әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті.
Биология және биотехнология факультеті
Биотехнология кафедрасы

Фототрофты микроорганизмдер биотехнологиясы
пәні

ФОТО- ЖӘНЕ ГЕТЕРОТРОФТЫ МИКРООРГАНИЗМДЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН БИОЭНЕРГЕТИКА. ШИКІЗАТТЫ ӨҢДЕУДІҢ БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІ

Дәріскер: Какимова Ардак Болатовна

Алматы 2026

Адамзат қоғамының даму тарихында бір адамға энергияны тұтыну 100 еседен астам өсті. Әр 10-15 жыл сайын энергияны тұтыну деңгейі екі есеге артады.

Сонымен бірге дәстүрлі энергия көздерінің - мұнайдың, көмірдің, газдың қорлары таусылуда.

Пайдалы қазбалардың жануы қоршаған ортаның ластануының артуына әкеледі. Сондықтан энергияны экологиялық таза технологиялармен алу өте маңызды болады.



балдырларды пайдалану өзектілігін төмендегі факторлар ынталандырады:

1. мотор майы өндірісі (бензин, дизель және авиация);
2. өнеркәсіптік және энергия өндіруші кәсіпорындардан артық CO2 шығарындыларын сіңіру және оны мотор отынына және басқа да бағалы өнімдерге айналдыру;
3. балдырларды анаэробты өсіру арқылы бағалы отын (метан) өндірісі;
4. мұнай химиясында этиленнен өндірілетін және үлкен шығындармен жүретін қосылыстардың түзілуі (α-спирттер, α-олефиндер, полиакрилаттар және біріншілік аминдер);
5. ағынды суларды тазарту қондырғыларында улы химикаттар мен CO_2.шығынын азайту үшін.

Биоэнергетика - организмдердің тіршілік әрекеті процесіндегі энергияның түрлену механизмдерін, сонымен бірге биосферадағы энергиямен байланысты барлық процестерді зерттейтін ғылым.

Биоэнергетика энергияның көп мөлшері бар органикалық көздерді пайдалануға негізделген.



Биоотын өндірісінде негіз ретінде қолданылатын өсімдіктердің жаңартылатын көздері 3 буынға жіктеледі:

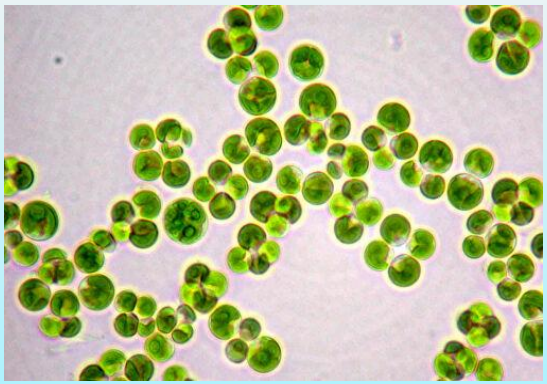
1 - құрамында липидтер мен көмірсулардың (крахмал, қант) жоғары мөлшері бар ауылшаруашылық дақылдары



2 - өсімдіктердің жарамсыз қалдықтары, шөп және ағаш целлюлозасы, ағаш өңдеу өнеркәсібінің қалдықтары, сабан



3 – микробалдырлар



1-ші ұрпақты биоотын

Липидтерді биодизельді отынның аралас компоненттері ретінде қолданылады, ал крахмал мен қант биоэтанол түзудің негізгі шикізаты болып табылады.



тығыздау → өсімдік майын алу → биодизель алу



крахмал алу → ашыту → биоэтанол

Кемшіліктері:

- үлкен жер аудандарының қажеттілігі
- қосымша жер өңдеу қажеттілігі (ұрықтандыру, пестицидтермен өңдеу)

шығындарға және өндіріс шығындарының жоғарылауына әкеледі

2-ші ұрпақты биоотын

Өсімдіктердің жарамсыз қалдықтары, жеуге жарамсыз өсімдіктер (тары, ятрофа), шөп пен ағаш целлюлозасы, ағаш өңдеу өнеркәсібінің қалдықтары, сығылған жемістердің целлюлозасы және сабан кіреді.

Пиролиз арқылы жану және жанғыш газдарға айналу процедуралары өтетін лигнин мен целлюлозаның көп мөлшеріне байланысты арзан болып келеді.

Кемшіліктері:

- аудан бірлігіне байланысты тиімділігі төмен
- өсімдіктерді өсіруге арналған үлкен алаңдардың қажеттілігі
- өндірістің жоғары энергия шығыны

2-ші ұрпақты биоотын

Технологиясы бірнеше кезеңнен тұрады:

биомассаны арнайы өңдеу

одан газ тәрізді өнімдер алу

газды тазарту

қоспаны сұйық отынға өңдеу

оларды көміртегі оксиді мен сутектің біртекті қоспасына айналдыру

Осылайша, зауыттың шикізатын қайта өңдеу өнімдері қарапайым компоненттерге ыдырайды, содан кейін оларды сапалы, қоспасыз отынға синтездеуге болады.

2-ші ұрпақты биоотын

Микробалдырларды қолданудың тиімділігі:

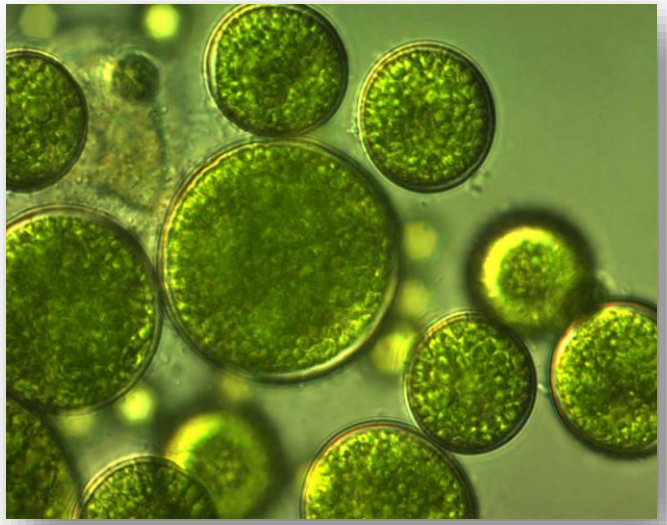
- дақылдың жоғары өсу қарқындылығы
- жыл бойғы өндіріс
- липидтердің көп мөлшерін жинау мүмкіндігі (80% дейін)

→ Қазба-энергетикалық шикізатты микроскопиялық балдырлардың биомассасымен алмастыру перспективті болып келеді.

Микробалдырлардың биомассасы - бұл балдырлардың тіршілік ету кезеңінде түзілетін жалпы массасы.

→ Ол дымқыл немесе құрғақ массаның санымен көрсетіледі (кг/м^2; кг/га; кг/м^3 және т.б.).

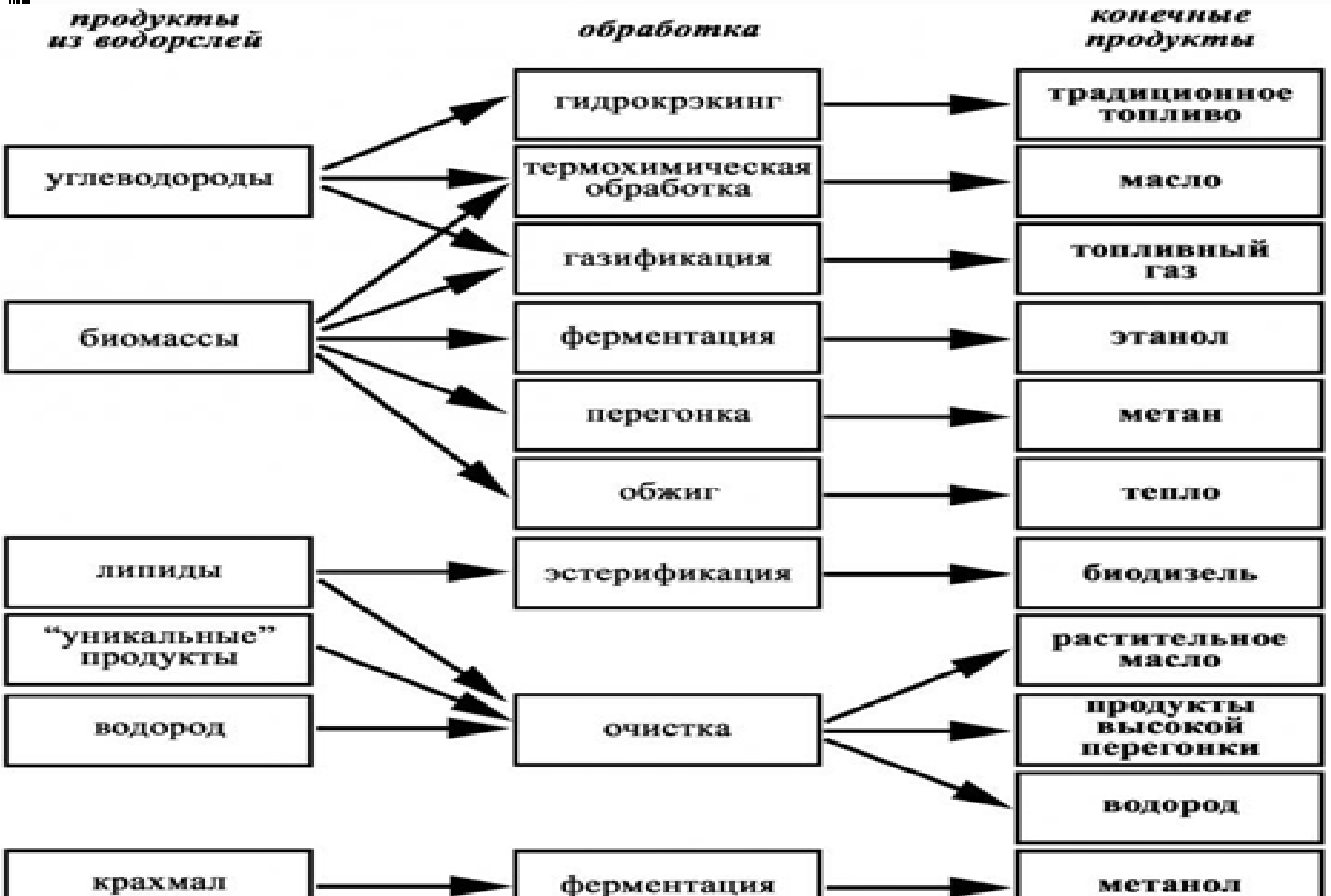
Микробалдырлар - бұл фотосинтездеу және күн сәулесінің энергиясын көмірқышқыл газы мен суды органикалық заттарға айналдыру үшін (майлар, крахмал және т.б.) өмірлік процестерге қажетті және энергия көзі қызметін атқаратын организмдер.



Микробалдырлардың бірнеше жаңартылатын биоотынды синтездеу мүмкіндігі бар:

- анаэробты ашыту кезінде түзілетін метан
- микрогалоген майынан алынған биодизель
- фотобиологиялық өндірілген биосутегі

Микробалдырлар биомассасынан жартылай өнімдерді, биоотынды және бағалы органикалық заттарды алудың толық схемасы



Микробалдырлардың артықшылықтары:

- көмірқышқыл газын сіңіру мүмкіндігі;
- отын өндірісінде маусымдық болмау (жыл бойына қажетті мөлшерде шикізат алу);
- өсірудің салыстырмалы қарапайым технологиясы (технологиялық жағынан қарапайым жабдық);
- ағынды суларды қоректік заттардың көзі ретінде пайдалану мүмкіндігі (азот, фосфор және т.б.);
- өңдеу егіс емес жерлерде жүзеге асырылады (ауылшаруашылық дақылдары үшін жерлерді үнемдеу);

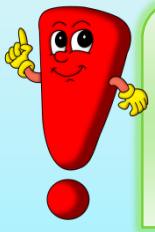
Микробалдырлардың артықшылықтары:

Бір уақытта құнды өнімдерді (астаксантин, β-каротин, хлорофилл, фикоцианин, глицерин және т.б.) алу арқылы өнімнің өзіндік құнын төмендету мүмкіндігі;;

бір уақытта құнды өнімдерді (астаксантин, β-каротин, хлорофилл, фикоцианин, глицерин және т.б.) алу арқылы өнімнің өзіндік құнын төмендету мүмкіндігі;

энергетикалық қанықтылық (жоғары энергетикалық мүмкіндікке ие);

өнімділігі және өнгіштігі жоғары

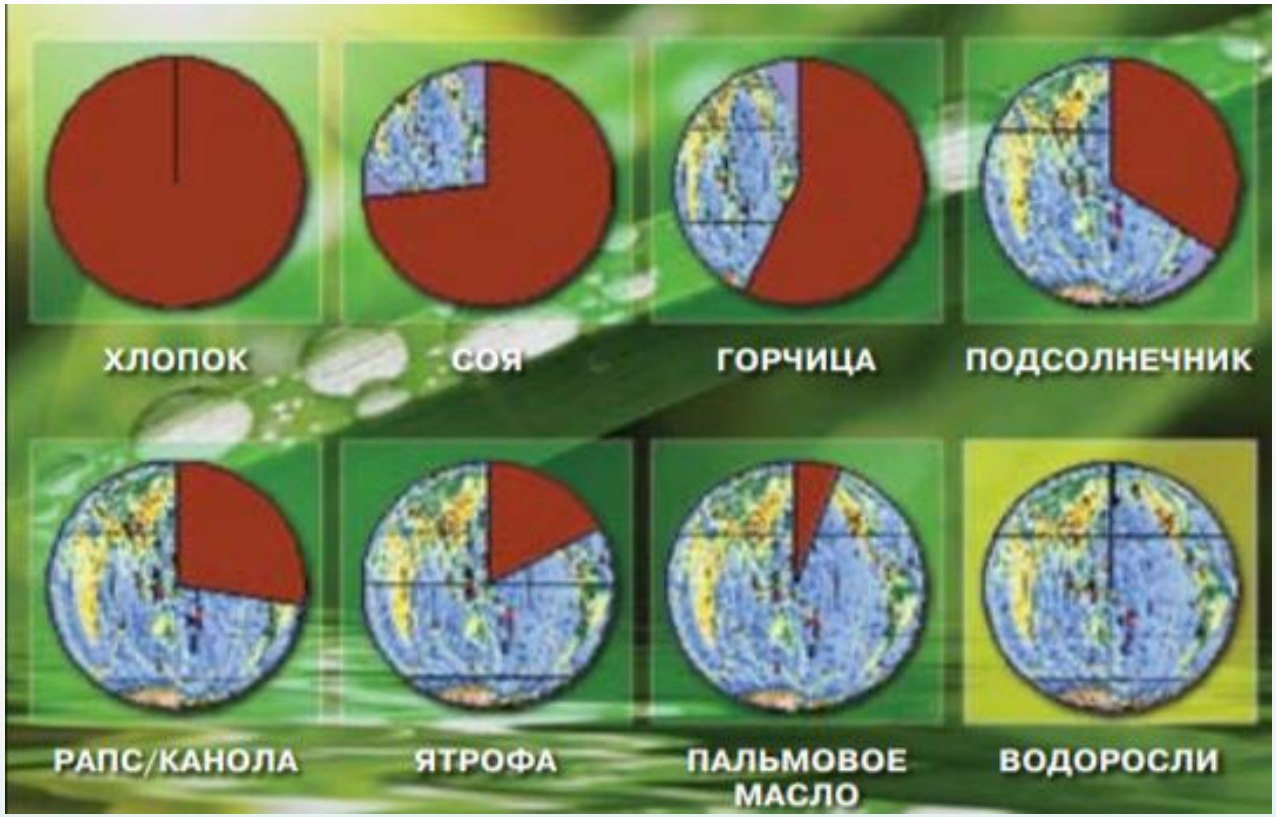


Биомассаны геометриялық ұлғайту қабілетіне ие генетикалық түрлендірілген балдырлар бар.

Майлы дақылдардағы меншікті май және энергия мөлшері
(дақылдардың орташа майлы энергия мөлшері 35,5 кДж / г құрайды)

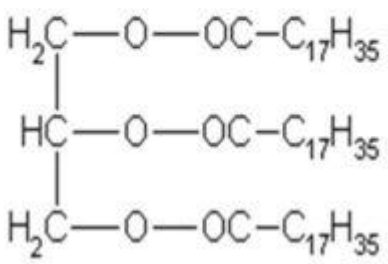
Дақылдар	Майдың үлес салмағы (л / га * жыл)	Меншікті энергия мөлшері (МВт / га)
Соя	446	4
Күнбағыс	952	9
Рапс/канола	1190	11
Кастор тұқымдары	1413	12
Ятрофа	1892	18
Кокос жаңғағы	2689	25
Пальма майы	5950	55
Қытай ағашы (Китайское сальное дерево)	6527	61
Балдырлар (триацилглицеридтің мөлшері 15% болғанда 10 г/кв М*күн)	11204	104
Балдырлар (10%/кв. М*күн, 50% триацилглицеридтермен)	100000	931

Мұнай дизелын өсімдік дақылдарынан алынған биодизельмен алмастыруға арналған егіс алаңы



Мақта майынан дизельді алу үшін жер шарының барлық бетіне егу қажет болады. Балдырларды қолданған жағдайда бірдей көлемдегі дизельді алу үшін суретте әрең көрінетін аймақ қажет.

Триглицерид



Балдырлардың кейбір өкілдеріне тән **триглицеридтердің** (өсімдік майының негізі) жоғары концентрациясы, бұл биоотынның жоғарылауына ықпал етеді.

Биоотын өндіру үшін микробалдырларды қолдану белгілі бір қиындықтармен шектеледі:

- биомасса жиынтығы
- кептіру
- май өндіру

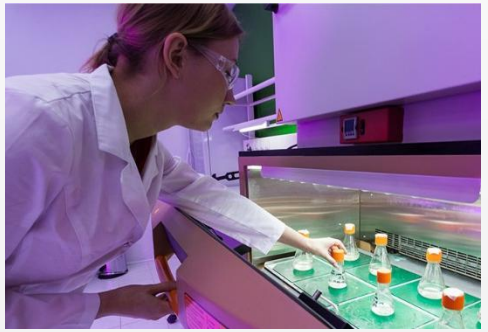
аквакультураны өнеркәсіптік өндіріске пайдалануға кері әсер етеді

Микробалдыр дақылдарын пайдалану жөніндегі зерттеулер мыналарға бағытталған:

- өндірістік талаптарға сәйкес келетін микробалдырлардың штамдарын іздеу;



- биомассаның максималды синтезі мен липидті өндірудің оңтайлы жағдайларын анықтау мақсатында зат алмасу ерекшеліктерін зерттеу;

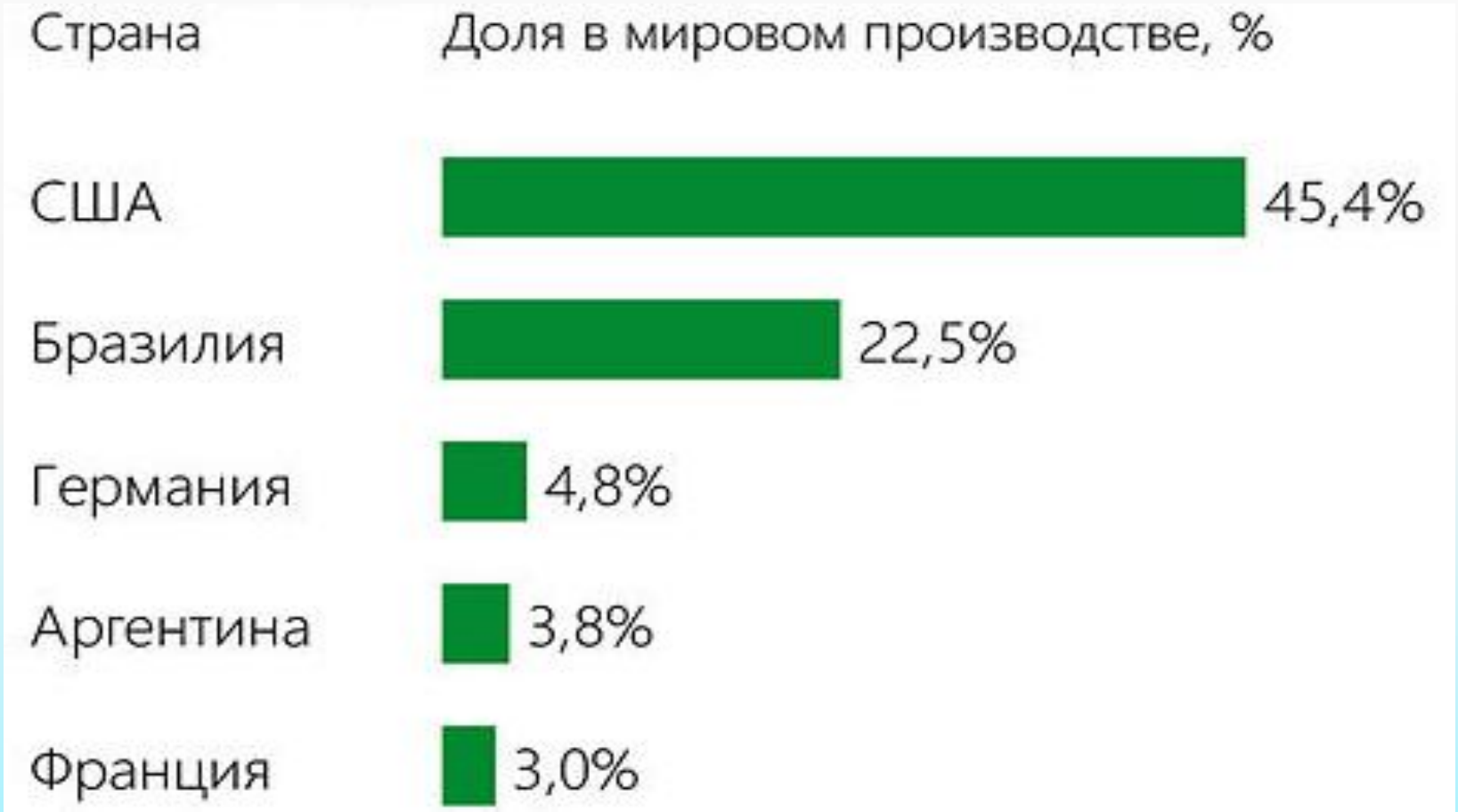


- биомасса мен липидтердің жоғары өнімділігін қамтамасыз етуге, ластанудың болмауына және биомассаны қоректік ортадан бөлу кезінде шығынды азайтуға қабілетті, алынған шикізатты өңдеу технологиясы мен өңдеу режимін әзірлеу.



Әлемдегі зерттеулер

Көптеген елдерде (АҚШ, Испания, Португалия, Голландия, Жапония, Жаңа Зеландия, Германия) балдырларды қолдана отырып биоотын алуға арналған әзірлемелер мен жобалар бар.



Әлемдегі зерттеулер

Бавария ғалымдары биогаз түзудің циклдік процесін жасады:

биомасса шығаратын көмірқышқыл газы

фотосинтез процесіне қатысады

Алынған биогаз негізінен метан болып табылады.

Оны үйге табиғи газ жеткізетін немесе электр қуатын өндіруге пайдаланылатын газ құбырларына жіберуге болады.

Әлемдегі зерттеулер



Solazyme компаниясы (АҚШ) балдырлардың штамдарын құрды, сонымен қатар оларды өсіру технологияларын жасады.

Қоректік ортаға көміртегі көзі ретінде қант қосылады



Штамдарды болат ыдыста культивирлейді

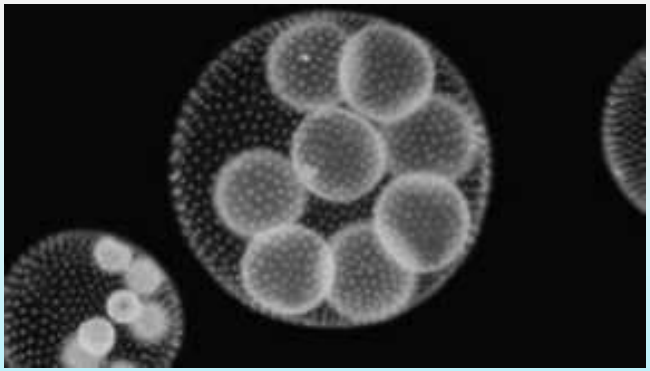
~~жарық~~

мұнайй тәрізді сұйықтықтың түзілуі

Биоэтанол өндірісі Бразилия зауытында құрылды.

Жоба ***See Algae Technology*** (австриялық өнеркәсіптік балдырлар өндірісіне арналған жабдықтар өндірушісі) мен JB (Бразилияның жетекші этанол өндірушісі) арасындағы ынтымақтастықтың нәтижесі болып табылады.

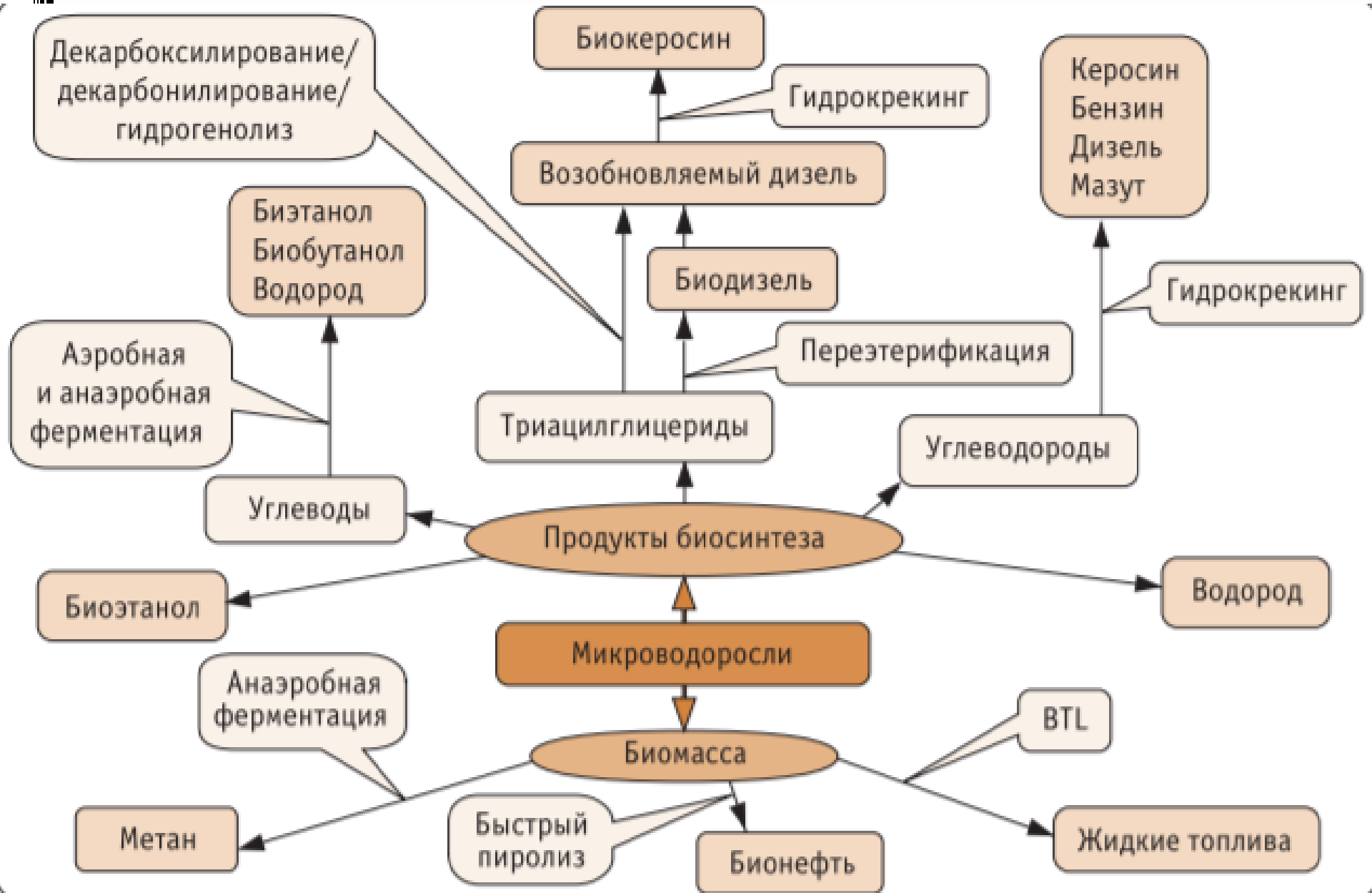
Өндірушілер - фотоавтотрофты микроскопиялық балдырлардың ерекше түрлері.



Биоотын өндірушілер

Күн сәулесі биореакторларға оптикалық талшықтар жүйесі арқылы енеді, ал қалдықтарды жағудан шыққан түтін газдары көмірқышқыл газының көзі ретінде енгізіледі.

Микроскопиялық балдырлар көмегімен алынған қосылыстар



Микроскопиялық балдырлардың биомассасынан отын алу әдістері:

микробалдырлар сығындыларын (*липидтер, көмірсулар*) биоотынға (*биодизель, биоэтанол*) айналдыруға негізделген әдістер мен әдістер.

балдырларды өмір сүру барысында отын молекулаларын (этанол, сутегі, метан, алкандар) түзуге пайдалану.

тұтас балдыр биомассасын биоотынға айналдыратын технологиялар.

Қазіргі кезде зерттеулер қалдықсыз технологияларды дамытуға бағытталған:



Биодизель өндірісі үшін микроскопиялық балдырларды қолданудың болашағы жоғары **липидті** құрамымен сипатталады..

Балдырлар липидтері - жоғары **қанықпаған май қышқылдары.**

Жалпы липидтердің мөлшері түріне және өсу жағдайларына байланысты кең ауқымда (2-ден 75% -ға дейін) өзгереді.

Майдың ең төменгі мөлшері көк-жасыл балдырларда байқалады (*Anabaena* және *Oscillatoria*) - 2%, *Spirulina* ол 6-7% жетеді,

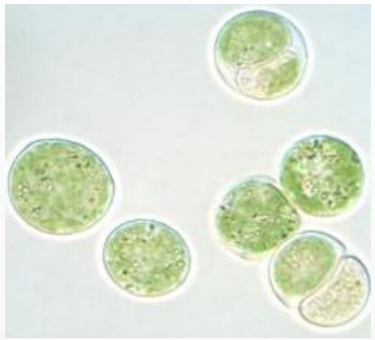
ал максимум диатомаларға тән - 35-44С

Жасыл балдырлардың әр түрлі түрлерінде май мөлшері құрғақ салмағы бойынша 2-ден 75% -ға дейін, хлорококкты балдырларда - 51-78%, эвгленада - 10-20% құрайды.

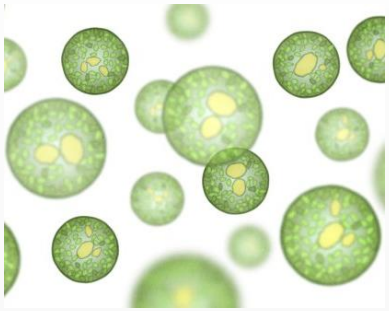
Микроскопиялық балдырлардың әр түріндегі липидтердің мөлшері (құрғақ салмақтың, %)

Микробалдырлар	Липид мөлшері,% құрғақ салмақ
Botryococcus braunii	25-75
Chlorella sp.	28-32
Crypthecodinium cohnii	20
Cylindrotheca sp.	16-37
Dunaliella primolecta	23
Nannochloris sp.	20-35
Nannochloropsis sp.	31-68
Nitzschia sp.	45-47
Neochloris oleoabundans	35-54
Phaeodactylum tricornutum	20-30
Schizochtrium sp.	50-77
Tetraselmis suecica	15-23

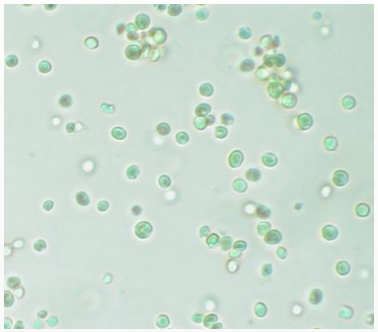
Липид өндіретін балдырлардың ең перспективалы түрлері



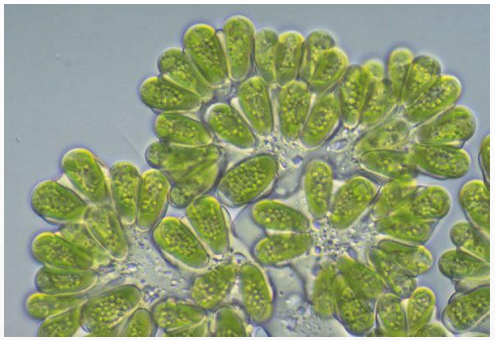
Chlorella sp.



Neochloris oleoabundans



Nannochloropsis sp.

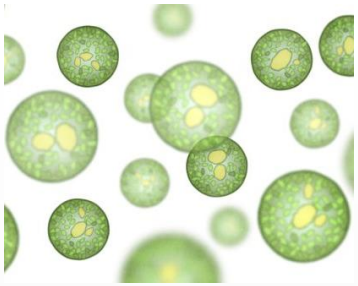


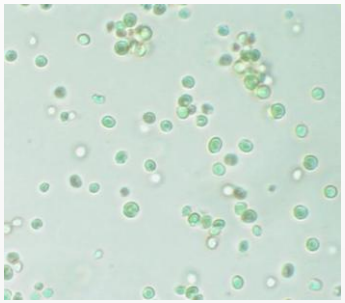
Botryococcus braunii

20% -дан 85% -ға дейін липид жинауға қабілетті

Өсіру әр түрлі құрылымдағы биореакторларда жүргізілетін өндірістік жағдайда майдың жоғары өнімділігіне қол жеткізу мүмкін емес.

Түзілген липидтердің мөлшерін «стресстік» жағдайда (азоттың немесе басқа қоректік заттардың жетіспеушілігімен) балдырларды өсіру арқылы көбейтуге болады.



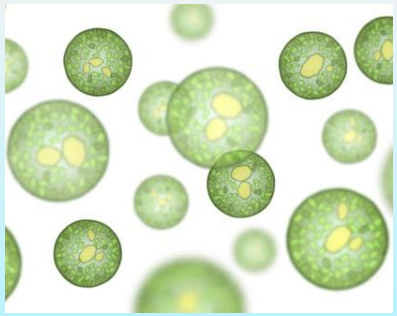


Nannochloropsis sp.

майлардың көп мөлшерін жинауға қабілетті

биодизель өндірісі үшін перспективалы шикізат

Азоттың деңгейі балдырлардың биомассасында майлардың жиналуында маңызды рөл атқарады:



N. oleoabundans

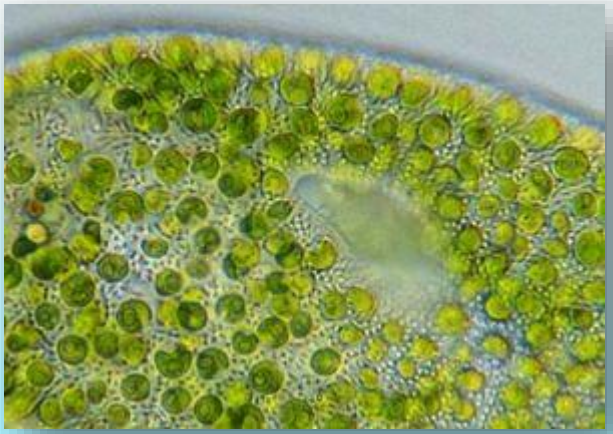
NaNO3

майдың жинақталуының ең жоғары деңгейі 3 мм-де, ал биомассаның максималды шығымы 10 мм-де байқалды.

Қоректік орта құрамының жасушалардың биохимиялық құрамына әсерін зерттеу (Г.Л. Клячко-Гурвич және В.Е. Семененко):

Құрамында азотты заттар жоқ, ***Chlorella pyrenoidosa*** жасушалары фотосинтетикалық белсенділікті сақтайды; сонымен қатар липидтердің синтезделуіне байланысты құрғақ биомассаның өсуі байқалады, оның 75% -ы май қышқылдары болды.

Стрессті культивациялау кезінде олеин қышқылының концентрациясының жоғарылауына байланысты липидтердің өсуі орын алады.



Chlorella pyrenoidosa

Қалыпты өсу жағдайында және азотқа тапшы жағдайында *Chlorella pyrenoidosa* липидтеріндегі май қышқылдарының сандық құрамы

Қышқыл атауы	Формула	Құрамы, % масс.	
		Қалыпты дақыл	Азотқа тапшылық
Пальмитикалық	16:0	23,5	18,0
9-гексадеценді	16:1	2,5	1,5
7,10-гексадекатриенді	16:2	12,0	3,8
7,10,13-гексадекатриенді	16:3	11,1	5,0
Стеаринді	18:0	0,6	3,0
Олеинді	18:1	3,9	43,2
Линолді	18:2	21,0	11,0
Линоленді	18:3	24,2	13,7

Өсу жағдайына байланысты микробалдырлар өніп шығады:

α-линолен қышқылы (АЛҚ)

γ-линолен қышқылы (ГЛҚ)

Жасушалардағы микробалдырлардың саны 0,1-ден 14,2% -ке дейін өзгереді.

Максималды мазмұн *Anabena spiroides, Dunaliella tertiolecta, Chlorella* және *Stichococcus sp.* және 25,2-43,5% жетуі мүмкін.

Линолен қышқылының мөлшері 10-дан 40% -ға дейін болуы *Spirulina platensis, Isochrysis galbana және Dunaliella tertiolecta* үшін тән.

Chlorella vulgaris балдырларының биомассасын кешенді пайдалану технологиясы келесіден тұрады:

Стационарлы өсу фазасына жеткенше штамды 8 күн өсіру

Стресстік жағдайларды құру (азот жетіспейтін подстанцияға трансплантациялау)

Культивирлеу

5 күн

Биомасса жасушаларын суспензиядан бөлу

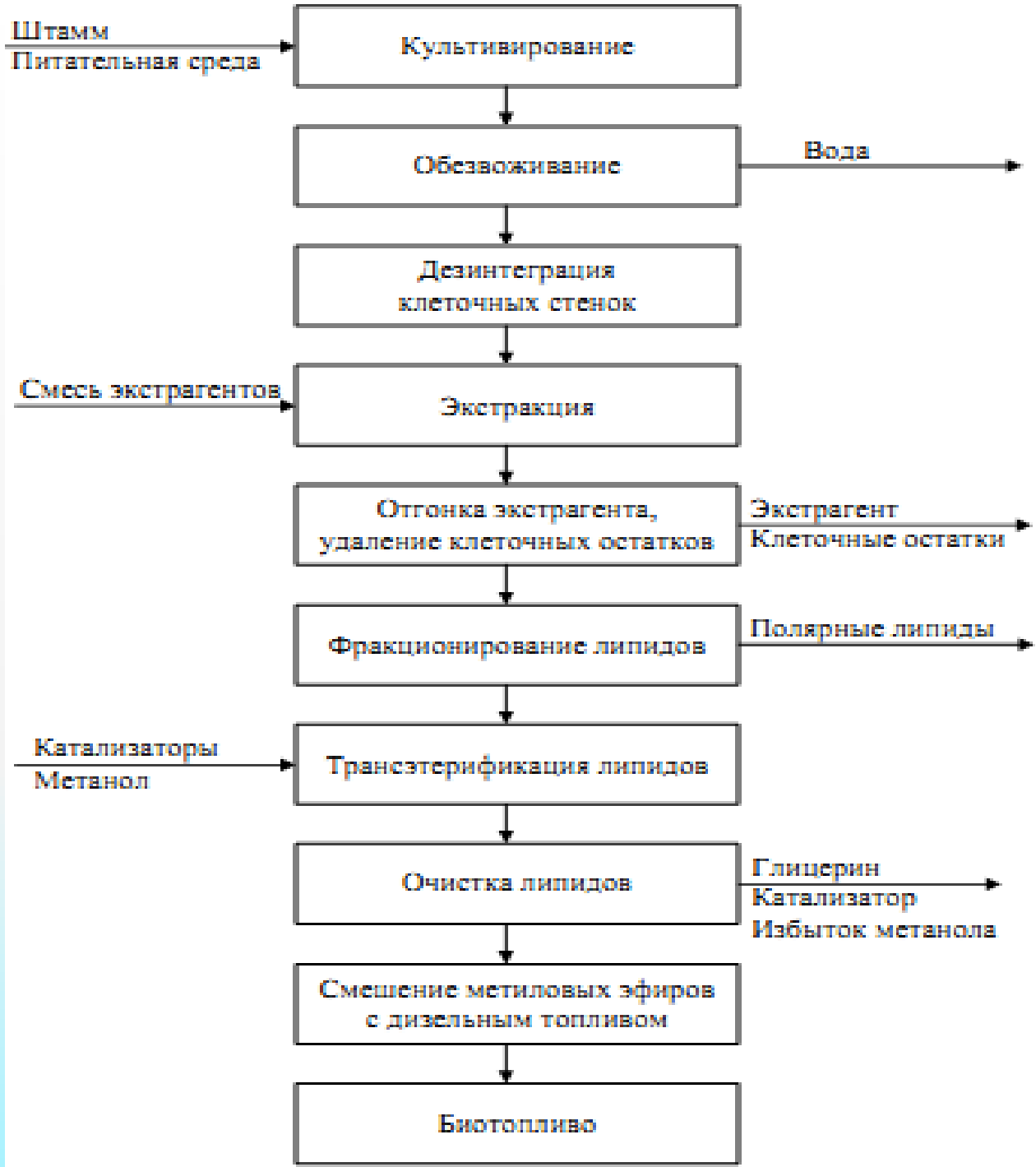
Жасуша қабырғаларын бұзу

Липидтерді полярлы және полярлы емес еріткіштер қоспасымен бөліп алу (2-3 сағ)

Фосфолипидтер полярлы еріткіш фракциясында, ал триглицеридтер полярлы емес болады

Биоотын өндірісі

Биомассадан биоотын алу схемасы *Chlorella vulgaris*



Биодизель



жаңартылатын биологиялық ресурстарды этерификациялау кезінде алынған май қышқылдарының моноалкил (метил немесе этил) эфирлерінің қоспасы

дизель отынының бірегей алмастырушысы болып табылады



Өсімдік майларынан алынған отын мөлшері дизель отынының аз бөлігін жабуға жеткіліксіз.

Бұл мәселені шешу үшін микро- және макробалдырлардың биомассасында болатын майларды қолдану өте маңызды. 1970-1990 жылдары жүргізілген зерттеулер оларды биодизель өндірісі үшін қолданудың перспективалық сипатын дәлелдеді.

Әлемде балдырларды ашық тоғандарда (ыстық климатта), электр станциялары жанында орналасқан шағын биореакторларда өсіру технологиялары бар.





Ақш-та күн батареясына ұқсас өсіру жүйесі балдырларды пайдаланып дизель отынын алуға арналған. Мұндай жүйеде плиталар арасына аквамәдениеті бар сулы ерітінді орналастырылады.



Биодизельді өндірудің тағы бір әдісі көптеген шыны құбырлардан тұратын зауытқа негізделген.

Құрылғы арнайы қоректік ортамен қамтамасыз етілген.

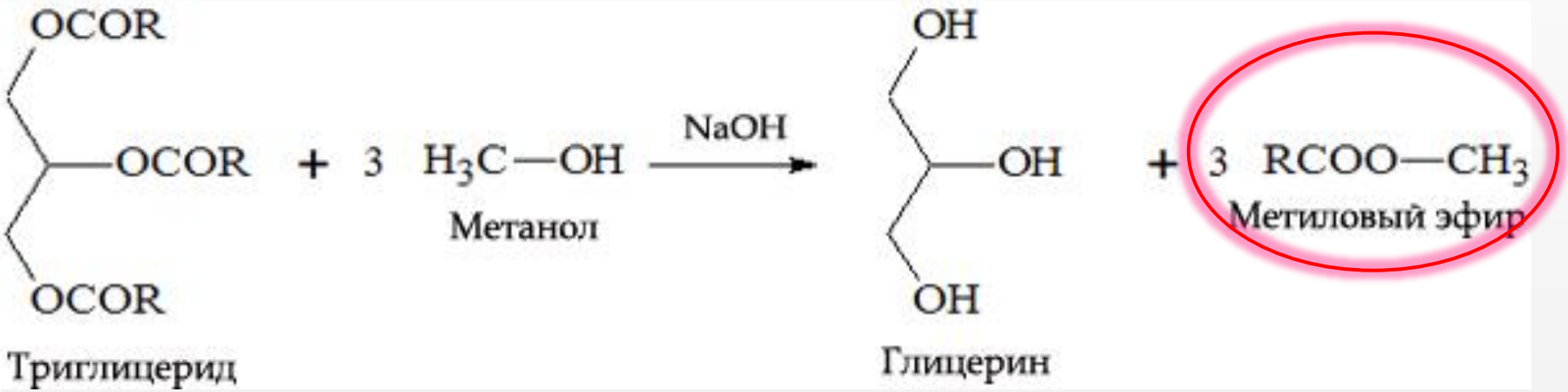
Оңтайлы өсу жағдайларын сақтай отырып, биомасса 2 күнде екі есеге артады.

Өнімнің әр бөлігінен биодизельдің негізі болып табылатын липидтер бөлінеді.

Оңтайлы өсу жағдайларын сақтай отырып, биомасса 2 күнде екі есеге артады.

Мұндай қондырғылардан алынатын май өнімділігі майлы дақылдардан алынатын майдан 20-30 есе артық.

Балдыр жасушалары түзетін май құрамындағы май карбон қышқылдарының **триацилглицеридтерінің** (ТАГ) трансестерификация реакциясы арқылы биодизельге айналуы мүмкін:



Биодизель өндірісі үшін микробалдырларды қолданудың артықшылықтары өсіру мен жинаудың тиімді жүйелерінің, сондай-ақ микробалдырларды өңдеудің дамыған инфрақұрылымының болмауына байланысты толықтай жүзеге асырыла алмайды.

Биоэтанол

бензиннің орнына пайдалануға немесе оған қосуға болатын көлік отынының аналогы



химиялық формуласы C_2H_5OH бар түссіз сұйықтық

Этанол өндірісі - бұл әртүрлі қанттарды микроскопиялық саңырауқұлақтар, ашытқы немесе бактериялармен ашытуға негізделген биологиялық процесс.

Жүгері крахмалынан спирт өндірісі табиғи газ, дизель немесе көмір түрінде көп мөлшерде энергияны қажет етеді.

жанармай өндіруге арналған балама шикізат

микроскориялық балдырлар мен цианобактерияларды ң кейбір өкілдері

полисахаридтердің көп мөлшерін (крахмал, гликоген және хризоламинарин) жинауға қабілетті

Көптеген микробалдырлардың жасушалық қабырғалары негізінен тұрады:

- целлюлоза
- маннан
- ксилан
- сульфатирленген гликан

Жасуша қабырғасында лигнин болмағандықтан, полимерлер этанолға оңай ауысады.

кіші суббірліктерді алу үшін алдын-ала өңдеу (химиялық немесе ферментативті гидролиз)

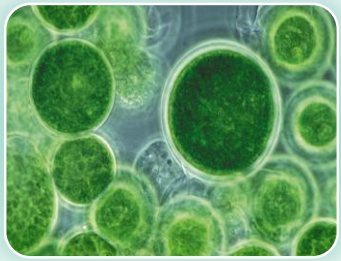
Этанолды модификациялау

Балдырлардан этанол мен биодизельді бір уақытта алудың әдістері бар.

Балдырлар биомассасынан липидтер бөлінгеннен кейін, қалған бөлігінде этанол алу үшін қолданылатын крахмал және басқа көмірсулар бар.



Этанол алу үшін микроскопиялық балдырлар гендік инженерия әдістерін қолдана отырып өзгертіледі.



Құрама Штаттардағы компаниялар туралы мәліметтер бар (Algenol, Algaeatwork және т.б.), олардың басты мақсаты генетикалық түрлендірілген балдырлардан этанол алу.

Биосутек

Сутегі - жоғары энергетикалық экологиялық таза энергия тасымалдаушылардың бірі.

Сутектің отын ретіндегі артықшылықтарына мыналар жатады:

- зиянды шығарындылар жоқ
- жоғары жалын температурасы
- полнота сгорания
- высокая теплотворная жанудың толықтығы
- жылу тиімділігі бензинмен жанатын қозғалтқыштардың тиімділігіне қарағанда 30-50% жоғары

Сутегін өндіруге қабілетті және қоршаған ортаны ластамайтын объектілерді іздеу, сондай-ақ сутектің жоғары шығымын алуға мүмкіндік беретін технологияларды дамыту энергетика саласындағы өзекті бағыт болып саналады.

Фотосинтездейтін организмдер ерекше назар аударады, олардың ішіндегі ең перспективалы:

(*Cyanophyta, Cyanoprokariota, Cyanobacteria*) көк-жасыл

жасыл (*Chlorophyta*)

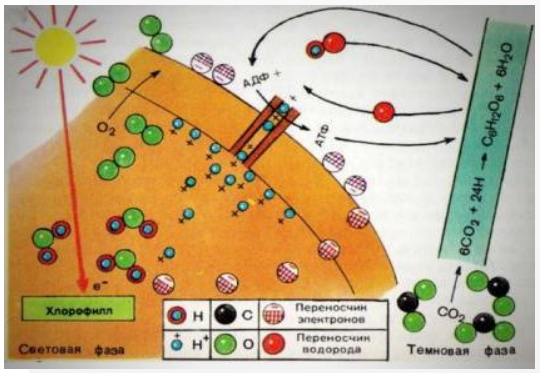
Белгілі бір жағдайлар → *Chlorophyta* және *Cyanobacteria* → фотосинтез → O2 бөлінуі

H2O - электрондар көзі
күн сәулесі - энергия

Бұл ағзаларды күн сәулесінің әсерінен сутегі алу үшін пайдалану өте перспективалы, өйткені күн мен судың шексіз қоры, сонымен қатар олардың жаңаруы мүмкін.

XX ғасырдың 40-жылдарында. Х.Гафрон және басқа авторлармен, кейбір бір жасушалы жасыл балдырлардың H2 синтездеу және босату қабілеттілігін көрсететін жұмыс жариялады.

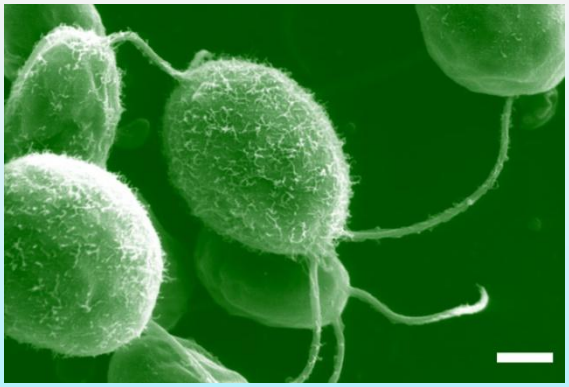
Оттегі болмаған жағдайда, жасыл балдырлар CO2-ді бекіту кезінде сутекті электронды донор ретінде қолдана алады немесе оны қараңғыда да, жарықта да түзе алады..



Жарық индуцирленген H2 бөліну құбылысының негізі фотосинтез болып табылады. Тилакоидтардың мембраналарындағы фотохимиялық реакциялар процесінде күн энергиясын пайдалану есебінен H2 бөлінеді.

Сутегі өндіруге қабілетті балдырлардың ішінен ең көп зерттелгені *Chlamydomonas reinhardtii*. Мүмкіндіктері:

- биомассаны 6 сағат ішінде екі есеге арттыру;
- өсірудің күрделі технологияларының жоқтығы.



Chlamydomonas reinhardtii

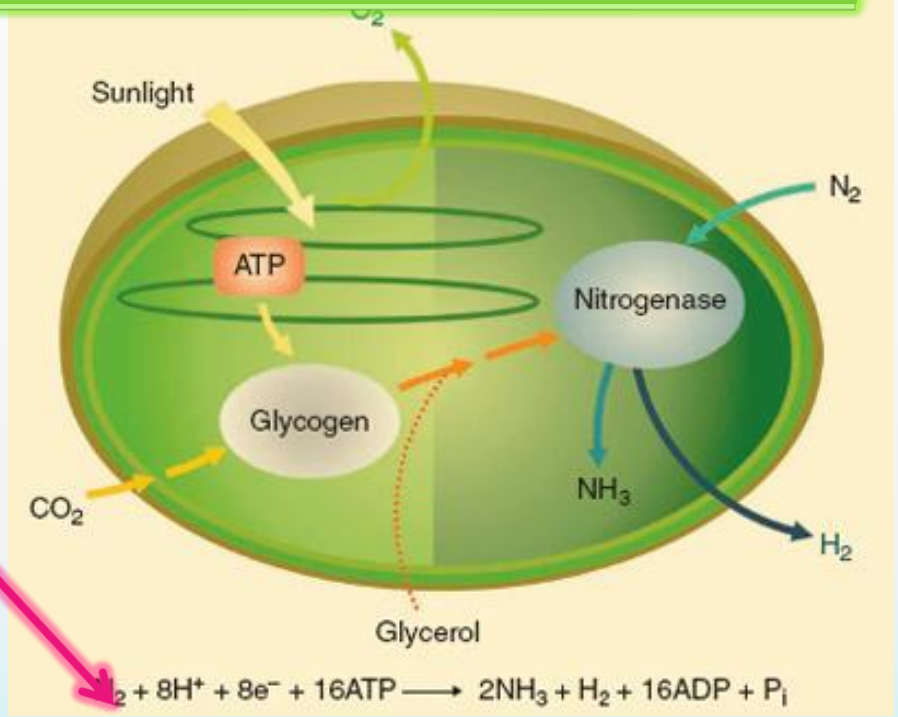
Жасыл балдырларда сутектің түзілуін гидрогеназа ферменті катализдейді. Реакция теңдеу бойынша жүреді:

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

Сутегі эволюциясы процесінде цианобактериялық екі ферменттер қатысады: нитрогеназа және гидрогеназа.

Нитрогеназа реакцияны катализдейді

Бұл реакцияның негізгі қызметі - молекулалық азоттың ауадан ассимиляциясы; сутек қосымша өнім ретінде бөлінеді.



АТФ – аденозинтрифосфор қышқылы,
АДФ – аденозиндифосфофосфор қышқылы



Chlamydomonas reinhardtii

Цыганков А.А. хламидомоналар қоршаған ортаға оттегі жетіспейтін кезде сутегі бөле бастайтындығын атап көрсетеді.

Табиғаттағы процестің тиімділігі 0,1% құрайды. Генетикалық инженерия өнімділікті 2-2,5% тиімді өсіруге мүмкіндік берді.

Эксперименттерде *Ch. Reinhadtii* ортадағы күкірт жетіспейтіндіктен, сутегі мен оттегі бөлінген кезде бөлуге қол жеткізілді

Жарықта балдырлар алдымен O2 бөлді, содан кейін PS II белсенділігі төмендеді, O2 түзілу жылдамдығы біртіндеп төмендеп, тыныс алу жылдамдығынан аз болды.

Күкірт жетіспеушілігімен жылдамдығы өзгермеген тыныс алу процесінде фотосинтез нәтижесінде пайда болған барлық оттегі жұтылды.

Бұл анаэробиозға, гидрогеназа синтезінің индукциясына және нәтижесінде сутегі бөлінуіне әкелді.

Көк-жасыл балдырлар жасушаларының сутегіні өндіруді алғаш рет В.П. Ошчепков және басқа да ғалымдар зерттеген. (1973).

\+ ддақылдарды қолдау үшін жасыл балдырлармен салыстырғанда аз қоректік заттар қажет Цианофитаның өкілдері ауадан (N2 түзе алады және оны жасушалық компоненттер құру үшін қолданады).

\- жасыл балдырлармен салыстырғанда баяу өсуі

Болашақта балдырлар өндіретін сутекті қолдану Н2 (химиялық, фотоэлектрлік) өндірісінің дәстүрлі технологияларын толықтыра немесе алмастыра алады.

Көк-жасыл балдырлар жасушаларының сутегі өндірісінің басым болуын алғаш рет В.П. Ошчепков және басқалар зерттеген. (1973). Олардың:

- Табиғи шығу тегі
- эффективтілігі
- жаңартылатындық

Микробалдырлар (*Ch. reinhardtii*) екі Фд-тәуелді гидрогеназаны синтездейді.

*hud*A1

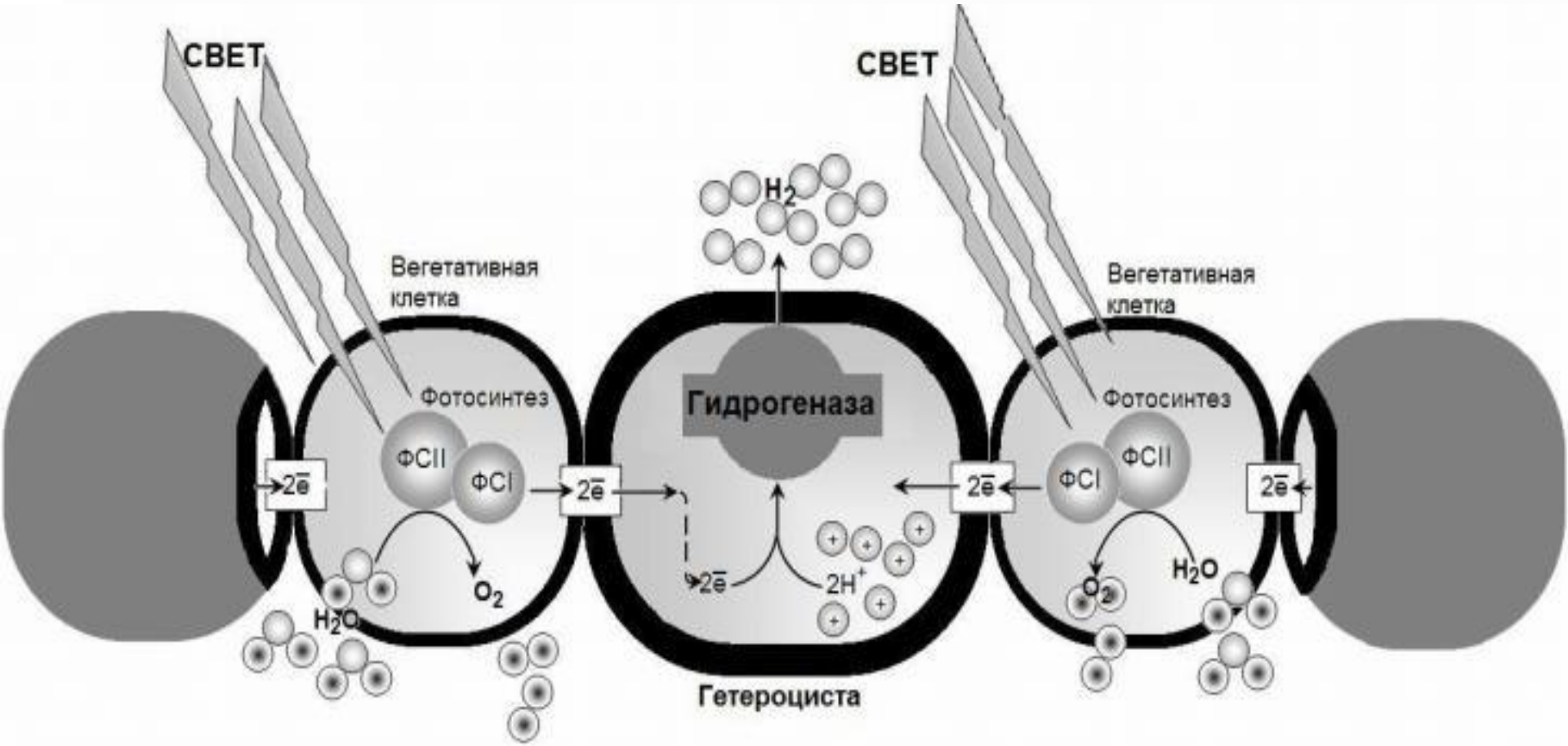
*hud*A2

Fe-гидрогеназаларға жатады, белсенділігі жоғары және анаэробты жағдайда синтезделеді. Молекулалық оттегі олардың 2-3 минут ішінде инактивациялануына әкеледі.

Сонымен қатар, оттегі болған кезде гидрогеназа үшін жауапты ген экспрессияланбайды.

Осылайша, сутегінің балдырлармен бөлінуі тек оттексіз жағдайда ғана тіркеледі.

Көк-жасыл балдырлардың гетероцисталары арқылы сутектің фотосинтездік эволюциясы схемасы



Гетероциста көк-жасыл балдырлар - бұл ауада молекулалық оттегінің қатысуымен сутек өндіруге қабілетті жалғыз организм.

Сутегінің гетероцисталы көк-жасыл балдырлармен бөлінуі

Вид	Характеристика штамма	Условия выращивания	Max. выход H2, мкмоль/мг
Anabaena variabilis	Природный штамм		10
A. variabilis AVM13	hupSL-		135
A. variabilis PK84	hupSL-	Среда без Mo	106
Anabaena sp. PCC 7120	Природный штамм		10
Anabaena sp. PCC 7120	hupSL-		52
Anabaena sp. PCC 7120	hupL- hoxH-		50
A. cylindrica	Природный штамм	Воздух + 0,2 % CO + 10 % C2H2 + 3 % CO2	66
Nostoc muscorum	Природный штамм		4
Anabaena CA	hupSL- + Ni		0,4
Nostoc punctiforme	hupSL-		6
Anabaena sp. TU37-1	Природный штамм		3

Жасыл балдырлардан сутек алу үшін жасушалар инертті газ (аргон), молекулалық азот атмосферасында немесе ішінара вакуум астында орналасады..

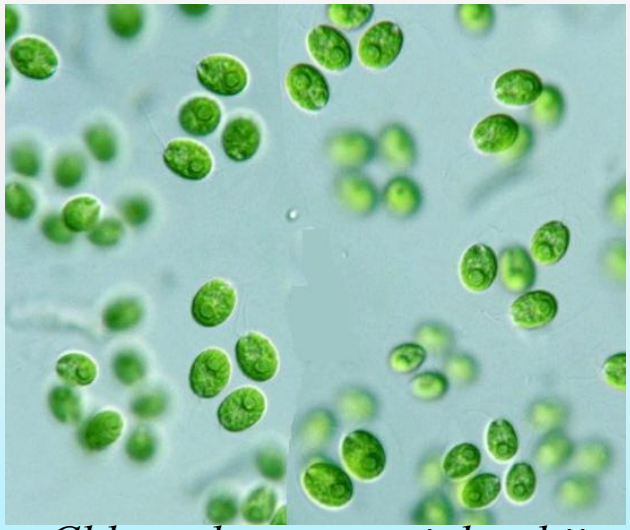
Фотосинтез кезінде балдырлар бөлетін H2-ді үнемі жойып отыру керек.

Гидрогеназа мен оның гендерінің оттегіге сезімталдығы мәселесі H2 экстракциясы саласындағы зерттеулерді бәсеңдетті.

Ch. reinhardtii гидрогеназмен алынған мутанттың оттегіге сезімталдығы 330% аз.

Сутегі өндірісіне жауап беретін гендер анықталды.

Ch. Reinhardtii сутекті сағатына 5,5 мл/г дейін құрғақ жасуша биомассасын шығарады.



Chlamydomonas reinhardtii

Михеева Л.Е. т.б. (1994) мутантты *Anabaena variabilis Kutz* бөліп алу туралы хабарлады. (Cyanophyta), жасушаларда H2-сіңіру белсенділігінің төмендеуіне байланысты сутек өндіреді.

Мутантты алу үшін ATCC 29413 табиғи типтегі *A. variabilis* штаммының бактериологиялық таза культурасы қолданылды.

Нитросогуанидин көмегімен химиялық мутагенез жасалды.

Сутегі өндіруге қабілетті штамдарды іздеу азот көзі жоқ тығыз ортада өсу жылдамдығы төмендеген клондар арасында жүргізілді.

РК-17 мутантты штамы жоғары генетикалық тұрақтылыққа және аргон атмосферасында сутегі эволюциясының жоғарылау жылдамдығына ие болды.

Микробалдырлармен сутек алу процесін белсендіру әдістері

Сутектік фотопродуцирлеу процесінің тиімділігі көптеген факторларға немесе параметрлерге байланысты:

- O2 болуы
- жарықтандыру деңгейі
- температура
- тұздылығы
- Газ құрамы

Жарық жағдайлары мен оттегінің деңгейі сутектің өндірілуіне үлкен әсер етеді. Бұл *A. variabilis* ATCC 29413 PK84 мутантын өсіру кезінде көрінеді.

Сутегі өндірісі физиологиялық сәулеленудің (IGF) қарқындылығының 47-ден 190 мкмоль / м2 * с-қа дейін өсуімен артады.

Сутектің бөлінуі аргонды қолдану арқылы жеңілдеді, бұл нитрогеназа белсенділігінің артуына және балдырлардағы гетероцисталар санына әкелді.

Бір мутантпен сутектің өндірілу деңгейі оны өсіру жағдайына байланысты өзгеруі мүмкін.

Anabaena variabilis РК 84 штамдары әртүрлі жағдайда өсірілді және сыналды:

өсу кезінде биомассаның 73% аргон, 25% N2 және 2% CO2 қоспасымен аэрациясы

O2 шығымы - 90 мкмоль/мг хл. а/сағ

өсу кезінде биомассаның 93% аргон, 5% N2 және 2% CO2 қоспасымен аэрациясы

O2 шығымы - 167,6 мкмоль мг хл. а/сағ.

Фотолизді қолдану арқылы биогидроген өндірісінің технологиялық тізбегі келесі қондырғылардан тұрады:

1. • Биореактор, балдырлар шығаратын (күн сәулесінде аэробты - реакция CO2 және O2 бөлінуімен жүреді)
2. • балдырлар концентраторы және адаптивті камера (қараңғыда анаэробты жағдайда)
3. • H2 фотобиореактор (анаэробты, күн сәулесінде)
4. • газгольдер

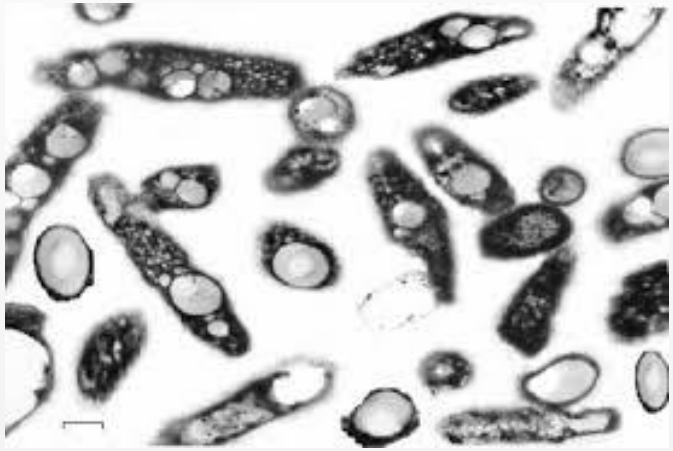
Ашыту кезінде шикізат мәселесін шешу қажет:

- Қолжетімділігі
- бағасы
- Көмірсулардың мөлшері
- биодеградируемость

Көптеген бактериялар сутекті органикалық қосылыстардың (қанттардың) көмегімен ашыту арқылы бөлуге қабілетті.

Процесс гидрогеназа арқылы катализденеді

Сутегі бөлетін бактериялар тұқымдастардың 25% -ында кездеседі.



Rubrivivax gelatinosus

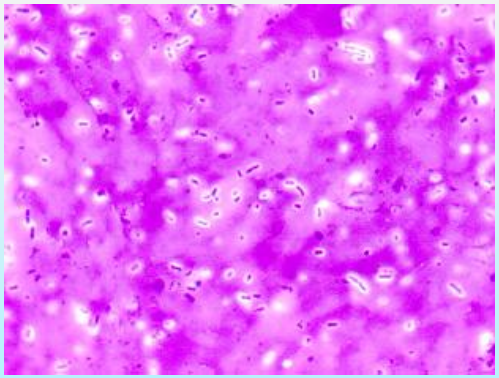
Сутегі эволюциясының жоғары деңгейіне прокариотты фототрофты күкіртсіз күлгін бактериямен тәжірибеде қол жеткізілді - сағатына 700 мл H2 / г құрғақ жасуша биомассасына дейін.

Сутектің бөліну жылдамдығы

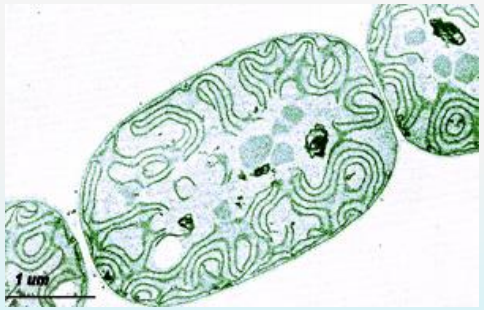
Микроорганизмдер	Сутегі бөлінуінің жылдамдығы, мл H2/г құрғақ жасуша биомассасы сағатына
Chlamydomonas reinhardtii	5,5 дейін
Anabaena variabilis	20 дейін
Enterobacter aerogenes	400 дейін
Rubrivivax gelatinosus	700 дейін



Chlamydomonas reinhardtii



Enterobacter aerogenes



Anabaena variabilis

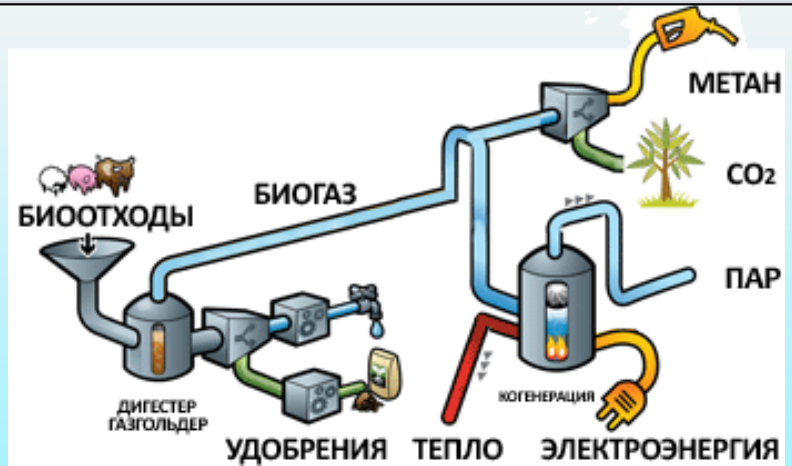
Биогаз

Газовая смесь, образуемая из органических субстанций в результате анаэробного и микробиологического процессов.

Анаэробты және микробиологиялық процестердің нәтижесінде органикалық заттардан түзілген газ қоспасы..

Энергия құрамы метанның мөлшеріне тікелей байланысты.

1м3 метаннан 9,94 кВт / сағ электр энергиясын алуға болады.

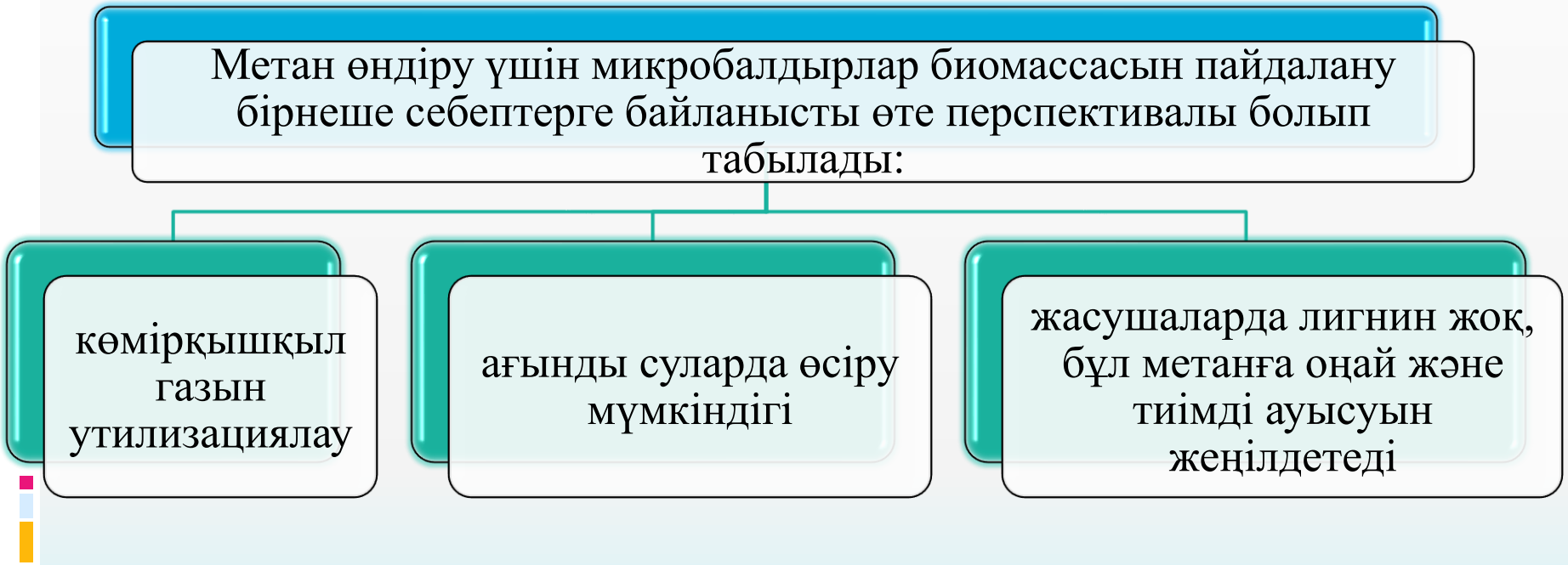




Кез-келген күрделі органикалық заттарды биогазға анаэробты түрлендіру 4 кезеңнен өтеді.

Гидролизді фаза	• Бактериялардың тіршілік әрекеті нәтижесінде тұрақты заттар (белоктар, майлар мен көмірсулар) қарапайым компоненттерге (амин қышқылдары, глюкоза, май қышқылдары) ыдырайды.
Қышқыл түзетін кезең	• Түзілген қарапайым компоненттер органикалық қышқылдарға (сірке, пропион, бутир), алкогольге, альдегидтерге, сутегіге, көмірқышқыл газына, аммиакқа және күкіртті сутекке ыдырайды.
Ацетогенді кезең	• Ацетогенді бактериялардың серинен сирке қышқылы косымша өсіріледі.
Метаногенез	• Сірке қышқылы метанға, көмірқышқыл газына және суға ыдырайды. Сутегі мен көмірқышқыл газы метан мен суға айналады.

Метанды алу үшін биодизель немесе бағалы биологиялық белсенді заттарды (каротиноидтар, антиоксиданттар және т.б.) өндіру кезінде жасушалардан липидтердің бөлінуі нәтижесінде пайда болатын микробалдырлар мен оны өңдеуден шыққан қалдықтардың биомассасын пайдалануға болады.



Шығарылатын метанның мөлшеріне шикізаттың химиялық құрамы әсер етеді: заттардың басым класына байланысты (липидтер, көмірсулар, белоктар), биогаздың құрамы және ондағы метанның үлесі өзгереді.

Назарларыңызға рахмет