

Тақырып: Ферментациялық орталарды араластыру және аэрация

Жоспар:

- Ферментация процесі
- Ферментерлардағы аэрация әдістері. Аэрация деңгейін бағалау.
- Ферментация кезінде араластыру. Араластыру түрлері: механикалық, пневматикалық және комбинацияланған.
- Масса алмасудың негізгі факторлары – араластыру/аэрация

➤ **Ферментация** – биотехнологиялық процестің маңызды сатысы, яғни биосинтез кезеңі.

➤ Ферментация процесі барысында продуцент субстратпен әсерлеседі, нәтижесінде соңғы өнім түзіледі.

➤ Бұл процесс биохимиялық реакторда (ферментерда) жүзеге асады.

Ферментерлардың шығарылатын өнімнің түріне байланысты және продуценттің ерекшелігіне байланысты әртүрлі болады.

Микробиологиялық ферментациялық үрдістер

өндірісте

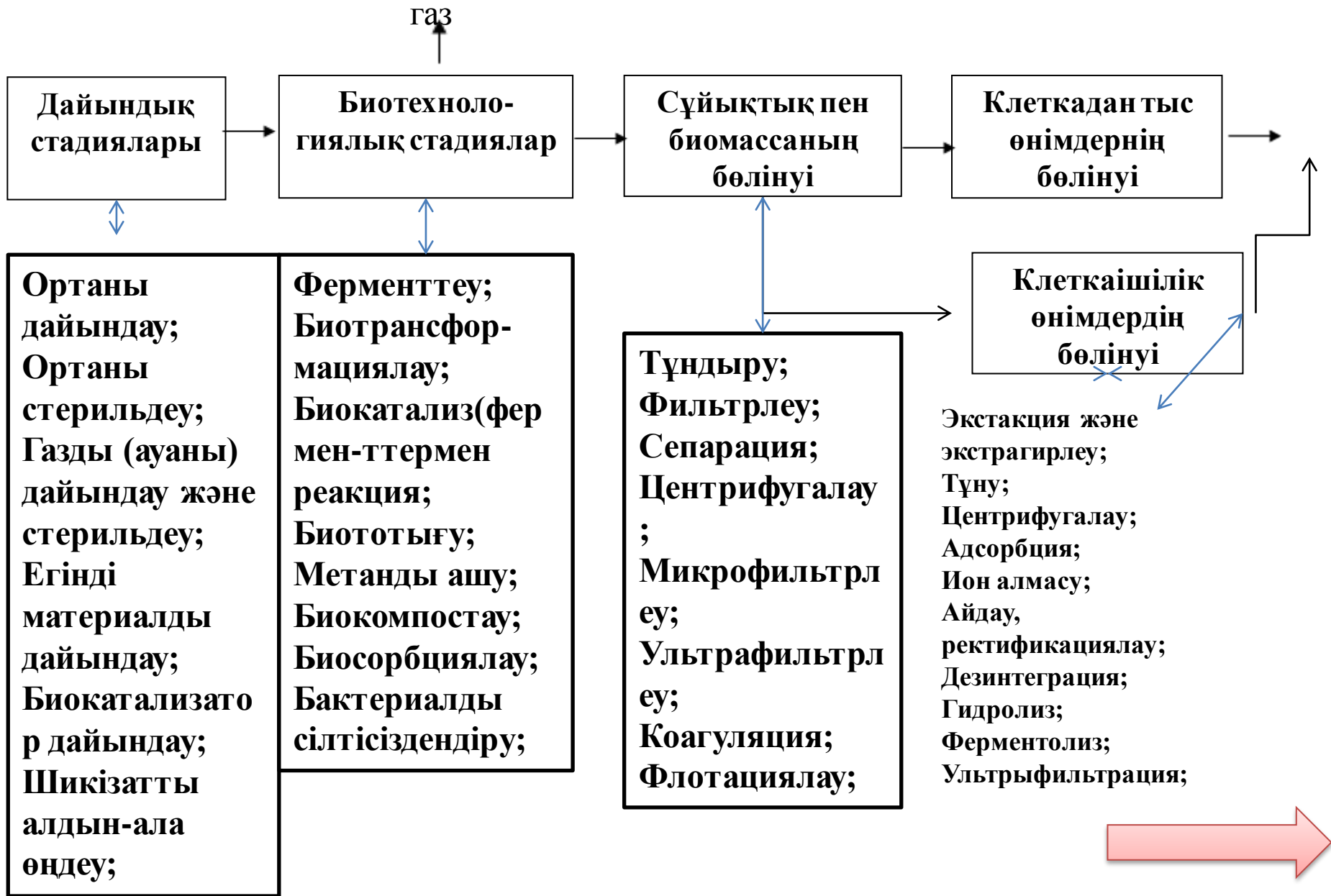
алғашқы

□ Ферментация микроорганизм-продуценті дақылдық ортаға себуден басталып мақсатты өнімді алуға оны бөліп алуға және тазартуға дейін созылатын кезеңді, белгілі еттелікпен өтетін технологиялық процесс болып табылады;

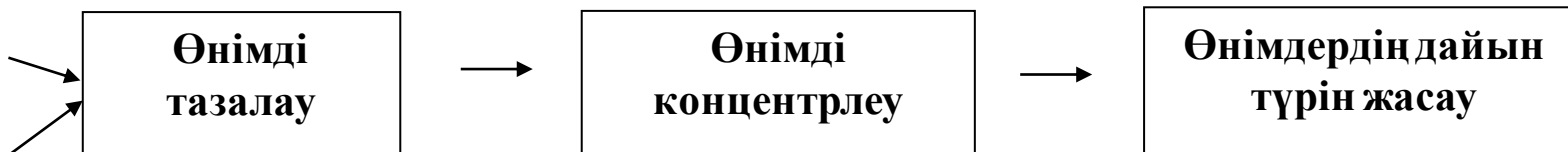
□-Ферментациялық процесті іске асыруына үш объект қажет:

□ Микроорганизмдер-продуценттердің таза дақылы, көп компонентті қоректік орта және технологиялық орама және автоматты басқару мен бақылау блогі бар биореактор.

□ Мақсатты өнімнің саны мен сапасы продуценттің биологиялық қасиеттерімен, субстраттың қоректік құндылығы мен технологиялық процестердің инженерлік орындалуына тәуелді.



Типтік сұлба, негізгі стадиялар және оларды биотехнологиялық өндірісте жүзеге асыратын технологиялық процестер



Экстракция;
Түну;
Адсорбция;
Ион алмасу;
Хроматография;
Диализ;
Ультрафилтрлеу;
Қайтымды осмос;
Ферментализ;
Кристаллизациялау;
Ректификация;

Буландыру;
Кептіру;
Түну;
Кристаллизациялау;
Филтрлеу;
Ультрафилтрлеу;
Нанофилтрлеу;

Ұнтақтау;
Дражжелерге бөлу;
Таблеткаларға бөлу;
Ыдыстау;
Буып-түю;
Ампулаларға құю;



**Масса алмасудың негізгі факторлары –
араластыру/аэрация**



Араластыру және аэрация – өндірістің процестің маңызды бір бөлімі.

Араластыру және аэрация – белгілі микроорганизм түрімен, қасиеттерімен және қоректік ортаны таңдаумен, процесс режимімен ж/е т.б. жүйелермен анықталады.

Биореактордың негізгі функциясы және жүйесі

- Аэрация және ферментациялық жүйені араластыру;
- Жылу алмасу

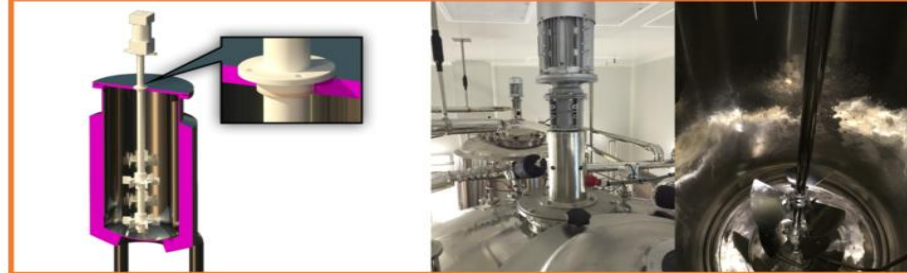


Араластыру мен аэрация

- Өнімнің шығымын жоғарылату үшін, қолайлы температура, еріген O_2 концентрациясы, реактордың әр бөлігіндегі рН толығымен қамтамасыз ету үшін араластырғыш қажет, аэробты микроорганизмдерді оттегімен қамтамасыз ету үшін аэрацияның да рөлі зор.
- Аэрация термині культуральды сұйықтыққа ауаны берумен түсіндіріледі, ал ортаны араластыру термині ортаның турбулизациясын локалды турбуленттік құйындануды құрайды, жылу мен зат алмасу процесін қарқындатуға болады.
- Культуральды сұйықтықтан жасушаға келіп түсетін заттардың ішіндегі негізгі лимиттеуші компонент және микроорганизмді жоғары жылдамдықпен қолданатын ол оттегі болып саналады. Субстратты қолданатын микроорганизмнің түрлеріне қарай оттекті қолдану әр түрлі болады.

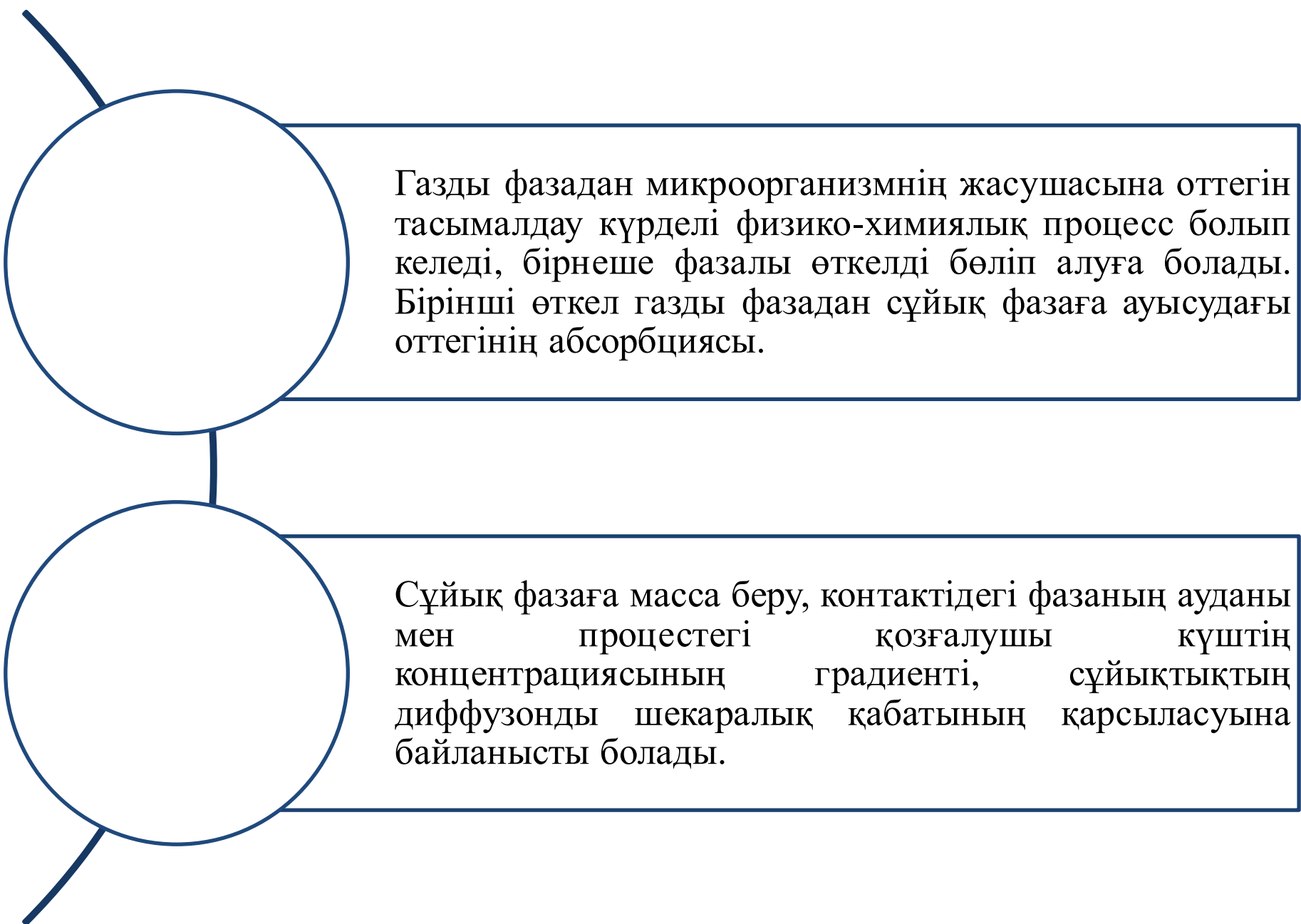
- Микроорганизмдер тек еріген оттегін қолданады. Қоректік ортадағы оттегінің еруі бірқатар факторларға байланысты (ортаның рН құрамына, температурасына, қарқынды араластырылуына және т.б.).
- Бірнеше минутта микроорганизмдерді оттегімен қамтамасыз етуде аз концентрация жеткілікті. Процесте микроорганизмді оттегімен қамтамасыз ету үздіксіз ауа берумен іске асырылады, өндіріс масштабында оттегі көзді жалғыз экономика жағынан тиімді.

УСТАНОВКА СМЕСИТЕЛЯ СВЕРХУ



УСТАНОВКА СМЕСИТЕЛЯ ВНИЗУ





Газды фазадан микроорганизмнің жасушасына оттегін тасымалдау күрделі физико-химиялық процесс болып келеді, бірнеше фазалы өткелді бөліп алуға болады. Бірінші өткел газды фазадан сұйық фазаға ауысудағы оттегінің абсорбциясы.

Сұйық фазаға масса беру, контактідегі фазаның ауданы мен процесітегі қозғалушы күштің концентрациясының градиенті, сұйықтықтың диффузонды шекаралық қабатының қарсыласуына байланысты болады.

- 4б – жейделі биореактор;
- 4в – змеевикті биореактор;
- 4г – Италиялық Пресс Индустрия жабтықтайтын бір жақты вертикальды түтікшелі батареясы (эффektivтілігі төмен)
- 4а – ең эффективті жылуалмастырғыш, пластинкалы жылуалмастырғыш.

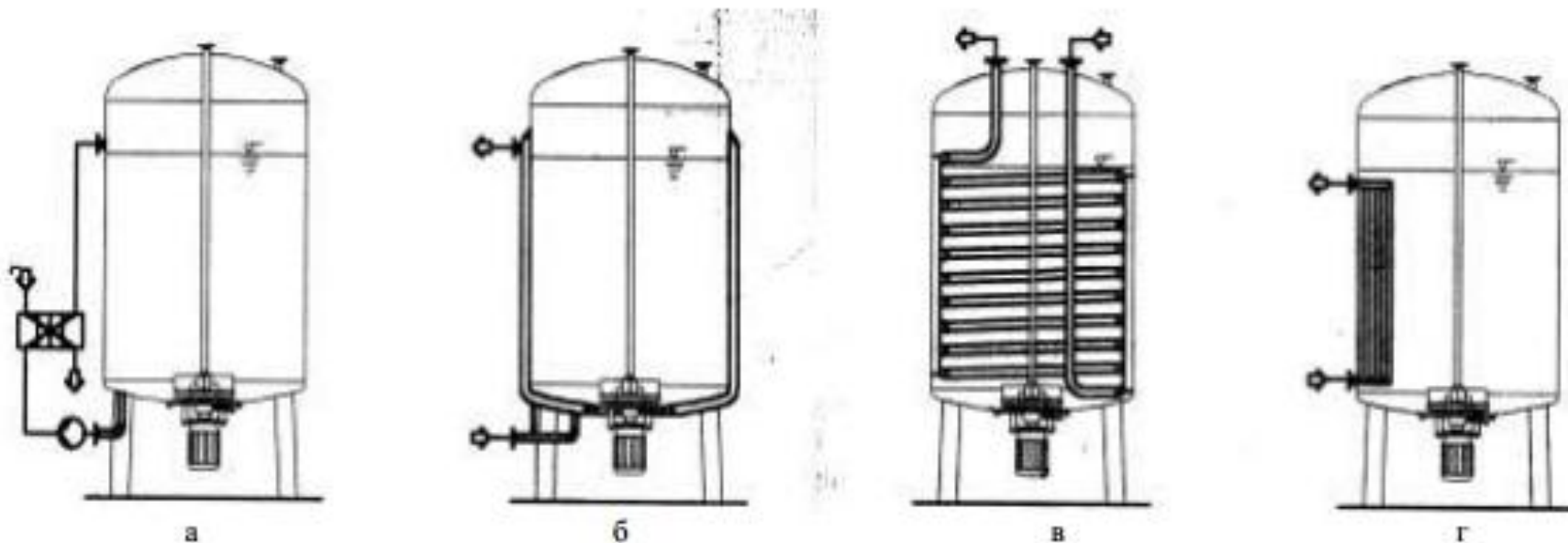


Рис. 4. Различные типы теплообменных устройств для биореакторов.

1

- Аэрациялау мен араластырудың арқасында оттекттегі газды фазадан жасушадағы қарқынды тасымалдануға мүмкіндік жасайды.

2

- Ортаға ауаны қосқанда және араластырғанда сұйық және газды фазаның контактідегі бетінің ауданы ұлғаяды, тұтас сұйық фаза мен газды фазаның арасындағы градиент концентрациясы өседі, бір жасушалы гидрат қабатының қалыңдығы мен сұйықтық диффузионды шекаралық қабатының қарсыласуы кемиді.

3

- Аэрация мен араластыруды аппаратта араластырғыш қондырғысы жоқ және жасушаны оттегімен қоректендіруге ауаны бергенде және ортаның турбуленттігі үшін іс жүзінде ажырату өте қиын.

4

- Аэрация мен араластыру микроорганизмнің өсуіне әртүрлі әсер ететініне анықталған белгілер бар.

5

- Мысалы, ортадағы оттегінің тұрақты концентрациясын қарқынды араластыруға байланысты культураның өсуінің меншікті жылдамдығы бекітілген.

6

- Қарқынды араластырудың жоғарлауынан еріген оттегі концентрациясының меншікті өсу жылдамдығына әсері төмендейді.

- Екінші өткел – оттегі сұйықтықтан жасушаға ауысуда, жасушаның ішкі қабатының беті мен сыртқы қабатының беті шекаралық диффузиондық қабатының қарсыласуын жеңуі қажет. Жасушаның айналасында кристалл тәрізді гидрат қабат пайда болады, тұтқырлығы жоғары болса қоректік заттың диффузиясы мен оттегінің жасушаға үлкен кедергісін білдіреді. Жасуша ішінде оттегін тасымалдау активті немесе пассивті диффузия механизмімен жүргізіледі. Ортаның сыртқы факторлары тек қана жасушаның сыртқы қабатына оттегінің концентрациясы ғана әсер етіледі.



- Араластыру режимінен асып түскенде немесе белгілі мөлшерден артық аэрациялағанда, кейде жасушаның тыныс алуы және жасушаның өсуінің ингибириленгені байқалады, себебі жасуша айналасындағы диффузонды қабыршақтың жоғалуы немесе қалыңдығының азаюы мүмкін. Ортаны қарқынды араластырудың төмендеуі, жасуша айналасының қабыршағының қалыңдауына мүмкіндік береді және нәтижесінде биосинтездің активтілігін төмендетеді.



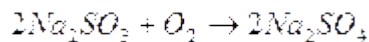
- Қарқынды араластыруды төмендету (араластырғыш бұлғағыштың айналу санын төмендету) культураның оттегін тұтынуы төмендеуіне әкеп соқтырады, мүмкін сол кезде ортада еріген оттегінің концентрациясы ұлғаяды. Олай болса, ортаның турбулизациясының өзгеруі оттегінің ортадан жасушаға ауысуы, газдан сұйықтыққа ауысуына қарағанда жоғары дәрежеде әсер етеді. Микроорганизмнің оттегін тұтынуы бірдей емес, биосинтез процесінің нәтижесінде оттегіне әсер ететін механизмді ескеріп оттегімен қамтамасыз ету жүргізіледі.

Бірқатар процесте (мысалы ашытқы өсіруде) биосинтез процесі оттегін мол мөлшерде тұтынумен жүргізіледі. Микробиологиялық синтездің кейбір процесінде еріген оттегінің оптимальды концентрациясы ферментация сатысына байланысты өзгеруі мүмкін, демек культура жасына байланысты әрбір микроорганизм түрі үшін еріген оттегінің критикалық концентрациясы S_{cr} болады. Егерде еріген оттегінің концентрациясы төмен болса, S_{cr} критикалық концентрациясы микроорганизмнің оттегін тұтыну жылдамдығына әсер етеді. Жасушада биохимиялық өзгеріске ұшырауына оттегі үлкен роль атқарады. Сондықтан биосинтез процесі кезінде ортаның концентрациясын бақылау және реттеу өте маңызды. Аппаратта оттегінің масса беруінің бірнеше бақылау әдісін өңдейді. Лабораториялық және жартылай өндірістік аппаратта қолданылатын кең таралған әдіс сульфиттік әдіс деп аталады.

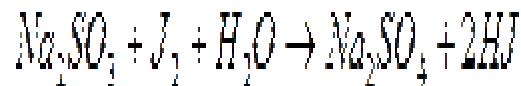
**Вакуумный реактор с соосными мешалками
(серийная продукция)**



Сульфиттік әдіс – аппаратта натрий сульфаты – су модельді жүйеде оттегінің массасын тасымалдауда көлемді коэффициенті бағалауы мүмкін. Оттегінің массасын тасымалдау сульфид санымен Q_s 1 асағат уақытта тотыққан 1 л ерітіндіде натрий сульфитінің моль санымен анықталады. Сульфид саны берілген аппараттағы оттегі адсорбциясының жылдамдығымен сипатталады және басқа аппараттағы масса алмасу мүмкіндігін салыстыру үшін қолданылуы мүмкін. Теңдеу бойынша сульфитті әдіс натрий сульфатының оттегімен тотығуы натрий сульфаты CuSO_4 катализатор есебінде қатысуымен негізделген.



Теңдеу бойынша әсер етпейтін сульфитіне иодтың әсер етуі:



Натрий сульфитін иодпен кері титрлеу нәтижесінде Na_2SO_4 тотығу жылдамдығы есептеледі және оттегінің абсорбциялау жылдамдығы да.

Басқа зерттеулердің кең таралған әдісі және оттегінің масса алмасу процесі бақылау процесі деп аталады, жүйеде оттегінің белгілі баланысымен қорытындыланады демек, аппаратқа кірген және шыққан оттегінің концентрациясының қатынасымен орындалады. Бұл әдіс өндіріс аппараты үшін қолданылуы мүмкін. Еріген оттегінің концентрациясын анықтау үшін полярографиялық әдіс қолданылады, сондай-ақ жасушаның оттегін жұту жылдамдығы бойынша көмекші әдіс.



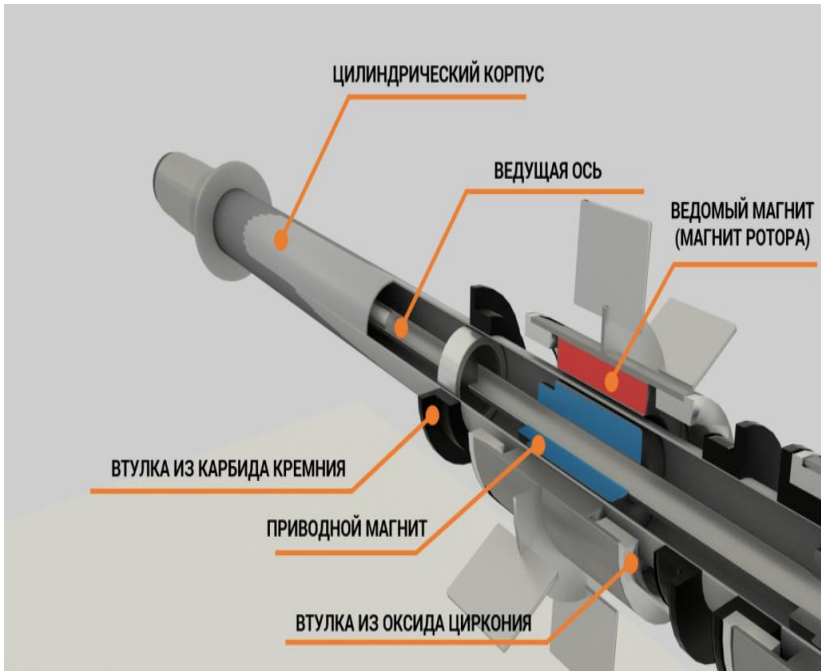
Өндірісте оттегінің еріген концентрациясы арнайы датчиктің көмегімен анықталады, оның құрылысы барлық уақытта жаңартылып отырады. Микроорганизмді культивирлеу процесіне газ тәрізді метаболит бөлінеді, негізгісі болып көміртегі диоксиді CO_2 саналады. Аэрация және араластыру процесі бір уақытта өсіп жатқан культураны оттегімен қамтамасыз ету, ортадағы газ тәрізді метаболиті жоюға мүмкіндік жасайды.

Судағы көміртегі диоксидінің еруінен оттегінің еруі 2,5 есеге жоғарылайды, ал сілтілі ерітіндіде ол одан да көп ұлғаяды. Биосинтез процесінде CO_2 көміртегі диоксидінің ролі жеткілікті зерттелмеген. Көміртегі диоксидінің белгілі концентрациясы микроорганизмдердің өсуін ингибирлейді, екінші жағынан культуралды сұйықта көміртегі диоксиді болмаса биосинтез процесінің жүруі мүмкін емес. Сондықтан еріген оттегінің концентрациясын бақылау еріген көміртегі диоксидінің концентрациясымен өлшейді және оны оптимальды мәнде ұстан тұрады.

Сұйықтықтағы көміртегі диоксидінің жеке өзінің парционды қысымын өлшеу, ферментатерден өңделіп шыққан ауаның өлшемімен ауыстырылуы мүмкін.

Магниттік араластырғыш

Вертикальды биореактор араластырғышпен



Цилиндрлік корпус, кремний карбиді негізінде втулка, магнит, цирконий оксиді негізінде втулка, ротор магниті, жүргізуші ось.

➤ Араластыру әдістері

- Өндірісте (тағам) араластыру әдісі ерітінділерді, эмульсиялар мен суспензияларды жасау, ұнтақ немесе басқа да материалдардың біркелкі араласуын жүзеге асыру үшін және жылу және масса алмасу процестерін интенсификациялау үшін қажет.
- Араластыру ортадағы сұйық, қатты немесе ұнтақ (сыпучий) элементтерін майдалау және олардың кеңістікте біркелкі таралып, қоспаның құрамын теңестіру мақсатында қолданады.
- Араластыру үшін түрлі конструкциялар құрастырылады. Араластыру сапасы орта фазалардың біркелкі араласу дәрежесімен сипатталады.

Сұйық орталарды араластыру түрлері

механикалық

статикалық

циркуляциялық

пневматикалық

➤ Пневматикалық араластыру

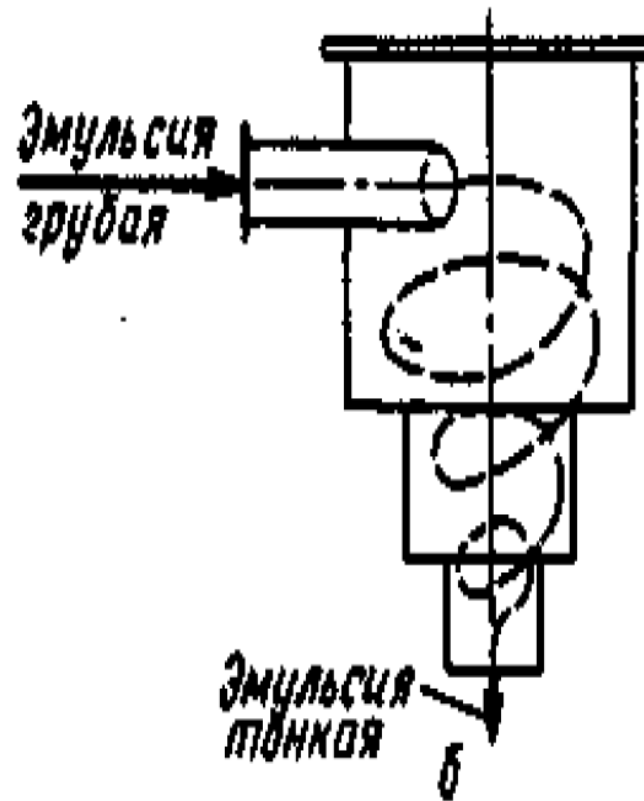
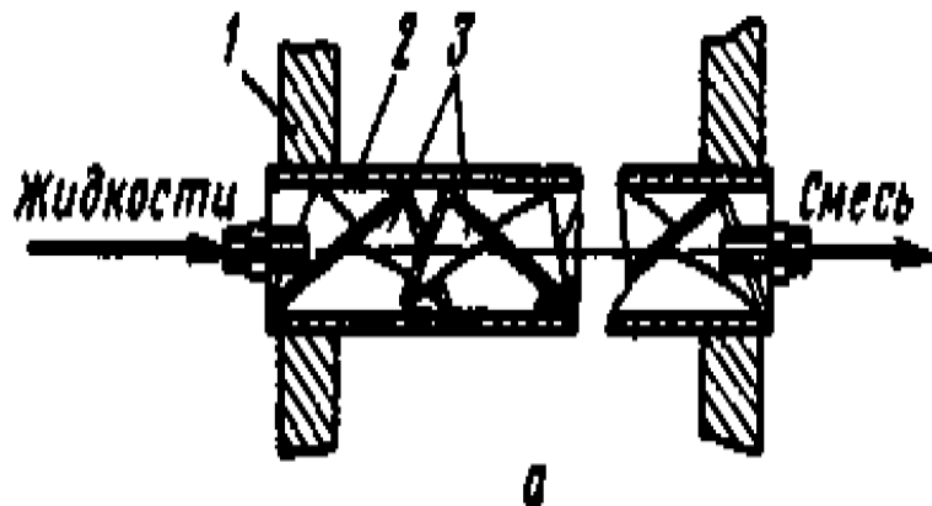
- Ферментатордағы сұйықтыққа жоғары қысыммен (сығылған) жіберілетін газбен (*көп жағдайда ауа*) араластыру.
- Газдың сұйық қабаттарында біркелкі таралуын қамтамасыз ету мақсатында газды барбатер арқылы жібереді. **Барбатер** бірнеше перфорацияланған құбырлардан тұрады, оларды араластырғыштың түбіне шеңбермен бойлай немесе спираль тәрізді орналастырады.
- Бірқатар жағдайларда араластыру **эжекторлар** арқылы орындалады.
- **Араластыру интенсивтілігі** белгілі бір уақыт аралығында сұйықтықтың белгілі бір бос аудан бетіне шығатын газ мөлшерімен сипатталады.
- Пневматикалық араластыруды қолдану мүмкіндігі шектеулі. Бұл әдіс сұйық орта мен газдың өзара араласуына шектеу қойылмайтын жағдайда ғана қолданылады.

➤ **Циркуляциялық араластыру**

- Тұйықталған араластырғыш жүйе (*араластырғыш – насос – араластырғыш*) орналастырылған насос арқылы жүргізіледі.
- *Циркуляциялық араластыру интенсивтілігі* ортаның циркуляциялану санына байланысты сипатталады. Бірқатар жағдайларда араластыру *эжекторлар* арқылы да орындалады.

➤ **Статикалық араластыру**

- Тұтқырлығы төмен сұйықтықтарды және сұйықтық пен газды статикалық араластырғышта сұйықтықтардың немесе газдардың кинетикалық энергиясы негізінде араластыру арқылы орындалады.



Сурет 1. Статикалық араластырғыштар.

а - қондырғы элементтері бар цилиндрлік араластырғыш,

1- фланец, 2 -корпус, б - араластырғыш элементтер, эмульсор.

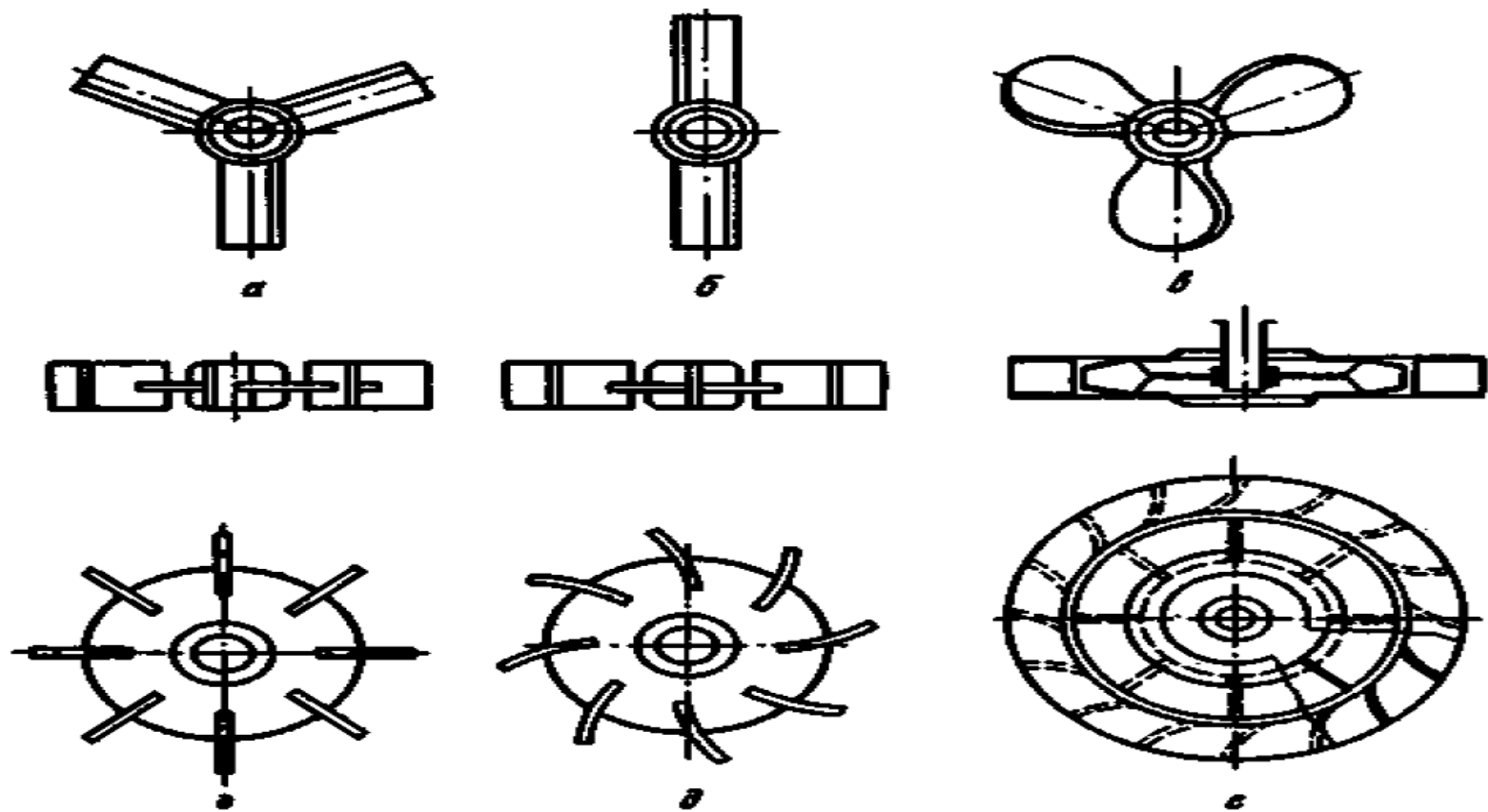
Статикалық араластырғыштарды эмульсиялар алу үшін де қолданады.

Мәселен, суреттегі сурет 1, б – құйындатқыш эмульсор бейнеленген майсыздандырылған сүттен майлы фосфатидті қоспаны (табиғи сүт аламастырғыш, *заменитель целного молока*) алу үшін қолданады.

Құйындатқыш эмульсор 0,3 - 0,36 МПа қысымда эмульсияның араластырылуы жоғары тиімділікпен орындалады. Эмульсордың осы түрін құрастыру және эксплуатациялау өте жеңіл. Оның әсер ету принципі сұйықтықтың каскадты ағу жағдайында орталық форсункасының құйындатылып (центробежная форсунка) айналуына негізделген. Алынатын майда 3 мкм дейінгі бөлшекті эмульсия 24 сағат бойы фазаларға бөлінбей біркелкі күйде тұрақты сақталады

➤ Механикалық араластыру

- Гидромеханикалық, жылу және масса алмасу, биохимиялық процестердің *сұйықтық - сұйықтық, газ - сұйықтық, газ – сұйықтық - қатты зат* жүйелерін араластыруға қолданылады.
- Араластыру түрлі араластырғыш қондырғылармен орындалады. Араластырғыш айналмалы валға бекітілген қалақтармен жүргізіледі.
- Тағам өндірісінде қолданылатын барлық араластырғыш қондырғыларды екі топқа жіктеуге болады:
- бірінші топқа қалақты, турбинді және пропеллерлі,
- ал екінші топқа арнайы - винтті, шнекті, ленталы, рамалы, пышақты және т.б. бұл түрлері майысқақ, серпінді және ұнтақты (сыпучие) массаларды араластыруға қолданылады.



Сурет 2. Араластырғыштар түрлері:

а - үш қалақты, б - екі қалақты, в - пропеллерлі,

г - ашық турбинді, д - қалақтар орнатылған ашық турбинді, е - жабық турбинді.

- Араластыру жиілігі бойыншы баяу және жылдам жүретін деп жіктеледі.
- Өндірісте сұйық орталарды араластыру үшін қалақты, пропеллерлі және турбинді түрлері қолданылады. Қалақты, ленталы, якорлы және шнекты араластырғыштар *баяу жүретіндерге* жатады. Олардың араластыру жиілігі $30-90 \text{ мин}^{-1}$, қалақ ұшындағы айналу жылдамдығы $2-3 \text{ м/с}$.
- *Қалақты араластырғыштардың артықшылығы* - арзан және құрылысы қарапайым.
- *Кемшілігі* – сұйықтықтың остік ағымы баяу болғандықтан, араластырғыштың барлық аудандарында ортаның біркелкі араласуын қамтамасыз ете алмайды. Остік ағымын анағұрлым жылдамдату үшін қалақтарды остік валға қарай 30° - қа бұру арқылы арттырады.

- **Якорлық араластырғыштар** апараттың түбіне ұқсас формада болады. Оларды тұтқыр орталарды араластыру үшін қолданады. Араластырғыштар ортаны араластыру барысында қондырғы қабырғаларына жабысып қалған ластаушы заттрадан тазартады.
- ***Шнектік араластырғыштар*** винт формасында болады, оларды ленталы араластырғыштар сияқты тұтқыр орталарды араластыру үшін қолданады.
- **Жылдам айналатындарға** - пропеллерлі және турбинді араластырғыштар жатады, олардың айналу жиілігі $100 - 3000 \text{ мин}^{-1}$, айналасындағы араластыру жылдамдығы $3 - 20 \text{ м/с}$.

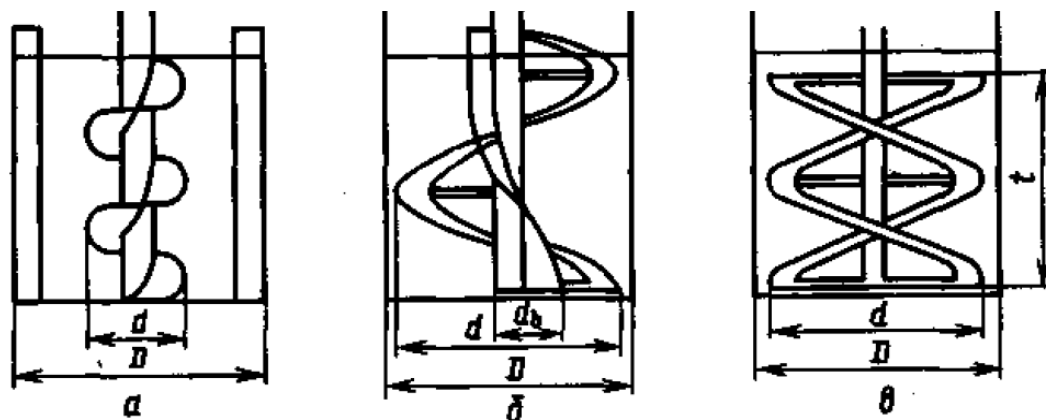
- **Пропеллерлі араластырғыштардың** екі немесе үш пропеллерлері болады. Олар насостық эффектке ие болғандықтан, сұйықтықтардың циркуляциясының интенсивтілігін арттыру үшін қолданылады. Тұтқырлығы $2 \text{ Па} \cdot \text{с}$ дейінгі сұйықтықтарды араластыруға қолданады.
- Турбидті араластырғыштарды тегіс, қисық тізбекті, белгілі бір бұрышқа бағытталған қалақты дөңгелек турбина түрінде құрастырады. Олардың жабық және ашық түрлері болады.
- Жабық араластырғыштар ортасында сұйықтықтар өтетін тесіктері бар екі дисктен тұрады. Радиалды және остік ағымның бір мезгілде жүруін қамтамасыз ету үшін бір жаққа бағытталған (*наклонными лопостями*) қалақтары бар турбинді араластырғыштар қолданылады. Турбинді араластырғыштар ферментердің барлық аудандарында ортаның біркелкі араласуын және таралуын қамтамасыз етеді. Сұйықтықтардың айналмалы қозғалысын шектеу және ортада воронканың түзілуін тежеу үшін (перегородкалар) бөлгіш тосқауылдар (қабырғалар) орнатылады.
- Турбинді араластырғыштарды тұтқырлығы $500 \text{ Па} \cdot \text{с}$ тең сұйықтықтарды және суспензияларды араластыру мақсатында қолданылады.
- Типтік араластырғыштардың негізгі элементтеріне қақпағы бар корпус, привод (жалғағыш құбырлар) және қалақтар (мешалки) кіреді.

➤ Серпінді (майысқак) массалады араластыру

Серпінді (майысқак) массалады араластыру әдісі наубайханаларда нан пісіру, макаронды және кандитерлік өнімдерді дайындауда қолданылады. Араластыру мерзімді және үздіксіз жүйеде жүргізіледі.

Араластырғыштар арнайы құрылысты, яғни рамдық, шнектік және ленталы қалақтармен жабдықталған.

Араластырғыштарда массаны горизонталды және вертикалды бағытта илейтін қондырғылар болуы мүмкін.



Сурет 3. Шнекті (а) және (б,в) ленталы араластырғыштар

- Серпінді және майысқақ массаларды (*бидай ұнынан дайындалған қамыр*) өңдеу үшін көп жағдайда бір біріне қарама қарсы түрлі жылдамдықта айналатын екі илегіш аспабы бар араластырғыштар қолданылады.
- Майлы және тұтқырлығы жоғары кондитерлік массаларды (вафли қамыры, вафелді толықтырушы, бисквит қамыры, печенье қамыры т.б.) араластыру үшін, сонымен қатар кандитерлік массаларды ұнтақ компоненттермен (*какос ұнтағы және кептірілген жүзім қосылған қамыр, жаңғақ қосылған белоктық масса*) араластыру үшін бір біріне қарама қарсы түрлі жылдамдықта айналатын астау (корыто) формалы араластырғыштар қолданылады.

- **Ұнтақ, аққыш (сыпучие) материалдарды араластыру**
- Тағам өндірісінде ұнтақ, аққыш (*сыпучие*) материалдарды араластыру мақсатында басқа өндірістік салаларда қолданылатын араластырғыштарды пайдаланады, немесе арнайы құрастырылған өзара гранулометриялық құрамымен, тығыздығымен, физикалық күйімен және басқа да қасиеттермен сипатталатын түрлері қолданады.
 - Араластырғыштар үздіксіз және мерзімді түрлері болады.
 - ***Мерзімді араластырғыштарды:*** барабанды, ленталы, бегуноктық, айналатын роторы бар (центробежные), майысқан - қалақты, плунжерлі.
 - **Үздіксіз араластырғыштар:** барабанды, роторлы, майысқан - қалақты т.б.
 - Жылдамдықтар бойынша баяу және жылдам айналатын түрлері болады. Жылдам айналатын араластырғыштарда бір (жылытатын) және екі сатылы (суытатын) болады. Ротор конструкциясына қарай қалақты (турбинді), дискті және шнекті түрлері болады.