiga kiruvchi vitaminlar, vitamin PP, 10 va h.k.) tayyorlash texnologiyasini yaratgan va ularni amaliyotga qo'llagan. Akademik M.I.Mavloniy O'zbekistonda uchraydigan achitqi zamburug'larni o'rganib, ularning novvoychilik, vinochilik va chorvachilikda qo'llanilishi mumkin bo'lgan turlarini topdi va ular asosida maxsus xamirturushlar va vinochilik uchun achitqi tayyorlash texnologiyalarni boyitdi. Akademik M.I.Mavloniy bir necha o'nlab patentlar va mualliflik guvohnomalari sohibasi, u yaratgan texnologiyalar oziq-ovqat biotexnologiyasi sohasida keng ishlatib kelinmoqda.

Professor Q.D.Davranov MDH mamlakatlarida birinchilardan bo'lib, yog' parchalovchi lipaza fermentini tayyorlash texnologiyasini yaratdi. Bu fermentni ko'p shakllilik sabablarini tahlil qila turib, har bir biotexnologik jarayon uchun o'ziga xos xususiyatga ega bo'lgan lipaza fermenti zarur, degan fikrga keldi va buni amaliyotda isbotlab berdi. Q.D.Davranov yaratgan «Yer malhami», «Bist», «Fitobiosol», «Subtin» va boshqa biopreparatlar azot o'zlashtiruvchi, minerallarni parchalash xususiyatiga ega bo'lgan mikroorganizmlar asosida tayyorlangan bo'lib, mamlakatimiz qishloq xo'jaligi amaliyotida keng qo'llanilmoqda.

Biologiya fanlari doktori J.Toshpo'latov (1938–2005) «trixoderma xarzianum» deb atalmish zamburug'larni o'rganib, ulardan olingan fermentlardan somon va g'o'zapoyani parchalashda foydalanish mumkinligini asoslab berdi va uning texnologiyasini yaratdi. Bu texnologiya asosida dag'al yem-xashak tayyorlash va ularni chorvachilikda ishlatish ishlari yo'lga qo'yilgan.

O'zbekistonda biotexnologiya fanining rivojlanishiga katta hissa qo'shgan, tashkilotchi olimlardan biri biologiya fanlari doktori, professor M.M.Rahimov bo'lib, bu olim mamlakatimizning bir necha oliygohlarida, xususan, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetida, Toshkent davlat agrar universitetida, Toshkent farmatsevtika institutida «Biotexnologiya» kafedralarini tashkil qilgan.

M.M.Rahimov M.V.Lomonosov nomidagi Moskva davlat universitetida tahsil olgan va 1968-yil kimyo fanlar nomzodi ilmiy darajasiga sazovor bo'lgan. Hozirgacha yuzga yaqin fan doktorlari va fan nomzodlariga ustozlik qilib kelmoqda. 600 ga yaqin ilmiy maqolalar, o'quv qo'llanmalar, darsliklar va patentlar muallifi. Mamlakatimizning qator orden va medallari biln taqdirlangan.

O'zbek olimlaridan T.G.G'ulomova, A.H.Vahobov, X.A.Berdiqulov, R.Shoyaqubov, Z.R.Ahmedova, Z.F.Ismoilov, I.J.Jumaniyozov va boshqalar mamlakatimizda biotexnologiyani rivojlantirish ustida ilmiy va amaliy ishlar olib bormoqdalar.

Shu o'rinda, O'zbekistonda biotexnologiya fanining rivojlanishiga katta hissa qo'shgan ayrim yirik olimlar haqida qisqa ma'lumotlar berib o'tishni lozim topdik. Zeroki, ularning ulkan mehnatlari tufayli mahalliy biotexnologiya sohasi paydo bo'lgan.

Asqar G'aniyevich Xolmurodov (1939—1997) — Ukraina fanlar akademiyasiga qarashli Biokimyo institutida nomzodlik (1965-y.) va doktorlik dissertasiyasini (1976-y.) himoya qilgan va ushbu institutda yigirma yil davomida faoliyat olib borgan. 1980-yildan professor ilmiy unvoni sohibi. 1986—1997-yillar davomida O'zFA Mikrobiologiya instituti direktori, O'zR FA muxbir a'zosi (1987-y.) va akademigi (1989-y.), shuningdek, O'zR FA Prezidiumi bosh ilmiy kotibi (1988-y.) va vitseprezidenti (1990-y.) lavozimlarida

faoliyat yuritgan. Ilmiy faoliyati davomida 300 dan ortiq ilmiy maqolalar va ixtirolar muallifi, 40 dan ortiq fan doktori va fan nomzodlariga rahbarlik qilgan.

Ahror Muzaffarovich Muzaffarov (1909–1987) – algologiya, gidrobiologiya, gidroekologiya va suv o'tlari biotexnologiyasi sohalari bo'yicha faoliyat olib borgan yirik olim. O'zR FA ning haqiqiy a'zosi (1960-y.). O'zR FA Botanika institutining direktori (1956–1960), O'zR FA Prezidiumi a'zosi va kimyo-texnologiya va biologiya fanlari bo'limining akademik-kotibi (1966–1970), O'zR FA mikrobiologiya bo'limi rahbari (1970–1977), shu bo'lim asosida mikrobiologiya institutini tashkil etib, unga rahbarlik qilgan (1977–1985). Ba'zi bir suv havzalarining suv o'tlarini o'rganib, ularning serhosil shtammlarini ajratib olgan. Bir necha monografiyalar va 200 dan ortiq ilmiy maqolalar muallifi.

Ahmad Pochchayevich Ibragimov (1928–2010) – 1950-yilda Toshkent farmatsevtika istitutini tamomlagan. 1954-yilda O'zR FA Kimyo institutining aspiranturasida tahsil olib, kimyo fani bo'yicha nomzodlik dissertatsiyasini himoya qilgan. 1954–1957-yillar davomida Samarqand davlat qishloq xo'jalik institutida «Organik va biologik kimyo» kafedrasi mudiri bo'lib ishlagan, 1957-yildan O'zR FA Yadro fizikasi institutining radiatsion kimyo laboratoriyasini boshqargan. 1967-yildan O'zR FA Biokimyo instituti direktorining muovini va ayni paytda nuklein kislotalar biokimyosi laboratoriyasiga rahbarlik qilib kelgan. 1984-yildan O'zR FA muxbir a'zosi. O'zR FA akademigi (2000-y.), O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan arbobi (1989) unvonlari sovrindori. Uning mualliflligida 300 dan ortiq ilmiy maqolalar va beshta monografiya chop etilgan.

I B O B. MIKROORGANIZMLARNING MORFOLOGIYASI VA ULTRASTRUKTURASI

1.1. Bakterial hujayraning kimyoviy tarkibi

Bakteriya (lot. *bacteria* – tayoqcha) xlorofilsiz bir hujayrali bakteriyalar, o'zining biologik xususiyatiga ko'ra prokariotlarga kiritiladi. Bakteriyaning o'lchami mikrometrlarda (mkm) o'lchanadi. Ko'pchilik bakteriyalarning hajmi 0,2–10 mkm ga to'g'ri keladi.

Bakterial hujayraning kimyoviy tarkibi – azot 8–15%, uglerod 45–55%, kislorod 30%, vodorod 6–8% dan iborat. Mikroorganizmlar turli elementlar va ularning birikmalari: oqsil, nukleoproteid, uglevod, lipid, glutsidolipid, glutsidolipid-proteid kompleksi, nuklein kislotalar, fermentlar va vitaminlarni sintez qilish xususiyatiga ega.

Suv. Bakteriyalarning turiga qarab, ularning sitoplazmasida o'rtacha 75–85% atrofida suv saqlanadi, masalan, ichak tayoqchasi (*E coli*), difteriya, mikobakteriya (sil tayoqchasi), vabo vibrioni va h.k. Sporali mikroorganizmlarning sporasida esa suvning konsentratsiyasi 40–50% gacha bo'ladi. Suvning miqdori hujayraning asosiy tarkibini hosil etadi, u erkin va bog'langan holatda bo'lib, bog'langan suv sitoplazmaning struktura elementi hisoblanib, unda eritish xususiyati yo'q. Erkin suv kolloidlar uchun dispers muhit, kristall moddalar uchun erituvchi, vodorod va gidroksil ionlarning manbayi, kimyoviy reaksiyalarning qatnashuvchisi sifatida ishtirok etadi.

Mineral moddalar. Bakteriya hujayrasi tarkibiga mineral moddalardan: fosfor, oltingugurt, natriy, magniy, kaliy, kalsiy, temir,

xlor va boshqalar hamda mikroelementlardan molibden, kobalt, bor, marganes, rux, mis va boshqalar kiradi. Bakteriya hujayrasiga oziq modda bilan kirgan elementlar quruq massasining 2–14% ni yuqorida qayd etilgan elementlar tashkil etadi. Bakteriya moddalarining quruq massasi oqsil, nuklein kislota, uglevod, lipid va boshqa birikmalardan iborat.

Oqsil. Sitoplazmada va nukleoidda, sitoplazmatik membranada va hujayraning boshqa qismlarida tarqalgan oqsil bakterial hujayraning quruq massasining 50–80% ini tashkil etadi. Oqsilning tarkibida nukleoprteidlar va prostetik guruh mavjud. Oqsilning ikkinchi qismini lipoproteidlar tashkil etadi. Prostetik guruh sifatida moy (lipid, lipoidlar) ishtirok etadi. Lipoproteidlar yarim suyuq konsistensiyali bo'lib, hujayrada kiritma shaklida bo'ladi. Lipoproteidlar sitoplazmaning yuzasida bakterial hujayraga moddalarning kirishini boshqarib turuvchi membranalarni hosil etadi. Mikroorganizmlar hayotida oqsil tarkibli fermentlar (enzimlar va koenzimlar) biologik katalizator sifatida bakterial hujayrada alohida rol o'ynaydi. Fermentlar tarkibida prostetik guruh mavjud. Fermentning oqsilli qismi uning xususiy harakatini, prostetik guruhi esa kimyoviy reaksiyalarini boshqarib turadi.

Nuklein kislotalar. Nuklein kislotlarning miqdori bakteriyaning turiga, oziqasiga bog'liq. Bakterial hujayrada RNK 3 xilda: ribosoma RNK, transport RNK, matritsa RNK holida uchraydi. Ribosoma RNK ribosoma tarkibiga kiradi, transport RNK ribosomaga aminokislotalarni tashiydi, matritsa RNK polipeptid zanjirda aminokislotalar joylashishi tartibini ta'minlaydi.

DNK adenin, guanin, sitozin, timin, fosfat kislota, dezoksiribozadan iborat. RNK adenin, guanin, sitozin, uratsil, fosfat kislota, ribozadan iborat.

Uglevodlar. Bakteriyada uglevod va ko'p atomli spirtlarning miqdori quruq massaga nisbatan 12–18% bo'lib, uglevodning asosiy massasini erkin va bog'langan oqsildagi polisaxaridlar kompleksi tashkil etadi. Ularga: 1) ko'p atomli spirt; 2) alikozit; 3) poliozidlar; 4) nitral oligopoliozid; 5) nordon poliozidlar; 6) oligo- va poliozidlar kiradi.

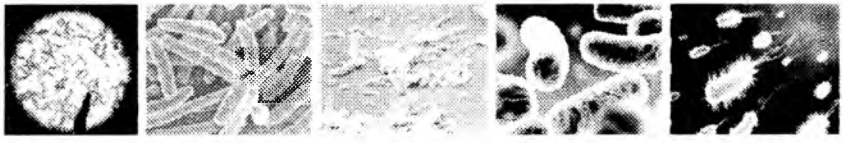
Polisaxaridlar. Ko'pchilik mikroorganizmlarning polisaxaridlari dekstrin (fruktozan) sellulozadan iborat. Ba'zi mikroorganizmlarda (mikobakteriya, sil) geksozaminlar bo'lib, gidrolizda monosaxaridlarga, aminosaxaridlarga va aminokislotalarga parchalanadi. Kislotali gidrolizda polisaxaridlardan galaktoza, glukoza va boshqalar hosil bo'ladi.

Lipidlar. Bakterial hujayrada quruq massaga nisbatan lipidlar 10% ni tashkil etadi. Bakterial lipidlar erkin moy kislotasi (26–28%), neytral moy va fosfolipidlardan iborat.

1.2. Bakteriyalarning morfologiyasi va tuzilishi

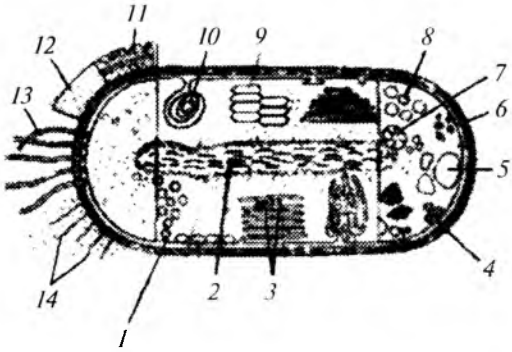
Bakteriyalarning turli: sharsimon, tayoqchasimon, vibrion shaklidagi (sal bukilgan), spiralla, spiroxeta, shoxlangan, mitselli va hokazo ko'rinishlari mavjud (1-rasm).

Bakteriya tuzilishi jihatidan o'simlik va hayvon hujayrasidan farq qiladi (2-rasm).



a *b* *d* *e* *f*

1-rasm. Har xil shakldagi bakteriyalarning ko'rinishlari:
a – sharsimon; *b, d, e* – tayoqchasimon; *f* – xivchinli tayoqchasimon.



1-rasm. Bakteriyalarning tuzilishi:
1 – plazmatik membrana; *2* – nukleoid; *3* – tilakoid; *4* – uglevodlar donasi: *5* – moy tomchilari; *6* – oltingugurt kiritmalari; *7* – polifosfat donasi; *8* – zaxira moddalar; *9* – gazli pufakchalar; *10* – mezosoma; *11* – qobiq; *12* – kapsula; *13* – xivchinlar; *14* – sorg'ichlar.

Prokariotlar – gaploid organizmlar, odatda, ularda bitta gen mavjud bo'lib, sitoplazmadan maxsus membrana bilan ajralmagan, ularda mitoxondriya va Goldji apparati yo'q. Bakteriya qobiq, sitoplazma, nukleoid, har xil kiritmalar va boshqalardan iborat.

Nukleoid (nukleoplazma, karioplazma) DNK yoki RNK dan iborat bo'lib, yuqorida aytilganidek, sitoplazmadan membarana bilan ajralmagan. Bakteriya nukleoidi zamburug' yadrosidan o'simlik, hayvon hujayrasi tuzilishi va funksiyasi jihatidan farq qiladi. Bakteriya ko'k-yashil suvo'tlari nukleoidi DNK fibrillalaridan iborat bo'lib, diffuzion xarakterga ega. DNK ning diametri 3–5 nm. Yopiq elak ko'rinishida bo'ladi. U sitoplazmaning markazida joylashgan bo'lib, sitoplazmatik membrana, mezosoma va polisomalar bilan aloqada turadi. Bakteriya tinch holatda bo'lsa, nukleiod 1 ta, bo'linish oldidan esa 2 ta, logarifm fazasida 4 va undan ko'p nukleiodlarga ega bo'ladi.

Bakteriya sitoplazmasi kolloidlarning dispers muhiti bo'lib, suv, oqsil, uglevod, lipid, mineral birikmalar va boshqa moddalardan iborat. Bakterial sitoplazma harakatsiz 60% RNK va 40% proteindan iborat bo'lgan ribonukleoproteid bo'lib, membranaga birikkan. Sitoplazmatik genetik strukturaga ega bo'lgan plazmidlar mavjud. Sitoplazmada ribosomalar volyutin, lipoproteidlar, glikogen, granuleza, oltingugurt, kalsiy va boshqalar mavjud.

Bakteriya sitoplazmasida vakuolalar mavjud bo'lib, unda suvda erigan mineral moddalar bo'ladi. Vakuola tarkibi lipoproteiddan iborat bo'lgan membrana (tonoplast) bilan o'ralgan. Vakuolalarning soni 6 tadan 10 tagacha bo'lib, o'sish paytida 20 tagacha yetadi.

Bakteriya qobig'i sitoplazmatik membranadan, hujayra devoridan, kapsula qavatidan iborat. Sitoplazmatik membrana hujayra devorining ichki yuzasiga yopishgan bo'lib, qalinligi 5–7,5 nm bo'ladi. Sitoplazmatik membrana 3 ta qavatdan: lipid, protein, lipoproteindan iborat. Lipoprotein oz miqdorda uglevod va boshqa birikmalardan iborat. Sitoplazmatik membrananing yuza qismida ba'zi bir jarayonlarda ishtirok etuvchi fermentlar joylashgan. Invaginatsiyada sitoplazmatik membrana mezosomalarni hosil qiladi. Sitoplazmatik membranalar orqali yuzlab har xil reaksiyalar o'tib turadi. Mezosoma hujayraning bo'linishida va hujayra devorining hosil bo'lishida ishtirok etadi. Bakteriya hujayrasining devori 10–35 nm qalinlikka ega. Hujayra devorining asosini peptidoglika (mursin) qavati tashkil qiladi.

Grammusbat bakteriyaning devorida teyxo kislotasi bilan glukopeptid qavati mavjud. Teyxo kislotasining vazifasi hujayra devori yuzasidagi kationlarning yuqori konsentratsiyasini va magniy ionlari aloqasini saqlashdan iboratdir. Magniy ionlari hujayra devoriga turg'unlik berib turadi. Grammusbat bakteriyalarning hujayra

devori teyxo kislotasini saqlovchi murein qavatidan va M-protein va glukopeptiddan iborat. Murein hujayra devoriga (rigidlik) qattiqlik (mustahkamlik) xususiyatini beradi. Grammanfiy bakteriyaning devori 3 ta qavat: tashqi (lipopolisaxarid), o'rta (lipoprotein) va ichki (glukopeptid)dan iborat.

Bakteriyalarda, aktinomitsetlarda, ko'k-yashil suvo'tlarida hujayra devori mavjud. Mikoplazmalarda hujayra devori yo'q. Hujayra devorining bo'lishi bakteriyaning aniq shaklda turishiga yordam beradi. Hujayra devoridagi asosiy polimer mukopeptiddir. U devorning mustahkamligini ta'minlaydi. Mukopeptidni sitoplazmatik membranadan ajratib olish mumkin. Hujayra devori bakteriyani tashqi muhit omillarining zararli ta'siridan saqlaydi va bakteriyaning o'sishi va bo'linishida ishtirok etadi. Ba'zi bakteriyalarda hujayra devori bo'lmaydi va ular protoplastlar deyiladi. Protoplastlar shar shaklida bo'lib, ular bo'linish, nafas olish, oqsil, nuklein kislota, fermentlarni sintezlash va spora hosil qilish xususiyatlariga ega. Ular osmotik bosimning o'zgarishiga, mexanik ta'sirlarga, aeratsiyaga sezgir. Hujayra devorining tarkibini sintezlash xususiyatiga ega emas, aktiv harakat qilmaydi. Lizotsimning yoki boshqa omillarning ta'sirida hujayra devori qisman eriydi, grammanfiy bakteriyalar hujayralarining tayoqchasimon shakli doirasimon shaklga o'zgarishi mumkin.

Kapsula. Bakteriya kapsulasi polisaxarid, mukopolisaxaridlardan iborat. Kapsula hujayraning muhim qismi emas, shu sababli fermentlar ta'sirida bakteriyaga zarar qilmasdan uni olib tashlash mumkin. Ba'zi saprofit bakteriyalarda umumiy kapsula hosil bo'ladi va u zoogleya deb ataladi. Ko'pchilik bakteriyalar xivchinlarga ega. Ular bu xivchinlar yordamida harakatlanadilar. Bakteriyalar xivchinlarining hujayraning qaysi qismida joylashishiga qarab quyidagi guruhlarga bo'linadilar:

1. Monotrixlar – bakteriya hujayrasining bir uchida bitta xivchin bor.

2. Lofotrixlar – hujayraning bir uchida xivchinlar to'plami mavjud bo'ladi.

3. Amfitrixlar – hujayraning ikki uchida ikki to'plam xivchin bo'ladi.

4. Peritrixlar – hujayraning hamma tomoni xivchin bilan o'ralgan bo'ladi.

Xivchin bakteriyada motor vazifasini bajaradi va ularning soni, uzunligi bakteriyaning xususiyatiga bog'liq. Xivchinning tarkibi flagellindan iborat. Bakteriyalarning harakati taksis deyiladi. Uning qaysi omilga nisbatan harakatiga ko'ra ular turlicha nomlanadi, masalan, xemotaksis (kimyoviy moddalarga nisbatan havocha), aerotaksis, fototaksis (yorug'likka nisbatan).

Xivchinlardan tashqari, bakteriyalarda fimbriy va pililar ham mavjud. Fimbriylar xivchinlarga nisbatan uzun va ingichka, uzunligi 0,3–4 mkm, eni 5–10 nm bo'lib, soni 1000 gacha yetib boradi. Fimbriylar bakteriyaning substratga yopishishini ta'minlaydi. Pili esa jinsiy fimbriy bo'lib, ichi bo'sh kanaldan iborat. Bu kanal orqali bakteriya konyugatsiyada qatnashayotgan boshqa bir bakteriyaga genetik axborotni yetkazadi.

Spora hosil bo'lishi. Spora dumaloq yoki oval shaklda bo'lib, mikroorganizmlarning evolutsiyasida muayyan bir turning saqlanishi uchun xizmat qiladi. Sporalar bakteriyalarni tashqi noqulay omillardan saqlab, ular yordamida bakteriyalar ko'payishi mumkin.

Ko'pincha tayoqchasimon bakteriyalar spora hosil qiladi va ular batsilla deb nomlanadi.

Spora hosil bo'lishi to'rt bosqichdan iborat:

1. Tayyorlanish bosqichi.

2. Spora oldi bosqichi.

3. Qobiq hosil bo'lish bosqichi.

4. Yetilish bosqichi.

Batsillalarning noqulay sharoitga tushishi bilan hujayraning ichki strukturasida o'zgarishlar hosil bo'lib, ma'lum bir qismidagi protoplazma quyuqlasha boshlaydi va spora oldida membrana tashkil topadi, so'ngra shu joy, zich va bir necha qavatli qobiq bilan o'raladi. Hujayraning qolgan qismi esa asta-sekin yemiriladi va spora yetiladi. Shunda uning hajmi vegetativ shaklli mikrobning hajmiga ko'ra o'n baravar qisqaradi. Bakteriyalarning spora hosil qilishida bir qancha tiplar mavjud: ular oddiy-batsilyar tipda bo'lsa, spora hosil qilgan bakteriyaning shakli o'zgarmaydi, masalan, *Bac.megaterium* Klotridial tipda spora hosil qilganda B hujayra shakli dugsimon (romb) shakliga o'xshash bo'ladi, masalan, moy kislotali bakteriya. Ularning yana plektridial tipda spora hosil qilishi uchraydi. Bakteriya hujayrasining shakli baraban tayoqchasi ko'rinishini oladi. Shu tariqa bakteriya hujayrasi 18—20 soatda sporaga aylanadi.

Sporalar bakteriya hujayrasining turli yerlarida joylashishi mumkin. U hujayraning o'rtasida o'rnashsa, markaziy spora, bir uchida bo'lsa, terminal spora, bir uchiga yaqin joylashsa subterminal spora deb ataladi. Sporalarning joylashishi laboratoriyada mikroblarning turini aniqlashda katta ahamiyatga ega. Har xil mikrob turlarining sporalari turli shaklda bo'ladi. Ular sharsimon, cho'zinoq (oval) shaklda bo'ladi.

Sporalar ekzina (tashqi) va intina (ichki) qavatlardan iborat bo'lib, ekzina qavati sitoplazmani tashqi omillardan himoya qiladi. Intina esa sporaning o'sib chiqishiga yordam beradi.

O'sish davriga o'tishda sporaning bir qutbidan yoki markazidan hujayra o'sa boshlaydi. Hujayra sporaning bir qutbidan chiqsa qutbli, o'rta qismidan chiqsa ekvatorial o'sish deb ataladi.

Spora hosil qilish jarayoni turg'un hodisadir. Biroq batsillalar zaharli moddalar ta'siriga uchrasa, noqulay sharoitga tushib qolsa, yuqori haroratda o'stirilsa yoki sun'iy oziq muhitlariga ko'p marta takrorlab ekilsa, sporalar hosil qilish xususiyatlarini yo'qotadi. Bunday organizmlar asporogenli irq deb ataladi.

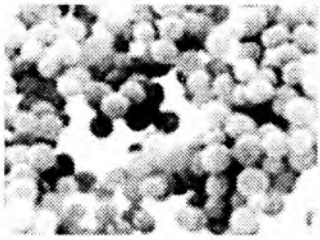
? *Savollar*

1. Bakteriyaning hujayra tuzilishini tushuntiring.
2. Kapsula nima?
3. Yadro apparatining vazifasi nimadan iborat?
4. Bakteriyalar qanday ko'payadi?
5. Bakteriyalarning tasnifi qanday tuzilgan?
6. Tarkibida DNK bo'lgan viruslar haqida aytib bering.
7. Faglar tuzilishini tushuntirib bering.
8. Fitopatogen viruslar qanday oilalarga bo'linadi?

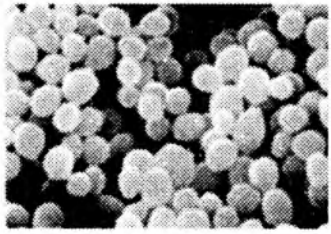
1.3. Mikroorganizmlarning morfologiyasi (tashqi tuzilishi)

Mikroorganizmlarning shakli ham, o'lchamlari ham doimiy emas. Ularning bu o'zgarishlari modifikatsion bo'lib, nasldan-naslga berilmaydi. Tashqi sharoit nisbatan turg'un bo'lsa, ularning evolutsion jarayon natijasidagi shakli saqlanib qolinadi. Tashqi ko'rinishi jihatidan bakteriyalar 4 ta ko'rinishda bo'ladi: sharsimon (kokklar), tayoqchasimon (bakteriyalar, batsillalar, klostridiylar), buralgan (vibrionlar, spirillalar, spiroxetalar), ipsimon (xlamido-bakteriyalar).

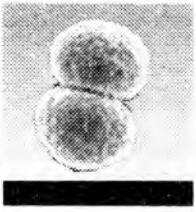
Kokklar (lot. *coccus* – don, sharsimon mikroorganizm) sharsimon, ellipissimon, burchaksimon, lansetsimon shakllarda bo'lib, joylashishiga, bo'linishiga va biologik xususiyatiga ko'ra, mikrokokklar, diplokokklar, streptokokklar, tetrakokklar, sarsinalar, stafilakokklarga bo'linadi (3-rasm).



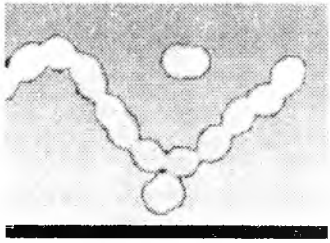
3-rasm. Coccus. sp.



4-rasm. Micrococcus roseus.



5-rasm. Diplococcus sp.



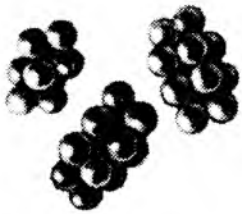
6-rasm. Streptococcus sp.

Mikrokokklar (lot. *micrococcus*) yakka, juft yoki tartibsiz joylashgan hujayralardan iborat (4-rasm). Ular havo, suvda saprofit tarzda hayot kechiradigan mikroorganizmlardir (masalan, *M. roseus* va boshqalar).

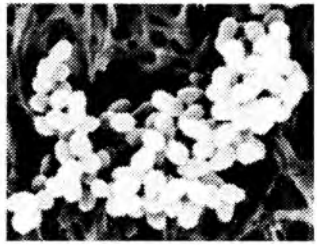
Diplokokklar (lot. *diplococcus* – qo'shaloq) bitta tekslikda bo'linib, juft kokklarni hosil etadi (5-rasm). Diplokokklarga minigokokk – meningitning qo'zg'atuvchisi, gonokokk – gonareya qo'zg'atuvchisi kiradi.

Streptokokklar bitta tekislikda har xil uzunlikdagi zanjirni hosil qilib joylashadi (6-rasm). Patogen streptokokklar odamda har xil kasalliklarni keltirib chiqaradi.

Tetrakokklar (yunon. *tetra* – to'rtta) bir-biriga nisbatan 2 ta perpendikular tekislikda bo'linadi. Odamda kasallik qo'zg'atuvchi sifatida kam uchraydi.



7-rasm. Sarcina sp.



8-rasm. Staphylococcus sp.

Sarsina (lot. *sarcio* – bog'langan) sharsimon shaklda bo'lib, ular bir-biriga nisbatan 3 ta perpendikular tekislikda joylashadi (7-rasm). Ular havoda ko'p uchraydilar. Kasallik qo'zg'atuvchi sifatida qayd qilinmagan.

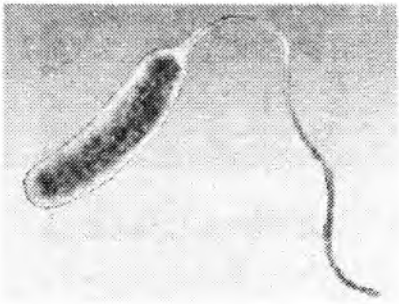
Stafilakokklar (lot. *staphylococcus* – shingilsimon joylashgan kokklar). Har xil tekislikda, bir-biriga nisbatan tartibsiz joylashgan bo'ladi (8-rasm). Ba'zilari odam va hayvonlarda kasallik keltirib chiqaradi. Masalan, *Shoph. aureus.*

Tayoqchalar. Tayoqchasimon bakteriyalar 3 guruhga: bakteriyalar, batsillalar va buralgan klostridiylarga bo'linadi. Bakteriyalarga spora hosil qilmaydigan tayoqchasimon mikroorganizmlar kiradi (dizenteriya, difteriya, sil va boshqalar). Batsillalarga (lot. *bacillus* – tayoqcha) va klostridiyalar (lot. *closter* – urchuq) spora hosil qiluvchi mikroorganizmlar kiradi (qoqshol, kuydirgi). Tayoqchasimon bakteriyalar shakl jihatdan qisqa (tulyaremiya), uzun (kuydirgi), buralgan va o'tkir uchli (fuzobakteriyalar) bo'ladi.

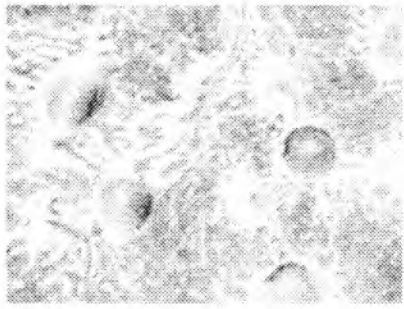
Buralgan shaklli bakteriyalar. Bu guruhga vibrionlar, spirillalar, spiroxetalar kiradi.

Vibrionlar (lot. *vibrio* – egilaman) buralgan hujayralar bo'lib, vergul ko'rinishida shakllangan bo'ladi (9-rasm).

Spirillalar (lot. *spira* – qiyshaygan) o'zida bakteriyalarning buralgan shakllarini namoyon etadi.



9-rasm. Vibrio choleta.



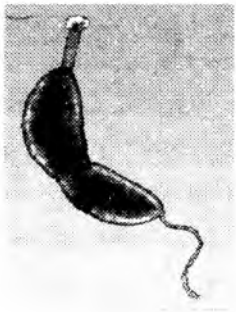
10-rasm. Micsobakteriya sp.

Ipsimon bakteriyalar (oltingugurt, temir bakteriyalari) ko'lmak suvlarda ko'proq uchraydi. Patogen turlari yo'q.

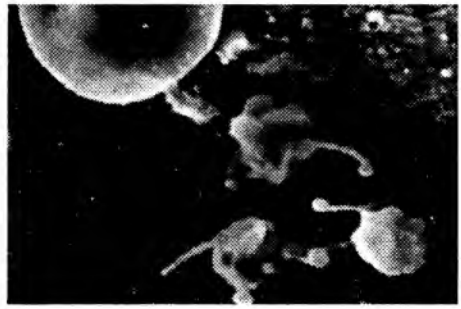
Mikroorganizmlarda polimorfizm hodisasi kuzatiladi. Ularda rivojlanishning qaysi bosqichida bo'lishiga qaramasdan har xil shakllarda individual o'zgarish kuzatiladi. Ular juda ham plastik, tashqi muhitning har xil omillari: harorat, oziqa muhiti, tuzlarning konsentratsiyasi, muhitning kislotaliligi, metabolizm mahsulotlari, organizmning ingibitorlari va boshqalar ta'sirida shakllarini oson o'zgartiradilar.

Miksobakteriyalar (shilimshiq bakteriyalar) bakteriyalarning eng yuksak shakllari bo'lib, ko'pchiligida takomillashgan yadro uchraydi, ba'zilari ipsimon, ba'zilari kokklarga o'xshab ketadi (10-rasm). Bularning hujayra po'sti elastik bo'lganligi uchun harakatlana oladi va tana tuzilishini o'zgartiradi. O'zi ajratgan suyuqlik yordamida harakatlanadi, xivchinlari yo'q hujayrasi ikkiga bo'linib yoki o'rtadan to'siq hosil qilib ko'payadi va meva tana hosil qiladi. Ular meva tanasiga qarab tizimga solinadi. Qattiq oziqa muhitida bakteriyalar koloniyasiga o'xshash koloniya hosil qiladi.

Nursimon bakteriyalar oqar suvlarda va tuproqda uchraydi (11-rasm). Ko'pchiligi saprofit bo'lib, xivchinlari yordamida hara-



11-rasm. Nursimon bakteriya.



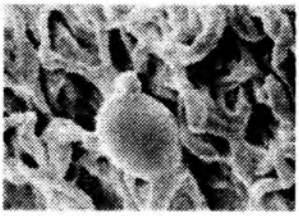
12-rasm. Micoplazma sp.

katlanadi. Ular *Saulobakter* – 9-guruh kurtaklanuvchi yoki poyali bakteriyalarga kiradi (Mishustin, 1987-y.), u ko'ndalangiga yoki geteromorf bo'linish yo'li bilan ko'payadi. Hosil bo'lgan qiz hujayralar xivchini yordamida harakatlanadi. Saprofitlar suvda va tuproqda ko'proq uchraydilar.

Mikoplazmalar spiral yoki ovalsimon shakldagi mikroorganizmlardir (0,1–0,2 nm), ularning hujayra po'sti bo'lmaydi, harakatsiz uzun ipchalar yoki yulduzlar shaklidagi saprofit va parazit shakllari mavjud (12-rasm)). Hayvonlarda turli-tuman kasalliklarni vujudga keltiradi. Sistematiklardan Berdji ularni alohida *Musorlasmatales* tartibiga ajratadi. Mikoplazmalarga bakteriyalarning L-formalari yaqin turadi. Bu formalarni tajriba yo'li bilan ham olish mumkin, buning uchun bakteriyalarga penitsillin bilan ta'sir etiladi.

Mikoplazmalar ichida yaxshi o'rganilgan, erkin holda hayot kechiradigan turi *Musorlasmatales* dir. G.Morvin va M.Turtelen (1964-y.) ularni elektron mikroskopda ko'rib, to'rt xil hujayrasi: 1) elementar tanasi; 2) oraliq hujayralar; 3) yirik hujayralar; 4) ichida elementar tanasi bo'lgan yirik hujayralari borligini aniqlaganlar.

Aktinomitsetlar yoki nurli zamburug'lar tuzilishi jihatidan bakteriyalar va tuban zamburug'larga o'xshaydi (13-rasm). Ular mo-



13-rasm. Aktinomitsitlar.

g'or zamburug'lar bilan bakteriyalar orasidagi guruhga mansub, ma'lum shakldagi yadrosi bo'lmaydi. Aktinomitsetlar 600 nm va undan uzun bo'lgan shoxlangan mitseliy hosil qiladi. Oziqa muhitidagi mitseliy ikki xil holda – biri oziqada, ikkinchisi ochiq, ya'ni oziqa yuzasida bo'ladi, unga havo mitseliysi deyiladi. Havo mitseliysida konidiospora deb ataluvchi konadiya bandlari bo'lib, ularda sporalar yetiladi.

Aktinomitsetlar tuproqda, organik o'g'itlar, chiriyotgan moddalar yuzasida, boshoqdoshlar tanasida uchraydi. Ulardan streptomitsin, biomitsin, tetrasiklin, neomitsin, nistatin kabi antibiotiklar olinadi. Ba'zi patogen shakllari yumshoq to'qima va suyaklarni yemirib, og'ir kasallik – aktinomikozni vujudga keltirishi mumkin.

1909-yilda Rikkes degan olim Meksikada uchraydigan va bit orqali tarqaladigan qizilchali tif kasalligini tekshirib, kasal odam tanasidan kalta tayoqcha shaklidagi mikrob topadi va uni «rikketsiya provocheka» deb nomlaydi. Ular juft-juft yoki zanjir shaklida bo'lishi mumkin, uzunligi 300–400 nm. Faqat tirik to'qima va hujayralarda rivojlanadi.

Rikketsiyalar xususiyatlariga ko'ra mikoplazmalarga o'xshaydi, ularda DNK va RNK uchraydi, polimorf mikroorganizmlar, ba'zilari kokksimon, donador, diametri 0,5 mk. Tayoqchasimonlari 1–1,5 mk, uchlari yumaloq yoki biroz bukilganlari 3–4 mk keladi, ipsimon formalari 10–40 mk da donador bo'ladi. Rikketsiyalar harakatsiz spora va kapsula hosil qilmaydi. Elektron mikroskopda rikketsiyalarni kuzatganda ular tashqi va ichki qobiq bilan o'ralganligi ma'lum bo'ldi. Sitoplazmasida granulalar shaklidagi riboso-

malar bo'lib, ular 70–200 Å kattalikga ega. Rikketsiyalar bo'linib ko'payadi. Patogen rikketsiyalar hayvonlarda va odamda turli-tuman kasalliklarni keltirib chiqaradi, tovuq va itlarda rikketsioz, ornitoz deb ataluvchi va boshqa yuqumli kasalliklarni qo'zg'atadi.

? *Savollar*

1. Mikroorganizmlarning tashqi tuzilishidagi o'ziga xos xususiyatlari nimalardan iborat?
2. Sharsimon mikroorganizmlarning xususiyatlarini tushuntiring.
3. Tayoqchasimon mikroorganizmlarning ko'payishi qanday boradi?
4. Batsillalar qayerlarda ko'proq tarqalgan bo'ladi?
5. Mikroorganizmlarning xivchinlari nimaning hosilasi hisoblanadi?
6. Mikroorganizmlar xivchinlarining joylashishiga qarab qanday nom-lanadilar?

II B O B. MIKROORGANIZMLAR SISTEMATIKASI

2.1. Prokariotlarning sistematikasi

Mikroorganizmlarni ma'lum bir sistematikaga (tasnifga) solishda ularning quyidagi xususiyatlari e'tiborga olinadi:

– shakli va o'lchami;
– harakati (xivchinlarning bor-yo'qligi va joylashishi);
– kapsulasining bor-yo'qligi;
– endospora hosil qilishi;
– gram usulida bo'yalishi;
– moddalar almashinuvining o'ziga xosligi;
– energiya olishi;
– tashqi muhit bilan aloqasi.

Molekular biologiyaning yutuqlari evaziga mikroorganizmlarning genotip xususiyatlarini o'rganish mumkin bo'ldi. Bunda mikroorganizm nukleotid tarkibi, purin va pirimidin asoslarining bir-biriga nisbati o'rganiladi va ikki guruhga kiruvchi mikroorganizmlarning farqlari aniqlanadi.

Ikki turga kiruvchi mikroorganizm nuklein kislotalarini bir-biriga gibridlab, ular orasidagi nukleotidlar tarkibining o'xshashligi o'rganiladi. Mikroorganizmlarning xususiyatlari o'rganilib, K.Linney ishlab chiqqan binor nomenklaturasi bo'yicha lotin alifbosida ilmiy nom beriladi. Masalan, pichan tayoqchasi *Bacillus subtilis* deb nomlanadi.

Mikroorganizmlarga 1980-yil 1-yanvardan boshlab Xalqaro bakteriya nomenklaturasi kodeksi qoidalariga muvofiq nom beriladigan bo'ldi.

Mikroorganizmlarning yaqin belgilariga qarab tavsiflovchi tur (specics), avlod (genus), oila (familia), tartib (ordo), sinf (classis), bo'lim (divisio), olam (regnum) kabi toksonomik kategoriyalar ishlatiladi.

Tur deb, fenotip jihatdan o'xshash, bitta genotipga ega bo'lgan individlar yig'indisiga aytiladi. Ular kichik tur va variantlarga bo'linadilar.

Mikrobiologiyada mikroorganizmlar evolutsiyasi va filogeniyasi haqida yetarli ma'lumot bo'lmaganligi sababli mikroorganizmlar sistematikasi sun'iy hisoblanadi va mikroorganizmlarni idensifikatsiya qilish uchun aniqlagich vazifasini bajaradi.

D.X.Bergi (1984-y.) ma'lumoti bo'yicha *Procariotae* dunyosi 4 ta bo'limga ajratiladi:

1-bo'lim. *Gracilacutes* (lot. *gracilus* – yupqa, *cutes* – po'st) – bu bo'lim vakillariga hujayra devori grammanfiy tuzilishga ega bo'lgan kokklar, tayoqchasimon prokariotlar kiradi. Ular endospora hosil qilmaydi, bo'linib ko'payadi, vakillari fototrof, nofototroflar, aeroblar, anaeroblar, obligat parazitlardir.

Bo'lim *Scotobacteria, Anoxyphotobacteria, Oxyphotobacteria* sinflariga ajratiladi.

1-sinf – *Scotobacteria.* Sinf 10 ta: 1 – spiroxetalar; 2 – aerob spiral va vibrionsimon, grammanfiy bakteriyalar; 3 – aerob grammanfiy kokklar va tayoqchalar; 4 – fakultativ anaerob, grammanfiy tayoqchalar; 5 – anaerob, grammanfiy, bukilgan va spiral tayoqchalar; 6 – grammanfiy, xemolitotrof bakteriyalar; 7 – sirpanuvchi bakteriyalar; 8 – xlamidabakteriyalar; 9 – poyali bakteriyalar; 10 – rikketsiyalar va xlamidalar kabi guruhlarga bo'linadi.

Spiroxetalarga 2 ta *Spirochaetaceae* va *Leptospiraceae* oilalari kirib, ularga oson egiluvchan, uzunligi 5–600 mkm va eni 0,4–0,7 mkm bo'lgan bir hujayrali bakteriyalar kiradi.

Spiroxeta hujayrasida protoplazmatik silindr bo'lib, bir necha o'qsimon fibrillar bilan o'ralgan. Bu fibrillarning o'zi silindr oxiridagi biriktiruvchi diskdan boshlanadi. Protoplazmatik silindr va o'q fibrillar tashqaridan po'st bilan o'ralgan. Hujayrasi nukleoid, mezosoma va boshqalardan tashkil topgan. Spiroxetalar ko'ndalangiga bo'linib ko'payadi, harakatchan, spora hosil qilmaydi. Spiroxetalarning ba'zilari saprofit holida hayot kechiradi. Odam va hayvonlarda yuqumli kasalliklarni keltirib chiqaradi.

Aerob spiral va vibrionsimon, grammanfiy bakteriyalar *Spirillaceae* oilasini tashkil etadi. Hujayralari tayoqcha shaklida bo'lib, spiralsimon buralgan. Hujayrasining ikkita uchida to'p xivchinlar joylashgan, ular chuchuk suvlarda va tuproqda ko'proq yashaydilar.

Aerob grammanfiy kokklar va tayoqchalar. Bu guruh vakillari 7 ta oilaga mansub bo'lib, shundan 3 tasi tuproqning hosildorligini oshirishda amaliy ahamiyatga ega. Psevdomonadalar tabiatda juda keng tarqalgan, ba'zi vakillari nitratlarni erkin azotgacha qaytara oladilar.

Azotobacteriaceae oilasi vakillari tayoqchasimon, kokksimon hujayralarga ega bo'lib, harakatchan, spora hosil qilmaydi, erkin azotni o'zlashtira oladi.

Rhizobiaceae oilasi vakillari tayoqcha ko'rinishida, spora hosil qilmaydi, boshoqdoshlar ildizida tuganaklar hosil qiladi, o'simliklar bilan simbioz holda yashab, erkin azotni o'zlashtiradi.

Agrobacterium avlodi har xil o'simlik ildizlarida shish hosil qiladi va vakillari fitopatogen bakteriyalarga kiradi.

Methylcoccaceae oilasi ikki avlodni *Methylococcus* va *Methylomonas* ni o'z ichiga oladi. Bu avlod vakillari kokk va tayoqcha shaklida bo'lib, ular uchun energiya manbayi bo'lib metan va metanol xizmat qiladi.

Acetobacteriacaea oilasi *Acetobacter* va *Gluconobacter* avlodlaridan tashkil topgan bo'lib, bu avlod vakillari etil spirtini sirka kislotagacha oksidlaydi.

Fakultativ anaerob, grammanfiy tayoqchalar bu guruh vakillari *Enterobacteriaceae* va *Vibrionaceae* oilalariga mansub bo'lib, odam va hayvonlarda yuqumli kasalliklarni qo'zg'atadi. Bular *Esherihia, Potobacterium, Salmonella, Shigella, Ervinia* va boshqa avlodlarni o'z ichiga oladi. Ba'zi vakillari odam va hayvonlarda kasallik qo'zg'atsa, ba'zilari tuproqda, suvda yoki epifit holida uchraydi.

Vibrionaceae oilasi *Vibrio, Aeromonas, Plesimonas* kabi bir necha avlodlarni o'z ichiga oladi. Ular chuchuk va dengiz suvlarida, baliq va odam organizmida uchraydi, ular orasida kasallik qo'zg'atuvchilari ham bor.

Anaerob, grammanfiy, bukilgan va spiral tayoqchalar guruhi vakillari to'g'ri, bukilgan va spiral tayoqchalardan iborat bo'lib, *Bacteroidaceae* oilasiga mansub, odam va hayvonlarning oshqozon-ichak yo'llarida uchrab, ba'zan oshqozon-ichak yo'llarida kasallik qo'zg'atishi mumkin. Sut emizuvchilarning oshqozon-ichak yo'llarida *Selenomonas* avlodiga mansub bakteriyalar uchraydi. Ularning shakllari yarim oysimon, harakatchan, uglevodlarni sirka, propion kislota, sut kislota, CO_2 gacha bijg'itadilar.

Grammanfiy, xemolitotrof bakteriyalar ikki oila va 15 ta avloddan iborat.

Nitrobacteriaceae oilasi vakillari tayoqchasimon, ellipssimon, sharsimon, spiralsimon ko'rinishlarda bo'lib, spora hosil qilmaydi. Harakatchan va harakatsiz vakillarga ega. Xemolitotrof vakillari obligat holda uchraydi. Ular energiyani ammiak yoki nitratlarning oksidlanishidan oladi. Tuproqda, suv havzalarida, dengiz va okean suvlarida ko'proq tarqalgan. *Nitrosospira, Nitrosococcus, Nitroso-*

lobus, Nitrospira, Nitrococcus kabi vakillari ammiakni nitritgacha oksidlaydi.

Siderocapsaceae oilasi vakillari kapsula bilan qoplangan bo'lib, tayoqcha, sharsimon, ellipssimon hujayralardan iborat. Bu oila vakillari temir oksidini to'plash xususiyatiga ega. Ular oksidlarni kapsula ustida, kapsuladan tashqarida yoki kapsulaning o'zida to'playdilar. Bu oila vakillari xemoroorganotroflar hisoblanib, kislorodli muhitni yoqtiradi va temir moddalari bor suvlarda ko'proq tarqalgan.

Myxobacteriales va *Cytophagales* tartibga kiruvchi bakteriyalar *sirpanuvchi bakteriyalar* deb nomlanadi. *Myxobacteriales* tarkibiga meva tana hosil qiluvchi bir hujayrali miksobakteriyalar kiradi.

Silindrsimon hujayralari uchi egilgan, tashqi tomondan shilimshiq kapsula bilan o'ralgan bo'lib, bo'linib ko'payadi. Miksobakteriyalarning hujayra devori elastik bo'lib, bakteriya hujayrasining egilishiga va harakatlanishiga yordam beradi. Vegetativ hujayralari bo'linib ko'payadi, sirpanib harakatlanadi, rangsiz yoki rangli meva tanalar hosil qiladi. Meva tanalarning rangi va shakli bakteriyaning xususiyatlariga bog'liq. Miksobakteriyalar sporangiylarida mikrosistalarni hosil qiladi va ular substratdan shoxlari bilan ko'tarilib turishi mumkin. Mikrosporalar qurg'oqchilikka chidamli, lekin qizdirilganda nobud bo'ladi. Mikrosistalar qulay sharoitda unib, vegetativ hujayraga aylanadi. Mikrosistalar aerob bo'lib, xemoorganotroflar hisoblanadi, tuproqda, go'ngda uchrab, o'simlik va hayvon sellulozasi polisaxaridi, oqsili va boshqalarni parchalaydi.

Miksobakteriyalar tarkibi 3 ta oilaga bo'linadi. *Myxococcaceae* oilasi vakillari noqulay sharoitga tushganda oval shaklli mikrosistalarni hosil qiladi, qulay sharoitda ulardan ikki uchlari sal o'tkirlashgan vegetativ hujayralar hosil bo'ladi.

Archangiaceae oilasi vakillari tayoqchasimon mikrosistalar hosil qiladi, oila vakillarining uchlari konussimon, vegetativ hujayraga ega.

Poliangiaceae oilasi vakillari uchlari o'tmas, silindrsimon vegetativ hujayralarga ega. Mikrosporalari qulay sharoitda tez unadi.

Cytophagales tartibi vakillari meva tana hosil qilmaydi, vegetativ hujayralari tayoqchasimon va ipsimon ko'rinishda bo'ladi, sirpanib harakatlanadi. Bir nechta oilalari mavjud. *Cytophagaceae* oilasi vakillari tayoqchasimon va ipsimon bo'lib, uchlari o'tmaslashgan, mikrosistalar hosil qilmaydi, haqiqiy aerob yoki fakultativ anaerob.

Beggiatoaceae oilasi vakillari rangsiz uzun shoxlanmagan, iplar trixamalar ko'rinishida bo'ladi. Sirpanib harakatlanadi, birorta substratga yopishmaydi, hujayralari ko'ndalang bo'linib ko'payadi. Vodorod sulfidli joylarda uchrab, sulfidlarni sulfatlargacha oksidlaydi.

Xlamidabakteriyalar hujayrasining usti qobiq bilan o'ralgan, ular 7 avlodga bo'linadi.

Sphaerotilus avlodi bir hujayrali, tayoqchasimon, grammanfiy organizmlar bo'lib, qutblarida xivchinlari mavjud. Usti shilimshiq moddalardan iborat qobiq bilan o'ralgan. Xlamidobakteriyalarning iplari bir necha millimetrlarga yetishi mumkin, hujayralar qin ichida bo'linib ko'payadi, hosil bo'lgan harakatchan qiz hujayralar qin ichidan sirpanib chiqib ketadi yoki qinning parchalanishidan chiqishi mumkin. Bu avlod vakillari chuchuk va ifloslangan suvlarda uchraydi.

Leptothrix avlodi vakillari to'g'ri tayoqchalar shaklida bo'lib, zanjir hosil qilib, qobiq bilan o'ralgan holda uchraydi. Qobiqlari temir yoki marganes oksidlarining gidratlari bilan to'yingan yoki qoplangan holda uchraydi. Kislorodli muhitni yoqtiradi, grammanfiy, yuqoridagi avlodlardan tashqari *Streptothrix, Crenothrix, Clonothrix* avlodlari ham mavjud.

Poyali bakteriyalar vakillari 17 ta avlodga birlashgan. *Hyphomicrobium* avlodi vakillari ikki uchi o'tkirlashgan tayoqchasimon, ovalsimon, tuxumsimon yoki loviyasimon ko'rinishlarga ega. Ular har xil uzunlikdagi o'simtalar hosil qiladi. Ko'payishi ipsimon o'simtalar uchida joylashgan, kurtaklar yordamida amalga oshadi, kurtaklari yetilgandan so'ng harakatchan bo'lib qoladi va gifadan ajralib, substratga yoki boshqa bir hujayraga yopishadi. Xemoorganotrof bo'lib, o'sishi uchun CO_2 kerak bo'ladi. Ko'pgina poyali bakteriyalar laktat, formiat, asetat va boshqa birikmalarni o'zlashtirish xususiyatiga ega.

Pedomicrobium avlodi vakillari ma'lum rivojlanish sikliga ega. Oval shaklidagi ona hujayrada xivchinli, harakatchan hujayra hosil bo'ladi. Qiz hujayraning hosil bo'lishi kurtaklanish orqali amalga oshadi. Bu avlod vakillari hujayrasi ustida temir va marganes oksidlarini ajratadi. Tuproqda keng tarqalgan.

Poyali bakteriyalardan *Coaulobacter* avlodi vakillari shoxlangan va bir qutbdan chiqqan tayoqchasimon vibrionsimon ko'rinishlarga ega. Ular xemoorganotroflar bo'lib, grammanfiy, kislorodli muhitda yaxshi o'sadi, tuproqda, chuchuk suvlarda keng tarqalgan.

Gallionella avlodi vakillari uzun poyalar uchida joylashgan tayoqchasimon yoki sharsimon mikroorganizmlardir. Poyalari birbiriga chirmashib ketgan fibrillalardan tashkil topgan bog'cha to'plamlardan iborat. Poyachalar temir gidrooksidi bilan qoplangan bo'ladi. Ko'payganda binar bo'linib ko'payadi va qiz hujayralar poyalar uchlarida joylashadi. Keyinchalik ular poyadan zoosporalarga o'xshab ajraladilar va bitta yoki ikkita polyar joylashgan xivchinlari bilan harakatlanib, yuradilar. Grammanfiy, xemolitotrof, ular ikki valentli temirni uch valentligacha oksidlaydi, CO_2 ni o'zlash-

tiradi. Bu avlod vakillari *Leptotrix* avlodi bilan birgalikda temirning suv havzalarida cho'kishini amalga oshiradi.

Rikketsiyalar va xlamidalar – bu guruh mikroorganizmlari *Rickettsiales* va *Chlamydiales* deb nomlangan tartiblarni o'z ichiga oladi.

Rickettsiales tartibi uch oilani birlashtiradi: *Rickettsiaseae, Bartonellaceae, Anaplasmataceae.* Ular bir qancha nopatogen, ammo hujayra ichidagina ko'payadigan parazit vakillarni o'z ichiga oladi.

Vakillari tayoqchasimon, sharsimon yoki ipsimon shaklga ega bo'lib, har xil rikketsioz deb ataladigan yuqumli kasalliklarga sababchi bo'ladi. Rikketsiyalar ham tayoqchasimon, sharsimon va ipsimon bo'lib, spora hosil qilmaydi, harakatsiz. Grammanfiy. Xo'jayini hujayrasida binar bo'linib ko'payadi. Rikketsiyalarning ba'zi vakillari hasharotlar bilan simbioz holda yashaydi. Tipik vakillaridan *Rickettsia powazekii* toshma tif kasalligini qo'zg'atadi, ko'ylak biti bilan simbiozda yashaydi.

Chlamydiale tartibi *Chlamydiaceae* oilasidan iborat bo'lib, unga odamlarda kasallik qo'zg'atadigan turlar kiradi.

? *Savollar*

1. Mikroorganizmlar sistematikasi deganda nimani tushunasiz?
2. Mikroorganizmlarni sistematikaga solishda qaysi zususiyatlarga e'tibor beriladi?
3. Mikroorganizmlarning sinflari haqida nimalarni bilasiz?
4. Spiroxetalar qayerlarda ko'proq tarqalgan bo'ladi?
5. Aeropspirial va vibrionsimon bakteriyalar haqida nimalarni bilasiz?
6. Azotobakteriyalarning tuzilishini tushuntiring.

2.2. Viruslarning shakli, guruhlari va sistematikasi

Hozirgi vaqtda viruslar Vira olamiga birlashtirilgan. Viruslarni o'rganuvchi fanga birinchi bo'lib, L.Ivanovskiy (1892-y.) asos solgan bo'lib, hozirda bu fan virusologiya deb ataladi. Viruslar barcha tirik organizmlarda kasallik qo'zg'atadi. Viruslar qachon va qanday paydo bo'lganligi noma'lum, ammo har xil gipotezalar mavjud. Hozirgi kunda viruslarga quyidagi ta'rif beriladi: «Viruslar o'ta kichik organizm – mikroorganizm ham bo'lmagan, mineral organizmlar bo'lgan mikroplazmalar, rikketsiylar va xlamidiylar kabi o'z oqsil sintezlovchi sistemalariga ham ega bo'lmagan, nuklein kislotasining sintezi har xil darajada hujayraga bog'liq bo'lgan va mustaqil evolutsiyaga uchraydigan, avtonom genetik strukturalar bo'lib, tabiatning mikroskopik molekulalarga yaqin qilib yaratgan, o'ziga xos parazitlik qilib yashaydigan, xilma xil, ko'p sonli guruhlarga ega va Vira olamiga birlashgan hayotning hujayrasiz formasidir».

Viruslar virusologiyada o'rganiladigan mustaqil fan bo'lib, o'z obyekti va tadqiqot metodlariga ega. Umumiy virusologiya viruslarning tabiati, ularning tuzilishi, ko'payishi, sistematikasi, biokimyosi, genetikasini o'rganadi. Tabiiy, veterenariya va qishloq xo'jaligi virusologiyalari viruslarning patogenligi, ularning yuqumliligi, profilaktikasi, diagnostikasi va ular qo'zg'atadigan kasalliklarni davolashni o'rganadi (Jdanov V.M., 1990-y.)

1886-yili nemis olimi Adolf Mayer Gollandiyada tamaki o'simligida uchraydigan mozaika kasalligini o'rganadi. U o'z ishlari natijasida tamaki o'simligida kasallikni vujudga keltiruvchi mikroorganizm nihoyatda mayda ekanligini va hatto bakterial filtrlardan ham o'tib ketishini ko'rsatib beradi. Uning bu ishlarini Beyerink o'z tajribalari asosida tasdiqlaydi.

Tamaki o'simligining virus zarrachasida 5% RNK va 95% oqsil bo'ladi. Lekin rangli karamda uchraydigan mozaikada va ko'pgina hayvonlarda uchraydigan viruslarda va bakteriofaglarda DNK ning ham uchrashini Shlizinger 1934-yilda ko'rsatgan edi.

Viruslar biologik mikroskopda ko'rinmaydi, sun'iy oziqa muhitida o'smaydi, faqat o'simlik, hayvon, odam organizmida o'zining tirikligini namoyon etadi. Ularni faqat elektron mikroskop orqali kuzatish mumkin.

Traxoma, qizamik, quturish, chinchechak, suvchechak, poliomiyelit, gripp va ko'pgina boshqa kasalliklar viruslar orqali vujudga keladi. Virusli kasalliklar natijasida ko'pgina hayvonlar zararlanadi, madaniy o'simliklarning hosili kamayib ketadi. Bunda o'simliklar bargi yemiriladi, rangi oqarib, buralib, burishib, bo'yi o'smay, pakana bo'lib qoladi, ba'zan esa gipokotili va ildizlari ham zararlanadi.

O'simliklarda viruslar sfera yoki tayoqcha shaklidagi oqsilli qobiq va uning ichida joylashgan nuklein kislotadan iborat bo'ladi. Nuklein kislota miqdori 15–45% atrofida, spiral simmetriyalilarda 5%, batsillalarga o'xshashlarida 1% ga yaqin; ba'zi vakillarida 20% ga yaqin lipidlar ham uchraydi. Bulardan tashqari, virus kristallarida 50% ga yaqin suv ham bo'ladi.

Tamaki o'simligi mozaikasi virusi tayoqcha shaklidagi nukleproteid bo'lib, hujayradan tashqaridagi virus virion (hujayra ichidagisi vegetativ qurollangan virus) deb ataladi. Virionlar boshqa organizmlarga kirgandan so'ng o'zining tirikligini namoyon qiladi. Tamaki o'simligining zararlangan barglarda kristallarni ko'rish mumkin. Bu kristallar yaxshi eriydi. Ularni amorf holda ajratib olish mumkin, qaytadan kristallar hosil qilish ham mumkin. Har bir kristall millionlab virus zarrachasidan iborat bo'lib, virionning

massasi $40 \cdot 10^6$ daltonga teng bo'lgan molekulyar massaga ega bo'lgan ribonuklein kislotadan va oqsilli qobiqdan iborat bo'lib, bu qobiq kapsid deb ataladi (yunon. *kapsa* – quti demakdir).

Oqsilli kapsid monomerlardan iborat bo'lib, kapsomerlar deb ataladi. Har bir virusdagi kapsomerlar soni doim bir xil bo'ladi (masalan, poliomiyelit virusida 32 ta, tamaki virusida 2130 ta subbirlik mavjud).

Kapsid bilan o'ralgan nuklein kislota nukleokapsid deb ataladi. Ba'zi kapsidlar ustidan qobiq bilan o'raladi, bu qobiq peplos deb atalib, u peplomerlardan iborat. Ba'zi viruslarda peplos virus oqsilidan iborat bo'lsa, boshqalarida esa hatto o'simtalar – lipidlar, glikoproteidlar va fermentlar ham uchraydi.

1955-yilda X.Frenkel-Konrat va R.Uilyams tamaki mozaikasi virusidan RNK ni ajratib olishga muvaffaq bo'ldilar va u sog'lom tamaki o'simligiga yuqtirilganda, tamakida mozaika alomati hosil bo'lganligini kuzatdilar. Tamaki o'simligining virusi nukleoproteid bo'lib, nuklein kislotasining massasi $2 \cdot 10^6$ D, oqsilining molekulyar massasi 18000 D; uzunligi 3000 Å, eni 180 Å, uzunligi eniga nisbatan 17 marta katta, 158 ta aminokislota qoldig'idan iboratligi aniqlangan.

Hayvonlar hujayrasidagi viruslarda RNK yoki DNK uchraydi. Masalan, poliomiyelit virusi RNK va oqsildan iborat, gripp virusi RNK, oqsil, lipid va uglevoddardan tashkil topgan.

Viruslar noqulay omillarga ancha chidamlidir. Masalan, kartoshka o'simligining virusi pH 4,5 da inaktivatsiyaga uchrasa, tamaki o'simligining virusi hatto pH 2 dan past bo'lgan muhitga ham chiday oladi, virionlarning temperaturaga chidamliligi pH ga bog'liq. Masalan, tamaki mozaikasi virusining qozoq shtammi pH 7 bo'lganda, 82°C da parchalansa, tomat shtammi 96–98°C

issiqlikdagina faolligini yo'qotadi, no'xatning C-1 virusi 108°C da qisman inaktivatsiyaga uchraydi.

Ko'pchilik viruslar past temperaturalarga ham chidamli bo'ladi. Masalan, gripp virusi −70°C temperaturada 6 oy yashay oladi. Psittakoz virusi esa ushbu temperaturaga bir yilgacha chidasa, xona haroratida esa bir necha kun ichida nobud bo'ladi.

Ko'pchilik viruslar juda tez (vakuumda) quritilsa, uzoq muddat chidamli bo'ladi. Masalan, ensefalit virusini vakuumda quritib, besh yil saqlash mumkin. Lekin ultrabinafsha nurlar viruslarga salbiy ta'sir etadi, chunki nuklein kislotalar bu nurlarni ko'p yutadi.

Viruslar shunchalik kichikki, ular oddiy bakteriyalarni tutib qoluvchi chinnidan yasalgan filtrdan ham oson o'ta oladi. Ularning kattaligi nanometr bilan o'lchanadi.

? *Savollar*

1. Viruslar haqidagi fan qanday nomlanadi?
2. D.I.Ivanovskiy tajribalari haqida nimalarni bilasiz?
3. Viruslarni qanday o'rganish mumkin?
4. O'simlik virusi bilan hayvon virusining farqi nimada?
5. O'simlik virusining tuzilishi va tarkibi qanday?
6. Hayvon virusi qanday tarqaladi?

2.3. Viruslarning kimyoviy tarkibi

Ko'pchilik viruslarda DNK halqa ko'rinishida (poliomavirus), parvovirusda DNK bitta spiral, reoviruslarda RNK ikkita spiral holatda bo'ladi. Viruslarning nuklein kislotalarining tarkibiga kiruvchi azotli asos va shakar komponentlari bir-biridan farq qiladi.

Viruslardagi nuklein kislotaning molekulyar massasi ham viruslarning turiga qarab, DNK saqlovchi viruslar uchun $1 \cdot 10^6$ dan $2 \cdot 10^8$ daltongacha, RNK uchun $2 \cdot 10^6$ dan $15 \cdot 10^6$ daltongacha bo'lishi mumkin.

Virus oqsili 16–20 aminokislotalardan tashkil topgan. Har bir virus uchun aminokislotalar o'zlarining C va N aminogruppalari bilan birgalikda ma'lum bir tartibda joylashgan bo'ladi. Bitta virusda oqsil bir tur polipeptid zanjiridan tashkil topgan bo'lsa, ikkinchi tur virus oqsili esa bir necha xil polipeptidlar zanjiridan hosil bo'ladi.

2.4. Viruslar klassifikatsiyasi

Viruslar hujayrasiz organizm bo'lib, o'ziga xos genomga ega. Ular inson, hayvon, hasharot, o'simliklar, zamburug'larda obligat parazit bo'lib, oqsil sintezlash, fermentativ va energiya hosil qilish xususiyatiga ega bo'lmagan organizmlardir. Viruslar ikki guruhga: tarkibida DNK saqlovchi (5 ta oila) va RNK saqlovchi (10 ta oila)ga ajratiladi. Shakliga ko'ra viruslar 4 ta guruhga ajratiladi.

– sferik (gripp virusi, parotip, tovuqlardagi leykoz);
– tayoqchasimon (tamaki mozaikasi kasalligi);
– kubsimon (chin chechak);
– spermatozoidsimon (fag).

Virion markazida nuklein kislota (DNK yoki RNK) joylashgan bo'lib, bir yoki ikki qavatli qobiq bilan o'ralgan bo'ladi. Birinchi qobiq kapsid deb nomlanib (yunon. *kapsa* – quti), uning tarkibi oqsildan tashkil topgan bo'lib, u bir nechta monomerlardan tashkil topgan.

Kapsomerlarning soni har bir virusda o'zgarmaydi (poliomelitda – 60 ta, adenovirusda – 252 ta, tamaki mozaika kasalligi virusida –

2000 ta). Nuklein kislota va kapsiddan iborat virion nukleokapsid deb nomlanadi. Oddiy viruslarda bitta nukleokapsid bo'lsa, ba'zi virionlarda nukleokapsid lipiddan iborat qobiq bilan o'ralgan (murakkab viruslar) bo'ladi. Tashqi qobiq (superkapsid) ikki qavatli lipid yoki oqsil membranadan iborat.

Kapsomerlar muayyan tartibda joylashgan bo'ladi va shunga asosan ular spiralsimon, kubsimon va aralashma (kombinatsiyalashgan) simmetriyali bo'ladi.

Viruslarning o'lchami 20 dan 350 nm gacha bo'lib, ularni filtrlash, ultrasentrafugalash va suratga olish orqali aniqlash mumkin.

Xalqaro viruslar nomenklaturasi qo'mitasining (XVNQ) beshinchi ma'ruzasida umurtqalilar, umurtqasizlar, o'simliklar, zamburug'lar va prokariotlarning (mikroorganizmlar) 164 avlodi (24 tasi hali klassifikatsiya qilinmagan), 71 oilasi, 9 ta kichik oilasi va bitta tartibi 3,6 ming virus turlari va subvirus agentlarini o'z ichiga oladi.

Hozirgi kundagi sistematikada yana bir qancha har xil taksonomik guruhlar berilgan, virus sotellitlar, viroidlar va fionlar kabi sinflarga bo'linmagan viruslar ta'riflangan. Shu kundagi ma'lumotlar amaliy va iqtisodiy ahamiyatga ega 30000 virus, shtammlari va subtillari haqida axborotlarni o'z ichiga oladi (Marphy F.A. Virus Taxonomy. Six Report ICTV, 1995. Vasilev D.A. va boshqalar, 1999-y.).

XVNQ viruslarni quyidagi taksonlarga bo'lib o'rganadi:

– tartib (virales);
– oila (viridal);
– kichik oila (virinal);
– avlod (virus);
– tur (virus).

Viruslarning eng oxirgi klassifikatsiyalaridan Fild va Nayl tahriridagi «Virusologiya» darsligida odam va hayvon viruslarining 21 oilasi batafsil tasvirlangan (1989-y.).

V.M.Jdanov (1990-y.) o'z klassifikatsiyasida viruslarni oddiydan murakkabga tamoyilida, evolutsion nuqtayi nazardan, molekulyar biologiya natijalarini qo'llab sinf va boshqa guruhlarga bo'ladi. Asosiy e'tibor viruslarning o'lchami, tuzilishi, qobiqqa ega yoki ega emasligi, nuklein kislotalari va ularning mono, bi, multipartitligiga (bir qismdan, ikki qismdan va ko'p qismdan iboratligiga) qaratilib, viruslar ushbu axborotlarga asoslanib guruhlanadi.

Nobel mukofoti sovrindori Devid Baltimor (1971-y.) viruslarni xo'jayin hujayrasidagi m-RNK ni oqsil sintezlanadigan RNK hosil bo'lish mexanizmiga asosan 7 guruhga ajratadi: 1 – ikki zanjirli DNK; 2 – bir zanjirli DNK; 3 – ikki zanjirli RNK; 4 – (+) bir zanjirli RNK; 5- (–) bir zanjirli RNK; 6 – bir zanjirli RNK; 7 – ikki zanjirli DNK-RNK.

Hozirgacha viruslarning 300 ga yaqin turi aniqlanib, ular 5 ta sinf, 8 ta tur, 21 ta oilaga birlashtirilgan, har bir oila avlodlardan tashkil topgan, avlodlar esa turkumlarga bo'lingan.

Tarkibida DNK bo'lgan viruslar:

1. Poksviruslar (ichak viruslari).
2. Chin chechak virusi.
3. Gerpes (uchuq) virusi.
4. Suv chechak virusi;
5. Adenovirus infeksiyasini vujudga keltiruvchilar, adenoviruslar.

Faglar:

1. Bakteriofaglar (bakteriyalar virusi).
2. Sianofaglar (ko'k-yashil suv o'tlar virusi).
3. Aktinofaglar (aktinomitstlar virusi).

Tarkibida RNK bo'lgan viruslar:

1. Gripp virusi.
2. Qizamik virusi.
3. Quturish virusi.
4. Pikornoviruslar.
5. Oqsil virusi.
6. Arboviruslar.
7. Afrika o'lati.

? *Savollar*

1. Viruslarning tabiati haqida nimalarni bilasiz?
2. Tarkibida DNK saqlovchi viruslarga misollar keltiring.
3. Gripp va qizamiq viruslari qaysi guruh viruslariga kiradi?
4. Viruslarning tarkibida necha xil aminokislotalar topilgan?

III B O B. BIOTEXNOLOGIK JARAYONLARNING ENG MUHIM BIOKIMYOVIY ASOSLARI

3.1. Bakteriyalarning metabolizmi

Genetika, biofizika, bioximiya fanlarining rivojlanishi va elektron mikroskop orqali bakteriyadagi fiziologik jarayonlar ustida morfologik, fizik-kimyoviy va fiziologik usullar asosida ilmiy ishlar olib borish bakteriyani molekulyar darajada o'rganishga imkon tug'dirdi.

Barcha tirik organizmlar bilan tashqi muhit orasida doimiy ravishda modda almashinuvi jarayoni o'tib turadi. Moddalar almashinuvi uchun zarur bo'lgan yorug'lik, anorganik va organik moddalar bakteriyalar uchun manba bo'lib hisoblanadi. Uglerodni o'zlashtirishiga qarab mikroorganizmlar 4 ta guruhga ajratiladi:

– fototroflar, ular uchun energiya manbayi bo'lib yorug'lik xizmat qiladi;

– xemotroflar, ular uchun energiya manbayi bo'lib kimyoviy moddalar xizmat qiladi;

– autotroflar, ular uchun uglerod manbayi bo'lib CO_2 xizmat qiladi;

– geterotroflar, ular uchun uglerod manbayi bo'lib uglevodorodlar, moy kislotalar xizmat qiladi.

Litotroflar (yunon. *litos* – tosh, *trophe* – oziqlanish) – energiyani anorganik moddalarning oksidlanishidan (vodorod, karbonat angdrid, metan, ammiak, temir birikmalari, marganes, oltingugurt) oladilar va ular tabiatda moddalar aylanishida muhim rol o'ynaydilar.

Geterotroflar havo tarkibidagi azotni o'zlashtiradilar (azotofiksatorlar). Geterotroflar saprofit va parazit mikroorganizmlarga bo'linadilar.

Saprofitlar (lot. *saprophyticus* – hayvon va o'simlik qoldiqlari bilan oziqlanuvchi). Mikroorganizmlarning ko'pchiligi saprofit holda oziqlanadi. Ular tashqi muhitdagi organik moddalarni iste'mol qiladilar.

Parazitlar (lot. *parasiticus* – tirik organizmlar hisobiga oziqlanish). Bu guruhga ancha ko'p mikroorganizmlar kiradi. Mikroorganizmlarni saprofit va parazit deb shartli ravishda bo'lish mumkin. Chunki noqulay sharoitda ba'zi saprofitlar odam va hayvonlarda turli kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin.

Geterotroflarning autotroflarga nisbatan tarkibida uglerod atomlari assimetrik joylashgan organik birikmalarga ehtiyoji kattaroq bo'ladi. Oxirgi paytlarda geterotrof bakteriyalar ayrim turlarining ammiak va uglerod birikmalarini o'zlashtirib, ulardan murakkab uglevodlar va aminokislotalar sintez qilishlari aniqlangan. Masalan, *E.coli* ning tarkibida NH_4Cl, $MgSO_4$, KH_2PO_4, $NaHPO_4$ glukoza va suv bo'lgan sintetik oziqa muhitida o'sganligi aniqlangan. Bu ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, mutlaq geterotrof mikroorganizm mavjud emas. Savol tug'iladi: autotrof mikroorganizmlar oldin paydo bo'lganmi yoki geterotrof organizmlarmi? S.N.Vinogradskiy, V.L.Omelyanskiy, B.Nayt, A.Lvov va boshqalar autotrof bakteriyalarni birlamchi organizmlar deb tan olishgan. A.I.Oparin, I.I.Sorokin, N.D.Ierusalimskiy va boshqalar geterotroflarni birlamchi organizmlar deb hisoblashgan. Bu konsepsiyalardan xulosa qilish mumkinki, Yer atmosferasida kislorodsiz muhitda yashovchi anaerob organizmlar birinchi bo'lib yuzaga kelgan. Yerda yashil o'simliklarning paydo bo'lishi bilan autotrof organizmlar uchun kislorod hosil bo'la boshlagan.

O'stiruvchi omillar. Pepton, uglevod, moy kislotalari va anorganik birikmalardan tashqari, bakteriyalar maxsus moddalar, ya'ni o'stiruvchi omillarga ham muhtojlik sezadilar. O'stiruvchi omillar hujayradagi biokimyoviy jarayonlarda katalizatorlik vazifasini baja-

radilar. Ba'zi bakteriyalar oziqa muhitiga tashqaridan vitaminlarni qo'shishga muhtojlik sezmaydilar. Chunki ular kerakli vitaminlarni o'zlari sintez qiladilar. Boshqalari esa vitaminsiz muhitda o'sa olmaydilar. Bunday mikroorganizmlar oziqa muhitiga vitamin qo'-shilganda yaxshi rivojlanadilar. Biotin, vitamin B_1 (tiamin), B_2 (riboflavin), B_3 (pantoten kislota), B_4 (xolin), B_5 (nikotinamid), B_6 (piridoksin), B_7 (gemin), B_8 (inozit) va boshqalar bakteriyalar-ning yaxshi o'sishlari uchun kerakli bo'lgan vitaminlar hisoblanadi.

O'stiruvchi omillar konsentratsiyasi mikroorganizmlarning oziqa muhitiga juda oz miqdorda (ularga talab 0,01–10,0 mkg/ml) qo'shiladi. Vitamin yetishmaslik mikroorganizmlarning o'smay qo-lishiga sabab bo'ladi.

Bakteriyalar anorganik elementlarga muhtoj. Kaliy, katalizator sifatida, ba'zi fermentlarning faolligini oshiradi. Kalsiy nitrifikatsiya-da ishtirok etib, tuproq mikroorganizmlariga azotni fiksatsiya qi-lishida yordamlashadi. Bakteriyalar hayotida fosfor, oltingugurt, magniy, temir va boshqa elementlarning ahamiyati katta. Temir nafas olish jarayonida ishtirok etadigan fermentning tarkibida mav-jud bo'lib, oksidlanish jarayonida katalizator vazifasini bajaradi. Temir sil mikobakteriyasining kimyoviy tarkibidagi muhim element hisoblanadi. Temir, rux, magniy, mis va boshqa mikroelement-larning ionlarining aktinomitsetlarda antibiotiklarning hosil bo'li-shida ham muhim rol o'ynashi aniqlangan.

3.2. Mikroorganizmlarda moddalar almashinuvi mexanizmi

Mikroorganizm hujayrasi oziqadan tanasining qismlarini tik-lash, fermentlar, pigmentlar, o'stirish omillari, toksinlarning sintezi va energiya hosil qilish uchun foydalanadi. Lui Paster mikroor-ganizmlarning ayrim turlari ikkita optik antipodlarning bittasidan foydalanishi, ikkinchisidan esa foydalanilmasligini aniqlangan.

Masalan, *Penicillium glaucum* vino kislotasining L-izomeridan, *Streptococcus lactis* sut kislotasining L-izomeridan foydalanishi aniqlangan. Ko'pchilik bakteriyalar leysinning L-izomeridan yaxshi foydalanadilar. Ko'pchilik bakteriyalar D-izomerlardan foydalana olmaydilar.

Metabolizmda ikkita, bir-biriga qarama-qarshi va shu bilan birga yagona jarayon ro'y beradi: konstruktiv va energetik. Konstruktiv moddalar almashinuvi energiya yutishi bilan boradi. Bu moddalar almashinuvi uchun hujayraning uncha katta bo'lmagan miqdordagi oziqa materiali sarflanadi. Energetik moddalar almashinuvida hosil bo'lgan energiya hujayra uchun zarur bo'lgan energiyaga aylanadi. Shu jarayon sodir bo'lishi uchun ko'p miqdordagi oziqa sarflanadi. Ikkita jarayon alohida emas, balki bir-birini to'ldirib turuvchi jarayondir.

3.3. Fermentlar va ularning moddalar almashinuvidagi roli

Fermentlar – tirik hujayra tomonidan ishlab chiqariladigan yuqori molekulyar tuzilishga ega bo'lgan biologik katalizatorlardir. Ular oqsil tabiatiga ega. Mikroorganizmlardagi moddalar almashinuvida alohida rol o'ynaydi. Mikroorganizmlar tomonidan ishlab chiqarilgan fermentlar turli-tuman ta'sirga va yuqori faolikka ega. Ulardan qishloq xo'jaligida, tibbiyotda va boshqa sohalarda keng foydalaniladi.

Mog'or zamburug'i tomonidan ishlab chiqarilgan amilaza fermenti yordamida kraxmalning parchalanishi jarayonidan pivo tayyorlashda, spirt ishlab chiqarishda, non pishirishda foydalaniladi. Mikroorganizmlar fermentidan tibbiyot sanoatida alkaloidlar, polisaxaridlar, gidrokartizonlar, prednizon, prednizolon va boshqalarni ishlab chiqarishda ham foydalaniladi. Bakteriyalarning kauchuk, paxta, ipak, kofe, kakao, tamaki va boshqalarni qayta ishlashda

roli katta. Mikroorganizmlarning sintezlash xususiyati juda yuqori. Mikroorganizmlarning biokimyoviy faoliyati fotosinteznikidan kam emas. Fermentlar mikroorganizmlarga metan, butan va boshqa uglevodorodlarni biriktirib olishiga va ulardan murakkab organik birikmalar sintezlashiga imkon beradi. Fermentlar ekzofermentlar, endofermentlar, konstitutiv va induktivlarga bo'linadi. Ekzofermentlar hujayradan tashqarida, endofermentlar hujayraning ichkarisida faoliyat ko'rsatadilar. Konstitutiv fermentlar har doim ma'lum miqdorda hujayraning tarkibida bo'ladilar. Unga lipaza, karbogidraza, proteinaza va boshqalarni misol qilib ko'rsatish mumkin. Induktiv fermentlar qachonki hujayrada ularga ehtiyoj sezilgandagina hosil bo'ladilar (penitsillinaza, dekarboksilaza). Bakteriyalar, suv o'tlari, zamburug'lar, o'simliklar golofit usulda oziqlanadilar. Ular oziqani erkin holatda qabul qiladilar. Eritmaning past konsentratsiyasining bakteriya sitoplazmatik membranasining yuqori konsentratsiyali zonasidan o'tishi osmos hodisasiga asoslanadi. Bakterial hujayra membranasi moddalar almashinuvida katta rol o'ynaydi.

3.4. Oqsil almashinishi

Mikroorganizmlar o'zlarining oziqlanishi, o'sishi va faoliyati uchun turli xil aminokislotalarga ehtiyoj sezadilar. Ba'zi bakteriyalar bitta aminokislotani, boshqalari ikki va undan ko'proq aminokislotalarni talab etadilar. Ko'pgina mikroorganizmlar ba'zi bir aminokislotalarni sintezlash xususiyatlarini yo'qotgan bo'ladilar. Bunday mikroorganizmlar auksotroflar deb ataladi. Odatda, oqsil almashinishi jarayoni bakteriyalarda ikki fazada boradi. Birinchi faza – oqsilning peptongacha parchalanishi, bu jarayon bakterial hujayra tomonidan ajratilgan ekzoproteaza fermenti ishtirokida amalga oshadi. Ikkinchi faza – oqsilning parchalanish jarayoni

endoproteaza fermenti ishtirokida boradi. Oqsilning peptongacha parchalanishi oziqa muhitining pH ko'rsatkichi 7,0–8,0 atrofda bo'lganida amalga oshadi.

3.5. Mikroorganizmlarning oziqlanishi va nafas olishi

Metabolizmning ikki yo'nalishi – katabolizm (parchalanish, dissimilyatsiya) va anabolizm (qurilish, yaratilish) bir-biriga uzviy bog'liq va qarama-qarshi jarayonlar yig'indilari bo'lib, ular hujayrada bir vaqtda, turli komponentlarda sodir bo'ladilar.

Katabolik reaksiyalar natijasida hujayraga kirgan organik moddalar oksidlanish va qaytarilish, dezaminlash va dekarboksillanish reaksiyalari uchun substrat bo'lib, birin-ketin keladigan reaksiyalar natijasida CO_2, H_2O, NH_3 va boshqalarga aylanadilar.

Katabolizmda murakkab organik birikmalarning parchalanishida erkin energiyaning ajralib chiqishi kuzatiladi. Uning ko'p qismi katabolik yo'nalishlarning ayrim bosqichlarida ularga ulangan fermentativ reaksiyalar vositasida energiyaga boy (makroergik) fosfat bog'lar, asosan adenozinuchfosfat (ATF) shaklida saqlanadi. ATF hujayrada energiya almashinuvining markaziy substratsiyasi bo'lib, energiya talab qilinadigan jarayonlarda anabolik reaksiyalarga yetkaziladi va sarflanadi.

Energiya saqlanishining ikkinchi muhim oqimi nikotinamidadenindinukleotidfosfatning oksidlangan shakli NADF ni, uning qaytarilgan shakli NADF H_2 ga o'tishi bilan bog'liq. Mana shu kofaktordagi vodorod hujayraning nafas olish jarayonida oksidlanib, ATF molekulalarining sintezlanishini ta'minlaydi.

Anabolizm oddiy moddalardan hujayra tuzilishlarini tashkil qiladigan organik moddalarning hosil bo'lishi jarayonida sodir bo'ladigan reaksiyalarning yig'ndisidir.

Bu jarayonlarda moddalar kattalashib, organellalar yaratiladi va bu jarayonda energiya yutilishi kuzatiladi. Zarur energiyani asosan ATF yetkazib turadi. Reaksiya jarayonida u ADF va anorganik fosfatga aylanadi. Anabolik jarayonlar uchun hujayrada substrat sifatida katabolik reaksiyalarda hosil bo'lgan oraliq mahsulotlar – metabolitlar xizmat qiladi. Lekin tirik organizmlarni tashkil qiladigan barcha molekulalar va energiya bilan ta'min qiladigan murakkab birikmalar quyosh energiyasining yutilishi bilan kechadigan fotosintez jarayoninig mahsulotlaridir.

Quyosh Yer yuzida hayotning birdan-bir manbayi, hayotning paydo bo'lishidan tortib doimo uni substrat va energiya bilan ta'minlab turadi. Yuqorida ta'kidlab o'tilgandek, organizmning o'zi ham, ularda sodir bo'ladigan metabolik jarayonlar ham quyosh energiyasining akkumulyatsiya qilinishidan kelib chiqqan va fotosintez tufayli kechib turadi.

Shunday qilib, hujayra metabolizmi anabolik va katabolik jarayonlarning yig'indisidir. Bu jarayonlarning birgalikda sodir bo'lishi, hujayraning parchalanish va sintez qilish jarayonlarini belgilab beradi.

Metabolizm bu genetik belgilangan ketma-ket kechadigan jarayonlarning yig'indisi bo'lib, unda bir vaqtda o'tadigan reaksiyalarning soni, xilma xilligi, ko'p sonliligi va yuqori tezligi, energiya to'planishining mexanizmi va jarayonlarining boshqarilishidir. Metabolik jarayonlarning o'ziga xos bo'lgan belgisi tashqi energiya to'planishining o'zgacha shakldaligi va uglerodli birikmalarning aylanishidan hosil bo'lgan energiya hisobidan, hujayra strukturalarining, makromolekulalarning alohida to'plamlarining hosil bo'lishi hisoblanadi. Hujayra potensialidan zamonaviy biotexnologiya sifatida amaliyotda foydalanish eng muhim vazifalardan hisoblanadi.

Oksidlanish jarayonining eng takomillashgan formasi va hayot uchun zarur bo'lgan energiya ajratadigan jarayon bu nafas olishdir.

Har bir tirik organizmga xos nafas olish tipi muayyan jarayonga xizmat qiluvchi fermentlar yig'indisiga bog'liq. Nafas olish jarayonida shakarlar, oqsillar, yog'lar yoki hujayradagi boshqa zaxira moddalari kislorodning ishtiroki bilan oksidlanadilar, oqibatda karbonat angidrid bilan suv hosil bo'ladi. Jarayonda ajralib chiqqan energiya mikroorganizmlarning hayot faoliyati, o'sishi va rivojlanishi uchun sarf bo'ladi.

Nafas olish jarayonida elektronlar organik moddalardan molekulyar kislorodga ko'chib o'tadilar. Bu holatda organik birikmalar hujayra yoqilg'isi vazifasini o'taydi. Agar aerob nafas olishni bijg'ish bilan taqqoslaydigan bo'lsak, har ikkala jarayonda ham bitta birikmadan, ya'ni glukozadan turli moddalar hosil bo'lishini kuzatamiz.

Nafas olish jarayoni murakkab va ko'p bosqichlidir. Nafas olishda bijg'ishga nisbatan substrat chuqurroq oksidlanadi va o'zgaradi.

Bijg'ish: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow$ 2laktat (−47 kkal).

Nafas olish: $2C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ (−686 kkal).

Ko'rinib turibdiki, nafas olish bijg'ishga nisbatan afzalroq jarayon. Aerob sharoitida glukozadagi barcha uglerod atomlari uglerod dioksidi hosil bo'lishida qatnashadilar. Bu esa nafas olish jarayonida glukoza molekulasidan ichki bog'larning energiyasi maksimal darajada ajralib chiqadi, deganidir. Glukozaning anaerob sharoitda o'zgarishida esa har qanday tipdagi bijg'ish jarayoni bo'lmasin, baribir oxirgi mahsulot sifatida etanol, propanol, butanol, propionat, suksinat, laktat yoki glukozaning to'liq oksidlanmagan, qandaydir mahsuloti paydo bo'ladi. Bu birikmalarning har qaysisining ichki molekulyar energiyasi CO_2 nikiga nisbatan juda ham baland bo'ladi.

Yuqorida keltirib o'tilgan moddalarda uglerod va vodorodning o'zaro nisbati xuddi glukozadagidek ekanligi ham mana shuni ko'rsatadi.

Shunday qilib, biokimyo nuqtayi nazaridan har qanday tipdagi bijg'ishni energetik to'liq amalga oshmagan jarayon sifatida qarash

mumkin. Bu holat aerob va anaerob jarayonlar orasidagi energetik disbalansning yagona sababi emas. Ma'lumki, elektronlarni molekulyar kislorodga ko'chirib o'tkazishda organik akseptorlarga o'tkazishga nisbatan ko'proq energiya ajraladi. Anaerob oksidlanishda molekulyar kislorod ishtirok etmasligi hisobga olinsa, elektronlar akseptorlari bo'lib faqat organik birikmalar xizmat qilishi aniq bo'ladi.

Anaerob o'zgarishlar natijasida hosil bo'lgan asetil guruhlar katabolizmning atamal bosqichiga kiradi. Oksidlanishning bu bosqichi uchkarbon kislotalari halqasi, limon kislotasi halqasi yoki Krebs halqasi deb ataladi. Bunda ishtirok etadigan organik birikmalarning oksidlanishi tugaydi: asetil guruhlar uglerod dioksidi va vodorodga parchalanadi.

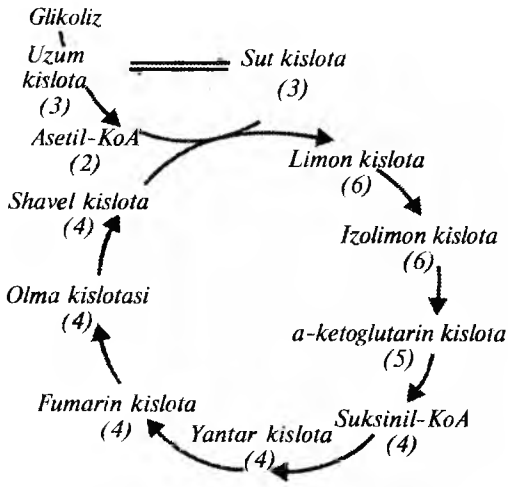
3.6. Uch karbon kislotalar halqasi (Krebs halqasi)

Glukozaning gidrolizlanishidan hosil bo'lgan pirouzum kislotasi hujayra metabolizmida markaziy o'rinni egallaydi va bu holat biokimyoda hujayraning nafas olishi deb yuritiladi. Nafas olish jarayonida piruvatdan tashqari yog' kislotalari va qator aminokislotalar ham to'la oksidlanadilar. Bu jarayon uch bosqichga bo'linadi:

Birinchi bosqichda hujayrada energiya rolini o'ynaydigan organik birikmalar, asetil-ko-enzim A tarkibiga kiradigan ikki uglerodli fragment – asetil CH_3CO gacha oksidlanadilar.

Ikkinchi bosqichda asetil guruhlar limon kislota halqasida parchalanib, vodorod atomlari va CO_2 ni hosil qiladilar.

Uchinchi bosqichda vodorod protonlar va elektronlarga parchalanadi. So'ngra elektronlar mitoxondriyalarning ichki membranalarida joylashgan elektron tashuvchilar orqali molekulyar kislorodga uzatiladi va H_2O hosil qilib, qaytariladi.



14-rasm. Mikroorganizmlarning nafas olish sikli.

Piruvatning oksidlanish va dekarboksillanishi jarayonida uch xil fermentlar:

– piruvatdegidrogenaza (F_1);

– degidrolipoil-asetiltransferaza (F_2);

– degidrolipoil-degidrogenaza (F_3) lar ishtirok etadi.

Bu tizimni Lester Rid va uning shogirdlari o'rganganlar. Organizm uchun zarur bo'lgan vitaminlardan: tiamin (TFFZ da), riboflavin (FAD da), pantoten kislotasi (KoA da) va nikotinamid (NAD^+ da) shu tizimning tarkibiy qismi hisoblanadi.

Mikroorganizmlarning oziqlanishi. Oziqlanish jarayonida fermentlarning ahamiyati katta. Chunki mikroorganizmlar turli organik moddalarni kimyoviy yo'l bilan parchalab, oziqlanadilar va ba'zilari shu jarayonda nafas ham oladilar. Mikrob parchalangan organik moddalarni qabul qilib, so'ngra ularni o'z hujayrasida qaytadan sintez qiladi va tanasining ayrim qismlarini tuzadi.

Fermentlar murakkab birikma hisoblanadi. Ular 20 ta aminokislotadan tuzilgan. Fermentlarning molekula og'irligi birnecha mingdan birnecha milliongacha bo'ladi. Fermentlar o'ziga xos xususiyatga va faollikka ega. Fermentlar spetsifik xususiyatiga ko'ra 3 ta guruhga ajratiladi.

1. *Past spetsifiklikka ega fermentlar.* Bu guruhga barcha gidrolitik fermentlar: amilaza, lipaza, pektinaza, sellulaza, esterazalar va boshqalar kiradi. Yuqorida ko'rsatilgan fermentlar har xil tezlikda polimer, oligomer hamda kichik molekulali substratlarga ta'sir ko'rsatadilar.

2. *Guruh spetsifiklikka ega bo'lgan fermentlar.* Har xil geksozalarni fosforillash reaksiyasini olib boruvchi geksokinaza fermenti bir-biriga o'xshash strukturaga ega bo'lgan substratlarga ta'sir ko'rsatadi.

3. *Absolut spetsifiklikka ega bo'lgan fermentlar.* Bunday fermentlar strukturasi juda ham yaqin bo'lgan substratlarni sekin o'zgartirish xususiyatiga ega. Masalan, degidrogenezalar vodorod atomini substratdan kofermentning nikotinamid yadrosining aniq tomoniga o'tkazadilar.

Fermentlarning faolligini past molekulali organik birikmalar yoki metall ionlari bilan boshqarib turish mumkin. Bu mexanizm murakkab biosintetik jarayonlarda ishtirok etuvchi fermentlarga xos bo'lib, dastlabki fermentlardan birining oxirgi mahsulot bilan ingibirlanishi kuzatiladi va natijada, butun jarayonning sekinlashuviga yoki butunlay to'xtab qolishiga sabab bo'ladi.

1898-yilda L. Pasterning shogirdi Emil Dyuklo fermentlarning nomlariga «aza» so'zini qo'shishni tavsiya etdi. Masalan, kraxmalga ta'sir etadigan ferment amilaza, yog' moddalariga ta'sir etuvchi ferment lipaza va oqsilga ta'sir etuvchi ferment protsinaza deb atala boshlandi. Ammo ba'zi bir fermentlarning eski nomlari ham qoldi. Masalan, oshqozon shirasining fermenti pepsin, so'lakning

fermenti ptizlin va boshqalar. Zamonaviy biologiya sanoatida fermentlar ishlatilmaydigan korxonalar kamdan-kam.

Fermentlarning xususiyatlari: mikrob hujayrasida o'tadigan jarayonlar fermentlarning aktivligiga bog'liqdir. Fermentlar suv, tuz, kislota va ishqor eritmalarida eriydi. Ular oqsil kompleksi, kristallsimon va eritmaning tubiga tushadi.

Fermentlarning umumiy xususiyatlari: 1) spetsifikligi (maxsus ta'sir etishligi). Fermentlar faqat maxsus kimyoviy birikmalarga yoki kimyoviy birikmalarning guruhlariga ta'sir etadi. Masalan, laktaza fermenti faqat sut shakarini (laktozani), ureaza esa mochevinani parchalaydi va hokazo;

2) fermentlarning katalitik aktivligi juda ham baland bo'lishi mumkin. Masalan, 1 g amilaza 1 t kraxmalni parchalashi yoki 1 g ximozin 12 t sutni ivitish imkoniyatiga egadir;

3) termolabilligi – fermentlar isitilganda, tezda parchalanadi. Masalan, 50–60°C daraja issiqda fermentlar o'zining aktivligini pasaytiradi. 80°C darajada esa aktivligini yo'qotadi, 100°C darajada esa to'la parchalanadi. Fermentlarning aktivligi 30–50°C darajada yaxshi o'tadi, hayvonlardagi fermentlar esa 37–40°C darajada aktiv bo'ladi;

4) ta'siri ma'lum pH muhitda o'tadi. Masalan, pepsin pHning 1,5–2,5, tripsin – 7,8–8,7, katalaza va ureazalar esa pHning 7-muhitida yaxshi ta'sir etadi (pH optimum);

5) reaksiyalarning oxirida o'zgarmaydi va hosil bo'lgan mahsulotlarning tarkibiga kirmaydi.

Hozir 1000 dan ortiq fermentlar mavjud. Hamma fermentlar oltita sinfga bo'lingan. Bular:

1. Oksidoreduktazalar. 2.Transferazalar. 3.Gidrolazalar. 4.Liazalar. 5.Izomerazalar. 6.Ligazalar.

Oksidoreduktazalar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida katalizatorlik qiladi. Bu guruhga kiruvchi fermentlar hujayraning nafas olish jarayonida vodorod va kislorod tashishini aktivlashtiradi.

Transferaza — ayrim radikallarni: asetil transferazalar — sirka kislota qoldig'ini (CH_3CO), fosfotransferaza — fosfat kislota qoldig'ini ($H_2PO_3^{2-}$) tashuvchi fermentlardir.

Gidrolaza gidrolizlanish reaksiyasini tezlatadi. Bu fermentlar murakkab moddalarni suv ishtirokida oddiy moddalargacha parchalaydi. Peptidogidrogenazalar oqsil va peptidlarni, glukozidgidrolazalar uglevod va glukozidlarni parchalaydi va h.k.

Liazalar substratlardan kimyoviy guruhlar radikallarini olib, qo'sh bog' hosil qiladi yoki kimyoviy guruh radikallarini qo'sh bog'larga ulaydi.

Izomerazalar organik moddalarni ularning izomerlariga aylantiradi, ya'ni molekula ichidagi atomlar, radikallar va guruhlarning o'rnini o'zgartiradi. Ularning moddalar almashinishida ahamiyati katta.

Ligaza yoki sintetaza pirofosfor bog'lanishining uzilishi hisobiga oddiy birikmalardan murakkab birikmalarning sintezlanishini tezlashtiradi. Masalan, karboksilaza karbonat angdridni organik birikmalarga biriktiradi.

Piruvat karboksilaza piruzum kislota va karbonat angdriddan shavelsirka kislotasini sintez qiladi. Fermentlar tuzilishiga ko'ra ikki sinfga bo'linadi:

— oddiy oqsillar (fermentlar) — ular faqat oqsildan iborat bo'ladi;

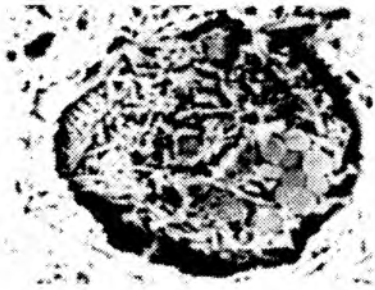
— murakkab oqsillar (fermentlar) — oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini olib boruvchi, kimyoviy guruhlarni ko'chiruvchi fermentlar. Ular ikki qismdan iborat bo'ladi: apoferment qismi (oqsil qismi) va ferment aktivligini belgilaydigan kofaktor qismi. Bu qismlar alohida holatda aktivlikka ega emas, balki birlashgandan so'ngina aktivlikka ega bo'ladi.

Apoferment va kofaktordan tashkil topgan kompleks xoloferment deb ataladi.

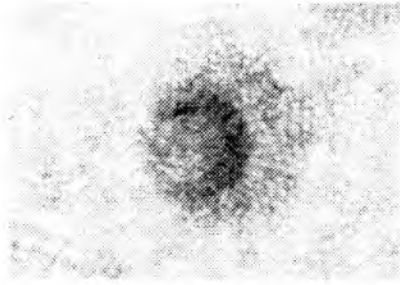
Metallarning ionlari (temir, mis, kobalt, rux, molibden va h.k.) yoki koferment deb ataladigan murakkab organik birikmalar

kofaktor bo'lishi mumkin. Kofermentlar odatda elektronlarni, atomlarni, guruhlarni fermentativ reaksiya natijasida bir birikmadan boshqasiga o'tishida oraliq o'tkazuvchi vazifasini bajaradi. Ba'zi kofermentlar ferment oqsili bilan mustahkam birikkan bo'ladi. Ular prostetik guruh deb ataladi. Kofaktorlarga degidrogenezalarning faol guruhlari NAD yoki NADF lar kiradi. Bu kofermentlar tarkibiga B guruh vitaminlaridan biri – nikotin kislotasi kiradi. Vitamin B_1 (tiamin) pirouzum kislota almashinuvida qatnashadigan tiamin pirofosfokinaza tarkibiga kiradi. Koferment A ning tarkibiy qismi bo'lib pantoten kislota xizmat qiladi, flavoprotein fermentlarining prostetik guruhini vitamin B_2 (riboflavin) tashkil qiladi. Tirik organizmlarning oziqlanishida vitaminlarning ahamiyatli tomonlari ham shundaki, ular kofermentlarning tarkibiy qismiga kiradilar. Fermentlar erkin aktivlashtirish reaksiyasini pasaytirib, kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiradi. Fermentlarning boshqa katalizatorlardan farqi ularni olib borayotgan kimyoviy reaksiyalarning o'ziga xosligidir. Har bir ferment faqat bitta ma'lum reaksiyani olib boradi. Ferment molekulasining substrat birikadigan katalitik markazi ma'lum fazoviy konfiguratsiyaga ega bo'lib, u faqat substrat molekulasigagina mos keladi. Fermentlarning aktivligi ferment va substratning konsentratsiyasiga, haroratga, pH ga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Har bir ferment uchun o'z harorat va pH optimumlari mavjud. Ko'pgina fermentativ reaksiyalar qaytmas reaksiyalar hisoblanadi. Mikroorganizmlarning o'lchamlari kichik bo'lishiga qaramasdan har xil vazifalarni bajaradigan bir-biridan farq qiladigan fermentlarni ishlab chiqaradi. Metabolizmda qatnashadigan fermentlar odatda hujayra ichida bo'lib, ular endofermentlar deb nomlanadi.

Endofermentlar (endoenzimlar) mikrob hujayrasining o'zi bilan bog'langan bo'ladi. Mikroblar o'z faoliyati davomida ekzofermentlarni oziqlanuvchi muhitga ajratadi, ular bakterial filtrdan o'tadilar,



15-rasm. Bacillus anthracis.



16-rasm. Aspergillus flavuys.

murakkab oziqa moddalarni (oqsillar, kraxmal, kletchatka va boshqalarni) parchalab, hazm qilish uchun tayyorlaydilar.

Endofermentlar hujayra protoplazmasi bilan mustahkam bog'liq bo'lib, faqat hujayra ichiga kirgan oziqa moddalarni parchalaydilar va ularni hujayraning asosiy qismlariga aylantiradilar.

Ba'zi fermentlar hujayra tomonidan tashqi muhitga ajratiladi, shuning uchun ham ularga ekzofermentlar deyiladi. Odatda, bunday fermentlar gidrolitik fermentlar bo'lib, katta molekulali birikmalarni parchalab, hujayraga o'ta oladigan holatga keltiradi va hujayra tomonidan oziqa sifatida o'zlashtiriladi.

Mikroorganizmlarning uglerod bilan oziqlanishi. Uglerod manbalariga munosabatiga ko'ra, mikroorganizmlar avtotrof – uglerodni anorganik moddalardan o'zlashtiruvchilarga va geterotrof – uglerodni organik holda o'zlashtiruvchilarga bo'linadi. Turli shakarlar, spirtlar, organik kislotalar, uglevodorodlar ular uchun asosiy oziqa manbayi hisoblanadi. Tarkibida oksidlangan CH_2OH–CHOH–COH guruhlari bo'lgan uglerod manbalariga ega bo'lgan glitserin, mannit, shakarlar va bir qator organik kislotalar eng yaxshi oziqa manbayi hisoblanadi. Chumoli kislota (HCOOH) va shovul kislota (COOH×COOH) faqat ba'zi mikroorganizmlar tomonidan o'zlashtiriladi, xolos. Ayrim mikroorganizmlar, masalan, *Aspergillus flavus* zambrug'i parafin yoki yog' kislotalarini o'zlashtira oladi.

3.7. Mikroorganizmlarning azot bilan oziqlanishi

Azot elementiga munosabatiga ko'ra, mikroorganizmlar turli guruhlarga bo'linadi. Ba'zilari oqsil va peptonlarni o'zlashtirsa, boshqalari nitratlarni, uchinchilari ammiakni, to'rtinchilari atmosfera azotini o'zlashtiradi.

Oqsil va peptonlar proteoliz (parchalanish) va dezaminlanishdan so'ng o'zlashtirilsa, aminokislotalarning to'liq aralashmasi bevosita parchalanadi. Mikroorganizmlarning ba'zi vakillari nitratlarni, ko'pchiligi ammiakni o'zlashtira oladi (1-jadval).

Patogen mikroorganizmlarni ham aminokislotalarda o'stirish mumkin. Hayvonlar kabi bakteriyalar ham o'zi sintez qila olmaydigan aminokislotalarni talab qiladi, lekin hayvonlarning ko'pchiligi 8–10 ta aminokislota talab qilsa, bakteriyalarning ayrimlari 2–3 ta,

1-jadval

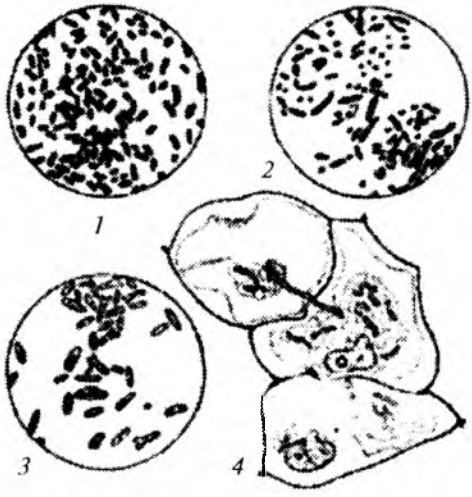
Mikroorganizmlar uchun turli azot manbalari (N.D.Ierusalimskiy ma'lumotlari bo'yicha)

Azot manbalari	Azot manbalari o'zlashtiradigan turli fiziologik xususiyatlari			
	Proteoliz	Dezaminlanish	Nitratlarning qaytarilishi	Azotfiksatsiya
Oqsillar	+	+	-	-
Peptonlar	+	+	-	-
Aminokislotalarning to'liq aralashmasi	-	-	-	-
Ba'zi bir aminokislotalar	-	-	-	-
Ammiak	-	-	-	-
Nitratlar	-	-	+	-
Atmosfera azoti	-	-	-	+

ba'zilari esa 17 taga yaqin aminokislotani talab qiladi. Ayniqsa, patogen, sut kislota hosil qiluvchi va chirituvchi bakteriyalar uchun aminokislotalar nihoyatda zarur. Zamburug'lar, achitqilar va aktinomitsetlar ozig'ida aminokislotalar bo'lsa, ular tez o'sadi, agar aminokislotalar bo'lmasa, ularni o'zlari sintezlay oladilar.

N.D.Ierusalimskiy (1963) aminokislota sintezlovchilarni aminoavtotroflar, sintezlay olmaydiganlarni aminogeterotroflar deb atagan. Mikroorganizmlar uchun zarur bo'lgan aminokislotalar ro'yxatini *aminogramma* deb ta'riflagan.

Mikroorganizmlarning normal o'sishi uchun B vitaminlar guruhiga kiruvchi va suvda eruvchi moddalar zarur. Bularning ba'zilari nuklein kislotalar yoki fermentlar tarkibiga kiruvchi komponentlardir. Ba'zi mikroorganizmlar o'zi vitamin sintezlaydi, ularni Shopfer (1938-y.) auksotroflar deb atagan. Geteroauksotroflar vitamin sintezlay olmaydilar.



17-rasm. Azotni fikatsiya qiluvchi mikroorganizmlar:
1 – Azotobacter vinelandii; *2* – Clostrdium pasterianum; *3* – Rhizobium meliloti; *4* – olxaning ildizidagi mikroorganizmlar.

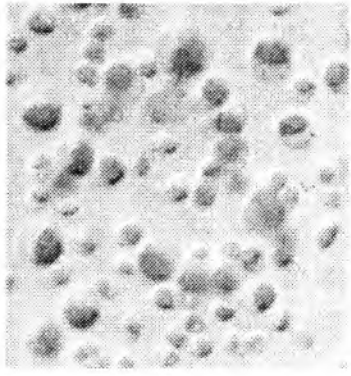
Bakteriyalarning uglevodorodlarni o'zlashtirishi. V.O.Tauson 1925-yildan boshlab to 1935-yilgacha uglevodorodlarni oksidlovchi bakteriyalar va zamburug'lar ustida ish olib boradi va ularni ikki guruhga: aeroblar va anaeroblarga ajratadi. Keyinchalik u ochiq zanjirli uglevodorodlarni oksidlovchi formalarni ham topgan. Toluol, benzol, ksilolni parchalovchi turlarni aniqlagan. Ba'zilari faqat toluolni parchalasa, boshqalari 2 halqali (definil, naftalin), uchinchilari uch halqali (fenantren va antratsen) uglevodorodlarni parchalaydi. Tauson neft, terpinlar va smolalarning oksidlanishini ham aniqlagan. Uning bu ishlari geterotrof mikroorganizmlarda moddalar almashinuvi jarayoni nihoyatda xilma xil ekanligini ko'rsatadi.

Yashil va qirmizi rang bakteriyalarda fotosintez. Barcha yashil o'simliklarning eng muhim xususiyatlaridan biri quyosh nurlari yordamida CO_2 va H_2O dan organik modda hosil qilish, ya'ni fotosintez jarayoni hisoblanadi. Uni quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{xlorofill}]{\text{yorug'lik}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

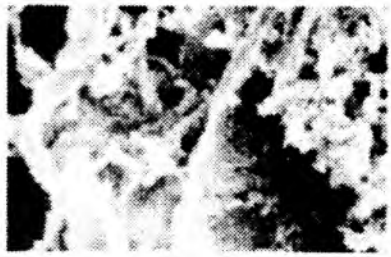
Fotosintez jarayonida yorug'lik energiyasi yutiladi va organik moddada to'planadi, atrofga esa kislorod ajralib chiqadi.

Tuban organizmlardan ko'k-yashil va bir hujayrali yashil suv o'tlarda ham fotosintez jarayoni boradi, ayniqsa, bu jarayon xlorella misolida yaxshi o'rganilgan (18-rasm). Yuksak o'simliklardan farqli o'laroq, yashil bakteriyalar va ko'k-yashil suvo'tlari xlorofillni qorong'ida hosil



18-rasm. Chlorella sp..

19-rasm. Yashil bakteriyalar.



20-rasm. Qirmizi bakteriyalar.

qiladilar. Rus olimi Lrtari (1899-y., 1913-y.) aniqlashicha, ko'pchilik yashil suvo'tlar va lishayniklar tanasidan ajratib olingan suvo'tlar agar-agarda yaxshi o'sadilar (ya'ni oziqada glukoza, pepton, mineral tuzlar bo'lganda). Bu esa V.N.Lyubimenko va A.I.Oparinning «geterotrof oziqlanish avtotrofdan oldin kelib chiqqan» degan fikrlarini tasdiqlaydi. Yashil bakteriyalar va yuksak o'simliklardagi xlorofill turli nurlarni yutadilar. Yuksak o'simliklardagi xlorofill qizil va ko'kbinafsha nurlarni yutsa, bakteriyalardagi xlorofill olti xil rangli nurlarni yutadi.

Bundan tashqari, bakterioxlorofill molekulasida ikki atom vodorod ortiqcha, nurlarning yutilish maksimumi yashil va qirmizi rang bakteriyalarda 800—890 nm oralig'ida (19—20-rasmlar). Qirmizi bakteriyalarning karotinoidlari 400—600 nm orasidagi nurlarni yutib, uni bakterioxlorofillga o'tkazadilar. Ulardagi xlorofill faqat elektron mikroskopda ko'rinadi. Ularda fotosintez quyidagicha boradi:

yashil bakteriyalarda:

$$CO_2+2H_2S \xrightarrow{\text{quyosh energiyasi}} \frac{1}{6}C_6H_{12}O_6+H_2O+S_2$$

qirmizi bakteriyalarda:

$$CO_2+2H_2S+2H_2O \xrightarrow{\text{quyosh energiyasi}} \frac{1}{6}C_6H_{12}O_6+H_2SO_4$$

3.8. Xemosintez jarayoni

Xemosintez jarayonining tabiatini S.N.Vinogradskiy (1887-y.) aniqlagan. Bu jarayonda CO_2 va H_2O kimyoviy energiya hisobiga oksidlanadi. Xemosintez jarayoni oltingugurt bakteriyalari, nitrifikatorlar, temir, tion va vodorod bakteriyalari tomonidan amalga oshiriladi:

1) $2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 658$ kJ.
2) $2HNO_3 + O_2 = 2HNO_3 + 180$ kJ.
   $4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2 + 167$ kJ,
   $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + 575$ kJ.

Oltingugurt bakteriyalari H_2S hosil bo'ladigan suv havzalarida keng tarqalgan. Bular $H_2S \rightarrow S \rightarrow H_2SO_4$ gacha oksidlanadi.

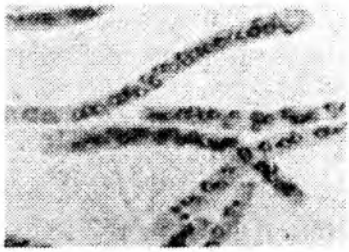
$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + S.$$

$$S + 2H_2O + 3O_2 = 2H_2SO_4 + 479 \text{ kJ}.$$

Oltingugurt bakteriyalari tabiatda keng tarqalgan bo'lib, S ning tabiatda aylanib turishida muhim ahamiyatga ega. Bu bakteriyalarga rangsizlardan *Beggiotoa, Thiophysa, Thiospirillum, Thiotrix* va boshqalar misol bo'ladi (21–24-rasmlar). Bulardan tashqari, hujayrasida (bakteriopurpurin) pigment bo'lgan qirmizi va yashil rangli oltingugurt bakteriyalari ham ma'lum. Qirmizi rang bakteriyalar hujayrasida kimyoviy tarkibi jihatidan karotinoidlarga (likopin guruhiga) yaqin turuvchi bakteriopurpurun va havoda oksidlanganda xlorofillga yaqin mahsulot hosil qiluvchi yashil pigment – bakterioxlorin uchraydi.

21-rasm. Beggiotoa.

22-rasm. Thiophysa.



23-rasm. Thiospirillum.

24-rasm. Thiotrix.

Vannilning aniqlashicha, bakteriyalarda boradigan fotosintez jarayoni yashil o'simliklarda boradigan fotosintezdan farq qiladi. Agar yashil o'simliklarda avval suv molekulasi fotolizga uchrasa va O_2 suvdan ajralsa, bakteriyalarda suv fotolizga uchramaydi va H boshqa moddadan olinadi. Shuning uchun O_2 ajralmaydi.

Qirmizi rang bakteriyalarda fotosintez anaerob sharoitda boradi. Bu bakteriyalar 2 oilaga: *Thiorodaceae* (hujayrasida S tomchi shaklida to'planadi) va *Athiorodaceae* ga (hujayrasida S uchramaydi, bular H_2S ni oksidlay olmaydi va organik moddalar bo'lgan oziqa muhitida o'sa oladi) bo'linadi. Bulardagi fotosintez jarayoni xuddi qirmizi rang bakteriyalardagiga o'xshash boradi, faqat O_2 ajralmaydi. Qirmizi rang bakteriyalar orasida avtogeterotroflar va avtotroflar ham bor.

Yashil rang oltingugurt bakteriyalari hujayrasida yashil rangli bakterioveridin pigmenti bo'ladi. Ular H_2S ni o'zlashtirib, CO_2 ni qaytaradi, hujayrasida oz miqdorda bakterioxlorofill va karotinoidlar uchraydi. Xemosintez jarayonida organik moddalar ko'p miqdorda to'planmaydi, shuning uchun ham xemosintez fotosintez jarayoni kabi keng tarqalmagan, chunki fotosintez jarayonida hosil bo'lgan organik moddalar barcha tirik organizmlar uchun oziqa manbayi hisoblanadi.

3.9. Mikroorganizmlar ishtirokida yog'larning oksidlanishi

Tuproqda uchraydigan mikroorganizmlar o'z tanasidagi lipaza fermenti ishtirokida yog'larni parchalaydi:

$$\underset{\text{glitserin}}{C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3} + 3H_2O \rightleftarrows \underset{\text{yog' kislota}}{C_3H_5(OH)_3} + 3C_{18}H_{36}O_2$$

Yog' kislota oksidlanishidan CO_2 va H_2O hosil bo'ladi:

$$C_{18}H_{36}O_3 + 26O_3 \rightleftarrows 18CO_2 + 18H_20.$$

Yog'larni oksidlaydigan mikroorganizmlarga *Pseudomonas fluorescens*, aktinomitsetlar, zamburug'lar va *Oidium lactis* misol bo'ladi.

Chumoli kislotani *Methanobact. fermicum* aerob va anaerob sharoitda oksidlaydi, quyidagi jarayonlar hisobiga energiya ajraladi:

$$2HCOOH + O_2 \rightleftarrows 2H_2CO_3$$

$$4HCOOH \rightleftarrows 3CO_2 + 2H_2O + CH_4.$$

Sirka kislota hosil qiluvchi bakteriyalar achitqi zamburug'lari bilan birga uchraydi, chunki achitqi zamburug'lari hosil qilgan etanolni bu bakteriyalar parchalaydi, reaksiya natijasida suv va sirka kislota hosil bo'ladi:

$$CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O + 479\ kJ.$$

Spirt yetishmay qolsa, bakteriyalar sirka kislotani oksidlaydi va CO_2 bilan H_2O hosil bo'ladi:

$$CH_3COOH + 2O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$$

Bu bakteriyalar propil spirtni propion kislotagacha, glukozani glukon kislotagacha oksidlaydi:

$$\underset{\text{propil spirt}}{CH_3CH_3CH_2OH} \rightleftarrows \underset{\text{propion kislota}}{CH_3CH_2COOH}$$

$$\underset{\text{glukoza}}{CH_2OH(CHOH)_4CHO} \rightleftarrows \underset{\text{glukon kislota}}{CH_2OH(CHOH)_4COOH}$$

Sirka kislota hosil qiluvchi bakteriyalar uchun uglerod manbayi sifatida fosfor va ammoniy sulfat tuzlari va shakar beriladi.

Ishlab chiqarish korxonalarida sirka kislota miqdori 10–12% bo'lganda bakteriyalarning aktivligi ortishini V.N.Shaposhnikov kuzatgan. Bakteriyalar tayoqcha shaklida bo'ladi, asosiy vakillari: *Acetobacter aceti, A.pasteurianum, A. orleanense.*

Ishlab chiqarish korxonalarida bulardan keng ravishda foydalaniladi. Sirka kislota olishda 2 usul: orlean usuli va nemis usuli yoki tez kislota olish usuli qo'llaniladi.

Orlean usulida sirka kislota olish uchun vinodan foydalanilsa, nemis usulida etil spirtidan foydalaniladi. Orlean usulida sirka kislota olish maxsus chanlarda olib boriladi, chanlarda 2% sirka kislota va 4% spirt bo'ladi va oziqa muhitiga 2% kislota qo'shiladi. Bijg'ish oxirida olingan modda tarkibida 5–6% kislota bo'ladi. Bijg'ish 20–30°C da olib boriladi. Olingan sirka kislota juda xushbo'y bo'ladi. Nemis usulida sirka kislota olish uchun generatorlar bambuk daraxtining qipig'i bilan to'ldiriladi. U aerob sharoitda

yaxshi rivojlanadi. Muhitga 6% sirka kislota, 3% etil spirt qo'shiladi. Generatorlarda ish to'xtamasdan bir necha yillar davom ettiriladi, olingan kislota 9% li bo'ladi.

Shirin choyda zamburug'ni o'stirish mumkin, buning uchun achitqi zamburug'lar qo'shib o'stiriladi. Natijada biroz nordon mazali, xuddi kvasga o'xshash ichimlik hosil bo'ladi.

? *Savollar*

1. Katabolizm nima?
2. Nafas olish jarayonining Krebs siklini tushuntiring.
3. Nafas olishda qaysi fermentlar ishtirok etadi?
4. Mikroorganizmlar yog'larni qanday oksidlaydi?
5. Aerob nafas olishning anaerob nafas olishdan farqi nimada?
6. Nafas olishning fazalarini izohlang.

3.10. Mikroorganizmlar yordamida sut-kislotali, spirtli bijg'ish jarayonlari

Bijg'ish hodisasi juda qadimdan ma'lum bo'lgan, lekin uning umumiy mexanizmini fransuz olimi Lui Paster ishlab chiqqan. 1861-yilda L.Paster glukozadan etil spirti va karbonat angidrid hosil bo'lishini kuzatgan. Bu jarayon fermentatsiya deb atalib, unga tirik organizmlarning kislorodsiz muhitda glukozadan oziqa va energiya olish qobiliyatining ifodasi degan ta'rif fan tarixida buyuk ahamiyatga ega bo'ldi. Keyinchalik bu jarayonni amalga oshiradigan fermentlarni o'rganishga muvaffaq bo'lindi. 1897-yili Byuxner hujayrasiz achitqi shirasini (zimazani), A.N.Lebedov esa achitqi zamburug'laridan shirani ajratib olishga erishdilar.

Shunday qilib, bijg'ish anaerob sharoitda sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish jarayonida organik moddalarning parchalanishi

bo'lib, buning natijasida organizm o'zi uchun zarur bo'lgan energiyani oladi.

Spirtli bijg'ish. Bijg'ish jarayoni har xil taksonomik guruhlarga mansub bo'lgan mikroorganizmlar tomonidan amalga oshiriladi.

Biotexnologiyaning asosiy vazifalaridan biri tirik mikroorganizmlarga xos bo'lgan ochiq yoki yopiq tizimdagi biotexnologik jarayonlardan sanoat sharoitida foydalanishdan iboratdir.

Spirtli bijg'ish u yoki bu mahsulotni qayta ishlash natijasida uning spirtga aylanadigan biotexnologik jarayondir. Bijg'ish hujayrada sodir bo'ladigan modda almashinuvining energetikasi bilan chambarchas bog'liqdir. 1861-yilda L.Paster spirtli bijg'ishni achitqi zamburug'larining faoliyati bilan bog'liqligini o'rgangandan keyin bu jarayon biologik jarayon sifatida qaraladigan bo'ldi.

Byuxner va Xan tomonidan spirtli bijg'ish jarayonining o'rganilishi bijg'ish jarayonining tabiati haqida zamonaviy tasavvurning paydo bo'lishiga olib keldi.

Spirtli bijg'ish biokimyoviy reaksiyalarning birin-ketin keladigan jarayoni bo'lib, bunda achitqi zamburug'i hujayralari organik birikmalarning energiyasini to'liq ishlata olmaydi. Har bir achitqi zamburug'ining hujayrasi o'zining og'irligidan 30 va undan ko'proq marotaba miqdordagi shakarni parchalay olishi hisoblab chiqilgan. Natijada hujayraning energetik potensiali oshadi va bu ATF ning ajralib chiqishi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Bu energiya hujayraning zaxira moddalari – glikogen, karbon suvlar (tregalozalar), yog'lar va boshqa birikmalarning sintezi uchun ishlatiladi.

Shuning uchun ham spirtli bijg'ishni shakarning to'liq bo'lmagan, ammo ko'p bosqichli anaerob, fermentativ parchalanishi deb qaralmog'i lozim. Bu jarayon natjasida bijg'ishning asosiy mahsulotlari – etanol va karbonat angidrid gazi hosil bo'ladi.

Spirtli bijg'ish jarayonini amalga oshirish uchun ko'proq *Saccharomyces* avlodiga mansub achitqi zamburug'lari (*S. cerevisiae, S.elipsoideus, S.vini* va h.k.) ishlatiladi.

Achitqi zamburug'laridagi spirtli bijg'ish jarayoni yuksak organizmlardagi glikoliz jarayonidan faqatgina oxirgi bosqichi bilan farq qiladi. Bunga asosiy sabab, achitqi zamburug'laridagi piruvat-dekarboksilaza fermenti hisoblanadi. Bu ferment piruvatni asetaldegidga aylantirib beradi, hosil bo'lgan asetaldegid esa etanolgacha qaytariladi.

Spirtli bijg'ish ikki bosqichda amalga oshadi.

birinchi bosqichda glukozadan fruktoza-1,6-difosfat hosil bo'ladi, keyin u 2 molekula triozani hosil qiladi;

ikkinchi bosqichda 2 molekula triozadan 2 molekula piruvat hosil bo'ladi.

Oltita uglerod molekulasiga ega bo'lgan glukozaning ikkita uch uglerodli piruvatga parchalanishi birin-ketin amalga oshuvchi 10 ta fermentativ reaksiyalar yordamida amalga oshadi.

Dastlabki besh reaksiya glukozani parchalash uchun tayyorgarlik bosqichi hisoblanadi. Bu reaksiyalarda glukoza C_6 holatida ATF hisobidan fosforillanadi, keyin izomerlanish oqibatida fruktoza-6-fosfatga aylanadi, u esa C_1 holatida fosforillanadi va fruktoza-1,6-bifosfat hosil bo'ladi. Bu molekulaning parchalanishi oqibatida ikki molekula glitseroaldegid-3-fosfat hosil bo'ladi.

Ikkinchi bosqich ham birin-ketin keladigan 5 ta fermentativ reaksiyadan iborat bo'lib, piruvat hosil bo'lishi bilan tugallanadi.

1-reaksiya. Glukozaning 1-reaksiyasida D-glukozaning ATF energiyasi hisobidan fosforillanishi sodir bo'ladi. Bu reaksiya qaytmas bo'lib, geksokinaza fermenti yordamida amalga oshadi. Geksozalar faolligini namoyon qilishlari uchun Mg^{+2} ioni zarur, chunki bu fermentning haqiqiy substrati bo'lib ATF emas, balki ATF va magniy kompleksi hisoblanadi.

2-reaksiya. Glukozofosfatizomeraza fermenti ta'sirida glukoza-6-fosfat fruktoza-6-fosfatga izomerlanadi. Bijg'ish jarayonida fruktoza-6-fosfat hosil bo'lsa ham bu reaksiya qaytmas hisoblanadi.

3-reaksiya. ATF hisobidan D-fruktoza-6-fosfat C_1 holatida fosforillanadi. Bu reaksiya fosfofruktokinaza fermenti tomonidan katalizlanadi. Fosfofruktokinaza allosterik ferment hisoblanib, shu tipga kiruvchi boshqa fermentlar kabi uning molekulyar massasi katta (300 kDa) hisoblanadi.

4-reaksiya. Bu reaksiya davomida fruktoza-1,6-bifsfatning molekulasi ikkita trioza molekulasiga: glitseraldegid-3-fosfat (aldozalar) va digiroaseton-3-fosfat (ketozalar) gacha parchalanadi.

5-reaksiya. Hosil bo'lgan ikki triozofosfatlardan biri glitseraldegid-3-fosfat keyinroq o'zgarishga uchraydi. Ammo gidrooksiaseton-3-fosfat triazofosfatizomeraza fermenti ta'sirida izomerlanib, glitseraldegid-3-fosfatga aylanadi. Bu bosqichda glukoza fosforillanadi, keyin ikkiga bo'linib, ikki molekula triozani hosil qiladi va oxirida ikki molekula glitseraldegid-3-fosfat hosil bo'ladi.

Shunday qilib, glikoliz ko'p bosqichli murakkab, fermentativ, oksidlanish-qaytarilish jarayonidir. Bunday fikrni glukozadagi hamda oxirgi mahsulot bo'lgan piruvatdagi uglerod atomlarining joylashishi ham ko'rsatib turadi. Glukozaning birinchi va oltinchi uglerod atomlari ikki molekula piruvatda $-CH_3$ ko'rinishida, ya'ni glukozaga nisbatan qaytarilgan holatdadir.

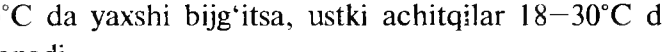
Glukozaning biologik nazorati, hamda yuqorida ko'rsatilgan reaksiyalarning birin-ketinligini boshqarish va piruvatning glukoza-6-fosfatdan hosil bo'lish tezligi asosan fermentlar tomonidan: fosfofruktokinazalar va piruvatkinazalar darajasida amalga oshiriladi.

Spirtli bijg'ish jarayonida piruvatdan etil spirti hosil bo'ladi. Dastlab piruvatkarboksilaza fermenti ta'sirida piruvat dekarboksillanadi, natijada esa asetaldegid hosil bo'ladi. Bu reaksiyaning tezligi ham Mg^{+2} ioniga bog'liq.

Spirtli bijg'ishning eng muhim reaksiyasi asetaldegidning spirtga aylanishidir. Bu jarayon glitseraldegidfosfat degidrogenaza reaksiyasida sarf qilingan NAD ni regeneratsiyasi bilan birga amalga oshadi.

Spirtli bijg'ishning bu klassik yo'li achitqi zamburug'lari uchun xarakterlidir. D-glukozadan ikki molekula etanol va karbonat angidridi hosil bo'ladigan jarayonda uglerod va vodorod atomlarining yig'ma nisbati o'zgarmaydi.

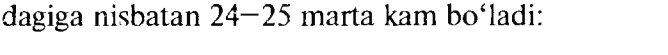
Spirtli bijg'ish jarayonini achitqi zamburug'lari vujudga keltiradi. Bunda shakarlar anaerob sharoitda etil spirt va karbonat angidridga aylanadi hamda energiya ajraladi:



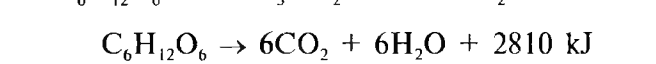
$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 235 \cdot 10^4\ J$$

Spirtli bijg'ish jarayonida ishtirok etadigan achitqilar fakultativ anaeroblardir. Achitqilar ostki va ustkilarga ajraladi. Ostki achitqilar 4–10°C da yaxshi bijg'itsa, ustki achitqilar 18–30°C da yaxshi rivojlanadi.

Spirtli bijg'ish jarayonida ajraladigan energiya miqdori nafas olishdagiga nisbatan 24–25 marta kam bo'ladi:



$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 116\ kJ$$



$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2810\ kJ$$

Achitqilar uchun aerob sharoit zarur bo'lsa, spirt, pivo, vino olishda anaerob sharoit bo'lishi kerak.

Odatda, kislorod yetarli bo'lgan sharoitda ham achitqilar bijg'ish jarayonini olib bora oladilar. Agar kislorod miqdori oshirilsa, bijg'ishdan tashqari, nafas olish jarayoni ham boradi, buni aerob va anaerob sharoitda C_2H_5OH va CO_2 ning nisbatidan ko'rish mumkin.

CO_2 ning C_2H_5OH ga bo'lgan nisbati:

$CO_2 : C_2H_5OH$ (yaxshi aeratsiya)	$CO_2 : C_2H_5OH$ (yomon aeratsiya)
100 : 66	100 : 105
100 : 68	100 : 108
100 : 67	100 : 90

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, aeratsiya yaxshi bo'lganda spirt miqdori 30% kam bo'lar ekan. Spirtli bijg'ish jarayonida 15% spirt to'plangandan so'ng bijg'ish to'xtaydi, chunki spirt achitqilarni zaharlaydi. Spirtli bijg'ish jarayonida ishtirok etadigan fermentlar kompleksi zimaza deyiladi.

A.H.Lebedev (1911-y.) achitqilarni termostatda 25–30°C da o'stirgandan keyin 2 soat suv bilan yuvib, achitqi shirasidan fermentlarni ajratib olishga muvaffaq bo'lgan. Rus olimlaridan L.A.Ivanov, S.P.Kostichev, A.H.Lebedevlar spirtli bijg'ish jarayonining ximizmini o'rganishgan va quyidagilarni aniqlashgan: spirtli bijg'ish jarayoni ko'p bosqichli jarayondir. Xuddi nafas olish jarayoniga o'xshab, glukoza molekulasi gidrolitik parchalanish reaksiyalari natijasida pirouzum kislotaga aylanadi. Shu reaksiyalar anaerob sharoitda boradi. Keyin nafas olish va bijg'ish jarayonlari bir-biridan ajralib, turlicha yo'l bilan ketadi. Buni S.P.Kostichev ishlarida ko'rish mumkin.

Bijg'ish va nafas olish jarayonlari o'rtasidagi uzviy bog'lanishni ifodalaydigan sxema quyidagichadir: spirtli bijg'ish jarayonida hosil bo'lgan pirouzum kislotadan C_2H_5OH va CO_2 hosil bo'ladi. Bu reaksiyalar ikki bosqichda boradi. Avval pirouzum kislotadan CO_2 ajraladi va sirka aldegidi hosil bo'ladi:

$$CH_3COCOOH \xrightarrow{\text{karboksiloza fermenti}} CO_2 + CH_3CHO$$

So'ngra sirka aldegidi vodorod ishtirokida qaytarilib, etil spirtga aylanadi:

$$CH_3CHO + NAD \cdot H_2 \xrightarrow{\text{alkogoldegidrogeneza}} CH_3CH_2OH + NAD$$

Kostichev fikriga ko'ra, etil spirti yuqoridagi reaksiyaga muvofiq hosil bo'lishi, yoki kanitsaro reaksiyasiga muvofiq, 2 molekula sirka aldegidi suv ishtirokida etil spirti va sirka kislotasiga aylanishi mumkin:

$$2CH_3CHO + H_2O \rightarrow CH_3CH_2OH + CH_3COOH$$

Spirtli bijg'ish jarayonida qo'shimcha mahsulotlar sifatida qahrabo kislota, sivush moylari ham hosil bo'ladi. Agar achitqilar o'sayotgan muhitda aminokislotalar ortiqcha bo'lsa, sivush moylari hosil bo'ladi:

$$RCH \cdot NH_2COOH + H_2O = RCH_2OH + NH_3 + CO_2$$

Spirtli bijg'ish jarayoni oziq-ovqat sanoatida muhim ahamiyatga ega.

Spirtli bijg'ish uchun turli mahsulotlardan foydalanish mumkin:

1) tarkibida kraxmal bo'lgan mahsulotlar (bug'doy, arpa, javdar, makkajo'xori, kartoshka);

2) tarkibida shakar bo'lgan mahsulotlar (lavlagi, shakar patokasi);

3) yog'och qipig'iga HCl va H_2SO_4 bilan ishlov beriladi, qipiq shakarga aylanadi, keyin bu mahsulotga nitrat, fosfat tuzlari va vino achitqilaridan qo'shiladi. 1 m^3 qipiqdan 158 litr metil spirti olinadi;

4) hozirgi vaqtda spirt sintetik yo'l bilan etilen gazidan olinmoqda:

$$C_2H_4 + H_2O \rightleftarrows CH_3CH_2OH.$$

Spirtli bijg'ish jarayonining mohiyati shundan iboratki, bunda hosil bo'lgan energiya ATF da to'planadi va zarur bo'lganda, hujayra undan foydalanadi.

Sut-kislotali bijg'ish. Sut kislotali bijg'ish jarayonini quyidagi avlodlarga mansub bo'lgan bakteriyalar amalga oshiradilar: *Lactobacillus, Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus.* Ularning morfologik tuzilishi xilma xildir: tayoqchasimon va sharsimonlari uchraydi; ular harakatsiz, sporalar hosil qilmaydi, grammusbat, pigmentsiz; ko'pchiligida katalaza va sitoxrom tizimi yo'q, ammo

bulardan istisnolari ham uchrab turadi. Ba'zi bir kulturalar sporalar hosil qiladi va katalaza faolliklariga ham ega bo'ladi. Sut achituvchi bakteriyalar bir-birlaridan o'stiruvchi moddalarga, aminokislotlarga, vitaminlarga bo'lgan ehtiyojlari bilan farq qiladilar va shuning uchun ham bu guruh bakteriyalarning alohida vakillari indikatorli bakteriyalar sifatida ishlatiladi. Bu bakteriyalarni birlashtirib turuvchi asosiy xususiyati – ularning bijg'ish jarayonlarining bosh mahsuloti sifatida sut kislotasi hosil qilishidir.

Gomofermentativ va geterofermentativ bijg'ish jarayonlari ma'lum. Bunday ajratish uglevodlarning parchalanishida tubdan farq qiluvchi yo'llar borligini ko'rsatadi.

Gomofermentativ bijg'ish. Bu jarayon unda bijg'ishning yakkayu-yagona mahsuloti sifatida sut kislotasi hosil bo'lishi bilan xarakterlanadi. Bu reaksiyaning umumiy ko'rinishi quyidagicha:

$$C_6H_{12}O_6+2F_N+2ADF \rightarrow CH_3CHOHCOOH+2ATF+2H_2O$$

Bunda mahsulotning hosil bo'lishi 98% gacha yetadi. Bunday yuqori ko'rsatkich karbon suvlarning bijg'ish jarayoni modda almashinuvi jarayoni bilan deyarli bog'liq emasligidan dalolat beradi. Karbon suvlar konstruktiv modda almashinuvda juda ham kam miqdorda ishlatiladi yoki butunlay ishlatilmaydi.

Geterofermentativ bijg'ish. Geterofermentativ bijg'ish jarayonida nafaqat sut kislotasi, balki pirouzum kislotasiga biogenetik aloqador bo'lgan boshqa, bir-birlariga yaqin birikmalar: sirka kislotasi, etanol va h.k. hosil bo'ladi.

Geterofermentativ bijg'ish jarayonini olib boruvchi bakteriyalar glukozani parchalashning dastlabki bosqichini pentozofosforli yo'l orqali amalga oshiradi. Ularda fruktozabisfosfataldolaza va triazofosfatizomeraza fermentlari yo'q. Reaksiyaning ketish yo'llarini aniqlovchi moddalardan biri pentozafosfat yo'lining mahsuloti bo'lgan ribuloza-5-fosfatdir. Bu birikma epimeraza fermenti ta'sirida

ksiluloza-5-fosfatga aylanadi, hosil bo'lgan bu modda esa pentozafosfat ketolaza fermenti ta'sirida 3-fosfoglitserin aldegid va asetilfosfatga parchalanadi. 3-fosfoglitserin aldegidining keyingi o'zgarishlari xuddi sut kislotali bijg'ishning gomofermentativ yo'lidagidek amalga oshadi.

Gomofermentativ bijg'ish jarayonida 1 mol bijg'igan glukozadan ikki mol ATF hosil bo'lsa, geterofermentativ yo'l orqali 1 mol ATF hosil bo'ladi.

Geterofermentatsiya jarayonini olib boruvchi bakteriyalar yordamida 3 molekula fruktoza bijg'itilganda, laktat, asetat, CO_2 va mannitol hosil bo'ladi:

$$\text{fruktoza} \rightarrow \text{laktat} + \text{asetat} + \text{mannitol} + CO_2.$$

Bu reaksiya mannitoldegidrogenaza fermenti tomonidan amalga oshirilib, unda fruktoza mannitgacha qaytariladi.

Sut kislotasini bijg'ituvchi bakteriyalar katta amaliy ahamiyatga egadir. Ular sterilizatsiya qilinmagan sutlarda doimo uchraydi va ma'lum o'zgarishlar natijasida sutning achishiga olib keladi. Iqlimga qarab, sutga har xil sut bakteriyalari tushishlari mumkin. Shimoliy mintaqalarda sutda *Streptococcus lactis*, janubda esa *Lactobacillus caucasicus* va *Lactobacillus bulgaricus* ko'proq uchraydi.

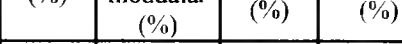
Sut kislotali bijg'ish natijasida ko'plab mahsulotlar tayyorlanadi: smetana, kefir, qimiz, tvorog, qatiq va h.k.

Sut achituvchi bakteriyalar pishloq ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi, ular sabzavotlarni tuzlashda, somon, makkajo'xori, g'o'zapoya va boshqa o'simliklar qoldiqlarini siloslashda ham keng qo'llaniladi.

Karamni kislorodsiz sharoitda achitilganda, sut kislotali bakteriyalar tez rivojlanib ketadi, dastlab *Leuconastoc,* keyin esa *Lactobacillus plantarum* rivojlanadi.

Sut-kislotali bijg'ish jarayoni tabiatda keng tarqalgan. Bu jarayon tirik organizmlar asosida borishini birinchi bo'lib (1860-y.)

Lui Paster aniqlagan. Sut-kislotali bijg'ish jarayonida turli shakarlar: sut shakari (laktoza), maltoza, saxaroza va boshqalar anaerob sharoitda bijg'iydi va muhitda sut kislota hosil bo'ladi:



$$C_6H_{12}O_6 \rightleftarrows 2CH_3CHOHCOOH + 75\ kJ.$$

Bakteriyalar hatto pentozalarni ham bijg'ita oladilar.

2-jadval

Sutning tarkibi (G.S.Inixov ma'lumotlari bo'yicha)

Sut	Yog'lar (%)	Kazein (%)	Albumin va boshqa moddalar (%)	Sut shakari (%)	Quruq moddalar (%)	Kul (%)	Solishtirma og'irligi (mg)
Sigir suti	3,1-4,5	2,8	0,7	4,7	13	0,75	1,032
Ayol suti	3-4,5	1,5	0,4	6,50	–	–	1.036
Biya suti	2,09	1,3	0,36	6,55	10,6	0,32	1.035
Echki suti	4,48	4,97	1,18	4,30	9,0	0,93	1,036

Yangi sog'ilgan sut tarkibida ko'p miqdorda mikroorganizmlar uchraydi, ayniqsa dastlabki porsiyada mikroorganizmlar soni ko'p bo'ladi.

Yangi sog'ilgan sut tarkibidagi mikroorganizmlar soni:

dastlabki porsiyada – 1 sm^3 da 16000 bakteriya;

o'rta porsiyada – 1 sm^3 da 480 bakteriya;

oxirgi porsiyada – 1 sm^3 da 960 bakteriya bo'ladi.

A.F.Voytkovich sut ma'lum muddat saqlanganda bakteriyalar quyidagicha o'zgarishini aniqlagan:

– 1-fazada chirituvchi bakteriyalar ko'paygan.

– 2-fazada hosil bo'lgan sut kislota chirituvchi ;bakteriyalarning ko'payishiga to'sqinlik qilgan;

– 3-fazada sut kislota ichak tayoqchasining ko'payishiga to's-qinlik qilgan;

— 4-fazada ko'p miqdorda to'plangan sut kislota sut-kislotali bijg'ituvchi bakteriyalarga salbiy ta'sir eta boshlagan.

Sut kislotali bijg'ish jarayonidan kefir, prostokvasha, qimiz, pishloq tayyorlashda, sabzavotlarni tuzlashda, silos tayyorlashda, qora non pishirishda keng foydalaniladi.

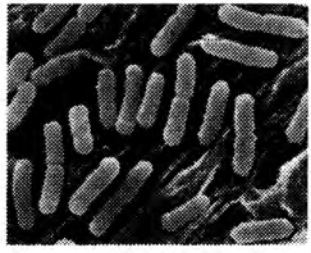
Sut kislotadan teri sanoatida, bo'yoqchilikda, kir yuvish kukunlarini ishlab chiqarishda, plastmassa olishda, farmakologiya va konditerlik sanoatlarida keng foydalaniladi.

Sut-kislotali bijg'ish jarayonida, fermentlar ta'sirida shakarlar murakkab o'zgarishlarga uchraydi. Birinchi bosqichlarda fosforlanish jarayonlari boradi, keyinchalik jarayon boshqacha kechadi, hosil bo'lgan fosfoglitserin aldegid ham oksidlanadi, ham qaytariladi va undan sut kislota hosil bo'ladi.

Demak, yuqorida aytilganidek, sut-kislotali bijg'ish jarayoni gomofermentativ (tipik) va geterofermentativ (tipik bo'lmagan)larga ajraladi. Gomofermentativ (tipik) bijg'ish jarayonida faqat sut kislota hosil bo'lsa, geterofermentativ bijg'ishda sut kislotadan tashqari sirka kislota, karbonat angidrid va etil spirti hosil bo'ladi.

Ichak tayoqchasi (*Bacterium coli*) geterofermentativ bijg'ish jarayonida ishtirok etadi (25-rasm).

Ba'zi vaqtlarda sut-kislotali bijg'ish jarayonida hosil bo'ladigan mahsulotlar, bakteriya va achitqilarning ishtirokida hosil bo'ladi. Bunday mahsulotlar tarkibida sut kislotadan tashqari spirt ham hosil bo'ladi, bunday mahsulotlarga qimiz va kefir misol bo'ladi. Kefir olish uchun tomizg'i sifatida kefir «donalari» qo'shiladi, bular tarkibida bakteriyalardan tashqari achitqilar ham bo'ladi. 1866-yilda shifokor Djogi kefir «donachalari» tarkibida *Bakterium cavcazicum*, *Streptococcus lactis* va achitqi zamburug'lari borligini birinchi bo'lib aniqlagan.



25-rasm. Bakterium coli.

3-jadval

Siloslash uchun ishlatiladigan o'simliklar va ular tarkibidagi shakar miqdori (A.A.Zubrilin, Y.N.Mishustin, V.A.Xarchenkolar ma'lumotlari bo'yicha)

O'simliklarning guruhlarga bo'linishi	O'simliklar	Shakar miqdori, quruq moddaga nisbatan, (%)	Haqiqiy shakar miqdori (quruq moddaga nisbatan, %)
Yaxshi siloslanadigan o'simliklar	Makkajo'xori	3,4–5,4	12,0–13,8
	Jo'xori	5,0	15,6–17,8
	Topinambur	4,0–9,4	19,1–23,5
	Kungaboqar	10,3–12,2	14,3–14,8
Qiyin siloslanadigan o'simliklar	No'xat	8,1	9,6
	Qashqarbeda	5,8–6,16	6,4–6,7
	Vika	4,3– 5,2	5,7–6,6
	Sebarga	4,5	5,7
Siloslanmaydigan o'simliklar	Beda	5,5	3,9
	Soya	4,7–6,0	3,3–4,4
	Kartoshka palagi	3,6	2,5

Qimiz tarkibida 2% spirt bo'ladi. Qimiz tayyorlash uchun biya suti alohida tomizg'i («kor», «qatiq») bilan achitiladi. Tomizg'ida sut kislota hosil qiluvchi bakteriyalar va achitqi zamburug'lari bo'ladi. Boshqa ichimliklar – kuranga, masun kabi ichimliklar ham sutdan shunday yo'l bilan tayyorlanadi (karam va bodring tuzlashda osh tuzidan qo'shiladi).

Silos tayyorlash. Sut kislotali bijg'ish jarayoniga asoslangan holda chorva mollari uchun sifatli silos tayyorlanadi. Yem-xashakni siloslash tipik va tipik bo'lmagan sut kislotali bijg'ish jarayoniga asoslaniladi. Bunda sut kislotadan tashqari sirka kislotasi hamda spirt hosil bo'ladi. Sut kislotasi hosil qiluvchi bakteriyalar ko'payishi uchun muhit anaerob bo'lishi zarur, ho'l silos vaznining 1,5–2%

miqdorida kislota to'planadi va chirituvchi bakteriyalar rivojlanishini cheklab qo'yadi. Siloslash uchun tarkibida shakar ko'p bo'lgan o'simliklar ishlatiladi (3-jadval).

? *Savollar*

1. Spirtli bijg'ish jarayonida qaysi mikroorganizm ishtirok etadi?
2. Spirtli bijg'ish jarayoni ximizmi qaysi omillarni o'rganadi?
3. Bijg'ish jarayoni bilan nafas olish jarayonining uzviyligini tushuntiring.
4. Spirtli bijg'ish jarayonining ahamiyatini tushuntiring.
5. Sut-kislotali bijg'ishda ishtirok etadigan mikroorganizmlar va ularning guruhlarini aytib bering.
6. Sut-kislotali bijg'ishning gomofermentativ va geterofermentativ hollarda borishi sabablarini izohlang.
7. Moy kislotali, pektinli moddalar va sellulozaning bijg'ish jarayonlari haqida gapirib bering.

3.11. Moy kislotali bijg'ish

Moy kislotali bijg'ish jarayoni tabiatda keng tarqalgan. Bu biologik jarayon ekanligini 1861-yilda Lui Paster isbotlab bergan. Jarayonni moy kislotali bijg'ituvchi bakteriyalar olib boradi. Tipik anaeroblar spora hosil qiladigan, vegetativ hujayralari duksimon, nog'ora (baraban) tayoqchasiga o'xshash, 1—5 nl uzunlikda bo'ladi. Bular tabiatda keng tarqalgan bo'lib, sut, pishloq, konservalarning sifatini buzadi, sabzavotlarni chiritadi va xalq xo'jaligiga katta zarar yetkazadi. Lekin ba'zi vakillari (*Clost. pasteurianum*) molekulyar azotni o'zlashtirib, tuproqni azotga boyitadi (26-rasm).

Tuproqda uchraydigan bakteriyalarning 90% i moy kislotali bijg'ish jarayonida ishtirok etuvchilar hisoblanadi. Ular turli uglevodlar, spirtlar, kislotalar, kraxmal, glikogen, dekstrinlarni ham

26-rasm. Clostridium pasteurianum.

bijg'ita oladi. Hosil bo'lgan moy kislota boshqa organizmlar uchun oziqa manbayi hisoblanadi. Moy kislota, moylar ba'zan murakkab bo'lib, oqsillar parchalanganda ham hosil bo'lishi mumkin. Oz miqdordagi moy kislotaning hosil bo'lishi ham oziqa mahsulotlarining sifatini buzadi. Moy kislotali bijg'ish jarayoni quyidagi reaksiyaga muvofiq boradi:

$$CH_{12}O_6 \rightleftarrows \underset{\text{moy kislota}}{CH_3CH_2CH_2COOH} + 2CO_2 + 2H_2O + 20 \text{ kkal}$$

Moy kislotali bijg'ituvchi bakteriyalarning elektiv kulturasi uchun quyidagi sharoit zarur: anaerob muhit, shakar, oziqani 100° gacha isitish va unga ozgina tuproq qo'shish kifoyadir. Oziqa isitilganda undan kislorod chiqib ketadi va anaerob sharoit vujudga keladi, bu oziqadan ko'p miqdorda idishga solinadi va 30°C li termostatda yoki issiq xonada o'stiriladi.

Pektinli moddalarning bijg'ishi. Tabiatda keng uchraydigan bijg'ishlardan biri pektinli va selyulozali bijg'ishdir. Pektin o'simliklar to'qimasida ko'p miqdorda bo'lib, hujayralarni bir-biri bilan biriktirib turadi. Pektin juda murakkab birikma bo'lib, suvda erimaydi, kislotali muhitda kislota va uglevodlarga parchalanadi. Pektin kislotani ba'zi bakteriyalar, mog'or zamburug'lari, aktinomitsetlar va boshqa mikroorganizmlarda uchraydigan pektinaza, propektinaza va pektaza fermentlari parchalaydi:

$$1)\ \underset{\text{pektin}}{C_{46}H_{68}O_{40}} + 10H_2O \rightleftarrows \underset{\text{galakturon kislota}}{4CHO(CHOH)_4COOH} + \underset{\text{galaktoza}}{C_6H_{12}O_6} +$$

$$+ \underset{\text{arabinoza}}{C_5H_{10}O_5} + \underset{\text{ksiloza}}{C_5H_{10}O_5} + \underset{\text{sirka kislota}}{2CH_3COOH} + \underset{\text{metil spirt}}{2CH_3OH}$$

So'ngra uglevodlarni bakteriyalar anaerob sharoitda bijg'itadilar:

2) $C_6H_{12}O_6 \rightleftarrows CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2 + X$ kkal
galaktoza moy kislota

$C_5H_{10}O_5 \rightleftarrows CH_3CH_2CH_2COOH + CO_2 + H_2 + X$ kkal.

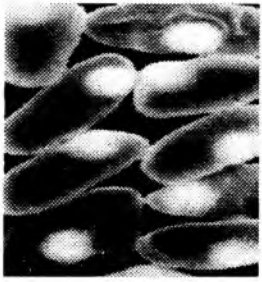
Pektinli bijg'ish jarayoniga asoslanib, tolali o'simliklardan tola ajratib olinadi. Bunda shudringli usul va suvda ivitish usullari qo'llaniladi. Suvda ivitilganda zig'ir, kanop va boshqa tolali o'simliklar betonlangan hovuzlarda 25°C da ko'p miqdordagi suvga botirib qo'yiladi. Dastlab ko'p miqdorda ko'pik hosil bo'ladi, keyin pektinli bijg'ish boshlanadi va tola oson ajraladi. Jarayon anaerob sharoitda yashaydigan spora hosil qiluvchi *Clostridium pectinovorum* bakteriyasi ishtirokida boradi.

Shudringli usulda ivitishda tolali o'simliklar kuzda yerga bir tekis yoyiladi va bijg'ish aerob usulda, zamburug'lar ishtiroki bilan boradi. Pektinli bijg'ishda ishtirok etadigan bakteriyalar 1895-yili S.N.Vinogradskiyning laboratoriyasida Fribes tomonidan ochilgan va *Clost. felsineum* deb nomlangan. Keyinchalik Beyerink uni *Granulobacter pectinovorum* deb atagan, chunki u granulyozaga xos bo'lgan (yod ta'siridan ko'karish) reaksiyani bergan. Hozirda *Clostridium* avlodiga kiritiladi. 1916-yili yana bir vakil – *Clost felsineum* ham ma'lum bo'ldi.

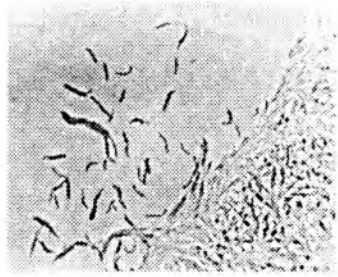
Sellulozaning anaerob yo'l bilan bijg'ishi. Sellulozaning anaerob yo'l bilan bijg'ishini V.L.Omelyanskiy aniqlagan. Uni parchalaydigan bakteriyalar anaerob sharoitni talab qiladi. Bakteriyalar nog'ora tayoqchasiga o'xshash spora hosil qiladi. Ulardan biri sellulozani moy kislotali bijg'ishga o'xshash bijg'itadi, sirka kislota, karbonat angidrid va metan hosil qiladi.

Ikkinchi bakteriya esa metan o'rniga vodorod hosil qiladi.

Birinchi bakteriyani Omelyanskiy *Bac. cellulosae hydrogenicus* deb atagan. Bu bakteriya 10–12 nm uzunlikdagi spora hosil qiladi



27-rasm. Bacillus cellulosae.



28-rasm. Spirohaeta sytoophaga.

va hujayrasi nog'ora cho'piga o'xshab ketadi. Ikkinchi bakteriya *Bac. cellulosae methanicum* maydaroq spora hosil qiladi va ko'rinishi nog'ora cho'piga o'xshab ketadi.

Metanli bijg'ishda ko'p miqdorda CO_2, CH_4 va sirka kislota hosil bo'lsa, moy kislota esa kam hosil bo'ladi. Ikkinchi vodorodli bijg'ishda CO_2 va H_2 kam hosil bo'lsa, moy va sirka kislota ko'proq hosil bo'ladi. Bundan tashqari, chumoli va valerian kislotalar ham hosil bo'ladi. Hozirgi vaqtda faqat bitta bakteriya — *Bac. Omelianskii* sellulozaning bijg'ishida ishtirok etishi ma'lum bo'ldi. Sellulozani anaerob yo'l bilan parchalovchi bakteriyalar suv havzalarining cho'kindilarida ko'p uchraydi. Tuproqda sellulozani parchalashda zamburug'lar, aktinomitsetlar, aerob bakteriyalarning ayrim turlari ishtirok etadi.

Sellulozaning aerob yo'l bilan parchalanishi. Sellulozaning aerob yo'l bilan parchalanishida ko'pgina bakteriyalar, aktinomitsetlar va zamburug'lar ishtirok etadi. Odatda, selluloza parchalanganda shakarlar, yuqori molekulali organik kislotalar hosil bo'ladi. Oraliq mahsulotlar sifatida esa oksikislotalar hosil bo'ladi. Ulardan azotobakter va *Clostridium* avlodiga mansub bakteriyalar oziqa sifatida foydalanadilar. Azotobakter va klostridium tabiatda keng tarqalgan bo'lib, 1929-yili S.N.Vinogradskiy tomonidan aniqlangan. Petri kolbchasiga mineral tuzlar aralashmasida ho'llangan filtr qog'oz

qo'yiladi va ozgina tuproq qo'shiladi. Unda (zangori, yashil yoki kulrangli) koloniyalar hosil bo'lsa va filtr qog'ozini yemirishi kuzatilsa, unda bu holat sellulozani parchalovchi bakteriyalar borligini ko'rsatadi. Vinogradskiy sellulozani parchalaydigan va spora hosil qilmaydigan aerob bakteriyalar borligini ham aniqlagan.

1) *Spirohaeta sytoophaga* – uchlari biroz qayrilgan, selluloza uni uchun zarur oziqa hisoblanadi;

2) *Cellovibrio* – uchi biroz qayrilgan, uzun tayoqchasimon bakteriya;

3) *Cellofacicula* – uchi qayrilgan, kalta tayoqchasimon mikrob.

Bu mikroblar ta'sirida selluloza tez parchalanadi. Bulardan tashqari, sellulozani aktinomitsetlar, penitsillium, trixoderma, aspergillus kabi mog'orlar va boshqa aerob mikroblar ham parchalashi mumkin.

Selluloza parchalanishining odam hayoti uchun foydali va zararli tomonlari bor. Foydali tomoni shundaki, u yerning unumdorligini oshiradi. Bundan tashqari, sellulozani parchalaydigan mikroblar o'txo'r hayvonlarning ovqat hazm qilish jarayonida muhim rol o'ynaydi, dag'al xashaklarning hazm bo'lishini osonlashtiradi. Lekin zararli tomoni shundaki, qog'oz va yog'ochning sifatini buzadi, ayniqsa *Merulius* avlodiga mansub zamburug'lar qurilishga katta zarar yetkazadi.

Propion kislotali bijg'ish. Propion kislotali bijg'ish *Propionbacterium* avlodiga mansub bakteriyalar tomonidan amalga oshiriladi. Bu bakteriyalar grammusbat, harakatsiz, tayoqchasimon bo'lib, spora hosil qilmaydilar va anaerob mikroorganizmlar safiga kirsada, kislorodli, past bosimda ham rivojlanib, ko'paya oladilar. Ular uchun energiya manbayi bo'lib karbonsuvlar, organik kislotalar, spirtlar va boshqa metabolitlar xizmat qiladilar.

Bu bakteriyalardan tashqari propion kislotasini, shuningdek, *Selenomonas* va *Micromonospora* va boshqa avlodga mansub bakte-

riyalar ham sintez qila oladilar. Shulardan biri *Micrococcus lactilyticus* bakteriyasidir. Ular anaerob sharoitda glukoza, saxaroza, laktoza va pentozalarni, hamda laktat, malat, glitserin va boshqa substratlarni bijg'itib, propion kislota hosil qila oladilar.

Propion bakteriyalar ishtirokida shakarlarni parchalashning pirouzum kislotasigacha bo'lgan bosqichi Embden-Meyergof sxemasi asosida o'tadi. Bijg'ishning boshlang'ich mahsuloti bo'lib, sut kislotasi ham bo'lishi mumkin. Bu holatda reaksiya laktat-degidrogenaza fermenti ishtirokida amalga oshadi va natijada pirouzum kislotasi hosil bo'ladi. Keyin piruvat biotin-CO_2 kompleksi ishtirokida metilmalonil-KoA-karboksitransferaza fermenti yordamida karboksillanadi va aksaloasetatga aylanadi, keyin malat va fumarat orqali suksinatgacha qaytariladi.

Bunda fumaratreduktaza fermenti ATF ning regeneratsiyasida ishtirok etadi. Undan keyin suksinat suksinil-KoA-transferaza fermenti ishtirokida KoA ga bog'lanadi, oqibatda suksinat faollashadi. Suksinil-KoA metilmalonil-KoA-mutaza fermenti ta'sirida va koferment B_{12} ishtirokida metilmalonil-KoA ga aylanadi. Mana shu oraliq mahsulotdan CO_2 ajralib chiqadi. Natijada propionil-KoA hosil bo'ladi, CO_2 esa jarayonning dastlabki bosqichida faoliyat ko'rsatayotgan metilmalonil-KoA-karboksitransferaza fermentiga bog'lanadi. Propionil-KoA dan KoA-transferaza fermenti KoA ni suksinatga o'tkazganligi oqibatida propionat hosil bo'ladi.

Reaksiya muhitida propion kislotasi bilan bir vaqtda sirka kislotasi (u piruvatdan hosil bo'ladi) ham to'planadi. Bijg'ish jarayoni mo'tadil holatda o'tganda propion kislotasining sirka kislotasiga nisbati 9:1 ni tashkil etadi.

Propion kislotali bakteriyalarga xos bo'lgan biokimyoviy xususiyatlardan biri ularning tiamin, biotin va pantoten kislotasini sintez qila olmasliklaridir. Ma'lumki, bu moddalar bijg'ish jarayonini ta'minlovchi ferment tizimining faoliyat ko'rsatishi uchun eng

kerakli moddalar hisoblanadilar. Bakteriyalar uchkarbon kislotasi halqasiga kiruvchi barcha fermentlarni hamda elektron-transport zanjiriga kiruvchi komponentlarni (degidrogenazalar, nogeminli temir, metaxinon va sitoxromlarni) saqlaydilar. Shuning uchun ham substratni fosforlashdan tashqari, bakteriyalar sitoxromdan elektronlarni ko'chirib fumaratga o'tkazuvchi va fumarat hosil qiluvchi, oksidlanib, fosforlantirish xususiyatiga ham ega.

Propion kilotali bakteriyalardan tashqari, bunday yo'l bilan bijg'ish jarayonini *Veilonella alcalescens* va *Selenomonas ruminantium* ham amalga oshirishi mumkinligi kuzatilgan.

3.12. Yog' kislotali va aseton butilli bijg'ish (*Clostridium* avlodiga mansub bakteriyalar qo'zg'atuvchi bijg'ish jarayonlari)

Clostridium avlodiga mansub, spora hosil qiluvchi bakteriyalar har xil bijg'ish jarayonlarini amalga oshiradilar. Ularning barchasi anaerob sharoitda amalga oshadi. Kislorodli muhitda (ba'zi bir holatlardan tashqari) bu bakteriyalar o'smaydilar. Kislorodning zaharli ta'siri bu bakteriyalarda sitoxromlar va katalazaning yo'qligi hamda flavinli fermentning ko'pligi bilan tushintiriladi. Ma'lumki, flavinli fermentlar substratdan vodorodni kislorodga tashib o'tkazadilar va perekis hosil qiladilar. Ular esa zaharli miqdorda to'planadilar. Bakteriyalarning turlariga qarab bijg'ishning har xil mahsulotlari to'planadi:

– *Clostridium butyricum, C.pasterianum, C.pectinovarum* bakteriyalari bijg'ish jarayonida butirat, asetat va karbonat angidrid gazi hosil qiladi; jumladan:

– *Clostridium acetobutylicum, Clostridium butyricum* asosan butirat, asetat, aseton, butanol, vodorod va karbonat angidrid;

– *Clostridium kluyveri* – kapronat, butirat va vodorod;

– *Clostridium tetanomorphum* butirat, asetat, ammiak, karbonat angidrid va vodorod;

– *Clostridium acidiurici* – asetat, formiat va karbonat angidrid hosil qiladi va h.k.

Mahsulotlarning miqdori, ko'proq, bijg'ish jarayoni kechadigan sharoitga bog'liq bo'ladi.

Bijg'ish jarayonida mahsulotlarning hosil bo'lishida muhitning pH ko'rsatkichi katta rol o'ynaydi. Muhitning pH ko'rsatkichi nordon tomonga o'zgarganda, n-butanol va aseton hosil bo'lishi kuchaysa, ishqoriy sharoitda sirka va moy kislotasi hosil bo'lishi kuchayadi.

Bu hodisa, nordon sharoitda aseton va n-butanol sinteziga javobgar bo'lgan asetatdekarboksilaza va butanoldegidrogenaza fermentlarining faolligi oshishi bilan tushintiriladi. Bijg'ish jarayoni ishqoriy muhitda sodir bo'lganda, masalan, muhitda $CaCO_3$ ko'p miqdorda bo'lganda mahsulotlarning bir-birlariga bo'lgan nisbati o'zgaradi.

Bijg'ishning dastlabki bosqichlarida glukozaning assimilyatsiyasi glukolitik yo'l bilan o'tadi. Asetil-KoA dan boshlab, bijg'ish tipiga qarab, metabolizm yo'llari ajraladi. Moy kislota hosil bo'lganda, asetil-KoA ikki molekulasining kondensatsiyasi (qo'shilishi) sodir bo'ladi va bu jarayon asetoasetiltransferaza fermenti ishtirokida asetoasetil-KoA hosil bo'lishiga olib keladi. Asetoasetil-KoA NAD H hisobidan qaytariladi. Bu reaksiyani r-gidrooksibutiril-KoA-degidrogenaza fermenti amalga oshiradi va natijada r-gidro-oksibutiril-KoA hosil bo'ladi va undan krotonaza fermenti yordamida suv ajralib chiqadi. Krotonil-KoA butiril-KoA-degidrogenaza fermenti ta'sirida butiril-KoA gacha qaytariladi. Butiril-KoA dan KoA-transferaza fermenti yordamida KoA asetatga o'tishi mumkin. Shunday bo'lgan sharoitda moy kislotasi ajralib chiqadi.

Asetil-KoA dan fosfotransasetilaza va asetatkinaza fermentlari ishtirokida bo'sh holda asetat olinishi mumkin, bu esa ADF dan ATF sintez bo'lishi bilan birga kuzatiladi.

Toza moy kislotali bijg'ish jarayonida piruvatning oksidlanishida hosil bo'ladigan kislorod gazsimon ko'rinishda ajraladi. Bunday glukoza quyidagi tenglama asosida bijg'iydi:

$$\text{Glukoza} \rightarrow \text{butirat} + 2CO_2 + 2H_2$$

O'tgan asrda, aseton va n-butanolni bijg'ish yo'li bilan sanoat miqyosida tayyorlash juda katta ahamiyatga ega bo'lgan. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, bu ikki mahsulotning metabolik yo'li bir-biriga juda ham yaqindir. Asetoasetatni dekarboksillash natijasida aseton hosil bo'ladi, bunda butiratga qaytarilish jarayonida ikki marotaba 2[H] qo'shilish imkoniyatiga ega bo'lgan vodorodning potensial akseptori yo'qoladi. Bunday holatda vodorodning akseptori bo'lib butirat xizmat qiladi.

Butanolgacha qaytarilishi uchun butirat, dastavval, butirat-KoA ga aylanish yo'li orqali faollashishi kerak.

Klostridiylar bijg'ish jarayonida uglerod manbayi sifatida har xil substratlardan foydalanishlari mumkin. Shu maqsadda ishlatiladigan deyarli barcha shtammlar uchun eng yaxshi substrat bo'lib, monosaxaridlar (pentozalar va geksozalar), disaxaridlar va suvda eruvchi oligosaxaridlar hisoblanadi.

Ko'pchilik klostridiylar polisaxaridlarni (selluloza, gemitselluloza, kraxmal, pektin) ham faol parchalash qobiliyatiga egadirlar. Ba'zi bir klostridiylar uglerod manbayi sifatida nuklein kislotalarini va oqsillarni ham ishlata oladilar (faqatgina ular fermentativ parchalanganidan keyin). Shuni ham ta'kidlash lozimki, klostridiylar har xil kimyoviy tabiatga ega bo'lgan moddalarni, aynan etanol, glitserin, aminokislotalar, purin va pirimidin asoslari, mochevina, ksantin va boshqalarni bijg'itishlari ham mumkin.

Klostridiylarning ba'zi bir vakillari faol azotfiksatsiya qilish xususiyatiga ham egadir. Shulardan biri *Clostridium pasterianum* dir.

Klostridiylar parchalaydigan substratlarning xilma xilligi ularni oksidlovchi va gidrolitik fermentlarga boy ekanligidan guvohlik

beradi. Ilmiy manbalarda selluloza fermentini sintez qiluvchi klostridiylarning ham mavjudligi haqida ma'lumotlar chop etilgan.

Chumoli kislotali bijg'ish. Ichak mikroflorasining ba'zi bir namoyondalari chumoli kislotali bijg'ish jarayonini amalga oshirishlari ham mumkin. Ba'zi hollarda bu jarayon aralashgan bijgish ham deb yuritiladi, chunki bunda chumoli kislotasidan tashqari boshqa moddalar, chunonchi, organik kislotalar, spirtlar hosil bo'lishi mumkin. Bu jarayonni amalga oshiruvchi bakteriyalar *Enterobacteriaceae* oilasiga birlashgan bo'lib, ular grammanfiy, fakultativ anaeroblardir. Enterobakteriyalar orasida yaxshi o'rganilganlari quyidagilardir: *Escherichia coli, Proteus vulgaris, Aerobacter (Euterobacter) aerogenus* va *Salmonella.*

Bu bakteriyalar ichakdan tashqari, tuproqda va suvda ham uchraydi. Ma'lum sharoitda ularning deyarli barchasi patologik ta'sirga egaliklari bilan xarakterlanadi.

Chumoli kislotali bijg'ish jarayonida karbon suvlarning metabolizmi asosan fruktozabisfosfat yo'li orqali amalga oshsada, karbon suvlarning unchalik ko'p bo'lmagan qismi pentozafosfat yo'li orqali o'zgaradi. Chumoli kislotali bijg'ish natijasida chumoli, sut, sirka. yantar kislotalari, etanol, glitserin, aseton, 2,3-butilenglikol, karbonat angidrid gazi va vodorod hosil bo'ladi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan barcha kulturalar o'ziga xos bo'lgan metabolik asoslarga ega.

Gomoasetatli bijg'ish. Klostridiylar (*Clostridium thermoaceticum, C.formicoaceticum, C.acidiurici*) va ba'zi bir boshqa kulturalar oksidlanishning dastlabki bosqichlarida CO_2 tegishli substratlardan ajralgan vodorod bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$8[H] + 2CO_2 \rightarrow CH_3COOH + 2H_2O$$

Klostridiylar shakarni asetatgacha fruktozabisfosfat yo'li orqali oksidlaydi va shunday qilib, 1 mol geksozadan 3 mol asetat sintez

bo'ladi. Piruvatning parchalanishi hisobidan ajralib chiqqan karbonat angidrid gazining katta bir qismi vodorodning akseptori rolini o'ynaydi, natijada u asetatgacha qaytariladi.

Geksozalar klostridiylarga xos bo'lgan fruktozabisfosfat yo'li bilan piruvatgacha oksidlanadi. Keyin esa piruvat, fermentativ yo'l bilan (piruvat ferredoksin-oksidoreduktaza, fosfotransasetilaza va asetatkinaza fermentlari yordamida) asetatga va karbonat angidrid gaziga parchalanadi. Karbonat angidridi vodorod akseptori sifatida ishlatiladi va qisman formiatgacha qaytariladi.

Bijg'ishning alohida tipini olib boruvchi mikroorganizmlarni tanlash an'anaviy seleksiyaning asosiy usuli bo'lgan: «kerakli metabolitni ko'proq sintez qiluvchi mikroorganizm tanlash» asosida olib boriladi.

Hozircha bunday mikroorganizmlarni gen-muhandislik usullari asosida modifikatsiya qilish bo'yicha yangi strategiyalar ishlab chiqilgani yo'q. Bunga bir necha sabablar mavjud:

birinchidan, har qanday tipdagi bijg'ish jarayoni ximizmi qaysi fermentlarning yetishmovchanligini to'ldirish darajasida chuqur o'rganilmagan;

ikkinchidan, anaerob kulturalar hosil qiluvchi fermentlar spektri to'liq o'rganib chiqilmagan;

uchinchidan, ba'zi bir tipga kiruvchi bijg'ish jarayonlarida qatnashuvchi mikroorganizmlarning o'sish sharoitini chuqurroq o'rganishni talab qiladi va h.k.

Shunday qilib, nazariy va amaliy jihatlardan juda ham muhim bo'lgan masala — har xil tipdagi bijg'ish jarayonini olib boruvchi mikroorganizmlarni genetik modifikatsiya qilish masalasi hozircha o'rganish bosqichida turibdi. Hech shubha yo'qki, bijg'ish jarayonini olib boruvchi shtammlarning katta tijoriy ahamiyatga ega ekanligi bu yo'nalishni jadal olib borilishiga asos bo'lib xizmat qiladi.

Metanli bijg'ish. Barcha turdagi bijg'ish jarayonlari organik moddalarni turli toksonomik guruhga mansub bo'lgan mikroorganizmlar tomonidan o'ziga xos bo'lgan o'zgarishlarga uchratish sifatida namoyon bo'ladi. Yuqorida keltirib o'tilganlardan tashqari, tabiatda o'zining miqdori, doirasi, unda qatnashadigan mikroorganizmlarning xilma xilligi bilan boshqalardan tubdan farq qiladigan yana bir jarayon borki, u ham bo'lsa metanli bijg'ish jarayonidir.

Metanli bijg'ish – har xil mikroblar to'plami (assotsiatsiyasi)ning ta'siri natijasidir. Bu jarayonda organik material (lignin bundan mustasno) chuqur o'zgarishga uchraydi va oqibatda metan, karbonat angidridi va boshqa mikrob mahsulotlari hosil bo'ladi. Sharoitga ko'ra (termofill, mezofill, psixrofill), u juda uzoq davom etadigan jarayondir. Bunda tirik bo'lmagan organik substansiyalar (o'simlik va hayvon biomassalari) oddiy komponentlarga parchalanadilar.

Metan hosil qiluvchi arxebakteriyalar uchun bijg'uvchi materiallar tayyorlash dastlabki mahsulotlarga yaxshilab ishlov berishni taqozo qiladi. Aerob va anaerob mikrooorganizmlar ishtirokida kechadigan bu jarayon shunchalik murakkab, ko'p bosqichli va ko'p komponentliki, uni boshqarish mumkin emas. 1960-yillardan boshlab, organik birikmalardan anaerob sharotda mikroorganizmlar yordamida biogaz ishlab chiqarishga alohida e'tibor berilib kelinmoqda.

Metanli bijg'ish natijasida organik birikmalarning transformatsiyasi sodir bo'lib, ulardan metan va karbonat angidrid gazi paydo bo'ladi. Oqibatda, organik birikmalarning molekulalari kimyoviy bog'larida yig'ilgan energiya metan molekulasining kimyoviy bog'larida to'planadi. Bu jarayon metanogenez deb atalib, anaerob arxebakteriyalar (metanogenlar) tomonidan amalga oshiriladi. Hosil bo'ladigan gazdagi metanning solishtirma miqdori 70–80% ni tashkil etadi, undagi karbonat angidrid esa 20–30% ga

teng. Gazlarning aralashmasi 1% atrofida H_2S (oltingugurt kislotasi) va juda kam miqdorda ammiak ham saqlaydi. Metanogenezning suvda erimaydigan qismi ko'plab bakteriyalar assotsiatsiyasi hosil qilgan biomassadir. Biomassa organik azotga boy bo'lganligi uchun ham yuqori sifatli o'g'it sifatida ishlatiladi.

Metanli bijg'ish boshqa bijg'ish turlariga nisbatan keng tarqalgan tabiiy jarayondir. Bunga sabab jarayonning aerob sharoitda ham o'tishidir.

U quyidagicha o'tadi: ko'pgina organik birikmalarning yuzalarida yupqa qobiq hosil bo'ladi, ichida esa metanli bijgish jarayoni uchun zarur bo'lgan anaerob sharoit paydo bo'ladi. Bunday substratlarga barcha xildagi o'simlik materiallari, jumladan, chirigan va chiriyotgan, ko'p yillik va bir yillik o'simliklar, hayvon biomassalari ham kiradi.

Metanli bijg'ish uchun istiqbolli mahsulotlarga, ayniqsa, qishloq xo'jalik chiqindilari, xususan, o'simlik, mikrobiologiya sanoati chiqindilari, suv o'tlarining biomassalari va oziq-ovqat hamda yengil sanoat chiqindilari va boshqalar kiradi. Mana shulardan kelib chiqqan holda metanogenezning ahamiyati nafaqat noan'anaviy energiya ishlab chiqarish, balki sanitariya-ekologiya muammolarini hal qilish bilan ham bog'liqdir.

Ammo metanli bijg'ish jarayonining foydasi shular bilan chegaralanmaydi. Bijg'igan biomassa (metan saqlamagan) yuqori sifatli bioo'g'it ham bo'lib xizmat qiladi. Masalan, go'ng aerob sharoitda parchalanganda uning tarkibidagi 50% azot yo'qoladi (issiqlik chiqishi bilan birga), ammo o'sha go'ng metanogenez orqali parchalanganda (anaerob sharoitda) uning tarkibidagi barcha azot biomassada to'planib, o'simlik uchun yengil singdiriladigan holatga o'tadi. Bundan tashqari, anaerob sharoitda yig'ilgan biomassa tuproqning unumdorligini tiklovchi gumus moddasiga ham boydir. Metanogenez mahsulotlaridan kompleks foydalanish nafaqat samarali, balki yuqori rentabelli jarayon hisoblanadi.

Organik moddalarni anaerob sharoitda o'zgartirilganda, ularning sterilizatsiyasi va bijg'iydigan massaning detoksikatsiyasi amalga oshadi, patogen mikroblar, gelmentlarning tuxumlari yo'qoladi, toksik xususiyatga ega bo'lgan moddalar metanogenez metabolitlariga aylanadilar.

Metanogenezning:

birinchi bosqichida, hujayradan tashqaridagi gidrolitik fermentlarning ta'siri hisobidan, bijg'uvchi massaning deyarli barchasi (lignindan tashqari) qisman parchalanadi. Metanli bijg'ishning bu bosqichida unchalik ko'p bo'lmagan miqdorda kislorod ishtirok etishiga ham ruxsat etiladi.

Ikkinchi bosqichda, fermentatsiya fazasida past molekulali shakarlar, asosan, monomerlar va boshqa organik birikmalar (polimer substratlarning fermentativ gidrolizidan hosil bo'lgan moddalar) n-butanolga, propanolga, etanolga, aseton va boshqa birikmalarga aylanadilar. Bu bosqichda kislorod jarayonni bo'g'ib qo'yadi, demak, uning ishtiroki butunlay mumkin emas.

Uchinchi bosqich, asetogen faza hisoblanadi va unda shu paytga kelib rivojlangan mikroflora sirka, chumoli va sut kislotalarini hosil qiladi. Bu jarayon kislorodsiz faza bo'lib, unda faqat obligat (shart bo'lmagan) anaeroblar faoliyat ko'rsatadi.

Oxirgi bosqich – metanogen fazada metan hosil bo'ladi. Metanli bijg'ish texnologiya nuqtayi nazaridan ikki fazaga bo'linadi: metanli biosenozning yetilishi va fermentatsiya.

Oxirgi bosqichda azot saqlovchi organik birikmalar ham jadal o'zgaradilar. Bijg'iydigan muhitning ishqorlanishi bilan (pH-8,0) oltingugurtni qaytaruvchi anaerob bakteriyalarning ta'siri hisobidan uchuvchan organik birikmalar: chumoli, sirka, propion, moy, sut, yantar (kahrabo) kislotlari va shuningdek, spirtlar va gazlar hosil bo'ladi.

Bu birikmalar anaerob metanogen organizmlar uchun substrat bo'lib xizmat qiladi.

Metanogen bijg'ish 3°C dan 60°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida amalga oshadi. Jarayonning jadallashishi harorat ko'tarilishi bilan oshib boradi va termofil sharoitda 2—3 marotabaga oshadi. Metanogen bakteriyalarning rivojlanishi uchun bijg'iydigan muhit chumoli va sirka kislotalari, vodorod, karbonat angidrid hamda oltingugurt va azot manbalari, H_2S va ammiak saqlashi kerak.

Hozirgacha 25 dan ortiq metan hosil qiluvchi bakteriyalar aniqlangan bo'lib, ular bir-birlaridan morfologiyalari (dumaloq, spiralsimon, ipsimon va h.k.) bilan farq qiladi.

Anaerob sharoitdan tashqari jarayon ketishi uchun qorong'ilik, neytral yoki juda ham kam bo'lgan ishqoriy muhit (pH-8,0) bo'lishi shart. Barcha shu kungacha aniqlangan metanogen bakteriyalar kerakli energiyani vodorodning oksidlanishi hisobidan oladilar.

Vodorod akseptori vazifasini karbonat angidrid bajaradi:

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

Metanogen bakteriyalarning ba'zilari vodorod akseptori sifatida CO dan foydalanadilar:

$$4CO + 2H_20 \rightarrow SBS + 3CO_2$$

$$\text{yoki} \quad CO+3H_2 > CH_4+H_2O$$

Yuqorida ko'rsatilgan reaksiyalarning barchasida energiya chiqariladi. Turli birikmalardan metan hosil bo'lishi turli xil tezlikda amalga oshadi. Oxirgi paytlarda metanogen bakteriyalar juda yaxshi va har tomonlama chuqur o'rganilmoqda. Birinchi navbatda bu ularning tabiiy gazlar genezisida hal qiluvchi rolining borligi bilan tushintiriladi.

1990-yil ma'lumotlariga ko'ra, Yevropada yirik (1000 m^3 va undan ko'proq) biogaz ustqurmalari xususiy korxonalar va davlat sektorlarining 500 dan ko'prog'ida bo'lgan bo'lsa, AQSHda ushbu ko'rsatkich o'sha davrda ikki barobar ko'proq bo'lgan. Bunday

ustqurmalarda asosan har xil chiqindilar (qishloq xo'jaligi va maishiy xizmat chiqindilari) qayta ishlangan.

1985-yilda AQSHda hayvon chiqindilari 250 mln tonnaga yetib, uning anaerob metanogenezi oqibatida 120 mlrd m^3 metan tayyorlash mumkin bo'lgan.

Biogaz ustqurmalari tayyorlash bilan hozirgi davrda dunyoning juda ko'plab kompaniyalari shug'ullanadilar. Sanoat ustqurmalarining hajmi 10–1500 m^3 oralig'ida bo'lib, ularning konstruksiyasi unchalik murakkab emas. Ular ikki qismdan iborat bo'ladi:

birinchi qism – germetik mustahkam, termoboshqariladigan fermentyor aralashtirgich, biomassani avtomatik ravishda kiritish va chiqarib tashlash uchun mo'ljallangan asboblar bilan jihozlangan;

ikkinchi qism – biogazni ushlab qoluvchi – gazgolder.

Osiyoning ba'zi mamlakatlarida (Xitoy, Hindiston, Nepal va h.k.) elektroenergiya yetishmaganligi uchun biogazdan keng foydalaniladi va u juda ham sodda uskunalarda tayyorlanadi:

– chuqur qazilib, unda anaerob jarayon ketishi uchun sharoit yaratiladi;

– ajralib chiqqan biogaz kichik bochkalarda saqlanadi yoki to'g'ridan-to'g'ri ishlatiladi.

Xitoyda bunday ustqurmalar soni 50 mln dan ko'proq bo'lib, yildan-yilga ularning soni oshib bormoqda. Hindistonda esa bunday ustqurmalar bir necha milliondan ko'proqni tashkil etadi.

Biogaz va bioo'g'it ishlab chiqaradigan ustqurmalarning o'lchami unchalik katta bo'lmaganligi sabab ular fermer xo'jaliklari, cho'ponlar va cho'lda ishlovchilar uchun juda foydalidir.

? *Savollar*

1. Pektinli bijg'ishda qatnashadigan mikroorganizmlar va ularda uchraydigan fermentlarni izohlang.

2. Sellulozaning anaerob bijg'ishi qanday boradi?
3. Sellulozaning aerob parchalanishi ximizmini tushuntiring.
4. Moy kislotali bijg'ishning ahamiyati haqida gapirib bering.

3.13. Fotosintez

Quyosh bitmas-tugalmas energiya manbayidir, uning Yergacha yetib keladigan energiyasi yiliga $3 \cdot 10^{24}$ kJ ni tashkil etadi. Shuni ham yodda tutish kerakki, butun yer yuzi bo'yicha mavjud bo'lgan qayta tiklanmaydigan energiya manbalaridan (neft, gaz, toshko'mir) olinadigan energiya miqdori $2{,}5 \cdot 10^{22}$ kJ ni tashkil etadi.

Issiqlikdan tashqari, quyosh energiyasi yordamida fotosintez kabi hayotiy zarur jarayon amalga oshadi. Inson hayoti ikki energiya manbayi: fotosintez natijasida hosil bo'lgan o'simlik biomassasi va uzoq o'tmishda fotosintez mahsuloti bo'lgan issiqlik energiyasi tashuvchilari bilan muhofaza qilinib turiladi. Butun sayyoramiz miqyosida fotosintezning mahsuldorligi turli hisob-kitoblarga ko'ra, taxminan yiliga 120 dan 150 mlrd tonna hosil bo'lgan uglerodga teng bo'lib, ulardan 6–8% i oziqlanish, issiqlik va qurilish mahsulotlari sifatida ishlatiladi.

Kimyoviy nuqtayi nazardan fotosintezni elektronlarning to'lqinlanishi natijasida hosil bo'lgan energiya ko'chishi va hujayraning fotosintetik apparatida o'zgarishiga olib keluvchi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining murakkab birin-ketin kelishi oqibatida sodir bo'ladigan jarayon sifatida faraz qilish mumkin.

Asl ma'noda fotosintez – karbonat angidrid va suvdan yorug'lik energiyasi yordamida organik birikmalarning sintez bo'lishi va molekulyar kislorodning ajralib chiqish jarayonidir.

Shunday qilib, fotosintezning asosiy mohiyati noorganik moddalarni organik moddalarga aylantirishidir.

Fotosintetik xususiyatiga ko'ra, butun mavjud bo'lgan organizmlar ikki guruhga bo'linadi:

1. *Avtotrof organizmlar* – yagona uglerod manbayi sifatida CO_2 (karbonat angidrid)ni ishlatadilar va undan uglerod saqlovchi hujayra komponentlari «quradilar».

2. *Geterotrof organizmlar* – uglerod va energiya manbayi sifatida ekzogen (tashqaridan olinadigan) organik birikmalardan foydalanadilar. Geterotroflar avtotroflarga nisbatan ko'proqni tashkil etadi. Tuban geterotroflarning ba'zi birlari CO_2 ni assismilyatsiya qilish xususiyatiga ham egalar. Ammo ularning biomassa hosil qilishdagi roli unchalik katta emas va uglerodga hisoblaganda 10% dan oshmaydi.

Tirik organizmlarni klassifikatsiya qilishning boshqa jarayoni – bu ularning energiya manbalariga bo'lgan munosabatlaridir (4-jadval).

Ko'pchilik organizmlar fotolitotrof va xemoorganotrof tipga kiradilar. Qolganlari esa ularning ba'zi bir muhim biologik jarayonlarda (masalan, molekulyar azotni yutish) qatnashishlariga qaramasdan, kam tarqalgan hayot shakllarining vakillari hisoblanadilar.

Xemoorganotroflar aerob va anaerob organizmlarga bo'linadilar. Aerob organizmlarda elektronlarning atomlar akseptorlari bo'lib molekulyar kislorod, anaeroblarda esa organik birikmalar xizmat qiladi.

Anaerob organizmlar fakultativ (ixtiyoriy) va obligatlarga (shart bo'lmagan) bo'linadilar. Shuni esda tutish zarurki, barcha organizmlar ham u yoki bu guruhgagina taalluqli bo'lib qolavermaydilar.

Bu fikrga yaxshi misol qilib yuksak o'simliklarni kiritish mumkin. Ularda fotosintez hisobidan yashovchi xlorofill saqlovchi hujayralar avtotrof, ildiz hujayralari esa geterotrof hisoblanadilar.

Eukariot organizmlar singari prokariotlar ham fotosintezni amalga oshirish imkoniyatlariga ega. Albatta, bunday ajoyib xususiyat yuksak o'simliklarga xosdir. Shuningdek, tuban

4-jadval

Organizmlarning uglerod va energiya manbalarini ishlatishlari bo'yicha klassifikatsiyasi

Organizmlar	Uglerod manbayi	Energiya manbayi	Elektronlar donori	Misollar
Foto-litotroflar	CO_2	Yorug'lik	Noorganik birikmalar (H_2O, H_2S, S)	Yuksak yashil o'simliklar, suv o'tlari, fotosintez qiluvchi bakteriyalar
Foto-organotroflar	Organik birikmalar va CO_2	Yorug'lik	Noorganik birikmalar (H_2O, H_2S, S)	Oltingugurt saqlamaydigan bakteriyalar va to'q qizil, qirmizi (purpur) bakteriyalar
Xemo-litotroflar	CO_2	Oksidla-nish-qaytari-lish reaksiya-lari	Noorganik birikmalar (H_2O, H_2S, S)	Denitrifikatsiya qiluvchi bakteriyalar
Xemo-organotroflar	Organik birikmalar	Oksidla-nish-qaytari-lish reaksiya-lari	Organik birikmalar	Barcha hayvon organizmlari, ba'zi bir mikroorga-nizmlar

eukariotlar – yashil, qizil va bir hujayrali evgilena suv o'tlarida ham fotosintez qilish xususiyati yuqoridir. Prokariotlar orasida ikki guruh – yashil va to'q qizil (purpur) hamda ko'k-yashil suv o'tlari fotosintezlovchilarga kiradilar. Keyingilari yagona uglerod manbayi sifatida CO_2 dan foydalanadilar. Shuni alohida ta'kidlash

lozimki, ba'zi bir mikroorganizmlar va ko'k-yashil suv o'tlarida fotosintezni amalga oshirish tezligi yuksak o'simliklarnikidan qolishmaydi.

Bakteriyalardan tashqari, ko'pchilik fotosintez qiluvchi organizmlar vodorod atomlari va elektronlar donorlari sifatida suvdan foydalanadilar.

Fotosintez qiluvchi bakteriyalarning katta qismi obligat anaeroblar hisoblanadilar. Shuning uchun ham ularni kislorod bilan bog'lanishi (kontakti) fotosintez jarayonini to'sib qo'yadi. Bakteriyalar donor sifatida noorganik birikmalarni ishlatadilar, juda ham kam holatlarda organik birikmalar: izopropil spirti, sut kislotasi va boshqalardan foydalanishlari mumkin.

Elektronlar akseptorlari sifatida CO_2 dan tashqari boshqa birikmalarni ham ishlatishlari mumkin, masalan, nitrat va vodorod ionlari. Fotosintez qiluvchi azotfiksatorlar elektronlar akseptorlari sifatida karbonat angidrid yoki molekulyar azotni ishlatadilar.

Fotosintez qiluvchi hujayralarning xloroplastlari sun'iy akseptorlar ishtirokida (masalan, ferritsianidlar ishtirokida) kislorod ajratib chiqaradilar, u esa akseptorlarning qaytarilishiga olib keladi.

Fotosintezning yorug'lik va qorong'ilik davri borligi katta ahamiyatga ega. Yorug'lik energiyasi hisobidan nafaqat NADF qaytariladi, balki ADF fosforlani,b ATF hosil bo'ladi. Shunday qilib, yorug'lik energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi va NADF va ATF molekulalarida to'planadi. Bu energiya karbonat angidrid gazining qaytarilish reaksiyalarida ishlatiladi.

Fotosintez jarayonining zamonaviy ko'rinishiga asos bo'lib, Kalvinning fotosintezlovchi organizmlar hujayralarida uglerod assimilyatsiyasini aniqlash bo'yicha olib borgan izlanishlari xizmat qiladi.

Bu esa o'ta murakkab biokimyoviy reaksiyalar asosida assimilyatsiyaning dastlabki mahsulotlari — karbon suvlarning hosil bo'lishini tushintirib beradi.

CO_2 va suvdan tashqari halqasi bioenergetik jarayonlarning ishtirokchilari bo'lib, o'simliklarda va suv o'tlarida piridinnukleotidlar, ADF ning qaytarilishi, bakteriyalarda esa NAD va ATF xizmat qiladi.

Shartli ravishda Kalvin halqasi Krebs halqasiga murojaat sifatida qaralishi mumkin. Agar Krebs halqasida karbonsuvlarning va boshqa energiyaga boy bo'lgan uglerod manbalarining oksidlanishidan hosil bo'lgan energiya, kimyoviy potensial sifatida, qaytarilgan piridinnukleotidlar va ATF ko'rinishida to'planadigan bo'lsa, Kalvin halqasida mana shu birikmalarning oksidlanishi davrida ajralgan energiya karbonsuvlarning molekulalari ichida energiyaga aylanadilar.

Fotosintez reaksiyasi yaxshi o'rganilgan. Bu reaksiyalar xloroplastlarda, karbonat angidridning yutilishi bilan o'tishi ma'lum.

Karbon suvlarning, karbonat angidrid gazining qaytarilishi ko'pchilik eukariot organizmlar uchun ko'p bosqichli fermentativ jarayon hisoblanadi. Uglerodning bu yo'li qaytariluvchi pentozafosfat halqasi, Kalvin-Benson-Basem yoki uglerodning fotosintetik assimilyatsiyasining C_3-yo'li deb ataladi. Bu halqada ishtirok etuvchi birikmalar va reaksiyaning ketma-ketligi aniqlangan. Shuningdek, barcha oraliq mahsulotlar va bu jarayonda ishtirok etuvchi fermentlar ham aniqlangan. Jarayonning halqa tabiatli o'tishi ham aniq. Uglerodni fotosintetik assimilyatsiyasining boshqa yo'li ham ma'lum, unda karbonat angidrid gazining birlamchi akseptori bo'lib to'rt uglerod atomiga ega bo'lgan organik kislotalar xizmat qiladi. Shuning uchun ham bu yo'l C_4-fotosintez deb ham yuritiladi.

Sitokimyoviy tekshirishlar C_3 va C_4-fotosintez yo'llariga ega bo'lgan o'simliklarni fotosintezning molekulyar mexanizmi asosida klassifikatsiya qilishga asos bo'ldi. Fotosintez hisobidan organizmni uglerod va energiya bilan ta'minlab turilishini va unda kislorod ajralib chiqishining yo'naltirilishi juda katta voqea bo'ldi.

Yer yuziga quyosh tomonidan yo'naltirilgan radiatsiyaning yarmiga yaqini yetib keladi. Mana shundan atigi 0,4% qismi biomassa

hosil qilish uchun ishlatiladi, xolos. Yuzaki qaraganda, bu ko'rsatkich juda ham kam ko'rinsada, fotosintezning mahsuloti sifatida har yili $419 \cdot 10^{17}$ kJ ozod energiya to'planishini e'tiborga olsak, bu ko'rsatkichning qanchalik buyukligiga guvoh bo'lasiz. Yuqorida keltirib o'tilganidek, fotosintez natijasida to'planadigan energiya miqdori dunyoda bor bo'lgan qazilmalarnikiga nisbatan ancha ko'proqdir. Shu bilan birga, fotosintez hosildorlik uchun asos, atmosferaning kimyoviy tarkibini boshqarib turuvchi va shu orqali yerda hayotning borligini ta'minlovchi muhim ekologik omildir.

Fotosintetik jarayonlarning tezligiga turli omillar, masalan CO_2 ning miqdori ta'sir ko'rsatib turadi. Dala maydonlari sharoitida mana shu karbonat angidrid gazi fotosintetik jarayonni boshqarib turuvchi bosh omil ekanligi isbotlangan. Fotosintezning mahsuldorligiga atmosferaning ekotoksikantlar bilan ifloslanishi salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuni ham ta'kidlash lozimki, fotosintez jarayonida gazlarning almashinuvi CO_2 yutilishi va O_2 ajralib chiqishi bilangina chegaralanmaydi. Hozirgi davrda fotosintez jarayonida boshqa birikmalar, masalan, alifatik, uchuvchan to'yinmagan uglevodorodlar – izopren (C_3H_3) ajratib turuvchi 200 dan ortiq o'simlik turlari aniqlangan. Izoprenning jadal ajralib turishi uchun yorug'likning ahamiyati katta. Izoprenning sintezida assimilyatsiya qilingan CO_2 uglerod atomining to'g'ridan-to'g'ri ishtirok etishi aniqlangan. Shuning uchun ham izoprenning sintezida birlamchi karboksillanish reaksiyasi katta ahamiyatga ega.

3.14. Sayyoramizning fotosintetik mahsuldorligi

Butun ekosistema darajasida fotosintez yordamida amalga oshuvchi uglerodning fiksatsiyasi, taxminan, toza birlamchi hosildorlikka teng bo'lib, uglerod haqiqiy fiksatsiyasining integrali minus nafas olish va o'simlikni saqlash uchun ketgan xarajatlarga tengdir.

Ba'zi bir hisob-kitoblarga ko'ra, toza birlamchi hosildorlikning (o'simlik biomassasining) sayyoramizning alohida komponentlari orasida taqsimlanishi quyidagicha: quruqlik uchun yiliga $-120 \cdot 10^9$ t quruq biomassa; okean uchun yiliga $-55 \cdot 10^9$ t biomassa to'g'ri keladi. Boshqa hisob-kitoblarga ko'ra, ushbu ko'rsatkichlar -10% dan $+40\%$ gacha farqlanib turadi va haqiqatga yaqinroq bo'lsa ajab emas.

Dunyoning suv havzalari maydoni quruq yer maydoniga nisbatan 2,5 marta ko'proq bo'lishiga qaramasdan, fotosintetik tiklanib turadigan biomassaning miqdori yerda okeannikiga nisbatan taxminan uch marta ko'proqdir. Baholashning turli yo'llari bilan olib borilganligiga qaramasdan, quyida keltirilgan 5-jadvaldan o'rin olgan ma'lumotlar o'ta taxminiy, chunki bunda uy va yovvoyi hayvonlar iste'mol qiladigan o'simlik biomassasining qoldiqlari e'tiborga olinmagan.

5-jadval

Fotosintetik qayta tiklanadigan biomassalar miqdori

Mintaqalar turi	Maydon, $\times 10^6$ km^2	O'rtacha hosildorlik C+m^2/g quruq biomassa, yiliga
Tropik o'rmonlar	24,5	2016
Mo'tadil zonalar	12,0	2142
Tayga	12,0	800
O'rmon-cho'l	8,5–1	706
Savanna	15,0	900
O'tzor	9,0	600
Tundra+Alp tog'lari zonalari	8,0	140
Cho'l	42,0	40
Madaniylashtirilgan zona	14,0	650
Botqoqlik+chiqindi suvlar	4,0	1700

Shuningdek, yuqoridagi jadvalda keltirilgan ma'lumotlarda fermerlarning ichki ehtiyojlari uchun ishlatiladigan, savdoga chiqarilmagan mahsulotlar miqdori ham hisobga olinmagan. Bu raqamlar va ko'rsatkichlar o'ziga e'tiborni tortadi. Buning ustiga, insoniyat turli shaklda yiliga $12 \cdot 10^9$ t quruq qayta tiklanadigan fotosintez mahsulotlarini iste'mol qilishini va uning energetikasi $0{,}24 \cdot 10^{21}$ kJ/yil ni tashkil etishini hisobga olsak-chi? Darhaqiqat, boshqa hisobga kiritilmagan yo'qotishlar ham bor (cho'llanish, suv havzalarining qurishi, shaharsozlik (urbanizatsiya) va h.k.).

Bor-yo'g'i 150 yil ilgari fotosintetik qayta tiklanadigan biomassa insoniyatni issiqlik, yorug'lik, sanoat-ishlab chiqarishi, oziq-ovqat tayyorlash va boshqa ehtiyojlari uchun sarflanadigan energiya bilan ta'minlay olar edi. Ammo rivojlangan mamlakatlarda neft, tosh-ko'mir, tabiiy gazning borligi, o'simlik biomassasidan foydalanish mexanizmini tubdan o'zgartirib yubordi. Shunday qilib, qayta tiklanmaydigan issiqlik energiyasidan foydalanish rivojlanishning yangi bosqichini boshlab berdi va bu jarayon hozirgacha davom etib kelmoqda.

Oxirgi 100 yilda qazilma boyliklar issiqlik energiyasidan foydalanish o'rtacha yiliga 4,35% ga oshib bordi. Energiyaning alternativ manbalarini topish yo'lida yadroning parchalanish zanjirli reaksiyasidan chiqqan energiyadan foydalanishdan boshlab, fotosintetik qayta tiklanadigan o'simlik biomassasidan (suyuq issiqlik) foydalanishgacha bo'lgan jarayonlarni tadqiq qiluvchi turli xil ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Nima bo'lganda ham, bugungi kunga kelib, qayta tiklanadigan energiya manbalari jami sarflanadigan energiya manbalarining qisman o'mini bosa olayotgan bo'lsada, yangi, noan'anaviy energiya manbalarini tayyorlash texnologiyalarini yaratishga faollik bilan kirishib ketildi. Shunday texnologiyalardan biri biotetanol olish texnologiyasi bo'lib, u ko'p yillik daraxtlarning biomassasini

maydalab, uni ligninsizlantirib (har xil fizikaviy yoki kimyoviy usullar yordamida), olingan massa tarkibidagi sellulozani glukozagacha parchalab (kimyoviy yoki fermentatsiya yo'li bilan) va nihoyat, hosil bo'lgan glukozani spirtgacha bijg'itib, uni distillash usulida konsentrlab, energiya manbayi sifatida ishlatishga tavsiya etishdan iboratdir.

Bu texnologiyani yaratish bilan biotexnologiyaga oid yana bir necha texnologiyalar rarallel ravishda ishlab chiqildi:

– o'simlik mahsulotlarini delignifikatsiya qilish (bu texnologiya boshqa maqsadlar uchun ham ishlatilib kelinmoqda);

– sellulozani fermentativ parchalanish mexanizmini yaratish (bu jarayonda bir nechta gidrolitik fermentlar ishtirok etishi aniqlandi);

– selluloza fermentining o'ta faol produtsentlari yaratildi, ular orasida aerob va anaerob sharoitda faoliyat olib borayotganlari, eukariot va prokariot organizmlar bor;

– selluloza fermenti sintezi uchun javobgar bo'lgan gen ajratib olinib, bir mikroorganizmdan boshqasiga o'tkazish sharoitlari ishlab chiqildi;

– pentoza va geksozalarni bijg'itish sharoitlari yaratildi va h.k.

O'simlik biomassasiga boy bo'lgan mamlakatlarda (Rossiya, Kanada, Finlyandiya va boshqalar, shular qatoriga, O'zbekistonni ham kiritish mumkin, chunki mamlakatimizda yiliga 4 mln tonnadan ko'proq g'o'zapoya yetishtiriladi) suyuq energiya manbayini olish texnologiyasidan foydalanilmasada, bu texnologiyani alternativ deb qarash lozim. Chunki bu texnologiyadan bir qator mamlakatlarda keng foydalanilib kelinmoqda. Masalan, AQSHda gazoxol (10% etanol va 90% benzin aralashmasi), Braziliyada 50% benzinni etanolga almashtirish bo'yicha ilmiy-amaliy ishlar jadal olib borilmoqda. Braziliyaning tuproq va iqlim sharoiti suyuqlik energiyasini tayyorlash biotexnologiyasining ushbu davlatga kirib kelish darajasiga ta'sir ko'rsatdi. Bunga sabab:

birinchidan, Braziliyada ishlatilmay yotgan haydaladigan maydon juda ko'p, bu esa mo'tadil mahsulot tayyorlash tizimini yaratishga yordam beradi;

ikkinchidan, fotosintetik qayta tiklanadigan biomassaning mahsuldorligi tropik sharoitda butun sayyoramiz bo'yicha eng baland hisoblandi.

Shu munosabat bilan yashil kontinent – Avstraliya juda katta qiziqish uyg'otadi. Iqlim sharoitini hisobga olgan holda, katta maydon va unchalik ko'p bo'lmagan aholi soni (15 mln) aynan shu mamlakatda o'simlik biomassasidan bioissiqlik tayyorlashning qanchalik dolzarb ekanligini ko'rsatadi.

Mutaxassislarning fikrlaricha, g'alla tayyorlash tizimini buzmasdan turib, bu yerda yiliga $50 \cdot 10^6$ t (quruq og'irlik) lignotselluloza materiallari to'plash va undan $17 \cdot 10^6$ t (quruq og'irlik) bijg'uvchi material tayyorlash mumkin. Ammo shuni ham nazarda tutish lozimki, har qanday qulay sharoitda (mamlakatda) fotosintetik qayta tiklanadigan o'simlik biomassasidan spirt tayyorlash toshko'mirdan metanol tayyorlashga nisbatan ikki marotaba qimmatroq tushadi.

An'anaviy, qayta tiklanmaydigan issiqlik manbalaridan energiya olish qanchalik iqtisodiy foydasiz bo'lishiga qaramasdan, iqtisodiy rivojlangan mamlakatlarda o'simlik biomassasidan issiqlik energiyasini zamonaviy yo'llar bilan tayyorlash jarayoni tobora rivojlanib boraverishi lozim.

O'simliklar CO_2 ning konsentratsiyasi oshib borishiga har xil munosabat bildiradilar. C_4-o'simliklar yoki karboksillanishning birlamchi reaksiyasi to'rt uglerod atomiga ega bo'lgan mahsulot sintez qiluvchi (masalan, kahrabo-sirka kislotasi) o'simliklar (makkajo'xori) suvli sharoitda CO_2 konsentratsiyatsining oshishini unchalik sezmaydi. Tajriba o'tkazish o'ta murakkab bo'lganligi sababli, dala sharoitida C_3 va C_2-o'simliklar CO_2 miqdorining oshishiga qanday munosabatda bo'lishini kuzatish qiyin.

Bunday qiyinchiliklardan biri — ba'zi bir o'simliklarda CO_2 konsentratsiyasining oshishiga fotosintez tezligining moslashuv (adaptatsiya) o'zgarishlari namoyon bo'la boshlaganligi bilan bog'liq. Ammo bunday hodisalar universal xarakterga ega emas, masalan, bug'doy, tamaki o'simligi va bodring CO_2 miqdorining oshishiga fotosintez jarayoni tezligining kuchayishi bilan javob qaytarganlar, ammo keyingi ikki hafta oralig'ida bu ko'rsatkichni odatdagi atmosferaga teng darajaga tushirganlar.

O'simliklarda juda kam uchraydigan, bunga qarama-qarshi reaksiya, ya'ni fotosintez intensivligining to'g'ridan-to'g'ri pasayishi ham kuzatib turiladi. Bu o'simlikning fotosintez jarayonini juda qisqa vaqtga ham kuchaytirish imkoniyati bo'lmaganligi bilan tushuntiriladi.

Karbonat angidrid atmosfera holatining aniq ko'rsatkichi hisoblanadi. Yildan-yilga atmosferaga chiqariladigan ekotoksikantlar miqdorining oshib borishi (energiya tashuvchilarning yoqilishi, transportning ko'payib borishi, industrial chiqindilar miqdorining (kimyoviy, metallurgiya zavodi va h.k.) oshib borishi), shu bilan bir vaqtning o'zida sayyoramizda o'rmonlar maydonining tobora qisqarib borishi atmosfera tarkibida CO_2 miqdorining oshib borishini bashorat qilishga asos bo'lib xizmat qila oladi.

Ammo 25 yil mobaynida kuzatib borilgan CO_2 amplitudasining yillik halqasi, yaxshiyamki, atmosfera tarkibidagi CO_2 ning miqdori o'zgarmaganligidan dalolat beradi.

Bu hodisani o'simliklarning CO_2 yutish imkoniyatlarining oshib borishi, ya'ni fotosintez jarayonining tezlashishi bilan tushuntirish mumkin. Hech shubha yo'qki, bu jarayon juda ko'p omillarga bog'liq. Afsuski, fotosintezga ta'sir etish o'ta faollik bilan olib borilayotgan bo'lsada, u haqdagi bilimlarimiz anchagina sayozdir.

Fotosintezni o'simliklarning uglerod bilan oziqlanish jarayoni sifatida ham qarash mumkin. Shunday ekan, uning funksiyasi faqatgina quyosh energiyasini to'plash bilangina chegaralanib qolmaydi.

Fotosintezning mahsulotlari bo'lib, yorug'likda CO_2, azot va oltingugurtdan hosil bo'ladigan qator organik moddalar hisoblanadi. Bu jarayonda xloroplastlarda joylashgan (to'plangan) va u joyda o'tadigan fotokimyoviy reaksiyalar natijasida energiya yig'uvchi moddalar to'planadilar va ularni hujayra, keyinchalik, CO_2 assimilyatsiyasiga va qator boshqa jarayonlarga sarflaydi.

Hozirgi vaqtda fotosintezning yagona mahsuloti karbon suvlar, degan fikr haqiqatga to'g'ri kelmaydi. Fotosintez natijasida karbonsuvlar bilan bir qatorda organik kislotalar, aminokislotalar, peptidlar, oqsil moddalar, yog'lar va boshqa birikmalar ham sintez bo'ladilar.

Fotosintetik apparatning faoliyatini o'rganish asosida to'plangan materiallar asosida biotexnologik xarakterga ega bo'lgan istiqbolli vazifalarni rejalash mumkin. Bunday vazifalarning yechimi suv fotolizi mexanizmidan amaliyotda foydalanish hamda noyob organik birikmalarning sintezi bilan bog'liq bo'ladi.

Bunday mexanizmlarning yechilishi va aniqlangan qonuniyatlarning ishlatilishi insoniyatga vodorod kabi ekologik toza issiqlik manbayi ishlab chiqarish imkoniyatini yaratadi.

Mana shulardan kelib chiqqan holda, keyingi vaqtlarda fotosintez qiluvchi mikroorganizmlarni va odatdagi sharoitda suvni vodorod va kislorodga parchalab bera oladigan hujayrasiz ferment tizimini yanada chuqurroq o'rganishga alohida e'tibor berilmoqda.

Biologik yo'l bilan vodorod olish bo'yicha ko'pgina mamlakatlarda har tomonlama izlanishlar olib borilmoqda. 130 dan ortiqroq vodorod hosil qiluvchi, fotosintez qiluvchi organizmlar aniqlangan. Bular orasida aerob va anaerob xematrof bakteriyalar, to'q qizil qirmizi (purpur) va yashil fototrof bakteriyalar, sianobakteriyalar, turli suv o'tlari mavjud. Turli fotoretseptorlardan foydalanadigan fototizimlar modellari yaratilgan.

Biotexnologiyaning vazifalaridan biri — vodorod hosil qiluvchi, samarali va mo'tadil fototizmlar yaratishdir.

3.15. Fotosintez orqali qayta tiklanadigan o'simlik polimerlari

Millionlab yillar davomida o'simliklarning karbonsuvlar sintez qilishlari va ulardan xilma-xil organik birikmalar hosil bo'lishiga qaramasdan, Yerda hech qachon organik birikmalarning keragidan ortiqcha miqdorda to'planib qolganligi kuzatilmagan. Faqatgina o'simlik massasining kichik qismigina, qaytarilgan holatda, anaerob sharoitda toshko'mir, tabiiy gaz va neft ko'rinishida saqlanib qolgan.

Bu, organik birikmalarning sintezi ularning o'zgarishlari bilan hamohang kechishidan, ayniqsa, bu jarayonlar aerob sharoitda, molekulyar kislorod ishtirokida jadal amalga oshishidan darak beradi.

Dinamik alohida o'ralgan tizim sifatida, sayyoramizga katta miqdorda har qanday kimyoviy element tashqaridan kirib kela olishi qat'iyan mumkin emas. Shuning uchun ham sayyoramizning uglerod potensiali qanchalik katta bo'lishiga qaramasdan, qandaydir darajada u baribir chegaralangan.

Mutaxassislarning fikricha, urbanizatsiya va industrializatsiya jarayonlarining jadal rivojlanib borishlariga qaramasdan, sayyoramizning fotosintez qilish potensiali eng kamida 50% ga ko'payadi. Bunga uglerodning ikki terminal holati: CO_2 va organik birikmalar orasida yanada faolroq aylanishini jadallashtirish orqali erishish mumkin.

Bu jarayonni (uglerod aylanishini) chegaralovchi bosqich, shak-shubhasiz, fotosintezdir. Yuqorida ko'rsatib o'tilgan hisob-kitob-lardan kelib chiqqan holda, fotosintez jarayonini jadallashtirish orqali qayta tiklanadigan o'simlik mahsulotlarini yiliga taxminan 75 mlrd tonnaga ko'paytirish mumkin, degan fikrga kelish mumkin.

O'simlik massasining 70–80% ini biopolimerlar tashkil etishi ma'lum. Bular asosan glukoza (selluloza) va pentoza (gemitsel-luloza)larning polikondensatsiya mahsulotlari hisoblanadi.

Zamonaviy nuqtayi nazardan, o'simliklarning fotosintezlovchi apparatining faolligini ko'tarish quyidagi shart-sharoitlarga rioya qilish orqali amalga oshishi mumkin:

– barglarning umumiy yuzasini kengaytirish;
– fotosintez jarayonini boshqarishda gormonlardan foydalanish;
– xloroplastlar sonini oshirish;
– fototizimlar orasida elektronlar transportini tezlashtirish;
– fotonafas olishning tezligini pasaytirish va h.k.

Bu vazifalarning bajarilishi fotosintezning jadalligini kuchaytirish uchun asos bo'lib xizmat qilgan bo'lar edi. Ammo fotosintezning mahsuldorligini chegaralab qo'yadigan omillarning rolini ham hisobga olishga to'g'ri keladi. Ularning ta'siri ichki fotobiologik chegaralovchi o'ziga xoslik hamda atrof-muhitning o'ziga xos omillari: hosildorlik indeksi, yorug'lik, CO_2, suv, harorat, oziqa moddalari, fotonafas olish tezligi, zararkunandalar, kasalliklar va h.k. bilan aniqlanadi.

Shuning uchun ham fotosintezni kuchaytiradigan universal retsept yo'q. Shunga qaramasdan, ba'zi bir natijalarga erishilgan. Masalan, ko'plab tez o'sadigan o'simliklarning navlari yaratilgan, ulardan ba'zilari sanoat nuqtayi nazaridan katta ahamiyatga ega. Masalan, tol o'simligining yiliga 10–12 m o'sadigan navlari yaratilgan bo'lib, ularning biomassalarida lignin miqdori juda ham kam (3–4%). Ko'p yillik o'simliklar singari bu navni katta maydonlarda ekib, ularning plantatsiyalari tashkil etilsa, bu, albatta, katta sanoat ahamiyatiga ega bo'ladi. Agar bugungi kunda sayyoramizning har bir vakiliga yiliga 40 t fotosintez mahsulotlari (qayta tiklanadigan o'simlik polimerlari) yetishtirilishi e'tiborga olinsa, bunday substratlarning ahamiyati o'z-o'zidan ma'lum bo'ladi.

Kimyoviy sintez yo'li bilan olinadigan uglerodli birikmalarning tabiatda aylanishini alohida muammo sifatida qarash lozim.

Ma'lumki, inson qo'li bilan yaratilgan qator past molekulali (detergentlar, yadoximikatlar va h.k.) yoki yuqori molekulali (poliuretanlar, polistirollar, epoksidlar va h.k.) birikmalar butunlay mikrobiologik o'zgarishlarga uchramaydilar yoki juda ham sekinlik bilan parchalanadilar. Bunday birikmalarni yo'qotishning yagona yo'li – yoqishdir. Sintetik ximikatlarni tayyorlash ularning tarkibidagi moddalarni (uglerod, azot, oltingugurt, fosfor) o'zlariga xos bo'lgan aylanishdan chetlatib qo'yadi (bor elementlar polimer ko'rinishda bo'lganligi sababli parchalanmaydi, demak, element tabiatda aylanmaydi).

Yiliga bir necha yuz million tonnalab kimyoviy sintez orqali tayyorlanadigan polimerlar ishlab chiqarilayotganligini va bu yanada kengayib borayotganligini hisobga olgan holda, insoniyatning «kimyoviy» faoliyatini alohida nazoratga olish talab qilinadi.

a) **Selluloza.** Selluloza tabiatda eng ko'p tarqalgan biopolimerdir. U har qanday o'simlik materiallarining asosini tashkil etuvchi komponent hisoblanadi. O'simlik biomassasida sellulozaning miqdori o'rtacha 50% ni, ko'p yillik o'simliklarda esa 60–70% ni tashkil qiladi. Selluloza bir-birlari bilan β-(1-4)-glukozid bog'lari bilan bog'langan D-glukozalardan tashkil topgan.

Sellulozadagi glukozaning polimerlanish darajasi 10000 dan ko'proq, molekulyar og'irligi esa 1,5 mln dalton. U suvda erimaydigan polimer hisoblanadi. O'simliklarda polimer zanjirlar tabiiy holatda fibringa o'xshash joylashgan. Vodorod bog'larining ko'pligi va ularning tuzilish xarakteri amorf qism bilan almashib turgan kristall qismlari paydo bo'lishini belgilaydi.

Hisob-kitoblarga qaraganda, yiliga qayta tiklanadigan (fotosintez yo'li bilan) sellulozaning miqdori sayyoramiz bo'yicha 100–140 mlrd tonnani tashkil etadi. Bu degani, yer yuzidagi har bir insonga yiliga 25 tonna selluloza to'g'ri keladi.

Hozirgi vaqtda sellulozani qayta ishlash va uning hosilalarini olish bo'yicha katta texnologik ishlar amalga oshirilmoqda. Selluloza kraxmalga o'xshab, kimyoda, biologiyada, tibbiyotda, sanoatning turli xil tarmoqlarida, oziq-ovqat sanoatida, ilmiy izlanishlarda keng ishlatilmoqda. Sanoat miqyosida sellulozadan glukoza tayyorlash yo'lga qo'yilgan.

Sanoat sharoitida selluloza saqlovchi mahsulotlar – yog'ochni gidroliz qilish ikki xil yo'l bilan amalga oshiriladi.

Birinchi texnologiya an'anaviy mineral (xlorid va sulfat) kislotalar bilan gidroliz qilishga asoslangan. Bu yo'l bilan olingan gidrolizat murakkab aralashma bo'lib, u tarkibida glukoza, pentozalarning aralashmasi va spirtlar (kumarin, sinap, koniferil spirtlari) saqlaydi. Bu aralashmani qayta ishlash orqali gidroliz spirti va achitqi zamburug'ining biomassasi (yem achitqisi) olinadi. Bu texnologiyaning o'ziga yarasha kamchiliklari mavjud:

– kislotaga chidamli, katta hajmli maxsus idishlar talab qilinadi;

– ish sharoiti juda ham og'ir;

– ekologik ifloslanish manbayi hisoblanadi.

Mana shu kamchiliklarga qaramasdan bu texnologiyadan ko'plab mamlakatlarda hanuzgacha foydalanib kelinmoqda. Yaqinlargacha bunday zavod mamlakatimizning Yangiyo'l shahrida ham faoliyat ko'rsatgan, ammo mahsulot (daraxt chiqindisi) yetishmaganligi sababli bu zavodning faoliyati to'xtatilgan.

Ikkinchi texnologiya (hozircha keng ishlatilganicha yo'q) – bu fermentativ texnologiyadir. Sellulozani gidroliz qiluvchi selluloza kompleksi eng kamida uch fermentdan:

1) β-endo-(1-4)-glukoza molekulasi ichidagi β-(1-4)-bog'larni tartibsiz uzadigan ferment – β-endo-(1-4)-glukanazalar;

2) ekzo-(1-4)-glukoza yoki sellobiogidrolaza-sellooligosaxaridlarni redutsirlanmagan oxiridan disaxarid sellobiozani kesib tashlovchi ferment, bu ferment sellobmogidralaza deb ataladi;

3) β-glyukozidaza past molekulali (suvda eruvchi) sellulo-oligosaxaridlarni redutsirlanmagan oxiridan glukoza molekulasini kesib tashlovchi fermentlardan iborat bo'ladi. Bu ferment β-glukozidaza deb ataladi.

Selluloza fermentlari uzoq vaqt davomida chuqur o'rganilib kelinayotganligiga qaramasdan, ularning ta'sir mexanizmlari haqida to'liq bir to'xtamga kelinmagan. Gap shundaki, har xil toksonomik guruhga mansub bo'lgan mikroorganizmlar bir-birlaridan solishtirma faolligi, substrat spetsifikligi va qator boshqa xususiyatlari bo'yicha tubdan farq qiladigan sellulozalar sintez qiladilar. Ilmiy adabiyotlarda kristall sellulozaning fermentativ gidrolizining bir necha variantlari chop etilgan.

Sellulozani parchalovchi fermentlar indutsibel fermentlardir. Ularni aerob hamda obligat anaerob mikroorganizmlar ham sintez qiladilar. Anaerob sharoitda sellulozaning parchalanishida mikroskopik zamburug'lar, ayniqsa: *Trichoderma, Fusarium, Aspergillus, Chaetomium, Allesheria, Geotrichum* va boshqalar faol ishtirok etadilar. Sellulozani parchalaydigan bakteriyalardan *Cellilomonas, Sporangium, Archangium* va boshqalar ma'lum. Anaerob sharoitda selluloza termofil bakteriyalar – *Clostridium thermocellum* va ko'plab mezofill bakteriyalar yordamida faol parchalanadi. Bakteriyalarda sellulozaning parchalanishini oxiriga yetkazuvchi β-glukozidaza fermenti kamroq uchraganligi sababli, selluloza past molekulali oligosaxaridlar va sellobiozagacha parchalanadilar, xolos. Shuni ham ta'kidlash lozimki, anaerob bakteriyalarning endoglukanazalari aerob bakteriyalarnikiga nisbatan kengroq substrat spetsifikligiga ega. Anaerob mikroorganizmlar endonukleazalari bilan parchalangan sellulozaning sellooligosaxaridlari aralashmasida 5% gacha glukoza ham bo'lishi aniqlangan. Umuman olganda, sellulozaning anaerob bakteriyalar fermentlari bilan gidrolizi yaxshi o'rganilmagan.

Yog'och materiallaridan qog'oz tayyorlash uchun selluloza olish juda yaxshi yo'lga qo'yilgan. Har yili ishlab chiqariladigan mahsulotning hajmi millionlab tonna bilan belgilanadi. Yog'och materiallaridan selluloza olishda kimyoviy usullardan foydalaniladi. Bu usullar sulfitli va sulfatli usullardir. Ular murakkab va ko'p bosqichli usullar hisoblanadi. Oxirgi o'n yillarda biotexnologik-fermentativ usullardan foydalanishga kirishilgan. Kimyoviy usullar ichida ekologik nuqtyai nazardan afzalroq bu usul selluloza bilan birga ishtirok etib kelayotgan gemisellulozani tanlab gidroliz qilishga asoslangan va bu yuqori sifatli qog'oz tayyorlash imkonini beradi.

b) **Gemiselluloza** (ksilan). O'simlik substratlari tarkibida gemisellulozaning miqdori sellulozadan keyingi o'rinda turadi. Yog'ochli o'simliklarning qattiqligi selluloza, gemiselluloza va lignin birligi bilan belgilanadi. Igna bargli o'simliklar 12% gacha, barglilar esa 25% gacha gemiselluloza saqlaydilar. O'simliklarda gemiselluloza zaxira va tayanch vazifasini bajaradi. Gemiselluloza pentozalardan, asosan β-(14)-bog'lari bilan bog'langan D-ksilozalardan tashkil topgan. Har xil gemiselluloza lar ksilozadan tashqari, arabinozalar, qisman esa geksozalar – glukoza, galaktoza va glukuron kislotalar ham saqlaydi. Polimerizatsiya darajasiga qarab gemisellulozalarning molekulyar og'irligi 30 dan 200 kDa gacha bo'lishi mumkin.

Gemisellulozalar har xil toksonomik guruhga mansub bo'lgan, xususan, *Aspergillus, Trichoderma, Penicillium, Alternaria, Allescheria* va h.k. mikroorganizmlar ta'sirida oson parchalanadilar. Ksilan parchalovchi bakteriyalarga *Bacillus*, *Streptomyces, Clostridium* turiga mansub bo'lgan bakteriyalar kiradilar. Tabiiy substratlarda sterik murakkab bo'lganliklari uchun gemisellulozaning parchalanishi biroz qiyinroq kechadi. Shuning bilan birga gemisellulozani fermentativ parchalanishi sellulozanikiga nisbatan osonroq va to'laroq bo'lishini alohida ta'kidlash lozim. Gemisellulozaning ama-

liy ahamiyati katta bo'lganligi sababli uni parchalovchi fermentlar ham jadal o'rganilmoqda.

d) **Kraxmal.** Kraxmal yashil o'simliklarning asosiy zaxira moddasi hisoblanadi. Amaliy ahamiyati katta bo'lganligi hamda oson ajratib olish uchun kraxmalni o'rganish o'tgan asrdayoq boshlab yuborilgan.

Kraxmal kartoshkada 30% gacha, turli xil boshoqlilarda esa ko'proq (80% gacha) to'planadi. Kraxmal ikki komponent – amiloza va amilopektindan tashkil topgan. Turli manbalardan olingan kraxmal tarkibidagi amiloza 20–25% ni, qolganini esa amilopektin tashkil etadi. Amiloza lineyli polimer bo'lib, bir-birlari bilan α-(1-4) glikozid bog'i bilan bog'langan β-glukoza qoldiqlaridan iborat. Kraxmaldagi β-glukozaning polimerlanish darajasi 200 dan bir necha minggacha bo'lishi mumkin. Kraxmal issiq suvda bo'kmasdan, yengil eriydi. Yod bilan o'ziga xos bo'lgan qo'ng'ir rang beradi.

Amilozadan farqli o'laroq, amilopektin molekulasi yoniga tarqalgan. Tarqalgan nuqtada glukoza molekulalari, o'zaro α-(1-4)-glikozid bog'lari (amilozaga o'xshab) bilan bog'langan. Har xil amilopektinda α-(1-6)-bog'larining miqdori 4–5% dan oshmaydi.

Turli manbalardan ajratib olingan kraxmallar polimerizatsiya darajasi, yon bog'larining soni va fermentativ gidrolizga munosabati bilan farq qiladi. Kraxmalni ishlab chiqarish ko'rsatkichlaridan muhimi uning yopishqoqligidir (kleystrilizatsiya). Kraxmalning eruvchanligi polimerizatsiya darajasiga bog'liq. Polimerizatsiya darajasi oshib borishi bilan eruvchanlik pasayib boradi. 100–150 glukoza qoldig'idan iborat bo'lgan kraxmal faqat issiq suvda eriydi, xolos.

Kraxmalning gidrolizining ikki yo'li – kislotali va fermentativ yo'li ma'lum. Kislotalar yordamida gidroliz qilinganda, kraxmal molekulasidagi kristall qismi amorfga aylanadi va keyin gidrolizga

uchraydi. Fermentativ gidrolizda ham shunday bo'lsa kerak, deb taxmin qilinadi.

Kraxmalning parchalanishida amilaza deb atalmish bir guruh fermentlar ishtirok etadi va o'zining ta'sir xarakteriga qarab, endo- hamda ekzofermentlarga bo'linadi. α-amilaza endoferment, kraxmal molekulasi ichidagi bog'larni tartibsiz gidrolizlaydi. Glukoamilaza (amiloglukozidaza) va β-amilaza ekzo tipga kiradigan fermentlardir. Ular kraxmalni nativ molekulasidan ketma-ket glukoza (glukoamilaza) va maltozani (β-amilaza) kesib oladilar (qaytarilmaydigan uchidan).

Kraxmal inson oziqasida katta solishtirma og'irlikka ega (non, kartoshka, sabzavotlar va h.k.), shuning uchun ham organizmning asosiy energetik resursi hisoblanadi. Oziqa mahsulotlarida kraxmal quyidagi ulushlarda uchraydi: bug'doy uni – 74%, guruch – 77–78%, oq non – 51%.

Inson organizmida kraxmalning parchalanishi og'izdagi so'lakning α-amilazasi ta'siridan boshlanadi (og'izda kraxmal qisqa bo'lakchalarga bo'linadi), keyin ovqatlanish yo'lida bu fragmentlar glukozagacha parchalanadilar va hosil bo'lgan glukoza qonga so'riladi. Oziqlanish bahosi nuqtayi nazaridan, o'simliklar polimerlari orasida kraxmalga yetadigani yo'q.

e) **Pektin**. Pektinlar poligalakturonidlarning to'g'ri chiziqli zanjiri bo'lib, bir birlari bilan α-(1-4)-glikozid bog'lari bilan bog'langan. D-galakturon kislotasi qoldiqlaridan tashkil topgan. Pektinlarnimg karboksil guruhlarining katta qismi metanol bilan efir bog'i hosil qiladi. Pektin moddalarining molekulyar massasi 20–200 kDa. Turli manbalardan ajratilgan pektinlar molekulyar og'irliklari va efirlanish darajalari bilan farqlanadi.

Mikroorganizmlar turli pektinlarni faol parchalaydi. Shunisi qiziqki, o'simlik mikroflorasining patogenligi ularning pektolitik

fermentlar sintez qilishlari bilan belgilanadi. Pektin moddalarining buzilishida ikki tipdagi fermentlar – esterazalar va depolimerazalar ishtirok etadi.

Pektin esterazalar ta'sirida efir bog'lari parchalanadi va oqibatda metanol ajralib chiqadi. Depolimerazalar, gidrolazalar poligalakturon kislotasini di- va trimer, oligomerlarigacha, hatto ba'zi vaqtlarda monomerlargacha (D-galakturon kislota) parchalaydilar. Tabiiy sharoitda dekarboksillanish oqibatida poligalakturon kislota pentoza-arabinga aylanadi. O'simliklarda bu kislotani pektin moddalarning yo'ldoshi deb ham yuritiladi. Pektin moddalarga, shuningdek. galaktozaning polimeri – galaktan ham kiradi. Ko'p miqdorda pektin moddalari saqlaydigan ko'plab o'simliklar ma'lum: olma, uzum, olxo'ri va h.k.

Pektinlar va ularning qisman gidrolizatlari oziq-ovqat sanoatida keng qo'llaniladi, masalan, djem, povidlo, konfet va boshqa shirinliklar tayyorlashda.

f) **Lignin.** Qayta tiklanadigan polimerlar orasida lignin karbonsuv bo'lmagan yagona polimer hisoblanadi. Miqdor jihatidan o'simliklar biopolimerlari orasida lignin, selluloza va gemisellulozadan keyin uchinchi o'rinda turadi. Yog'ochli o'simliklarda ligninning miqdori 15–30% ga yetadi. O'simlikda lignin selluloza bilan gemisellulozani bog'lab turuvchi agent rolini o'ynaydi va o'simlikka qattiqlik beradi. O'simlik polimerlari orasida lignin mikroblar ta'siriga eng chidamlidir.

Kimyoviy nuqtayi nazardan, lignin bir xil bo'lmagan birikma bo'lib, tarkibida ko'mir (asosiy komponent), sinap va koniferil spirtlarini saqlaydi. Ammo ligninning murakkabligi turli monomerlarni saqlashida emas, balki monomerlar orasidagi bog'lar to'plami bilan belgilanadi.

Turli manbalardan ajratilgan lignin metoksil guruhini saqlashi bilan farqlanadi. Masalan, bargli daraxtlarda metoksil guruhining miqdori 20–21%, nina bargli o'simliklarda esa 16%, boshoqlilarda 14–15% ni tashkil etadi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, o'simliklarning boshqa biopolimerlariga nisbatan lignin mikroblar ta'siriga ancha chidamli. Ligninni parchalaydigan yagona organizm – bu yuksak bazidial zamburug'lardir. Bu mikromitsetlar ikki ekologik va fiziologik guruhga bo'linadilar. Birinchi guruhga mansub zamburug'lar qo'ng'ir rangli chirindi hosil qilsa (ular sellulozali va gemisellulozali komponentlarni parchalaydilar, ligninni parchalamaydilar), ikkinchi guruhga mansub zamburug'lar esa oq rangli chirindi hosil qiladilar. Faqatgina mana shu guruhga kiruvchi mikromitsetlar ligninni ham parchalash imkoniyatiga ega, ular o'simlikning barcha biopolimerlarini parchalay oladilar. Ligninni ko'proq parchalash xususiyatiga ega bo'lgan bazidiomitsetlar ham ajratilgan. *Pleurotus ostreatus* shular jumlasidandir.

Yog'och mahsulotlarini sanoat miqyosida qayta ishlash jarayonida (qog'oz ishlab chiqarish, fermentativ va kislotali gidroliz, mikrokristall selluloza ishlab chiqarish va h.k.) lignin keraksiz komponent hisoblanadi va shu sababli uni ajaratib tashlashga to'g'ri keladi.

Bu jarayon delignifikatsiya deb ataladi. Shu maqsad uchun yog'och massasiga turli kimyoviy va fizikaviy ishlov beriladi (kislotalar, ishqorlar, organik erituvchilar, bosim, bug', mexanik ishlov berish, maydalash va h.k.).

g) **Fruktanlar, mannanlar va inulinlar.** Fruktanlar, mannanlar va inulinlar muhim biopolimerlar bo'lib, ular yuqori oziqa birligiga egaligi bilan xarakterlanadilar.

Fruktanlar (levanlar) fruktozadan tashkil topgan polimerlardir.

Ular o'tli o'simliklarning quruq massasining 14–15% ini tashkil etadi va hayvon oziqasi uchun eng muhimi hisoblanadi. Tuproqdagi bakteriyalar fruktanlarni parchalaydilar, ammo ularni parchalaydigan eng faol mikroorganizmlar aspergillar hisoblanadi. Tabiatda fruktanlarga o'xshash bo'lgan polimerlarni hosil qiluvchi bakteriyalarning katta guruhi ma'lum.

Mannanlar – mannozalardan tashkil topgan polimerlardir.

Ular nina bargli o'simliklarda ko'proq uchraydi (quruq massasidan 10–11%). Ilmiy adabiyotlarda mannanlarga o'xshagan, eruvchan polimerlar ajratuvchi achitqi zamburug'larning borligi haqida ma'lumotlar chop etilgan.

Inulin-D-fruktoza qoldiqlaridan tashkil topgan polimer oziqa birligi bo'yicha kraxmaldan kam emas, ovqat bilan birga tez parchalanadi.

U yer noki (tapinambur)da ko'proq uchraydi. Bakteriyalar va zamburug'lar inulinni parchalovchi ferment sintez qiladilar. Inulin oziq-ovqat sanoatida, tibbiyotda (qand kasalligining oldini olishda) keng qo'llanilib kelinmoqda.

h) **Agar**. Agar ikki komponent – agaroza va agarpektindan tashkil topgan.

Agaroza – ketma-ket bog'langan D-galaktoza va 3,6-angidrogalaktozadan tashkil topgan polimerdir.

Agaropektin murakkabroq tarkibga ega. Yuqorida qayd etilgan birikmalardan tashqari, unda uran kislotasi va sulfat bor. Agar qizil suvo'tlar tarkibida katta miqdorda uchraydi. Sanoat sharoitida agar mana shu suvo'tlardan olinadi. Agar ma'lum avlodiga mansub bo'lgan bakteriyalar tomonidan parchalanadi: *Cytophaga, Flavobacterium, Bacillus, Pseudomonas.* Agar oziq-ovqat va mikrobiologiya sanoatida keng ishlatiladi.

i) **Xitin.** Xitin - N-asetil-glukozaminning to'g'ri chiziqli polimeridir. Xitinni biopolimer sifatida turli fizik va kimyoviy ta'sirga chidamliligi N-asetilli guruh hosil qiluvchi qo'shimcha vodorod bog'larining ko'pligi bilan tushuntiriladi. Xitin o'simlik va hayvonot dunyosida struktura polimeri sifatida keng tarqalgan polimerdir.

Xitin tuproqda katta miqdorda uchraydi, u ko'pincha mitselial zamburug'larning hujayra qobig'ining asosiy komponentidir. Qisqichbaqasimon planktonlar har yili minglab, million tonnalab xitin ishlab chiqaradilar. Xitinni parchalovchi tuproq va suv bakteriyalari ma'lum.

Xitinning gidrolizlari uglerod va azot manbayi sifatida mikrobiologiya sanoatida keng qo'llaniladi. Xitin parchalovchi eng faol mikroskopik zamburug'lar *Aspergillus* avlodiga mansubdir. Shuningdek, xitinni aktinomitsetlar ham parchalay oladilar. Bu jarayonda xitinaza va xitobiaza fermentlari ishtirok etadilar.

Uzoq muddat ta'sir ettirilganda bu fermentlar xitindan monomerlar – M-asetilglukozaminlar, dimerlar va trimerlar hosil qiladi.

Mikroorganizmlar uchun oziqa muhiti. Mikrobiologiya fani rivojlangan sari mikroorganizmlarni o'stirish metodlari ham takomillashib bormoqda. Lui Paster davriga qadar mikroorganizmlar uchun oziqa muhiti sifatida qaynatilgan oziqalardan foydalanib kelingan bo'lsa, Lui Paster va K.Negeli oqsilsiz oziqa muhitini qo'llashni tavsiya etganlar.

Robert Kox va F.Lyoffler qaynatma sho'rva, pepton va osh tuzidan foydalanishni tavsiya etganlar. Bunday oziqa muhiti go'sht-peptonli sho'rva bo'lib, unga 1–2% quruq agar-agar qo'shiladi. Uning tarkibida 70–75% Fe, 11–22% H_2O, 2–4% kul, 0,4–0,9% umumiy azot, 0,03–0,09% ammiakli azot uchraydi. Agar-agarning asosini kalsiy tuzlari, nordon efirlar, sulfat kislota va

uglevod kompleksi – polisaxaridlar (arabinoza, glukoza, galaktoza va boshqalar) tashkil etadi.

Agar-agar 80–86°C da eriydi, 36–40°C da qotadi. Shu xususiyati tufayli mikrobiologiyada keng foydalaniladi. Oziqa muhitini 3 guruhga bo'lish mumkin:

1) oddiy yoki sodda oziqa muhiti: go'sht-peptonli sho'rva, go'sht-peptonli agar va boshqalar;

2) maxsus tayyorlangan oziqa muhiti: zardobli agar, zardobli sho'rva, ivib qolgan zardob, kartoshka, qonli agar, qonli sho'rva, assetik sho'rva, assetik agar va boshqalar;

3) differensial diagnostik oziqa muhiti: bu guruhga mikroorganizmlarning proteolitik xususiyatlarini aniqlash uchun go'sht-peptonli jelatin; uglevodlarning fermentativ xususiyatlarini aniqlash uchun oziqa muhiti (griss ozig'i); gemolitik xususiyatlarni aniqlash uchun oziqa muhiti (qonli agar) misol bo'ladi;

4) mikroorganizmlarning qaytaruvchanlik xususiyatini aniqlash uchun oziqa;

5) o'z tanasida ma'lum moddalar sintezlay oladigan mikroblar uchun oziqa va boshqalar misol bo'ladi.

Hozirgi vaqtda ko'p oziqalar quruq holda chiqarilmoqda, chunki ulardan foydalanish ancha qulay. Mikroorganizmlarni o'stirish uchun hozirgi vaqtda oqsilsiz oziqalardan keng foydalaniladi. Bunday muhitda ko'pchilik geterotroflar va patogen mikroblar yaxshi o'sa oladilar.

Bunday oziqalarning tarkibi murakkab bo'lib, ular ko'plab komponentlardan tashkil topadilar. Prototroflar juda oz miqdorda uglevodlar va tuzlar bo'lgan muhitda ham o'sa oladilar. Auksotroflar esa o'z ozig'ida aminokislotalar va vitaminlar bo'lishini talab qiladi.

Oziqa muhiti qattiq (go'sht-peptonli agar, go'sht-peptonli jelatin, chirigan zardob, kartoshka, tuxum oqi), yarim suyuq (0,5%

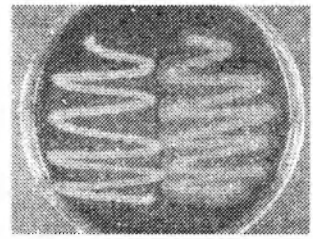
go'sht-peptonli agar) va suyuq holatda (pepton suvi, go'sht-peptonli bulyon, shakarli bulyon) bo'ladi. Laboratoriyada bakteriyalar probirkalarda, Petri likobchalarida va kichik shisha idishlarda o'stiriladi. Zich oziqa muhitida bakteriyalar turli shakldagi koloniyalar hosil qiladi: qirralari tekis, tekis bo'lmagan, do'ng, ichiga botgan, yumaloq va hokazo.

Koloniyalarning diametri turlicha bo'lishi mumkin (4–5 mm bo'lsa katta, 2–4 mm bo'lsa o'rtacha, 1–2 mm bo'lsa kichik va 1 mm dan kichik bo'lsa mitti koloniya deyiladi). Koloniyalarning rangi ham turlicha bo'lishi mumkin, rangli, rangsiz, quruq va shilimshiq.

Sof va elektiv kulturalar. Bakteriyalarning bir turidan tashkil topgan kultura sof (toza) kultura deyiladi. Sof holdagi kulturani ajratib olish ancha mashaqqatli ish, lekin shunga qaramasdan bunday kulturaning ahamiyati katta. Chunki sof holda ajratib olingan kulturada bakteriyalarning morfologiyasi, fiziologiyasi, biologik xususiyatlari va rivojlanishini aniq tekshirish imkoniyati yaratiladi. Sof kulturadan tashqari, elektiv kulturalar ham ma'lumdir. Shunday qilib, elektiv atamasi mikrobiologiyaga V.I.Vinogradskiy tomonidan kiritilgan bo'lib, unda ma'lum muhitda ma'lum bir guruh mikroorganizmlar boshqa guruh mikroorganizmlarga nisbatan ustuvorlik sezadilar. Elektiv kultura deb ko'p turli mikroorganizmlar orasidan ayrim bir turning rivojlanishi uchun sharoit yaratishga aytiladi. Masalan, *Bac. subtillis* ning elektiv kulturasini shunday qo'yish mumkin: quruq pichandan 5–10 g olib, ustiga 200 ml suv quyiladi va ozgina oq bo'rdan qo'shib, 15–30 minut qaynatiladi. So'ngra filtrlab, kichik kolbalarga oz-ozdan solinadi va og'zini paxta probka bilan berkitib, 25–30° li termostatda o'stiriladi.

Tuproqdagi ko'p turli mikroorganizmlardan ayrim turlarni ajratib olish mumkin. Yuqorida keltirib o'tilganidek, elektiv kultu-

ralar usulini Vinogradskiy ishlab chiqqan va nitrifikatorlarni boshqa guruhga mansub bo'lgan bakteriyalardan ajratib olishga erishgan.



29-rasm. Bacillus subtillis.

Mikroorganizmlarning oqib turuvchi kulturasi. Bu usul laboratoriyada yoki ishlab chiqarish korxonalarida muhim ahamiyatga ega. Kulturali idishlarga doim yangi oziqa eritmasi oqizib qo'yiladi. Ikkinchi tomondan ishlanib bo'lgan kultura chiqib turadi, ikkala tomonning oqim tezligi barobar bo'ladi. Masalan, kultivatorlar tutashtirilgan 3 ta idishdan iborat bo'lsa, 1-idishda yosh bakteriyalar, 2-idishda yetilgan bakteriyalar va 3-idishda ko'payishdan to'xtagan bakteriyalar kulturasi bo'ladi. Bu usulda istagan vaqtda ishni to'xtatib, ma'lum yoshdagi bakteriyalar kulturasini olib, ularning xususiyatlarini o'rganish mumkin.

? *Savollar*

1. Pektinli bijg'ishda qatnashadigan mikroorganizmlar va ularda uchraydigan fermenlarni izohlang.
2. Sellulozaning anaerob bijg'ishi qanday boradi?
3. Sellulozaning aerob parchalanishi ximizmini tushuntiring.
4. Moy kislotali bijg'ishning ahamiyati nimada?
5. Elektiv kultura deganda nimani tushunasiz?

IV B O B. MIKROORGANIZMLAR GENETIKASI

4.1. Irsiyat va o'zgaruvchanlik

Mikroorganizmlarda ham, xuddi boshqa tirik jonivorlardagi kabi, muayyan turga xos belgilar nasldan-naslga o'tadi. Lekin tashqi muhit ta'siri ostida bir turdagi morfologik, fiziologik xossalar o'zgarishi mumkin. Masalan, Lui Paster kuydirgi qo'zg'atuvchisida sun'iy yo'l bilan qaytmas o'zgarishlar hosil qildi va shu kasalliklardan saqlaydigan vaksinalar ishlab chiqdi. N.F Gamaleya oziqa muhitiga litiy xlorid qo'shilganida, vabo vibrionining morfologiyasi o'zgarishini kuzatdi. Bu misollar yashash sharoitiga qarab, mikroorganizmlar o'z xossalarini o'zgartira olishini ko'rsatadi.

Irsiyat bilan o'zgaruvchanlik bir-biri bilan chambarchas bog'liq ikki jarayon bo'lib, tiriklikning asosini tashkil etadi. Hozirgi vaqtda mikroorganizmlarning irsiy xususiyatlari va o'zgaruvchanligi boshqa organizmlarnikiga qaraganda yaxshi o'rganilgan.

1925-yilda G.A.Nadson va G.S.Filippov achitqi zamburug'lariga rentgen nurlarini ta'sir ettirib, yangi mutantlar olishga muvaffaq bo'lganlar. Ulardan keyin 1928–1932-yillarda M.N.Meysel achitqilarga xloroform va kuchsiz sian tuzlari ta'sir ettirib, yangi mutantlar olgan. Mikroorganizmlarda genetika qonuniyatlarini o'rganish muhim ahamiyatga ega, chunki bakteriyalarning tez bo'linishi va naslining nihoyatda ko'p, mayda bo'lishi va kam joyni egallashi ularni nihoyatda qulay obyekt qilib qo'yadi. Masalan, ichak tayoqchasi ko'payar ekan, har 15 minutda bo'linib turadi, bitta hujayra naslining soni 18–24 soatdan keyin 1 mm^3 da 24 milliardga yetadi.

Mikroorganizmlarda fenotipik (nasldan naslga o'tmaydigan) va genotipik (nasldan naslga o'tadigan) o'zgaruvchanlik farq qili-

nadi. Bular hujayraning ikki asosiy xususiyati: genotipi va fenotipiga bog'liqdir.

Genotip hujayradagi umumiy genlar majmuasi (yig'indisi) bo'lib, organizmning butun bir guruh xossalarini, tashqi muhitning turli sharoitida turlicha namoyon bo'ladigan xossalarini belgilab beradi. Biroq genotip har qanday sharoitda nisbiy doimiyligini saqlab qoladiki, bu hol mikroorganizmlar turlarini bir-biridan farq qilib, ajratib olishga imkon beradi.

Fenotip har bir individuumdagi morfologik va fiziologik xossalarning umumiy kompleksidir. Fenotip go'yo ma'lum bir konkret yashash sharoitida genotip xarakterining tashqi ko'rinishi ifodasidir.

Genotip hujayraning umumiy yuzaga chiqishi mumkin bo'lgan xususiyati bo'lsa, fenotip ushbu xususiyatlarning ko'zga ko'rinadigan ifodasidir.

Dizoksiribonuklein kislotasi (DNK) polimer bo'lib, uning monomerlari nukleotidlardan iborat. Har bir nukleotid o'z navbatida purinli asoslardan: adenin, guanindan (A, G); piromidinli asoslardan timin va sitozin (T, S), qand moddasi, dizoksiriboza va fosfat kislota qoldig'idan iborat.

DNK molekulasi qo'shaloq spiral bo'lib, uning zanjirlari bir-biriga komplementar joylashgan. Zanjirlardan birida A, uning ro'parasida ikkinchi zanjirda T joylashgan bo'ladi; birida G joylashsa, ikkinchi zanjirda albatta S bo'ladi. Bu degani, DNK molekulasidagi zanjirlardan birida nukleotidlar, A, G, S, G, G, G, A, G, S tartibda bo'lsa, unga komplementar zanjirdagi nukleotidlar albatta T, S, G, A, S, S, T, S, G tartibda bo'ladi. Bu DNK molekulasidagi nukleotidlarning komplementarligi yoki o'zaro to'ldirish prinsipi deb yuritiladi. Har bir mikroorganizm hujayrasi ko'payishi paytida DNK molekulasi ham ko'payadi. DNK molekulasining ko'payishi yarim konservativ, ya'ni yangi hosil bo'ladigan

DNK molekulasi uchun eski DNK molekulasining har bir zanjiri alohida qolip (matritsa) rolini o'ynaydi. Bu usuldagi DNK sintezi autosintez deb yuritiladi. DNK sintezini amalga oshiruvchi ferment DNK polimeraza fermenti deyiladi. Bu ferment DNK molekulasidagi A-T, G-S oralig'idagi vodorod bog'larini uzib, qo'shaloq spiralni yakka spiral holiga keltiradi. Har bir spiral yangidan hosil bo'ladigan DNK molekulasi uchun qolip rolini o'ynaydi.

Ribonuklein kislotasi (RNK) ham polimer bo'lib, uning monomerlari nukleotidlardir. RNK molekulasi bitta zanjirdan, riboza, azotli asoslardan A, U, S, G va fosfat kislota qoldig'idan iborat. Hujayrada 3 xil RNK mavjud bo'ladi: 1) i-RNK – bu polimeraza fermenti ta'sirida DNKdan sintezlanadi; 2) r-RNK – oqsil sintezini amalga oshiruvchi ribosomaning tarkibiga kiradi; 3) t-RNK – oqsil sintezida i-RNK ga o'z antikodonlari bilan kerakli aminokislotalar tashib keladi. Ba'zi bir viruslarning irsiy moddasi asosida DNK o'rnida RNK ham bo'ladi. Bunday viruslar qatoriga gripp, poliamelig viruslari kiradi.

Mikroorganizmlar xromosomasi. Haqiqiy mikroorganizmlarning yadrosida xromosomalar bo'lib, ularda genlar joylashadi. Mikroorganizmlar xromosomasidagi genlar galloid to'plamida bo'ladi. Ko'p hollarda mikroorganizmlarning yadrosidan tashqari mitoxondriya va suv o'tlarining xloroplastlarida ham genlar bo'lib, ular nazorat qiladigan belgilar bir tomonlama, sitoplazmatik usulda avloddan-avlodga uzatiladi. Yadrosi shakllanmagan mikroorganizmlarning xromosomasi doira shaklida bo'lib, ular bitta, bir-biriga bog'langan genlar tizimini tashkil qiladi.

Plazmid. Bakteriya hujayrasida halqasimon xromosomadan tashqari molekulyar og'irligi $1 \cdot 10^8$ daltondan ortiq bo'lmagan DNK molekulasi uchraydi. Bu DNK bakteriya xromosomasiga bog'liq bo'lmagan holda ko'payishi va yangitdan hosil bo'lgan bakteriya hujayralariga berilishi mumkin.

Bakteriya plazmidlari hujayrada ikki holatda: bakteriya xromosomasidan alohida va bakteriya xromosomasiga birikkan holda bo'ladi. Bakteriya xromosomasiga birikkan plazmidlar episomalar deb yuritiladi.

Agar bakteriya plazmidi donar hujayradan retsipiyent hujayraga berilsa, «transmissibel», berilmasa «transmissibel bo'lmagan» plazmid deyiladi. Demak, plazmidlarning nusxa ko'chirish (replikatsiya), bakterial xromosomaga birikish va turlicha miqdorda boshqa hujayralarga uzatilish kabi uch funksiyasi mavjud. Bakteriya fenotipida namoyon bo'ladigan belgilar qatoriga: donorlik (F plazmid), og'ir metall tuzlari va antibiotiklarga chidamililik (R plazmid), kasallikning yuzaga chiqishi (Ent, Vir) va shu kabilar kiradi. Bakteriyalarning turli xil antibiotiklarga chidamli bo'lishiga antibiotiklarni parchalovchi yoki ularning aktivligini kamaytiruvchi fermentlar ishlab chiqarishi, antibiotiklarning hujayraga kirish qobiliyatining yo'qolishi, ularning bakteriya hujayralarida to'planmasligi sababdir. Shuning uchun tibbiyotda, veterinariyada kasalliklarga qarshi antibiotiklar qo'llanilganda yaxshi natija bermaydi. Plazmidlarning salbiy funksiyalaridan yana biri virulent bo'lmagan bakteriyalarni virulent, ya'ni kasallik tug'diruvchi bakteriyalarga aylantirib qo'yishidir. Bunday hollar veterinariya, tibbiyot va fitopatologiyada muhim o'rin egallaydi. Tabiatdan ajratib olingan bakteriyalarning 50% dan ortig'ida plazmidlar topilgan.

Mikroorganizmlar genotipi va fenotipi haqida tushuncha.

Genotip bu muayyan tizimdagi o'zaro ta'sir etuvchi genlar yig'indisidir. Fenotip esa genotip va muayyan tashqi muhit ta'sirida organizmda shakllanadigan barcha belgi va xususiyatlar yig'indisidir. Organizmda hech vaqt genotipdagi barcha imkoniyatlar bir vaqtda yuzaga chiqmaydi. Har bir organizmning fenotipi bu muayyan sharoitda genotip va tashqi muhit ta'sirida qisman belgi va xususiyatlarning shakllanishidir.

Mikroorganizmlar genetikasida tekshirish ishlari kulturalarda, ya'ni millionlab, milliardlab hujayra yig'indisida olib boriladi. Mikroorganizmlardagi belgilar bir qancha guruhlarga bo'linadi.

1. Morfologik belgilarga kulturaning qattiq oziqa muhitidagi rangi, o'sish xarakteri, mitsellilarining borligi, o'lchami, formasi, koloniyalarining cheti va ustidagi xarakterli belgilar hamda suyuq oziqa muhitida o'sishi kabilar kiradi.

2. Fiziologik belgilarga hujayraning temperaturaga bo'lgan munosabati, ya'ni past va yuqori temperaturada o'sishi yoki o'sa olmasligi, radiatsiya, turli xil zaharli moddalarga hamda antibiotiklarga chidamliligi va boshqa xususiyatlari kiradi.

3. Biokimyoviy belgilarga mikrob kulturasining ba'zi bir vitaminlar, aminokislotalar yoki boshqa omillar bo'lmagan oziqa muhitida o'sishi, ba'zi bir oziqa muhitlaridan o'zi uchun zarur bo'lgan moddalarni sintezlash qobiliyati kiradi. Agar mikrob kulturasi yashayotgan oziqa muhitida uning hayoti uchun faqat ayrim elementlargina uchrasa-da, lekin shunga qaramasdan mikrob kulturasi o'zi uchun zarur oziqalarni sintezlab olsa, bunday kultura prototrof kultura deyiladi. Oziqa muhitiga vitaminlar, aminokislota va shu kabi moddalar qo'shilgandagina o'sadigan kultura *auksotrof kultura* deyiladi.

Achitqi zamburug'i (*Saccharomyces serevisae*) odatda mineral tuzlar, glukoza, vitaminlardan: tiamin va biotindan iborat oziqa muhitida o'sa oladi. Bunday kultura *prototrof kultura* deyiladi. Agar zamburug' oziqa muhitida arginin yoki lizin bo'lmasa, boshqa aminokislotasiz o'sa olmasa, bunday kultura auksotrof kultura deyiladi.

Tabiatdan ajratib olingan mikrob shtammlari odatda «yovvoyi tur» deyiladi. Bitta hujayraning bo'linishidan hosil bo'lgan koloniya klon deyiladi. Klondagi hujayralar bir xil bo'ladi. Mikroorganizm-

larning har qanday belgi va xususiyatlari genotip va tashqi muhit ta'sirida shakllanadi. Genotipga ko'ra bir xil bo'lgan kulturalar turli xil sharoitda har xil fenotipga ega bo'lishi mumkin. Bunday holat nasldan-naslga berilmaydi va *modifikatsion o'zgaruvchanlik* deb yuritiladi. Mikroorganizmlarning geni ham odatda DNK dan tashkil topgan bo'ladi. Bitta gigant DNK molekulasi minglab oqsil sinteziga ega bo'lishi mumkin. DNK molekulasidan i-RNK sintezlanadi, bundan i-RNKda bir yoki bir necha oqsil sintezlanadi. Bitta oqsil sintezi uchun zarur bo'lgan i-RNKni yetkazib beruvchi DNK molekulasi *sistron* deb yuritiladi. Oqsil molekulasi o'rtacha o'lchamini bilgan holda, gen o'lchamini aniqlash mumkin. Yuqorida aytganimizdek, oqsil molekulasi 300—500 aminokislotadan iborat bo'ladi. Ichak tayoqchasi bakteriyasining DNK molekulasida taxminan $3 \cdot 10^6$ juft nukleotid bor. Demak, ichak tayoqchasi bakteriyasining 2—3 ming geni bo'lishi mumkin. T_2 fagining genlari esa taxminan 200 ga teng.

Fenotipik o'zgaruvchanlik. Modifikatsiyalar tashqi muhitning turli omillari ta'sirida kelib chiqadi va odatda, mikrob turli oziqa muhitida o'sib ko'payganida kuzatiladi. Oziqa muhiti tarkibi va sifatining, muhit pH ning, temperaturaning o'zgarishi, kimyoviy moddalar (kolxitsin, etilamin) va boshqalar modifikatsiyalar kelib chiqishiga sabab bo'lishi mumkin. Bunday o'zgarishlar nasldan-naslga o'tmaydi (irsiylanmaydi) va ularni keltirib chiqargan omilning ta'siri to'xtashi bilan yo'qolib ketadi.

Muhitga penitsillin qo'shiladigan bo'lsa, hujayralar cho'ziladi, ba'zan juda uzayib ketadi. Bakteriyalarda sporalar hosil bo'lishi muhit xarakteriga (quyuq yoki suyuqligiga), uning tarkibi, o'stirish temperaturasiga bog'liq.

Muhitga 0,1% pepton qo'shilganda, 48 soatdan keyin 100% spora hosil bo'lsa, 2% pepton qo'shilganda faqat vegetativ formalar

bo'ladi. Ko'pgina bakteriyalar va zamburug'lar turli oziqa muhitida va turli temperaturada o'stirilganda, pigment hosil qilish tezligini o'zgartiradi. Chunonchi, «ajoyib tayoqcha» (qizil qon tayoqchasi) uy haroratida oziqa muhitida to'q qizil pigment hosil qiladi. 37°C da esa bunday pigment hosil qilmaydi. Bakteriyalar quyuq oziqa muhitida o'stirilganda, hosil qiladigan koloniyalarning tipi ham o'zgarishi mumkin.

Ba'zi koloniyalar silliq, yumaloq shaklda, cheti tekis, yaltiroq, bir jinsli (gomogen), mayda bo'ladi. Bular S-formalardir. Boshqalari g'adir-budur, xira, ko'pincha, tiniqmas, cheti notekis, noto'g'ri shaklli, quruq bo'ladi. Bular R-formalardir. Koloniyalarning oraliq formalari ham bo'ladi, bular shilimshiqlar, mittilar. Bir turdagi bakteriyalarning o'zi har xil shakldagi koloniyalar hosil qilishi dissotsiatsiya (ajralish) deb ataladi.

Genotipik o'zgaruvchanlik. Hujayraning irsiy axboroti ona hujayradan qiz hujayraga o'tadigan xromosoma bilan genlarda joylashgan. Genlar xromosomalarda joylashgan. Jinssiz bo'linishda – mitoz jarayonida genlar ikkita hujayra o'rtasida teng taqsimlanadi. Qiz hujayralar dastlabki (o'zidan oldingi) hujayraning to'liq genlar to'plamini oladi va bir xil to'ladi.

Genotipik o'zgaruvchanlik, mutatsiyalar va genotip rekombinatsiyalari (konyugatsiya, transformatsiya, transduksiya) natijasida vujudga kelishi mumkin.

Mutasiyalar. Turli omillar ta'sirida DNK molekulasining o'zgarishi undagi axborotning ham o'zgarishiga olib keladi. Shunday o'zgarishlar natijasida mutantlar paydo bo'ladi. Mutatsiyalar spontan va induksiyalangan bo'lishi mumkin. Spontan mutatsiyalarning kelib chiqish sabablarini aniqlab bo'lmaydi, induksiyalangan mutatsiyalarniki esa ma'lum bo'ladi. Mutasiyalarni keltirib chiqaradigan sabablardan jinsiy gormonlar (kolxitsin, etilamin,

iprit, qoramoy, mineral moylar), o'sishni tezlashtiruvchi moddalar va boshqalarni misol qilib keltirish mumkin.

Bularning ta'siri natijasida nukleotidlar tasodifan qayta guruhlanadi va yangi xossaga ega bo'lgan mutant vujudga keladi. Agar vujudga kelgan mutatsiya organizm uchun foydali bo'lsa, mutantlar ko'payib ketadi va, aksincha, vujudga kelgan o'zgarish foydali bo'lmasa, mutantlar nobud bo'ladi.

Mikroorganizmlarda mutatsiyalar kam uchraydi, millionta hujayraga bitta mutatsiya to'g'ri keladi. Masalan, antibiotiklarga chidamlilik, triptofan aminokislotasini sintezlash xususiyati, faglarga chidamlilik, koloniyalari shaklining o'zgarishi, pigment hosil qilishning o'zgarishi yoki kapsulali formalarning kapsulasiz bo'lib qolishi, xivchinlar hosil qilishning o'zgarishi va boshqalar mutatsiyalarga xosdir. Masalan, novvoychilikda ishlatiladigan achitqilarning yangi shtammlarining yoki ko'p miqdorda antibiotiklar sintezlovchi shtammlarning olinishi yoki B_{12} vitamin, moylar va lipidlarni sintezlovchi shtammlarning olinishi, sut kislota hosil qiluvchi shtammlarning yoki dizenteriya, paratif va tifga qarshi bo'lgan aktiv profilaktik formalarning olinishi va boshqalar mutatsiyalarga misoldir.

Genning strukturasi va ta'siri. Irsiyat birligi sifatida genning mavjudligi 1865-yilda chex olimi G. Mendel tomonidan isbotlab berilgan. «Gen» so'zi fanga Iogansen tomonidan kiritilgan. Mendel o'z ishlarida ma'nosi jihatidan genga mos keluvchi «faktor» so'zini qo'llagan. T.G.Morgan tomonidan «meva pashshasi» misolida irsiyatning xromosoma nazariyasi yaratilgandan so'ng, 1930-yillarga kelib, A.S.Serebrovskiy va A.P.Dubininlarning asarlarida genning murakkab tuzilishga ega bo'lishi, uning bir qancha markazlarga bo'linishi ta'riflab berildi. Keyinchalik bu mazmundagi ishlar S.Benzerning maqolalarida yanada mukammal o'rganilgan.

Hujayradagi oqsil sintezi. Mikroorganizmlarning hujayrasida oqsil sintezi uchun zarur bo'lgan barcha imkoniyatlar mavjud. Viruslar oqsil sintezini faqat xo'jayin hujayrasida mavjudligidagina sintezlay oladi. Oqsil sintezi hujayradagi sitoplazmada joylashgan ribosomalarda boradi. Ribosomalar kichik va katta subedinitsalardan tashkil topadi. Oqsil sintezida uch xil RNK ishtirok etadi.

1) i-RNK (m-RNK) informatsion-RNK deb nomlanadi va u RNK polimeraza fermenti ta'sirida DNKdan sintezlanadi. DNKdan i-RNKning sintezlanishi *transkripsiya* deb yuritiladi. i-RNK sintezlangandan so'ng ribosomalarga kelib, oqsil sintezi uchun dastur bo'lib hisoblanadi;

2) t-RNK (transport-RNK) ribosomaga o'z antikodonlari bilan aminokislotalarni tashib keladi. t-RNK yordamida bo'ladigan sintez *translyatsiya* deb yuritiladi;

3) r-RNK ribosoma-RNK deyiladi. U ribosomaning qurilish materiallarini tashkil qilib, oqsil sintezida ishtirok etadi.

Genetik kod. Sintezlangan i-RNK dagi nukleotidlar ribosomada uchtadan bo'lib o'qiladi. Ya'ni har uch nukleotid bitta aminokislotani sintez qiladi. Bu degani, genetik kod tripletdir. Hozirgi vaqtda 20 ta aminokislotani belgilovchi i-RNKdagi uchtadan iborat nukleotidlar aniqlangan va ular *kodon* deb yuritiladi.

i-RNK dagi kodonlarning aminokislotalarga mos kelishi 6-jadvalda ifodalangan.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, ko'p hollarda bitta aminokislota ikki va undan ortiq kodonlar yordamida sintezlanishi mumkin.

Masalan:

alanin – GSU, GSS, GSA, GSG;

leysin – SUU, SUS, SUA, SUG;

prolin – SSU, SSS, SSA, SSG.

Gendagi kodonlar bilan oqsildagi aminokislotalarning tartibli bir-biriga mos kelishi *kolinearlik* deyiladi. Eukariot organizmlarning

6-jadval

Turli xil aminokislotalarni belgilovchi i-RNK kodonlardagi nukleotidlar tartibi

Kodonning birinchi nukleotidi	Kodonning ikkinchi nukleotidi				Kodonning uchinchi nukleotidi
	U	S	A	G	
U	UUU fenilalanin UUS UUA leysin UUG	USU USS USA serin USG	UAU tirozin UAS UAA oxra UAG yantar	UGU sistein UGS UGA yantar UGG triftofan	USA G
S	SUU SUS leysin SUA SUG	SSU SSS SIA prolin SSG	SAU gistidis SAS SAA glitsin SAG	SGU SGS SGA arginin SGG	
A	AUU izoleysin AUS AUA AUG metionin	ASU ASS ANA treonin LIG	AAU asparagin AAS AAA AAG lizin	AGU serin AGS AGA AGG arginin	
G	GUU GUS GUA valin GUG	GSU GSS GSA alanin GSG	GAU asparagin GAS GAA glutamin GAU	GGU GGS glitsin GGA GGG	

Eslatma. Oxra va yantar ma'nosiz mutatsiyalar bo'lib, oqsil sintezining tugallanishini bildiruvchi terminal kodonlar hisoblanadi.

ribosomasi 80S deb yuritiladi hamda 60S va 40S tarkibiy qismlardan (subbirliklardan), prokariot organizmlar hamda mitoxondriya va plastiddagi ribosomalar 70S bo'lib, 50S va 30S tarkibiy qismlardan iborat bo'ladi. Ribosomalardagi oqsil sintezi uch qismdan iborat bo'ladi:

1. Translyatsiyaning boshlanishi (initsiatsiya).
2. Polipeptid halqasidagi aminokislota qoldiqlarining polimerizatsiyasi (elongatsiya).
3. Polimerizatsiyani to'xtatib, hosil bo'lgan polipeptidni ribosomadan ajratilishi (terminatsiya).

Oqsil sintezining initsiatsiyasi i-RNKni ribosomaning kichik qismiga kelishi, har ikkala ribosoma bo'laklarining qo'shilishi bilan boshlanadi. Oqsil sintezi har doim initsiatsiya qiluvchi AUG va GUG kodonlari bilan boshlanadi. Bu kodonlar ribosomada maxsus oqsil sintezini boshlab beruvchi aminoasil t-RNK (metionil t-RNK) antikodoni bilan keladi. Natijada ribosomani akseptor qismiga metionil t-RNK kelib, u ribosomaning donor qismiga o'tadi, ribosomaning akseptor qismi navbatdagi t-RNKni qabul qiladi. Oqsil sintezida F_1, F_2, F_3, F va GTF faktorlari asosiy rol o'ynaydi. Elongatsiya jarayonida sintezlanayotgan oqsil molekulasidagi aminokislotalar ko'payadi. Oqsil sintezining tugashi i-RNKdagi maxsus terminator kodonlar yordamida amalga oshadi. Bu kodonlar jadvalda UAA va UAG lar bilan belgilangan.

Genning ta'siri. Genning ta'sirida biror belgi, xususiyat yuzaga chiqishi eng muhim masalalardan hisoblanadi. Gendan belgigacha bo'lgan bosqichda murakkab jarayonlar yotadi. Genlar organizmda ma'lum moddalarni va ma'lum sintezlanishni belgilaydi. Uning dastlabki ta'siri murakkab oqsil molekulalaridagi aminokislotalar tartibini belgilab beradi. Gen mutatsiyaga uchrasa, spetsifik moddalarning xususiyatini o'zgartiradi. Genotipdagi genlar ma'lum kimyo-

viy moddalarning sintezlanishi bilan turli xil modda almashinuvida boradigan kimyoviy reaksiyalarning tezligini ham belgilaydi. Genning o'zgarishi hisobiga fenotip o'zgaradi. Buni o'rganishda mikroorgaiizmlar qulay obyekt hisoblanadi. Ko'plab tajribalar *Neurospora* zamburug'ining mutantlari asosida olib borilgan. *Neyrospora* zamburug'ida triftofanning sintezlanishi va nikotin kislotasining hosil bo'lishi quyidagi tartibda boradi:

fenilananin $\xrightarrow{1}$ antronil kislota $\xrightarrow{2}$ serin $\xrightarrow{3}$ triftofan $\xrightarrow{4}$ kinrinin $\xrightarrow{5}$ oksiontronil kislota $\xrightarrow{6}$ nikotin kislotasi.

Agar neyrosporadagi nikotin kislotasi sintezi davomidagi uchinchi bo'g'inda mutatsiya yuzaga chiqsa, reaksiya serin hosil bo'lishi bilan yakunlanadi. Mutantlar yashaydigan oziqa muhitiga triftofan qo'shilsa, reaksiya oxirigacha boradi. Xuddi shunday mutatsiyalar biokimyoviy reaksiyalarning borishini ta'minlovchi fermentlarning sintezini to'xtatadi. Reaksiya to'xtagan yerda keyingi moddaning ortib ketishi kuzatiladi. Xuddi shu yo'nalishdagi misollar ichak tayoqchasida, meva pashshasida va odamlarda ham uchraydi. Demak, gen, belgi va xususiyatni yuzaga chiqaruvchi oqsillar sintezini ta'minlaydi, hujayrada boradigan biokimyoviy reaksiyalar esa fermentlar tomonidan boshqariladi. Mutatsiya tufayli esa zarur fermentning sintezlanishi to'xtaydi yoki boshqa biri sintezlanadi va natijada mutatsiyalar yuzaga chiqadi. Dastlabki gen bilan belgi o'rtasidagi bog'lanish o'rganilganda, «bir gen, bir oqsil» nazariyasi yaratilgan. Bu har bir gen bitta oqsilni belgilaydi degani demakdir. Hozirda esa bu nazariya «bitta gen, bitta polipeptid halqasi» degan nazariya bilan to'ldirilgan. Chunki ko'pchilik fermentlar ikki va undan ortiq polipeptid zanjirlardan tashkil topadi, ularning har biri alohida genlar ishtirokida sintezlanadi.

Mikroorganizmlardagi mutatsion jarayon. Irsiy jihatdan farq qiluvchi mikroorganizmlarning hosil bo'lishi bu mutatsion jarayondir.

Mikroorganizmlardagi mutatsiyalarni bir qancha yo'nalishlarda klassifikatsiyalash mumkin.

1. Morfologik mutatsiyalarda mikroorganizmlar koloniyasi silliq burishadi, koloniyalar rangi o'zgaradi.

2. Chidamlilik mutatsiyasida bir xil antibiotiklarni surunkasiga uzoq qo'llash natijasida veterinariyada turli antibiotiklarga chidamli patogen mikroblar hosil bo'ladi. Ba'zi patogen mikroblar bir vaqtning o'zida bir qancha yangi antibiotiklarga chidamli bo'lib, ularni nazorat qiluvchi genlar plazmidlarda joylashadi.

3. Biokimyoviy mutatsiyalarga prototrof, auksotrof mutagenlar kirishi mumkin. Mutatsiyalarning hosil bo'lishi yo'nalishiga qarab to'g'ri va teskari bo'ladi. Yovvoyi, tabiiy holatda uchraydigan mikroblardan turli xil morfologik, antibiotiklarga chidamli, auksotrof va shu kabi mutantlarning hosil bo'lishi *to'g'ri mutatsiyalar* deyiladi. Auksotrof mutantlardan prototrof mutantlarning hosil bo'lishi va mikroblarni dastlabki, tabiatda uchraydigan holatga keltiruvchi mutatsiyalar *teskari mutatsiyalar* deyiladi. Ularni yuzaga chiqish xarakteriga qarab spontan va induksiya qilingan mutatsiyalarga bo'lish mumkin. Spontan mutatsiyalar tabiiy sharoitda noaniq omillar hisobiga yuzaga chiqadi. Induksiya qilingan mutantlar esa laboratoriya sharoitida maqsadga muvofiq turli xil mutagenlar ta'sirida hosil qilinadi. Yuzaga chiqadigan mutatsiyalar avloddan-avlodga berilishiga ko'ra yadro va sitoplazmatiklarga bo'linadi. Yadro xromosomasida vujudga kelgan mutatsiyalar avloddan-avlodga har ikki jins orqali beriladi. Sitoplazmatik mutatsiyalar esa avloddan-avlodga faqat bir jins orqali beriladi. Bunday mutatsiyalar mitoxondriyada, plastidlarda joylashadi. Hozirgi vaqtda

mikroorganizmlarda turli xil mutatsiyalarni hosil qilishda va ularning genetikasini o'rganishda, mikrobiologiya sanoati uchun zarur bo'lgan mikrob mutantlarni hamda turli xil antibiotiklarni oluvchi mikroblarni seleksiya qilishda fizikaviy va kimyoviy mutatenlardan keng foydalaniladı.

? *Savollar*

1. Fenotipik o'zgaruvchanlik nasldan-naslga o'tadimi?
2. Genotipik o'zgaruvchanlik yuzaga kelishi uchun zarur sharoitlar haqida aytib bering.
3. Mikroorganizm mutatsiyalari xillarini izohlang.
4. Plazmid xillarini tushuntiring.
5. Mikroorganizmlarda oqsil sintezi qanday boradi?

4.2. Mikroorganizmlardagi transformatsiya, transduksiya hodisalari

Irsiy xususiyatning donor xromosomasidan retsipiyent xromosomasiga o'tishi *transformatsiya* deyiladi. Transformatsiya DNK ning kichik bir uchastkasi — rekon orqali o'tadi. Rekonda bir juft nukleotidlar bo'lib, rekombinatsiya vaqtida boshqa elementlar bilan almashinishi mumkin.

1928-yili F.Griffits shunday tajriba o'tkazgan: sichqonlarga oz miqdorda patogenlik xususiyatiga ega bo'lmagan, kapsulasiz II tip pnevmokokklar yuqtirgan. Shu kulturaga patogenlik xususiyatiga ega bo'lgan, kapsulali III tip pnevmokokklar kulturasidan (bu kultura tajribadan oldinroq issiqlik ta'sirida o'ldirilgan) qo'shgan. Natijada II tipdagi pnevmokokklar patogenlik xususiyatiga ega bo'lganligi va kapsula bilan o'ralganligi ma'lum bo'lgan. Demak, III tip pnevmokokklarga xos xususiyatlar II tip pnevmo-

kokklarga transformatsiya orqali o'tgan yoki oq rangli koloniya hosil qiluvchi mikoobakteriyalar sariq rangli koloniya hosil qiluvchi saprofit mikoobakteriyalarning DNK si ta'sirida sariq koloniyalar hosil qilish xususiyatiga ega bo'lishi aniqlangan.

1944-yili O.Everi va K.Mak-Leoid, M.Mak-Kartilar xususiyatlar DNK orqali o'tishini aniqlaganlar. Keyinchalik DNKning boshqa xususiyatlarga ham ta'sir etishi ma'lum bo'lgan. Masalan, pichan batsillasi, meningokokklar, pnevmokokklar, streptokokklar va boshqalarni transformatsion agent-DNK orqali o'zgartirish mumkin. DNKning transformasion aktivligi nihoyatda yuqori, odatda, 10—15 minutdan so'ng o'zgarish ro'y beradi va 2 soatdan so'ng tugaydi.

Transformatsiya hodisasi doim uchramaydi, balki ma'lum fiziologik holatda (ya'ni hujayra tayyor bo'lgan muddatda) ro'y beradi. Yuqori temperatura, ultrabinafsha nurlar, kimyoviy mutagenlar ta'sirida DNKning transformatsion xususiyati pasayadi. Masalan, transformatsion DNK ga HNO_3 ta'sir ettirilsa yoki temperatura 80—100°C ga ko'tarilsa u aktivligini yo'qotadi yoki pasaytiradi. Eng qulay temperatura 29—32°C hisoblanadi. Demak, transformatsiyaning aktivligiga muhitning tarkibi, temperatura, retsipiyentning fiziologik holati va transformatsion-DNKning polimerligi (qo'sh spiralligi) ta'sir etar ekan. Transformaesiyaning takrorlanish muddati 0,47—0,0004% ga teng bo'ladi.

Masalan, donor sifatida olingan pnevmokokk bakteriyasining shtammida streptomitsinga sezgirlik bo'lmagan, ammo bu bakteriya mannitni parchalash xususiyatiga ega, retsipiyentda esa bunday xususiyatlar yo'q. Mana shu ikki xususiyatga ega bo'lgan bakteriyalardan shunday oraliq formalarni olish mumkinki, ularda yuqoridagi har ikkala xususiyat ham uchrashi mumkin. Transformatsiya jarayonida bir xususiyat ikkinchi xususiyat bilan almashinadi. Shu

yo'l orqali antibiotiklarga nipoyatda sezgir yoki sezgir bo'lmagan shtammlarni olish mumkin bo'ladi.

Bu hodisa hayvonlar va o'simliklarda bir xil sodir bo'ladi. Transformatsiyaning hosil bo'lishi ikki davrdan: DNKning mikrob hujayrasiga adsorbsiyalanishi va uni hujayraga o'tishidan iborat.

Transduksiya. Donor bakteriya xususiyatining bakteriofag yordamida retsipiyent bakteriyaga o'tishi *transduksiya* deb ataladi. Masalan, bakteriofaglar orqali xivchinlar, fermentlar sistemasi, antibiotiklarga chidamlilik, virulentlilik, kapsula hosil qilish va boshqa xususiyatlar o'tishi mumkin. Transduksiya spetsifik va nospetsifik xillarga bo'linadi,

Nospetsifik transduksiyada istalgan xususiyat yoki bir necha xususiyat o'tishi mumkin, buning takrorlanish tezligi 10^{-4}—10^{-7} (fagning bir qismiga nisbatan)ga teng. Spetsifik transduksiyada faqat ultrabinafsha nurlar ta'sir etilgan fag qatnashadi, bunda bir-biriga yaqin bo'lgan xususiyatlar o'tadi.

Transduksiya transformatsiyaga o'xshash, lekin dezoksiribonukleaza fermentini ta'sir ettirib, transformatsiyani to'xtatish mumkin bo'lsa, transduksiyaga bu ferment ta'sir ettirilsa ham u to'xtamay davom etadi, chunki ferment fag orqali o'tadigan xususiyatga ta'sir eta olmas ekan.

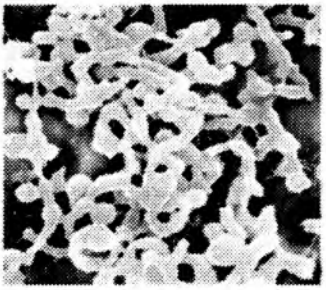
Bakteriyalardagi konyugatsiya hodisasi. XIX asrning oxirlariga kelib, mikrobiologlar bakteriyalarda konyugatsiya hodisasi uchrashini kuzata boshlaganlar va uni boshqa organizmlardagi konyugatsiyadan ajratish uchun «konyuksiya» deb nomlaganlar. Konyugatsiyaning genetik analizini 1947-yilda Lederberg va Tatum aniqlaganlar. Ular bu hodisani elektron mikroskopda kuzatganlar. Konyugatsiyalanadigan hujayralarning biri uzunchoq, ikkinchisi ovalsimon ekanligi aniqlangan. Uzunchoq hujayra erkak tip bo'lib, F^+ (donor) deb, ovalsimon hujayra urg'ochi tip bo'lib, F^-

(retsipiyent) deb belgilanadi. Konyugatsiya vaqtida ular bir-biriga yaqinlashadi va ularning orasida ko'prikcha hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan ko'prikcha orqali donor hujayrasidan genetik omillar retsipiyent hujayrasiga ma'lum bir tartibda o'tadi.

K.V.Kosikov (1957-y.) ta'kidlashicha, agar achitqilar spetsifik xususiyatga ega bo'lgan substratlarda o'stirilsa, ma'lum bir formalar paydo bo'ladiki, ular shakarni bijg'itish xususiyatiga ega bo'lib qoladi (avval ular shakarni bijg'ita olmas edi). Masalan, *Saccharomyces globasus* ana shunday yangi formalardandir. U saxarozani bijg'itish xususiyatiga ega, *Sacch parodopus* formasi esa maltozani bijg'itadi. Bu xususiyatlar faqat vegetativ yo'l bilan emas, balki jinsiy yo'l bilan ko'payishda ham nasldan-naslga o'tishi mumkin. Masalan, jinsiy yo'l bilan ko'payishda quyidagi formalar kelib chiqqan: sporalarning yarmi shakarlarni bijg'itsa, yarmi bijg'ita olmagan. Bunda *Saccharomyces globasus* da yangi xususiyat paydo bo'lgan, ya'ni shakarlarni bijg'ituvchi invertaza fermenti hosil bo'lgan.

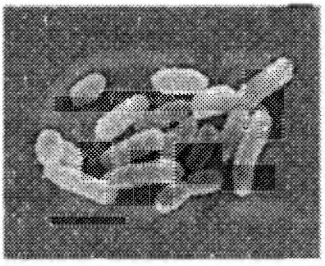
Mikroorganizmlar genetikasini o'rganish muhim ahamiyatga ega. Chunki antibiotiklar olishda yuqori aktivlikka ega bo'lgan yangi shtammlar zarur. Bundan tashqari, vitaminlar, gormonal preparatlar, fermentlar, lizin va glutamin kabi aminokislotalar olishda va boshqa moddalar olishda muhim ahamiyatga ega.

Bakteriyalar, achitqi zamburug'lar va aktinomitsetlarga radioaktiv nurlar va kimyoviy mutagenlar bilan ta'sir etib, ularning hujayralaridagi DNKning strukturasini o'zgartirish va inson uchun foydali bo'lgan moddalar sintezlash tomoniga yo'naltirish mumkin. Hozir bakteriyalarning fiziologik xususiyatini yaxshi bilgan holda ularni o'zgartira olish va bu usul bilan bakteriyalardan qishloq xo'jaligida, tibbiyotda, texnologik jarayonlarda keng miqyosda foydalanish, mikrobiologlar oldida turgan muhim masaladir.



30-rasm. Bact. cereus.

31-rasm. Bact. megaterium.



32-rasm. E. pestis.

33-rasm. Staphylococcus aurens.

Episomalar. Episomalar xromosomalardan xoli bo'lgan mayda genlar to'plamidir. Ular sitoplazmada erkin yoki bakteriyalar xromosomasiga qo'shilgan holda bo'lishi mumkin.

Episomalar bakteriyalarning pushtlilik faktori (R) yoki ko'p dorilar ta'siriga chidamlilik faktori (K), bakteriotsinogenlik, kolinotsinogenlik va boshqa faktorlarning naslga o'tishida ishtirok etadi. Episomalarning antibiotiklarga chidamliligini (K-faktorni) birinchi bo'lib yaponiyalik olimlar aniqlashgan.

Bakteriotsinogenlik faktorida bakterial hujayralarda antibiotiklarga qarshi moddalar sintezlanadi, bu moddalar bakteriotsinlar deb ataladi. Masalan, ichak tayoqchasi *E. coli* – kolitsin, *Bact.*

cereus – aerotsin, *Bact. megaterium* – megatsin, *E. pestis* – testitsin, *Staphylococcus aurens* stafilokokkotsinni sintezlaydi (30–33-rasmlar). Sintezlangan bakteriotsinlar boshqa bakteriyalarning nobud bo'lishiga sabab bo'ladi.

Bakteriotsinlar bakteriya hujayrasi yuzasiga adsorbsiyalanadi, so'ngra moddalar almashinuvi jarayonini susaytiradi va uning halokatiga sabab bo'ladi. Lekin bakteriotsinlar produtsentga yaqin turadigan bakteriyalargagina ta'sir etadi.

? *Savollar*

1. Konyugatsiya hodisasi qanday borishini tushuntiring.
2. Transformatsiya jarayoni qanday amalga oshadi?
3. Transduksiya qaysi mikroorganizm yordamida sodir bo'ladi?

V B O B. MIKROORGANIZMLARNING TABIATDA TARQALISHI

5.1. Mikroorganizmlarga tashqi muhit omillarining ta'siri

Ma'lumki, mikroorganizmlarning hayot faoliyati tashqi muhit bilan chambarchas bog'liqdir. Tashqi muhit omillari turli-tuman bo'lib, ularni uch guruhga ajratish mumkin:

I. Fizik omillar: temperatura, namlik, yorug'lik, eritmalar konsentratsiyasi va boshqalar.

II. Kimyoviy omillar: muhitning pH, oksidlanish va qaytarilish sharoiti, turli kimyoviy moddalarning ta'siri.

III. Biologik omillar: mikroorganizmlar orasidagi antagonizm, simbioz, metabioz, antibiotiklarning ta'siri, vitaminlar, faglar va boshqa omillar.

Mikroorganizmlarga temperaturaning ta'siri. Mikroorganizmlar yuksak o'simliklarga qaraganda temperaturaga ancha chidamli bo'ladi. Masalan, *Bac. subtilis* temperatura 5° dan 57°C gacha bo'lganda ham rivojlanaveradi. Ko'pchilik saprofit bakteriyalar 20° dan 35°C gacha temperaturada rivojlana oladi, patogen mikroorganizmlar esa 36–37°C da rivojlanadi. Bundan yuqori temperaturada ular nobud bo'ladi. Mikroorganizmlarning rivojlanishi uchun temperatura 3 nuqtada bo'lishi mumkin: minimum, optimum va maksimum nuqtalar. Optimum nuqta eng qulay bo'lib, bunday temperaturada mikroorganizmlar tez ko'payadi va yaxshi rivojlanadi, minimum va maksimum nuqtalar esa ancha chegaralidir.

Temperaturaga munosabatiga ko'ra, mikroorganizmlarni quyidagi guruhlarga bo'lish mumkin:

1) psixrofillar (*psixros* – sovuq), bu guruhga mansub bakteriyalar evolutsion taraqqiyotida past temperaturada yashashga moslashgan bo'ladi. Bu guruh uchun haroratning optimum nuqtasi 20–25°C, minimumi esa 0°C dan past bo'lishi mumkin. Psixrofil bakteriyalar uncha keng tarqalmagan. Ular Shimoliy dengiz suvlarida va tuproqlarida uchraydi;

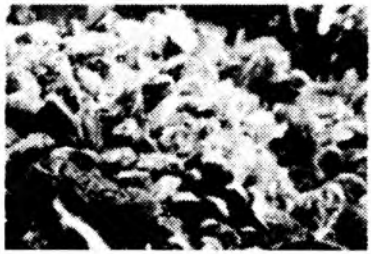
2) mezofillar (*mezos* – o'rtacha), bu guruhga ko'pchilik mikroorganizmlar misol bo'ladi. Bular uchun haroratning optimum nuqtasi 25–35°C bo'lsa, maksimum nuqtasi 45–50°C, minimum nuqtasi 10°C bo'ladi. Mezofill bakteriyalar tuproqda, suvda va boshqa oziq-ovqat mahsulotlari yuzasida uchraydi;

3) termofillar (*termos* – issiq), bu guruhga bakteriyalar, aktinomitsetlar, ba'zi bir ko'k-yashil suvo'tlari misol bo'ladi. Termofill bakteriyalar yuqori temperaturada rivojlanadi. Bu bakteriyalarni A.A.Imshenetskiy quyidagicha klassifikatsiyalaydi:

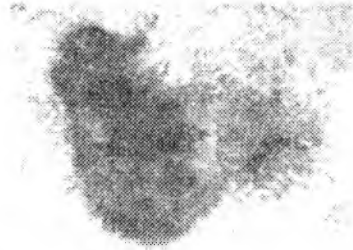
a) stenotermin termofillar – bular uchun temperaturaning maksimum nuqtasi 75–80°C, optimum nuqtasi 50–65°C bo'lib, 28–30°C da esa ko'paya olmaydi. Bu guruh tabiatda kam tarqalgan;

b) evritermin termofillar uchun temperaturaning maksimum chegarasi 70–75°C, optimum nuqtasi 50–65°C bo'lib, 28–30° da juda sekin ko'payadi, tabiatda keng tarqalgan guruh;

d) termotolerant formalar uchun temperaturaning maksimum chegarasi 50–65°C, optimumi 35–45°C, minimumi 5–10°C bo'lishi kerak. 30–60°C oralig'ida juda tez ko'payadi, tabiatda tuproqda, go'ngda, issiq buloq suvlarida keng tarqalgan guruh. Termofill bakteriyalarda moddalar almashinuvi jarayoni juda jadal boradi, shuning uchun ular juda tez ko'payadi va yaxshi rivojlanadi. Agar mezofillarda bakteriyalarning katta koloniyasi uch kundan keyin hosil bo'lsa, termofillarda bir kundan keyin hosil bo'ladi, tez o'sadi va tez nobud bo'ladi.



34-rasm. Bac. thermophilus



35-rasm. Actinomyces thermophilus.

Termofill bakteriyalar hujayrasidagi fermentlar yuqori temperatura ta'sirida inaktivatsiyaga uchraydi, shuning uchun bu bakteriyalardan korxonalarda keng ravishda foydalanish mumkin.

A.A.Imshenetskiy fikricha, termofill bakteriyalar mezofillardan kelib chiqqan. Tabiatdagi o'zgarishlar, jumladan, temperaturaning ko'tarilishi mezofillarning ko'pchiligini nobud qilgan bo'lsa, bir qismi tirik qolgan va yuqori temperaturaga moslashgan. Borabora yuqori temperatura ular uchun zaruriy omil bo'lib qolgan. A.A.Imshenetskiyning bu fikrini Y.N.Mishustin ham ma'qullagan.

Termofillarga: *Bac. cellulosae, Bac. thermophilus, Actinomyces thermophilus* lar misol bo'ladi (35–36-rasmlar). Y.N.Mishustin yerga go'ng solinganda termofill bakteriyalarning soni ko'payganligini kuzatgan.

Mikroorganizmlarga namlikning ta'siri. Bakteriyalarning namlikka chidamliligi turlicha bo'ladi. Ba'zilari juda chidamli bo'lsa, boshqalari nihoyatda chidamsiz bo'ladi. Masalan, gonokokklar, meningokokklar, leptospiralar, faglar namlikka chidamsiz bo'lsa, xolera vibrioni – 2 kungacha, dizenteriya tayoqchasi – 7, difteriya tayoqchasi – 30, qorin tifi tayoqchasi – 70, stafilokokklar va sil tayoqchasi esa 90 kungacha chidaydi.

Azotobakter, nitrifikatorlar, tugunak bakteriyalari namlikka juda ham sezgir, ularning rivojlanishi uchun namlikning optimal

miqdori 40–80% (to'la suv sig'imiga nisbatan) bo'lishi kerak. Lekin vegetativ hujayralarga nisbatan sporalar ancha chidamli bo'ladi, chunki bularning hujayralaridagi suvning ko'p qismi mustahkam bog'langan suvdir. Masalan, mog'or zamburug'larining sporasi 20 yil qurg'oqchilikka chidaydi. Amerikalik olim Kameronning (1962-y.) aniqlashicha, ko'k-yashil suv o'ti – *Nostoc commune* gerbariy holatida 107 yildan so'ng hayotchanligini namoyon qilgan. Nostok namlik yo'q vaqtlarda anabioz holatga o'tadi, namlik yetarli bo'lishi bilan yana hayotini davom ettiradi. Bakteriyalar hujayrasi kuritilganda, protoplazmasi suvsizlanadi va oqsillar denaturatsiyaga uchraydi, shu usuldan foydalanib, oziq-ovqatni quritilgan holda uzoq muddat saqlash mumkin bo'ladi. Masalan, go'sht, baliq yoki uzum, boshqa bir qancha rezavor mevalar quritilgan holda saqlash mumkin yoki oziq-ovqatlar, masalan, konservalar past temperaturada va yuqori bosim ostida suvsizlantiriladi (bu usul sublimatsiya deb nomlanadi), keyin esa tez sovitib muzlatiladi. Shakarlar, vitaminlar, fermentlarni sublimatsiya yo'li bilan uzoq muddat saqlash mumkin.

Yorug'likning ta'siri. Ko'pchilik bakteriyalar uchun yorug'lik dezinfeksiyalovchi omil hisoblanadi, chunki ultrabinafsha nurlar bakteriyalar hujayrasidagi oqsillar va nuklein kislotalar tomonidan yutiladi va ularning kimyoviy tarkibini o'zgartiradi. Shuning uchun yorug'likning bu xususiyatidan jarrohlik xonalarini, vaksinalar, antibiotiklar tayyorlanadigan xonalarni, sut va suvni sterillashda foydalaniladi.

Yuqori bosimning ta'siri. Ko'pchilik bakteriyalar yuqori bosimga ancha chidamli bo'ladi. Faqat 10000 atm bosim ularga salbiy ta'sir etishi mumkin. Dengiz va okeanlarda chuqur suv qatlamlari tubida bakteriyalar ko'p uchraydi. Achitqilar 500, mog'or zamburug'lari 30000, fitopatogen viruslar esa 5000 atmosferagacha bosimga chidaydi.

Ultratovush bakteritsidlik xususiyatiga ega, 20000 Hz oziq-ovqat mahsulotlarini va vaksinalarni dezinfeksiyalash uchun yetarlidir. Havoni tozalashda aeroionizatsiyaning ahamiyati katta.

Vodorod ionlari konsentratsiyasining ta'siri. Vodorod ionlarining konsentratsiyasi pH deb belgilanadi. pH-7 bo'lsa neytral, pH > 7 bo'lsa ishqoriy, pH < 7 bo'lsa, muhit kislotali bo'ladi. Ko'pchilik mikroorganizmlar muhit konsentratsiyasi biroz ishqoriy yoki neytral bo'lsa yaxshi rivojlanadi, zamburug'lar biroz nordon muhitda yaxshi rivojlanadi.

Mikroorganizmlar o'zi yashagan muhitdagi pH ni qisman o'zgartirishi mumkin. Buni I.A.Rabotnova (1958-y.) «moslanuvchi moddalar almashinuvi» deb nomlagan. Tashqi muhitdagi eritmalarning konsentratsiyasi oshganda (masalan, tuzlashda, murabbo pishirishda), bakteriyalar hujayrasidagi suv tashqariga chiqadi va unda plazmoliz ro'y beradi, ular ko'paya olmaydi.

Shundan foydalanib, go'sht, baliq tuzlanadi, povidlo tayyorlaganda shakar eritmasining konsentratsiyasi 70% ga yetkaziladi.

5.2. Kimyoviy omillar

Ba'zi kimyoviy moddalar bakteriyalarga kuchli ta'sir etadi. Masalan, ularga kuchli kislotalar, ishqorlar, og'ir metallarning tuzlari bilan ta'sir etilsa, ularda manfiy xemotaksis namoyon bo'ladi.

Ba'zi moddalarning oz miqdori ijobiy ta'sir etsa, ko'p miqdori salbiy ta'sir etadi. Masalan, 40% li formaldegid (formalin) vegetativ hujayralarni va sporalarni nobud qiladi, fenol yoki karbol kislotaning 3–5% li eritmasi, xlorli ohakning 10–20% li eritmasi yoki spirtning 75% li eritmasi dezinfeksiyalashda ko'p ishlatiladi.

Mikroorganizmlar o'stiriladigan oziqa muhitini albatta sterillash zarur. Ular avtoklavda 1–2 atm bosimda 105–120°C da 15–30 minut davomida sterillanadi.

Kox qaynatgichida ham bo'lib-bo'lib sterillash mumkin. Buning uchun 100°C da 30 minut sterillanadi, keyin termostatda bir sutka saqlanadi. Ikkinchi kun yana 100°C da 30 minut sterillanadi va termostatda saqlanadi, uchinchi kuni ham xuddi shunday sterillanadi.

Mikrobiologiyada ishlatiladigan asboblar esa issiq havo yordamida quritkich shkaflarda 150–160°C temperaturada 1,5–2,0 soat davomida sterillanadi.

Oziq-ovqat sanoatida pasterlash usulidan keng foydalaniladi. Bunda sut mahsulotlari 60°C temperaturada 30 minut saqlanadi, bunday ishlov berilganda bakteriyalarning vegetativ hujayralari nobud bo'ladi.

5.3. Biologik omillar

Tabiiy sharoitda mikroorganizmlar murakkab biosenozlarni tashkil etadi, ya'ni bir yerning o'zida turli bakteriyalarni uchratish mumkin. Bakteriyalar orasida simbioz, metabioz, antagonizm uchrashi mumkin.

Simbioz holda hayot kechirganda bir tur kkkinchi tur bilan birgalikda yashaydi. Masalan, kefir donachalari tarkibida sut kislota hosil kiluvchi bakteriyalar va achitqi zamburug'lari birgalikda yoki tugunak bakteriyalar dukkakdosh o'simliklar bilan birgalikda yashaydilar.

Metabiozda bir bakteriya ikkinchi bakteriya uchun qulay sharoit yaratib beradi. Masalan, ammonifikatorlar nitrifikatorlar uchun

NH_3 hosil qiladi. Nitrozomonas NH_3 ni o'zlashtirib, nitrobakter uchun HNO_2 hosil qiladi:

$$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow[\text{nonas}]{\text{Nitroso}} 2HNO_2 + 2H_2O + 658\ kJ$$

HNO_2 ni nitrobakter oksidlaydi:

$$2HNO_2 + O_2 \xrightarrow[\text{nonas}]{\text{Nitrobacter}} 2HNO_3 + 180\ kJ$$

Anagonizmda bir tur ikkinchi turning rivojlanishini cheklab qo'yadi. Masalan, sodda hayvonlar bakteriyalarni yeb qo'yadi, bakteriofaglar bakteriyalarni eritib yuboradi, bijg'ituvchilar chirituvchilarning ko'payishini cheklab qo'yadi yoki turli-tuman antibiotiklar bakteriyalarga salbiy ta'sir etadi. Mikroorganizmlarga tashqi muhit omillarining ta'sirini bilgan holda, ularga qarshi kurash choralarini qo'llash mumkin bo'ladi.

? *Savollar*

1. Mikroorganizmlarga ta'sir etuvchi fizikaviy omillarni ko'rsating va ularning ta'sirini izohlang.
2. Mikroorganizmlarga kimyoviy moddalarning ta'siri haqida gapirib bering.
3. Biologik omillarning ta'siri, ya'ni murakkab biosenozni tushuntiring.

5.4. Suv mikroflorasi

Boshqa tirik organizmlarga qaraganda bakteriyalar tabiatda keng tarqalgan, chunki ular nihoyatda mayda bo'lganligi, tashqi muhit omillariga tez moslasha olganligi, turli-tuman oziqa moddalarni

iste'mol qila olganligi uchun boshqa organizmlar yashay olmaydigan joylarda ham uchraydi. Bakteriyalar tuproqda, suvda, havoda va boshqa organizmlar tanasida uchraydi.

Suvda juda ko'p mikroorganizmlar uchraydi, chunki suv tabiiy muhit hisoblanadi. Suvga mikroorganizmlar tuproqdan o'tadi. Agar suvda oziqa moddalar yetarli bo'lsa, mikroorganizmlar soni juda ko'payib ketadi. Ayniqsa chiqindi oqava suvda bakteriyalar ko'p bo'ladi. Artezian quduqlari va buloq suvlari esa toza hisoblanadi, ularda bakteriyalar deyarli uchramaydi. Ariq va hovuz suvlarida, ayniqsa, ariq suvining 10 sm gacha bo'lgan chuqur qismida, qirg'oqqa yaqin joylarda mikroblar soni ko'p bo'ladi. Qirg'oqdan uzoqlashgan va chuqurlashgan sari mikroblar soni kamaya boradi. 1 ml toza suvda 100–200 dona mikrob uchrasa, iflos suvda 100000 dan 300000 gacha va undan ham ko'p mikrob bo'ladi.

Ayniqsa, aholi yashaydigan joylardan oqib o'tgan suvda bakteriyalar ko'p bo'ladi. Masalan, A.S.Razumov ma'lumotiga ko'ra, Ural daryosining suvida aholi yashaydigan punktdan yuqorida 1 ml da 19700 bakteriya, aholi yashaydigan punktdan pastda esa 400000 dona bakteriya borligi aniqlangan.

Suvning eng yuqori qatlamida bakteriyalar kamroq, o'rta qatlamida ko'proq va pastki qatlamida yanada kamroq bo'ladi. Masalan, qirg'oqdan 300 m narida 1 ml suvda 38 dona bakteriya, 5 m chuqurlikda 79 dona bakteriya, 20 m chuqurlikda esa 7 dona bakteriya borligi aniqlangan. Yomg'irdan keyin bakteriyalar soni ko'payadi, yomg'irdan oldin 1 ml suvda 8 ta bakteriya borligi aniqlangan bo'lsa, yomg'irdan keyin ularning soni 1223 taga yetgan.

Ariq suviga nisbatan ariqning cho'kindi moddalarida mikroblar soni ko'p bo'ladi, ayniqsa oltingugurt va temir bakteriyalari ko'p uchraydi. Bulardan tashqari, nitrifikatorlar, azotfiksatorlar, pektinni

parchalovchilar ham uchraydi. Suvda spora hosil qilmaydiganlar (97%), cho'kindilarda esa spora hosil qiluvchilar (75%) uchraydi.

Suvda doim uchraydigan bakteriyalar: *Bact. flurescens, Bact. aquatilis, Micrococcus candicans* va boshqalar, hovuz suvlarida esa vibrionlar, spirillalar, temir va oltingugurt bakteriyalari uchraydi. Oqava suv tarkibida milliardlab bakteriyalar uchraydi va ular orasida yuqumli ichak kasalliklarini qo'zg'atuvchi vakillar ham bo'ladi.

Suvning eng iflos qismi polisaprob zona deyiladi, bu zonadagi suvning 1 ml da 1000000 ga yaqin bakteriya bo'ladi. O'rtacha ifloslangan zona mezasaprob zona bo'lib, bu zonadagi suvning 1 ml da 100000 bakteriya bo'ladi. Ancha toza qismi oligosaprob zona deyilib, bu zonadagi suvning 1 ml da 1000 ga yaqin bakteriya uchraydi. Polisaprob zonada o'simlik va hayvon qoldiqlari anaerob yo'l bilan parchalanadi, natijada metan, vodorod sulfid, merkaptan, ammiak, organik kislotalar va aminokislotalar hosil bo'ladi. Mezasaprob zonada moddalarning parchalanishi davom etadi.

Oligosaprob zonada ko'proq ikki valentli temir tuzlari uch valentli tuzlarga aylanadi. Ayniqsa, ariq va hovuz suvlarida juda ko'p patogen mikroblar uchraydi, ular orasida brutsellyoz, qorin tifi, dizenteriya tayoqchalari, vabo vibrioni va boshqalar bo'lishi mumkin.

Bitta odam 10 minut cho'milganda tanasidan suvga 3 milliard saprofit bakteriya, 100 mingdan 20 milliongacha ichak tayoqchasi tushadi. Bakteriyalarning ko'l suvida tarqalishi yil fasllariga qarab o'zgaradi. May va iyun oylarida bakteriyalar soni ko'proq bo'ladi. Dengiz va okean suvlarida mikroblar soni ariq suvlaridagidan kam, qirg'oqqa yaqin joylarda esa ko'proq bo'ladi.

A.Y.Kriss va B.L.Isachenko dengiz va okean suvlarida denitrifikatorlar borligini aniqlaganlar. Kriss va uning shogirdlari okean

suvlarida spora hosil qiluvchi va spora hosil qilmaydigan vakillar, aktinomitsetlar ham uchrashi mumkinligini ko'rsatadilar.

Tinch okeandagi bakteriyalar soni va biomassa miqdori tekshirilganda quyidagi natijalar olingan: okeanning 50 m chuqurlikkacha bo'lgan qismida 1 sm^3 suvda 100 minglab bakteriya topilgan, biomassaning miqdori 1 sm^3 suvga nisbatan olinganda atigi bir necha o'n milligrammni tashkil etgan. 50 m dan 200 m gacha chuqurlikda 1 sm^3 suvda 10000 bakteriya bo'lib, biomassa 10 mg/m^3 ga, 750–3000 m chuqurlikdagi suvning 1 sm^3 da bakteriyalar soni 100000 gacha, biomassa esa 0,1 mg/m^3 ga teng bo'lgan. B.S.Butkevich dengiz suvida 3% ga yaqin NaC1 bo'lganda ham bakteriyalar yaxshi o'sganligini aniqlagan.

Bakteriyalarning 60% ga yaqin shtammlari chuchuk suvlarda o'smaganligi aniqlangan. Bu bakteriyalarni Kriss galofillar deb atagan. Galofillar Tinch okeanda 56,5% dan 88% gacha, Hind okeanida va Antarktida atrofidagi dengizlarda 53–91% gacha uchrashi aniqlangan.

Ma'lumki, oqava suvda uchraydigan bakteriyalarga dengiz suvi salbiy ta'sir etadi. Masalan, Karpenter va uning shogirdlarining (1938-y.) aniqlashi bo'yicha, dengiz suvi 30 minut ichida oqava suvdagi bakteriyalarning 80% ni nobud qilgan. Rozenfeld va Sobbel (1947-y.) dengiz suvidan antibiotiklar hosil qiluvchi 9 ta forma topganlar, bu antibiotiklar esa bakteriyalarning boshqa formalariga salbiy ta'sir etgan.

Aholisi zich joylashgan yerlardagi suvda mikroblar juda ko'p bo'ladi, shahardan 3–4 km nariroq o'tgan suvda mikroblar soni kamroq bo'ladi. Buning bir qancha sabablari bor: mexanik yo'l bilan mikroblar suv tagiga cho'kadi, suvda oziqa moddalar kamayadi, bevosita tushgan quyosh nuri ularga salbiy ta'sir etadi,

mikroorganizmlarning bir qismini sodda hayvonlar iste'mol etadi va boshqa omillar.

Patogen mikroblardan brutsellyoz, tulyaremiya, paratif, dizenteriya tayoqchalari, vabo vibrioni va boshqalar oqava suvda uzoq muddat yashaydi. Qorin tifi tayoqchasi 21 kun, muzda 60 kun va oqava suvda 6—30 kungacha yashaydi. Demak, ochiq suv havzalari yuqumli ichak kasalliklarini tarqatishda xavfli vosita bo'lishi mumkin. Shuning uchun suvni biologik usul bilan tozalashga alohida ahamiyat beriladi.

Suvni tozalash. Tozalash uchun suv avval maxsus tindirgichlarda tindiriladi, bunda mikroorganizmlarning 75% i cho'kadi. Cho'kish jarayoni tez borishi uchun suvga koagulyant (ohak yoki glinozyom) qo'shiladi, so'ngra mayda shag'al va qum orqali filtrlanadi. Shundan keyin esa xlorlanadi. Suvning tarkibidagi ichak tayoqchasi titr orqali aniqlanadi. Agar 300—500 ml suvda bir dona ichak tayoqchasi topilsa, suv toza hisoblanadi, shundan keyin bu suv quvurlari orqali aholiga yuboriladi.

5.5. Tuproq mikroflorasi

Tuproqda juda ko'p mikroorganizmlar uchraydi, ya'ni 1 g tuproqda millionlab yoki milliardlab bakteriya bo'ladi. Havo va suvga nisbatan tuproqda bakteriyalar ko'p bo'ladi. Tuproq asosiy manba bo'lib, undan mikroblar havo va suvga o'tib turadi. Tuproqda turli-tuman bakteriyalar, aktinomitsetlar, mog'orlar, achitqilar, suvo'tlari va sodda hayvonlar uchraydi.

Ba'zi olimlarning hisoblashlaricha, 1 ga haydaladigan yerning 25 sm chuqurlikkacha bo'lgan qatlamida 3—5 tonnagacha bakteriya uchrar ekan. Bakteriyalarning tuproqda tarqalishi tuproqning

xususiyatiga bog'liq bo'ladi. Tuproqqa tushgan o'simlik va hayvonlar qoldig'i hisobiga mikroorganizmlar juda ko'payib ketadi. Tuproqdagi mikroorganizmlar soni tuproqning turiga, fizik- kimyoviy xossalariga va iqlim sharoitiga ko'ra turli bo'ladi. Tuproqning yuza qismida mikroblar ko'p bo'ladi, pastga tushgan sayin ularning soni kamayib boradi.

Mikroorganizmlar ko'proq 10—15 sm li qatlamda ko'p bo'ladi, chunki bu yerga quyosh nurlari tik tushmaydi, oziqa va namlik yetarli bo'ladi. Chuqur qatlamlarda bular kam bo'ladi, chunki tuproq tabiiy filtr vazifasini bajaradi va bakteriyalarni yerosti suvlariga kam o'tkazadi.

Tuproqda turli-tuman fiziologik guruhlarga mansub bo'lgan aeroblar, anaeroblar, saprofitlar, nitrifikatorlar, azotfiksatorlar, sellulozani parchalovchilar, oltingugurt bakteriyalari, spora hosil qiluvchilar va spora hosil qilmaydigan vakillari keng tarqalgan. Yil fasllariga qarab tuproqdagi mikroorganizmlar soni ham o'zgarib turadi.

Ayniqsa, o'simliklarning ildiz tizimi atrofida bakteriyalar ko'p to'planadi, ularning ko'pchiligi aerob, tayoqchasimon (*Pseudomonas*) spora hosil qilmaydigan vakillardir. *Pseudomonas* avlodiga mansub bakteriyalar uglevodlar, organik kislotalarni o'zlashtiradi va o'zi ham bir qator vitaminlar sintezlash xususiyatiga ega. Bu vitaminlarni o'simliklar o'zlashtiradi.

Tuproqdagi organik moddalar parchalanganda bakteriyalarning biosenozlari almashinib turadi. Avvalgicha tuproqda tez va oson parchalanadigan moddalar bo'lganda, asosan spora hosil qilmaydigan tayoqchasimon bakteriyalar keng tarqaladi, keyinchalik ularning o'rnini spora hosil qiluvchi aerob bakteriyalar egallaydilar.

Tuproqdagi mikroorganizmlarni hisoblash uchun 1924-yili S.N.Vinogradskiy yangi metod ishlab chiqdi. Uning mohiyati quyidagidan iborat: ma'lum hajmdagi yoki miqdordagi tuproq

suspenziyasidan surtma mazok tayyorlanadi, so'ngra u karbol kislotada eritilgan eritrozin bilan bo'yaladi va mikroskop orqali mikroorganizmlar soni hisoblanadi.

F.N.Germanov bakterioskopik metodni yanada mukammallashtirdi. U tuproq zarrachalariga osh tuzi bilan ta'sir etdi. Natijada tuproq kompleksidan kalsiy va tuproq zarrachasi ichidagi va ustidagi bakteriyalar bo'shaydi. Bu metod bilan hisoblaganda, 1 g tuproqdagi bakteriyalar soni 10 milliardga yetgan. Tuproqqa yaxshi ishlov berilsa, yerda bakteriyalar soni ortishini quyidagi jadval ma'lumotlaridan ko'rish mumkin (7-jadval)

7-jadval

O'zlashtirilgan va o'zlashtirilmagan yerlardagi bakteriyalar soni (1 g tuproqda million dona hisobida)

Tuproq turi	Gorizontlar	Kokklar	Tayoqchasimonlar	Yirik kokklar (azotobakter)	Jami bakteriyalar soni
O'zlashtirilmagan qora tuproq	A_1	2050	410	260	2709
	B_1	730	50	960	1740
	B_2	790	20	1760	2570
O'zlashtirilgan qora tuproq	A_1	5540	240	590	6470
	B_1	390	60	2340	2890
	B_2	550	0	1130	1750
O'zlashtirilmagan sho'r tuproq	A_1	2620	280	290	3230
	A_2	640	700	966	1670
	B_2	580	40	480	1000
O'zlashtirilgan sho'r tuproq	A_1	4300	400	600	5820
	A_2	1800	160	1400	3400
	B_2	600	12	3200	3872

Tuproq hosil bo'lish jarayonida tirik organizmlardan: bakteriyalar, zamburug'lar, infuzoriyalar, suvo'tlari, o'simliklarning ildizi va bir qator hayvonlarning ahamiyati nihoyatda katta bo'lgan.

5.6. Havo mikroflorasi

Havo mikroflorasi tuproq va suv mikroflorasi bilan bog'liq, chunki havo ular ustida joylashgan bo'ladi. Agar tuproqda va suvda mikroorganizmlarning ko'payishi uchun sharoit bo'lsa, havoda mikroorganizmlar ko'paya olmaydi. Havoga mikroorganizmlar chang bilan birga ko'tariladi, keyin yana tuproqqa o'tadi. Havoda oziqa moddalar yetishmaganda yoki ultrabinafsha nurlar ta'siridan bakteriyalarning bir qismi nobud bo'ladi. Shuning uchun havoda mikroblar soni tuproq va suvdagiga nisabatan kam bo'ladi.

Havo mikroflorasida kokklar, sarsinalar, tayoqchasimonlar, mog'or zamburug'larining sporalari, achitqi zamburug'lari va boshqa mikroorganizmlar uchraydi. Shahar havosida mikroorganizmlar ko'p bo'ladi, qishloq havosida kamroq bo'ladi. Ayniqsa, o'rmonlar, tog'lar havosi toza bo'ladi. Yer yuziga yaqin havo tarkibida mikroblar soni ko'p bo'lib, yuqoriga ko'tarilgan sayin kamayib borishini Y.N.Mishustin kuzatgan. 1 m^3 havoda 5000–300000 ga yaqin bakteriya bo'lishi aniqlangan.

Bakteriyalar orasida kasallik tug'diruvchi vakillari ham ko'p uchraydi: sil tayoqchalari, streptokokklar, stafilokokklar, gripp viruslari, ko'kyo'tal tayoqchasi va boshqalar ana shular jumlasidandir. Gripp, qizamiq, ko'kyo'tal faqat havo tomchilari orqali yuqadi, ya'ni aksirganda chiqadigan mayda aerozol tomchilar o'zida bakteriyalar tutgan bo'lib, havoga tarqaladi, atrofdagi odamlar ularni nafas yo'li orqali yutishlari natijasida kasallanadilar. Buning oldini

olish maqsadida xonalar havosini doimo tozalab turish zarur. Yozda ko'chalarga suv sepib, chang ko'tarilmasligiga, ko'kalamzorlashtirish ishlariga ahamiyat berish kerak. Ignabargli o'rmonlarga sayohat qilish odamning salomatligi uchun muhim ahamiyatga ega.

5.7. Rizosfera bakteriyalari

O'simliklar ildizi ta'siri ostidagi zona *rizosfera* deyiladi. Rizosfera mikroorganizmlari ildizlar yuzasida va o'simlik ildizlariga bevosita taqalib turadigan tuproqda ko'plab rivojlanadi. N.A.Krasilnikov ma'lumotiga ko'ra, makkajo'xori, kungaboqar, soya va boshqa ekinlar rizosferasidagi mikroorganizmlar soni nazorat yerlaridagiga qaraganda 5–10 baravar ko'p bo'lar ekan.

Rizosferada 3 ta zona farq qilinadi:

1) mikrofloraga nihoyatda boy bo'lgan ildizlar yuzasi;

2) ildizlarga taqalib turadigan tuproqning yupqa qatlami;

3) ildizlar yuzasidan 0,5–1 mm narida bo'lgan haqiqiy rizosfera zonasi. Bu zonada mikroorganizmlar uchun oziqa ko'p bo'ladi.

Rizosfera zonalarida mikroorganizmlar juda ko'p miqdorda bo'ladi, o'simliklarning rivojlanish fazalariga qarab, ularning soni ham o'zgarib turadi. Odatda, urug'lar unishidan to gullash davrigacha mikroorganizmlar soni ortib boradi, gullash davrida kamayadi. Zamburug'lar, aktinomitsetlar va sellulozani parchalovchi bakteriyalar soni esa gullash davrida ortadi. Rizosferada ko'pincha spora hosil qilmaydiganlardan: psevdomonaslar, mikrobakteriyalar, radiobakteriyalar va boshqalar uchraydi.

Bakteriyalar o'simliklar uchun fiziologik aktiv moddalar hosil qiladi, qoldiq moddalarni parchalaydi va o'z navbatida yuksak o'simliklarga ta'sir etib turadi. O'simliklar ildizidan chiqqan

moddalardan esa rizosfera bakteriyalari foydalanadi. Yuksak o'simliklarning barglari va novdalarida epifit mikroflora bakteriyalari uchraydi.

Nemis olimi Y.Libbert (1966-y.) epifit mikroflora bakteriyalari fiziologik aktiv modda – geteroauksin sintezlash xususiyatiga ega degan fikrni aytdi. Lekin V.I.Kefeli (1969-, 1971-y.) karam o'simligi steril muhitda L-triptofandan geteroauksin sintezlashini ko'rsatadi.

A.A.Tarasenko (1972-y.) epifit mikroflora makkajo'xori maysalarining o'sishiga va moddalar almashinuvi jarayoniga ijobiy ta'sir etganligini kuzatgan. Ajratib olingan 12 tur bakteriyadan atigi 6 turi geteroauksin sintezlash xususiyatiga ega ekanligi ma'lum bo'lgan.

5.8. Mikoriza

1881-yili polyak olimi F.M.Kamenskiy mikoriza hodisasini kashf etadi. O'simliklar ildizi bilan zamburug'lar orasidagi simbioz *mikoriza* deb ataladi. Mikoriza ko'pchilik daraxtlar va g'alladoshlar oilasining vakillari orasida uchraydi. Mikorizada zamburug' giflari o'simlikning ildizlari orasiga o'sib kiradi. Mikorizani zamburug'lardan fikomitsetlar, askomitsetlar va bazidiali zamburug'lar hosil qiladi. Bu tabiatda keng tarqalgan hodisa bo'lib, ektotrof va endotrof formalari bor.

Ektotrof mikorizada zamburug' giflari o'simlik ildizini hamma tomondan o'rab oladi, buning natijasida o'simlikning ildiz tukchalari nobud bo'ladi. Endotrof mikorizada zamburug' giflarining faqat bir qismigina ildizning yuza qismida bo'lib, asosiy qismi ildizning parenxima hujayralari orasiga o'sib kiradi, ildiz tukchalari tirik bo'ladi.

Zamburug' giflari o'simlik ildizining shimish yuzasini oshiradi, shu bilan birga o'simlik o'zlashtira olmagan anorganik va organik birikmalarni eritadi. O'simlikni azot bilan ta'minlaydi, ya'ni organik qoldiqlarni parchalab, ammiakli birikmalarga aylantiradi. Bundan tashqari, mikoriza zamburug'lari tuproqdan fosforli birikmalarni olishda ham o'simlikka yordam beradi. Buning hisobiga o'simlik zamburug'ni glukoza bilan ta'minlaydi. Glukoza molekulasida bo'lgan energiya hisobiga zamburug' qiyin eriydigan fosforli birikmalar va torflarni o'zlashtirish imkoniyatiga ham ega bo'ladi.

Ayniqsa o'simliklardan orxideyalarda mikoriza hodisasi keng tarqalgan. Orxideyalarning urug'i juda qiyin unib chiqadi, chunki unga vitaminlardan: nikotin kislota (PP), B vitamin va boshqalar yetishmaydi, kam sintezlanadi. Ularni esa zamburug'lar hosil qiladi, buning natijasida esa urug' tez unib chiqadi. Mikoriza hodisasi daraxtlardan archa, qayin, qarag'ay va boshqa o'simliklarda keng tarqalgan.

Mikroorganizmlar fiziologik aktiv moddalar, vitaminlar, fermentlar, auksinlar, gibberellinlar, antibiotiklar, ba'zi bir aminokislotalarni sintezlash xususiyatiga ega. Bunday moddalarni bakteriyalar, zamburug'lar, achitqilar, aktinomitsetlar, suvo'tlar sintezlaydilar. Nitrifikatorlar, azotobakteriyalar, tuganak bakteriyalari va boshqa vakillari o'sish uchun zarur bo'lgan barcha moddalarni sintezlash xususiyatiga ega.

? *Savollar*

1. Suv mikroflorasini izohlang.
2. Tuproq mikroflorasida qaysi guruh mikroorganizmlar uchraydi?
3. Rizosfera bakteriyalari haqida ma'lumot bering.
4. Havo mikroflorasida uchraydigan mikroorganizmlarni izohlang.

VI B O B. MIKROORGANIZMLARNING GEOLOGIK FAOLIYATI

6.1. Tuproq hosil bo'lishida mikroorganizmlarning ahamiyati

Barcha tirik organizmlar yig'indisi sayyoramizning biomassasini tashkil etadi. Biosfera – yer qobig'ining tiriklik mavjud bo'lgan ustki qavatidir. Biosferada o'simliklar, hayvonlar, mikroorganizmlar, odamlarning geologik faoliyati namoyon bo'ladi.

Biosferaning yuqori chegarasi 10 km bo'lib, u butun quruqlikni, pastliklarni o'z ichiga oladi, okeanlardagi chegarasi 4–10 km chuqurlikkacha tushadi. Biosfera biomassasini ko'paytirishda o'simliklar, hayvonlar va mikroorganizmlarning ahamiyati katta.

V.I.Vernadskiy fikricha, tog' jinslarining o'zgarishida mikroorganizmlar kuchli agentlardan biri bo'ladi, chunki u juda tez ko'payishi, ko'p miqdordagi moddalarni o'zgartirib, hayot uchun zarur bo'lgan energiyadan foydalanishi bilan xarakterli. Masalan, temir bakteriyalari 1 g tanasini qurish uchun 464 g $FeCO_3$ ni, ammonifikatorlar 20 g NH_3 ni, nitrifikatorlar 72 g HNO_2 ni oksidlashi kerak bo'ladi. Achitqi zamburg'lar bir necha yuz tonnalab mahsulotlarni o'zgartirib, spirtga aylantiradi.

Cho'kindi moddalar hosil bo'lishi organik olamning hosil bo'lish jarayoni bilan chambarchas bog'liqdir. Yerda hayot paydo bo'lmasdan oldin barcha moddalar erigan holda bo'lgan va ma'lum bir konsentratsiyaga yetguncha dengiz suvlarida to'planib borgan. Keyinchalik tirik organizmlar o'z tanasini qurish uchun suvdagi Ca, P, C, S, Ni va boshqa elementlardan foydalanganlar. Bular nobud bo'lganidan so'ng ohaktosh, fosforit, oltingugurt, tosh-

ko'mir, neft va gaz qatlamlarini hosil qilgan. Bir guruh mikroorganizmlar bir tomondan tog' jinslarini hosil qilsa, ikkinchi tomondan ularni parchalab turgan. Masalan, granit mexanik nurash (ya'ni temperaturaning keskin o'zgarishi) yo'li bilan kichikroq bo'laklarga ajraladi.

Kimyoviy omillar – CO_2 va H_2O bu bo'laklarni yanada yemiradi va kaliy hamda natriyning suvda eriydigan karbonat tuzlarini hosil qiladi. Erimaydigan kaolinni (tuproqni) suv boshqa joylarga oqizib ketadi. Granit ustiga oz miqdorda bo'lsa ham tushib qolgan organik modda shu yerda saprofit bakteriyalarning rivojlanishi uchun sharoit yaratadi. O'z navbatida, saprofit bakteriyalar organik moddalarni parchalab, CO_2 ajratadi. Bu CO_2 tog' jinslarini yanada yemiradi. Bulardan tashqari, tog' jinslari ustida nitrifikatorlar ham paydo bo'lib, ular NH_3 hosil qiladi, bular uchun kerakli bo'lgan CO ni saprofit bakteriyalar hosil qiladi. So'ngra ba'zi bir yashil suvo'tlari paydo bo'ladi, ba'zilari atmosfera azotini o'zlashtira olsa, ikkinchilari azotfiksator bakteriyalar bilan birga yashab, lishayniklarni vujudga keltiradi, bulardan keyin moxlar va asta-sekin yuksak o'simliklar paydo bo'la boshlaydi.

Shunday qilib, tog' jinslari yemiriladi va tuproqning chirindili qatlami vujudga keladi, chunki saprofit mikroorganizmlar o'simliklar qoldig'ini parchalab, gumus hosil qiladi.

Tauson ko'rsatganidek, mikroorganizmlarning ba'zi guruhlari neft, fenollar, parafin, naftalin va boshqa mahsulotlarni o'zlashtira olishi bilan saprofitlardan farq qiladi. Uning aniqlashicha, mikroorganizmlar faoliyati natijasida CO_2 hosil bo'lar ekan. U dengiz sathidan 3–4 km yuqorida – Pomir va Kavkaz tog'laridagi toshlar ustida qora dog'larni kuzatadi. Bu qora dog'larni tekshirganda ularning ko'k-yashil suvo'tlar bilan bakteriyalar qoldig'i ekanligini

aniqlaydi. U ko'k-yashil suvo'tlar orasidan azotobakter hujayralarini topadi. Demak, ko'k-yashil suvo'tlar atmosferadan CO_2 ni o'zlashtirgan va o'z tanasini qurgan hamda azotobakterga oziqa yetkazib bergan. O'z navbatida, azotobakter atmosferadagi azotni o'zlashtirib, suvo'tlarni azot bilan ta'minlagan, bu o'ziga xos simbiozdir.

Keyinchalik esa ko'k-yashil suvo'tlar va bakteriyalar nobud bo'lib, organik modda hosil qilgan. Saprofitlar esa organik moddalarni parchalab, CO_2 ajratgan. CO_2 boshqa omillar bilan birgalikda tog' jinslarini yemirgan. Ayniqsa, ohaktoshli jinslarning tez yemirilishida saprofit bakteriyalarning roli nihoyatda katta bo'lgan. Bu bakteriyalar CO_2 dan tashqari, oksalat, sirka, sut, limon va boshqa organik kislotalar hosil qiladi. bu kislotalar o'z navbatida $CaCO_3$ ni tez yemiradi.

Tog' jinslarining yemirilishida saprofitlardan tashqari, avtotroflardan: nitrifikatorlar, oltingugurt bakteriyalari va boshqalar ham qatnashadi. Avtotroflar saprofitlarga qaraganda, ohaktoshlarni 8 marta tez yemiradi. Oltingugurt bakteriyalari hosil qilgan H_2SO_4 ham tog' jinslarini yemiradi.

36-rasm. Thiobacillus thiooxydans.

36-rasm. Thiobacillus ferrooxydans.

Sulfid rudalaridan: pirit (FeS_2), alkopirit ($CuFeS_2$), molibdenit (MoS_2) va boshqalar hosil bo'lishida *Thiobacillus ferrooxydans, Thiobacillus thiooxydans* (36—37-rasmlar) ishtirok etadilar. Barcha ohaktoshlarning 90% i mikroorganizmlar tomonidan hosil bo'lgan. Bunda ayniqsa bakteriyalar, aktinomitsetlar va zamburug'larning ahamiyati katta.

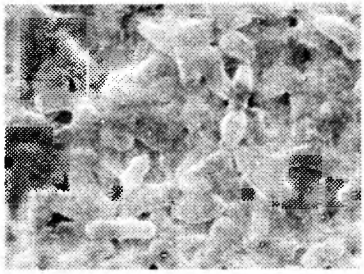
Mikroorganizmlar ohaktoshlar hosil qilishi uchun muhitda ularning tuzlari bo'lishi kerak, dengiz suvida esa kalsiy tuzlari doim yetarli bo'ladi. O'z navbatida, saprofitlar ohaktoshlarni parchalab turadi. Demak, mikroorganizmlar ohaktoshlarni ham hosil qilishi, ham parchalashi mumkin ekan. Bunday nitrifikatorlar selitra konlarini ham hosil qilishi mumkin.

6.2. Oltingugurtning tabiatda aylanishi

Oltingugurt tuproqda anorganik va organik birikmalar shaklida uchraydi. Anorganik birikmalaridan $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; Na_2CO_4; FeS_2; Na_2S; ZnS va boshqalar keng tarqalgan. Organik birikmalar (sulfagidril S, disulfid S-S guruhlari), aminokislotalar (sistein, sistin, metionin), oqsillar va ba'zi bir vitaminlar (tiamin, biotin)da uchraydi.

Yuksak o'simliklar oltingugurtni faqat sulfat kislotaning anioni (SO_4) shaklida qabul qiladi. Chirituvchi bakteriyalar o'simlik va hayvonlar qoldig'ini parchalab, oltingugurtni H_2S shaklida ajratadi. Tuproqda, suvda uchraydigan disulfur bakteriyalar tuzlarni qaytaradi. Bularga *Microspira desulfuricans, Desulfovibrio desulfuricans* misol bo'ladi. Bu bakteriyalar bir xivchinli harakatchan vibrionlarga o'xshash bo'ladi.

Chirituvchi va sulfat redutsirlovchi organizmlarning faoliyati natijasida vodorod sulfid to'planadi. Shunday usul bilan suv havza-



24-rasm. Desulfovibrio desulfuricans.

larida, ko'llarda, dengizlarda H_2S to'planadi. Masalan, Qora dengizda 200 metr chuqurlikda shunchalik ko'p miqdorda H_2S hosil bo'ladiki, bu yerda faqat anaerob bakteriyalargina yashay oladi, qolganlari esa yashay olmaydi.

Tuproqda, suv havzalarida to'plangan H_2S oltingugurt bakteriyalari tomonidan oksidlanadi. Bu bakteriyalarni 1887-yilda Vinogradskiy aniqlagan. Bakteriyalar avvaliga H_2S ni S gacha, keyin H_2SO_4 gacha oksidlaydi:

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + S_2$$

$$S_2 + 2H_2O + O_2 = 2H_2SO_4 + 479 \text{ kJ}$$

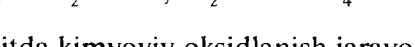
Ajralgan energiya CO_2 va H_2O dan organik modda sintezlanishi uchun sarflanadi.

6.3. Tion bakteriyalar

Tion bakteriyalar alohida guruhni tashkil etadi, ular H_2S dan $Na_2S_2O_6$ yoki $Na_2S_2O_3$, yoxud H_2SO_4 hosil qiladi, lekin hujayralarida oltingugurt to'plamaydi. Bu bakteriyalar sho'r suvlarda, chuchuk suvlarda va tuproqda uchraydi. Asosiy vakili tayoqchasimon *Thiobacillus thioporus* spora hosil qilmaydi, avtotrof, S ni H_2SO_4 gacha oksidlaydi. Tuproqda boshqa vakili *Th. thioxidans* ham uchraydi. Avtotroflardan tashqari, tipik geterotrof – *Bac. subtilis* (pichan batsillasi) ham S ni oksidlaydi.

Tuproqda sulfatlarning to'planishi bilan bir qatorda ularning parchalanishi – desulfofikatsiya ham sodir bo'lib turadi. Eng mu-

him vakillaridan biri 1947-yili topilgan *Thiobacillus ferroxydans* tayoqchasimon bakteriya bo'lib, uzunligi 0,8–1 nm, diametri 0,4 nm. Bu bakteriya kislotali muhitda $FeSO_4$ ni $Fe_2(SO_4)_3$ gacha oksidlaydi, ya'ni xemosintez jarayonini amalga oshiradi:

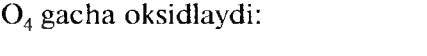


$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 \rightarrow 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

Bakteriyalar 120 g Fe_2SO_4 oksidlaganda 16,06 mg uglerod o'zlashtiradi. Shu bilan birga S ni H_2SO_4 gacha oksidlaydi. Bu bakteriya kislotali muhitli ko'mir va oltingugurt konlarida uchraydi va piritning oksidlanishida muhim ahamiyatga ega:

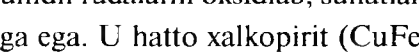
$$FeSO_4 + H_2O + 3{,}5O_2 \rightarrow FeSO_4 + H_2SO_4$$

Kislotali muhitda kimyoviy oksidlanish jarayoni bormaganligi tufayli keyingi oksidlanish *Th. ferrooxydans* ishtirokida boradi:



$$2FeSO_4 + 0{,}5O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$$

Keyinchalik FeS_2 kimyoviy yo'l bilan oksidlanadi va S hosil bo'ladi, uni H_2SO_4 gacha oksidlaydi:



$$S + 1{,}5O_2 + H_2O \rightarrow 2H^+ + SO_4^{--} + S^{6+}$$

Bu bakteriya sulfidli rudalarni oksidlab, sulfatlarga aylantirishda muhim ahamiyatga ega. U hatto xalkopirit ($CuFeS_2$), molibdenit (MoS_2) va boshqa sulfidli minerallarni ham oksidlaydi.

6.4. Temir bakteriyalari

1888-yilda Vinogradskiy temir bakteriyalarida uchraydigan xemosintez jarayonini kashf etdi. Bu bakteriyalar chuchuk va sho'r suvlarda ko'p tarqalgan bo'lib, ikki valentli temir tuzlarini o'zlashtirib, temir gidratlar hosil qiladi:

$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2 + 167kJ$$

Temir bakteriyalari ko'l va botqoqliklarda temir rudalari hosil bo'lishida ishtirok etadi. Uzoq vaqtgacha bu bakteriyalarni aniqlay olmaganlar. B.V.Perfilev (1926–1927-y.) ko'l cho'kindisidan temir bakteriyasini topgan va uni *Sphaerothrix* deb nomlagan. Keyingi yillarda (1952-, 1961-y.) u kapillyar mikroskopiya metodidan foydalanib, cho'kindi moddalardan yangi temir bakteriyasi – *Metallogenium* ni ajratib olishga muvaffaq bo'ldi. Bu bakteriya tabiatda juda keng tarqalgan bo'lib, temir konlari hosil bo'lishida muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

Tabiatda *Met. galionella* mikoplazmalar shaklida tarqalgan. Temir bakteriyalari orasida kokksimon, tayoqchasimon va ipsimon formalar uchraydi. Ko'pchiligi fakultativ avtotrof bo'lib, ipsimon vakillari ko'ndalangiga bo'linib yoki harakatchan konidiyalar yordamida ko'payadi. Mikroorganizmlarning atigi 0,1% i agarli muhitda o'sa oladi. Shuning uchun mikroorganizmlarni tekshirish ishlarida tabiiy sharoitga yaqin bo'lgan sharoitni yaratish muhim ahamiyatga ega. Shu maqsadda mikrobiologlar ko'pincha shisha plastinkalarni ma'lum muddatga tuproqqa ko'mib yoki suvga botirib qo'yadilar, so'ngra ularga yopishib qolgan mikroorganizmlarni tekshiradilar.

Mikroorganizmlarni tekshirishda mikroskopiya metodlari ham qo'llaniladi. Ko'pgina bakteriyalarning biokimyosi, fiziologiyasi ana shu metod bo'yicha o'rganiladi. Lekin kapillyar mikroskopiya metodi kelgusida yana ham keng imkoniyatlarga yo'l ochib berdi va undan mikrobiologiyaning boshqa tarmoqlarida ham foydalanish imkoni tug'ildi.

Perfilev kapillyar mikroskopiya metodidan foydalanib, ilgari noma'lum bo'lgan yirtqich bakteriyalar guruhini – temir bakteriya-

larning yangi avlodi – *Metallogenium* ni topib, ularning fiziologiyasi va morfologiyasini o'rgandi. Masalan, yirtqich bakteriyalardan *Dictyobacter* harakatchan, ovalsimon yoki yumaloq shakldagi koloniyadan iborat. Koloniyasi bir uchi qayrilgan tayoqchasimon hujayralardan tashkil topgan, ularning uzunligi 2–6 nm, eni 0,7–1,2 nm. Bu koloniya o'zidan yirik bo'lgan oltingugurt bakteriyalari bilan oziqlanadi, oltingugurt bakteriyalari bo'lmagan holatlarda cho'kmadagi eritmalar bilan ham oziqlanaveradi.

39-rasm. Caulobacter.

Yirtqichlardan yana biri *Cyclobacter* bo'lib, koloniyasi yumaloq, hujayralari bir-biri bilan plazmodesmalar orqali bog'lanadi. Bular 3–4 tadan to 30 tagacha bo'lib birlashishi mumkin.

Cyclobacter quyidagicha rivojlanadi. Birinchi fazada ipsimon, harakatchan, ikkinchi fazada yumaloq bo'ladi. Keyin alohida kichik-kichik mikrokoloniyalar hosil qiladi. Uchinchi fazada to'rsimon mikrokoloniyalar hosil qiladi. Oldingi fazalarda mikrob saprofit usulda oziqlansa, keyingi fazalarda maxsus tutqich o'simtalar hosil qilib, yirtqichlik bilan hayot kechira boshlaydi.

? *Savollar*

1. Tuproq hosil bo'lishida mikroorganizmlar roli haqida aytib bering.
2. Oltingugurtning anorganik va organik birikmalari qanday hosil bo'ladi?
3. Tion bakteriya haqida nima bilasiz?
4. Temir bakteriyalari qaysi muhim jarayonda ishtirok etadi?
5. Perfilevning kapillyar mikroskopiya metodi yordamida qaysi bakteriyalar aniqlandi?

VII B O B. TABIATDA AZOTNING AYLANISHI

7.1. Ammonifikatsiya jarayoni va mochevinaning parchalanishi

Yer yuzidagi barcha tirik organizmlar qachonlardir o'lik materiyadan hosil bo'lgan, shu bilan birga o'lik materiyadan keskin farq qiladi, lekin u bilan doim munosabatda bo'ladi. Ya'ni jonsiz va jonli tabiatdagi o'zgarishlar doimiy va uzluksizdir, moddalar bir holatdan ikkinchi holatga o'tib turadi, organik moddalar hosil bo'ladi, ular yana parchalanib turadi. Bu moddalarning kichik biologik aylanish doirasidir. Bu doirada tirik moddani tashkil etgan kimyoviy elementlardan C, N, S, P ning tabiatda aylanishi muhim ahamiyatga ega, chunki bu elementlar oqsil tarkibiga kiradi.

O'simliklar atmosferadagi erkin azotni va organik moddalar tarkibidagi azotni o'zlashtira olmaydi. Ular faqat mineral holdagi azotli birikmalar: ammoniyli va azotli tuzlardan foydalanadilar, xolos. Agar podzol tuproqlar haydalma qatlamining 1 gektarida 6000 kg azot bo'lsa, shundan o'simliklar o'zlashtira oladigani 1% ni tashkil etadi. Lekin bu azot ekinlardan hatto bir marta yaxshi hosil olish uchun ham yetmaydi.

Demak, Yer yuzida hayot davom etishi uchun o'simliklar va hayvonlar tomonidan hosil bo'lgan organik moddalar doim parchalanib turishi kerak. Organik moddalarning parchalanishida mikroorganizmlarning roli nihoyatda katta. Ular hayot jarayoni natijasida organik moddalarni parchalaydi va CO_2, H_2O, NH_3, HNO_3, S, P va boshqa anorganik moddalar hosil qiladi, bu moddalar yana aylanish doirasiga o'tadi. Tabiatda moddalarning doimiy va uzluksiz aylanib turishini V.L.Omelyanskiy ta'kidlab o'tgan.

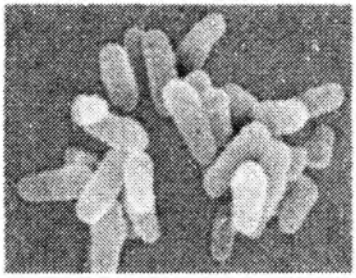
Tabiatda azot zaxirasi juda ko'p, havo tarkibida 4/5 qismni azot tashkil etadi. 1 ga yer ustidagi havoda 80000 t azot bo'ladi. Yer yuzida yashab turgan organizmlardagi azotning miqdori 20–25 milliard tonnani tashkil etadi.

Podzol tuproqlar haydalma qatlamining 1 gektarida 6 t, qora tuproqlarda 18 t azot bo'ladi. Mikroorganizmlarning ayrimlari organik moddalarni parchalab, mineral moddalar hosil qiladi. Bu mineral moddalarni o'simliklar o'zlashtiradi, ikkinchi tomondan azotfiksatorlar havodagi azotni o'zlashtirib, undan organik moddalar sintezlaydi. Shunday qilib, azot tabiatda aylanib yuradi. Azotning tabiatda aylanishida: ammonifikatsiya, nitrifikatsiya, denitrifikatsiya va azotofikatsiya jarayonlari boradi.

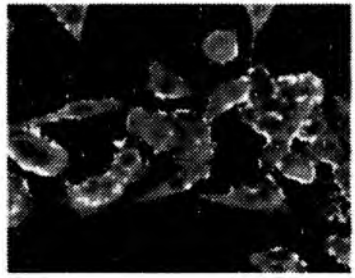
Ammonifikasiya jarayoni. O'simliklar va hayvonlar qoldig'ida juda ko'p miqdorda organik moddalar bo'ladi. Ularning mineral moddalarga aylanishi o'simliklarning azot bilan oziqlanishi uchun muhim ahamiyatga ega. Oqsillarning chirishi jarayonida NH_3 hosil bo'lishi ammonifikatsiya jarayoni deyiladi. Chirish jarayoni aerob va anaerob sharoitda boraveradi, lekin aerob sharoitda tezlashadi. Chirituvchi mikroorganizmlar guruhiga xilma xil bakteriyalar misol bo'ladi.

Anaeroblardan eng keng tarqalgani tayoqcha shaklida, uzunligi 5–6 nm, diametri 0,6–0,8 nm bo'lgan, peritrixa tipda xivchinlangan, spora hosil qiladigan, hujayrasi baraban tayoqchasi shaklidagi bakteriyalardir. Bunday bakteriyalar, asosan, oqsillarni parchalaydilar. Patogen chirituvchi bakteriyalarga qoqshol kasalligini keltirib chiqaruvchilar misol bo'la oladi.

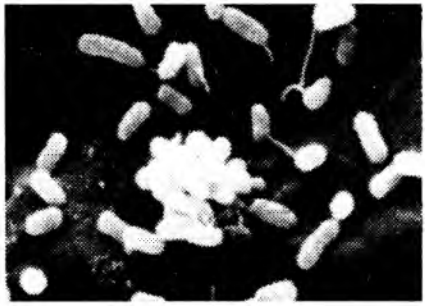
Fakultativ anaeroblarga ichak tayoqchasi *Eschirichia coli* va protey tayoqchasi *Bac. proteus* misol bo'ladi (40–41-rasmlar). Peretrixa tipda xivchinlangan harakatchan, uzunligi 1–3 nm,



40-rasm. Eschirichia coli.



41-rasm. Bac. proteus.



42-rasm. Pseudomonas fluiorenses

diametri, 0,5–1 nm bo'lgan *Bac. mesentericus, Bac. subtillis, Bac. mysoides, Bac. megatherium* oqsillarni aerob sharoitda parchalaydigan bakteriyalardir. Bularning hammasi spora hosil qiladi. Kichik tayoqchasimon *Pseudomonas fluiorenses* spora hosil qilmaydi (42-rasm).

Oqsillar parchalanganda suv, karbonat angidrid, ammiak, vodorod sulfid, metilmerkaptan (CH_3SH) hosil bo'ladi. Yoqimsiz hidli indol, skataol kabi moddalar ham hosil bo'ladi. Bunda oqsillarga eng avval proteolitik fermentlar ta'sir etib, peptonlar, polipeptidlar va aminokislotalar hosil kiladi. V.N.Shaposhnikov ko'rsatganidek, oqsillarning parchalanishi ikki yo'l bilan boradi:

Birinchidan, aminokislotalar bakteriyalar tanasining tuzilishi uchun sarflanadi; ikkinchidan, aminokislotalardan uglerod manbayi sifatida fondalaniladi. Bu jarayonda hosil bo'lgan ortiqcha NH_2 guruh NH_3 ga aylanadi yoki NH_3 organik kislotalar bilan bog'lanadi. Reaksiya oxiriga yetmasdan ba'zi kislotalar yoki spirtlar hosil bo'lishi mumkin. Masalan, alanin aminokislotasidan pirouzum kislota va ammiak hosil bo'ladi.

Tuproqda organik moddalarning parchalanish jararyoni iqlim sharoiti, tuproq namunasi va qo'llanilgan agrotexnika usullariga bog'liq holda turlicha borishi mumkin. Masalan, O'rta Osiyoning bo'z tuproqlarida ammonifikatsiya juda tez boradi, chunki temperatura ancha yuqori va bahorda namlik yetarli bo'ladi. Aksincha, shimoliy tumanlarda temperatura past bo'lganligi uchun bu jarayonlar juda sekin boradi. Qora va kashtan tuproqli zonalarda ham organik moddalarning parchalanishi sekin boradi.

Oqsillarning parchalanishi uchun optimal temperatura 25–30°C bo'lishi, shuningdek, parchalanadigan mahsulotda yetarli darajada namlik bo'lishi kerak.

Mochevinaning parchalanishi. Mochevinani ammonifikatorlarning alohida guruhi bo'lgan urobakteriyalar parchalaydi. Bu bakteriyalarni 1862-yili Lui Paster kashf etgan. Urobakteriyalar mochevinani parchalab, H_2O, NH_3 va CO_2 hosil qiladi:

$$CO\begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} + 2H_2O = (NH_4)CO_3 = 2NH_3 + H_2O + CO_2$$

Urobakteriyalar aerob tipda nafas oluvchilar bo'lib, bularda ureaza fermenti bo'lganligi uchun mochevinani parchalaydi. Mochevinani parchalab, ammoniy tuzlari hosil qilish urobakteriyalar

uchun muhim ahamiyatga ega, chunki ular mochevinadan na uglerod, na azot manbayi sifatida foydalana olmaydi. Bu bakteriyalar ammoniyli tuzlarda, organik kislotalarning tuzlarida yaxshi rivojlanadilar. Urobakteriyalarning elektiv kulturasida, mochevina miqdori 3–10% bo'lishi kerak, natijada urobakteriyalar ko'p miqdorda $(NH_4)_2SO_3$ hosil qiladi va muhitning pH ko'rsatkichi ishqoriy tomonga o'zgaradi. Urobakteriyalar uchun pH 7,5–8,5 bo'lishi kerak. Bu bakteriyalar yumaloq va uzun tayoqcha shaklida bo'lishi mumkin. Ko'pchiligi spora hosil qiladi. Masalan, *Plonosarcina ureae* yirik, harakatchan, peritrixa tipda xivchinlangan spora hosil qiladi. Spora hosil qilmaydigan tayoqchasimon bakteriyalar ham tabiatda ko'plab uchraydi.

? *Savollar*

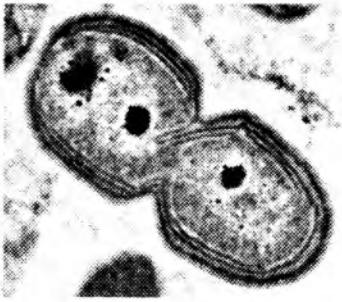
1. Mikorganizmlar tomonidan azotli birikmalar qanday o'zlashtiriladi?
2. Chirituvchi bakteriyalarning faoliyati haqida aytib bering.
3. Urebakteriyalar tomonidan mochevina qanday parchalanadi?

7.2. Nitrifikatsiya va denitrifikatsiya jarayonlari

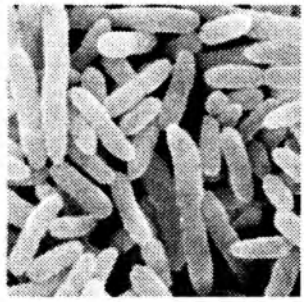
Nitrifikatsiya jarayoni. Ammonifikatsiya jarayonida hosil bo'lgan ammiakning bir qismi o'simliklar tomonidan o'zlashtirilsa, qolgan qismi nitrifikatsiya jarayonida azot kislotagacha oksidlanadi. Nitrifikatsiya jarayonida ishtirok etadigan bakteriyalarni 1889-yilda Vinogradskiy kashf etgan. Bu jarayon ikki fazada boradi.

Birinchi fazada *Nitrosomonas* avlodiga kiruvchi bakteriyalar ishtirok etadi va NH_3 ni HNO_2 gacha oksidlaydi:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 658\ kJ$$



41-rasm. Nitrosomonas sp.



41-rasm. Nitrobacter sp.

Ikkinchi fazada *Nitrobacter* avlodiga kiruvchi bakteriyalar ishtirok etadi. Ular HNO_2 ni HNO_3 gacha oksidlaydi:

$$2HNO_2 + 3O_2 = 2HNO_3 + 180\ kJ$$

Nitrobacter tuxumsimon shakldagi kurtaklanuvchi bakteriya bo'lib, rivojlanish siklida harakatchan bosqichni ham o'tadi.

Nitrosomonas va *Nitrobacter* doim birga uchraydi, birining hosil qilgan mahsuloti ikkinchisi tomonidan o'zlashtiriladi. Bunga *metabioz* deyiladi. Birining hosil qilgan mahsuloti ikkinchisi uchun oziqa manbayi hisoblanadi.

Nitrifikatorlar kimyoviy energiya hisobiga CO_2 va H_2O dan organik moddalar sintezlaydi, energiyani esa NH_3 ni HNO_2 gacha va HNO_2 ni HNO_3 gacha oksidlanishidan oladilar, ya'ni xemosintez jarayonini amalga oshiradilar.

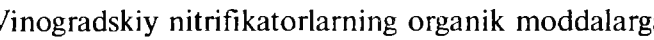
Nitrifikatsiya jarayonining birinchi bosqichi ikkinchisiga nisbatan jadal o'tadi, chunki birinchi bosqichda 658 kJ, ikkinchi bosqichda atigi 180 kJ energiya ajraladi.

Nitrifikatorlar organik modda sintezlash uchun yashil o'simliklar singari, CO_2 ni yoki $NaHCO_3$ ni o'zlashtiradi. Bikarbonatlar tez parchalanib, CO_2 hosil qiladi:

8-jadval

Nitrifikatsiyalovchi bakteriyalarning o'sishiga organik moddalarning ta'siri

Moddalar	Nitrozomonas		Nitrobakter	
	O'sishni sekinlash-tiradi (%)	O'sishni to'xtatadi (%)	O'sishni sekinlash-tiradi (%)	O'sishni to'xtatadi (%)
Uzum shakari	0,025	0,05	0,05	0,2
Pepton	0,025	0,2	0,08	1,25
Asparagin	0,025	0,3	0,05	0,5



$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

Vinogradskiy nitrifikatorlarning organik moddalarga nisbatan juda sezgir ekanligini aniqlaydi, agar muhitda biroz ko'proq organik modda yig'ilib qolsa, bakteriyalarning o'sishi sekinlashadi, agar yanada ko'proq to'plansa, bakteriyalar butunlay o'sishdan to'xtaydi. Bularni quyidagi 8-jadval ma'lumotlaridan ko'rish mumkin.

Nitrozomonas bir qism uglerod o'zlashtirishi uchun 35 qism azot, nitrobakter esa 135 qism azot oksidlashi kerak, buni 9-jadval ma'lumotlaridan ko'rish mumkin.

Albatta, fotosintezga nisbatan xemosintez jarayonida oz miqdorda organik modda sintezlanadi, lekin xemosintez jarayonining o'ziga xos xususiyati bor, chunki shu yo'l bilan ham organik moddalar sintezlanishining o'zi muhim ahamiyatga ega va boshqa organizmlarning yashashi uchun zamin tayyorlaydi.

Turli tuproqlarda boradigan nitrifikatsiya jarayoni. Tuproqda boradigan nitrifikatsiya jarayoni laboratoriya sharoitida olib boriladigan nitrifikatsiyadan boshqacha o'tadi. Laboratoriya sharoitida

9-jadval

Nitrozomonas va nitrobakterlarning uglerod o'zlashtirishi bilan azotni oksidlashi orasidagi bog'lanish

Nitrozomonas birligi			
Oksidlangan azot	722,0	506,1	928,3
O'zlashtirilgan uglerod	19,7	17,2	26,4
Azotning uglerodga nisbati	36,6	33,3	35,2
Natrobakter			
Oksidlangan azot	475	46	385
O'zlashtirilgan uglerod	3,52	3,55	2,63
Azotning uglerodga nisbati	135	131	146

organik moddalarning ko'payishi, ya'ni ortishi bakteriyalarga salbiy ta'sir etsa, tuproqda bunday bo'lmaydi, chunki tuproqda organik moddalarning eruvchan formasi kam uchraydi. Ikkinchidan, tuproqda nitrifikatorlar bilan birga boshqa bakteriyalar ham uchraydiki, bu bakteriyalar organik moddalarni o'zlashtiradi va nitrifikatorlar uchun mikrozonalar vujudga keltiradi.

Nitrifikatorlar muhitning kislotali reaksiyasiga sezgir va pH 6,0 dan past bo'lsa, jarayon to'xtaydi, pH ko'rsatkichi 6,2 dan to 9,2 gacha bo'lsa, bakteriyalar yaxshi rivojlanadi. Nitrifikatsiya jarayoni natijasida 1 ga yerda 1 yilda 300 kg nitrat kislota to'planadi. Butun Yer yuziga hisoblaganda, bu nihoyatda katta ko'rsatkichni tashkil etadi. Shuning uchun agronomiyada bu jarayonga katta ahamiyat beriladi. Nitrifikatsiya jarayoni, ammonifikatsiya jarayoni bilan chambarchas bog'liqdir, ammonifikatsiya qancha tez borsa, nitrifikatsiya ham shuncha jadallashadi.

Nitrifikatorlar botqoq tuproqlardan tashqari hamma tuproqlarda uchraydi. Agar botqoq tuproqlar quritilsa va ularga ohak solinsa, pH ko'rsatkichi o'zgartirilsa, u yerlarda ham nitrifikatorlar rivojlana

boshlaydi. Podzol tuproqlarda nitrifikatsiya jarayoni, asosan, tuproqning haydalma qatlamida boradi. Qora tuproqlarning haydalma qatlamida ham bu jarayon intensiv boradi. Nitrifikatsiya jarayonida qatnashadigan bakteriyalar hatto 50 sm chuqurlikda ham uchraydilar.

O'rta Osiyoning bo'z tuproqlarida nitrifikatsiya jarayoni juda ham tez boradi va tuproqda ko'p miqdorda nitratlar to'planadi. Lekin sho'r tuproqlarda bu jarayon kuchsiz boradi va nitrit kislota to'planishi bilan tugaydi, chunki sho'r tuproqlarda nitrobakter uchramaydi. V.L.Isachenko bu bakteriyalarni sho'r suvlarda ham uchratmagan. Endigina o'zlashtirilayotgan sho'r tuproqlarda nitrifikatsiya jarayoni asosan haydalma qatlamda boshlanadi, ayniqsa, sulfatli sho'rlanish bakteriyalarga salbiy ta'sir etadi. Shuningdek, nitrifikatorlar tuproqning namligiga ham sezgir, quruq tuproqda yoki namlik haddan tashqari ortib ketgan sharoitda ular yaxshi rivojlanmaydi.

Denitrifikatsiya jarayoni. Denitrifikatsiya jarayoni nitrifikatsiya jarayonining aksi bo'lib, bunda bog'langan azot yana atmosferaga erkin holda qaytadi. Bu jarayon bevosita va bilvosita sodir bo'ladi, chunki nihoyatda xilma-xil jarayonlar natijasida nitratlardan molekulyar azot hosil bo'lishi mumkin.

Bevosita denitrifikatsiyada nitratlar denitrifikatsiyalovchi alohida bakteriyalar guruhining hayot faoliyati tufayli qaytarilsa, bilvosita denitrifikatsiya jarayonida faqat aminokislotalar bilan nitrit kislota o'zaro munosabatga kiradilar. Buning natijasida ham molekulyar azot hosil bo'ladi. Bevosita denitrifikatsiya jarayoni tabiatda, ko'proq tuproqda, go'ngda va suv havzalarida keng tarqalgan denitrifikatsiyalovchi bakteriyalarning hayot faoliyati tufayli sodir bo'ladi:

$$4HNO_3 = 2H_2O + 5O_2 + 2N_2$$

Bu bakteriyalarga quyidagilar misol bo'ladi:

1. *Bas. denitroficans* – tayoqchasimon, peretrixa tipda xivchinlangan, spora hosil qilmaydi.

2. *Achromobacter* – mayda tayoqchalar, ko'pincha zanjir shaklida uchraydi.

3. *Pseudomonas fluorescens* – harakatchan, tayoqchasimon bakteriya.

4. *Pseudomonas pyocyonea* – tayoqchasimon, ko'k tusli pigment hosil qiladi.

Denitrifikatsiya ham oksidlanish, ham qaytarilish jarayonidir.

Bakteriyalar fakultativ anaerob bo'lib, kislorod ko'payib ketganda denitrifikatsiya jarayoni to'xtaydi. Anaerob muhitda nitratlar va organik moddalar yetarli bo'lganda darhol denitrifikatsiya boshlanadi, muhitda kislorod yetishmasa, nitratlarni qaytarib o'ziga kerakli bo'lgan kislorod oladi. Muhitning pH ko'rsatkichi 3,2–8,7 oralig'ida bo'lsa, bu bakteriyalar yaxshi rivojlanadi.

Bilvosita yoki bevosita denitrifikatsiya nitratlar bilan aminlarning o'zaro kimyoviy yo'l bilan reaksiyaga kirishi tufayli boradi, bunda bevosita denitrifikatsiyaga qaraganda ikki marta ko'p azot hosil bo'ladi:

$$R{-}CHNH_2COOH + ONOH = R{-}CHOH{\times}COOH + H_2O + N_2$$

aminokislota organik kislota

Molekulyar holatdagi azotni o'zlashtiruvchi mikroorganizmlar. Havo tarkibida 78–80% azot bo'ladi, lekin uni yashil o'simliklar va hayvonlar o'zlashtira olmaydilar. Azot moddalarning biologik o'zgarishida ikki yo'l bilan ishtirok etadi.

Birinchi yo'lda elektr zaryadsizlanish vaqtida (kuchli chaqmoq bo'lganda) fotokimyoviy oksidlanish ro'y beradi, bunda $N_2 \rightarrow NO_2$ ga aylanadi. Hosil bo'lgan NO_2 suvda va tuproqda yana oksidlanib, HNO_3 ga aylanadi. Bir yilda yana shu yo'l bilan 1 m^2 maydonda 30 mg NO_3 to'planadi.

Ikkinchi yo'lda molekulyar azotni azot to'plovchi mikroorganizmlar o'zlashtiradilar. Bular ikki guruhga bo'linadi:

1. Tuganak bakteriyalar, dukkakdosh o'simliklar bilan simbioz holda hayot kechirib, molekulyar holdagi azotni o'zlashtiradilar.

2. Erkin holda yashovchi azotfiksatorlar, molekulyar azotni o'zlashtiradilar.

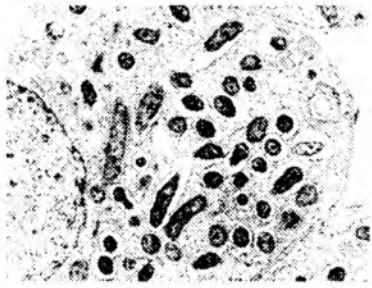
Tuganak bakteriyalar. M.S.Voronin (1886-y.) dukkakdosh o'simliklar ildizida mikroorganizmlar borligini aniqlagan. Nemis olimlari G.Gelrngel va G.Vilfart (1886-y.), qizdirilgan (ya'ni barcha bakteriyalari nobud qilingan) qumga dukkakdosh o'simlik ekib, uning ildizida tugunaklar hosil bo'lmaganligini kuzatganlar. O'z tajribalaridan ular shunday xulosa chiqaradilar:

1. Azot bilan oziqlanish jihatidan dukkakdosh o'simliklar boshqa o'simliklardan keskin farq qiladilar.

2. Dukkakdosh o'simliklarning o'zlari atmosfera azotini o'zlashtira olmasdan, shu maqsadda ularning ildizida simbioz holda yashaydigan bakteriyalarning faoliyatidan foydalanadilar.

Keyinchalik bu bakteriyalarni gollandiyalik olim M.Beyerink sof holda ajratib oladi va *Bact. radicicola* deb nomlaydi. Hozir bu bakteriyalar *Rhizobium* avlodiga kiritilgan. Bu bakteriyalar sun'iy muhitda yaxshi o'sadi. Lekin erkin azotni o'zlashtirmaydi, faqat dukkakdosh o'simliklar bilan simbioz holda yashaganda, azotni o'zlashtiradi. Tuganak bakteriyalarning rivojlanish sikli o'ziga xosdir. Yosh davrida harakatchan, xivchinlangan bo'ladi, keyinchalik harakatdan to'xtaydi va hujayralarida vakuola hosil bo'ladi.

Vakuolalar go'yo belbog' hosil qilganday bo'ladi, shuning uchun bakteriyalar bu davrda «belbog'li» bo'ladi. Tayoqchalar shu vaqtda tarmoqlanadi va bakteroid deb nomlanadi. Bakteroidlar sharsimon kokklarga ajraladi, bulardan yana harakatchan tayoqchalar o'sib chiqadi.



45-rasm. Rhizobium.

Tuproqda uchraydigan tugunak bakteriyalar dukkakdosh o'simlik ildiz tukchalari atrofida to'planadi va ularning po'stini eritib, ildiz hujayrasiga o'tadi va ko'paya boshlaydi, hujayralarni to'ldirib yuboradi. O'simlik, o'z navbatida, ildiz hujayralarining bo'linish jarayonini tezlashtiradi va bakteriyalarni tugunak ichiga o'rab oladi. Bakteriyalar ishlab chiqaradigan fiziologik faol moddalar ildiz hujayralarining bo'linishini yanada tezlashtiradi va ildizga ko'p miqdorda shakar oqib kelishini ta'minlaydi. Bakteriyalar shakarlar bilan oziqlanadi va o'simlikni azot bilan ta'minlaydi.

Agar dukkakdosh o'simlikka bor (B) mikroelementi berilsa, simbioz ikkala organizm uchun foydali bo'ladi, agar bor yetishmasa, N.Torniton ko'rsatganidek, floema naylari yaxshi rivojlanmaydi, natijada shakarlar ildizga kam keladi va tuganak bakteriya parazit holda oziqlanishga o'tadi. Shunday qilib, tuganak bakteriya o'simlikka, o'simlik bakteriyaga moslashib boradi.

Tuganak bakteriyalar o'ziga xos xususiyatga ega. Hozir bularning 20 dan ortiq irqi ma'lum. Har bir irq ma'lum o'simlikda yashaydi. Masalan, sebarga ildizida rizobium trifolia, soya ildizida rizobium yaponikum, loviya ildizida rizobium fassoli, beda va qashqarbeda ildizida rizobium meliloti, no'xat, xushbo'y no'xat, burchoq va nutda rizobium legiminozarum, lyupin ildizida

rizobium lupini bakteriyalari tugunaklar hosil qiladilar. Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, tugunak bakteriyalarda har xil dukkakdosh o'simliklarga nisbatan moslanish xususiyati bor, lekin har bir o'simlikni o'ziga mos bo'lgan bakteriya turlari mavjud. Shu xususiyatiga ko'ra, ularni quyidagi guruhlarga bo'lish mumkin:

1) no'xat, nut yovvoyi no'xat, xina va burchoq bakteriyalari;
2) lyupin va seradella bakteriyalari;
3) beda va qashqarbeda bakteriyalari;
4) loviya bakteriyalari;
5) soya bakteriyalari;
6) sebarga bakteriyalari.

Bular tugunaklar hosil qilish va azot to'plash faolliklari jihatidan ham bir guruh ichida bir-biridan keskin farq qiladilar.

Keyingi yillarda, nishonlangan azot bilan olib borilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, tugunak bakteriyalar o'zi azotni o'zlashtira olmasdan, faqat dukkakdosh o'simlik bilan birga bo'lgandagina o'zlashtirar ekan.

Tuproqdagi tugunak bakteriyalarni ajratib olish uchun Krasilnikov va Korenyanko (1940-y.) metodi qo'llaniladi. Buning uchun dukkakdosh o'simliklar urug'i sulema ($HgCl_2$) eritmasi yordamida sterillanadi, keyin sterillangan suv bilan yuviladi. So'ngra urug' mineral holdagi agar solingan katta probirkalarga solinadi. Bakteriya yuqtirish uchun tuproq eritmasidan 1 ml qo'shiladi. Agar tuproqda tugunak bakteriyalar bo'lsa, ular o'simlikda tugunaklar hosil qiladi. Ular 2–3 haftadan so'ng aniq ko'rinadi. Dukkakdosh o'simlik ildizidan qirqib olingan tugunakdan NH_3 ajraladi. Fin olimi Virtanenning fikricha, tugunak bakteriyalar azot o'zlashtirganda, eng avval asparagin kislota hosil bo'lar ekan:

$$N_2 \rightarrow NH_2OH \quad \text{yoki}$$

gidroksilamin

$$NH_3 \rightarrow COOH{\cdot}CH{\cdot}NH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

asparagin kislota

$$\text{Uglerod manbayi} \rightarrow COOH{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

sirka kislota oksalat

Virtanen fikricha, bakteriyalar ko'p miqdorda azot o'zlashtirar ekan, uning bir qismi ildizlardan gidroksilamin va oksalat-sirka kislota shaklida ajralib chiqar ekan.

Molekulyar azotni simbioz yo'li bilan to'plashda ishtirok etadigan boshqa mikroorganizmlar. Dukkakdosh o'simliklardan tashqari, ildizi molekulyar azotni to'plovchi mikroorganizmlar bilan simbioz holda yashaydigan daraxt va butalarning 200 ga yaqin turi ma'lum. Bulardan qayrag'och (*Alnus*) yaxshi o'rganilgan. Bu daraxtning ildizlaridagi tugunaklarda aktinomitsetlar ko'proq bo'lib, ular atmosfera azotini o'zlashtiradi. *Rubiaceae* oilasiga mansub *Pavefta indica* barglarida g'uddalar hosil bo'ladi, g'uddalarda tugunak bakteriyalarga yaqin bo'lgan va atmosfera azotini to'play oladigan *Mycobacterium* bakteriyasi topilgan. Mahalliy aholi bu o'simlikdan yashil o'g'it sifatida foydalanadi.

Tuproqda erkin holda yashaydigan bakteriyalar tomonidan molekulyar azot to'planishi. Tuproqda tugunak bakteriyalardan tashqari, atmosfera azotini to'playdigan boshqa bakteriyalar ham uchraydi. Vinogradskiy (1893-y.) maxsus elektiv kultura tayyorlab, bu bakteriyalarni ajratib olgan. Elektiv kultura tayyorlash uchun u oziqa muhitiga glukoza va boshqa tuzlar qo'shadi, lekin azotli tuzlar qo'shmaydi. Shuning uchun bunday muhitda faqat azotni o'zlashtira oladigan bakteriyalar yashashi mumkin bo'ladi. Vinogradskiy

tajribani anaerob sharoitda olib boradi va azot to'plovchi *Clostridium pasterianum* bakteriyasini kashf etadi. Bu bakteriya duksimon shaklda, 3–4 nm uzunlikda, eni 0,7–1,3 nm bo'lib, spora hosil qiladi, tanasi peritrixa tipda xivchinlangan, yosh vaqtida tez harakatlana oladi.

Klostridium oziqa sifatida asosan glukozadan foydalanadi, lekin saxaroza va fruktozani ham o'zlashtira oladi, kraxmal va sellulozani mutlaqo o'zlashtira olmaydi. Hayot uchun zarur bo'lgan eiyergiyani yog' kislotali bijg'ish jarayonidan oladi:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow \underset{\text{moy kislota}}{CH_3CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH} + 2CO_2 + 65\ kJ$$

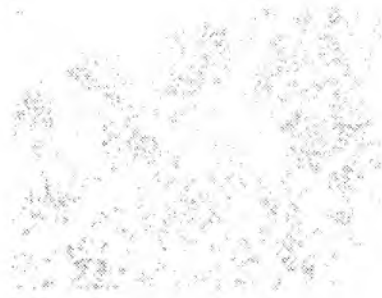
Laboratoriya sharoitida klostridium 1 g bijg'igan shakar hisobiga 1–5, ba'zan 5–10 mg azot to'playdi.

Olimlarning fikrlaricha, bijg'ish jarayonida vodorod molekula holida emas, balki atomar (2H) holda ajralib, atmosfera azotining ammiak holida to'planishida ishtirok etar ekan.

Vilson *Clostridum* ning *Clost. butyrisum, Clost. beijerinckia, Clost. pectinovorum, Clost. acetobutylicum* kabi 15 ga yaqin turi ham azot to'plash xususiyatiga ega ekanligini aniqlagan. Lekin, bulardan ko'ra, *Clost. pasterianum* atmosfera azotini eng ko'p to'playdi. Tuproqda *Clost. pasterianum* doim aerob usulda nafas oluvchi *Bac. closteriodes* bilan birga uchraydi, bu bakteriya *Clost. Pasterinaum* uchun anaerob sharoit yaratib bersa, uning hisobiga *Bac. closteriodes* vitaminlar bilan ta'minlanadi va *Clost. pasterianum* dan azot olib turadi.

Klostridium tabiatda juda keng tarqalgan, chunki u pH ko'rsatkichi 4,5–9,0 ga teng bo'lgan tuproqlarda faol bo'lsa rivojlana oladi, shuning uchun ham kislotali, ishqoriy, sho'r va qora

tuproqlarda ham uchraydi. Tuproqning namligi 60–80% (to'la nam sig'imiga nisbatan) bo'lsa, yaxshi rivojlanadi. Klostiridiumdan tashqari, tuproqda erkin holda yashaydigan yana bir bakteriya – azotobakterni gollandiyalik mikrobiolog Beyerink 1901-yilda sof kultura holida ajratib olgan. Bu bakteriyaning bir qancha turi ma'lum:



46-rasm. Azotobacter chroococcum.

1. *Azotobacter chroococcum* – yirik shar shaklida (1–10 nm), biroz ovalsimon, hujayralari ko'pincha juft-juft bo'lib joylashadi. Ko'pincha shilimshiq kapsula bilan o'ralgan bo'ladi. Aerob, ko'p miqdorda kislorod bo'lgan sharoit talab qiladi. Bu bakteriyaning hujayralari yoshlik davrida tayoqcha shaklida bo'lib, rivojlangan sayin ellipssimonlashib, keyinroq esa yumaloq bo'lib boradi. Hujayralarida jigarrang pigment hosil qiladi, qari hujayralari yiriklashib, qalin po'st bilan o'raladi va kista hosil qiladi. Azotobakter har 1 g bijg'igan shakar hisobiga 10–15 mg, ba'zan 20 mg gacha azot to'playdi.

Muhitning pH ko'rsatkichiga juda sezgir, pH ning optimum nuqtasi 7,0–7,2, maksimumi 9,0. Agar pH < 5,6 bo'lsa, bu bakteriya uchramaydi, lekin bunday tuproqqa ohak solinsa, darhol azotobakter paydo bo'ladi. Namlikka juda talabchan. 25–30°C da yaxshi rivojlanadi. Azotobakter bo'z, qora va podzol tuproqlarda, erta bahorda ko'p uchraydi.

2. *Az. agile* – hujayralari birmuncha yirik, serharakat bo'lib, qo'ng'ir pigment hosil qilmaydi, lekin muhitning biroz tovlanishiga sabab bo'ladi.

3. N.Sushkina sho'r tuproqlarda *Az. galofilum* borligini aniqlagan.

Azotobakter uchun eng yaxshi oziqa mannit – $CH_2ON(CHOH)_4CH_2OH$ hisoblanadi, lekin dekstrin, glitserin, glukozada ham yaxshi rivojlanadi. Azotobakter azotni o'zlashtirganidan so'ng birinchi galda NH_3 hosil qilishi aniqlangan.

Ammo M. V. Fedorov azotobakter tomonidan azot to'planishi boshqa yo'l bilan borishini ko'rsatdi. U jarayonda, hujayra protoplazmasi bilan bog'liq bo'lgan katalizator ishtirok etishini ko'rsatib berdi. Bunday fikrga kelish uchun u katalizator tarkibiga kiruvchi guruhlarni blokirovka qildi va buning natijasida azot to'planish jarayonida karboksil va aminoguruhlar ishtirok etmasligini va bu jarayonda asosan karbonil guruh qatnashishini aniqlashga erishdi. Karbonil guruhning kislorodi, gidrazin hosil qilib, hosil bo'lgan gidrazin aktiv vodorod yordamida qaytarilish reaksiyasiga kirishib, aminokislotalar hosil qilishini aniqladi. Reaksiya quyidagicha boradi:

$$N_2 + 2H^+ \rightarrow NH{=}NH$$

$$2NH + 2H_2 \rightarrow 2NH_2OH \text{ yoki}$$

$$N_2 + 2H_2O \rightarrow 2NHOH$$

$$2NH + 2H_2O \rightarrow 2NH_2OH$$

$$2NHOH + O_2 \rightarrow 2NH_2OH$$

gidroksilamin

Hosil bo'lgan gidroksilamin organik kislotalar bilan reaksiyaga kirishib, bir qator aminokislotalar hosil qiladi.

Azotobakterni o'rganish ustida juda ko'p ishlar qilingan va bunday tadqiqotlar hozirgacha davom ettirib kelinmoqda.

Azot to'plovchi boshqa mikroorganizmlar. Amerikalik olimlar Jest va Kamen azot to'plash xususiyatiga ega bo'lgan yana 19 turga mansub bakteriyalarni topganlar. Ko'pchilik yog' kislotali

bijg'ituvchi va *Clostridium* avlodiga mansub bakteriyalar azot to'plash xususiyatiga ega ekanligi, bu xususiyat hatto aktinomitsetlar, mog'or zamburug'lari, achitqi zamburug'lar va ko'k-yashil suvo'tlarida ham bor ekanligi aniqlangan. Shunday xususiyatga ega tuproqda 30 ga yaqin azot o'zlashtiruvchi ko'k-yashil suvo'tlari topilgan.

R.Starki va P.De (1939-y.) Hindistondagi sholipoyalardan *Az. indicum* ni topganlar, bu bakteriya hatto kislotali tuproqlarda ham uchraydi.

Gollandiyalik mikrobiolog Beyerink nomi bilan atalgan *Az. Beijirinckiae* ham topilgan. Bu bakteriya ovalsimon, 2–3 nm uzunlikda, shilimshiq kapsulali bo'lib, burmali koloniyalar hosil qiladi. Qariganda qizg'ish yoki to'q jigarrangga kiradi, yosh vaqtida harakatchan. Azotobakterga o'xshash 16–20 mg azot to'playdi (1 g shakar hisobiga). Bu bakteriya tropik zona va Gruziya tuproqlarida ko'proq uchraydi.

Gollandiyalik olim Derksa nomi bilan atalgan yana bir bakteriya – *Deria* tayoqchasimon, bir xivchinli bo'lib, koloniyasi shilimshiq, qariganda sariq-qo'ng'ir rangga bo'yaladi.

Azot to'plovchi mikobakteriyalar. Keyingi yillarda atmosfera azotini o'zlashtiruvchi mikobakteriyalarning yangi turlari topilgan. M.V.Fedorov va T.A.Kalininskaya (1960-y.) *Mus. flavum, Pseud. radiobacter* ni kashf etganlar. Kalininskaya (1963-y.) azot to'plovchi mikobakteriyalarni turli moddalarga bo'lgan talabiga qarab 3 guruhga bo'ladi.

Bu guruhga: 1) vitamin talab qiluvchilar; 2) aminokislota talab qiluvchilar; 3) o'z oziqa muhitida oz miqdorda bog'langan azot bo'lishini talab qiluvchilar kiradi.

N.P.Lvov (1964-y.) podzol tuproqlardan yangi tur *Azotobasortum* ni topadi, bu bakteriya muhitda oz miqdorda bog'langan azot bo'lsagina atmosfera azotini o'zlashtira oladi. 1 g shakar hisobiga 9–11 mg azot to'playdi. Oziqa sifatida organik kislotalar va spirtlardan foydalanadi. Bu bakteriya yana ikkita yo'ldosh bakteriyalar bilan birga uchraydi. Bular glukozani o'zlashtirib, organik kislotalar hosil qiladi. Molibden mikroelementi berilsa, azotobakterlarning ish faoliyati ortadi, chunki molibden gidrogeneza fermentining tarkibiga kiradi.

Ba'zi bir bakteriyalarning vakillariga, masalan, *Azot. agile*, *Mycobacterium flovum* ga vanadiy mikroelementi ham yaxshi ta'sir etadi.

Mis (Cu) mikroelementi 1 l suvda 5 mg ($CuSO_4$) miqdorda bo'lganda *Az. Beijijrinckae* va *Mus. flavum* ning faolligini oshirsa, *Azot. chroococcum* ga salbiy ta'sir etadi.

Lishayniklar tomonidan atmosfera azotining o'zlashtirilishi. Lishayniklar suv o'ti bilan zamburug'lardan tashkil topgan simbioz organizmlardir. 1936-yili lishaynik tanasidan uchinchi vakil azot to'plovchi bakteriya ajratib olingan. Lekin Krasilnikov bu fikrga qarshi chiqadi. U lishaynik tanasidan *Pseudomonas* va *Bacterium* ni ajratib oladi. 1973-yilda P.A.Genkel va. T.T.Plotnikova ba'zi lishayniklardan *Azotobacter Beijijrinck* ni ajratib oladilar, bu bakteriya ham 1 g mannit hisobiga 4,6–6,7 mg azotni o'zlashtirishini amqladilar. Bu fikrni ko'pchilik olimlar tan olishgan.

Qishloq xo'jaligi uchun azot fiksatsiyaning ahamiyati. Mikroorganizmlar tomonidan atmosfera azotining o'zlashtirilishi yer yuzida biologik yo'l bilan to'planadigan hosilning umumiy miqdoriga katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun atmosfera azotining biologik yo'l bilan o'zlashtirilishini o'rganish qishloq xo'jaligi va biologiya fani uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan muammolardan biridir.

Yer qobig'idagi azotning umumiy massasi 0,04%ni tashkil qilib, $4 \cdot 10^{15}$ t ga teng, havo tarkibida 78% molekulyar azot uchraydi. Lekin na odamlar, na hayvonlar va na o'simliklar molekulyar holatdagi azotni o'zlashtira ololmaydilar.

Taxminiy hisoblarga ko'ra, bir yilda yer yuzi bo'yicha o'simliklar 100—110 mln tonna azot talab qilar ekan. Mineral o'g'itlar bilan esa atigi 30% azot tuproqqa tushar ekan.

Mishustinning hisobiga ko'ra, sobiq Ittifoq mamlakatlarida barcha dukkakdosh o'simliklar bir yilda 2,3 million tonna, azot to'plovchi bakteriyalar 3,4 million tonna azot to'plar ekan. Shunday qilib, biologik yo'l bilan to'planadigan azot miqdori 5,7 million tonnani tashkil etar ekan.

Demak, tabiatda azot doim aylanib turar ekan. Yashil o'simliklar bog'langan azotdan va uglevodlardan o'zining rivojlanishi uchun zarur bo'lgan oqsil moddalarni sintezlaydi. O'simliklarni hayvonlar iste'mol qiladi. Nobud bo'lgan o'simlik va hayvonlar qoldig'i bakteriyalar tomonidan chirish jarayoniga uchraydi va NH_3 hosil bo'ladi. NH_3 ning bir qismi o'simliklar tomonidan o'zlashtirilsa, bir qismi nitrifikatsiyaga uchraydi.

Azot to'plovchilar atmosfera azotini o'zlashtirib, yana oqsillar sintezini ta'minlaydi, bu oqsillar chirituvchi bakteriyalar tomonidan parchalanadi. Denitrifikatorlar nitratlarni parchalab, atmosferaga azot qaytaradi. Shunday qilib, azot tabiatda aylanib yuradi.

7.3. Bakterial o'g'itlar

Tuproqdagi mikrobiologik jarayonlarga va mikroblarga bakteriologik o'g'itlar kuchli ta'sir ko'rsatadigan omillardan biri hisoblanadi. Bakterial o'g'itlar xilma-xil bo'ladi: nitragin, azotobakterin, fosfobakterin, AMB va boshqalar. Turli dukkakdosh o'simliklarning

urug'iga ekishdan oldin nitragin bilan ishlov berilsa (1 ga yerga ekiladigan urug' uchun 5–10 g nitragin kerak), ularning hosili o'rta hisobda 10–15% yuqori bo'ladi.

Nitragin tarkibida aktiv tugunak bakteriyalari bo'ladi, ular ko'plab atmosfera azoti to'playdi va hosilni oshiradi. Shuningdek, hosilning sifati ham yaxshilanadi, ya'ni ko'p miqdorda oqsil, aminokislotalar va B guruhga mansub vitaminlar sintezlanadi.

Nitragin turli shaklda: torfli aralashma, tuproqli aralashma, agarli aralashma va suyuq holda ishlab chiqariladi. Shulardan eng ko'p ishlatiladigani torfli aralashma bo'lib, bu aralashmadan AQSH, Avstraliya, Yangi Zelandiya, Kanada, Hindiston va Yevropa mamlakatlarida keng foydalaniladi.

7.4. Azotobakterin va AMB preparati

Azotobakterin tarkibida azotobakter bo'ladi. uni tayyorlash uchun azotobakter agarli muhitda o'stiriladi. 1 grammida 40 mln azotobakter hujayrasi bo'ladi, 1 ga yerga ekiladigan urug'lar uchun 10–15 g azotobakterin yetarlidir.

Bu preparat tarkibida turli bakteriyalar: ammonifikatorlar, azotfiksatorlar, sellulozani parchalovchilar ham uchraydi. Bu bakteriyalar tabiiy unumdor tuproqlarning asosiy mikroflorasini tashkil etadi. Shuning uchun avtoxton mikroflora deb ataladi. Odatda, kech kuzda va qish oylarida nordon tuproqlarda nam ko'p bo'lishi va tuproq temperaturasining pasayib ketishi natijasida mikroorganizmlarning faolligi pasayib ketadi. Shuning uchun har gektar yerga 250 kg dan AMB preparati solinsa, yaxshi natija beradi. 10-jadvalda AMB preparatining qo'llanishi natijasida hosildorlikning ortishi darajasi ko'rsatilgan.

10-jadval

AMB preparatining hosilning ortishiga ta'siri

O'simliklar	Hosil (ga/s)		Hosilning ortishi	
	nazorat	AMB	ga/s	%
Beda-62	26,2	30,4	4,2	16,0
Xashaki lavlagi	136,0	229,0	93,9	68.4
Kartoshka	80,0	110,9	30,9	38,6

Hozirgi vaqtda AMB preparati ko'proq issiqxonalarda yetishtiriladigan o'simliklar uchun ko'proq ishlatiladi. Buning uchun issiqxonalardagi go'ng ustiga 30–40 sm qalinlikda AMB preparati sochiladi va uch hafta shu holda saqlanadi. Keyin bu yerda ko'chat yetishtiriladi. Ko'chatlar olingandan keyin go'ng sabzavotlarni o'g'itlash uchun ishlatiladi.

7.5. Fosforobakterin

1935-yili A.A.Menkina tuproqdan organik birikmalardagi fosforni parchalaydigan bakteriyalarni ajratib oladi. Bu bakteriyalar organik moddalardagi fosforni o'zlashtiradi va fosfat kislota hosil qiladi. Fosfat kislotani o'simliklar o'zlashtira oladilar. Ko'pchilik tuproqlarda organik holatdagi fosfor 28–35% gacha bo'ladi, lekin undan yuksak o'simliklar foydalana olmaydi.

Organik holatdagi fosforni parchalovchi bakteriyalar 2 xil: spora hosil qiluvchi va spora hosil qilmaydigan bo'ladi.

Bac. megaterium var phosapaticum bakteriyasi yirik, 5–6 nm uzunlikda, eni 1,8–2 nm bo'lib, sporasining uzunligi 1,2 nm, eni 0,7 nm bo'lgan bakteriyadir.

B. seracia 1,8–2 nm uzunlikdagi tayoqchasimon, eni 0,5 nm bo'lgan fakultativ anaerob bakteriyadir.

? *Savollar*

1. Bakterial o'g'itlardan foydalanish tarixi haqida ma'lumot bering.
2. Tuganak bakteriyalarning xossalari nimalardan iborat?
3. Nitragin preparati ishlab chiqarishning texnologik chizmasini izohlab bering.
4. Azotobakterinni ishlab chiqarishda qanday produtsentlardan foydalaniladi?
5. Fosforobakterin ishlab chiqarishda qanday mikroorganizmlardan foydalaniladi?

VIII B O B. MIKROORGANIZMLAR BIOKIMYOSI

8.1. Mikroorganizmlarda aminokislotalar, oqsillar, vitaminlar va boshqa birikmalarning sintezlanishi

Hozirgi vaqtda turli birikmalar olish uchun sanoatning turli sohalarida mikroorganizmlardan keng foydalaniladi. Insoniyat juda qadim zamonlardan beri o'zining kundalik hayotida mikroorganizmlardan foydalanib kelgan (masalan, qatiq ivitish, qimiz, pishloq tayyorlash, novvoychilik, sirka va vino olishda). Keyingi yillarda mikroorganizmlarning rivojlanish qonuniyatlari yaxshi o'rganilgan sari ularning turli moddalarni sintezlay olishi ma'lum bo'ldi. Chunki mikroorganizmlarning biokimyoviy xususiyatlari nihoyatda ko'p va ulardan keng miqyosda foydalanish mumkin. Masalan, mikroorganizmlardan olingan oqsil chorvachilik va parrandachilikda bemalol o'simlik oqsili o'rnini bosa oladi.

Oziq-ovqat sanoatida don tarkibidagi amilaza fermenti o'rnini mog'or zamburug'lari va bakteriyalarning amilolitik fermentlari bosadi, degan fikrlar bor. Hozirgi vaqtda mikroorganizmlar oqsilidan oziq-ovqat sanoatida va texnik maqsadlar uchun foydalanish masalasi hal qilinishi lozim bo'lgan masalalardan biridir. Yaqin kelajakda mikroorganizmlardan olinadigan moylar o'simlik moylari o'rnini bosadigan bo'ladi yoki mikroorganizmlar hujayrasida uchraydigan sellulaza fermentidan xalq xo'jaligining turli sohalarida yoki proteaza fermentlaridan oziq-ovqat, gidroliz mikrobiologiya sanoatlarida va tibbiyot amaliyotida keng miqyosda foydalanish mumkin bo'ladi.

Novvoychilikda amilolitik fermentlardan keng foydalaniladi. Amilaza fermenti nonning sifatli bo'lishida muhim ahamiyatga

ega, chunki un tarkibida ko'p miqdorda β-amilaza bor, lekin α-amilazaning miqdori kamroq. β-amilaza kraxmalni parchalab, ko'proq maltoza (monosaxaridlar) hosil qiladi, α-amilaza esa shakarlar hosil qiladi. Shuning uchun bir tonna unga 0,002% amilaza qo'shilsa, non nihoyatda sifatli bo'ladi. Mog'or zamburug'laridan olinadigan amilaza shunday xususiyatga egaligi uchun undan keng miqyosda foydalanib kelinmoqda.

Achitqi zamburug'larini ko'paytirish uchun oziq muhitiga 8–10 soat mobaynida havo yuboriladi, keyin hosil bo'lgan biomassa sentrifugalanib, yuviladi va quritiladi, so'ngra qadoqlanadi. Qand zavodlarida shakar olinganidan keyin qolgan mahsulot – melassa achitqi zamburug'larini ko'paytirish uchun asosiy oziqa muhiti hisoblanadi. Buning uchun melassa suyultiriladi va azotli, fosforli mineral tuzlar bilan boyitiladi.

Chorvachilikda oziqa sifatida ishlatiladigan *Torula utilis* zamburug'i qog'oz sanoati chiqindilarida ko'paytiriladi. Bu qoldiqlar kalsiy bisulfit eritmasida 6–18 soat davomida qaynatiladi va keyin sovutilib, eritmaning pH ko'rsatkichi 5 ga yetkaziladi va $(NH_4)_2HPO_4$ hamda NH_4OH tuzlari bilan boyitiladi. Jarayon anaerob sharoitda olib boriladi. So'ngra hosil bo'lgan biomassa quritiladi va presslanadi. Ulardan ko'p miqdorda oziqa olinadi, uning tarkibida oqsillar, yog'lar va vitaminlar bo'ladi.

Quritilgan achitqi zamburug'ining tarkibi (%) quyidagicha bo'ladi:

oqsil moddalari	47,28
glikogen	8,07
yog'lar	7,05
kul	13,87
hujayra po'sti va suv	8,86

Achitqi zamburug'idan novvoychilikda, spirt va vino ishlab chiqarish sanoatida keng foydalaniladi.

Mikroorganizmlarda sintezlanadigan aminokislotalar. Mikroorganizmlarda turli-tuman aminokislotalar, jumladan, lizin, triptofan, arginin, treonin va boshqalar sintezlanadi. Mikrobiologiya sanoatida arzon xomashyo – toluoldan diaminopimelin kislota, undan esa 70% ga yaqin lizin aminokislotasini olish texnologiyasi yo'lga qo'yilgan. Keyingi yillarda ko'p mamlakatlarda lizin aminokislotasi mikrobiologik yo'l bilan olinmoqda. Uglerod manbayi sifatida melassa, gidrolizatlar, glukoza, fruktoza, saxaroza, mannoza, maltoza, ksiloza va organik kislotalardan (kahrabo, sut, fumar, pirouzum kislotalar) 2% dan 15% gacha konsentratsiyada ishlatiladi.

Azot manbayi sifatida organik birikmalardan (pepton, kazein gidrolizati, baliq uni) yoki anorganik tuzlardan (ammoniy tuzlari, mochevina, aminlar va boshqalardan) foydalaniladi.

1 t kristall holatdagi lizin olish uchun 10–11 t melassa kerak bo'ladi. Hozirgi vaqtda lizinning umumiy miqdoridan 85% i mikrobiologik yo'l bilan, 10% i gidroliz yo'li bilan va 5% i kimyoviy yo'l bilan olinmoqda.

L-arginin *Corynebacterium* yoki *Mycobacterium* bakteriyasining mutantlaridan olinadi. Bular uglerod va azot yetarli bo'lgan oziqa muhitida o'stiriladi, so'ngra aminokislota ajratib olinadi. Arginindan tibbiyot va oziq-ovqat sanoatida foydalaniladi.

Treonin aminokislotasi *Brevibacterium* yoki *Corynebacterium* dan olinadi.

Mycrococcus glutaminus va *Brevibacterium divricum* katta miqdorda glutamin kislotasi va alanin aminokislotalarini sintez qiladi.

Mikroorganizmlar asosida o'simliklarni o'stiruvchi modda – gibberellin tayyorlash ham yo'lga qo'yilgan. Hozirgi vaqtda 30 ga

yaqin gibberrellinsimon moddalar ma'lum, bulardan eng muhimi gibberellin A_1 – gibberellin kislotadir. Bunday moddalar bakteriyalar, aktinomitsetlar va boshqa mikroorganizmlardan sintez bo'ladilar.

Ko'pchilik mikroorganizmlar turli-tuman fermentlar sintezlaydi. Bu fermentlar hujayra ichida bo'lsa – endoferment, tashqi muhitga ajratilsa, ekzoferment deb ataladi. Fermentlar turli sohalarda, jumladan, oziq-ovqat, vino, spirt, pivo pishirish sanoatlarida, organik kislotalar, aminokislotalar, vitaminlar, antibiotiklar va boshqa moddalar olishda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, tibbiyotda va qishloq xo'jaligida, ilmiy tekshirish institutlarida ham fermentlardan keng miqyosda foydalaniladi. Masalan, *Bac. subtilis* dan amilaza, *Acl. griseus* dan proteaza, *Acl. fradial* dan keratinaza va proteinazalar olinadi. Bulardan tashqari, selluloza, nukleaza va boshqa fermentlarni ham mikroorganizmlar sintezlaydi.

Mikroorganizmlar bir qator vitaminlar ham sintezlash xususiyatiga ega. Ba'zi turlari B_1, B_2 vitamin, biotin, pantoten kislota. piridoksin, nikotin kislota va boshqa fiziologik faol moddalar sintezlaydilar. Boshqalari provitaminlar – karotinoidlar va karotin sintezlaydilar. Mikrobakteriyalar, aktinomitsetlar, metanobakteriyalar B_1 vitamin sintezlaydi.

? *Savollar*

1. Nitrifikatsiya jarayoni ximizmini tushuntiring.
2. Denitrifikatsiyada qaysi mikroorganzimlar ishtirok etadi?
3. Molekulyar azotni o'zlashtiruvchi mikroorganizmlar haqida nimalarni bilasiz?
4. Azot to'plovchi mikobakteriyalar faoliyatini yoritib bering.
5. Lishayniklar nima va ular tomonidan azot qanday o'zlashtiriladi?
6. Azotfiksatsiya nima?

IX B O B. PATOGEN MIKROORGANIZMLAR

9.1. Patogen mikroorganizmlar haqida umumiy tushuncha

Patogen bakteriyalar odamlarda, hayvonlarda turli-tuman kasalliklar vujudga keltiradi. Bularga stafilokokklar, streptokokklar, pnevmokokklar, meningokokklar, gonokokklar va boshqalar kiradi. Bular odamlarda turli-tuman yallig'lanishlarni vujudga keltiradi. Masalan, stafilokokklar odamda chipqon (furunkul)ni vujudga keltiradi. Patogen stafilokokklarga qoramollar, qo'y va echkilar, otlar, oq quyon va oq sichqonlar juda chidamsizdir. Patogen streptokokklar odamda va hayvonlarda turli-tuman yallig'lanishlar, pnevmokokklar pnevmoniya, meningokokklar meningit, gonokokklar gonoreya kasalliklarining sababchilari hisoblanadi. Vabo kasalligining sababchisi pasterela, brutsellyoz kasalligining sababchisi brutsello koka bakteriyasidir.

Patogen anaerob bakteriyalar qoqshol (stolbnyak), botulizm, gazli gangrena (qorason), to'qimalarning yemirilishi va boshqa kasalliklarning sababchilari hisoblanadi. Patogen korine bakteriyalar difteriya kasalligining, patogen mikobakteriyalar sil kasalligining, patogen rikketsiyalar qizilchali tif (sipnoy tif) kasalligining chaqiruvchilari hisoblanadi.

O'simliklarda turli kasalliklarni vujudga keltiruvchi bakteriyalarni fitopatologiya fani o'rganadi. Fitopatologiya fani XIX asrning 30-yillarida tashkil topa boshlagan. Kasal o'simliklarni birinchi bo'lib D.Kandol tasvirlagan.

Berrilya (1882–1883-y.) birinchi bo'lib bakterioz kasalliklarini o'rganadi. Hozirgi vaqtda 300 dan ortiq turga mansub bo'lgan

o'simliklarda turli kasalliklarni qo'zg'atuvchi spora hosil qiluvchi va spora hosil qilmaydigan bakteriyalar, mikobakteriyalar, psevdomonadalar va boshqa mikroorganizmlar ma'lum. Kasal tug'diruvchilar orasida monofaglar (faqat bir turdagi o'simliklarni kasallantiruvchilar) va polifaglar (ko'p turdagi o'simliklarni kasallantiruvchilar) ma'lum. Bakterioz kasalliklari ma'lum areallar bo'yicha yoki keng maydonlarda uchrashi mumkin. Texnik o'simliklarning kasallanishi sanoatga katta zarar keltiradi. Masalan, danakli rezavor mevalarda kuyish (ojog), makkajo'xorida so'lish kasalliklari keng tarqalgan.

G'o'zada uchraydigan gommoz natijasida 60%, g'allalarda uchraydigan qorakuya natijasida 15–60% ga yaqin, pomidorida uchraydigan rak natijasida 70–96% ga yaqin hosil nobud bo'ladi. Yog'ochi qurilishda ishlatiladigan qayin, archa, buk kabi daraxtlar ham keng miqyosda zararlanadi.

Fitopatogen psevdomonadalar. Bularning turi juda ko'p bo'lib, turli o'simliklarda turli kasalliklar qo'zg'atadi. Bug'doyda qorakuya kasalligini vujudga keltiradi. Bu kasallik zararlangan don orqali tarqaladi. U Kanada, AQSH, Meksika, Avstraliyada va Rossiyaning Yevropa qismida keng tarqalgan. Bug'doy o'simligining hamma organlarini zararlaydi, hatto arpa, javdar va sulini ham zararlaydi.

Ps. malvacelarium g'o'zada gommoz kasalligini qo'zg'atadi. Kasallangan o'simlikning bargida to'q yashil, yumaloq yoki uchburchak shakldagi yog'li dog'lar paydo qiladi, o'simlikning poyasi ham zararlanadi. Keyin ko'saklarda oldiniga to'q yashil, keyinchalik qora rangli dog'lar hosil qiladi. Poyasi tez sinadigan bo'lib qoladi.

Kasallik hosilni kamaytirishi bilan birga, tolaning sifatiga ham salbiy ta'sir etadi. Bu kasallik zararlangan chigit orqali tarqaladi, barcha paxtakor tumanlarda uchraydi.

Ps. beticola lavlagi o'simligida sil kasalligini qo'zg'atadi. Asosan, qand lavlagi va xashaki lavlagini zararlaydi. Bunday kasallangan lavlagining ildiz tugunaklarida turli o'smalar hosil bo'ladi. U asosan zararlangan urug', tuproq va o'simliklarning qoldig'i orqali tarqaladi.

Ps. fobacia tamaki o'simligini kasallantiradi, uning barglari zararlanishi natijasida hosil 40—50% ga kamayadi, kasallik zararlangan urug' orqali tarqaladi.

Ps.angulata, ham tamaki bargida sariq-yashil rangli dog'lar hosil qiladi, shu dog'lar ichidagi to'qimalar yemiriladi.

Ps. gorloncevinum choy o'simligida rak kasalligini qo'zg'atadi. Po'stlog'i ostida bo'rtmalar hosil bo'ladi. Kasallik Gruziyada ko'proq tarqalgan.

Ps. phaseoli dukkakdosh o'simliklarni zararlaydi. Barglarda qo'ng'ir rangli dog'lar hosil qiladi, hosil 20—40% ga kamayib ketadi.

Bulardan tashqari, beda, kartoshka, sabzi, pomidor, bodring, qovun, qovoq, karam, gulkaram, danakli rezavor mevalardan nok, tutilg'oq, sitrus o'simliklardan limon, apelsin, mandarin, xona gullaridan oleandra, giasintlarda ham turli-tuman bakterioz kasalliklari uchraydi.

Fitopatogen batsillalar. Bular ham turli-tuman bo'lib, o'simliklarda kasallik qo'zg'atadi. *Bac. mesentericus*, makkajo'xori so'tasida bakterioz kasalligini qo'zg'atadi. Hatto o'rik va shaftoli mevalarini ham zararlaydi, barglari zararlansa, yemirilib ketadi. Bu kasallik birinchi marta Armanistonda aniqlangan.

Fitopatogen bakteriyalardan *Bac. phytophtorum* kartoshkada qorason kasalligini qo'zg'atadi. Fitoftora poyasining pastki tomonidagi parenxima to'qimalaridan o'tkazuvchi naylar orqali boshqa joylarga o'tadi, poya mo'rt bo'lib qoladi.

Kasallik zararlangan tugunaklar yoki tuproq orqali tarqaladi, bunda 5% dan 50% gacha hosil nobud bo'ladi.

Bac. corotovorum sabzavotlarda chirish kasalligini keltirib chiqaradi.

Bac. tracheipilum bodring, pomidor va shu oilaga mansub boshqa o'simliklarda so'lish kasalligini vujudga keltiradi. Bu kasallik dunyo bo'yicha keng tarqalgan.

Bas. amylovorum mevali daraxtlarda kuyish kasalligini vujudga keltiradi, atirguldoshlar oilasining 36 taga yaqin turini zararlaydi, ayniqsa nok va olma ko'p zararlanadi. Kasallangan gul novdalar va pishmagan mevalar qorayib qoladi. Kasallik juda katta zarar keltiradi. U ko'p mamlakatlarda tarqalgan.

Chromobacterium crevanense g'o'za o'simligida ildiz chirish kasalligini vujudga keltiradi. *Chromobacterium vitivorum* tok poyasini kasallantiradi.

Fitopatogen zamburug'lar. Turli mamlakatlarda 150 yil mobaynida 187 turga mansub *Verticilliim* zamburug'i topilganligi to'g'risida ma'lumotlar to'plangan. Shulardan O'rta Osiyoda 23 ta turi, O'zbekistonda 14 ta turga mansub bo'lgan vakillari uchraydi. Bulardan *Verticilliim dahliae* g'o'za o'simligida vilt kasalligini qo'zgatadi.

O'rta Osiyoda bu kasallikni birinchi bo'lib 1928-yilda Zaprometov aniqlagan. 1929-yili esa Yachevskiy bu kasallikni vujudga keltiradigan zamburug' — *Verticilliim dahliae* ni topadi. Bu kasallik Armaniston, Ozarbayjon, Tojikiston, Turkmaniston va O'zbekistonning barcha viloyatlarida uchrashini ko'pgina olimlar aniqlaganlar.

Kasallik keng tarqalishining asosiy sababi bir yerga uzoq muddat bir xil o'simlikning ekilishidir. Kasallik, asosan, kasallangan o'simliklar qoldig'i, begona o'tlar, tuproq, suv, zararlangan urug', hatto havo orqali tarqaladi.

Vert. dahliae sun'iy oziqa muhitida, ayniqsa, Chapek muhitida yaxshi o'sadi. Boshqa zamburug'lar singari avvaliga yumaloq, biroz bo'rtib ko'tarilgan, oq rangli mitsella hosil qiladi, 10 kundan keyin kulrang va jigarrangga kiradi.

Koloniyasi g'ovak, eni 1,5–3,5 nm, 3–7 kun o'tgach, mitseliydan har tomonga turli kattalikdagi pufakchalar tarqaladi. Bu pufakchalardan har tomonga qarab 2–3 tadan giflar chiqadi. Koloniyasi bir hujayrali, ovalsimon, rangsiz, 1,5–2,7 nm kattalikda giflar uchida konidiyalar hosil bo'ladi. Ulardan tashqari, oidiyalar, xlamidosporalar va mikrosklerotsiylar ham hosil bo'ladi.

Bu parazit g'o'za o'simligining o'tkazuvchi naychalar tizimini zararlaydi, u yerda mitseliy hosil qiladi. Mitseliyda giflarning uchida ko'plab konidiyalar hosil bo'ladi, konidiyalar o'simlikning butun tanasi bo'ylab tarqaladi. O'simlikning bargida sariq dog'lar hosil bo'ladi, keyin o'simlik so'linqirab qoladi. U, ayniqsa, g'o'zaga rivojlanish davrining boshida kuchli ta'sir etadi, bunda urug'palla barglari 1–2 kun ichidayoq so'lib qoladi.

Fitopatogen bakteriyalarning tarqalishi va ularga qarshi kurash choralari. Turli-tuman bakterioz kasalliklarining tarqalishida asosiy vosita urug'dir, chunki urug'ning ichiga kirib olgan yoki yuzasiga yopishgan fitopatogen bakteriyalar qish sovug'idan himoyalangan bo'ladi. Urug' unganda bakteriyalar yosh nihollarni zararlaydi, so'ngra o'tkazuvchi tizim orqali ko'tarilib, butun o'simlikni zararlaydi. Bundan tashqari, zararlangan urug' orqali kasallik boshqa hududlarga ham tarqalishi mumkin. Urug'dan tashqari, bakterioz kasalliklari zararlangan qalamchalar, tugunaklar orqali ham boshqa joylarga tarqalishi mumkin.

Asosan bakterioz kasalliklari kasal o'simliklar qoldig'i (organlari) orqali tarqaladi. Ba'zan yomg'ir tomchilari orqali ham kasallik

tarqalishi mumkin. Suv ham kasallik tarqatishda asosiy vositalardan biri hisoblanadi. Bakterioz kasalliklarining tarqalishida nematodalar, shilimshiqlar, qushlar ham vositachi bo'lishi mumkin.

Bakterioz kasalliklariga qarshi kurash olib borish uchun bakteriyalar biologiyasini, ular uchraydigan joylarni yaxshi bilish zarur. Bakteriozlarga qarshi, asosan, kimyoviy, agrotexnikaviy va biologik usullarda kurash olib boriladi.

1. Kimyoviy usulda kurashishda urug'ni ekishdan oldin dorilash, qalamcha va tugunaklarni dezinfeksiyalash zarur.

2. Agrotexnikaviy usulda tuproqni dezinfeksiyalash, yerga yaxshi ishlov berish, zararlangan o'simliklarni darhol daladan olib chiqib ketib, kuydirish zarur.

3. Biologik usulda tuproqda antogonist bakteriyalarning rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratib berish zarur.

Nihoyat, bakterioz kasalliklariga chidamli o'simliklar navini yaratish ham muhim ahamiyatga ega bo'lgan choralardan biridir.

9.2. Immunitet to'g'risidagi ta'limot

Yuqumli kasalliklarning ba'zi xili bilan kasallanib, tuzalgan odam shu kasalliklarga berilmaydigan bo'lib qolishi allaqachon ma'lum. Masalan, bir marta qizamiq bilan og'rigan bola ikkinchi marta bu kasallik bilan kasallanmaydi. Odam organizmining kasallik tug'diruvchi mikroblarga berilmasligi *immunitet* deyiladi. Immunitet fiziologik himoya reaksiyalarining murakkab kompleksidan iborat.

Immunologiya fanini rivojlantirishda L.Paster, I.I.Mechnikov, Bering, L.S.Senkovskiy, G.N.Gabrichevskiy, Borde, Erlix va boshqalar o'z hissalarini qo'shganlar. Immunitet turlari va shakllarining turli klassifikatsiyasi ma'lum. Shulardan eng oddiy klas-

sifikatsiyaga muvofiq: tabiiy imunitet (uning tug'ma turga aloqador turi va hayot davomida orttirilgan turi ma'lum) va sun'iy immunitet (vaksinatsiyadan keyin paydo bo'ladigan aktiv immunitet va organizmga shifobaxsh zardoblar yoki gamma globulinlar yuborilgandan keyin hosil bo'ladigan passiv immunitet)dir.

Tabiiy immunitet. Bu immunitetnnng tug'ma turi, kasallikka berilmaslikni vujudga keltiradi. U organizmning biologik xusuyatlaridan kelib chiqadi. Masalan, odamlar qoramol o'lati, tovuq vabosi va boshqa kasalliklar bilan kasallanmaydi. Tug'ma immunitetda hujayralarda ro'y beradigan biokimyoviy jarayonlar katta ahamiyatga ega. Odam yuqumli kasallik bilan kasallanib bo'lganidan so'ng uning organizmida immunitet paydo bo'ladi, bu immunitetning hayotda orttirilgan turidir.

Immunitetning bu turi nasldan-naslga o'tmaydi. Masalan, odam bir marta ko'k-yo'tal, qizamiq, tulyaremiya bilan kasallanganidan keyin hosil bo'lgan immunitet umr bo'yi saqlanadi. Lekin ba'zi bir kasalliklardan keyin hosil bo'lgan immunitet uzoq muddatli bo'lmaydi va organizm bir necha marta og'rishi mumkin. Masalan, A turdagi virusdan paydo bo'lgan grippdan so'ng immunitet 1—2 yil, B tupdagi virusdan paydo bo'lgan grippdan so'ng 3—6 yil davom etadi. Gripp virusining shtammlarining ko'pligi, ularni doimo o'zgarib turishi bir shtammga hosil bo'lgan immunitet boshqa shtammdan saqlay olmaydi. Gripp virusidagi neyraminidaza va gemaggiutinning 10 dan ortiq varinatlari bo'lib, H_1N_1 varianti H_2N_2 variantidan saqlay olmaydi.

Chaqaloqlarning passiv immuniteti ona organizmidagi yo'ldosh orqali qorindagi bolaga yoki ona suti orqali chaqaloqqa antitelalar ko'rinishida o'tadi. Bunday immunitet qisqa muddatli bo'ladi,

lekin uning ahamiyati nihoyatda katta, chunki u 6 oy mobaynida organizmni mikrob yuqishidan himoya qilib turadi.

Sun'iy immunitet. Yuqumli kasallik paydo bo'lmasligi uchun bu immunitet organizmda sun'iy yo'l bilan yaratiladi. Sun'iy immunitetning aktiv va passiv formalari bor. Aktiv formasi odam organizmiga nobud qilingan yoki zaiflashtirilgan vaksina yuborish bilan hosil qilinadi.

Zaiflashtirilgan tirik mikroblardan iborat vaksinalar ishlatilganda immunitet 3–5 yil, nobud qilingan mikroblar vaksinasi ishlatilganda, bir yilgacha davom etadi.

Sun'iy immunitetning passiv formasi odam organizmiga immunoantitelalar yuborilganda hosil bo'ladi. Antitelalar kasallangan hayvonlarning qon zardobidan olinadi. Passiv sun'iy immunitet bir oy atrofida saqlanadi, so'ngra antitelalar yemiriladi va organizmdan chiqarib tashlanadi.

Mahalliy immunitet ham bo'lib, uni A.M.Bezredka aniqlagan. Bu immunitetning turli organ va to'qimalarda qo'zg'atuvchiga berilmaslikning mahalliy xilidir. Masalan, vaksina ichirilsa, kasallik boshlanmaydi, chunki ingichka ichakning shilliq pardasi vabo vibrioniga berilmaydigan bo'lib qoladi. Ichak devorida plazmatik hujayralar bo'lib, ular mikroblarga qarshi antitelalar ishlab chiqaradi va mikroblarga salbiy ta'sir etadi.

Immunitet omillari va mexanizmlari. Odamni kasalliklarga berilmaydigan qilib qo'yadigan himoya omillari spetsifik, ya'ni ma'lum bir qo'zg'atuvchiga qaratilgan va nospetsifik, ya'ni odam va ko'pgina hayvonlarga xos bo'lishi mumkin. Nospetsifik omillar xilma-xil mikroorganizmlarga qarshi himoyani amalga oshiradi.

Odam va hayvon organizmida patogen mikroblar kirishiga to'sqinlik qiladigan yoki ularni nobud qiladigan tabiiy himoya vositalari

bor. Bularga teri, shilliq pardalar, limfa, ichak va oshqozon shirasi, lizotsim fermenti, o't, safro va boshqalar misol bo'ladi. Teri organizmga ko'pgina mikroblarning kirishiga yo'l qo'ymaydigan to'siq bo'lib xizmat qiladi. Undan ajralib turadigan ter va yog' bezlar tarkibida bo'lgan sut va yog' kislotalarning salbiy ta'siri bo'lib, teriga tushgan mikroblar 30 minutdan so'ng nobud bo'ladi. Agar teri iflos bo'lsa, uning bakteritsidlik xossalari susayib ketadi, shuning uchun terini doim toza holda saqlash muhim ahamiyatga egadir.

Burun, halqum, nafas yo'llari, ichak, siydik-tanosil yo'llari va ko'z konyunktivlarining shilliq pardasi yanada kuchli himoya xossalariga ega. Bu shilimshiq, ko'z yoshi, so'lak, hazm bezlari ishlab chiqaradigan sekretlar tarkibida ko'pgina mikroblarga salbiy ta'sir etuvchi alohida moddalar bo'ladi. Ana shunday moddalardan biri lizotsimdir, u ko'pgina saprofit mikroblarga, patogen mikroblarga ta'sir etadi va ularni eritib yuborish xususiyatiga ega.

Nafas yo'llari shilliq pardasining epiteliysi organizmga kirgan patogen bakteriyalarni ushlab qoladi va tashqariga chiqaradi. Eng mayda zarrachalar o'pka alveolalariga yetib boradi va bu yerda fagotsitlar tomonidan tutib qolinadi, undan limfa tugunlariga o'tkaziladi va zararsizlantiriladi.

I.I.Mechnikov fagotsitoz nazariyasining asoschisi hisoblanadi. Bu nazariyaning ma'nosi quyidagilardan iborat: organizmga tashqi muhitdan kirgan mikroorganizmlarni mezoderma hujayralari hazm qilib yuboradi. Donador leykotsitlar, limfotsitlar, monotsitlar va plazmatik hujayralar fagotsitlarga misol bo'ladi.

Ko'pgina yuqumli kasalliklar vaqtida bemorning qon zardobida spetsifik antitelalar hosil bo'ladi, ularni ma'lum antigen orqali bilish mumkin. Immunitet reaksiyalari spetsifik va nihoyatda sezgir bo'lib, diagnostikada keng qo'llaniladi.

Immunitet reaksiyalari agglyutinatsiya, pretsipitatsiya, komplementni bog'lash reaksiyalaridir. Immunitet reaksiyalari antigen bilan antitelaning spetsifik ravishda o'zaro ta'sir etishiga asoslangan.

Ma'lum antigenlar yordamida bemor yoki tekshirilayotgan odamning qon zardobida antitelalar bor-yo'qligini aniqlash mumkin.

Agglyutinatsiya reaksiyasi. Agglyutinatsiya reaksiyasi antitelalar (agglyutininlar)ning yaxlit mikrob hujayralari yoki boshqa hujayralar bilan spetsifik ravishda o'zaro ta'sir etishiga asoslangan. Shunday o'zaro ta'sir natijasida cho'kmaga tushadigan aglomerat zarralar hosil bo'ladi (agglyutinat). Bu reaksiya ikki fazada o'tadi: birinchi faza – antigen bilan antitelaning spetsifik tarzda birikishi, ikkinchisi faza – nospetsifik faza bo'lib, ya'ni ko'zga ko'rinadigan agglyutinat hosil bo'lishi bilan bog'liq.

Agglyutinat natriy xlorid ishtirokida cho'kmaga tushadi. Agglyutinatdagi mikroorganizmlar uzoq vaqtgacha tirik qoladi, lekin harakatchanligini yo'qotadi. Agglyutinatsiya reaksiyasi yuqumli kasalliklarning serologik diagnostikasini hamda ajratib olingan mikroblarning antigen strukturasini aniqlash uchun keng qo'llaniladi.

Pretsipitarsiya reaksiyasi. Bu reaksiyalarda ishtirok etadigan antitelalar pretsipitatlardir. Organizmda hosil bo'ladigan mayda dispersli antigen – antitela kompleksi oddiy metodlarda qo'yilgan pretsipitatsiya reaksiyasida ma'lum bo'ladi. Masalan, kuydirgi, toun, tulyaremiya, meningit kasalliklarininf diagnostikasida halqasimon pretsipitatsiya reaksiyasidan foydalaniladi. Buning uchun ingichka probirkalarga maxsus immun zardob quyiladi va unga juda ehtiyotlik bilan qoplam qilib antigen tushiriladi. Ikki suyuqlik chegarasida halqa, ya'ni pretsipitat paydo bo'lishi tegishli antigen borligini ko'rsatadi.

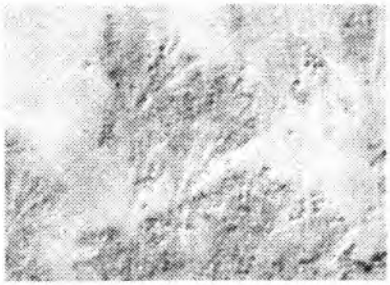
Komplementni biriktirish reaksiyasi. Bakteril, virus, protozoy infeksiyalarida bemorlar qon zardobidagi antigenni topish uchun, shuningdek, kasal kishilardan ajratib olingan viruslarni aniqlash va tipini belgilash uchun shu reaksiyadan foydalaniladi. Bu reaksiyada antigen, antitela va komplementdan tashqari, reaksiya natijasini ifodalaydigan gemolitik tizim ham ishtirok etadi. Komplementni biriktirish reaksiyasi ikki fazada o'tadi. Birinchi fazada komplement ishtirokida antigen bilan antitelaning o'zaro ta'sirini, ikkinchisida komplementning birikish darajasini gemolitik tizim yordamida bilib olish mumkin.

Komplementni biriktirish reaksiyasi zaxm (Vasserman reaksiyasi), so'zak (Borjangu reaksiyasi), toksoplazmoz, rikketsioz va virus kasalliklari diagnostikasida qo'llaniladi.

9.3. Antibiotiklar va fitonsidlar

Mikroorganizmlar orasida antagonizm keng tarqalgan. Evolutsion taraqqiyot natijasida bir tur ikkinchi turning rivojlanishiga to'sqinlik qiluvchi usullarni yaratishga intilgan. Shunday omillardan biri antibiotiklardir. Antibiotiklar odam va hayvon organizmida kasallik tug'diruvchi ayrim mikroorganizmlarni nobud qiladi. Masalan, streptomitsin turli mikroblarga qarshi, penitsillin esa stafilokokk, gazli gangrena, qoqshol, botulizm kasalliklarining qo'zg'atuvchilarga qarshi ishlatiladi.

Penitsillin mikrob hujayrasida oqsil va nukleoproteidlar almashinishi jarayonining buzilishiga ta'sir etadi. Penitsillin ($C_{16}H_{18}O_4N_2S$) *Penicillium chrysogenum* va *Pen. notatum* dan olinadi. U gramm musbat bakteriyalarga ta'sir etadi. Penitsillinning chala sintetik turlari: metitsillin, oksasillin, kloksasilin, dikloksasillin, ampitsillin, nafsillin, karbonsillin va boshqalar stafilokokklarga qarshi ishlatiladi.



47-rasm. Penicillium chrysogenum.

48-rasm. Penicillium notatum.

Tuproqda yashovchi nurli zamburug'lar — aktinomitsetlardan ko'pgina qimmatli antibiotiklar olinadi. Bu zamburug'lar N.A.Krasilnikov, A.N.Koryanenko va S.A.Asqarovalar tomonidan atroflicha o'rganilgan.

1951-yilda G.F.Gauze va M.G.Brajnikovlar nurli zamburug'lardan albomitsin ajratib olganlar, bu preparat stafilokokk, pnevmokokk va dizenteriya tayoqchasiga qarshi ishlatilgan. 1952-yilda eritromitsin olinadi, bu preparat mikroblarga, rikketsiyalarga va ba'zi viruslarga qarshi ta'sirga egadir.

Fitonsidlar. B.P.Tokin yuksak o'simliklardan ajratib olingan va mikroblarga qarshi ishlatiladigan moddalarga fitonsid nomini bergan. Fitonsidlar juda ko'p o'simliklarda hosil bo'ladi, jumladan, aloeda, dukkakdoshlar dukkagida, turli g'alladoshlarda, xantal (gorchitsa), pomidor, xren, evkalipt, cheryomuxa, qayin shirasida uchraydi. Ayniqsa, piyoz va sarimsoqda fitonsidlar ko'p bo'ladi. Ular bakteriyalar, aktinomitsetlar, zamburug'lar, sodda hayvonlar, hasharotlar va bakteriofaglarga salbiy ta'sir etadi. Osyotr balig'idan ekmolin deb nomlangan modda ajratib olingan va grippga qarshi ishlatilgan. Tuxum oqida, so'lakda, ko'z yoshida, balg'amda lizotsim bo'lib, saprofit bakteriyalarni eritish xususiyatiga ega.

? *Savollar*

1. Patogen bakteriyalarga qanday bakteriyalar kiradi?
2. Fitopatogen batsillalar, zamburug'lar haqida ma'lumot bering.
3. Immunitet qanday turlarga bo'linadi?
4. Tabiiy immunitet haqida ma'lumot bering.
5. Sun'iy immunitet haqida ma'lumot bering.
6. Immunitet omillari va mexanizmlari nimalardan iborat?
7. Antibiotiklar va fitonsidlar haqida ma'lumot bering.

X B O B. BIOTEXNOLOGIYA ASOSLARI

10.1. Biotexnoloiyaning hozirgi biologiya fanidagi o'rni va ahamiyati

Ma'lumki, biologiyaga boshqa tabiiy fanlar – fizika, kimyo, matematika kabi fanlarning yutuqlarining tatbiq qilinishi zamonaviy biologiya fanining rivojlanishiga olib keldi. XX asrning ikkinchi yarmida biokimyo, molekulyar genetika va molekulyar biologiya sohalarida erishilgan fundamental yutuqlar hujayra faoliyatini boshqarishning turli mexanizmlarining ochilishiga sabab bo'ldi. Biologiya sohasida yaratilgan olamshumul yangiliklar va ishlanmalar zamonaviy biotexnologiyaning rivojlanishiga turtki bo'ldi va ular quyidagilardan iborat:

- biologik tizimlardagi irsiy axborotning saqlanishi va avloddan-avlodga uzatilishida nuklein kislotalar rolining isbotlanishi;
- barcha tirik organizmlar uchun universal hisoblangan genetik kod tuzilishining aniqlanishi;
- organizmlarning bir avlodining hayoti jarayonida genlar faoliyatini boshqarish mexanizmlarini ochib berilishi;
- mikroorganizmlar, o'simlik va hayvon hujayralari kulturasini olishning ma'lum bo'lgan texnologiyalarining mukammallashtirilishi va yangi texnologiyalarning yaratilishi.

Genetik va hujayra injeneriyasi metodlarining rivojlanishi va ular yordamida sanoat miqyosida ishlatiladigan organizmlarning yuqori mahsuldor shakllarini yaratilishi. Biotexnologiya so'zi yunoncha so'zlar yig'indisi bo'lib, «*bios*» – hayot, «*texne*» - sanoat, texnika va «*logos*» – tushuncha, ta'limot ma'nolarini bildiradi.

«Biotexnologiya» atamasini 1917-yilda venger injeneri Karl Ereki kiritgan. U bu atamani oziqa sifatida shakar lavlagidan foydalanib, cho'chqalarni boqish va ulardan qo'shimcha mahsulot olish jarayoniga nisbatan ishlatgan.

Erekining fikricha, biotexnologiya – bu, «tirik organizmlar yordamida xomashyo mahsulotlaridan u yoki bu mahsulot tayyorlashda bajariladigan barcha turdagi ishlardir».

Ammo bu fikr qanchalik aniq bo'lishiga qaramasdan, keng tarqalmadi.

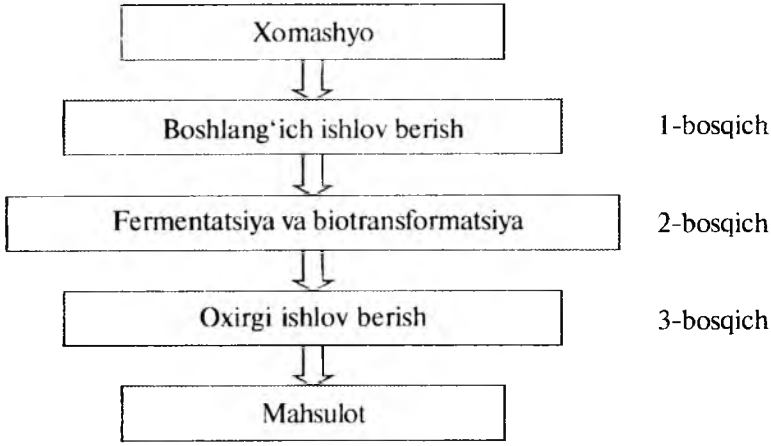
Uzoq vaqt davomida «biotexnologiya» atamasi bir-biridan anchagina uzoqda turadigan ikki yo'nalishga nisbatan ishlatib kelindi. Bu yo'nalishlarning biri – ishlab chiqarish darajasidagi fermentasiya jarayoni bo'lsa, ikkinchisi hozirgi vaqtda ergonomika (inson bilan faoliyat ko'rsatib turgan tizimning boshqa elementlari orasidagi o'zaro munosabatlarni o'rganadigan fan tarmog'i) deb yuritiladigan soha bo'lgan.

1961-yil shved mikrobiolog Karl Gyoren Xeden «Mikrobiologik va kimyoviy muhandislik va texnologiyalar» («Journal of Microbiological and Biochemical Engineering and Technology») jurnalida biotexnologiyani «Biotexnologiya va bioinjeneriya» («Biotechnology and Bioengineering») deb atash kerakligini asoslab bergandan keyin, hamma tortishuvlar o'z o'rnini topgandek bo'ldi. Chunki bu jurnal amaliy mikrobiologiya va sanoat fermentasiyasi sohalarida bajarilgan tadqiqotlarning natijalarini chop qilishga mo'ljallangan edi.

Shu davrdan boshlab, biotexnologiya atamasi – «tirik organizmlar, biologik tizimlar va jarayonlar ishtirokida (yordamida) mahsulotlarni sanoat miqyosida ishlab chiqarish» jarayonlariga nisbatan ishlatiladigan bo'ldi.

1-sxema

Sanoat miqyosidagi biotexnologik jarayonlar bosqichlari



Biotexnologiya mikrobiologiya, biokimyo, molekulyar biologiya va kimyoviy injenerlik fanlarining yutuqlariga tayanadi.

Sanoat miqyosidagi biotexnologik jarayonlar, odatda, 3 asosiy bosqichdan iborat (1-sxema):

— 1-boshlang'ich (dastlabki) ishlov berish bosqichida xomashyodan oziqa modda sifatida foydalanish maqsadida, ularda mikroorganizmlarni o'stirish va ko'paytirish mumkin bo'lgan holatgacha ishlov beriladi;

2-bosqich — fermentatsiya va biotransformatsiya bosqichi eng murakkab bosqich bo'lib, u katta bioreaktorlarda (fermentyorlarda) tanlangan produtsent mikroorganizmni ekib ko'paytirish va ulardan kerakli metabolit, masalan, antibiotik, aminokislota, ferment, organik kislota, gormon va h.k. ajratishni o'z ichiga oladi;

— 3-oxirgi ishlov berish bosqichida tanlangan mahsulotni, u sintez bo'lgan va to'plangan (lokalizatsiya bo'lgan) joyiga qarab,

yoki hujayra ichidan yoki hujayra tashqarisidan (kultural suyuqligidan) ajratib olinadi.

Biotexnologik tadqiqotlarning maqsadi, yuqorida keltirilgan har bir bosqichning samaradorligini oshirish va inson faoliyati uchun kerakli bo'lgan mahsulotlarni sintez qila oladigan (antibiotiklar, vitaminlar, aminokislotalar, fermentlar va h.k.) mikroorganizmlarni tanlab topish (skrining) yoki yaratish (gen yoki hujayra injeneriyasi, mutagenez, seleksiya usullari yordamida), tanlangan mikroorganizm (produtsent)ning o'sishi, rivojlanishi va kerakli mahsulot sintez qilishi uchun zarur bo'lgan sharoitlarni tanlash va sintez bo'lgan moddani ajratib olishning iqtisodiy asoslangan usullarini yaratishdan iborat.

O'tgan asrning 60—70-yillarigacha bunday tadqiqotlar, ko'proq dastlabki ishlov berish bosqichi doirasida olib borilgan.

Keyinroq, fermentatsiya va biotransformatsiya jarayonlarida ishlatiladigan bioreaktorlar (fermentyorlar)ning tuzilishini mukammallashtirish, ularning hajmini kattalashtirish ustida ilmiy va amaliy tadqiqotlar olib borilgan. Shu yo'l bilan biotexnologik jarayonlar samaradorligining oshishiga erishilgan.

Darhaqiqat, biotexnologik jarayonlarni optimallashtirish jarayoni eng murakkab jarayon hisoblanadi.

Optimallashtirish orqali mikroorganizm mahsuldorligining oshishiga erishilgan. Samaradorlikni oshirishning yana bir yo'li — tabiiy produtsentlarning genetik konstruksiyasini o'zgartirish usulidir. Bu maqsadda ultrabinafsha nurlar va turli xil kimyoviy mutagen preparatlarning ta'siridan foydalaniladi. Bunday sharoitda mahsulotning miqdorini oshirish darajasi biologik omillar bilan chegaralab qo'yilgan bo'ladi. Masalan, agarda mutant shtamm u yoki bu moddani juda ko'p miqdorda sintez qiladigan bo'lsa, u boshqa

metabolik jarayonga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin, oqibatda bunday mikroorganizmlarning katta hajmli bioreaktorlarda ko'payishi sekinlashadi va vaqt birligida biomassa to'planishi kamayadi.

Shu bilan bir qatorda, «indutsirlangan mutagenez va seleksiya» deb nomlangan, o'z davrida keng ishlatilib, an'anaga aylangan strategiya, yuqori faollikka ega bo'lgan produtsentlar yaratishda katta yordam bergan. Masalan, mana shu yo'l bilan antibiotiklar sintez qiladigan shtammlar yaratilgan.

Mikroorganizmlarni genetik mukammalashtirish quyidagi bosqichlardan iborat: skrining (tanlash) → baholash. Bu jarayonlar serxarajat bo'lib, uzoq vaqt talab qiladi.

Bundan tashqari, ushbu usul faqatgina produtsent-mikroorganizmida bor bo'lgan belgilarni (xossa va xususiyatlarni) mukammallashtirish imkonini beradi, xolos. Mikroorganizmga yangi xususiyat bera olmaydi. Shunga qaramasdan, o'tgan asrning 70-yillarida shu usul bilan ko'plab fiziologik faol maoddalarni ishlab chiqarish samaradorligi oshirilgan.

Biotexnologiyaning yangi rivojlanish davri DNK texnologiyasi yaratilgandan keyin boshlandi. Shundan keyin biotransformatsiya bosqichini to'g'riroq yo'ldan olib borishga va yuqori darajada mahsuldor bo'lgan shtammlarni skrining (tanlash) orqali emas, balki to'g'ridan-to'g'ri yaratish imkoniyati paydo bo'ldi. Mikroorganizmlardan va eukariot organizmlarning hujayralaridan insulin, interferon, o'stirish gormonlari, virusli antigenlar va boshqa ko'plab oqsil tabiatli moddalarni ishlab chiqara oladigan «fabrikalar» sifatida foydalaniladigan bo'ldi. Aynan biotexnologiyaning eng zamonaviy yutuqlari tufayli o'simlik hujayralari va hayvon to'qimalari tabiiy bioreaktorlarga aylandilar. Endilikda tabiiy o'simlik va hayvonlarda kam uchraydigan yoki butunlay bo'lmagan genlarning mahsulotlari

sintez bo'ladigan darajaga ko'tarildi. Bulardan tashqari, yangi biotexnologiya turli xil kasalliklarning diagnostikasi va davolanish sharoitlarini ham tubdan o'zgartirib yubordi.

Biotexnologiya va rekombinant DNK texnologiyasi fanlarining chegarasida ilm-fanning raqobatbardosh, dinamik o'zgaruvchan sohasi – molekulyar biotexnologiya paydo bo'ldi.

Biotexnologiyaning vazifalari:

- inson faoliyati uchun kerakli bo'lgan mahsulotlarni ishlab chiqarish uchun biologik obyektlar, tizim va jarayonlardan foydalanish;
- ishlab chiqarishda tabiiy va geni o'zgartirilgan mikroorganizmlardan, hujayra kulturalaridan va ularning alohida komponentlaridan foydalanishda biokimyoviy, mikrobiologik va injenerlik bilimlarining yutuqlaridan kompleks foydalanish;
- raqobatbardosh, iqtisodiy va funksional samarador texnologiyalar yaratish.

Bu vazifalarni to'laqonli amalga oshirish uchun nimalar qilish kerak?

Birinchidan, hujayrada modda almashinuv jarayonini boshqarish orqali kerakli mahsulotning to'planishiga erishish.

Ikkinchidan, hujayra ichida murakkab, samarali, turli tashqi omillarga chidamli makromolekulalarning sintez bo'lishini boshqarish.

Uchinchidan, yangi natijalarga erishish uchun DNK-biotexnologiyasi va hujayra injeneriyasi uslublarini yanada chuqurlashtirish va mukammallashtirish.

To'rtinchidan, chiqindisiz toza biotexnologik jarayonlar yaratish.

Beshinchidan, biotexnologiya jarayonlarida ishlatiladigan jihozlarni zamonaviylashtirish va bu jarayonlarni texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash.

Biotexnologiyaning yo'nalishlari:

· sog'liqni saqlash sohasida – turli kasalliklarni davolash, ularning diagnostikasi va profilaktikasi uchun yangi biologik faol moddalar va dorivor preparatlar yaratish;

· qishloq ho'jaligi sohasida – o'simliklarni turli kasal qo'zg'atuvchilar va zararkundalardan himoyalash uchun biologik vositalar, bakterial o'g'itlar, o'simlik va hayvonlarning o'sishini boshqaruvchi biopreparatlar, noqulay atrof-muhit omillariga chidamli bo'lgan o'simliklarning serhosil navlarini hamda foydali xususiyatga ega bo'lgan hayvonlarning mahsuldor zotlarini (transgen hayvonlar), ular uchun qimmatli bo'lgan veterinariya preparatlari, diagnostikumlar va oziqa qo'shilmalarini (oziqaviy oqsil, aminokislotalar, vitaminlar, oziqalarni hazm qilishga yordam beruvchi fermentlar va boshq.) va boshqa biopreparatlar tayyorlash texnologiyalarini yaratish;

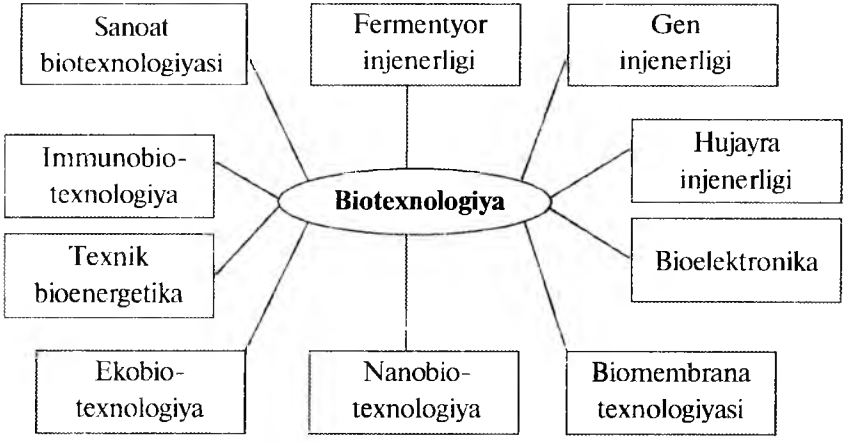
· oziq-ovqat, kimyo va mikrobiologiya sanoatlari uchun qimmatli bo'lgan mahsulotlar va ularni ishlab chiqarish uchun yangi, raqobatbardosh texnologiyalar yaratish;

· ekologiya sohasida – turli xil chiqindilardan samarali foydalanish orqali ekologik toza, chiqindilarsiz, raqobatbardosh, energiya tejamkor texnologiyalar yaratish va ularni hayotga tatbiq etish; noan'anaviy energiya manbalari: biogaz, bioetanol, biodizel va boshqalarni yaratish texnologiyalarini ishlab chiqish va h.k.

Demak, biotexnologiya – ilmiy-texnikaviy progressning predmetlararo sohasi bo'lib, u biologiya, kimyoviy va texnik bilimlar to'qnashuvida vujudga kelgan va u yangi biotexnologik jarayonlarni yaratishga qaratilgandir. Bu jarayonlaor aksariyat hollarda past temperaturada amalga oshadi, kam miqdorda energiya sarflaydi va boshlang'ich xomashyo sifatida arzon substratlardan, hatto turli xil chiqindilardan ham foydalanadi.

2-sxema

Hozirgi zamon biotexnologiyasining asosiy yo'nalishlari



Hozirgi zamon biotexnologiyasining asosiy yo'nalishlarini 2-sxemadagi kabi izohlash mumkin.

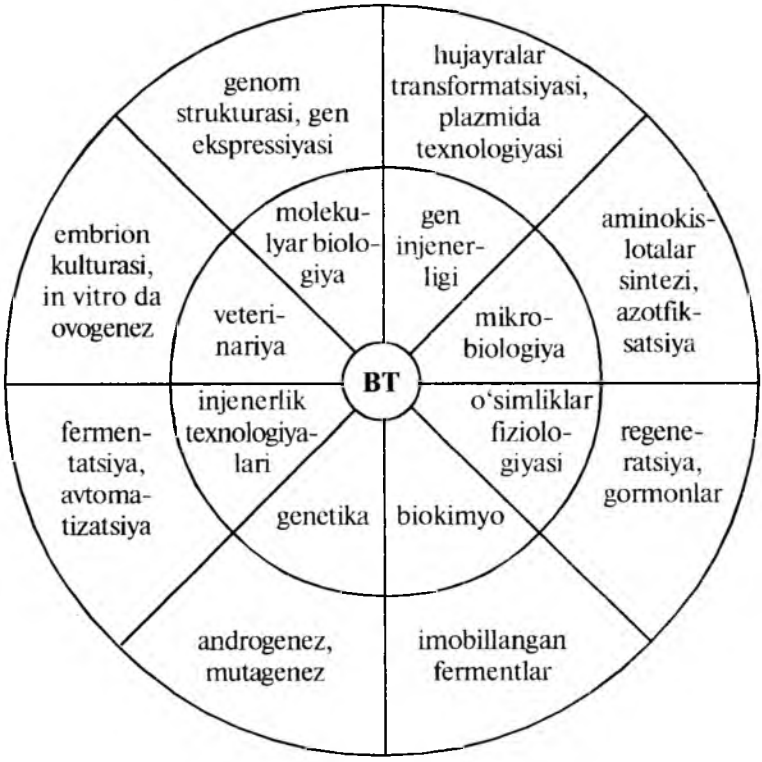
Shuni ham ta'kidlash lozimki, bu sxema biotexnologiyaning hozirgi holatini ifodalaydi, xolos. Kelajakda esa qator yangi tarmoqlar, yo'nalishlar shakllanishi muqarrar. Chunki biotexnologiya turli fan sohalarining yutuqlaridan foydalanadi va ular asosida xilma-xil tijorat mahsulotlari yaratadi (3-sxema).

Biotexnologiya azaldan ma'lum bo'lgan insonlar ishlatib kelayotgan an'anaviy jarayonlar, ya'ni pivo tayyorlash, pishloq ishlab chiqarish, konditerlik hamda chiqindilarni qayta ishlash kabi jarayonlarni o'z ichiga oladi va bu jarayonlarning barchasida biologik obyektlar qatnashadi.

Bugungi biotexnologiyada yangi ishlanmalarni yaratish, rivojlantirish va jarayonlardan optimal foydalanish maqsadida kimyo,

3-sxema

Biotexnologiya va zamonaviy fanlarning o'zaro aloqalari



mikrobiologiya, biokimyo, molekulyar biologiya, kimyoviy texnologiya va kompyuter texnikasi metodlaridan keng foydalaniladi (3-sxema).

Yuqorida keltirib o'tilganidek, o'tgan asrning 70-yillaridan boshlab eng yangi biotexnologiya, ya'ni molekulyar biotexnologiya shakllana boshladi. Bu fanning bir qismi sanoat mikrobiologiyasi va kimyo injenerlik sohalarining yutuqlariga asoslangan bo'lsa, uning molekulyar qismi mikroorganizmlarning molekulyar gene-

tikasi, molekulyar biologiyasi va nuklein kislotalarning enzimologiyasi kabi fan tarmoqlarining yutuqlariga asoslangan.

Biotexnologiyaning rivojlanish tarixi 11-jadvalda keltirilgan.

11-jadval

Molekulyar biotexnologiyaning rivojlanish tarixi

Sana	Voqealar
1917	Karl Ereki «biotexnologiya» atamasini kiritgan.
1943	Sanoat miqyosida penitsillin ishlab chiqarilgan.
1944	Everi, Mak-Leod va Mak-Kartilar genetik material DNKdan tuzilganligini ko'rsatib berganlar.
1953	Uotson va Krik DNK molekulasining tuzilishini aniqlaganlar.
1961	«Biotexnologiya va bioinjeneriya» jurnali ta'sis etilgan.
1961–1966	Genetik kod o'qib chiqilgan.
1970	Birinchi restriksion endonukleaza ajratib olingan.
1972	To'liq hajmli t-RNK geni sintez qilingan.
1973	Rekombinant DNK texnologiyasiga asos solingan.
1975	Monoklonal antitela olingan.
1976	Rekombinant DNKni olish bo'yicha yo'riqnoma ishlangan.
1976	DNKning nukleotid ketma-ketligini aniqlash metodi ishlab chiqilgan.
1978	*E.coli* yordamida inson insulini ishlab chiqilgan.

Sana	Voqealar
1982	Rekombinant DNK texnologiyasi bo'yicha olingan birinchi vaksinani hayvonlarda qo'llashga ruxsat berilgan.
1983	Gibrid Ti-plazmidadan foydalanib, o'simliklar transformatsiyalangan.
1988	Polimerazaning zanjir reaksiyasi metodi yaratilgan.
1990	Insonning somatik hujayrasidan foydalanib, gen terapiyasini sinash rejasi tasdiqlangan.
1990	«Inson genomi» loyihasi bo'yicha ishlar boshlangan.
1994–1995	Inson xromosomasining genetik va fizik xaritasi chop etilgan.
1996	1-rekombinant oqsil (eritropoetin) katta miqdorda ishlab chiqarilgan va sotilgan.
1996	*Saccharomyces cerevisiae* ning barcha xromosomalarining nukleotid ketma-ketligi aniqlangan.
1997	Somatik hujayradan sut emizuvchi hayvon klonlashtirilgan.
2003	Inson genomi to'liq o'qib chiqilgan.

2003-yil aprelda xalqaro konsorsium (genomni sekvenlash markazi; Vashington Universiteti va Kembrijdagi Senger markazi) – AQSH, Buyuk Britaniya, Germaniya, Fransiya, Yaponiya va Xitoy olimlari o'zlarining 10 yil davom etgan tadqiqotlari natijasi – Inson genomini to'liq o'qib chiqqanliklarini chop etishgan. Bu tadqiqotning bahosi 3 mlrd dollarga teng bo'lib, uning natijasida inson genomi 30 ming gendan va 3 mlrd nukleotid asoslardan tuzilgan

ekanligi isbotlandi. Bundan tashqari, bir qator samarali texnologiyalar va genomning xaritasini tuzuvchi uskuna va jihozlar yaratildi.

O'zbekistonda biotexnologiyani fan sifatida ikki yo'nalishini ko'rish mumkin:

1) hozirgi zamon biotexnologiyasi;

2) klassik biotexnologiya.

O'zbekistonda biotexnologiyaning rivojlanishi. Biotexnologiya fani mamlakatimizdagi eng kenja fanlardan biri hisoblanadi. Bu soha, asosan, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetida, Toshkent Farmatsevtika institutida, Toshkent davlat agrar universitetida, Samarqand davlat universitetida va boshqa oliy ta'lim muassasalarida o'qitiladi. Biotexnologiya sohasi bo'yicha ilmiy va amaliy tadqiqotlar O'zbekiston Fanlar Akademiyasining qator institutlarida olib boriladi.

Hozirgi zamon biotexnologiyasi gen va hujayra injenerligi usullari asosida genetik transformatsiya qilingan obyektlarni yaratish texnologiyalari, jumladan o'simliklarni yangi «FM»-navlarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar davom ettirilmoqda, bu sohada anchagina yutuqlarga ham erishilgan. Bu sohada biologiya fanlari doktori, akademik A.Abdukarimov va u yaratgan maktabning erishgan yutuqlari hurmatga sazovordir.

O'zbekistonda biotexnologiyaning shakllanishi, uning rivojlanishida biologiya fanlari doktori, professor M.M.Raximov va u yaratgan maktabning roli beqiyosdir.

Klassik biotexnologiya esa tabiiy biologik obyektlardan foydalangan holda turli mahsulotlarni ishlab chiqarish usullari va texnologiyalaridan iborat (non pishirish, pivo, vino, sirka, qatiq tayyorlash).

O‘zbekistonda biotexnologiyaning rivojlanishi va shakllanishini O‘zR FA akademigi O.S.Sodiqov nomidagi Bioorganik kimyo institutining tashkil etilganidan ham bilishimiz mumkin. Ushbu institut 1977-yilda O‘zR FA tarkibidagi bioorganik kimyo bo‘limi (1973-y.) negizida tashkil etilgan. Institutning asosiy ilmiy yo‘nalishi hayvon va o‘simliklar organizmida sodir bo‘ladigan jarayonlarni, yuqori va quyi molekulyar tabiatga ega bo‘lgan biologik faol moddalarning tuzilishini, funksiyasini o‘rganish hamda ularni sintetik usulda olish yo‘llarini ishlab chiqish va ularni amaliyotga tatbiq etishga qaratilgan. Ayni shu institutda birinchilardan bo‘lib, tabiiy biologik faol modda – gossipolning polimorf kompleks hosil qilishi isbotlangan va uning asosida yigirmadan ortiq yangi dorivor moddalar va boshqa preparatlar ishlab chiqilgan. Bularga misol qilib, viruslarga qarshi ishlatiladigan 3% li gossipol linimenti, immunomodulyator – timoptin, qon to‘xtatuvchi «Lagoden», xlamidiyaga qarshi qo‘llaniladigan dorivor vosita «Polinil» va boshqalarni keltirib o‘tish mumkin.

Yurtimizda jahon andazalariga mos keladigan paxta moyini va kam gossipolli paxta kunjarasini olish texnologiyasi ishlab chiqilib, O‘zbekiston Respublikasining ko‘pchilik yog‘-moy ekstraksiya zavodlarida litsenziya asosida qo‘llanilmoqda.

Biotexnologiya sohasida, asosan, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasining Mikrobiologiya institutida, Genetika va o‘simliklar eksperimental biologiyasi institutida hamda Respublika kimyo birlashmasiga qarashli bir qator zavodlarda qator tadqiqotlar olib borilmoqda. Biotexnologiya ixtisosligi bo‘yicha birinchi o‘zbek akademiki A.G.Xolmurodov (1939–1996) fuzarium avlodiga mansub zamburug‘lardan D vitamin, PP-nikotin amid ajratish texnologiyasini yaratgan. Bu olimning NAD ning struktura va

funksional bog'liqligini o'rganish, uni hayvon va o'simliklar organlaridan ajratib olish hamda ikkilamchi mahsulotlarni qayta ishlashning jahon standartlariga mos keladigan yangi texnologiyalarini va o'simliklarni himoya qiluvchi ekologik toza vositalarni yaratish bo'yicha olib borgan tadqiqotlari diqqatga sazovordir.

O'zFA Biokimyo institutida olib borilgan yuqori va quyi molekulyar bioregulyatorlarni kompleks tadqiq etish natijasida zaharli jonivorlar zaharidan 50 dan ortiq biologik faol oqsil va peptidlar ajratib olingan. Ulardan 15 dan ortig'ining kimyoviy tuzilishi va ta'sir mexanizmi to'liq o'rganib chiqilgan.

Olimlarimiz tomonidan g'o'zadan fitogormonlarning retseptorlari ajratib olingan va ularning fizik-kimyoviy xossalari o'rganilgan, paxta bargini to'kishdagi regulyatorlik roli isbotlangan. Natijada g'o'za defoliatsiyasida ro'y beradigan jarayonning molekulyar mexanizmi yoritib berilgan va defoliatsiyalovchi hamda o'sishni tezlashtiruvchi faollikka ega bo'lgan birikmalarni tanlash ko'rsatkichlari ishlab chiqilgan. G'o'zaning o'sishi jarayonida organizm ferment tizimlarining paxta tolasini hosil bo'lishidagi roli o'rganib chiqilgan va selluloza biosintezi jarayonining molekulyar mexanizmi isbotlangan.

Professor K.D.Davronov tomonidan yog' parchalovchi ferment – lipaza tayyorlash texnologiyasi yaratilgan. Bundan tashqari, qishloq-xo'jalik amaliyotlari uchun «Yer malhami», «Bist», «Subtin», «Fitobiosil» kabi qator biopreparatlar yaratilgan. Bu preparatlar azot yutuvchi va rizosferada yashovchi mikroorganizmlar asosida tayyorlangan bo'lib, mamlakatimiz qishloq xo'jaligida keng qo'llanilmoqda. Bundan tashqari, K.D.Davronov rahbarligida biologiya fanlari nomzodi, professor Z.R.Ahmedova sellulozalignin biokarkasini (g'o'zapoya, somon, kanop poyasi, qirindi va b.) maxsus

tayyorlangan bazidiomitsetlar sintez qiladigan fermentlar yordamida parchalash texnologiyasini yaratdi va amaliyotda ko'rsatib berishga erishdi.

Akademik M.I.Mavloniy O'zbekistonda uchraydigan achitqi zamburug'larni tahlil qilib, ularni novvoychilik, vinochilik va chorvachilikka qo'l keladigan turlarini ajratib oldi va ular asosida maxsus xamirturushlar va vinochilik uchun achitqilar tayyorlash texnologiyalarini yaratdi.

Mikrobiologiya instituti olimi J.Toshpo'latov somon va g'o'zapoyani parchalashda *Trixoderma harzianum* zamburug'i fermentlaridan foydalanish mumkinligini ilmiy asoslab berdi. Bu texnologiya qo'llanilganda, somonda 6–7% shakar turli vitaminlar, aminokislotalar paydo bo'lib, somonning oziqa birligi bir necha barobar oshganligini isbotlab berdi.

Mamlakatimiz ravnaqi, uning iqtisodiy ko'rsatkichilarini yanada ko'tarish maqsadida, eng avvalo, quyidagi biopreparatlarni ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish katta ahamiyatga ega:

– oziq-ovqat va chorvachlik uchun oqsil-vitamin kompleks-laridan iborat bo'lgan biopreparatlar;

– almashmaydigan aminokislotalar;

– organik kislotalar (limon kislotasi va boshqalar);

– o'simliklarning o'sishini boshqaruvchi va ularni himoya qiluvchi moddalar;

– o'simlik, hayvon va odam kasalliklariga o'z vaqtida tashxis qo'yadigan, sezgir biotexnologik usullar yaratish va h.k.

? *Savollar*

1. Biotexnologiya nimani o'rganadi?
2. Biotexnologiyaning qanday qismlarini bilasiz?

3. Biotexnologiyaning rivojlanishiga hissa qo'shgan o'zbek olimlaridan kimlarni bilasiz?
4. Biotexnologiya rivojlanishiga qaysi fan yutuqlari turtki bo'lgan?
5. Biotexnologiya haqida olimlarning fikrlari qanday?
6. Biotexnologiyaning biologiyadagi ahamiyati nimadan iborat?

10.2. Biotexnologiyaning obyektlari. Mikroorganizmlar va ular yordamida foydali moddalarning olinishi

Biotexnologiyaning obyektlariga mikroorganizmlar, hayvon va o'simlik hujayralari, transgen hayvon va o'simliklar hamda hujayralardagi ko'p komponentli ferment tizimlari va alohida fermentlar kiradi.

Ko'pgina zamonaviy biotexnologik ishlab chiqarishning asosi mikrobli sintez, ya'ni turli biologik faol moddalarni mikroorganizmlar yordamida sintezlash hisoblanadi.

Obyektning tabiatidan qat'i nazar, istalgan biotexnologik jarayonning 1-bosqichi organizmlar (mikroblar bo'lsa), hujayra yoki to'qimalarning (o'simlik yoki hayvonlar bo'lsa) toza kulturasini olish hisoblanadi. O'simlik va hayvon to'qimalari kulturalaridan biotexnologiyaning obyektlari sifatida foydalanish metodik nuqtayi nazardan mikroorganizm kulturalaridan farq qilmaydi.

Hozirda mikroorganizmlarning 100000 ortiq turiga tavsif berilgan. Bular prokariotlar (bakteriyalar, aktinomitsetlar, rikketsiyalar, sianobakteriyalar) va eukariotlarning bir qismi (achitqilar, ipsimon zamburug'lar, ayrim suvo'tlari)dir. Mikroorganizmlar turli-tuman bo'lishiga qaramay, qaysi mahsulot olinishi kerakligiga qarab ularni to'g'ri tanlay bilish kerak. Eng ko'p va chuqur o'rganilgan mikroorganizmlar – ichak tayoqchasi *(E. coli)*, pichan tayoqchasi *(Bac. subtilis)* va achitqi zamburug'lari *(S.cerevisiae)*dir.

Biotexnologik obyektni tanlashda (masalan, mikroorganizm-produtsent) yaxlit mahsulotni sintezlash xususiyati asosiy mezon sanaladi. Bunda mikroorganizmlar quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishi kerak:

– tez o'sish sur'atiga;

– o'zining hayot faoliyati uchun arzon substratlarni sarflashi;

– tashqi mikrofloraga va faglarga nisbatan chidamli, ya'ni raqobatbardosh bo'lishi.

Bularning barchasi yaxlit mahsulot olishga ketadigan sarf-xarajatlarni kamaytiradi. Tabiatda barcha talablarga javob beradigan organizmlar uchramaydi. Masalan, bir hujayrali organizmlar yuqori organizmlarga nisbatan tez o'sadi va ularda sintetik jarayonlar tez ketadi. Lekin bu barcha mikroorganizmlarga tegishli emas. Masalan, oligotrof mikroorganizmlar juda sekin o'ssada, ulardan ko'plab qimmatli mahsulotlar olish mumkin va qulaydir.

Hayoti faoliyati davomida quyosh nuri energiyasidan foydalanuvchi mikroorganizmlar fotosintezlovchi mikroorganizmlar deb ataladi. Ularning bir qismi (sianobakteriyalar va fotosintezlovchi eukariotlar) uglerod manbayi sifatida CO_2 dan foydalanadi, sianobakteriyalarning ayrimlari esa atmosfera azotini yutish xususiyatiga ham egalar. Fotosintezlovchi mikroorganizmlar ammiak, vodorod, oqsil va bir qancha organik birikmalar olish uchun produtsent hisoblanadilar. Lekin ularning genetik tuzilishi va hayot faoliyatining molekulyar-biologik mexanizmlari yaxshi o'rganilmagan.

Yuqori haroratda o'sadigan termofill mikroorganizmlarning xususiyati tashqi (begona) mikroflorani o'sishiga to'sqinlik qiladi. Bular spirtlar, aminokislotalar, fermentlar, molekulyar vodorod olish uchun produtsent hisoblanadilar.

Termofillar sintezlaydigan fermentlar issiqlik, ayrim oksidlovchilar, detergentlar, organik erituvchilar va boshqa noqulay omillarga nisbatan ham ancha chidamli hisoblanadilar. Ular oddiy temperaturada ham faollik ko'rsata oladilar. Masalan, ayrim termofill mikroorganizmlardan olinadigan proteazalar 75°C da 20°C ga nisbatan 100 marta kamroq faollik ko'rsatadilar. Ularning bu xususiyati ayrim ishlab chiqarish sanoatlarida muhim ahamiyatga ega. Masalan, *Thermus aquaticus* – termofil bakteriyasining Taq-polimeraza fermenti gen injeneriyasida keng ishlatiladi.

Birlamchi metabolitlarning olinishi. Birlamchi metabolitlar – mikroblarning o'sishi uchun zarur bo'lgan, molekulyar massasi 1500 daltondan kam bo'lmagan, past molekulali birikmalardir. Ularning ba'zilari makromolekulalarning qurilish bloki sifatida, boshqalari esa kofermentlar sintezida qatnashadilar. Sanoatdagi eng muhim metabolitlar – aminokislotalar, organik kislotalar, purin va pirimidin nukleotidlari, erituvchilar va vitaminlar hisoblanadilar. Mikrob hujayralari boshqa tirik organizmlar singari ko'p miqdorda birlamchi metabolitlarni ishlab chiqarmaydi. Birlamchi metobolitlar ishlab chiqarishda ko'proq autotrof mikroorganizmlardan foydalaniladi.

Autotrof mikroorganizmlar sintez qiladigan ko'plab aminokislotalar va nukleotidlar fermentatsiya jarayonida ishlab chiqariladi. *Brevibacterium flavum* va *Corynebacterium glutamicum* shtammlari oziqa muhiti tarkibidagi qandlarning 1/3 qismini lizinga aylantira oladilar. Shu yo'l bilan 1 l muhitda 74 grammgacha lizin olinadi. Lizin – metabolitik yo'lning oxirgi mahsuloti bo'lib, bu yo'l metionin va treoninning hosil bo'lishiga ham olib keladi. Lizin va treonin ushbu yo'lning birinchi fermenti aspartatkinaza bilan o'zaro bog'lanib, uning faolligini boshqaradi. Ikkala aminokis-

lotaning yig'ilishi aspartatkinaza fermentining faolligini ingibirlaydi. Gendagi birinchi tip mutatsiya ushbu fermentning faolligini buzadi hamda treonin va metionin sintezini bog'lab qo'yadi. Natijada ushbu fermentlar ingibitorlaridan biri (treonin) yo'qoladi. So'ngra bunday auksotrof mutant tarkibida treonin va metionin bo'lgan muhitga ekiladi. Lekin mavjud bo'lgan treonin, lizin biosintezini to'xtatish uchun yetarli bo'lmaydi va u to'plana boshlaydi. 2-tip mutatsiyalar aspartatkinaza rementining faolligini o'zgartiradi. Natijada u lizin bilan o'zaro ta'sirga kirisha olmaydi va ushbu aminokislotaning sintezi ingibirlanmaydi.

Oqsil molekulasini tashkil qiladigan 21 ta aminokislotadan tashkil topgan oqsillarning 8 tasi (yosh bolalar uchun esa 10 tasi) almashmaydigan aminokislotalar bo'lib, ular organizmga oziqa bilan birga tushishi kerak. Bulardan eng muhimlari metionin va lizindir. Metionin sintetik yo'l bilan, 80% lizin esa fermentatsıya yo'li bilan biosintetik usulda olinadi. Aminokislotalarni mikrobiologik sintezlashning ahamiyatli tomoni shundaki, bu jarayon natijasida biologik faol izomerlar ham olinadi.

Natriy tuzi ko'rinishida ziravor sifatida ishlatiladigan glutamin kislotasi *Brevibacterium flavum* va *Corynebacterium glutaminicum* kulturalaridan olinadi.

Sanoatda keng ishlatiladigan organik kislotalardan biri sirka kislotasi hisoblanadi. U rezina, plastmassa, asetat tolalari, farmatsevtik preparatlar, insektitsidlar ishlab chiqarishda ishlatiladi. Yaponiyada sirka kislota aminokislota ishlab chiqarish jarayonida olib boriladigan fermentatsiyada substrat sifatida ham ishlatiladi.

Sut kislotasi bijg'ish yo'li bilan olingan birinchi organik kislotadir. U oziq-ovqat sanoatida oksidlovchi sifatida, shuningdek, galvanostegiyada va tez parchalanuvchi plastmassa ishlab chiqarishda keng ishlatiladi.

Ikkilamchi metabolitlarning olinishi. Ikkilamchi metabolitlar (idiolitlar ham deyiladi) – toza kulturada o'sish uchun zarur bo'lmagan past molekulali birikmalardir. Ularni chegaralangan taksonomik guruhlar ishlab chiqaradilar. Ikkilamchi metabolitlarga antibiotiklar, alkaloidlar, fitogormonlar va toksinlar kiradi.

Ikkilamchi metabolitlarni ishlab chiqaradigan mikroorganizmlar birinchi bosqichda tez o'sadi, so'ng tropofaza bosqichini o'taydi. Bu bosqichda kam miqdorda ikkilamchi moddalar sintezlanadi. Mikroorganizmlar o'stirilayotgan oziqa muhitida bitta yoki bir nechta oziqa moddalarining kamayishi hisobiga idiofazaga o'tiladi. Aynan shunday sharoitda idiolitlar sintezi kuchayadi. Antibiotiklar olinayotganda, mikroorganizmlar ko'pincha tropofaza vaqtida o'zining shaxsiy antibiotiklariga sezgir bo'lib qoladi. Idiofazada esa ularga nisbatan chidamli bo'ladi. Antibiotik ishlab chiqaruvchi mikroorganizmlarning o'z-o'zini yo'q qilishining oldini olish maqsadida tezlik bilan idiofazaga o'tkazib olishga harakat qilinadi. So'ngra mikroorganizmni ushbu fazada o'stirish davom ettiriladi.

Antibiotiklar – mikroblar sintezlaydigan farmatsevtik birikmalarning eng katta sinfidir. Bu sinfga zamburug'larga qarshi, o'smaga (shishga) qarshi dorilar va alkaloidlar kiradi.

Filamentoz zamburug'larning 6 turi (xususan, sefalosporinlar – *Cephalosporium* va penitsillinlar – *Penicillium)* 1000 ga yaqin turli antibiotiklarni, nofilamentoz bakteriyalarning 2 turi 500 ga yaqin antibiotiklarni, aktinomitsetlarning 3 ta turi 3000 ga yaqin antibiotiklarni sintez qilishlari aniqlangan.

O'sma kasalliklariga qarshi moddalarning soni cheklangan. Tokio institutida *Streptomyces verticillus* kulturasidan ajratib olingan bleomitsin deb ataladigan modda glikopeptid tabiatiga ega bo'lib, u o'sma hujayralarnining DNKsini parchalash va DNK, RNK

replikatsiyasini buzish xususiyatiga ega. Ikkinchi guruh o'smaga qarshi reagentlar aminoglikozid birlik va antrasiklin molekulasining o'zaro kombinatsiyasiga asoslanib yaratilgan. Bu preparatlarning kamchiligi ularning yurak faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi bilan bog'liq.

Qimmatli va faol produtsentlarni yaratish jarayonining ajralmas qismi bo'lib seleksiya hisoblanadi. Seleksiyaning asosiy yo'li kerakli produtsentni tanlab olishning har bir bosqichida ularning genomlariga tashqi omil bilan ta'sir ko'rsatish va konstruksiya qilishdir. Mikrobli texnologiya jarayonida asosan bosqichli seleksiya usulidan foydalaniladi, ya'ni jarayonning har bir bosqichida mikroorganizmlar populyatsiyasi orasidan ko'proq faollikka ega bo'lgan variantlari tanlab olinadi (spontan mutantlar), keyingi bosqichlarning har birida yangi, oldingisiga nisbatan samaraliroq bo'lgan shtammlar tanlab olinadi va shu tariqa davom ettirilaveradi.

Samarali produtsentlarning seleksiyasi jarayonini indutsirlangan mutagenez metodini qo'llash bilan tezlashtirsa bo'ladi.

Mutagen ta'sirlar sifatida UB, rentgen va gamma-nurlanishlar, ma'lum bir kimyoviy moddalardan foydalaniladi va bu ta'sirlar natijasida DNKning birlamchi tuzilishida o'zgarishlar paydo bo'ladi.

Bu usul bilan seleksiya qilinganda ham mikroorganizm klonlari (hujayra yoki mikroorganizmlar to'plami) bosqichma-bosqich biokimyoviy tekshiruvdan o'tkaziladi va eng faollari ajratib olinib, mutagenlar bilan qayta ta'sir etiladi. Bu jarayon ko'zda tutilgan maqsadga erishgunga qadar davom ettiriladi.

Mikrobiologiya sanoati uchun mikroorganizmlar seleksiyasi va yangi shtammlarni yaratish, ularning mahsuldorlik xususiyatiga, ya'ni u yoki bu mahsulotni hosil qilishiga qaratilgandir. Bu masalalar hujayradagi boshqaruv jarayonlarni o'zgartirish bilan amalga

oshiriladi. Shuning uchun bakterial hujayralarda sodir bo'ladigan biokimyoviy jarayonlarni boshqarishni yaxshi tushunish kerak bo'ladi.

Ma'lumki, bakteriyalardagi biokimyoviy reaksiyalarni 2 yo'l bilan amalga oshirish mumkin. Birinchisi juda tez (sekund yoki minut ichida) bo'lib, fermentning individual molekulasining katalitik faolligini o'zgartirishga asoslangan. Ikkinchisi nisbatan sekinroq kechadi (bir necha minut davomida) va bunda fermentlar sintezining tezligi o'zgartiriladi. Har ikkala mexanizmda ham tizimlarni boshqarishning yagona tamoyili – qayta bog'lanish tamoyili ishlatiladi.

Har qanday metabolitik yo'lni boshqarishning eng oddiy usuli substrat oson olinadigan yoki fermentning bor-yo'qligini aniqlashga asoslanadi. Darhaqiqat, substrat miqdorining kamayishi (muhitda past konsentratsiyada bo'lishi) mazkur metabolitik yo'l orqali aniq bir moddaning sintezlanish tezligini kamaytiradi. Boshqa tomondan, substrat konsentratsiyasining oshishi metabolitik yo'lning barqarorlashishiga olib keladi.

Xuddi shunday samara ferment konsentratsiyasini oshirish natijasida ham ro'y beradi. Masalan, tegishli ferment sintezini nazorat qiluvchi genlarni amplifikatsiyalash bilan amalga oshiriladi. Hujayrada metabolitik reaksiyalar faolligini boshqarishning eng keng tarqalgan usuli retroingibirlash tipi bo'yicha boshqarish hisoblanadi.

O'sayotgan hujayralar sintezlaydigan minglab fermentlarning ba'zilari doimo va oziqa muhitiga bog'liq bo'lmagan holda hosil bo'ladi, boshqalari esa ularga ta'sir qiluvchi substrat mavjud bo'lgandagina hosil bo'ladi. Birinchilariga konstitutiv fermentlar (gidroliz fermentlari va b.), ikkinchilariga esa adaptiv yoki indut-

sibel fermentlar kiradi. Masalan, glukozali muhitda o'sayotgan *E. coli* hujayralari oz miqdordagi laktozaning metabolizmida ishtirok etuvchi fermentlarning hamda ushbu mikroorganizm hujayralari o'zlashtira oladigan uglerodning boshqa manbalarining metobolizmida ishtirok qiluvchi fermentlar saqlaydi. Bu mikroorganizm laktozali muhitga o'tkazilsa, 1–2 minutdan so'ng laktoza utilizatsiyasining asosiy fermenti β-galaktozidazaning faolligi oshadi. Bu ferment laktozani glukoza va galaktozagacha gidrolizlaydi. Keyingi qisqa vaqt ichida β-galaktozidazaning faolligi boshlang'ich darajaga nisbatan 1000 marta ortadi. Boshqacha aytganda, bu yerda ferment sintezining induksiyasi sodir bo'ladi.

Ferment induksiyasi – kultural muhitda ma'lum bir kimyoviy birikmaning (induktor)ning paydo bo'lishiga ferment sintezining javobidir. Ko'p hollarda substratlarning sarflanmagan analoglari induktor bo'lib hisoblanadi. Masalan, β-galaktozidaza uchun laktozaning metabolizmida qatnashmaydigan analogi – izopropil β-D-tiogalaktopiranozid (IPTG) induktor sanaladi. Boshqa tomondan, substrat har doim ham o'ziga tegishli ferment sintezining induktori hisoblanavermaydi. Laktoza induktor bo'lishi uchun avval o'zining izomeri allolaktozaga aylanishi kerak.

1961-yili F.Jakob va J.Monod *E.coli* bakteriyalari tomonidan laktozaning utilizatsiya jarayonini genetik va biokimyoviy o'rganishlari natijasida «operon modeli» nomli konsepsiyani ishlab chiqqanlar. Bu modelga ko'ra, boshqarishning ushbu tizimi 4 ta komponentdan iboratdir: strukturali genlar, gen-regulyator, operator va promotor. Gen-regulyator operator bilan bog'lana oladigan oqsil-repressorning strukturasini aniqlaydi. Bu, o'z navbatida, uning yonidagi strukturali genlar faoliyatini nazorat qiladi. Promotor transkripsiya fermenti – RNK-polimeraza bilan bog'la-

nadigan qismni tashkil qiladi. Agar oqsil-repressor operator bilan bog'langan bo'lsa, u holda RNK-polimeraza promotorga joylasha olmaydi va informasion-RNK sintezlanmaydi. Buning natijasi esa tegishli fermentlar sintezining ro'y bermasligidir. Birinchi marta qamrovli o'rganilgan operon ichak tayoqchasining laktozali operoni hisoblanadi. Mualliflarning fikricha, repressor 2 ta o'ziga xos markazga ega bo'lgan allosterik oqsildan tashkil topgan. Ulardan biri operatorning nukleotid ketma-ketligiga, ikkinchisi esa induktor molekulasiga o'xshashdir. Induktor bilan repressorning o'zaro ta'siri repressorning operatorga o'xshashligini kamaytiradi, natijada operator ajraladi. Lac-operoni repressori toza holda ajratib olingan va uni 4 ta bir xil subbirlikdan tuzilganligi anqlangan (umumiy molyar massasi 150000 D). Har bir subbirlik induktorning 1 ta molekulasi bilan o'zaro munosabatga kirishadi, ya'ni repressorni to'liq inaktivatsiyaga uchratish uchun induktorning 4 ta molekulasi kerak bo'ladi. Toza holdagi repressor operatorga juda o'xshaydi va in vitro sharoitida Lac-operatorning nukleotid ketma-ketligi bilan bog'lana oladi. Induktor esa bu bog'lanishni buzadi. Ushbu natijalar F.Jakob va J.Monod gipotezasini to'liq isbotlaydi.

Istalgan operonning boshqaruvchi elementi bo'lib, DNK ning promotor deb nomlanuvchi qismi hisoblanadi. Operonning ushbu qismi transkripsiya jarayonini boshlash uchun RNK-polimeraza bilan birlashadi. Transkripsiyaning borishi promotorning xususiyatiga bog'liqdir. Promotor qismidagi mutatsiya uning faolligini o'zgartirib, operon ekspressiyasini oshirishi yoki kamaytirishi mumkin. Promotorning ushbu xususiyatidan nisbatan faol produtsentlarni yaratishda foydalaniladi.

? *Savollar*

1. Biotexnologiyaning obyektlari nimalardan iborat?
2. Mikroorganizmlardan biotexnologiyada qanday maqsadlarda foydalaniladi?
3. Ferment induksiyasi nima?
4. Birlamchi metabolitlarga nimalar kiradi?
5. Ikkilamchi metabolitlar haqida nimalarni bilasiz?
6. Strukturali genlar, gen-regulyator, operator va promotor haqida gapirib bering.

XI B O B. GEN INJENERLIGI

11.1. Gen injenerligining moddiy asoslari

Gen injenerligining maqsadi laboratoriya usullari yordamida irsiy xususiyatlari o'zgartirilgan yangi organizmlarni yaratishdir.

Amerikalik olimlar Uotson va Krik o'zlarining 1953-yilda yaratgan olamshumul yangiliklari, ya'ni DNKning ikkilamchi strukturasini aniqlaganliklari va matritsa sintezini tushuntirib berganliklari bilan gen injenerligini alohida fan sifatida rivojlanishiga asos soldilar.

DNKning qo'sh spirali replikatsiya davomida DNK iplari bo'ylab ikkiga ajraladi, polimerazalar deb atalgan maxsus ferment ona DNKning aniq nusxasini ko'chiradi. Natijada hujayra bo'linishi oldidan 2 ta bir xil DNK molekulalari hosil bo'ladi va ulardan biri hujayra bo'lingandan so'ng qiz hujayraga o'tadi. Qiz hujayrada ona hujayrada bo'lgan barcha axborotlar bo'ladi va u ona hujayra bajargan barcha funksiyalarni bajaradi. Shunday qilib, tirik organizm hujayralarida o'ziga xos reaksiya – matritsa sintezi ro'y beradi. Molekulalarning biri – matritsa, ikkinchisi esa shu matritsa asosida tuziladi. DNK replikatsiyasi barcha turdagi RNK va i-RNK strukturasiga mos ravishda oqsil molekulalarining sintez bo'lishi va to'planishi, ularning barchasi matritsa sintezining variantlari bo'lib, doimo bu jarayonlar nuklein kislotalar ishtirokida amalga oshadi.

Xuddi shu mexanizm asosida RNKning yig'ilishi amalga oshadi, faqatgina 2 ta spiral emas, balki bitta spiralli molekula (RNK) hosil bo'ladi. Bu jarayon *transkripsiya* deyiladi. Demak, hujayradagi

axborot oqimi matritsa sintezining barcha reaksiyalarini amalga oshiradi, ya'ni DNK replikatsiyasi (irsiy axborotni qiz hujayralarga uzatish uchun kerak), transkripsiya (hujayra yadrosida i-RNKning sintezi) va translyatsiya (ribosomalar yordamida i-RNKda oqsil zanjirlarining yig'ilishi) jarayonlari amalga oshadi.

Organizmning irsiy xususiyatlarini o'zgartirishi o'rganilgandan keyin transgen o'simlik va hayvonlar yaratish va ularni klonlash imkoni tug'ilgan.

Eukariotlarning hujayralaridagi genlarning tuzilishini o'rganish klonlash va DNKni birlashtirish metodlariga asos solgan. Olimlar tomonidan ovalbuminning 386 ta aminokislotadan tuzilgan molekulasining sintezida qatnashuvchi informasion-RNKsi ajratib olingan va ushbu RNKning 1872 ta nukleotididan 1158 tasigina oqsilning 386 ta aminokislotasini kodlashi, shu bilan birga 5'-uchdagi 64 ta nukleotid va 3'-uchdagi 650 ta nukleotid translyatsiyalanmasligini aniqlangan. i-RNKdan ovalbumin geniga mos keluvchi DNK nusxasini olib, uni plazmidaga joylashtirganlar va uni *E. coli* hujayrasida klonlashtirganlar. Fransiyalik olimlar esa DNK nusxasining restriktazalar yordamida parchalanmasligini aniqlaganlar, chunki ushbu DNK restriktaza fermentlari taniydigan 6 ta nukleotidli ketma-ketlikni o'zida tutmagan. 1977-yili fransiyalik olimlar «ovalbuminning informasion-RNKsi bilan transkripsiyalanmaydigan DNK genomida i-RNKda uchramaydigan qismlar bor», deb faraz qilganlar. Genning uzlukli tuzilishi keyinchalik boshqa genlarda ham kuzatilgan.

Keyinchalik, Shambon va Kurilskining ko'rsatishlaricha, ovalbumin genining DNKsi i-RNK bilan qisman birlashadi, ya'ni DNKning 7 ta uchastkasi RNK bilan gibridlanmasdan qoladi. Genning m-RNKda uchramaydigan ushbu uchastkalariga intron-

lar deb nom berilgan. Intronlar ovalbuminni kodlaydigan DNK ketma-ketligini 8 ta fragmentdan iborat bo'lgan ekzonlarga ajratib turadi.

Intronlar genning ma'lum bir qismida uchraydilar, ularning hajmi katta bo'lib, 100 dan bir necha mingtagacha bo'lgan nukleotidlar juftligidan iboratdir. O'rtacha hisoblaganda intronlar ekzonlardan uzunroqdir.

Hozirgacha o'rganilgan sut emizuvchilar, qushlar va amfibiyalar genlarining tuzilishi yaxlit ko'rinishda emasligi aniqlangan, ya'ni ular ekzonlar va intronlardan tuzilganlar. Faqatgina giston va interferonlarning genlari bundan mustasnodir. Bulardan tashqari, yaxlit bo'lmagan genlar hasharotlarda va achitqilarda hamda DNK saqlagan eukariot hujayralar yadrosida ko'payadigan viruslarda ham topilgan.

11.2. Gen injenerligining fermentlari

Gen injenerligida rekombinant DNKlarni konstruksiyalashda ishlatiladigan fermentlar quyidagi guruhlarga bo'linadilar:

– DNK fragmentini olish uchun ishlatiladigan fermentlar (restriktazalar);

– DNK matritsasida DNKni (polimerazalar) va RNKni (qaytar transkriptazalar) sintezlovchi fermentlar;

– DNK fragmentlarini birlashtiruvchi fermentlar (ligazalar);

– DNK fragmenti uchlari strukturasini o'zgartiruvchi fermentlar.

Restriktazalar (restriksiyalovchi endonukleazalar) – DNK molekulasida ma'lum bir nukleotidlar ketma-ketligi (restriksiya saytlari)ni tanib, ularga «hujum qiluvchi» fermentlardir.

Restriksiya va modifikatsiya tizimlari bakteriyalarda keng tarqalgan bo'lib, ular rezident DNKni begona nukleotidlarning kirishidan himoya qiladi. 1968-yil Mezelson va Yuanlar metillanmagan DNKni parchalovchi restriktazani ajratib olganlar. 1970-yil esa Smit va Vilkoks *Haemophilus influenzae* dan DNKning aniq bir ketma-ketligini parchalovchi birinchi restriktaza (Hind III)ni ajratib olganlar. Hozirgacha 3500 dan ko'proq restriktazalarni substrat spetsifikligi aniqlangan bo'lib, ulardan 238 tasi nukletid ketma-ketligining unikal strukturasini taniydilar (prototiplar).

DNKning bir xil uchastkasini taniydigan restriktazalar izoshizomerlar guruhini tashkil qilib, bir-birlaridan ba'zi bir xossalari bilan farq qiladilar. Jumladan, 2 zanjirli DNKni har xil parchalaydilar. Hozirgacha aniqlangan restriktazalarning yarmidan ko'prog'i, 4, 6, 8 nukleotid ketma-ketlikni taniydilar.

Bakteriyalarning barcha restriksion endonukleazalari o'ziga xos, qisqa DNK ketma-ketligini taniydi va ular bilan bog'lanadi. Bu jarayonda DNK molekulasi tanish saytida kesiladi. Bakteriya shtammi restriksion faollikka ega bo'lishi bilan birga DNKni metillash xususiyatiga ham ega bo'lishi mumkin.

Barcha restriktazalar DNKning qo'sh spiralida ma'lum bir ketma-ketlikni taniydi, lekin 1-sinf restriktazalari DNK molekulasining ixtiyoriy nuqtasini kesadi, 2- va 3-sinf restriktazalari esa tanish saytining ichidagi qat'iy bir nuqtalarni parchalaydi.

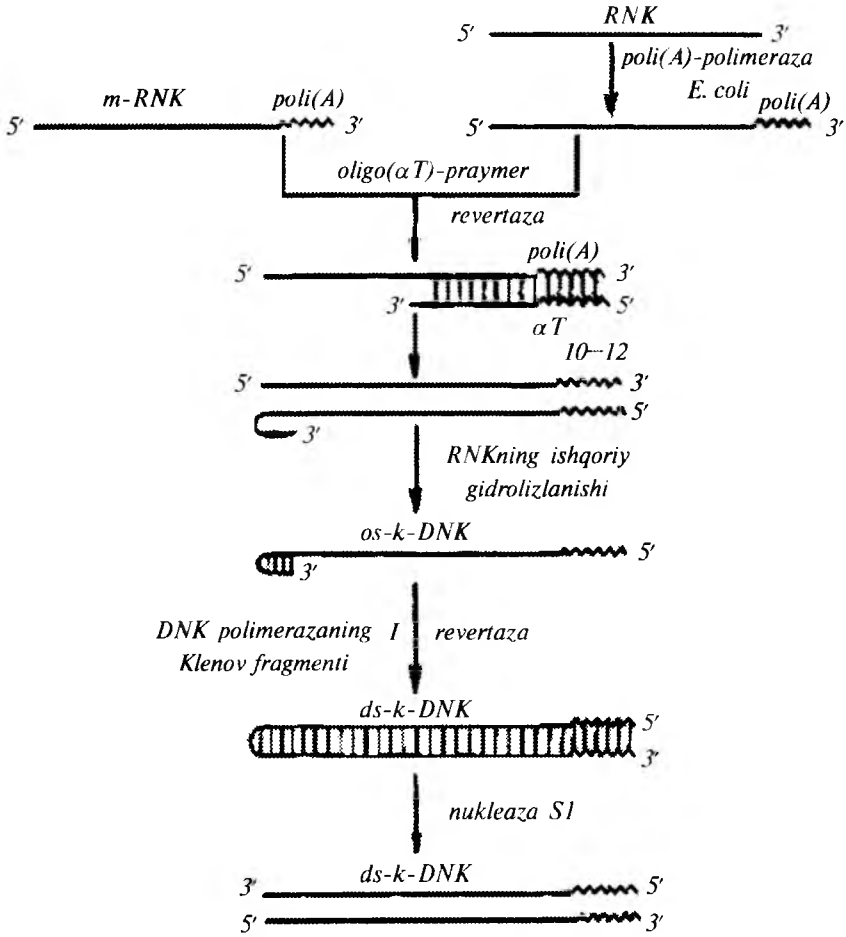
1- va 3-sinfdagi fermentlar murakkab subbirlikdagi tuzilishga ega bo'lib, 2-sinfdagi, ya'ni metillovchi va ATFga bog'liq endonukleazali faollikka egadir.

2-sinf fermentlari 2 ta alohida oqsillardan: restriksiyalovchi endonukleaza va modifikatsiyalovchi metilazalardan tashkil topgan. Shuning uchun gen injeneriyasida asosan 2-sinf fermentlari ishlatiladi. Bular uchun kofaktor sifatida magniy ionlari zarurdir.

Qaytar transkriptaza m-RNKni DNKning komplementar zanjiriga transkripsiyalash uchun ishlatiladi. Genomi bir zanjirli RNK molekulalaridan iborat bo'lgan retroviruslar o'rganilganda, retrovirusning hujayraning ichida sodir bo'ladigan rivojlanish jarayonida xo'jayin hujayra xromosomasiga ikki zanjirli DNK ko'rinishida o'z genomining integratsiya bosqichini bosib o'tishi aniqlangan. 1964-yil Temin RNK-matritsada komplementar DNKni sintezlovchi ferment borligini aniqlagan. Ushbu RNKga bog'liq DNK-polimeraza qaytar transkriptaza yoki revertaza deb nomlangan.

Qaytar transkriptaza reaksiyasi RNK faollikka ega bo'lgan kuchli ingibitorlardan foydalangan holda maxsus sharoitlarda olib boriladi. Bunda RNK molekulalarining to'liq hajmli DNK-nusxalari olinadi. Praymer sifatida poli (A)-tutuvchi m-RNK ning qaytar transkripsiyasida oligo (αT), 3'-poli (A) uchiga ega bo'lmagan RNK molekulalari uchun esa kimyoviy sintezlangan oligonukleotidlar ishlatiladi. m-RNKda DNKning komplementar zanjiri sintezlangandan va RNK buzilgandan keyingina DNKning ikki zanjiri sintezlanadi.

Matritsa sifatida k-DNKning birinchi zanjiri bo'lishi mumkin. Bu reaksiya revertaza singari *E.Coli* ning DNK-polimerazasi yordamida katalizlanishi mumkin. Sintez tugagandan so'ng k-DNKning 1- va 2-zanjirlari shpilka tuguni bilan kovalent bog'langan holda qoladi. Bu tugun endonukleaza S1 bilan parchalanadi. Hosil bo'lgan ikki zanjirli DNKni klonlanayotgan vektorlarga kiritish, DNKning gibrid molekulalari tarkibida ko'paytirish va keyingi tadqiqotlarda ishlatish mumkin bo'ladi. 49-rasmda 2 zanjirli DNK-nusxasining sintez bo'lishi ko'rsatilgan.



49-rasm. RNK molekulasining ikki zanjirli DNK-nusxasini sintezlash chizmasi.

Ligazalar. 1961-yil Mezelson va Veygl fag l misolida rekombinatsiyaning mohiyati DNK molekulalarining kesilishi va keyinchalik birlashishidan iboratligini ko'rsatganlar. Bu DNK fragmentlarining tikilishida qatnashadigan fermentlarni topishga sabab bo'lgan.

1967-yil bunday ferment topilgan va ular DNK-ligazalar deb nomlangan. Bu ferment nuklein kislotaning ikki zanjirli molekulasidagi fosfodiefir bog'ni katalizlaydi. Boshqacha aytganda, DNK-ligazalar yonma-yon joylashgan nukleotidlarni qand qoldiqlariaro bog' hosil qilib birlashtiradi. DNK-ligazalar DNK reparatsiyasi jarayonlarida, replikatsiyada juda kerakdir.

DNK-ligazalar kofaktorga bo'lgan zaruriyati va ta'sir qilish xususiyatiga ko'ra 2 tipga ajratiladi. *E. coli* ning DNK-ligazasi kofaktor sifatida difosfopiridinnukleotidni, T4-fagining ligazasi esa Mg^{2+} ishtirokida ATF ni ishlatadi.

11.3. Rekombinant DNK hosil qilish metodlari

Genetik rekombinatsiya – ikki xromosomalararo genlarning almashinuvidir. Pontekorvoning 1958-yilda bergan ta'rifiga ko'ra, rekombinatsiya – ikki yoki undan ortiq determinant irsiy belgilarga ega bo'lgan hujayra yoki organizmlarning hosil bo'lishiga olib keladigan jarayondir. Bunday rekombinatsiya sut emizuvchilarda jinsiy hujayralarning hosil bo'lishida albatta ro'y beradi. Meyoz vaqtida gomologik xromosomalar genlar bilan almashinadi (krossingover); aynan ana shu almashinuv orqali irsiy belgilarning avlod-dan-avlodga o'tishini tushuntirish mumkin. Virus va bakteriyalarda genetik rekombinatsiya hayvonlarga nisbatan kamroq bo'ladi. Genetik materialning almashinuvi, undan keyin sodir bo'ladigan rekombinatsiya bir yoki bir-biriga yaqin turlarda ro'y beradi.

Barcha tirik organizmlarda restriksion endonukleazalar mavjud bo'lib, ular organizmga kirgan yot DNKni taniydi va uni parchalaydi.

Genlar almashinuvi yoki genni hujayraga kiritish *In vitro* sharoitidagi genetik rekombinatsiya orqali amalga oshirilishi mumkin. Bu usul bakteriyalarda, xususan, ichak tayoqchasi hujayralariga hayvon va odam genlari kiritilib, ular replikatsiyalanishga erishish natijasida ishlab chiqilgan.

In vitro sharoitida genetik rekombinatsiyani amalga oshirishning mohiyati turli turlardan DNKni ajratish, DNKning gibrid molekulalarini olish va hosil bo'lgan rekombinant molekulalarni yangi belgi, masalan, o'ziga xos oqsilning sintezini hosil qilish maqsadida tirik hujayralarga kiritishdan iboratdir.

Genni ajratib olish uchun biokimyoviy metodlardan foydalaniladi. Hayvon hujayralarida m-RNK transkripsiyasi hujayra yadrosida sodir bo'ladi: m-RNK molekulalari axborotni yadrodan sitoplazmaga tashiydi (bunda ular oqsillar translyatsiyasi uchun ishlatiladi). Bakteriya hujayralarida esa transkripsiya va translyatsiya bir vaqtda va uyg'unlashgan holda ro'y beradi: m-RNK ribosomalar bilan bog'langan. Ribosomalar translyatsiya jarayonida va hayvon hujayralarida muhim rol o'ynaydi.

DNK molekulasi oqsil strukturasi haqidagi axborotdan tashqari bir qator boshqaruvchi signallarga ham ega. Bu signallar transkripsiya va translyatsiya uchun boshlang'ich nuqta hisoblanadi. Hayvon hujayralarida oqsil strukturasi to'g'risidagi axborot DNKning bir nechta segmentida, ya'ni DNK qismlari bilan ajralgan segmentlarida (intronlar deb nomlanadi) kodlanishi mumkin.

Bakteriya hujayralariga DNKni kiritish bir necha usullarda amalga oshiriladi. Shulardan ko'proq ishlatiladiganlari quyidagilar:

– vektor sifatida plazmidadan foydalanish;

– vektor sifatida bakteriofagdan foydalanish.

Bulardan tashqari, DNK hujayraga endotsitoz, liposomalarni maxsus pistoletlar yordamida otish (buni biolistika ham deb yuritiladi), mikroineksiya orqali kiritish yo'llari ham mavjud.

1950-yilning boshlarida Lederberg *E. coli* da konyugatsiya jarayoni ro'y berishini ko'rsatib bergandan so'ng bakteriya hujayralarining «qo'shilishi» genetik belgilangan va bu genetik axborot ota tipidagi hujayradan ona tipidagi hujayraga yoki retsipiyent hujayraga o'tishi aniqlangan. Konyugatsiya paytida hujayralarning donorlik qilishi (yoki F-hosildorlik omili) boshqa istalgan genetik belgiga nisbatan kam uchraydi. F-omil donor hujayraning istalgan ma'lum genidan mustaqil ravishda uzatila oladi. Lederberg ushbu F-omil yuqori organizmlar sitoplazmasida uchraydigan xromosomadan tashqari genetik elementga o'xshashligini ta'kidlaydi. 1952-yilda xromosomadan alohida joylashgan genetik tizimlarni umumiy nom — plazmidalar deb atash qabul qilingan.

Plazmidalar bakteriyalarning deyarli barcha turlarida uchraydi. Plazmidali shtamm plazmidasiz variantlarni tiklaydi. Bunday holatlarda plazmida butunlay yo'qoladi va hujayra uni regeneratsiya qila olmaydi. Buni faqatgina boshqa bakteriyaning hujayrasidan olish mumkin.

Plazmidalar DNKning halqasimon molekulalari bo'lib, bakteriya hujayralari genomining 1—3% ini tashkil qiladi. Irsiy apparatning shu kam qismining o'zi, odatda, bakterial xromosoma kodlamaydigan muhim genetik belgilarni kodlaydi. Masalan, ular bakteriya hujayralarini konyugatsiyalash uchun kerakli axborotni saqlaydi. Ular hujayraning oziqa manbayi sifatida ko'plab murakkab birikmalarni sarflashi uchun yordam beradi, hamda turli toksik agentlarga nisbatan, ayniqsa antibiotiklarga, chidamliligini ta'minlaydi. Masalan, stafilokokk bakteriyasining plazmidalari

penitsillinga, simobning bakteriyani o'ldirish uchun yetarli bo'lgan miqdoriga va bir qator og'ir metallarga chidamli genlarni tashiydi. *E. coli* ning R-plazmidalari tarkibida ham og'ir metallarga chidamli genlar topilgan. *Bacillus thuringiensis* hujayralarida, kolorado qo'ng'izi va boshqa hasharotlarga nisbatan zaharli bo'lgan insektitsid sintezini boshqaradi. Plazmidalar yordamida bakteriya hujayralariga begona genlarni kiritish 1975-yildan boshlab ularning strukturasi va replikatsiya xarakterini aniqlash uchun turtki bo'ldi.

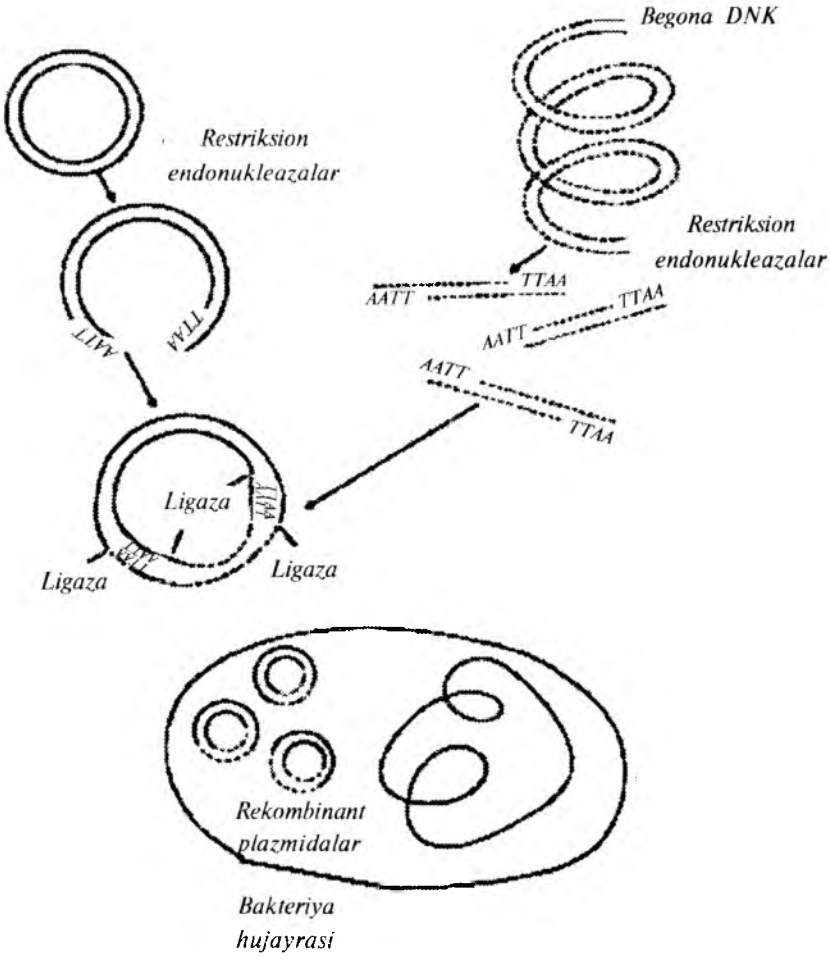
Hujayrada plazmidalar soni 100 dan ortiq bo'lishi mumkin, plazmida qanchalik katta bo'lsa, uning hujayradagi nusxasi shunchalik kam bo'ladi.

Odatda, plazmidaning replikatsiyasi xromosoma replikatsiyasiga bog'liq bo'lmaydi.

Bakteriya hujayralarining konyugatsiyalanishi vaqtida xromosomadagi genlari bilan almashina olmaydigan ikki bakteriyalararo plazmidalar almashinishi mumkin. Bunday almashinuv o'sish va raqobat davomida plazmidadagi genlarning o'zaro almashinuviga olib keladi. Natijada retsipiyent hujayralar donor hujayralar hisobiga tirik qoladi.

Vektor sifatida bakteriofagdan foydalanib genni kiritish metodida gen virus genomiga joylashtiriladi va u bakteriya hujayrasida virus genomining ko'payishi davomida gen virusi bilan birga replikatsiyalanadi.

Bakteriya hujayrasiga rekombinant DNKning ekspressiya qilinishi. Bakteriya xromosomasining uzunligi 1 mm atrofida bo'lib, u taxminan 3 mln nukleotidlardan iborat bo'lgan DNK molekulasidan tuzilgandir; u hujayrada bir necha ming marta zich joylashgan va 1 mkm maydonni egallaydi, xolos. Inson hujayrasi DNKsi 46 ta xromosomadan tuzilgan, ularning har birining uzunligi taxminan 4 sm, nukleotidlar soni esa 3 mlrdga yaqindir. Restriksion



50-rasm.

endonukleazalar DNK molekulasini ma'lum bir nuqtalarda parchalaydi, natijada bir necha yuzdan bir necha minggacha nukleotidli fragmentlar hosil bo'ladi. Har bir restriktazalar DNKni o'ziga xos ravishda parchalaydilar.

Bakteriya hujayrasiga genlarni ekspressiya qilish uchun hayvonlarning o'ziga xos oqsil (masalan, insulin) ishlab chiqaradigan maxsus hujayrasidan ushbu oqsilni kodlaydigan m-RNK ajratib olinadi. So'ng qaytar transkriptaza yordamida m-RNKga komplementar DNK zanjiri sintezlanadi. DNK nusxasiga komplementar bo'lgan ikkinchi zanjir DNK-polimerazalar yordamida ajratiladi. Keyingi bosqichda qo'sh zanjirli DNK nusxasi transferaza fermenti ishtirokida plazmidaga kiritiladi. Transferaza DNK uchlarida nukleotidlarning qisqa ketma-ketligini tiklaydi. So'ng plazmidaning maxsus joyi restriksion endonukleaza bilan parchalanadi. Plazmida parchalangandan keyin uning uchlari transferaza yordamida guanin qoldig'i bo'lgan 4 ta nukleotidga joylashtiriladi. Shundan so'ng hosil bo'lgan 2 ta DNK molekulalarining uchlari nukleotidlar ketma-ketligi o'zaro ta'sirlashishi hisobiga birikadi; bakterial ferment – DNK-ligaza yordamida kiritilayotgan DNK va plazmida DNKsi tikiladi. Hosil bo'lgan yangi halqasimon plazmida rekombinant DNKga ega bo'ladi.

Ma'lumki, hozirgi paytda insonlar orasida diabet kasalligi ko'p uchraydi va uning bir necha ko'rinishlari mavjuddir. Insulin yordamida davolanadigan formasi ushbu gormonni sintezlaydigan hujayralarning tanlab nobud bo'lishi bilan bog'liqdir. Diabetning insulin talab qilmaydigan ko'rinishi esa tegishli parhez yordamida davolanishi mumkin.

1921-yil Torontoda (Kanada) Banting va Bestlar itning oshqozonosti bezidan gormon ajratib olganlar va uning antidiabetik xususiyati borligini aytib o'tganlar. 1922-yil hayvondan ajratib olingan insulin kasallangan yosh bolaga yuborilgan va kutilgan natijaga erishilgan. Shundan so'ng insulin ko'p miqdorda ishlab chiqarila boshlangan.

Insulinning birinchi kristallari 1952-yilda olingan, keyinchalik uni tozalash metodlari takomillashtirilib, boshqa gormonal moddalar (masalan, glukagon – insulin va somasatinning antogonisti) ham olina boshlangan. Gilbert va uning shogirdlari insulin m-RNKsini kalamush oshqozon osti bezidagi β-hujayrasining o'smalaridan ajratib olishgan. Buning uchun m-RNKning DNK nusxasi pBR322 *E.coli* plazmidasiga genning o'rta qismiga penitsillinaza joylashtiriladi. Hosil bo'lgan DNKning ketma-ketligi aniqlanganda, uning rekombinant plazmidasi proinsulin struktura haqidagi axborotga egaligi ma'lum bo'lgan. Ichak tayoqchasi hujayralarida m-RNK translyatsiyasi jarayonida penitsillaza va proinsulin ketma-ketligini tutgan gibrid oqsil sintezlangan. Oqsil tarkibidan tripsin yordamida gormon ajratib olingan. Ushbu yo'l bilan olingan molekulalar ham oshqozon osti bezidan ajralib olingan gormon singari qand almashinuviga ta'sir qilgan.

Insonning o'sish gormoni yoki somatotropin gipofizning old bo'lmasidan ajralib chiqadi. Bu gormonning yetishmasligi natijasida insonda gipofizar pakanalik kelib chiqadi. 4–5 yoshli bolalarga gormonni inyeksiyalash bilan kasallikni tuzatish mumkin. Ilk marta somatotropin murdadan ajratib olingan va uni yetarlicha olishning imkoni bo'lmagan.

Maxsus konstruksiyalangan bakteriya hujayralarida sintezlanadigan o'stirish gormoni bir necha afzalliklarga egadir. Birinchidan, bu yo'l bilan gormonni ko'p miqdorda olish mumkin, ikkinchidan, uning preparatlari bioximik toza va viruslardan holidir.

Somatotropinni (191 ta aminokislota qoldig'idan iborat) olish uchun birinchi bosqichda m-RNK ning DNK nusxasi klonlanadi va restriksion endonukleazalar yordamida parchalanib, gormonning birinchi 23 ta aminokislotasidan tashqari barcha aminokislotalarni

kodlaydigan ketma-ketlik hosil qilinadi. So'ng 1 dan 23 gacha aminokislotaga mos keladigan sintetik polinukleotid klonlanadi. 2 ta fragment bir-biri bilan birlashtiriladi va ribosomalarning birlashadigan uchastkasiga joylashtiriladi. Olinadigan gormon miqdori 1 ml kulturaga 2,4 mkg miqdorida to'g'ri keladi. Bakteriyalarda sintezlangan gormon kerakli molekulyar massaga ega bo'ladi va boshqa begona bo'lgan bakterial oqsillardan xoli bo'ladi.

Qon hujayralari va fibrioblastlarda interferonning hosil bo'lishi. Kulturalarda o'stiriluvchi va interferon hosil qiluvchi hujayralarning barcha tipi uchun interferon olish jarayoni deyarli bir xildir. Hujayralar Senday virusi bilan zararlantiriladi va 24 soatdan so'ng sentrifugalanadi: cho'kma usti suyuqligidan interferonning «dag'al» preparati olinadi va tozalanadi. 2 l qon qayta ishlanganda 4 mln birlikka teng bo'lgan interferon olinadi. Deyarli o'tgan 10 yil davomida interferon ishlab chiqarishning katta qismi Xelsinkidagi sog'lomlashtirish markazi laboratoriyasiga to'g'ri kelib, bu yerda Kandell sog'lom donorlar qoni leykotsitlaridan interferon olish metodi takomillashtirilgan. Bu laboratoriya leykotsitar interferon ishlab chiqarish bo'yicha jahonda yetakchi bo'lib, yiliga 400 mlrd birlikka yaqin interferon ishlab chiqaradi.

1960-yilning boshlaridan boshlab, Shani sog'lomlashtirish va tibbiyot ilmiy-tekshirish milliy instituti (INSERM), Parijdagi Sent-Vinsent-de-Pol klinikasi Paster Instituti bilan hamkorlikda interferon olishning yarim masshtabda ishlab chiqarishni yo'lga qo'ydi. 1980-yilning martida ushbu muammo ilmiy-tekshirish institutlarining milliy markazlari, INSERM, Paster instituti va universitetlarining olimlari tomonidan konferensiyada muhokama qilindi. IIP firmasi va qon quyish markazi (leykotsitlar bilan ta'minlaydi) interferonning ishlab chiqarish metodini takomillashtirdi va interferonni ko'p miqdorda hosil b'olish yo'llarini aniqladi. Yarim yil

ichida IIP 26000 donordan olingan qondan 48 mlrd birlik interferon ajratib olishga erishgan va shu tufayli Fransiya interferon ishlab chiqarish bo'yicha Yevropada 2-o'ringa chiqib olgan. 1980-yil oxiriga kelib, IIP va Fransiya Sog'liqni saqlash vazirligi o'rtasida interferonni sinash bo'yicha shartnoma tuzilib, unga ko'ra interferonning viruslarga va o'smalarga qarshilik xususiyati tekshirilib ko'rildi hamda uni ko'p miqdorda ishlab chiqarish yo'lga qo'yilishi belgilandi. Interferonning ishlab chiqarilishi yiliga 100 mlrd birlikgacha orttirilib (200 kasalni davolashga yetarli hajm), uning 80 mlrd birligi klinikalarning markaziy dorixonalari tomonidan sotib olingan, qolgan qismi esa ilmiy-tekshirish institutlariga yuborilgan.

1982-yilning iyulida interferonning zahirasi 70 mlrdgacha yetib, undan faqat 20 mlrdi ishlatilgan. IIP va qon quyish markazi instituti interferon ishlab chiqarishni to'xtatishga majbur bo'lgan, chunki mahsulot sarflanmay qolgan va uni eksport qilish zarurati tug'ilgan. Oyiga 2 mlrd leykotsitar interferon ishlatilgan. Biroq Sog'liqni saqlash vazirligining 1982-yil iyul oyidagi qaroriga binoan preparat ishlab chiqarishning to'xtatilishi vaqtinchalik ekanligi aniqlandi va hozirgi kunda bu preparat katta miqdorda ishlab chiqarilmoqda.

11.4. O'simliklar va hayvonlarda gen injenerligi

O'simlik hujayralariga genlar turli usul bilan kiritiladi: ikki pallali o'simliklar uchun tabiiy vektor, ya'ni agrobakteriyalar plazmidasidan foydalaniladi; bir pallali o'simliklar uchun ham ushbu usuldan foydalaniladi, lekin bu usul biroz qiyinchiliklar tug'diradi.

Agrobakteriyalarga nisbatan chidamli bo'lgan o'simliklarda esa genlar bevosita fizik yo'l bilan kiritiladi. Bular: mikrozarrachalar

bilan «hujum» qilish yoki ballastik metod; elektroporatsiya, polietilenglikol bilan ishlov berish; DNKni liposoma tarkibiga o'tkazish va boshqalar.

Eng qulay metod mikrozarrachalar bilan «hujum» qilish metodi hisoblanadi. Yuqori tezlikda zarrachalar yadroga bevosita kirib, transformatsiya samaradorligini oshiradi. Shu usul bilan DNKga ega bo'lgan hujayraning boshqa organellalari – xloroplastlar va mitoxondriyalarni ham transformatsiyalash mumkin.

Oxirgi vaqtlarda kombinatsiyalangan transformatsiya metodi – agrolistik metod ham yaratilib, amalda qo'llanilmoqda. Bunda begona DNK to'qimaga biror-bir fizik yo'l, masalan, ballistik yo'l bilan kiritiladi. Kiritilayotgan DNK da t-DNK vektor va marker geni, hamda virulentlikning agrobakterial geni bo'lishi kerak. O'simlik hujayrasida virulentlik genining vaqtinchalik ekspressiyasi oqsillar sinteziga olib keladi. Bu oqsillar plazmidadan t-DNKni to'g'ri kesib, uni agrobakterial transformatsiyadagi singari xo'jayin genomiga joylashtiradi. So'ng *in vitro* da tarkibida hujayralarning ko'payishi uchun zarur bo'lgan fitogormonli oziqa muhitiga ekiladi. Oziqa muhitida, odatda, transgen o'simliklar chidamlilikka erishishi uchun selektiv marker bo'lishi kerak.

Regeneratsiya ko'proq kallus bosqichidan so'ng ro'y beradi. So'ngra muhit to'g'ri tanlay olinsa, organogenez boshlanadi. Unib chiqqan kurtaklar ildiz berishi uchun boshqa muhitga o'tkaziladi.

11.5. Transgen o'simliklarga genetik materiallarning ekspressiyasi

Olimlar o'simlik hujayrasiga begona genlarni kiritish bo'yicha olib borgan tadqiqotlarida yangi hodisalarga guvoh bo'lganlar. Aniqlanishicha, bir tajribaning o'zida bir xil DNK konstruksiyasi

bilan transformatsiyalangan transgen klonlar kiritilayotgan gen ekspressiyasi bo'yicha bir-biridan farqlanar ekanlar. Ekspressiya darajasi ko'pgina omillarga bog'liq bo'lib, u ayniqsa kiritilayotgan genning yadro xromatinining qaysi qismiga tushishiga bog'liq ekan. Bundan tashqari, yadro genomiga DNK konstruksiyalanganda bir qancha o'zgarishlarga uchraydi (duplikatsiya, inversiya va b.) va bu ekspressiyaning pasayishiga olib keladi. Yana aniqlanishicha, qo'llanilayotgan transformatsiya protseduralari xo'jayin genomi uchun ham befarq emasdir.

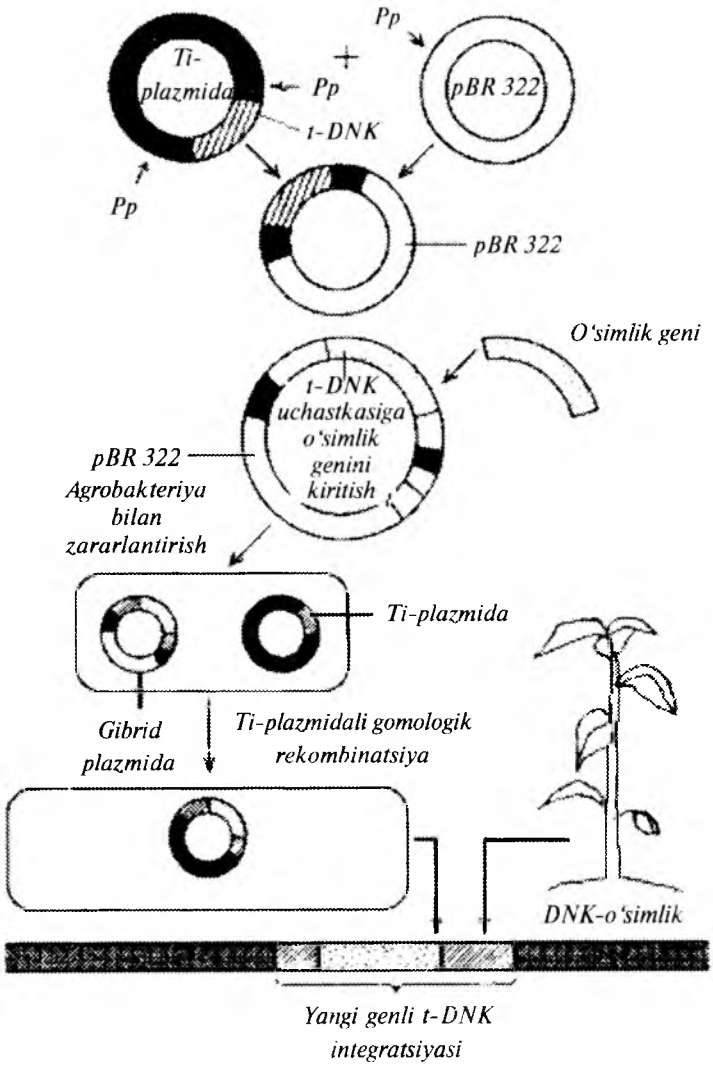
Birinchidan, transgenning joylashishi qaysidir xo'jayin genining birlamchi strukturasini buzishi bilan birgalikda uni inaktivatsiyalaydi.

Ikkinchidan, o'simlik genomiga genlar agrobakterial yoki fizik o'tkazilganda, turli ko'rinishdagi qayta tuzilishlar, hatto xromosoma fragmentlarining translokatsiyasigacha kabi tuzilishlar kuzatiladi. Bularning barchasi o'simlik genomining normal faoliyat ko'rsatishini o'zgartiradi.

O'simlikka kerakli genni tutuvchi Ti-plazmida ketma-ketligini kiritishning 2 xil metodi yaratilgan.

1-metod — «oraliq vektorlar» metodi (kointegrativ vektorlar) pBR 322 ichak tayoqchasidan foydalanishga asoslangan (51-rasm).

Ti-plazmidadan t-DNK restriktazalar yordamida kesiladi va *E. coli* da klonlash uchun pBR 322 plazmidasiga joylashtiriladi. t-DNK plazmidali bakteriyalar ko'paytiriladi va plazmida ajratib olinadi. So'ngra klonlangan t-DNKga restriktaza yordamida kerakli gen joylashtiriladi. Hosil bo'lgan t-DNKli rekombinant molekula yana bir bor katta miqdorda ko'paytiriladi, ya'ni ichak tayoqchasida klonlanadi. Shundan keyin konyugatsiya yordamida to'liq Ti-plazmidani tashuvchi agrobakteriya hujayrasiga kiritiladi. Nativ Ti-



51-rasm. Ti-plazmida asosida kointegrativ vektorning yaratilishi.

plazmidasining T-segmentlari va oraliq vektorlar o'rtasida gomologik rekombinatsiya ro'y beradi. Buning natijasida gen joylashtirilgan t-DNK normal DNK o'rniga nativ Ti-plazmidaga kiradi. T-segmentga kerakli genlar joylashgan Ti-plazmidani tashuvchi *A. tumefaciens* hujayralari hosil bo'ladi. Ularning navbatdagi ko'chirilishi agrobakteriyalarga xos bo'lgan oddiy yo'l bilan amalga oshiriladi.

Ikkinchi metod binar (qo'sh) vektorlar tizimini yaratishga asoslangan.

Oxirgi tadqiqotlardan ma'lum bo'lishicha, zararlash va transformatsiya uchun yaxlit Ti-plazmida kerak emas, balki t-DNK ning chekka uchastkasi va Ti-plazmidaning virulentlikka javobgar bir uchastkasining o'zi yetarlidir. Bu ikkala uchastka bir plazmidada bo'lishi ham shart emas. Agar agrobakteriyada bir segmentli Ti-plazmida va t-DNKli boshqa plazmida bo'lsa, bu bakteriyalar o'simlik hujayrasini transformatsiyalashi mumkin. Bunday holda istalgan gen joylashtirilgan t-DNK o'simlik genomi bilan integratsiyalanadi. Buning uchun bakteriya hujayralarida gomologik rekombinatsiya sodir bo'lishi kerak emas. Begona genlar ekspressiyasi uchun T-DNKning maxsus promotori, masalan, nopalin-sintetaza promotori kerak bo'ladi.

O'simlik hujayrasiga konstruksiyalangan Ti-plazmidani kiritishning bir nechta metodlari bor. Bulardan eng oddiy tabiiy usul — Pp-restriktaza yordamida parchalanish — konstruksiyalangan shtammlarni o'simlikning zararlangan qismiga kiritishdir.

Boshqa metod — protoplastlarni agrobakteriyalar bilan kokultivatsiyalash yo'li bilan transformatsiyalash. Agrobakteriyalar yangi ajratib olingan yoki bir kunlik protoplastlarga qo'shilsa, bakteriyalar birlashmaydi ham, transformatsiyalanmaydi ham. Transformatsiya-

lash uchun 3 kunlik protoplastlarda hujayra devori qaytadan hosil bo'lgan bo'lishi kerak. Bu hol hujayra devorini hosil qiluvchi va bakteriyalarni birlashtiruvchi ingibitorlarni qo'shish bilan isbotlangan. Kokultivasiyalash davri (bu davrda protoplastlar agrobakteriyalar bilan agregatsiyalanadi), ya'ni bir sutkadan ortiq vaqtdan so'ng birlashmagan bakteriyalar qayta yuvish bilan olib tashlanadi. So'ng o'simlik hujayralari gormonlar qo'shilgan muhitda o'stiriladi. 3–4 haftadan so'ng koloniyalar gormonsiz muhitga o't-kaziladi. Bu muhitda faqatgina transformatsiyalangan hujayralarning koloniyalari o'sadi.

Shunday usul bilan tamaki va petuninning transformatsiyalangan o'simlik-regenerantlari olingan.

Oxirgi 15–20 yil mobaynida tashqi bozorda yangi xususiyatlarga ega bo'lgan transgen o'simliklar chiqa boshladi. 1996-yili AQSHda transgen o'simliklar egallagan maydon 3 mln akrni tashkil qilgan bo'lsa, 2002-yilga kelib bu maydon 80 mln akrga yetdi. Asosiy transgen o'simliklar: jo'xori, soya, gerbitsid va hasharotlarga chidamli g'o'za navlaridir.

Kundan-kunga aholi soni ortib borayotgani sababli insoniyat oldida muhim bir muammo – oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish masalasi turibdi. Yana bir muammo – bu, tibbiy davolashdir. Bu muammolarni transgen o'simliklar yaratish orqali hal qilish mumkin.

Gen injenerligi yordamida qishloq xo'jaligi uchun quyidagi o'simliklar yaratish uchun takliflar kiritilgan.

Hashorotlarga chidamli o'simliklarni yaratish. Ularni yaratish uchun o'simliklarning genomiga *Bacillus thuringiensis* dan (bu mikroorganizm hasharotlar organizmida rivojlanib tangaqanotlilarda kasallik keltirib chiqaradi, odamlarga ta'sir qilmaydi) ajratib

olingan toksin geni kiritiladi. Toksinni sintez qiladigan o'simliklar ayrim zararkunandalarga nisbatan chidamli bo'ladi. Bularning bari dalalarda pestitsidlarni ishlatishni va atrof-muhit ifloslanishini kamaytiradi.

Oziq-ovqat mahsulotlarining sifatini yaxshilash. Ma'lumki, qishloq xo'jaligi ekinlarining hammasining tarkibida ham almashmaydigan aminokislotalar va vitaminlar yetarli miqdorda bo'lmaydi. Bularning o'rnini to'ldirish uchun o'simliklarga vitamin yoki aminokislotalarni sintezlaydigan genlar kiritiladi. Hozirda tarkibida karatinoid ko'p bo'lgan transgen guruch va oqsilga boy soya o'simligi olingan.

Tovar sifatini yaxshilash. Gullarga pigment sintezlovchi genlar kiritilib ajoyib rangli gullar yoki oqsillarni fluoressensiyalovchi genlarni kiritib qorong'ida nur beruvchi dekorativ o'simliklar olingan.

Gerbitsidlarga chidamli o'simliklarni yaratish.

O'simliklarning chidamliligini oshirish. Ma'lumki, ayrim baliq va hasharotlar gidrofil oqsillar ajratadi. Bu oqsillar geni issiqsevar o'simliklarni sovuqqa chidamli qilish uchun ularga kiritiladi.

11.6. Hayvonlar gen injenerligi

Gen injenerligi metodlarining yaratilishiga qadar, 2 ta somatik hujayralarni qo'shish yo'li bilan genlar ko'chirilgan. Agar hujayralarning 2 ta qatorini birgalikda polietilengilikol yoki inaktivatsiyaga uchratilgan Senday virusi ishtirokida inkubatsiya qilinsa, bu 2 ta hujayra qatorlarining yadrolari qo'shiladi. Hosil bo'lgan gibrid hujayralarni selektiv muhitda ajratib olish mumkin. Bunda ma'lum bir belgilar va ma'lum bir xromosomalar o'rtasidagi muvofiqlikni

aniqlab yangidan-yangi genlar xaritasini tuzish mumkin bo'ladi. Gibrid hujayra ko'payishi davomida bir yoki ikkala ona hujayralarning xromosomalarini yo'qotishi hamda yillar davomida repressiyalangan genlar ekspressiyalanishi mumkin. Ba'zi hollarda ona hujayra qatorida «ishlamagan» gen gibrid hujayralarda «ishlashi» mumkin.

Virus genlarini joylashtirish va ko'chirish. 1976-yili Yenish sichqon hujayralariga begona genlarni kiritib, bu belgilarning nasldan-naslga o'tishini amalga oshirgan. Lekin rekombinatsiya va klonlash metodi o'sha vaqtda unchalik rivojlanmaganligi sababli genlarni kiritishda viruslardan vektor sifatidagina foydalanilgan.

Sichqon leykozi virusi kiradigan sinf viruslariga olimlar genlarni ko'chirish uchun samarali vektor sifatida qaraganlar. Ushbu retroviruslarning genlari bir zanjirli RNKning 2 ta molekulasidan tuzilgan: hujayra bu virus bilan zararlanganda qaytar transkriptaza DNK molekulasini, komplementar RNKni sintezlaydi. Hosil bo'lgan DNK-nusxa hujayra DNKsiga «provirus» ko'rinishida joylashadi. Provirus barqaror holda qolishi yoki hujayra DNKsidan ajralib, yangi virus zarrachalari o'sishiga manba bo'ladi.

? *Savollar*

1. Gen injenerligi usullarining imkoniyatlarini ayting.
2. Transgen organizm nima?
3. DNK replikatsiyasi haqida ma'lumot bering.
4. Genetik kod nima?
5. Mutatsiya nima?
6. Klon nima?

XII B O B. HUJAYRA INJENERLIGI

12.1. Hujayra injenerligining moddiy asoslari

Biotexnologiyaning yangi bosqichi noan'anaviy obyektlar – ko'p hujayrali yuksak organizmlar to'qima va hujayralarining kulturalarini hamda mikroorganizmlarning xususiyatlari oldindan belgilangan, yuqori faollikka ega bo'lgan kulturalarni olish imkonini berdi. Mikroorganizmlar kulturalariga nisbatan yuksak organizmlar kulturalari biotexnologiyaning yangi obyekti hisoblanadi. O'simliklar kulturasini olish metodi XX asrning 70-yillarida yaratilgan.

O'simlik hujayralarining kulturasini olishning asosiy turi kallus to'qimasini, ba'zida esa o'simliklarning o'sma hujayralari kulturasini olishdir. O'sma hujayralari kulturasi chuqur (suyuq oziqada) va yuzaki usulda ekilganda, tashqari ko'rinishdan va morfologik jihatdan deyarli farq qilmaydi. Ularning asosiy farqi shundaki, o'sma hujayralari gormonga bog'liq emas, shuning uchun ularning oziqa muhitiga fitogormonlar qo'shish kerak emas. Undan tashqari, o'sma hujayralardan organogenez jarayonida ildiz yoki kurtaklar unmaydi. Kallus hujayralari kulturasi esa to'satdan gormonga bog'liq bo'lmay qolish xususiyatiga ega. Kallus hujayralarining bo'linishi natijasida (yuksak o'simliklarga xos bo'lgan hujayra differensiatsiyasining bir turi) kallus to'qimalari yoki kallus hosil bo'ladi.

Kallus hujayralari kulturasini olish uchun yuksak o'simliklarning turli organlari (eksplantlar)dan bir qism (fragment) olib, sterillik qoidalarini saqlagan holda uni probirka, kolba yoki Petri likobchasidagi sun'iy oziqa muhitiga ekiladi.

Eksplant hujayralarining dedifferensiyalanishi va kallusogenez jarayonining xususiyatlari olingan to'qimaning xususiyatlariga bog'-

liqdir. O'simliklarning maxsus to'qimalari (parenxima, ildiz va poya, barg va b.)ning hujayralari oziqa muhitida o'ziga xos funksiyalarini yo'qotib dedifferensiyalashishi va faol bo'linadigan hujayra holatiga kelishi kerak. O'simlik hujayra va to'qimalari kulturalari o'stiriladigan oziqa muhit tarkibida mineral tuzlar (makro va mikroelementlar), uglerod manbayi (saxaroza yoki glukoza), vitaminlar va o'sishni boshqaruvchi moddalar (regulyatorlar) bo'lishi kerak. Zarur hollarda oziqa muhitiga turli kompleks birikmalar (kazein gidrolizati, aminokislotalar aralashmasi, achitqi ekstrakti, turli o'simlik ekstraktlari) qo'shiladi. Yangi obyekt bilan ishlayotganda oziqa muhitlarining optimal tarkibini tanlay bilish katta ahamiyat kasb etadi.

Yuza usulda ekilgan kallus to'qimalarining rangi oq, sarg'ish, yashil, qizil, aniq bir anatomik strukturaga ega bo'lmagan amorf massaga ega bo'lib, konsistensiyasi jihatidan ham farqlanadi.

Suyuq oziqa muhitida o'stirilgan o'simlik hujayralari kulturalari *suspenzion kulturalar* deyiladi. Suyuq oziqa muhitida o'stirilgan o'simlik hujayralari kulturalari kallus kulturalarining yuza ekish usulidan afzallikka ega. Suyuq muhitda metabolizm va hujayra populyatsiyasi o'sishiga turli ekzogen omillar bilan ta'sir etish mumkin. Suspenzion kulturalar biokimyoviy va molekulyar-biologik tajribalar — fermentlar induksiyasi, genlarning ekspressiyasi, mutantlarni yaratish va ularni tavsiflash uchun qulay.

Suspenzion kulturalar uchun hujayralar kallus to'qimalaridan olinadi. So'ng ular doimiy ravishda aralashtirib turilgan holda suyuq oziqa muhitiga o'tkaziladi. Suspenzion kulturalarni o'simlik to'qimalaridan ham olish mumkin, faqat bu usul ko'p vaqt talab qiladi. Buning uchun eksplant hujayrasi avval birlamchi hosil qilishi kerak, so'ngra esa oziqa muhitida ko'payib, suspenziya ko'rinishida o'sadigan hujayra qatorlari uchun manba bo'lib hisoblanadi.

Hujayra kulturalarida o'simliklar uchun xos bo'lgan birikmalar: alkaloidlar, glikozidlar, polisaxaridlar, efir moylari, pigmentlar va boshqalar mavjud. O'simlik hujayralaridan ferment preparatlarini ishlab chiqarish maqsadida foydalanish tabiiy yoki sun'iy manbalardan qimmatli mahsulotlarni olish imkonini beradi.

Mutant, gibrid yoki transformatsiyalangan hujayralarning klonal seleksiyasida alohida qilib ajratib olingan hujayralar va regeneratsiyalangan protoplastlarni o'stirish metodi orqali amalga oshiriladi.

O'simlik protoplastlari – membrana bilan chegaralangan, ichki hujayraviy organellalarining tarkibi saqlangan strukturaviy tuzilmadir.

Protoplastlar 2 usulda ajratib olinadi:

1. *Mexanik usul.* Birinchi bor o'simlik hujayrasining protoplastlari 1892-yili telorez suv o'simligi hujayrasidan plazmoliz hodisasini o'rganish jarayonida ajratib olingan. Buning uchun o'simlik to'qimasidan kesma olingan va 0,1 M li saxaroza eritmasiga solingan. Protoplastlar «bujmayib» hujayra devoridan ajralgan, so'ng skalpel yordamida kesma kesilib, protoplastlar muhitga ajratib chiqarilgan.

2. *Fermentativ usul.* Hujayra devori maxsus fermentlar yordamida eritiladi. Bunda 3 xil tip fermentlar – sellulaza, gemitsellulaza va pektinazadan foydalaniladi.

12.2. Protoplastlar kulturasini olish

Protoplastlar kulturasini olish uchun 2 xil yo'l bilan yondashiladi: suyuq muhit tomchilarida inkubatsiya qilinadi va agarli qatlamga o'tkaziladi.

Alohida ajratib olingan (izolyatsiya qilingan) protoplastlar hujayra devorini tiklagunga qadar qisqa vaqt ichida bir-biri bilan qo'shi-

lishi mumkin. Bu jarayon nafaqat bir tipdagi o'simlik protoplastlariaro, balki geterolik protoplastlararo bo'lishi ham mumkin. Shu usul bilan 2 turdagi tamaki o'simligining protoplastlarini qo'shib, regeneratsiyalangan o'simlik olingan. 1978-yil esa kartoshka va tomat o'simliklarining protoplastlari qo'shilgan. Buning natijasida tomatning kasalliklarga chidamlilik xususiyatlari kartoshkaga ko'chirilgan.

Somatik gibridizatsiya – o'simliklarning gibridini yaratishning yangi metodi bo'lib, bunda gibridlanayotgan hujayralar sifatida gametalar (reproduktiv hujayralar) emas, balki protoplastlar olinadigan o'simlik tanasining hujayralari (somatik) qatnashadi. Protoplastlarni qo'shishda hujayra genomidan tashqari 2 ta turli sitoplazmalar ham qo'shiladi. Ko'pgina hollarda yuksak o'simliklarning protoplastlarini qo'shish natijasida yo gibrid, yo sibrid hosil bo'ladi. Sibrid o'simlikda ikkala o'simlikning sitoplazmasi qo'shiladi, yadro esa faqat bittasiniki bo'ladi.

Geterologik protoplastlarni qo'shayotganda mos keladigan markerni tanlash kerak. Bunday marker sifatida plastidalar yoki xloroplastlar bo'lishi mumkin. Plastidalardan tashqari, izoenzimli tarkib, nuklein kislotalarning xususiyatlari, ma'lum bir moddalarga chidamlilik va xromosomalar yoki hujayra kariotiplari soni ham biokimyoviy yoki genetik markerlar bo'lishi mumkin.

Protoplastlar labil tuzilmalar bo'lgani uchun somatik gibridizatsiyalash yo'li bilan hujayraga begona materiallarni hamda ularga ajratib olingan DNK yoki boshqa hujayralarning organellarini kiritish mumkin. Hozirda yadro va xloroplastlar boshqa o'simlik hujayrasiga transplantasiya qilingan.

O'simlik va hayvon hujayralari kulturalarini o'stirish texnologiyalari. Biotexnologik maqsadlar uchun organizmlarning yop-

pasiga kulturasini olish texnologiyalari bakteriyalar, achitqilar va mitselial zamburug'lar uchun ishlab chiqilgandir. Hozirgi vaqtda o'simlik va hayvon hujayralari kulturalarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar ham jadal davom etmoqda. O'simlik hujayralari kulturalarini olish texnikasining mukammallashganligi sababli, ko'plab mamlakatlarda ba'zi bir o'simliklarning yangi, oldindan belgilangan xususiyatga ega bo'lgan navlarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar samarali davom ettirilmoqda va anchagina yutuqlarga ham erishilgan. Ushbu metodlar organogenez va nihollarni amplifikatsiyalash, so'ngra ularni tuproqqa ekish bo'yicha qilingan ishlar natijasida takomillashtirilmoqda. Ko'plab o'simliklar hujayralarining suspenzion kulturalaridan yaxlit o'simlikka xos bo'lgan mahsulotlarni ajratib olish (nikotin, alkaloidlar, jenshen) maqsadida foydalanish keng miqyosda yo'lga qo'yilgan va u amaliyotda keng qo'llanib kelinmoqda. Digitalis, yasmin, yalpiz kabi o'simliklar sintez qiladigan qimmatbaho fiziologik faol preparatlarni ishlab chiqarish samarali hisoblanadi. O'simlik hujayralari, kulturalarini olishda ishlatiladigan suyuq, doimo aralashtirib turiladigan muhitda fermentatsiya qilish metodlari mikrobiologiya texnologiyasiga o'xshashdir. O'simlik hujayralari bakteriyalarga nisbatan sekin o'sishiga qaramay, ularning xarakteristikasi bir-biriga yaqindir. Shuning uchun ham faqat o'simlik yoki hayvon hujayralari sintezlaydigan ba'zi bir muhim organik birikmalarni olish maqsadida yanada yangiroq, samaraliroq texnologiyalar yaratish ustida tadqiqotlar olib borish dolzarb masalalar sirasiga kiradi.

Hayvon hujayralari suspenziya ko'rinishida yoki qattiq substratga biriktirilgan holda o'stiriladi. Bunday hujayralar, masalan, HeLa (inson o'smasi hujayrasi) ikkala holatda ham o'sishi mumkin: limfoblastom hujayralar suspenzion kulturada, normal diploid hujayralar esa qattiq substratga biriktirilgan holda o'stiriladi.

Oxirgi paytlarda hujayra o'sishini nazorat qiluvchi tizimlar «buxta» ko'rinishida o'ralgan, gazni o'tkazuvchan teflon trubkalar yordamida amalga oshiriladi. Bunday sharoitlarda ko'plab hujayralarning kulturasini olish mumkin. Yana bir samarali metod – bu, hujayralarning uncha katta bo'lmagan marjonlar (sharchalar, mikrotashuvchilar)ga biriktirilishiga asoslangan usuldir. Sharchalar sefadeksdan (dekstrin tabiatli modda) yasalib, uning umumiy yuzasi 7 sm^2/mg teng bo'lishi mumkin. Sharchalar suspenzion holatda suza oladi va ularda turli tipdagi hujayralar o'sa oladi. Bu usul yordamida inson interferoni ishlab chiqarilmoqda.

? *Savollar*

1. Hujayra injenerligining moddiy asoslari nimalardan iborat?
2. Protoplastlar necha xil usulda ajratib olinadi?
3. Protoplastlar kulturasini olish qanday amalga oshiriladi?
4. O'simlik va hayvon hujayralari kulturalarini o'stirish texnologiyalari haqida gapirib bering.

XIII B O B. FERMENTLAR INJENERLIGI

13.1. Fermentlar injenerligining asosiy vazifalari

Fermentlar injenerligining asosiy vazifasi – biologik tizim yoki tirik hujayralardan ajratib olingan fermentlarning katalitik xususiyatlaridan foydalangan holda biotexnologik jarayonlarni yaratishdir. U yangi mahsulotlarni olish, ularning sifatini yaxshilash va iqtisodiy ko'rsatkichlarini ko'tarish bilan bog'liq bo'lgan masalalarni yechadi. Hozirgi kunda amaliyotda fermentlar keng qo'llaniladi.

Ma'lumki, fermentlardan organik sintezlarning katalizatori sifatida foydalaniladi. Shunga qaramay, fermentlarning «nozik» tomoni ham bor. Ular kam chidamli, tez buziluvchan, nozik makromolekulyar strukturaga ega bo'lgan oqsillardir. Ular tashqi ta'sir ostida osongina o'z xossasini yo'qotadilar.

Fermentlar ishtirokida kechadigan reaksiyalar murakkab mexanizmga ega. Ularning faolligini tashqi muhitning o'zgarishi orqali, reaksion muhitga fermentlarni ularning faolligini oshiruvchi yoki susaytiruvchi qo'shimcha moddalar qo'shish bilan boshqarish mumkindir.

Fermentlar manbayi turli hayvon, o'simliklarning to'qimalari, mikroorganizmlar bo'lishi mumkin. Fermentlar qaysi biri kerakligi va qaysi birini olish qulayligiga qarab tanlanadi.

Yaqin davrlargacha amaliy maqsadlarda hayvon va o'simlik fermentlaridan foydalanib kelingan. Hayvonlardan olinadigan fermentlar go'sht sanoatining yo'ldosh mahsulotlari hisoblanadi. Barcha to'qima va hujayralar ichida fermentlarga boy organ oshqozonosti bezidir. Undan tarkibida bir qator gidrolitik fermentlar (ami-

laza, proteaza, lipaza va boshq.) tutgan kompleks preparatlar olinadi. Masalan, oshqozonosti bezidan pankreatin – quritilgan ekstrakt olinadi.

Hayvon xomashyolaridan ayrim fermentlarning tozalangan preparatlari – pepsin, tripsin, ximotripsin, rennin (ximozin), ribonukleaza, DNKaza, lipaza, gialuronidaza, katalaza va boshqa fermentlar ham ajratib olinadi.

O'simliklardan sanoat miqyosida proteolitik fermentlarning ayrim preparatlari – papain (qovun daraxti mevasining sharbatidan), fitsin (anjir bargi va *Ficus* oilasiga mansub o'simliklardan) ajratib olinadi.

Ammo o'simliklardan ferment ajratib olish iqtisodiy jihatdan samarali emas, chunki sarflanadigan o'simlikka nisbatan olinadigan mahsulot kam miqdorda bo'ladi. Undan tashqari har doim ham istalgan mintaqada kerakli o'simlikni o'stirish imkoni yo'q.

Hayvonlardan fermentlarni ajratib olishda ham ayrim qiyinchiliklar tug'iladi. Shuning uchun hozirda fermentlar manbayi sifatida mikroorganizmlardan keng foydalanilmoqda.

Mikroorganizmlar – ferment olish uchun juda qulay manba hisoblanadi, chunki ularning (fermentlarini) hujayradagi konsentratsiyasini mikroorganizm o'sishini tezlatish yoki genetik manipulyatsiya qilish hisobiga oshirish mumkin. Mikroorganizmlar tez o'sadi, arzon muhitlarda ko'payadi va turli fermentlarga boydir.

Mikrob fermentlari hozirda o'simlik va hayvon fermentlari o'rnini bosmoqda. Qator fermentlar tibbiyot diagnostikasida ham o'ziga xos o'rin egallab kelmoqda. Masalan, xolesterinoksidaza qon zardobidagi xolesterinni, ureaza esa siydik kislotasi miqdorini o'lchashda ishlatiladi. Gen injenerligi tadqiqotlarida esa mikroblardan ajratiladigan restriktatsion endonukleazalar va ligazalar ishlatiladi.

Mikrobiologik usulda olingan fermentlar plastmassa ishlab chiqarishda ham katta o'rin egallaydi.

Qattiq yoki suyuq oziqa muhitlarida o'stirilgan mikroorganizmlarning kulturasi va ularning kultural suyuqliklari tarkibida juda ko'p miqdorda ballast moddalar mavjud. Fermentlarni ajratish va tozalash ko'p mehnat va xarajat talab qiluvchi jarayondir, agarda ferment preparati mikroorganizm kulturasi ko'rinishida ishlatilsa, u tozalanmaydi. Spirt va terini oshlash tarmoqlarida tozalanmagan mikroorganizmlar kulturasini ishlatish maqsadga muvofiqdir va xuddi shunday mikroorganizmlarni qishloq xo'jaligida yem-xashak tayyorlashda yoki fermalarda yemlarni qayta ishlashda qo'llash mumkin.

Oziq-ovqat sanoatining bir qancha tarmoqlarida (non, pivo, vino, pishloq, kraxmal va sharbat ekstraksiya qiluvchi) hamda tekstil, mo'yna va mikrobiologik sanoatlarda, shu jumladan, tibbiyotda ballast moddalardan qisman yoki to'liq tozalangan ferment preparatlari ishlatiladi.

Toza ferment preparatlarini olishning boshlang'ich materiali bo'lib filtrlangan kultural suyuqlik, produtsentning biomassasi yoki qattiq oziqa muhitda o'stirilgan kulturaning suvli ekstrakti xizmat qiladi. Ferment preparatlari kukun yoki suyuq konsentrat ko'rinishida olinishi mumkin. Ajratish jarayonida preparatning ymumiy massasida faol oqsilning nisbiy ulushi, ya'ni uning ulushiy faolligi ortadi.

13.2. Tozalanmagan, kompleks ferment preparatlarining olinishi

Tozalanmagan ferment preparati – mikroorganizm kulturasini mo'tadil sharoitda namligi 8–12% ga olib kelingan va butun oziqa muhiti qoldiqlari bilan birgalikdagi massasidir.

Tozalanmagan ferment preparati kulturani qattiq yoki suyuq oziqa muhitida o'stirish yo'li bilan olinishi mumkin. Suyuq muhitda o'sgan kultura quritishdan oldin biomassasi va oziqa muhiti qoldiqlaridan qisman tozalangan yoki shundayligicha quritilgan bo'ladi.

Qattiq oziqa muhitida o'stirilgan mikroorganizm kulturasi, odatda, 35% dan 58% gacha namlikka ega bo'ladi. Bunday mahsulot chidamsiz bo'lganligi sababli, uni tezda ishlab chiqarishga joriy qilish yoki namlik darajasi 10–12% gacha bo'gan holgacha quritib olish kerak. Quritish jarayonidan oldin o'stirish xonasidan olingan mikroorganizm maydalanadi va keyin quritiladi.

Mikroorganizm kulturalarini quritish uchun tasmali, tonnelli, shaxtali, barabanli, javonli (shkafli) va tebranuvchan quritgichlardan foydalanish mumkin. Ishlab chiqarishda, yuqorida qayd qilinganlarga nisbatan ko'proq, to'g'ri yo'naltirilgan baraban tipidagi quritgichlar ishlatiladi. Bunda ho'l kultura issiqlik beruvchi qurilma bilan birgalikda 80–85°C da quritgichga tushadi. Bunday yuqori haroratda quritiluvchi ho'l mikroorganizmlarning mayda bo'laklaridagi namning bug'lanishi hisobiga qattiq qizib ketish holati kuzatilmaydi va undagi fermentlarning faolligi deyarli to'liq saqlanadi. Ko'pchilik barabanli quritgichlarning ichki tomonida parraksimon kurakchalar mavjud bo'lib, baraban 6–8 min^{-1} tezlikda aylanishi hisobiga quritilayotgan materialning bir tekisda tarqalishini va quritilishini ta'minlaydi. Shuning uchun bunday tipdagi quritgichda quritilgan mahsulot butun massasi bo'ylab bir xil namlikka ega bo'ladi. Ushbu quritgichda mikroorganizm bo'lakchalari 3–7 min davomida quritiladi, berilayotgan issiqlik tezligi 2–3 m/s, kirishdagi harorat 80–85°C, chiqishdagi esa 60–65°C va quritilayotgan material harorati 40°C ga teng bo'ladi. Quritish jarayonida atigi 3–10% gacha ferment faolligi yo'qotilishi mumkin.

Mikroorganizmlarni quritishda ishlatiladigan quritgichlarning yana bir turi — germetik berk bo'lgan lentali bug' konveyerli quritgichdir. Bunday qurilmalarda fermentning faolligi ko'p yo'qotiladi, lekin ular ixcham va yuqori samaradorlikka ega.

Qattiq oziqa muhitida o'stirilgan mikroorganizmlarni quritish uchun turli konstruksiyali quritgichlardan foydalanish mumkin, qaysiki mahsulotning faolligini minimumgacha tushirishni, uning quritgichda 5—8 min davomida bo'lishi va chiqishida harorat 40—42°C dan past bo'lishini ta'minlaydi.

Tayyor quruq mikroorganizmlar maxsus qoplash mashinalarida 25—40 kg qilib qoplanadi va tayyor mahsulotlar omboriga yuboriladi.

Ko'pchilik produtsentlar sintez qilgan fermentlarning asosiy qismini suyuq oziqa muhitiga chiqaradilar va to'playdilar. Toza ferment preparatlarini produtsentning biomassasi bilan birgalikda filtrlarda, sentrifugalarda yoki separatorlarda ajratiladi.

Mikrobiologiya sanoatida asosan tashqi tomoni bilan filtrlovchi yacheykali-barabanli to'xtovsiz ishlovchi vakuum filtrlar ishlatiladi. Bu filtrlar yuqori darajada mexanizatsiyalashtirilgan bo'lib, har xil suspenziyalarni bir xil tezlikda filtrlash imkonini beradi. Barabanning sirti to'rsimon bo'lib, bo'z yoki filtrlovchi sun'iy gazlama bilan o'ralgan va u filtrlanuvchi suyuqlikka cho'ktirilgan bo'ladi. Filtrlovchi sirtda to'plangan turli erimagan komponent va biomassa maxsus pichoq yordamida tozalanadi.

Baraban filtrlar biomassani ajratish uchun juda qulay, lekin ular past samaradorligi, qo'polligi va aseptika sharoitlarini ta'minlay olmasligi bilan ajralib turadi.

Ferment sanoatida ko'pincha ramali filtr-press ham ishlatiladi. Mahsulot qo'l ishiga asoslangan holda olinadi. Ramali filtr-presslarning filtrlovchi hajmi kichik bo'lganligi sababli barabanli vakuum-

filtrga nisbatan ham kam samaralidir. Ramali filtrda filtrlash jarayoni 0,6–0,4 Mpa bosim ostida olib boriladi. Odatda, filtratning birinchi qismi tiniq bo'lmaydi va u qayta filtrlanadi.

Filtr-pressning kamchiliklari gorizontal kamerali tipdagi FPAKM da birmuncha bartaraf etilgan. U ustma-ust joylashgan filtrlovchi plitalar va filtrlovchi gazlamadan iborat. Ushbu uskunaning ishi avtomatlashtirilgan va ish yuzasi 2,5 dan 50 m^2 hajmga ega. Nisbiy samaradorligi boshqalariga nisbatan 6–8 marta yuqori va ferment faolligi 4–5% atrofida yo'qotiladi. Ularni ishlab chiqarishga joriy qilish juda istiqbolli va bakteriyalar kultural suyuqligini filtrlashda juda qo'l keladi.

Ferment sanoatida 8CM tipidagi separatorlar ham keng qo'llaniladi. Ular ichiga baraban o'rnatilgan idish ko'rinishida bo'ladi. Barabanlarning ichida silindrik to'siqlar o'rnatilgan bo'lib, yuqori tezlikdagi markazdan qochma kuch hisobiga uning tagida cho'kma holida biomassa va boshqa komponentlar cho'kadi. Separatorning samaradorligi yuqori bo'lib, 2000–5000 l/s gacha yetadi. Ko'proq АСЭ-3, АСИ, АСЭ-Б tipidagi separatorlar hamda «Alfa-Laval» (Shvetsiya) firmasining soploli separatorlaridan foydalaniladi.

Biomassani filtrlash samarasi ishlatilayotgan uskuna turiga, oziqa muhit tarkibiga, ajratilayotgan bo'lakchalarning katta-kichikligiga, erimagan fraksiyalar miqdoriga, filtrlovchi materialning fizik-kimyoviy xususiyatlariga, harorat rejimiga va boshqa omillarga uzviy bog'liqdir. Filtrlash jarayonini yaxshilash maqsadida kultural muhit kimyoviy qayta ishlanadi, ya'ni ishqoriyligi pH 8–8,5 ga keltirilib, 0,1%li $CaCl_2$ eritmasi va turli kizelgurlar (diatomit, radiolit, mikrozil, klargel va h.k.) qo'shiladi. Bu to'ldiruvchilar filtrlash samarasini oshiradi, lekin ba'zi ferment faolligiga salbiy ta'sir qiladi. Olingan biomassa (bioshrot) sterilizatsiya qilinadi va

quritilib, chorva mollariga yem sifatida ishlatiladi. Kultural suyuqlik filtrati esa toza ferment preparati olish uchun qayta ishlashga yuboriladi.

Qattiq oziqa muhitida o'stirilgan mikroorganizmlardan fermentlarni ekstraksiya qilish. Barcha fermentlar asosan suvda eruvchandir. Shuning uchun eng yaxshi ekstragent bo'lib suv hisoblanadi. Mikroorganizmlardan fermentlarni ajratib olish uchun ular mayda qilinib, hujayra devorlari mexanik yoki avtomatik holatda buzilib, ekstraksiya jarayoniga jalb etiladi. Bu usulda ham ho'l holatdagi, ham quruq holatdagi mikroorganizmdan ferment eritmasini olish mumkin. Biomassadan ferment ekstraksiyasini to'liq amalga oshirish uchun harorat, pH, jarayonning davomiyligi, ekstraksiya uskunasining konstruktiv xususiyatlari, ajratilayotgan fermentning tabiati va boshqa bir qancha omillarning ta'siri batafsil o'rganib chiqiladi. Bu omillar har bir produtsent misolida alohida tadqiqotlar yordamida aniqlanadi va tavsiya etiladi. Masalan, harorat ekstraksiya jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi, ya'ni juda ko'p fermentlar termolabil bo'lib, hattoki 35–40°C da inaktivatsiyaga uchraydi. Shuning uchun zavod sharoitida iloji boricha suvning harorati 22–25°C da ushlab turiladi va har xil begona mikroflora o'smasligi uchun antiseptiklardan (formalin, benzol, toluol, xloroform va h.k.dan) foydalaniladi. Ko'pchilik holatlarda fermentlarni pH 5–7 ko'rsatkichida to'liq ajratib olish mumkin.

Bioshrotdan ajratib olinadigan fermentlarning isrofgarchiligini kamaytirish maqsadida va quyuqlashtirilgan ferment ekstraktlarini olish uchun maxsus ekstraksiya uskunalaridan foydalanish tavsiya etilgan bo'lsada, bunday qurilmada ekstraksiya qilinayotgan mikroorganizm fermenti nisbatan ko'proq faolligini yo'qotishi hamda bu usul ko'proq qo'l ishiga asoslanganligi uchun hozirgi vaqtda undan kamroq foydalanilmoqda.

Vakuum-bug'lantirish uskunalarida ferment eritmalarini quyuqlashtirish. Qattiq va suyuq oziqa muhitlarida o'stirilgan mikroorganizmlarning ekstraktlari saqlash uchun chidamsizdir. Bu esa tayyor texnik preparat formalarini (П2х va Г2х) olishni va ularni tezda quyuqlashtirishni talab qiladi. Quruq texnik yoki toza ferment prepapatlarini olishda vakuum-bug'lantirish usulidan foydalanish ham ferment ishlab chiqarish texnologiyasining bir bosqichi hisoblanadi.

Odatda, fermentlar bug'lantirish haroratiga juda ta'sirchan bo'ladi. Shuning uchun quyuqlashtirishning asosiy sharti past haroratda qaynatish va jarayonni qisqa muddatda olib borish bilan birga, bug'lantirilayotgan suyuqlikning qizib ketishini va fermentlarni inaktivatsiyaga uchrashining oldini olishdir. Agarda quyuqlashtirilayotgan eritma qanchalik toza bo'lsa, shunchalik kam miqdorda turli moddalarni kam tutadi va undagi ferment yuqori haroratga juda ham ta'sirchan bo'ladi. Qattiq oziqa muhitida o'stirilgan organizm ekstraktida juda ko'p miqdorda himoyalovchi birikmalar bo'ladi va ular quyuqlashtirish jarayonida ferment inaktivatsiyasining oldini oladi, lekin kultural suyuqlikni quyuqlashtirishda buning aksini kuzatish mumkin, ya'ni ferment ko'p miqdorda faolligini yo'qotadi. Quyuqlashtirish jarayonida ferment eritmalaridagi moddalarning miqdori va mineral tarkibi birmuncha o'zgaradi, quruq modda hisobiga esa 11—20%ga kamayadi va quyuqlashgan ekstraktning pH ko'rsatkichi ham o'zgaradi. Produtsentning turiga qarab ularning kultural suyuqliklari ham har xil kimyoviy tarkibga va fermentlar kompleksiga ega bo'lganligi uchun vakuum-bug'lantirishning harorat rejimlari tadqiqot yo'li bilan aniqlanadi.

Ferment faolligini quyuqlashtirish jarayonida yo'qotilishi nafaqat uni olib borilish rejimiga, balki uskuna yoki qurilmaning

konstruksiyasiga ham bog'liqdir. Keyingi yillarda vakuum-bug'lantirish uskunalari ancha takomillashtirilmoqda. Ushbu uskunalar trubka shaklida (gorizontal, vertikal va qiya) bo'lib, jarayonning o'tish muddatini 10 marotabaga yaqin qisqartirdi va fermentning faolligini yo'qolishini birmuncha kamaytirdi. Bular jumlasiga «Alfa-Laval» (Shvetsiya), «Edinstvo» (sobiq Yugoslaviya), «Lyuva» (Shveysariya), «APV» (Fransiya) va boshqa bir qancha firmalarning uskunalarini kiritish mumkin va ularning samaradorligi 200 l/s dan 20000 l/s ni tashkil qilishini hamda fermentning faolligi atigi 10% atrofida yo'qolishini ta'kidlab o'tish zarur.

Ferment eritmalarini membranalar yordamida quyuqlashtirish va tozalash. Membranali tozalash usuliga dializ va elektrodializ, baromembranali usulga esa qaytariluvchi osmos, ultrafiltratsiya, mikrofiltratsiya va nozik filtratsiya kabilar kiradi.

Eritmadagi moddalarni dializ usulida ajratish membrananing modda massasiga qarab tanlab, o'tkazuvchanlik xususiyatiga asoslangan. Bu jarayon uchun yarimo'tkazgich membrananing har ikki tomonida eritmalar konsentratsiyasining farqi vujudga kelishi kerak. Dializ jarayonini ushbu tenglik bilan ifodalash mumin:

$$Q = DdS\Delta C$$

bunda: Q – ma'lum vaqt ichida membranadan o'tgan modda miqdori; Dd – dializ koeffitsiyenti; S – membrana sirtining yuzasi; ΔC – membrananing har ikki tomonidagi moddalar konsentratsiyasining farqi.

Dializ usulidan ferment preparatlarini kichik molekulali moddalardan tozalash maqsadida foydalaniladi. Masalan, ferment eritmalarini shakar, aminokislotalar, mineral tuzlar va boshqalardan 60–100% gacha bo'lgan miqdorda tozalashga erishish mumkin.

Ayniqsa, fermentlar yuqori konsentratsiyali tuzlar bilan cho'ktirilganda dializdan va elektrodializdan unumli foydalanish kerak. Lekin to'rtlamchi strukturaga ega bo'lgan fermentlarni va metallofermentlarni ajratishda elektrodializdan foydalanish mumkin emas, ya'ni ferment ushbu jarayonda o'z faolligini yo'qotadi.

Dializ jarayoni juda sekin o'tuvchi jarayondir hamda eritmaning miqdori ko'p bo'lganda juda ko'p miqdorda membrana sarflanadi. Dializda quyidagi har xil ko'rinishdagi yarimo'tkazgich membranalar ishlatiladi: pergament, sellofanning har xil turlari, ultrafiltratsiyada ishlatiladigan membranalar va boshqalar. Dializ usuli bir qancha kamchiliklarga ega bo'lganligi sababli hozirgi kunda ishlab chiqarishda ishlatilmaydi. Ba'zan ilmiy laboratoriyalarda fermentlarni yuqori tozalikda olish uchun ishlatilishi mumkin.

Baromembrana usuli ishlatiladigan membranalar tirqishlarining katta-kichikligiga qarab sinflanadi. Masalan, qaytariluvchan osmos ($\approx 3\times10^{-4}$ mkm); gelfiltratsiya ($15\times10,5$ mkm); mikrofiltratsiya (0,2 mkm) va nozik filtratsiya (10 mkm)dir.

Quyuqlashtirish va tozalashning qaytariluvchan osmos va ultrafiltrasiya usullari kimyo, neftni qayta ishlash, oziq-ovqat, farmatsevtika va ferment sanoatlarida juda keng tarqalgan. Eng asosiysi, jarayonning juda ham kam xarajatlar va energiya evaziga olib borilishidir. Ultrafiltratsiya jarayonida fermentlarni harorat ta'siridagi inaktivatsiyasi umuman bartaraf qilingan bo'lib, bir vaqtning o'zida eritma bir qancha ballast birikmalardan xona haroratida tozalanadi. Ushbu jarayon yuqori bosim ostida o'tganligi uchun samaradorligi ham yuqoridir. Bu usulning ham asosiy elementi bo'lib membranalar hisoblanadi. Hozirgi kunda sellofandan, kauchukdan, polietilendan, polisteroldan, sellulozadan va boshqa bir necha xil materiallardan tayyorlangan membranalar ishlatilmoqda.

Membranalar xususiyatiga ko'ra, 0,05–0,2 mkm li bir qavatli – izotrop va ikki qavatli – anizotrop turlarga bo'linadi.

Cho'ktirish usullari va uning nazariyasi. Sanoat uchun zarur bo'lgan ko'pchilik fermentlar suvda eruvchan oqsillar hisoblanadi. Ferment eritmalari ularning olinish manbalariga qarab, mikroorganizmlar lizatlari, ekstraktlari, kultural suyuqlik filtratlari, o'simlik yoki hayvon to'qimalarining gomogenatlari bo'lishi mumkin. Ferment eritmalarining tarkibi juda murakkab tizimdir. Unda fermentlardan tashqari, kolloid tabiatga ega bo'lgan turli birikma va moddalar ham uchraydi. Bunday murakkab tizimlardan fermentlarni ajratib olish mushkul vazifadir.

Oqsilning har xil erituvchilarda erish darajasi molekula sirtida joylashgan gidrofob va gidrofil qoldiqlarning tarqalishi bilan belgilanadi. Oqsillarning asosiy erituvchisi bo'lgan suvning ba'zi xususiyatlarini (harorat, pH, ion kuchi, neytral tuzlar, organik erituvchilarni yoki inert birikmalarni qo'shish yo'li bilan) o'zgartirish hisobiga oqsil molekulasining gidrat yoki solvat qatlamiga ta'sir qilib agregatsiyaga uchratish va cho'kmaga tushirish mumkin. Sanoatda asosan fermentlarni organik erituvchilar yoki tuzlar bilan cho'ktirish usullaridan foydalaniladi. Bu usullar bir-biridan cho'ktirish mexanizmi bilan farqlanadi.

Neytral tuzlar yordamida cho'ktirish. Bu jarayon asosan oqsil molekulasining gidrofobligi darajasiga bog'liq. Tipik oqsil molekulasi sirtida bir qator aminokislotalar (tirozin, triptofan, leysin, izoleysin, metionin, valin va fenilalanin) zanjiri shaklida yopishgan gidrofob qismlarga ega. Oqsil molekulasining gidrofob qismi suv bilan to'qnashganda suv molekulalari bilan oriyentirlangan qavat hosil bo'ladi va shu joylar «muzlatilgan» holatda bo'ladi. Bunday tartibli strukturalar termodinamik jihatdan chidamli emasdir. Agar suv moleku-

lalarini oqsil tabiatiga o'xshamagan moddalar bilan immobilizatsiya qilinsa, oqsil molekulalari o'zaro ta'sirlashib agregatlar hosil qila boshlaydi. Ma'lumki, tuzlarning ionlari gidratlanadi. Agar oqsil eritmasiga ma'lum miqdorda suv qo'shilsa, u suv bilan bog'lanadi va suv bilan bog'lanmagan oqsil molekulalari esa agregat hosil qiladilar. Tuz ionlari qancha ko'p bo'lsa, oqsillarning agregatlanishi ham shuncha kuchayadi va cho'kmaga tushishi ortadi.

Tuzlar bilan cho'ktirish jarayoni ta'siriga ko'ra, turli oqsillarda turlicha bo'ladi. Bu birinchidan, oqsil molekulasi sirtidagi gidrofob qismlarning miqdori va hajmiga bog'liq. Qancha shunday qismlar ko'p bo'lsa, oqsil shuncha tez cho'kmaga tushadi. Ba'zi oqsillar borki, tuzlarning eng yuqori konsentratsiyalarida cho'kmaga tushmaydi. Cho'ktirish jarayonida oqsillar yonida turgan boshqa oqsillar bilan ham agregat hosil qilib cho'kmaga tushishi mumkin. Bunda bir qancha fermentlar kompleksini olish mumkin. Lekin fraksiyalarga bo'lib cho'ktirilsa, birmuncha yuqori natijaga erishish mumkin.

Oqsillarning tuzli eritmalardagi eruvchanligi Konning empirik tenglamasiga bo'ysunadi:

$$\lg S = \lg S_0 - k_s\mu,$$

bunda: S, S_0 – oqsilning tuzli eritma va toza suvdagi eruvchanligi; k_s – tuzlash konstantasi; μ – eritmaning ion kuchi.

Tuzlar bilan cho'ktirish jarayonini unumli o'tkazish uchun $k_s\mu$ ko'rsatkichi iloji boricha katta bo'lishi kerak. k_s ko'rsatkichi tuzning tabiatiga bog'liq bo'lib, vodorod ionlari konsentratsiyasiga bog'liq emas. Ushbu jarayon gidrofob o'zaro ta'sirga asoslangan bo'lsada, uning borishiga ta'sir qiluvchi boshqa omillar ham mavjuddir. Ular: muhit pH ko'rsatkichi, harorat, ferment eritmasining tozalik darajasi, jarayonni o'tkazish muddati va boshqalardir.

Tuz bilan cho'ktirishda asosan ishqoriy metallarning neytral tuzlari ishlatiladi. Har xil ionlarning cho'ktirish samarasi ularning ion kuchiga bog'liq. Natriy tuzlarining anionlarini tuzlash ta'sir kuchiga qarab, quyidagicha joylashtirish mumkin:

$$SO_4^{2-} > CH_3COO^- > Cl^- > NO_3^- > Br^- > J^- > CNS^-,$$

kationlarni esa quyidagicha joylashtirish mumkin:

$$Li^+ > Na^+ > K^+ > (NH_4)^+.$$

Ferment preparatlarini tuz yordamida cho'ktirilganda ularning tarkibida 60–85% gacha har xil qo'shimcha moddalar uchrashi mumkin. Ushbu jarayonning eng qiyin bosqichi – bu, tuzni qo'shish va uni eritishdir. Eritmada tuzning lokal konsentratsiyasini oshirib yubormaslik uchun u avval maydalanib, sekin-astalik bilan ma'lum bir qismdan qo'shib boriladi va tinmay aralashtirib turiladi. Aralashtirish davomida ko'pik hosil bo'lishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Jarayon erigan va agregatlangan oqsillarning muvozanati hosil bo'lguncha 20–40 min, ba'zida bir necha soat davom etadi.

Tuz bilan cho'ktirish juda ham ko'p omillarga bog'liq bo'lgan murakkab texnologik jarayondir. Shuni esda tutish kerakki, tuz hech qachon fermentni butunlay cho'ktirmaydi, balki uning eruvchanligini pasaytiradi, xolos. Agar eritmada 1 mg/ml oqsil bo'lsa, uning 90%i cho'kmaga tushishi mumkin, lekin eritmada bor-yo'g'i 0,1 mg/ml oqsil bo'lsa hech qanday ferment preparatini olishning iloji bo'lmaydi.

Neytral tuzlar bilan oqsillarni cho'ktirib, ferment preparatlarini olish usullari asosan xorijda keng ishlatiladi.

Organik erituvchilar yordamida cho'ktirish. Fermentlarni suvda eruvchan organik erituvchilar bilan cho'ktirish usullari sanoat

miqyosida keng ko'lamda qo'llaniladi. Oqsillarni cho'ktirish samarasi organik erituvchilar ta'sirida suv faolligining kamayishi bilan uzviy bog'liqdir. Erituvchining konsentratsiyasi ortishi bilan fermentning zaryadlangan gidrofil molekulalarini suv ta'sirida solvatlanish qobiliyati pasayadi. Oqsilning gidrofob qismidagi suv molekulalari organik erituvchi tomoniga o'ta boshlaydi va natijada fermentning eruvchanligi pasayadi. Oqibatda oqsil molekulalari agregatlanadi va cho'kmaga tushadi.

Oqsillarning agregatlanishi elektrostatik va Van-der-Vaals kuchlari ta'sirida, alohida joylashgan oqsil molekulalari o'rtasida yuzaga keladi.

Oqsillarning agregatlanish jarayoni va cho'kma hosil bo'lishi cho'ktirishning bir qancha omillariga bog'liqdir. Shulardan biri oqsil molekulasining hajmidir. Cho'ktirish jarayonida oqsil molekulasining o'lchami qanchalik katta bo'lsa, erituvchining salbiy ta'sir qiluvchi konsentratsiyasi shunchalik past bo'ladi. Bu bog'liqlikka molekulaning gidrofoblik darajasi, solvat qavatiga chidamliligi va boshqa omillar ta'sir qilishi mumkin.

Cho'ktirish uchun ishlatiladigan organik erituvchi suv bilan to'liq aralashishi va ferment bilan esa aloqada bo'lmasligi kerak. Asosan bu jarayon uchun etil spirti, aseton va izopropil spirti keng qo'llanilsa, metanol, n-propanol, dioksan, 2-metoksietanol va boshqa spirtlar, ketonlar, efirlar va ularning aralashmalari kamroq ishlatiladi. Erituvchilarni tanlashda ularning zaharligiga, portlash xavfidan xolisligiga va regenerarsiya bo'lish qobiliyatiga e'tibor berish kerak. Ishlab chiqarish uchun eng yaroqlilari bo'lib etil spirti va izopropanol hisoblansa, asetonning ko'rsatkichlari esa sal pastroqdir. Bular orasida eng istiqbollisi izopropanoldir. Bu erituvchilar yordamida fermentlarni komplekslarga ajratish yoki fraksiyalar holida cho'ktirib olish mumkin.

Ferment preparatlarini cho'ktirish uchun nafaqat erituvchining tabiati va konsentratsiyasi, balki elektrolitlarning ishtiroki, cho'ktirish harorati, muhitning pH ko'rsatkichi, quruq moddalarning tarkibi va miqdori kabi bir qancha omillarga e'tibor berish kerak. Cho'ktirish eritmasida ba'zi ionlarning uchrashi ferment mo'tadilligiga ta'sir qilishi mumkin. Masalan, Ca^{2+} ionlari α-amilaza, proteinaza, glukoamilaza fermentlari faolligiga ijobiy ta'sir qilsa, magniy, marganes, kobalt kabi metall ionlari himoya vazifasini bajaradi. Shu bilan birga, ba'zi metallarning (Fe^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ag^{2+}, Ni^{2+}, Al^{3+}, Hg^{+} va h.k.) ionlari salbiy ta'sir ko'rsatadi va ularning eritmada bo'lishi maqsadga muvofiq emasdir. Eritmada elektrolitlarning bo'lishi erituvchi sarfini kamaytirishga va cho'kma strukturasini yaxshilashga xizmat qiladi.

Fermentni cho'ktirish jarayonida imkon boricha ferment eritmasini va erituvchining harorati past bo'lishiga harakat qilish kerak. Spirt va fermentning suvli eritmasi aralashtirilganda, issiqlik ajralib chiqadi va aralashma harorati 5–10°C ga ko'tariladi. Agarda spirt oldindan sovitilgan bo'lmasa, fermentlarning inaktivatsiyasini kuzatish mumkin. Bu hodisa nafaqat termoinaktivatsiyaga, hattoki ferment molekulasini denaturatsiyasigacha olib keladi.

Ferment preparatlarini cho'ktirishda pH ko'rsatkichi juda katta ahamiyatga ega. Bir xil ferment eritmasidan har xil pH ko'rsatkichi ta'sirida bir-biridan cho'kmasining miqdori va ferment faolligi bilan farq qiluvchi preparatlar olish mumkin. Ma'lumki, fermentlar o'zlarining izoelektrik nuqtalarida oqsil agregatlari hosil qilib, to'liq cho'kmaga tushadilar. Oqsillarning izoelektrik nuqtalarida, cho'ktiruvchi reagentlar ishlatmasdan cho'ktirish jarayoni izoelektrik cho'ktirish deyiladi. Organik cho'ktiruvchilarni izoelektrik nuqta pH ko'rsatkichiga yaqin pH da qo'llash fermentlarni oson cho'k-

tirish va erituvchini kam miqdorda sarflash uchun xizmat qiladi. pH ko'rsatkichi izoelektrik nuqtadan chetga chiqsa, cho'kma unumi va ferment faolligi 30–50% gacha yo'qotiladi.

Faol fermentni preparat yoki mo'tadil strukturali cho'kma holida olish uchun eritmada 10–12% atrofida quruq modda miqdori bo'lishi kerak. Ko'p tadqiqotlardan ma'lumki, fermentlarni cho'ktirishda, ayniqsa proteolitik fermentlarning miqdori kam, quruq moddaning eng optimal miqdori esa 10% dan ko'p bo'lmasligi kerak.

Yuqorida qayd qilingan omillar qatorida ferment eritmalarining erituvchi bilan aloqada bo'lish muddati ham katta ahamiyatga ega. Ferment sanoatida to'xtovsiz ishlaydigan cho'ktiruvchilarda bu vaqtni ko'p miqdorda qisqartirishga erishilgandir, bu albatta ferment faolligi kamayishining oldini oladi.

Organik erituvchilar bilan cho'ktirish samaradorligi shu jarayonga mo'ljallangan uskunaga ham uzviy bog'liqdir. Bunday uskunalar asosan ferment eritmalarini qabul qilgich, to'xtovsiz aralashtirgich, ferment eritmasi va erituvchini to'xtovsiz ravishda uzatuvchi konturlar, separator va avtomatizatsiya tizimlaridan tuzilgan bo'ladi. Silindr shaklidagi aralashtirgichdan ferment eritmasi va erituvchi murakkab harakat yo'nalishi bo'ylab qisqa vaqt ichida aralashib o'tadi va natijada hosil bo'lgan aralashma separator qismiga uzatiladi. Separatorda cho'kmaga tushgan oqsil molekulalari ajratib olinadi. Bunday qurilmada ferment bilan erituvchining aloqa muddati o'n marotabagacha qisqartiriladi. Bunda fermentning cho'kmaga tushish unumi 15–20% gacha ortadi. Separatorda ajratilgan cho'kma turli usullar bilan mo'tadil sharoitda quritib olinadi. Cho'kma tepasida qolgan suyuqlik tarkibida 50–75% gacha erituvchi bo'ladi va u rektifikatsiya bo'limida regeneratsiya qilish uchun yuboriladi.

Organik erituvchilar bilan cho'ktirish unumi produtsent o'stirilgan oziqa muhiti tarkibiga va ferment preparatini quyuqlashtirilganlik darajasiga ham bog'liqdir.

13.3. Fermentlarni tozalash usullari

Fermentlar va boshqa oqsil moddalar adsorbsiyalanish (so'rilish) qobiliyatiga egalar. Bu xususiyat oqsil aralashmalarini birikmalarga ajratishda va ayniqsa fermentlarni laboratoriya sharoitida tozalashda hamda ferment preparatlarini gomogen holatda olish jarayonlarida keng ishlatiladi. Adsorbsiya usuli, shu bilan birga kolonkali xromatografiya usuli fermentlarni yuqori darajada toza va ko'p miqdorda olish imkonini beradi.

Oqsillarning va fermentlarni tozalash, ularni bir-biridan ajratish maqsadida maxsus adsorbentlar, turli ion almashuvchilar, polisaxaridlar asosida tayyorlangan sefadekslar va ularning hosilalari, selluloza va ularning hosilalari, anionlar va kationit ko'rinishdagi, ba'zida kalsiy fosfat, aluminiy gidroksid gellari va ba'zi bir fermentlar uchun affinli adsorbentlar tayyorlangan va ulardan ishlab chiqarishda hamda laboratoriya tadqiqotlarida samarali foydalanilmoqda. Fermentlarni tozalash va oqsillarni ajratish texnologiyasi qanday usulda bo'lishiga qaramay quyidagilarga asoslanadi: ferment mahsulotini o'z tarkibiga olgan oqsillar aralashmasi ma'qul bo'lgan erituvchida (buferda) eritiladi va shu erituvchi bilan muvozanatlangan kolonkaga yuboriladi. Keyin shu kolonkadan ma'lum tarkibga ega bo'lgan buferni yoki konsentratsiyasi o'sib boruvchi gradiyentli yuvish eritmasi, yoki bo'lmasa, ushbu ferment uchun maxsus bo'lgan bog'lovchi (ligand) yordamida kerakli oqsil (ferment) bosqichma-bosqich yuvib olinadi. Kolonkadan yuvib olingan

ferment preparatlari fraksiyalar to'plamida yig'iladi va fermentning toza preparatini olish uchun boshlang'ich material bo'lib xizmat qiladi.

Ionalmashuv xromatografiya usuli. Bu usulda oqsillar elektrostatik kuch yordamida bog'lanadilar, ya'ni bu hodisa zaryadlangan oqsil sirtlari va zaryadlangan ionalmashuv birikma guruhlarining zich qatlami o'rtasida yuzaga keladi. Tipik ionalmashuvchi sifatida bo'ktirilgan dietilaminoetil (DEAE) yoki karboksimetil (KM) sellulozani ko'rsatish mumkin. Ular bo'ktirilgan holatda zaryadli guruhlarning 0,5 M konsentratsiyasiga ega bo'ladi. Bu zaryadlar kolonkada qarama-qarshi bo'lgan ionlarni (metall ionlari, xlor ionlari, bufer va h.k.) neytrallaydi. Odatda, oqsilning umumiy zaryad belgisi ion almashuvchiga o'tirgan ion belgisi bilan bir xil bo'ladi va kolonkadan o'tish jarayonida aynan uni siqib chiqaradi. Shuning uchun ham bu jarayon xususiyatiga qarab «ion almashuv» jumlasi qo'llaniladi.

Kolonkada adsorbsiyalangan kerakli oqsilni yuvish uchun affin usulidan tashqari ikki usuldan foydalaniladi. Birinchi usul — buferning pH ko'rsatkichini ma'lum darajaga o'zgartirish bilan ion kuchini oshirib, adsorbent va oqsil o'rtasidagi elektrostatik o'zaro ta'sirni kamaytirish. Bu usul umuman yaxshi natija bermaydi, chunki bufer hajmining kichik bo'lganligi uchun pH ko'rsatkichini birdaniga o'zgartirish oqsil aralashmalariga va boshqa birikmalarning yomon ajralishiga sabab bo'ladi. 1981-yilda bu usul L.L.Slyuyterman va boshqalar tomonidan xromatofokus usuliga o'tkazish yo'li bilan takomillashtirilgan. Bunda fermentlarni adsorbentdan yuvib olish jarayonida amfolit tipidagi bufer hajmi yuqori bo'lgan buferlardan foylalaniladi.

Ikkinchi usul – keng miqyosda foydalanilayotgan kaliy yoki natriy xlorid tuzlari yordamida gradiyent tuzishga asoslangan. Tuz ionlari ishtirokida mustaqil oqsil va adsorbentlar orasidagi o'zaro tortish kuchi kamayadi. Tuz ionlari konsentratsiyasining oshishi bilan adsorbentga bog'langan oqsillar o'z o'rinlarini ularga bo'shatadilar va o'zlari kolonkadan yuvilib chiqa boshlaydilar. Shu bilan birga, tuz ionlari ta'sirida adsorbentlar o'zaro yaqinlashib oqsil harakati uchun tor yo'lkalar hosil qiladi va bu hodisa fermentlarni kolonkadan chiqishida fraksiyalarga ajratib olish imkonini beradi.

Ion almashuvchiga bog'langan fermentni affinli yuvish yordamida ajratish mumkin. Buning uchun kolonkaga oqsil bilan bog'lanadigan maxsus ligand yuboriladi. Bunda oqsil ligand bilan birgalikda tezda kolonkadan yuvib chiqariladi. Lekin kerakli oqsilni taniydigan va uni sorbentdan ajratib oladigan ligandni topish juda mushkul vazifadir. Shu bilan birga ligandni qanday zaryadlanganligi va konsentratsiyasiga alohida e'tibor berish kerak. Agar shunday qilinsa, ligandni o'zi ionalmashuvchiga bog'lanib qolishi mumkin.

Affinli xromatografiya usuli. Bu usul oqsil va fermentlarni tozalash va ajratishning adsorbsiya hodisasiga asoslangan usullari orasida alohida o'rinni egallaydi. Ko'pincha uni affinli xromatografiya yoki bioaffinli yoki bo'lmasa, biospetsifik xromatografiya deyiladi.

Ma'lumki, barcha biologik faol birikmalar, xususan, fermentlar ham ligandlar yoki affinli ligandlar deb nomlanadigan birikmalarga maxsus bog'lanish xususiyatlariga egadir. Agarda shunday ligandlarni inert matritsaga kovalent bog'lasa faqat kerakli fermentni ushlovchi va qolgan oqsil va moddalarni o'tkazib yuboruvchi maxsus adsorbentni olish mumkin.

Maxsus yuvuvchilardan yoki jarayon sharoitlarining farqi asosida, ligandni fermentga bo'lgan xususiyatini o'zgartirish yo'li bilan oqsilni desorbsiyaga uchratib, tozalash natijasida yuqori tozalikka ega bo'lgan fermentni ajratib olish mumkin bo'ladi. Lekin ligand va uni ushlab turuvchini tanlash juda qiyin vazifadir. Ko'pchilik hollarda affinli adsorbentlarni sintez qilishda tozalanayotgan fermentning xususiyatlarini e'tiborga olish kerak. Affinli xromatografiya uchun har xil turdagi erimaydigan sorbentlardan foydalaniladi, lekin eng ko'p tarqalgani ko'ndalang qilib ulangan agaroza donachalaridir. Ular yuqori bosimda o'z shaklini saqlaydi va buferlarni hamda erituvchilarni almashtirishga bardoshlidir.

Ligandlar esa matritsaga shunday bog'langan bo'lishi kerakki, oqsillar hech qiyinchiliksiz ularga kelib bog'lanishi mumkin bo'lsin, buning uchun esa matritsa bilan ligand o'rtasida ko'prikcha bo'lishi kerak. Bulardan tashqari, ligand boshqa birikmalar bilan o'zaro bog'lanmasligi, faqat matritsaga bog'langan va yuvish, regeneratsiya jarayonlariga chidamli bo'lishi shartdir.

Gelxromatografiya usuli. Gelfiltratsiya jarayonini amalga oshirish uchun dekstran asosida olingan gellardan foydalaniladi va ular yordamida o'lchamiga qarab har xil makromolekulalarni tez ajratish mumkin. Gel ochiq holdagi ko'ndalang tikilgan uch o'lchamli molekula turi bo'lib, kolonkalarni oson to'ldirish uchun yumaloq donachalar (granula) ko'rinishida bo'ladi. Donachalarda kichik teshikchalar bo'lib, ularga faqat juda kichik molekulali birikmalar kiradi va yirik molekulalar esa kirmaydi. Bu usul gellarning aynan shu xususiyatiga asoslangandir.

Bu usul fermentlarni tozalash va ajratishda nafaqat laboratoriya, balki sanoat miqyosida ham keng qo'llaniladi. Gelfiltratsiya uchun ko'ndalang tikilgan dekstran (sefadekslar va sefakrillar) gellaridan, ko'ndalang tikilgan poliakrilamid gellaridan (biogellar), akrilamid

polimer zanjiri yopishtirilgan agaroza gellardan (uitragellar) va boshqa agaroza gellaridan foydalaniladi.

Kolonkada ferment eritmasining bir qismi gel donachalar orasida va bir qismi esa donachalarning teshikchalari ichida joylashadi. Gelfiltratsiya – bu tarqaluvchan xromatografiyaning bir shakli bo'lib, eritilgan moddalar eritmaning birmuncha yuzada joylashgan harakatchan va ichki tomonida joylashgan kam harakatli qismlarida tarqalgan bo'ladi. Kolonkada eritilgan moddaning ushlab qolinish darajasi uning gel teshikchalariga kira olish qobiliyatiga bog'liqdir. Shuning uchun gelfiltratsiya jarayonida kolonkadan avval yuqori molekulali moddalar va keyin esa kichik molekulalilari birin-ketin chiqa boshlaydi. Bunda gel molekulyar to'r vazifasini bajaradi. Bu jarayon ideal ravishda olib borilishi uchun gel tayyorlangan material erigan birikmalar ta'siriga juda ham inert bo'lishi kerak. Afsuski, bugungi kunda ishlatilayotgan barcha gellar inert emas va ba'zan ma'lum pH ko'rsatkichida ular so'rish (adsorbsiya qilish) qobiliyatini namoyon qilishi mumkin, masalan, shunday gellarga sefakrillarni kiritish mumkin. Gelfiltratsiya usuli bilan mayda gel donachalarida yuqori bosim ostida juda ko'p har xil moddalarning, shu jumladan, oqsillarning aralashmalari ajratilmoqda. Bu yangi, «yuqori bosim ostida suyuq xromatografiya uslubi» qisqa vaqt ichida fermentlarni yuqori darajada tozalash imkonini berdi va u ayniqsa fermentlarni tozalashning oxirgi bosqichlarida juda katta samara bilan ishlab kelinmoqda.

13.4. Fermentlarni immobillash va barqarorlash texnologiyasi

Kimyoviy enzimologiya metodlarining rivojlanishi biologik katalizatorlarning yangi turi – immobillangan fermentlar yaratlishiga olib keladi. Ma'lumki, toza fermentlar, birinchidan, uzoq

vaqt saqlanmaydi, hamda turli ta'sirlarga, ayniqsa, issiqlikka chidamsiz, ikkinchidan, ularni qaytadan ishlatish imkoni yo'q. Immobillangan fermentlarning yaratilishi bilan sanoat ishlab chiqarishida toza fermentlardan foydalanishda yuzaga keladigan qiyinchiliklar bartaraf etildi.

Immobillangan fermentlar fermentativ jarayonni uzluksiz o'tkazish va reaksiya tezligini boshqarish imkonini beradi. Fermentlarni immobillash bilan tashuvchining xususiyatini o'zgartirish hisobiga ularning katalitik faolligi boshqariladi.

«Immobillangan fermentlar» atamasi fazoda oqsil molekulari harakatlanish erkinligini istalgan holatda cheklanishini anglatadi.

Fermentlarni immobillashda ishlatiladigan tashuvchilar. Fermentlarni immobillash uchun organik va noorganik tabiatga ega bo'lgan tashuvchilar ishlatiladi. Ularga qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat:

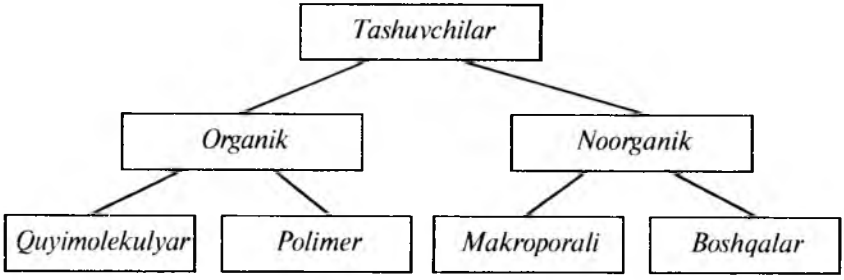
– yuqori darajada kimyoviy va biologik turg'unlik;
– yuqori darajada kimyoviy barqarorlik;
– ferment va substratlar uchun yetarli darajada o'tkazuvchanlik;
– yetarli darajada g'ovaklikka va solishtirma sirtga ega bo'lishlik;
– texnologik jihatdan qulay bo'lgan shakllarda olinishi (granulalar, membranalar);
– oson aktivlanishi;
– yuqori darajada gidrofillik;
– arzon bo'lishlik va h.k.

4-sxemada tashuvchilar klassifikatsiyasining sxematik ko'rinishi keltirilgan.

Organik (polimer va quyimolekulyar) tashuvchilar tabiiy yoki sintetik bo'lishlari mumkin. Tabiiy polimer organik tashuvchilar, o'z navbatida, biokimyoviy klassifikatsiyaga ko'ra 3 guruhga bo'linadi: polisaxaridli, oqsilli va lipidli.

4-sxema

Fermentlarning immobilizatsiyasida ishlatiladigan tashuvchilarning klassifikatsiyasi



Sintetik polimerlar makromolekulasining asosiy zanjirini kimyoviy tuzilishiga ko'ra, polimetilenli, poliamidli, poliefirli guruhlarga bo'lish mumkin.

Fermentlarni immobillash uchun tabiiy polisaxaridlar va polimetil tipidagi sintetik tashuvchilar ko'proq ishlatiladi. Buning sababi ularda kimyoviy reaksiyalarga oson kirisha oladigan reaksion xususiyatli funksional guruhlarning mavjudligi, hamda ularning gidrofilligidir. Kamchiligi esa mikroorganizmlarning ta'siriga chidamsizligi va tannarxining qimmatroq ekanligi bilan bog'liq.

Polisaxaridli tashuvchilardan selluloza, dekstrin, agaroza va ularning hosilalari keng ishlatiladi. Selluloza gidrofill xossaga ega, unda gidroksil guruhlarning soni ko'p, bu esa uning molekulaga turli guruhlar kiritishini osonlashtiradi. Sellulozani qisman gidrolizga uchratib (bunda amorf uchastkalari buziladi), granula holiga keltirilsa, uning mexanik mustahkamligi oshadi. Gidroliz davomida buzilgan amorf uchastkalar o'rniga sellulozaning g'ovakliligini saqlab qolish maqsadida uning kristall uchastkalari orasiga kimyoviy chok

kiritish orqali sellulozani DEAE-selluloza, KM-selluloza,ekteola-selluloza kabi turli modifikatsiyaga uchragan hosilalariga aylantirish mumkin.

Dekstran asosida ishlab chiqilgan «Sefadeks» deb nomlanuvchi tashuvchilar ham keng ishlatiladi. Quritilganda ular oson siqiladi, suvda kuchli shishadi. Ushbu tashuvchilardagi g'ovaklarining hajmi «choklilik» darajasi bilan boshqariladi. Dekstranlarning mazkur guruhiga kraxmal ham kiradi. Kimyoviy modifikatsiyalangan kraxmal, har xil agentlar bilan «tikiladi», masalan formaldegid bilan. Shunday yo'l bilan gidrolitik, fermentlar ta'siriga nisbatan chidamli bo'lgan g'ovak kraxmal olingan. Dekstran asosida yaratilgan, suvda eruvchan preparatlar tibbiyot amaliyotida dorivor vositalarni tashuvchi sifatida ham keng ishlatiladi.

Suv o'tlaridan olinadigan agar-agar ham yaxshi tashuvchi hisoblanadi. Uni diepoksid birikmalar bilan kimyoviy tikib, xossasini o'zgartirish, kerakli bo'lgan tomonga oshirish mumkin. Bunday tashuvchi agar-agar issiqlikka chidamli, pishiq va oson modifikatsiyalanadi.

Tashuvchi sifatida oqsillar bir qancha afzalliklarga egadirlar: sig'imli, biodegradatsiyaga uchraydi, ulardan yupqa membrana (qalinligi 80 mkm) sifatida foydalanish mumkin. Oqsillar fundamental biologik tadqiqotlarda, tibbiyotda ko'proq ishlatiladi. Kamchiligi esa yuqori immunogenlikka egaligidir. Immobillash uchun ko'proq strukturali (keratin, fibrin, kollagen), harakatchan (miozin) va tashuvchi (albumin) oqsillardan foydalaniladi.

Sintetik polimer tashuvchilar fermentlarni kovalent va adsorbsion immobillashda, ularning gel va mikrokapsulalar holatdagi shakllarini olishda ishlatiladi. Sorbsion immobillashda stirol asosidagi polimerlar ishlatiladi. Ular makroporali, izoporali hamda

geteroporali strukturaga ega bo'ladi. Polimer gidrofil tashuvchilar olish uchun akril kislotasining hosilasi – akrilamiddan foydalaniladi.

Ferment va hujayralarni fazoviy-to'rli strukturali poliakrilamid gelga kiritish metodi hozirda keng qo'llanilmoqda. Poliakrilamid geli kimyoviy ta'sirlarga chidamlidir. Poliamid tashuvchi guruhi ham qiziqarlidir. Bu amid guruhi (–C(O)–NH–) bir necha marta qaytarilib keladigan turli geterozanjirli polimerlar guruhidir. Masalan, N-vinilpirrolidon asosidagi polimerlar organizmda sekin parchalanadigan fermentlarni immobillash uchun ishlatiladi. Bundan tashqari, ular biologik inert bo'lganligi uchun tibbiyot amaliyotida ham ishlatiladi. Kamchiligi esa uning organizmda to'planib qolishidir. Bu jihatdan fermentlar ta'sirida gidrolizlanadigan tabiiy polimerlar ahamiyatlidir. Shuning uchun dori vositalariga dekstran, sintetik tashuvchilardan N-vinilpirrolidon asosida tayyorlangan polimerlar qo'shib ishlatish yaxshi natijalar beradi.

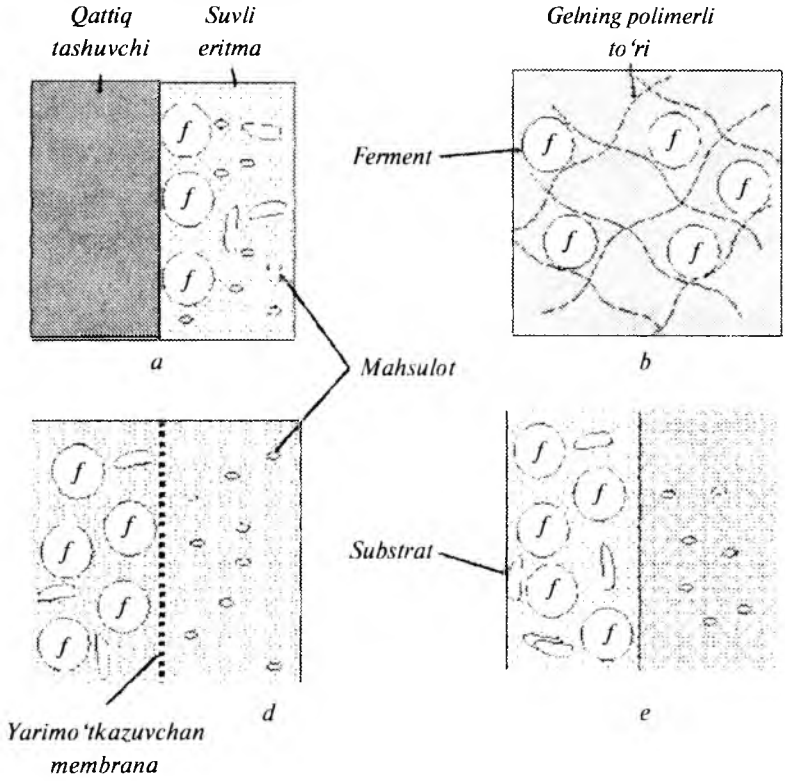
13.5. Fermentlarni immobillash metodlari

Fermentlarni immobillash ikki xil metod bilan amalga oshiriladi: fizikaviy va kimyoviy.

Fermentlarni fizikaviy immobillashda fermentni shunday bir muhitga joylashtirishni tushunish kerakki, bunda ferment umumiy hajmning ma'lum bir (chegaralangan) qismidagina o'zining faoliyatini erkin bajara olishi kerak. Fizikaviy immobillashda ferment bilan tashuvchi o'zaro kovalent bog' bilan bog'lanmaydilar. Fermentlarni bog'lashning 4 turi ma'lum:

– erimaydigan tashuvchilarda adsorbsiyalanish;

– gel teshiklariga kiritish;



52-rasm. Fermentlarni immobillash usullari:
a – erimaydigan tashuvchilarda adsorbsiyalash; *b* – gel porasiga kiritish; d – yarimo'tkazgich membrana yordamida fermentni reaksion tizimning qolgan hajmidan fazoviy ajratish; *e* – ikki fazali muhitga o'tkazish, bu yerda ferment eriydi va fazalardan biridagina joylashishi mumkin.

– yarimo'tkazgich membrana yordamida fermentni reaksion tizimning qolgan hajmidan fazoviy ajratish;

– ikki fazali muhitga o'tkazish, bu muhitning bir qismida ferment eriy oladi, boshqa qismida esa bog'langancha qoladi.

Bu usullar 52-rasmda keltirilgan.

Adsorbsion immobilizatsiya fermentlarni immobillashning qadimgi usuli bo'lib, unga 1916-yili asos solingan. Bu usul juda oson va u fermentning suvli eritmasi bilan tashuvchi orasidagi kontakt hisobiga amalga oshadi. Adsorbsiyalanmagan oqsil yuvib tashlangandan so'ng ferment ishlatishga tayyor bo'ladi. Tashuvchining yuzasida fermentning adsorbsiyalangan molekulasi tashuvchi va oqsilning yuzaki guruhlarining Van-der-Vaals o'zaro ta'sirlashuvi, vodorod bog'lari, elektrostatik va gidrofob o'zaro ta'sirlashuvlar hisobiga ushlanishi mumkin. Har bir bog'lanish tashuvchining kimyoviy tabiati va ferment molekulasining yuzasidagi funksional guruhlarga bog'liqdir.

Tashuvchi bilan ferment o'rtasidagi ta'sir kuchli bo'lib, biokatalizatorning sorbsiyasi uning strukturasini buzishi mumkin. Masalan, ba'zi o'simlik hujayralarini sefadeks granulalarida adsorbsiyalanishida hujayra devori tashuvchi zarrachasi yuzasining relyefini takrorlab, deformatsiyalanishi mumkin. Adsorbsion immobilizatsiyaning afzalligi – uning qulayligi va sorbentlarning arzonligidadir. Ularga istalgan konfiguratsiyani berish va kerakli darajada g'ovak qilish imkoniyati mavjud. Eng muhimi – bu metodning oddiyligidir. Adsorbsion bog'lanishda fermentni tozalash ham mumkin. Ushbu metodning kamchiligi tashuvchi hamda aniq bir fermentni immobillash uchun optimal sharoitni to'g'ri tanlash imkonini beradigan umumiy yo'riqnomaning yo'qligidir.

Ko'rsatilgan kamchiliklarni immobillangan fermentlarni gelga kiritish bilan bartaraf qilish mumkin. Ushbu metod ferment molekulasini polimer zanjirlardan to'qilgan 3 fazali to'rga (gelga) o'tkazishga asoslangan. Geldagi qo'shni zanjirlar orasidagi o'rtacha masofa kiritilgan ferment molekulasining hajmidan kichik bo'lishi kerak.

Faqat shunday holatda ferment polimer matritsani tark etolmaydi va atrofdagi eritmaga chiqa olmaydi, ya'ni immobillangan holatda qoladi.

Fermentlarni gelda immobillashning 2 ta asosiy usuli ma'lum. Birinchisida, ferment monomerning suvli eritmasiga solinadi va keyin polimerizatsiyalanadi. Natijada polimerli gel hosil bo'ladi. Reaksion aralashmada ko'pincha polimerga uch o'lchamli to'r strukturasini beruvchi bifunksional (molekulasida 2 ta funksional guruhi bor bo'lgan) agentlar qo'shiladi. Ikkinchi holatda ferment tayyor polimer eritmaga solinadi va unga gelsifat holatga o'tkaziladi. Fermentlarni polimer gelga kiritish bilan immobillash preparatga istalgan geometrik shakllar berish imkoniyatini yaratish bilan birga, tashuvchi molekulasida biokatalizatorlarning bir tekis taqsimlanishini ham ta'minlaydi. Shuning uchun ham bu metod universal hisoblanadi va u deyarli barcha fermentlar, poliferment tizimlar, hujayra fragmentlari va hatto hujayralarni immobillash uchun ham qulaydir. Gelga kiritilgan ferment bakteriyalar bilan zararlanishdan himoyalangan bo'ladi.

Membranalar yordamida fermentlarni immobillashning mohiyati shundaki, bunda fermentning suvli eritmasi substratning suvli eritmasidan yarimo'tkazuvchan membrana yordamida ajratilgan holatda turadi. Yarimo'tkazuvchan membrana substratning kichik molekulalarini oson o'tkazadi, katta molekulalarni esa o'tkazmaydi.

Membrana tipidagi tizimdan foydalanish tarkibida ko'p miqdorda ferment bo'lgan immobillangan preparatlarni olish imkonini beradi. Bu metod ham universal va qulaydir.

Ikki fazali muhit yordamida fermentni immobillashda ferment tizimning bir fazasidagina eriydi. Substrat va mahsulot qaysi fazada

erishiga qarab ikkala fazaaro taqsimlanadi. Fazalarning tabiati mahsulot qaysi fazada to'planishi va u yerda ferment bo'lmasligiga ko'ra tanlanadi, reaksiya yakunlangandan so'ng bu fazani ajratib, undan mahsulot ajaratib olinadi. Fermentli fazani esa navbatdagi jarayonda qayta ishlatish mumkin bo'ladi.

Kimyoviy metod bilan immobillashda ferment molekulasi, xususan, oqsil bilan tashuvchi o'rtasida yangi kovalent bog' hosil bo'ladi. Ushbu yo'l bilan immobillangan fermentlarning preparatlari 2 ta muhim yutuqqa ega. Birinchidan, tashuvchi bilan ferment o'rtasidagi kovalent bog' hosil bo'lgan konyugatning mustahkam bo'lishini ta'minlaydi, tashqi muhit omillari, masalan pH, haroratga chidamliroq bo'ladi, ferment tashuvchidan desorbsiyalanmaydi, olinayotgan mahsulotlarni ifloslantirmaydi. Bu esa tibbiyot va oziq-ovqatga mo'ljallangan jarayonlarni amalga oshirishda juda muhimdir. Ikkinchidan, fermentlarni kimyoviy yo'l bilan modifikatsiya qilish ularning katalitik faolligini, barqarorligini va boshqa xossalarini istalgan tomonga qarab o'zgartirish imkonini beradi. Bunda fermentning faol markazini iloji boricha saqlab qolishga harakat qilinadi.

? *Savollar*

1. «Hujayra injenerligi» deganda nimani tushunasiz?
2. Protoplastlar nima?
3. Fermentlar injenerligini maqsad va vazifalari nimalardan iborat?
4. Fermentlarni tozalash usullariga misollar keltiring.
5. Protsudent nima?
6. Fermentlarni immobilizatsiya qilish usullari haqida nimalarni bilasiz?

XIV B O B. HUJAYRALARNI IMMOBILLASH

14.1. Mikroorganizm hujayralarini immobillash

Mikroorganizmlarning immobillangan hujayralari haqidagi ilk ilmiy maqolalar XX asrning 70-yillarida paydo bo'ldi, sanoatda esa ular 1974-yili Yaponiyada qo'llanila boshlandi. Mikroorganizmlarning immobillangan hujayralari asosida asparagin kislotasi olish texnologiyasi yaratildi va ishga tushirildi.

Immobillangan hujayralar immobillangan fermentlar hamda erkin hujayralardan bir qator afzalliklarga egadir. Bular quyidagilardir:

– fermentlarni ajratish va tozalashga sarf-xarajat sarflanmaydi;

– reaksiya mahsulotlarini ajratish va tozalashga ketadigan sarf-xarajatlar kamayadi;

– nisbatan yuqori faollik va barqarorlikka ega;

– uzluksiz va yarim uzluksiz avtomatlashtirilgan jarayonlarni yaratish imkoni tug'iladi;

– poliferment tizimlar ekzogen kofaktorlarsiz, uzoq faoliyat ko'rsatish xususiyatiga ega bo'ladi.

Immobilizatsiyalash uchun turli holatdagi, ya'ni tirik va turli darajada zararlangan hujayralar ishlatilishi mumkin. Bir bosqichli reaksiyalarni yuqorida keltirilgan ikkala holatdagi hujayralar ham amalga oshira oladilar. Polifermentli reaksiyalar esa tirik hujayralarni qo'llash bilan amalga oshiriladi, ammo bunday hujayralar uzoq vaqt davomida ATF va kofermentlarni (NADF, NAD) renegeneratsiyalash imkoniyatiga ega bo'lishi kerak.

Immobillangan mikroorganizmlarning fermentativ faolligidan foydalanish tarixi uzoq vaqtlarga borib taqaladi. Bundan 150 yil

avval sirkani tez olish usuli yog'och qipig'iga adsorbsiyalangan mikroorganizmlarga asoslangan edi. Hujayralarni immobillash fermentlarni immobillash metodiga juda yaqindir.

Kimyoviy immobillash metodi faollashtirilgan tashuvchi bilan kovalent bog'lar hosil qilishga asoslangan. Hujayralar immobilizatsiyasining fizikaviy metodlari esa adsorbsiya va agregatsiyaga asoslangan.

Hujayralarni turli gellar, membranalar, tolalarga kiritish yo'li bilan immobillash kimyoviy va fizikaviy o'zaro ta'sirlanishlarga asoslangan. Kimyoviy metodlar boshqa metodlarga nisbatan kam ishlatiladi. Hujayralar ko'proq gellar, membranalar va tolalarga kiritiladi. Bunday usullar bilan immobillangan hujayralar uzoq vaqt davomida o'zinig hayot faoliyatini saqlab qoladi va oziqa muhitida ko'paya oladi. Immobillangan hujayralarning biokatalitik faolligi hozirgi vaqtda fan va texnikaning turli tarmoqlarida ishlatilib kelinmoqda, xususan:

– aminokislotlar, organik kislotalar, antibiotiklar, steroidlar, uglevodlar, uglevodorodlar, nukleotidlar va nukleozidlar kabi birikmalarning biosintezi va transformatsiyasida;

– pivo va vino ishlab chiqarishda;

– oqova va tabiiy suv havzalarini tozalashda;

– oqova suvlarni metallardan tozalashda;

– quyosh energiyasining assimilyatsiyasida;

– vodorodli quyosh elementlarini tayyorlashda;

– azotfiksatsiyada;

– analitik maqsadlarda elektrodlar tayyorlashda.

Mikroorganizm hujayralarini immobillash, ayniqsa, ular asosida aminokislotalar, organik kislotalar va antibiotiklarni sintezlash bo'yicha yaponiyalik olimlar tomonidan ko'plab ishlar qilingan.

Moskva davlat universitetida asparagin kislotasini olish metodi yaratilgan. Poliakrilamid gelga kiritilgan *E. coli* hujayralari asparagin kislotasini olish uchun juda qulay hisoblanadi.

Mikroorganizmlardan tashqari, fiziologik faol birikmalarni sintezlash maqsadida o'simlik va hayvon hujayralarini ham immobillash mumkin.

Hozirda hujayra organellarini immobillash bo'yicha ham katta ishlar olib borilmoqda. Bu esa biotexnologiyaning immobillangan hujayralarni qo'llash bilan bog'liq yo'nalishining naqadar istiqbolli ekanligini isbotlaydi.

14.2. O'simlik hujayralarini immobillash

O'simliklarning to'qima va hujayra kulturalari ikkilamchi metabolitlarni olish uchun asosiy manba hisoblanadi. Ikkilamchi metabolitlarni ko'plab miqdorda olish uchun o'simlik to'qima va hujayralarini immobillash metodi ishlab chiqilgan. 1966-yilda Mosbax *Umbilicaria pustulata* lishaynigining hujayralarini poliakrilamidli gelga kiritgan. Bir yildan so'ng van-Vetsel DEAE mikrosharchalarida hayvon embrioni hujayralarini immobillagan. Keyinchalik hujayralar, asosan mikroorganizm hujayralari, turli substratlarda immobillana boshlandi. Hujayralarni immobillashning 4 xil metodi mavjud:

1. Hujayra yoki hujayra organellarini inert substratda (*Catharanthus roseus* hujayralari, Digit DEAE, agarozali sharchalar, jelatin va boshq.) immobillash.

2. Hujayralarni inert substratlarda adsorbsiyalash. Hujayralar alginat, polistirol va poliakrilamid bilan zaryadlangan sharchalarga yopishtiriladi. Bu metod bilan hayvon hujayralari va *Saccharomyces*

uvarum, S. cerevisiae, Candida tropicalis, E. Coli hujayralari immobillangan.

3. Hujayralarni biologik makromolekulalar (masalan, lektin) yordamida inert substratda adsorbsiyalash. Ammo bu metod kam ishlatiladi.

4. KMS tipidagi boshqa inert tashuvchi bilan kovalent bog'lash. Bu metod ham kam ishlatiladi.

Keyingi vaqtlarda o'simlik hujayralarini immobillashga qiziqish ortgan. Bunga sabab, suspenzion yoki kallus kulturalariga nisbatan immobillangan hujayralar yordamida ikkilamchi metabolitlar ko'plab olinadi.

Immobillangan hujayralar bir qancha afzalliklarga ega:

1. Inert substratlarda immobillangan hujayralar suyuq suspenzion kulturada o'suvchi hujayralarga nisbatan biomassani sekinroq hosil qiladi. Bu sharoitda o'sish va metabolizm orasidagi bog'liqlik 2 tipdagi mexanizm orqali amalga oshadi: 1-mexanizm bo'yicha o'sish ikkilamchi metabolitlar sinteziga bilvosita ta'sir etib, hujayraning agregatsiyalanish darajasini belgilab berishiga asoslangan. 2-mexanizm esa o'sish tezligining kinetikasi bilan bog'liqdir. Bunda metabolizmning birinchi va ikkinchi yo'llari turlicha raqobatlashadi. Muhit sharoiti hujayraning tez o'sishi uchun qulay bo'lsa, birinchi navbatda ikkilamchi metabolitlar sintezlana boshlaydi. Agarda hujayraning o'sishi va rivojlanishi bo'g'ib (ingibrlab) qo'yilsa, birinchi navbatda birlamchi metabolitlar sintezlanadilar. Shunday qilib, immobillangan hujayralarning o'sish tezligining past bo'lishi birlamchi metabolitlarning hosil bo'lishini kuchaytiradi.

2. Immobillangan hujayralar sekin o'sishidan tashqari, bir-biri bilan fizik kontaktda o'sadilar va bu kimyoviy kontaktlarda o'z aksini topadi.

3. Atrof-muhitning kimyoviy tarkibini o'zgartirish bilan ikkilamchi metabolitlarning hosil bo'lishini boshqarish mumkin.

4. Kallus va suspenzion kulturalar o'stirilayotgan muhitni o'zgartirishda ularni zararlash yoki kulturani ifloslantirish mumkin. Bu qiyinchiliklarni fizik jihatdan harakatsiz hujayralar atrofidagi katta hajmdagi oziqa muhitini sirkulyatsiya qilish orqali bartaraf etish mumkin.

5. Ayrim hollarda idiolitlarni ajratish bilan bog'liq muammolar ham kelib chiqadi.

Immobillangan hujayralardan foydalanganda, kerakli mahsulotlarni ajratuvchi kimyoviy moddalar bilan ishlash mumkin. Ayrim o'simliklarning, masalan, *Capsicum frutescens* o'simligi hujayrasining kulturasi atrof-muhitga ikkilamchi metabolitlarni ajratadi. Immobillangan hujayralar tizimi esa kulturani zararlamasdan mahsulotni olish imkonini beradi. Demak, hujayralarni immobillash idiolitlarni oson ajratib olish imkonini beradi.

Immobillangan hujayralar kulturasini olish 2 xil tizimda amalga oshiriladi:

– yassi asosli kultura tizimida hujayralar gorizontal joylashtirilgan idishlarda o'stiriladi;

– kolonkali kultura tizimida esa hujayralar vertikal joylashtirilgan idishlarda maxsus sharoitda o'stiriladi.

Har ikkala tizimda ham suyuq muhit harakatsiz hujayralar atrofida aylanadi.

14.3. Atrof-muhitni muhofaza qilishda o'simlik va mikroorganizmlarning roli

Qishloq xo'jaligi, o'rmon va oziq-ovqat sanoati chiqindilaridan turli maqsadlarda, xususan, mikroorganizmlar biomassasini

ko'paytirish hamda ulardan energiya olish va shu yo'l bilan atrof-muhitning ifloslanish darajasini kamaytirish maqsadida foydalaniladi. Ularni mikroorganizmlar yordamida bijg'iydigan birikmalargacha parchalash yoki ularni oqsillarga aylantirish mumkin. Oqova suvlarda suv o'tlarining kulturalarini ko'paytirib, nafaqat suvlarni tozalash, balki oqsil va mikroelementlarga boy bo'lgan biomassa olish mumkin.

Ko'plab chiqindi va yo'ldosh mahsulotlarni qayta ishlash mumkin. Ma'lumotlarga ko'ra, turli boshoqli o'simliklardan taxminan 1700 mln t somon chiqadi va bularning ko'p qismi ishlatilmaydi. Yoki ananasni konservasiyalashda uning 20%igina ishlatiladi, asosiy qismi esa chiqindiga chiqadi. Uning mevasi, po'sti va boshqa chiqindilari sharbat olish uchun eziladi, quritilgan qoldiqlari esa mollarga yem sifatida beriladi. Spirtli bijg'itish bilan ushbu zavodlardan oqiziladigan chiqindilarning miqdorini kamaytirish mumkin.

Bijg'ish davomida turli organik moddalarning almashinishi bilan bog'liq bo'lgan biotexnologik jarayonlar atrof-muhitni ham kimyoviy, ham biologik jihatdan ifloslantiradi. 1970-yillarning boshlarida o'tkazilgan tadqiqotlarga ko'ra farmatsevtikada ishlatiladigan fermentasiya ifloslanishning asosiy manbayi sifatida ta'kidlangan. Masalan, bu fikr, asosan, antibiotiklar ishlab chiqaruvchi korxonalar faoliyatini kuzatishdan kelib chiqqan. Fermentatsiyaning chiqindilari ma'lum bir metabolitik mahsulotlarning mikrobli hujayralari va oziqa muhitining ishlatilmagan komponentlari hisoblanadi.

Tarkibida uglevod bo'lgan chiqindi va yo'ldosh mahsulotlarni an'anaviy mikrobli bijg'ish yoki biotexnologik jarayonlar yo'li bilan qayta ishlash mumkin. Masalan, saxarozani kristallash uchun

boshlang'ich sirop hisoblangan va texnologik sikldan chiqarib tashlanadigan melassa shakar olishdagi yo'ldosh mahsulot hisoblanadi. Uning tarkibida shakardan tashqari sulfitlar, karbonatlar va kalsiy, magniy tuzlari mavjud. Melassani bijg'itish davomida qolgan shakarning hammasi ham ishlatilmaydi.

Kraxmal boshoqli o'simliklar donlarining, kartoshka va maniok quruq massasining 50%ini tashkil etadi. Bu mahsulot ko'proq jo'xori, kartoshka va maniokdan olinadi. U kislotali yoki fermentativ gidrolizga oson uchraydi va undan dekstrin va glukoza olinadi. Ushbu geksozalardan spirt va fruktozali sirop olishda foydalaniladi.

Selluloza va gemisellulozani mikrobli degradatsiya va konversiyaga uchratib, etil spirti yoki kimyoviy sanoat uchun xomashyo olish mumkin. *Clostridium thermosellum* tarkibidagi sellulaza va gemitsellulaza genlarini *Clostridium* ning boshqa turlariga o'tkazib, selluloza va gemisellulozani etil spirti, aseton, sirka va sut kislotasiga aylantirish mumkin.

Biokonversiya – metabolitlarning mikrob hujayralari yordamida o'ziga yaqin bo'lgan birikmalarga aylanishidir. Shu bilan birga, mikroorganizmlar kimyoviy sintezning muhim va murakkab jarayonlarning ma'lum bir bosqichiga ta'sir qiladi.

Biokonversiyaning qadimgi turi – sirka olish jarayoni etil spirtining sirka kislotaga aylanishidir.

Biokonversiya bir turdagi reaksiya va ma'lum bir struktura (stereospetsifiklik) bilan bog'liqligi sababli o'ziga xosdir. Biokonversiyada izopropanol asetonga, glitserin digidroasetonga, L-tirozin L-dioksifenilalaninga, glukoza glukon kislotaga va oxirida 2-ketoglukon yoki 5-ketoglukon kislotaga va sorbit-L sorbozaga aylanadi. Sorbitning sorbozaga biokonversiyasi kimyoviy sanoatdagi yagona biologik reaksiyadir.

Biokonversiyaga asoslangan metodlar yordamida steroid gormonlar sintez qilingan. 1930-yilning boshlarida Kendall va Rayxshteyn buyrakosti bezidan revmatoid artritni davolashda ishlatiladigan kortizon ajratib olishgan. Kortizon sintezining birinchi oraliq mahsuloti progestorondir. Biokonversiya 37°C haroratda suvli muhitda va atmosfera bosimida olib boriladi. Hozirgi kunga kelib steroid yadrosining uglerod atomini ma'lum bir mikroorganizmlar yordamida gidroksillash va kerakli steroidni olish mumkin.

Mikroorganizmlar steroidlarni olish uchun xomashyoni (masalan, sterinlar) ishlab chiqarishda ham ishlatiladi.

Ba'zi hollarda biokonversiyani amalga oshirish uchun aralash kulturalar yoki mikrob shtammlarini ketma-ket qo'shish kerak bo'ladi. Bularning har biri biokonversiyaning o'ziga xos bosqichini amalga oshiradi. Immobillangan hujayralardan foydalanish fermentlarga nisbatan biokonversiya samaradorligini oshiradi va uning sarf-xarajatini kamaytiradi.

Mikroorganizmlarning sanoatda ishlatiladigan shtammlarini qo'llash uchun ikki usuldan foydalaniladi: 1) shtammlarning skriningi va ajratib olishda yuzaga keladigan qiyinchiliklarni bartaraf etish uchun DNKning maxsus uchastkalarida mutatsiyalarni induksiyalash; 2) gen injeneriyasi va tabiiy jinsiy jarayonni kengaytirish uchun protoplastlarning qo'shilishi, tabiiy genlarni o'tkazish va yangi genlarni rekonstruksiya qilish uchun rekombinant DNK yaratish usullaridan foydalaniladi.

Mikrob hujayralarida ma'lum bir gen nusxasi sonini ko'paytirish genlarni amplifikatsiyalash orqali amalga oshiriladi va natijada ushbu genom kodlaydigan mahsulot ishlab chiqarish keskin ortadi. Bunday texnik yondashuv hujayrada plazmidalar sonini ko'paytirish bilan bog'liqdir. Odatda, bitta hujayraga 1–30 ta nusxa to'g'ri

keladi va 2–250 gen mavjud. Shu bilan birga, hujayrada plazmida genlari 3000 nusxagacha oshirilgan. Genlarni amplifikatsiyalash jarayoni *E.coli* da yaxshi o'rganilgan va u keng ishlatiladi. Hozirga kelib istalgan xromosoma geni yoki genlar guruhini plazmidaga o'tkazish, so'ngra plazmidani amplifikatsiyalash uchun ichak tayoqchasiga o'tkazishga erishilgan. Undan tashqari, genlarni bir hujayradan boshqasiga o'tkazish polietilenglikol ishtirokida transformatsiyalash orqali ham amalga oshirilgan. Shu yo'l bilan ba'zi bir genlar *Bacillus* plazmidasiga ham o'tkazilgan. *Pseudomonas* plazmidalari esa boshqa grammanfiy bakteriyalarga o'tkazilgan. Bu usul biotexnologiyada katta samaradorlik bilan ishlatiladi. Masalan, shu yo'l bilan katta miqdorda antibiotiklar olish yo'lga qo'yilgan.

? *Savollar*

1. Mikroorganizmlar hujayralarini immobilizatsiyalashni afzalliklari nimada?
2. Hujayra va to'qimalarni immobilizatsiya qilishning qanday usullarini bilasiz?
3. Immobillangan hujayralarni ishlatilish sohalarini keltiring.
4. Atrof-muhitni muhofaza qilishda o'simlik va mikroorganizmlarning rolini tushuntirib bering.

XV B O B. SUVNI BIOLOGIK TOZALASH

15.1. Suvni tozalash usullari

Aerob va anaerob mikroorganizmlar oqova suvlarda uchraydigan organik materiallardan tozalash xususiyatiga ega. Achitqi, neftni qayta ishlash zavodlari, sut va pishloq ishlab chiqaruvchi korxonalar, kartoshka va kraxmalni qayta ishlovchi zavodlardan chiqadigan chiqindilarni anaerob jarayon yordamida tozalash bo'yicha katta muvaffaqiyatlarga erishilgan. Bu jarayonda faol biologik komponentlar qayta ishlatiladi, qoldiq mahsulotlar kamayadi, sezilarli darajada noxush hidlar tarqalishi kamaytiriladi. Eng muhimi metan hosil bo'ladi.

Bulardan tashqari, kimyoviy zararlanish (biotsidlarning destruksiyalanishi kabi)ning nazorat qilish uchun mikrob shtammlaridan foydalaniladi.

Pseudomonas turiga mansub bakteriyalarda oksireduktaza yoki gidroksilaza fermentlari bo'lib, ular yuqori toksik uglevodorodlar va aromatik birikmalarni parchalash xususiyatiga egadir. *Pseudomonas* ning ayrim shtammlari tarkibida ushbu fermentlarni kodlovchi genlar plazmida tarkibida uchraydi. Bunday plazmidalarning 4 xili mavjud: OST (oktan va va dekanning parchalanishi), XYL (ksilol va toluolning parchalanishi), SAM (kamforaning parchalanishi) va NAH (naftalinning parchalanishi). SAM va NAH plazmidalari bakterial hujayralarni chatishtirib, o'zining o'tkazuvchanligini ta'minlaydi, qolgan plazmidalar esa bakteriyaga boshqa plazmidalar kiritilgandagina o'tkazilishi mumkin.

Keyinchalik bu shtammlarning gibrid plazmidalari olingan bo'lib, ular tozalanmagan neftda boshqa shtammlarga nisbatan

uglevodorodlarni parchalash xususiyatiga egadirlar. Ular yordamida harorat va boshqa omillarni nazorat qilgan holda oqova suvlarni tozalash mumkin.

Ayrim mikroblar molekulalarda shunday o'zgartirish kiritadilarki, hosil bo'lgan molekulyar boshqa mikroblar yoki ularning shtammlari ta'sirida yengil parchalanadilar. Bunday «kometabolizm»ni Dafton va Xsi (Kaliforniya universiteti, AQSH) kuchli toksinlik xususiyatiga ega bo'lgan paration insektitsidini *Pseudomonas*ning 2 ta shtammi ta'sirida parchalanishi misolida ko'rsatib berishga erishganlar.

Toksik molekulaning kimyoviy o'zgarishining natijasi ularning to'liq parchalanishi emas, balki detoksifikatsiyasi (zaharsizlanishi) hisoblanadi, bu jarayon molekulaning fosforillanishi, metillanishi, asetillanishi va boshqa jarayonlar orqali namoyon bo'ladi. Detoksifikatsiyani katalizlovchi fermentlar plazmida tarkibidagi genlar bilan kodlanadi. Olimlar kuchli va ko'p ishlatiladigan gerbitsid – 2,4,5-T (2,4,5-trixlorfenoksisirka kislotasi)ni parchalovchi mikrob kulturasini olishga erishganlar. Ular tozalash stansiyalaridan bir nechta mikroorganizmlarni ajratib olib, ularni organik birikmalarning plazmidasi tarkibida parchalovchi fermentlarni kodlaydigan geni bo'lgan boshqa bakterial shtammlar bilan aralashtirganlar. So'ng aralashma faqatgina 2,4,5-T saqlangan muhitda xemostatda o'stirilgan. 10 oydan so'ng bakteriyalarning o'sish sur'ati 2,4,5-T ni parchalovchi bakteriyalar hisobiga tezlashgan.

Hozirgi zamon biotexnologiyasining, ayniqsa, ekologik biotexnologiya fanining eng dolzarb muammolaridan biri quyi parchalanuvchi zaharli moddalar va plastiklarni parchalash xususiyatiga ega bo'lgan mikroorganizm shtammlarini gen injenerlik metodlari yordamida yaratish va ularni amaliyotga tadbiq etish muammosi hisoblanadi.

15.2. Mikroorganizmlar yordamida biomassadan energiya olish, bioenergiya

Yer sharining o'simlik qatlami 1800 mlrd t quruq moddani (energetik jihatdan 30×10^{21} J ga ekvivalent) tashkil qiladi. Bu ko'rsatkich foydali qazilmalarning energiya zaxiralariga mos keladi. Ma'lumki, biomassaning energetik potensialining aksariyat qismi inson tomonidan ishlatiladi.

Quruq modda uchun biomassaning energiyaga aylanishining eng oddiy usuli yonish bo'lib, buning natijasida u issiqlik bilan ta'minlaydi, u esa, o'z navbatida, mexanik yoki elektr energiyaga aylanadi. Nam moddalarga kelsak, ular biokonversiyasining qadimgi va samarali usuli – biogaz (metan) olish jarayonidir.

Bulardan tashqari, energiyani maxsus o'stirilgan qishloq xo'jaligi o'simliklaridan ham olish mumkin. Bular tez o'suvchi daraxtlar plantasiyasi hamda uglevodga boy o'simliklardir. Bunday o'simliklar tarkibidagi uglevodlar gidrolizlanib geksozaga, u, o'z navbatida, spirtli bijg'ishga uchraydi.

Etil spirtining olinishi. Etil spirtini yuqorida aytib o'tyilgan o'simliklar biomassasidan olish uchun avval ular ekstraksiya qilinadi va mikrobli bijg'ish yo'li bilan ularning zaxirasidagi uglevodlar mikroorganizmlar yordamida gidrolizlanadi.

Etil spirti ikki usul bilan, ya'ni kimyoviy sintezlash va fermentativ usulda olinadi.

Kimyoviy sintezda etilen (neft yoki tabiiy gazdan olinadi) yuqori temperaturada suv va katalizatorlar ishtirokida konversiyaga uchratiladi. XX asr boshlarida etanol bijg'ish yo'li bilan olinar edi.

Etil spirti olinadigan o'simliklar qatoriga maniok, boshoqli o'simliklar, ayniqsa, jo'xori (uglevod zaxirasi kraxmal) va yernoki –

tapinambur (uglevod zaxirasi insulin) kiradilar. Bulardan tashqari, shu maqsadda shakarqamish, ananas, qand lavlagi va sorgo (uglevod zaxirasi saxaroza) ham ishlatiladi. Bu o'simliklarning kulturasi hozirda keng miqyosda o'stirilmoqda.

Etanol ishlab chiqarishni yanada mukammallashtirish uchun to'xtovsiz bijg'ish texnologiyasini yaratish lozim.

Metanli «bijg'ish» yoki biometanogenez jarayoni 1776-yil Volt tomonidan ochilgan bo'lib, u birinchi marta botqoq gazi tarkibida metan borligini aniqlagan. Ushbu jarayon davomida olinadigan biogaz tarkibida 65% metan, 30% CO_2, 1% H_2S va kam miqdorda azot, kislorod, vodorod uchraydi. U ko'k rang berib yonadi va hidsizdir. 28 m^3 biogazda yig'ilgan energiya 16,8 m^3 tabiiy gaz, 20,8 l neft yoki 18,4 l dizel yoqilg'isiga ekvivalentdir.

Biometanogenez 3 bosqichda amalga oshiriladi: organik birikmalarni eritish va gidrolizlash, asidogenez va metanogenez. Bu jarayonda 3 guruh bakteriyalar ishtirok etadi. 1-guruh bakteriyalar murakkab organik substratlarni moy, propion va sut kislotasiga aylantiradi; 2-guruh bakteriyalar organik kislotalarni sirka kislota, vodorod va CO_2 ga aylantiradi; 3-guruh – metan hosil qiluvchi bakteriyalar vodorodni yutib, CO_2 ni metanga aylantiradilar.

Biokimyoviy nuqtayi nazardan, biometanogenez anaerob nafas olishning o'zidir. Bu jarayonda ham elektronlar organik moddalardan CO_2 ga beriladi, so'ng u metanga aylanadi.

Biometanogenez suv o'tkazmaydigan silindrik sisternalar (daydjesterlar)da olib boriladi. Bunday yo'l bilan biogaz olish usuli AQSH, Yevropa mamlakatlari, Isroil, Hindiston, Xitoy kabi mamlakatlarda keng qo'llaniladi.

O'zbekistonda keng maydonni g'o'za, kanop, tamaki, kungaboqar o'simliklari egallaydi. G'o'za poyasidan hozirgacha spirt,

qog'oz olishga urinishlar amalga oshirilayotgan bo'lsa, boshqa o'simliklar shunchaki yoqib yuboriladi. O'zbekiston olimlari ushbu chiqindilardan ekologik toza, issiqlikni o'zida yaxshi saqlash xususiyatiga ega bo'lgan toza qurilish materiallarini olish texnologiyalarini ishlab chiqish ustida ham samarali tadqiqotlar olib bormoqdalar va ba'zi bir yutuqlarga ham erishganlar.

Quyosh nurining energiyaga aylanishi. 1960-yillarning boshlarida ismaloq bargidan ajratib olingan xloroplastlar elektronlarning sun'iy donori va bakterial ekstrakt ishtirokida vodorod hosil qilishi aniqlangan:

$$\text{elektron donori} \xrightarrow{e^-} \text{fotosistema I} \xrightarrow{e^-} \text{elektronlarni tashuvchi} \xrightarrow{e^-} \text{gidrogenaza} \xrightarrow{H^-} H_2$$

Keyinchalik esa ismaloq ekstrakti va tarkibida gidrogenaza bo'lgan bakterial ekstraktlar ko'rinadigan nur bilan nurlantirilganda, vodorod ajratishi mumkinligi aniqlangan. Bunday holda xloroplastning I va II fotokimyoviy tizimlari ishtirok etadi. *Clostridium* dan ajratib olingan gidrogenaza fermenti kislorodga nisbatan sezgir bo'lib, kislorodli muhitda o'z faoliyatini yo'qotadi. Shuning uchun suv fotolizi natijasida ajraladigan kislorodni yo'qotish maqsadida reaksiya azotli muhitda olib boriladi.

Bu yo'l bilan energiya olish bir qancha afzalliklarga ega:

– fotoliz substrati ko'p miqdorda bo'lishi;

– energiya manbayi cheklanmaganligi (quyosh energiyasi);

– mahsulot (vodorod)ni atmosferani ifloslantirmasdan saqlashning mumkinligi;

– jarayonni tiklashning mumkinligi;

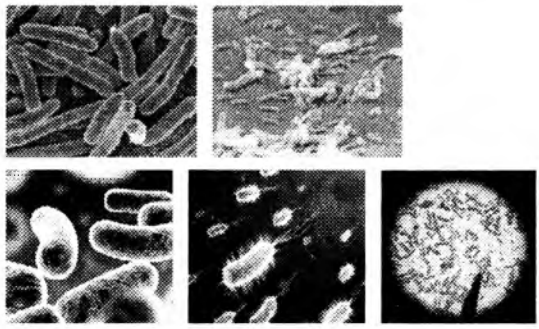
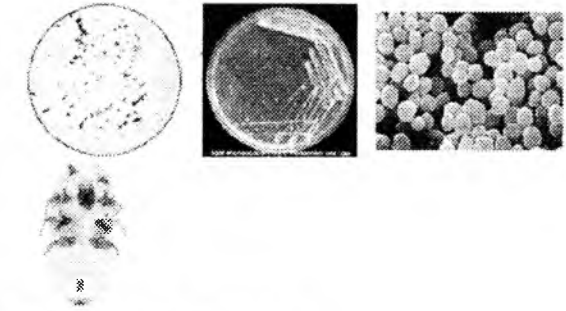
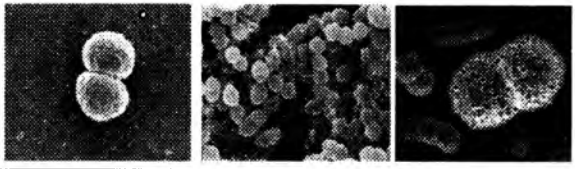
– oraliq toksik mahsulotlarning hosil bo'lmasligi va normal haroratda olib borilishi.

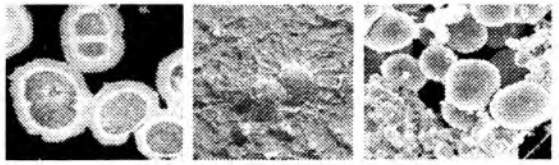
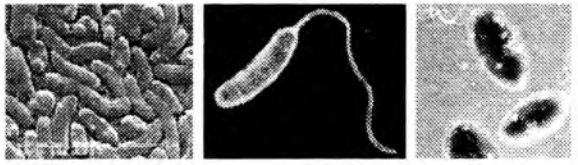
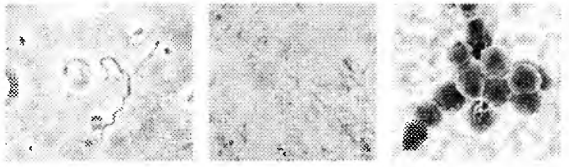
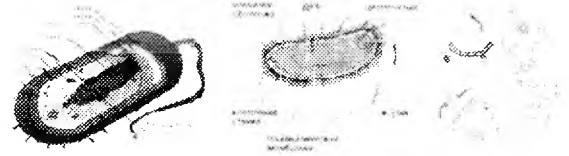
Ko'p miqdorda energiya olish uchun kislorodga nisbatan kamroq sezgirlikka ega bo'lgan gidrogenazalarni tanlab olish kerak. Masalan, *Alcaligenes* bakteriyasidan olingan gidrogenazalar aralashmadan vodorodning sekin hosil bo'lish reaksiyasini kataliz qiladi.

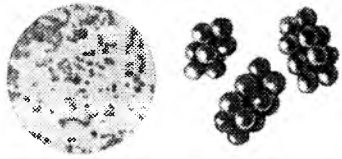
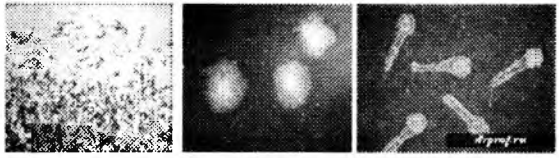
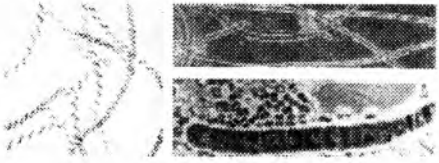
? *Savollar*

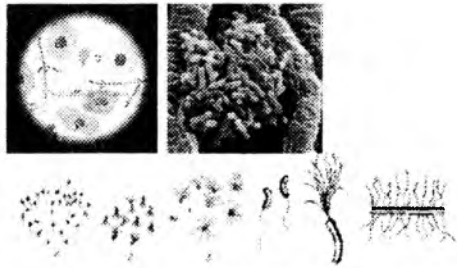
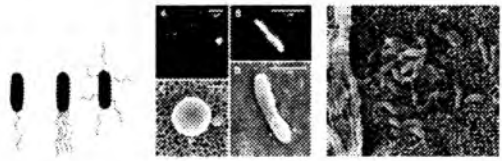
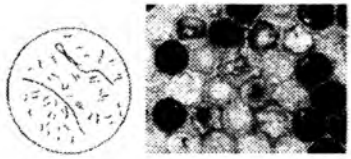
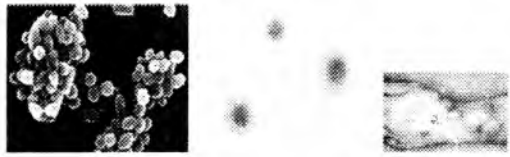
1. Suvni biologik tozalash deganda nimani tushunasiz?
2. Zaharli moddalarni parchalovchi produtsent yaratishda ishlatiladigan usullarga misollar keltiring.
3. Biomassadan energiya olishda mikroorganizmlarning rolini tushuntirib bering.
4. Bioetanol nima va u qanday olinadi?
5. Biogaz nima va uni olish necha bosqichda amalga oshiriladi?

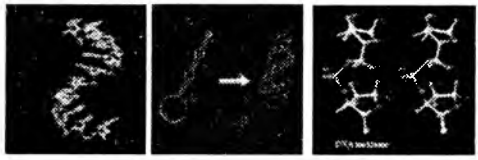
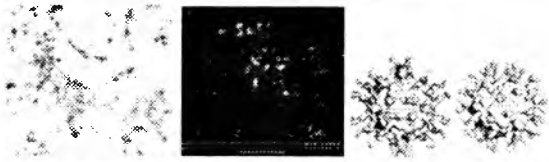
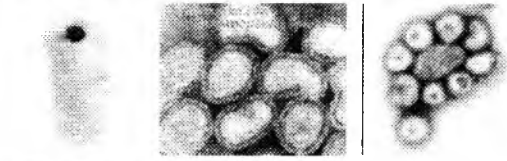
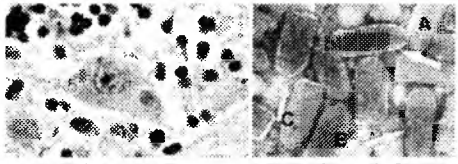
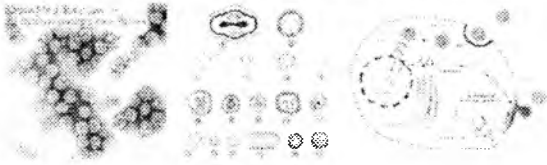
BAKTERIYALARNING MORFOLOGIK KO'RINISHLARI

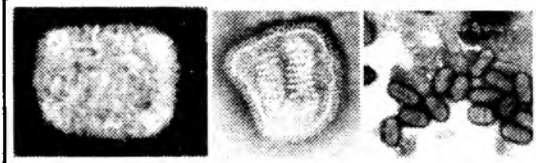
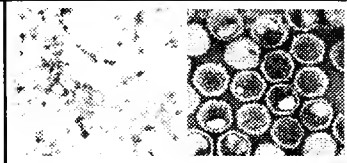
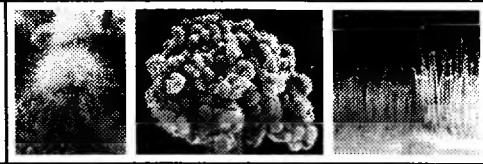
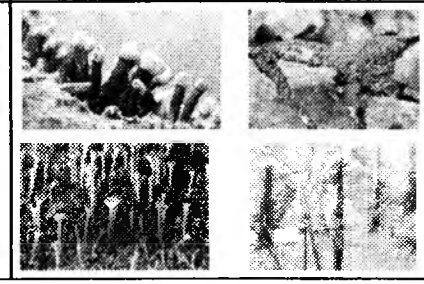
Bacteria	
Soccus sp	
Micrococcus sp	
Tetrokokk sp	
Diplococcus sp	

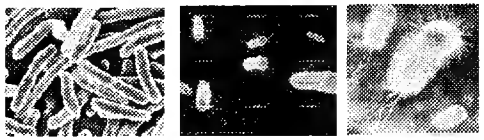
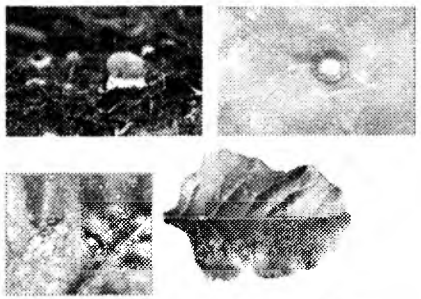
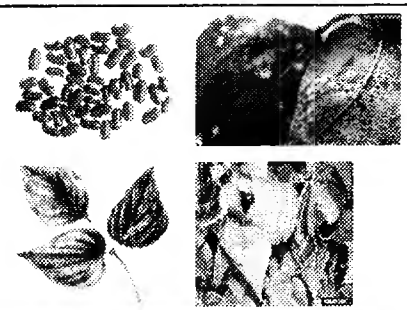
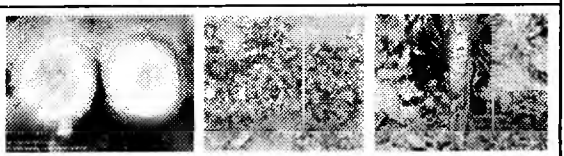
Streptococcus sp	
Sarcio	
Staphylococcus sp	
Bacillus sp	
Vibrio sp	
Spiroxeta sp	
Prokariot	

Eukariot	
Miksobakteriya sp	
Sartsina	
Stafilokokk	
Clostridium	
Vibrion	
Xlomidobakteriya	

Monotrix	
Lofotrix	
Peretrix	
Mikoplazma sp	
Rikketsiya	
DNK	

RNK	
RNK ***Pikornovirus***	
Reovirus	
Ortomiksovirus	
Paramiksovirus	
Rabdovirus	
DNK ***Papovavirus***	

Gerpes virus	
Poksvirus	
Pikornavirus	
Zigomitset	
Deyteromitset	
Bazidomitsetlar	
Askomitsetlar	

Aktinomitsetlar	
Bacterium coli	
Ps.beticola	
Angulata sp	
Phaseoli sp	
Dahlia	

ATAMALAR RO'YXATI

Agar-agar 16, 133
Adenovirus 56
Azotobakterin 200
Alkopirit 175
Anaerob 17, 45
Antibiotik 20, 239
Antigen 216
Antitela 216
Arbovirus 57
Aerotaksis 33
Aerotsin 154
Bakteriofag 151
Bakteriofagiya 20
Bakteriya 27
Desulfofikatsiya 176
Dizenteriya 37, 143
Difteriya 27, 157
Donor 112, 146
Ekologiya 105, 226
Endospora 42
Episoma 139, 153
Fimbriy 33
Fitonsid 218
Fotosintez 64, 75
Fototrof 43, 120
Glikogen 31, 82
Gomofermentativ 88
Gonokokk 36
Gripp 51, 53, 213
Immunitet 212, 213
Immunologiya 212
Kapillyar 178
Kapsid 52
Karioplazma 30
Klostridium 96, 194
Kokklar 35
Konidiyalar 178, 211
Konyugatsiya 151
Megatsin 151
Mezofill 104, 156
Metabioz 185
Metallogenium 179
Mikoplazmalar 39
Mikrob kulturasi 140
Mikrobiologiya 149, 240
Mikrokokklar 36

Monotrix 320
Murein 32
Mutant 143, 238
Mutatsiyalar 142, 148
Nitrobakter 161, 186
Patogen 207
Pepton 59, 76
Pirit 175
Plazmid 138
Polimorfizm 14, 38
Psixrofill 104, 156
Rekon 149
Retsipiyent 139, 149
Ribosoma 28
Rizobium trifolia 191
Rizobium yaponikum 191
Rikketsiyalar 40
Saprofit 32, 44
Sarsina 37
Seleksiya 149, 223
Simbioz 17, 44
Spiroxeta 29, 44
Stafilokokk 217, 253
Toksin 265
Termofill 156
Transkripsiya 144, 242
Translyatsiya 144, 246
Vaksina 214
Vaksinatsiya 14
Vibrion 35, 37
Virion 29
Virus 18, 21
Virusologiya 6, 50
Xalkopirit 177
Sellulaza 68, 203
Sitoxrom 87

ADABIYOTLAR

1. *Абелев Г.И.* Моноклональные антитела // СОЖ, 1998, №1.

2. *Сассон А.* Биотехнология: свершения и надежды. – М.: «Мир», 1987. С. 411.

3. *Артамонов В.И.* Биотехнология агропромышленному комплексу. – М.: «Наука», 1989. С. 171.

4. *Безбородов А.М., Квеситадзе Г.И.* Введение в биотехнологию. –М., 2002. С. 286.

5. *Безбородов А.М.* Биотехнология продуктов микробного синтеза. – М.: «Агропром издат», 1991. С. 240.

6. Биотехнология: учебное пособие для вузов. Под. ред. Н.С.Егорова и Д.В.Самуилова – М.: «Высшая школа», 1987.

7. *Бойко А.Л.* Экология вирусов растений. Учебное пособие для вузов. – Киев, 1990.

8. *Borisov L.V.* Mikrobiolgiya mashg'ulotlariga doir qo'llanma. – T., 1992.

9. *Варфоломеев С.Д., Калюжный С.В.* Биотехнология: кинетические основы микробиологических процессов. – М.: «Высшая школа», 1990. С. 286.

10. *Vahobov A.X.* O'simlik viruslarini aniqlashda immunologiya usullarini qo'llash (uslubiy ko'rsatma). –T.; ToshDU, 1991.

11. *Воробьева Л.И.* Промышленная микробиология. – М.: МГУ, 1989.

12. *G'anixo'jaeva A.B.* Mikrobiologiya. – T., 2002.

13. *Davranov Q.D.* Mikroblar dunyosi. – T.: ToshDAU, 2002. 180-b.

14. *Davranov Q.D., Xujamshukurov N.A.* Umumiy va texnik mikrobiologiya. – T.: ToshDAU, 2004. 281-b.

15. *Davranov Q.D.* Biotexnologiya: ilmiy, amaliy va uslubiy asoslari. – T., 2008. 504-b.

16. *Евтушенков А.Н., Фомичев Ю.К.* Введение в биотехнологию. Курс лекций. – Минск, БГУ, 2002.

17. *Еликов П.П.* Основы биотехнологии. – Санкт-Петербург, ИФ «Наука», 1995. С. 281.

18. *Жданов В.М.* Эволюция вирусов. – М.: «Медицина», 1990.

19. *Inog'omova M., Vahobov A.H.* Mikrobiologiya va virusologiya asoslari. – T.: O'zMU, 2010.

20. *Кандыбин Н.В.* Бактериальные средства борьбы с грызунами и вредными насекомыми: теория и практика. – М.: «Агропром», 1989.

21. *Кантере В.М.* Теоритические основы технологии микробиологических производств. – М.: «Агропром», 1990.

22. *Квеситадзе Г.И.* Ферменты микроорганизмов, живущих в экстремальных условия. – М.: «Наука», 1990. С. 52.

23. *Корочкин Л.И.* Клонирование животных. // СОЖ, 1999, №4.

24. *Костина Л.* Изучение особенностей структурной организации дельта-эндотоксинов Bacillus thuringiensis подвидов gallerial и israelensis //Автореферат. канд. диссер. – М., 1989. С. 16.

25. *Красота В.Ф., Завортяев Б.П. и др.* Биотехнология в животноводстве. – М.: «Колос», 1994. С. 105.

26. *Кретович В.Л.* Биохимия усвоения азота воздуха растениями. – М.: «Наука», 1994. С. 386.

27. *Кретович В.Л.* Усвоение и метаболизм азота у растений. – М.: «Наука», 1987. С. 405.

28. *Лагутина И.С. и др.* Влияние возраста клеток-доноров ядер на эффективность развития клонированных эмбрионов кроликов. Онтогенез. Т. 32. №2, 2001. С. 130–139.

29. *Лагутина И.С. и др.* Исследование влияния факторов, влияющих на эффективность электрослияния энуклеированных яйцеклеток с клетками донорами. Онтогенез. Т. 33. №2, 2002. С. 100–106.

30. *Лещинская И.Б.* Генетическая инженерия. // СОЖ, 1996, № 1.

31. *Лещинская И.Б.* Современная промышленная микробиология. // СОЖ, 2000, № 4.

32. *Лутова Л.А.* Генетическая инженерия растений: свершения и надежды. // СОЖ, 2000, № 10.

33. *Лутова Л.А., Проворов Н.А., Тиходеев О.Н. и др.* Генетика развития растений. / Под. ред. С.Г.Инге-Вечтомова. – С.-Пб.: «Наука», 2000.

34. *Мишустин Е.Н., Емцев В.Г.* Микробиология. – М.: «Колос», 1987.

35. *Musayev Sh.M., Xolmurodov A.G'.* Mikrobiologiya atamalarining ruscha-o'zbekcha izohli lug'ati. – T.: «Fan». 1995.

36. *Muxamedov M., Eshboyev E., Zokirov N. va boshqalar.* Immunologiya, mikrobiologiya, virusologiya. – T., 2002.

37. *Nizametdinova Y.F. va boshqalar.* Mikrobiologiyadan amaliy mashg'ulotlar. Metodik qo'llanma. – T.: ToshDU, 1992.

38. *Ним Э.М. и др.* Словарь ветеринарных микробиологических и вирусологических терминов. 1989.

39. *Орешкин К.Н.* Технология средств защиты растений. – М., 1989.

40. *Поздиев О.К.* Медицинское микробиология. Под. ред. В.И.Покровского. 2005.

41. *Проворов Н.А.* Генетико-эволюционные основы учения о симбиозе. // Журн. «Общая биология», 2001.

42. *Прокофьев М.И.* Достижения и использование эмбриологии в животноводстве. // Международный сельскохозяйственный журнал, 1987, №3. С. 43–50.

43. *Прокофьев М.И.* Регуляция воспроизводства сельскохозяйственных животных. – М., 1989.

44. *Рахимов М.М., Реут Е.Н., Садыкова К.А.* Методические указания по проведению практических занятий по курсу «Инженерная энзимология». – Т.: НУУ им. М.Улугбека, 2003.

45. *Salomov X.T.* Mikrobiologiya asoslari. – T., 2002.

46. *Самуйленко А.Я., Рубан Е.А.* Основы технологии производства ветеринарных биолсгических препаратов. – М.: Россельхозакадемия, 2000.

47. *Сергеев В.А.* Вирусные вакцины. – Киев, «Урожай», 1993.

48. *Симаров Б.В.* Генетические основы селекции клубеньковых бактерий. – Л.: «Агропром», 1990.

49. *Тихонович И.А., Проворов Н.А.* Генетика симбиотической азотофиксации с основами селекции. – С.-Пб.: «Наука», 1998.

50. *Тромфименков В.Н., Ореовский В.И., Дубинина Т.П., Расницын А.С.* Физиологические, биохимические и инсектицидные свойства Bacillus thuringiensis var. israelensis. // «Биотехнология», 1990, №1.

51. *Tursunbayeva G., Mirxamidova P., Isabekova M.* Mikrobiologiya. Elektron darslik.

52. *Тутов И.К., Ситьков В.И.* Основы биотехнологии ветеринарных препаратов. – Ставрополь, 1997.

53. *Хитинс И. и др.* Биотехнология: принципы и применения. – М.: «Мир», 1988. С. 480.

54. *Шевелуха В.С. и др.* Сельскохозяйственная биотехнология. – М.: «Высшая школа», 2003. С. 416.

55. *Шлегель Г.* Общая микробиология. – М.: «Мир», 1987.

56. *Эрнест Л.К., Прокофьев М.И.* Биотехнология сельскохозяйственных животных. – М.: «Колос», 1995.

57. *Эшбоев Э. и др.* Микробиология. Т., 2003.

58. *Eshboyev E., Fayziyev Y., Nazarov N.* Mikrobiologiyadan amaliy mashg'ulotlar. – T., 2003.

MUNDARIJA

So'zboshi 3

Kirish 5

Mikrobiologiya va biotexnologiyaning qisqacha rivojlanish tarixi 11

I B O B. MIKROORGANIZMLARNING MORFOLOGIYASI VA ULTRASTRUKTURASI

1.1. Bakterial hujayraning kimyoviy tarkibi 27

1.2. Bakteriyalarning morfologiyasi va tuzilishi 29

1.3. Mikroorganizmlarning morfologiyasi (tashqi tuzilishi) 35

II B O B. MIKROORGANIZMLAR SISTEMATIKASI

2.1. Prokariotlarning sistematikasi 42

2.2. Viruslarning shakli, guruhlari va sistematikasi 50

2.3. Viruslarning kimyoviy tarkibi 53

2.4. Viruslar klassifikatsiyasi 54

III B O B. BIOTEXNOLOGIK JARAYONLARNING ENG MUHIM BIOKIMYOVIY ASOSLARI

3.1. Bakteriyalarning metabolizmi 58

3.2. Mikroorganizmlarda moddalar almashinuvi mexanizmi 60

3.3. Fermentlar va ularning moddalar almashinuvidagi roli 61
3.4. Oqsil almashinishi 62
3.5. Mikroorganizmlarning oziqlanishi va nafas olishi 63
3.6. Uch karbon kislotalar halqasi (Krebs halqasi) 66
3.7. Mikroorganizmlarning azot bilan oziqlanishi 73
3.8. Xemosintez jarayoni 77
3.9. Mikroorganizmlar ishtirokida yog'larning oksidlanishi 79
3.10. Mikroorganizmlar yordamida sut-kislotali, spirtli bijg'ish jarayonlari 81
3.11. Moy kislotali bijg'ish 93
3.12. Yog' kislotali va aseton butilli bijg'ish (Clostridium avlodiga mansub bakteriyalar qo'zg'atuvchi bijg'ish jarayonlari) 99
3.13. Fotosintez 109
3.14. Sayyoramizning fotosintetik mahsuldorligi 114
3.15. Fotosintez orqali qayta tiklanadigan o'simlik polimerlari 121

IV B O B. MIKROORGANIZMLAR GENETIKASI

4.1. Irsiyat va o'zgaruvchanlik 136
4.2. Mikroorganizmlardagi transformatsiya, transduksiya hodisalari ... 149

V B O B. MIKROORGANIZMLARNING TABIATDA TARQALISHI

5.1. Mikroorganizmlarga tashqi muhit omillarining ta'siri 155
5.2. Kimyoviy omillar 159
5.3. Biologik omillar 160
5.4. Suv mikroflorasi 161

5.5. Tuproq mikroflorasi 165
5.6. Havo mikroflorasi 168
5.7. Rizosfera bakteriyalari 169
5.8. Mikoriza 170

VI B O B. MIKROORGANIZMLARNING GEOLOGIK FAOLIYATI

6.1. Tuproq hosil bo'lishida mikroorganizmlarning ahamiyati 172
6.2. Oltingugurtning tabiatda aylanishi 175
6.3. Tion bakteriyalar 176
6.4. Temir bakteriyalari 177

VII B O B. TABIATDA AZOTNING AYLANISHI

7.1. Ammonifikatsiya jarayoni va mochevinaning parchalanishi 180
7.2. Nitrifikatsiya va denitrifikatsiya jarayonlari 184
7.3. Bakterial o'g'itlar 199
7.4. Azotobakterin va AMB preparati 200
7.5. Fosforobakterin 201

VIII B O B. MIKROORGANIZMLAR BIOKIMYOSI

8.1. Mikroorganizmlarda aminokislotalar, oqsillar, vitaminlar va boshqa birikmalarning sintezlanishi 203

IX B O B. PATOGEN MIKROORGANIZMLAR

9.1. Patogen mikroorganizmlar haqida umumiy tushuncha 207
9.2. Immunitet to'g'risidagi ta'limot 212
9.3. Antibiotiklar va fitonsidlar 217

X B O B. BIOTEXNOLOGIYA ASOSLARI

10.1. Biotexnoloiyaning hozirgi biologiya fanidagi o'rni va ahamiyati 220

10.2. Biotexnologiyaning obyektlari. Mikroorganizmlar va ular yordamida foydali moddalarning olinishi 235

XI B O B. GEN INJENERLIGI

11.1. Gen injenerligining moddiy asoslari 245

11.2. Gen injenerligining fermentlari 247

11.3. Rekombinant DNK hosil qilish metodlari 251

11.4. O'simliklar va hayvonlarda gen injenerligi 259

11.5. Transgen o'simliklarga genetik materiallarning ekspressiyasi 260

11.6. Hayvonlar gen injenerligi 265

XII B O B. HUJAYRA INJENERLIGI

12.1. Hujayra injenerligining moddiy asoslari 267

12.2. Protoplastlar kulturasini olish 269

XIII B O B. FERMENTLAR INJENERLIGI

13.1. Fermentlar injenerligining asosiy vazifalari 273

13.2. Tozalanmagan, kompleks ferment preparatlarining olinishi 275

13.3. Fermentlarni tozalash usullari 289

13.4. Fermentlarni immobillash va barqarorlash texnologiyasi 293

13.5. Fermentlarni immobillash metodlari 297

XIV B O B. HUJAYRALARNI IMMOBILLASH

14.1. Mikroorganizm hujayralarini immobillash 302
14.2. O'simlik hujayralarini immobillash 304
14.3. Atrof-muhitni muhofaza qilishda o'simlik va mikroorganizmlarning roli 306

XV B O B. SUVNI BIOLOGIK TOZALASH

15.1. Suvni tozalash usullari 311
15.2. Mikroorganizmlar yordamida biomassadan energiya olish, bioenergiya 313

Bakteriyalarning morfologik ko'rinishlari 317
Atamalar ro'yxati 324
Adabiyotlar 326

P. Mirhamidova, A.H. Vahobov,
Q. Davranov, G.S. Tursunboyeva

MIKROBIOLOGIYA VA BIOTEXNOLOGIYA ASOSLARI

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan oliy o'quv yurtlari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

«ILM ZIYO»
TOSHKENT — 2014

Muharrir *Sh. Rahimqoriyev*
Musahhih *S. Abduvaliyev*
Sahifalovchi *U. Vohidov*
Dizayner *D. O'rinova*

Litsenziya № AI-166, 23.12.2009-y.

2014-yil 28-avgustda chop etishga ruxsat etildi. Bichimi $60\times84^{1}/_{16}$.
Ofset qog'ozi. «Times» garniturasi. Shartli bosma tabog'i 21,0.
Nashr tabog'i 21,9. Adadi 500. Buyurtma № 39-1.

«ILM ZIYO» nashriyot uyi, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.
Shartnoma № 24/14.

«TAFAKKUR BO'STONI» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent shahri, Chilonzor ko'chasi, 1-uy.