

## СУДЫҢ БИОФОТОЛИЗ ЖҮЙЕСІН БАҒАЛАУ

Дюсенгалиева Айдана Жаксыбековна

Abilkhas@mail.ru

БТ-25 тобы студенті Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті Астана қ.  
Қазақстан  
Мұхтаров Әбілхас Қапизұлы – ғылыми жетекші, х.ғ.к., доцент

Биофототлиз - микроорганизмдердің көмегімен судан сутекті  $H_2$  және оттегін  $O_2$  алу үрдісі.

Тақырыптың өзектілігі. Отыз жылдан астам уақыт бұрын керемет жаңалық ашылған болатын. Егер біз хлорофилден тұратын мембраналарды алып, қоршаған ерітіндіге катализатор ретінде әрекет ететін ферменттерді (гидрогеназдарды) қосатын болсақ, онда сутегі мен оттегіге судың ыдырауы пайда болады. Алайда, сутегі өндірудің фотобиологиялық әдісі әлі күнге дейін зертханадан шыға алмай отыр.

Цианобактериялармен (көк-жасыл балдырлар) және жасыл балдырлармен жүргізілген тәжірибелер суды тікелей фототлиздеу арқылы сутегі мен оттегін құруға қабілетті екенін көрсетті. Бұл феноменге негізделген фотосинтез процесі табиғаттың гендік-инженерлік белсенділігінің нәтижесінде қалыптасты. Балдырлар сутегінің эволюциясы үдерісі гидрогеназ немесе азогеназ ферменттерінің қатысуымен өтеді.

Фотосинтетикалық бактериялар суды ыдыратуға қабілетсіз, бірақ жарықта көп мөлшерде сутегі (оттегі қоспасыз) немесе аммиак генерациялай алады. Ол үшін қарапайым органикалық және бейорганикалық субстраттар қажет [1].

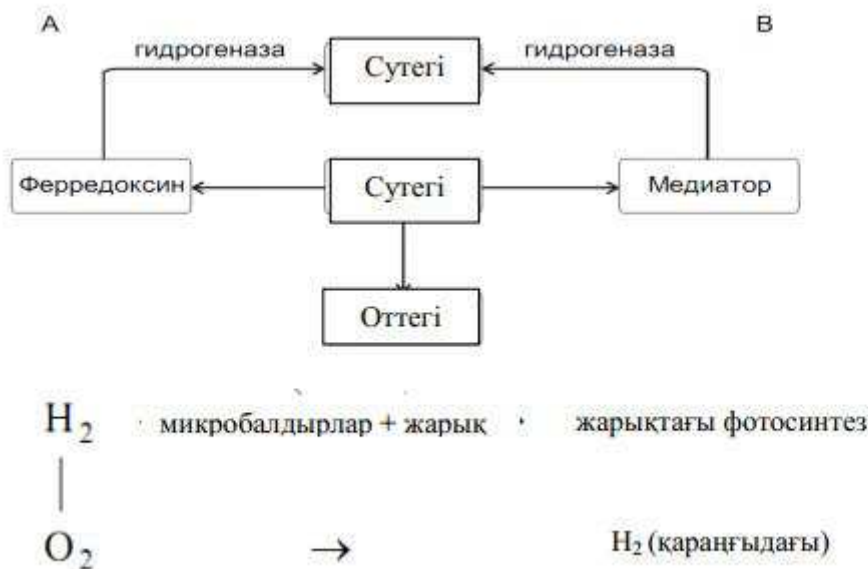
Жұмыстың мақсаты мен міндеттері:

Балдырлар арқылы биологиялық сутегін өндіру - балдырлардың сутектік өндіруіне негізделген жабық фотобиореакторлар арқылы жүзеге асырылатын биохимиялық суды бөлу процесін бағалау.

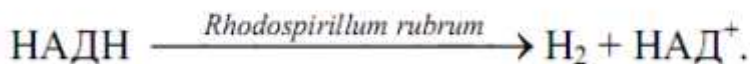
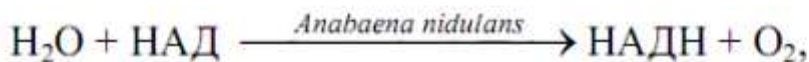
Жұмыс нысандары: Цианобактериялар (көк-жасыл балдырлар) және жасыл балдырлар.

Балдырлар сутегін босатудың нақты шарттары әлі күнге дейін белгісіз. Биологиялық құралдармен сутегін алу әдістерінің ішінде: бактериялық жасушалардың қатысуымен көмірсулар бар материалдарды анаэробты ашыту, микробалдырлар немесе цианобактерия жасушалары арқылы катализделген судың тікелей немесе жанама биофототлизі және т.б. Дегенмен, олар әлі де технологиялық даму сатысында тұр және төмен тиімділікпен ерекшеленеді.

Су биофототлизі жүйесін құру жұмыстары көөптеген елдерде қарқынды жүріп жатыр. Бұл әртүрлі жүйелердің пайда болуына алып келді. Жүйеде міндетті түрде екі элемент болуы тиіс: 1) су ыдырату жүйесін қосқандағы фотосинтездің электрон тасымалдау жүйесі; 2) сутегі түзу катализаторлары. Сутегі түзу катализаторлары ретінде бейорганикалық катализаторлармен (металл платина) қатар ферментативт катализаторларды да (гидрогеназа) қолдануға болады. Соңғылары еріген және қатқан кнйінде болуы мүмкін. Бірнеше сызбаларды (1-сызба нұсқа) қарастыратын болсақ: 1) өсімдік хлоропласттарынан, ферредоксин және бактериялық А гидрогеназасынан тұратын жүйелер); 2) фотосинтез балдырлары қолданылатын, хлоропласт, медиатор (аз молекулалы электрон тасымалдаушы) және бактериялық гидрогеназалардан тұратын жүйелер:



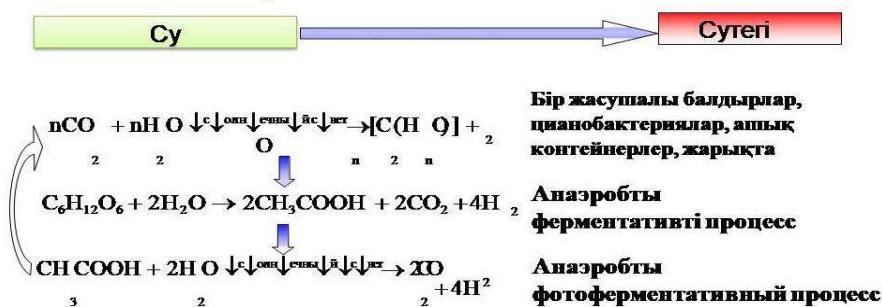
сондай-ақ бактериялық қозғалыссыз жасушалардан алу:



1-сызба-нұсқа. Катализатор ретінде гидрогеназа ферменті қолданылатын биофотолізінің сымзбасы

Мұндай биофотоліз жүйелері қолданылатын зертханалық тәжірибелер көрсеткендей, үрдіс тиімділігінің бірқатар бастапқы бағалар бар. Айталық, тәулігіне 106 Дж/м<sup>2</sup> күн қуатын жұмсайтын (100 Вт/м<sup>2</sup>) жүйе тәулігіне 90 л H<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> өндіре алады, бұл 400 Дж қуат мөлшеріне барабар. Гидрогеназалар негізінде кез-келген өсімдік тектес фотожүйе сутегі түзе алады. Бұл зерттеулердің мақсаты табиғи балдырлар немесе бактериялық-өсімдік жүйелер негізінде әрекет ететін, толығымен жасанды жүйелерді құру болып табылады. Мұндай жүйелерде гидрогеназа орнына FeS типті катализаторды, ал хлоропласттардың орнына –хлорофилл дәрмегін, сондай-ақ судан оттегіні бөліп алып, протондар мен электрондарды босату үшін марганец катализаторын қолдануға болады.

### Тікелей емес биофотоліз

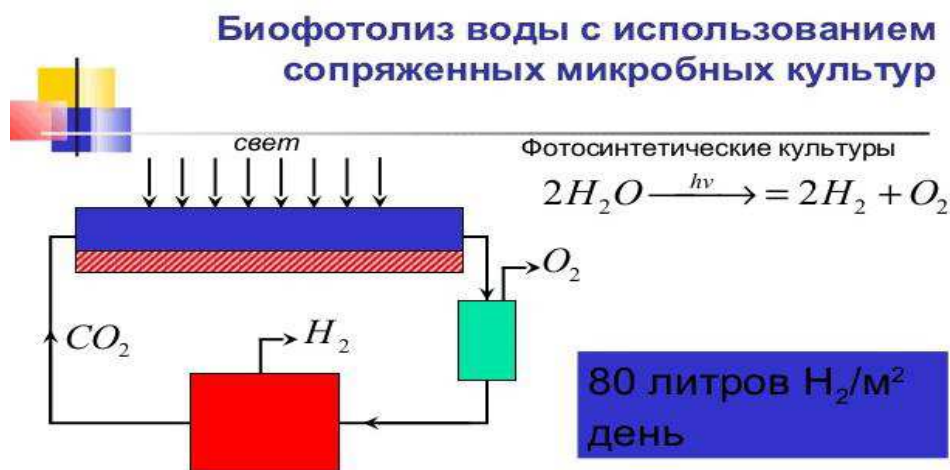


Сутегі алудың биокатализдік жүйесі әлі күнге дейін көзге көрінетін сәулемен жұмыс істейтін бір кезеңді жүйенің жалғыз мысалы. Бұл өте бағалы жүйе, өйткені сарқылмайтын қуатпен (күн қуаты) және сарқылмайтын шикізатпен (су) жұмыс істейді, экологиялық таза және калориясы жоғары қуат тасымалдағышты –сутегіні бөліп шығарады. Мұндай жүйелерді

қарқынды жетілдіру арқылы күн қуатын сутегіге айналдыру үрдісін жаңа деңгейге көтеруге болады [1-3].

Перспективалық және жасақталатын бағыттар –хемосинтездеуші және фотосинтездеуші ағзалардың өсуші микробтық популяциялары негізінде сутегі алу. Хемотрофты микроағзалардың арасында сутегі түзуші ретінде арзан, қолжетімді субстраттарда өсетін микроағзалар қызықтырады. Мысалы, түрлі органиканы ашытатын *S. perfringens*, клостридия дақылы 10-литрлік аппаратта сағатына 23 л  $H_2$  өндіре алады. Мұндай негізде ірі ауқымды жүйені құру қиын емес, өйткені клостридияларды пайдаланып, ацетобутил ашыту үрдістері жасақталып, өндіріске енгізілген. Ашыту үрдістеріндегі кейбір энтеробактериялар сутегі түзе алады, алайда үрдістің бұл жағдайдағы тиімділігі қолданылатын субстрат қуатының 33%-нан аспайды. Осылайша органиканы ашытып, сутегі алуда хемотрофтарды қолдану биометаногенез үрдісімен салыстырғанда қымбатқа түсейін деп тұр. Фототрофты микроағзалар оларға қарағанда тиімдірек, өйткені олар сутегіні күн қуатын пайдаланып, түзеді, демек, кнн радиациясының тиімділігін арттыруға болады. Сутегіні кейбір алқызыл бактериялар, мысалы, *Rh. Capsulat* кейбір штаммдары қарқынды түзе алады, сағатына 150–400 мл құрғақ затқа дейін. Субстраттар ретінде алқызыл бактериялар түрлі органикалық қосылыстарды қолданады, оларды ыдыратып, көмір қышқылы мен сутегіні түзеді. Мысалы, 1 г лактатты ыдыратқанда алқызыл бактериялар 1350 л дейін сутегі түзе алады. Сол кездегі жарық конверсиясының тиімділігі 2.8 % жетеді (бактериялар жарықты 800–900 нм шамасында жұтады, кейбір түрлері –1100 нм дейін, яғни басқа фотосинтездеуші ағзалар пайдаланбайтын инфрақызыл сәулелерді жұтады). Тағы бір маңызды жайт - алқызыл бактериялардың органикалық қосылыстардан басқа, тиосульфат және басқа күкірттің қалпына келтірілген қосылыстарын пайдаланып, сутегі түзуге қабілеттілігі. Субстрат ретінде көңді, басқа да 32 қалдықтарды қолдануға болады. Сол кездегі сутегінің өнімділігі жылына 50 кг  $H_2/m^2$  құрайды.

Микробиологиялық жолмен сутегі алудың тиімді жолы - суды биофотоллиздеуге қабілетті, яғни фотосинтез кезінде электрондардың доноры ретінде су электрондарын қолданатын фототрофты ағзаларды қолдану (1-сурет).



1 сурет. Сутегінің анаэробты өндірісі

Бұл тұрғыдан алып қарағанда аэробты жағдайда жарықта сутегі түзіп, оттегіні де бөліп шығаруға қабілетті азот жинақтағыш цианобактериялар ерекше қызықтырады. Цианобактериялар дақылында 30–40 мл  $H_2/сағ \cdot г$  АСБ жылдамдығымен сутегі бөлінетіні анықталған. Жасанды жарық кезінде күн қуатын пайдалану тиімділігі 1.5–2.7 % және табиғи жарық кезінде –0.1–0.2 %. Яғни нәтижелері ойдағыдай. Фотосутегі алу үшін цианобактериялардың лиофилизделген жасушаларынан, алқызыл бактериялардан, цианобактериялар мен балдырлардан, т.б. тұратын әртүрлі көп құрамды био жүйелер қарастырылуда. Екі құрамды бөліктен тұратын сутегі түзу жүйесіне *Rhizobium* азот

жинақтағыш бактериялары бар бұршақ тұқымдас өсімдіктері жатады. Осыған ұқсас симбиотикалық бірлестікке Azolla су қырықбуыны мен цианобактериялардан тұратын жүйені жатқызуға болады. Алайда мұндай жүйелерді практикаға енгізуге әлі ертерек [2,3].

### **Қорытынды**

Сутегі алу мәселесі бірқатар өнеркәсіптік салалардың, соның ішінде энергетиканың басты мәселелерінің бірі. Сутегі қазіргі қуат тасымалдағыштардан (мұнай мен табиғи газдан) асып түсіп, келешектегі басты қуат тасымалдағыш ретінде қарастырылады. Сутегінің жылу бөлу қасиеті өте жоғары (28.53 ккал/кг), бензиннен 2.8 есе артық. Сутегі тасымалдауға жеңіл, әртүрлі күйде оңай жинақталады, газ түрінде зиянсыз, жылу өткізгіштігі жоғары, әртүрлі күйдегі шұбаландығы төмен. Алайда басты артықшылығы –экологиялық тазалығы, жанғанда судан басқа ештеңе бөлінбейді. Сарапшылардың болжамдары бойынша, келешектегі энергетикалық жүйе «сутегілік» болады, яғни тек екі қуат тасымалдағышты пайдалануға негізделеді – электр қуаты мен сутегіні –олар тасымалдауға және өнеркәсіптік технологияда қолайлы. Болашақта ірі ауқымды сутегі өндірісін қолға алу үшін ғылым сутегі алудың үнемді, экологиялық залалсыз жолдарын қарастыруы тиіс, ауыр элементтердің бөліну қуаты, термоядролық синтез және күн қуаты сияқты бастапқы қуат көздерін пайдаланған жөн. Күн қуатын пайдалану мәселесі соңғы кездері көп зерттелуде. Бұл отын қорының түгесілу қаупіне, қоршаған ортаның ластану мәселелеріне байланысты, өйткені ауа және су бассейнін жылумен және химиялық жолдармен ластаушы салалардың бірі. Жерге түсетін күн қуатының мөлшері барлық қосалқы қуаттардан артық. Күн қуатының 0.1–0.2 % ғана жасыл өсімдіктер жұтып алады, фотосинтез үрдісінде түзілген өнімдердің 1%-ын ғана адам азығына пайдаланады. Сондықтан күн қуатын тиімді пайдалану міндеті уақыт өткен сайын өзектеліп келеді. Қазіргі ғылым бұл міндетті шешудің биологиялық бағыттарын қарастыруда. Әсіресе сутегіні күн қуатын пайдаланып, судан алу арзан жолы болып есептеледі. Дүниежүзілік мұхиттағы су қоры 1.3.10<sup>18</sup> т құрайды, яғни өте ауқымды.

### **Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**

1. Нетрусов А.И., Карякин А.А., Тепляков В.В., Шалыгин М.Г., Воронин О.Г., Абрамов С.М., Шестаков А.И., Нетрусов А.И., Шалыгин М.Г., Тепляков В.В. - Превращение органических отходов сельского хозяйства в топливо для альтернативной энергетики. Хранение и переработка сельхозсырья. 2010, 95-115с.
2. Садрадинова Э.Р., Митрофанова Т.И., Шестаков А.И. - Основы технологии микробиологической конверсии органических целлюлозосодержащих отходов в электроэнергию через промежуточное образование биоводорода. Катализ в промышленности, 2010, 139-179с.
3. Нетрусов А.И., Тепляков В.В., Зенькевич В.Б., Модигель М. - Мембранные биореакторы для получения горючих газов. Мембраны, 2007, 49-57с.