

Тағам биотехнологиясының заманауи тенденциялары

Дәріс №11

Тақырып: Өсімдік тектес шикізаттың тағамдық биотехнологиясы

Биотехнология – организмдерді және олардың фрагменттерін (ұлпалар, жасушалар) басқарылатын түрде өсіру арқылы адам үшін пайдалы өнімдер – азық, жемшөп, медициналық препараттар, әртүрлі шикізат, өсімдіктерге қолжетімді азот формалары, өсімдіктер мен жануарларды қорғау құралдарын алу саласы.

11.1 Ферментациялық өндірістер

Алкогольдік сусындар қантты шикізатты ферментациялау арқылы алынады, нәтижесінде спирт және көмірқышқыл газ пайда болады. Спирттік ферментация негізінде алынған алғашқы сусындар – шарап және сыра. XIX ғасырдың соңында Пастердің ашқан жұмыстарынан бұрын ферментациялық процестердің мәні және механизмдері туралы өте аз мәлімет болды. Пастер ферментацияның ауа қатыспайтын ашытқылардың тірі жасушалары арқылы жүзеге асатынын және қанттың спиртке және көмірқышқыл газға айналатынын көрсетті. Ферментация *Saccharomyces* тұқымдасындағы ашытқылармен жүзеге асырылады. Кейде табиғи қант (мысалы, шараптағы қант) пайдаланылады, басқа жағдайда қант крахмалдан алынады (мысалы, дәнді дақылдарды сыра өндірісінде өңдеу кезінде). *Saccharomyces* түріндегі ашытқылар полисахаридтерді гидролиздей алмайтындықтан, еркін қанттардың болуы спирттік ферментация үшін міндетті болып табылады.

Алкогольдік сусындар өндірісінде көбінесе *Saccharomyces cerevisiae* немесе *Saccharomyces carlsbergensis* ашытқылары қолданылады. Олардың негізгі айырмашылығы *S. carlsbergensis* рафинозаны толық ферментациялай алатындығы, ал *S. cerevisiae* бұған қабілетсіз. Ашытқыларға қойылатын талаптар: ашытқылар ферментацияны толық қамтамасыз етуі, жоғары жылдамдығы және жеңіл тұнбаның түзілуі керек.

Сыра қайнату

Сыра қайнатуда ашытқылардың штаммын таңдау сыраның қасиеттерін, оның түсін, дәмін, хош иісін және күштілігін анықтайтын ең маңызды шарт болып табылады. 1880 жылы дат ғалымы Хансен таза ашытқы культураларын бөліп алып, оларды сыра өндірісінде қолданды. Бүгінгі күні сыра қайнатуда жеке ашытқы штаммдарын пайдалану қалыпты жағдайға айналды. *Saccharomyces cerevisiae* – бұл ашытқы түрлері, олар эль өндірісінде қолданылады. *Saccharomyces carlsbergensis* – терең ферментация үшін ашытқылар, олар жеңіл сыра өндірісінде пайдаланылады. Кейбір сыра қайнатушылар *Saccharomyces uvarum* ашытқыларын қолданады.

Ең маңызды қасиеттерге өнімділік, тұнба түзудің қабілеті, мальтотриоза ферментациясы және т.б. жатады. Сондай-ақ, алынған сыраның дәмдік қасиеттері, яғни дәмнің қалыптасуына жауапты заттардың түзілуі де ескеріледі.

Спирттік ферментацияны жүзеге асыру үшін, сыра қайнату шикізатында қанттың түзілуі қажет. Дәстүрлі түрде қажетті полисахаридтердің көзі ретінде ячмық пайдаланылады, бірақ қосымша ретінде басқа углеводсодержащие шикізат түрлері де қолданылады. Ячмық солоды мен басқа компоненттерді ұнтақтап, 67°C температурада сумен араластырады. Араластыру барысында ячмық солодының табиғи ферменттері дәннің углеводтарын ыдыратады. Гидролизден кейін сыра қайнататын сусло мальтоза, глюкоза, мальтотриоза және ашытқылармен

ферменттелетін басқа қанттарды қамтиды, ал декстриндер мен мальтотетраоза ашытқылармен пайдаланылмайды.

Алынған сусло ерігіш емес қалдықтардан бөлінеді. Хмель қосып, мыс пештерде қайнатады. Қайнату процесінде ферментативті белсенділік тоқтатылады, сусло белоктары тұнбаға түседі және хмельдің дәмдік компоненттері экстракцияланады. Белгілі бір алкоголь деңгейімен сыра өндіру үшін сусло қайнатудан кейін қажетті тығыздыққа жеткізіледі. Суслоньң салыстырмалы тығыздығы экстрактталған қанттардың, яғни ферментацияланатын қанттардың мөлшерімен анықталады. Содан кейін суслоға сыралық ашытқы штаммы себіледі, олар қанттарды спирт пен көмірқышқыл газына ферменттейді (ферментация процесінде ашытқылардың биомассасы бес есе көбейеді). Сыраға ерекше дәм беретін басқа қосылыстар, мысалы, амилді, изоамилді және фенилэтилді спирттер, сірке суы және май қышқылдары, сондай-ақ эфирлер өте аз мөлшерде түзіледі. Белгіленген уақыт өткеннен кейін ферментация аяқталады, ашытқылар сырадан бөлініп, сыраның пісу үшін біраз уақыт сақталады. Филтрациядан және басқа қажетті процедуралардан (пастеризация) кейін сыра дайын болады.

Сыра қайнатудың болашағы

Сыра қайнату технологиясын жеңілдету үшін ген инженериясының әдістерімен β-глюконазаны анықтайтын *Bacillus subtilis* бактериясының ДНҚ-сына енгізілген *Saccharomyces cerevisiae* ашытқы штаммы алынған. Бұл жаңа штамм алдын ала ячмық солодын қолдануды қажет етпейді, себебі крахмалды ферменттей алады.

Ең танымал сыра түрлері – жеңіл сорттар (аз углеводтармен), сондықтан генетикалық инженерия әдістері арқылы декстриндерді ферменттей алатын ашытқы штаммдарын жасауға ұмтылыс бар. Сыраның жоғары сапасы тек ферменттелген ерітіндіде сыртқы микроорганизмдердің болмауымен ғана қамтамасыз етіледі, сондықтан осы бағытта зерттеулер жүргізілуде. Агрессивті қасиеттері бар ашытқыларды өнеркәсіптік сыралық ашытқыларымен будандастыру арқылы жабайы ашытқыларды өлтіретін штамм алынған. Селекционерлер сондай-ақ бактериялық микрофлораны жоятын сыралық ашытқы штаммын алуға тырысады.

Сыралық ашытқыларды жетілдіруге олардың ферментацияның соңында клеткалардың флокуляциясын (жабысып қалуын) беру арқылы жетуге болады, бұл дайын сырадан ашытқыларды алып тастауға мүмкіндік береді. Флокуляция орта құрамына, өсіру шарттарына байланысты, бірақ сонымен бірге генетикалық тұрғыдан анықталатын қасиет болып табылады және гендермен бақыланады.

Сыра қайнату тамақ өнеркәсібінің өте консервативті саласы болып табылады. Дегенмен, осы салада өндірістік процесстерді интенсификациялау үшін үнемі жаңа технологиялық әдістер енгізілуде. Осы әдістердің ішінде үздіксіз процесстер, мысалы, үздіксіз солодтау, сыралық суслонь арнайы бродильдік колонналарда үздіксіз ферментациялау және флокуляциялайтын штаммдарды пайдалану үлкен қызығушылық тудырады. Тоздырғыш және ұзақ процесс ячмықты солодтау оның микробтық шығу тегі бар осахаридаушы ферменттер кешенімен өңдеумен алмастырылады.

Шарап жасау

Археологиялық қазбалар көрсеткендей, **шарап жасау** дамуы шамамен 5000 жыл бұрын басталған. Әрбір бродильдік процесс үшін қажет шарт – шикізатта қанттың болуы. Мысалы, шарап өндірісінде жүзім шырынындағы қант қолданылады. Дүниежүзінде шараптың көбісі бір түрдегі жүзім – *Vitis vinifera*-дан жасалады. Бұл жүзімнің шырыны шарап өндірісіне өте жақсы шикізат болып табылады. Ол қоректік заттарға бай, жағымды хош иіс пен дәмнің түзілу көзі болып табылады және көптеген қанттарды қамтиды; оның табиғи қышқылдығы зиянды микроорганизмдердің өсуін тежейді.

Шарап жасаудың сыра қайнатудан айырмашылығы, соңғы уақытқа дейін жабайы түрдегі жергілікті ашытқыларды қолдануға негізделген. Жүзімді престоуден бұрын оны сернистік газбен түтету ғана жүргізілген, бұл шырынның қараюын болдырмауға көмектеседі. Сонымен қатар, сернистік газ шарап жасауға жарамды ашытқылардың әрекетін тежейді, бұл шарап жасауға ашытқыларының ферментацияны кедергісіз жүзеге асыруына мүмкіндік береді. Өткенде спирттік ферментацияны осы жабайы ашытқылар арқылы жүзеге асырған. Шарап жасаумен жаңа танысқан аймақтарда ашытқы закваскасы кеңінен қолданылады. Бұл қажетті микрофлораның жоқтығымен байланысты, ал стандартты ашытқы культурасының инокуляциясы қажетті қасиеттері бар шарап алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, сернистік газдың қолдану мөлшері заңмен шектелген, бұл ашытқы культураларын қолдануға ынталандырады. Қолданылатын ашытқылар: *Saccharomyces cerevisiae*, *S. oviformis*, *S. ellipsoideus*. Заквасок қолданудың бірнеше артықшылықтары бар: ашытқылардың көбейу лаг-периодын қысқартады, белгілі қасиеттері бар өнім алады, дәмсіз ашытқылардың қатысуынан туындайтын жағымсыз дәмнің ықтималдығын азайтады. Херес шарап ашытқылары (*Saccharomyces oviformis*), спиртті херес дәмін қосатын өнімдерге айналдырады, спирт концентрациясы 15% жоғары болса, сезімтал. Спирт концентрациясын біртіндеп 18% дейін көтеру арқылы херес түзілетін штаммды бөліп алу мүмкін болды.

Болашақта арнайы жасалған штаммдарды қолдану кеңейе түседі, бұл қажетті дәмдік қасиеттерді қамтамасыз етеді. Қоспа заквасок өнімдердің толық дәмдік букетін алуға мүмкіндік береді, бұл жеке штаммдарды қолдану арқылы мүмкін емес. Спирттік ферментация аяқталғаннан кейін, жас шарап арнайы жағдайда сақталады, ол бұзылмауы үшін. Егер шарап алма сүт қышқылды ферментацияға ұшырамайтын болса, ашытқыларды жояды, ферментацияны тоқтату үшін. Содан кейін оны сернистік газбен өңдейді, бұл окислеттік процестерді тоқтатады, олар шараптың қараюына әкеледі.

Бірінші сортты шарап әртүрлі тәсілдермен өңделеді, шарап түріне байланысты, ал арзан шараптар әдетте сол жылы құйылады. Арзан шарап өндірісіндегі қиындықтар көбінесе олардың екінші рет, алма сүт қышқылды ферментацияға бейімділігімен байланысты, бұл құйылғаннан кейін уақыт өте пайда болады. Егер шарап осындай ферментацияға бейім болса, оны құйылмас бұрын жасанды түрде шақырады немесе тежейді. Бірінші сортты қызыл шараптарды мұндай ферментация тіпті қалаулы болып табылады. Бұл процестің табиғи бөлігі болып табылады және сақтау кезінде өтеді. Бұл типтегі ферментация сүтқышқылды бактериялармен жүзеге асырылады, мысалы, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* және *Pediococcus*. Ол төмен рН мәндерінде жүрмейді; осындай жағдайды қалыптастырып, оны тежеуге болады. Ақ

шараптарда алма сүт қышқылды ферментация сирек кездеседі, себебі олардың рН мәні төмен. Ферментацияны бастау үшін бактериялар орнына иммобилизацияланған ферменттер қолданылуы мүмкін.

Арнайы сортты шараптар, мысалы, сотерндер, *Botrytis cinerea* саңырауқұлағының қатысуымен алынады. Бұл саңырауқұлақтың жүзімде дамуы оның дегидратациясына және қант мөлшерінің өсуіне әкеледі, бұл шараптың тәтті дәмін анықтайды. Саңырауқұлақтың жұкпасы тек жүзім жинау алдында ғана жүргізілуі керек. Қызығушылық тудыратын тағы бір процесс – көмірқышқылды мацерация. 15 қарашаға дейін жетілуі керек қызыл шараптап арнайы әдіспен алынады. Жүзімдерді баспай, толықтай ферментацияға арналған чанға салады, онда көмірқышқыл газдың атмосферасында сақталады. Ферментация немесе жүзімнің қабығы көмірқышқыл газымен бұзылғанда бөлінетін шырында өтеді. Осы процесс туралы микробиология әлі зерттелмеген.

Шарап жасауда сондай-ақ ферменттік препараттар, әсіресе пектолитикалық әрекеттегі ферменттер қолданылады. Пектиназа қолдану суслонның фильтрация жылдамдығын арттырады, оны айқындайды және тұрақтандырады. Сонымен қатар, экстрактивті заттардың, С витаминінің және Р-витаминдік белсенділігі бар флавоноидтардың мөлшері өседі.

Шарап жасаудың болашағы

Шарап жасаудың келешегі тиімді виндік ашытқы штаммдарын және коммерциялық виндік заквасоктарды қолданумен анықталады. Бұл жоғары сапалы шарап алу мүмкіндігін береді. Клеткалық және ген инженериясы арқылы жоғары өнімді виндік ашытқы штаммдары жасалып, иммобилизацияланған клеткалармен үздіксіз ферментация процесстері әзірленуде.

Сидр өндірісі

Сидр – ферменттелген алма шырынының атауы. Сидр өндірісінің технологиясы шарап жасауға көп ұқсастыққа ие. Сидр жасағанда, алдымен алма ұнтақталып, шырын сығылады.

Шырынды ферментацияға дайындау тәсілдері әртүрлі болуы мүмкін: оны еш өңдемей немесе табиғи микрофлораны жою мен сәйкес микроорганизмдердің ашытқы штаммдарына ауыстыру арқылы қолдануға болады. Әдетте, алма шырынына, жүзім шарапы дайындағандай, сернистік газ қосылады, бұл *Kloeckera ariculata* микроорганизмдерінің өсуін тежейді, олар дайын сидрдің дәміне жағымсыз әсер етеді. Ферментация ары қарай жабайы ашытқы қатысуымен немесе ашытқы заквасоктары қосу арқылы жүреді. Жабайы ашытқылардың баяу өсуін ескере отырып, ірі өндіріс кезінде сернистік газбен өңделген шырынға таза ашытқы культуралары қосылады. Негізінен *Saccharomyces cidri* түріндегі ашытқылар пайдаланылады. Әр түрлі штаммдар ерекше ароматикалық заттарды түзеді. Сондықтан сидр өндірісінде, сыра қайнату сияқты, түрлі ашытқы штаммдарын қолдануға болады, бұл сидрге ерекше дәм беру үшін. Белгілі бір сорттағы сидр алу үшін, қосылатын ашытқы жабайы ашытқылардан басым болуы, тез көбейіп, өнімнің соңғы қасиеттерін анықтауы керек.

Ферментация аяқталған соң, сидр ашытқылардан ажыратылады және айқындалады. Ашытқылар пектиндерді галактурон қышқылына гидролиздеу үшін қажет полигалактуронидаза ферментін түзетін болуы маңызды. Әйтпесе,

ферментацияның соңында өнімнің табиғи айқындалуы болмайды. Сидрді айқындау үшін пектинді гидролиздейтін микроскопиялық саңырауқұлақтардан алынған ферменттер, соның ішінде полигалактуронидаза қосылады.

Спирт өнімдері

Этил спирті өндіруде қолданылатын микроорганизмдер. Этил спирті өндірудің негізгі технологиясы ашытқылармен бұрыннан қалыптасқан. Спирт өндірісінде *Saccharomyces* түріндегі ашытқы штаммдары қолданылады. Қазіргі уақытта өндіретін спирттің негізгі массасы *S. cerevisiae* ашытқыларының көмегімен алынады, кейде *S. uvarum* (*carlsbergensis*), *S. diastaticus* ашытқылары да қолданылады. Бұл жерде басты мәселе – белгілі бір субстратты өндеуге жарамды ашытқы таңдау. *S. cerevisiae* ашытқылары глюкоза, фруктоза, мальтоза және мальтотриоза сияқты қарапайым қанттарда өсе алады. *S. diastaticus* ашытқылары да декстриндерді пайдалана алады, *Kluveromyces fragilis* және *K. lactis* ашытқылары лактозаны пайдаланады. Үлкен спирт зауыттары өздерінің ашытқы мәдениетін арнайы ортада ұстайды. Спирт өндірісіндегі ашытқы штаммының таңдалуы оның бродильдік суслода өнімділігімен анықталады. Ферментация белсенді жүріп, спирттің теориялық шегіне жақын мөлшерде түзілуі керек.

Этанол өндірісіндегі бір шектеуші фактор – микроорганизмдердің жоғары спирт концентрацияларына төзе алмауы және спирттің жоғары концентрациясына жеткенде ферментация процесінің тоқталуы. Спирт өндірісінде қолданылатын ашытқы штаммдары этанолдың 12-15% (көлемі бойынша) концентрациясына дейін тіршілік қабілетін сақтауы керек. Сонымен қатар, егер шикізат ретінде астық қолданылса, ашытқылар полисахаридтерді глюкозаға гидролиздеу қабілетіне ие болуы қажет. Бұл крахмалдың этанолға және көмірқышқыл газына толық түрленуін қамтамасыз етеді.

Жаңа ашытқы штаммдарын жасау бойынша жұмыстардың жоғары спирт концентрацияларына төзімді болу бағытында табысты болатыны күтілуде. Егер көмірсулар ашытқылармен сіңірілетін формаға айналмаса, ферментация жүрмейді. Крахмал гидролиздейтін ферменттерді қосу осы процессті жылдамдатады. Осы мақсатта *Bacillus subtilis* штамдарының культуралық сұйығынан амилаза және *Aspergillus niger* саңырауқұлақтарының штамдарынан алынған амилоглюкозидаза қолданылады. Ферменттер суслоны дайындау кезінде және спирттік ферментацияда пайдаланылады.

Этил спирті алу

Этил спирті өндіру процесінің схемасы 11.1-суретте көрсетілген. Кейбір спирт түрлері әдетте нақты шикізат түрлерінен өндіріледі. Мысалы, коньяк шарапты ректификациялау арқылы алынады және жүзімнен жасалады, ал шотландтық виски арпа сұлығынан өндіріледі. Басқа сусындар – американдық виски, джин және арақ, әдетте дәндерден (мысалы, жүгері) жасалады, бірақ оларды басқа қолайлы шикізаттардан да өндіруге болады. Ром көбінесе қант қамысы немесе қызылша мелассасынан алынады. Егер шикізат дәндер (мысалы, бидай немесе жүгері) болса, крахмалды қанттарға гидролиздеу қажет. Мысалы, виски – бұл хмельсіз сыраның ректификациясы. Виски өндірісінің алғашқы кезеңдері сыра қайнату процесіне ұқсас. Дегенмен, жүгері немесе басқа дәндер қолданылғанда, сусло дайындау алдында крахмалды ферменттермен өндеу жүргізіледі.

Егер спирт өндірісінде меласса қолданылса, мұндай алдын ала операциялар қажет емес, себебі оның құрамындағы көмірсулар сброждауға дайын формада болады. Алайда, шикізатты процеске дайындау қажет: оны айқындап, қыздырып, суды араластыру арқылы брождауға оптималды қант концентрациясын алу керек. Шикізат дайындалғаннан кейін, сәйкес ашытқы культуралары қосылады және ферментация жүргізіледі.

Этил спиртінің ашытқылермен түзілуі анаэробты процесс, бірақ олардың көбеюі үшін оттегі қажет. Метаболизм процесі, клеткалардың өміршеңдігі, олардың өсуі, көбеюі және спирт түзілуі субстрат, оттегі және спирттің соңғы өнімінің концентрациясына байланысты.

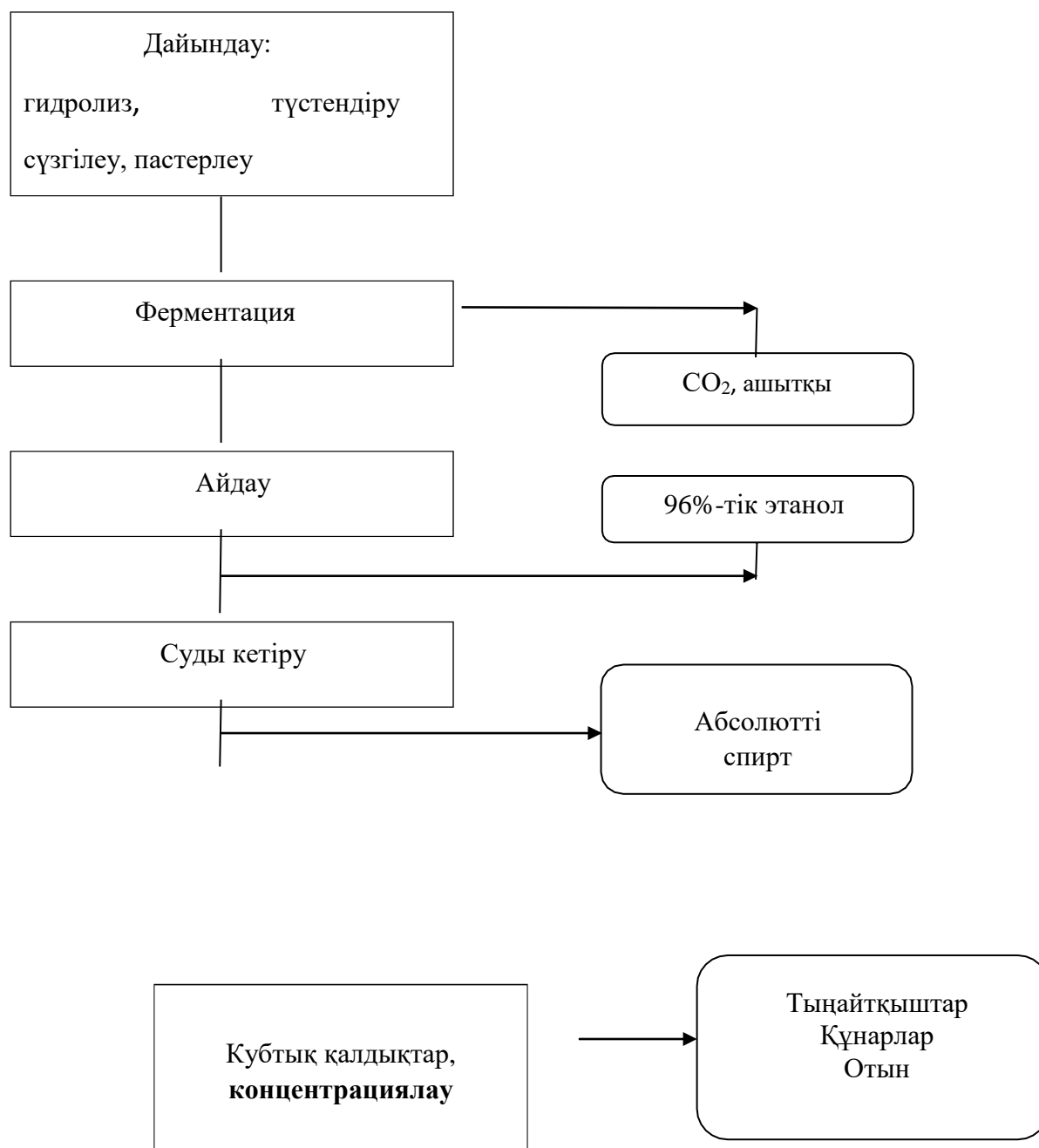
Өнімнің шығымын көбейту үшін, субстрат пен спирттің жоғары концентрациясына төзімді штаммдарды таңдау маңызды рөл атқарады. Көптеген ашытқы түрлері үшін оптималды температура 25-тен 33 °С аралығында болады. Процесті рН 4-5 аралығында жүргізу микроорганизмдердің ластану қауіпін төмендетеді.

Егер бастапқы шикізат глюкоза деп қабылданса, этанол алу схемасын мынадай түрде көрсетуге болады:



Шикізат:
 Меласса
 Қант қамысы шырыны
 Крахмал
 Целлюлоза

Денатурация



Сурет 4. Этанол өндірісінің схемасы

Қосымша қоректендіру көздеріне қойылатын талаптар субстратты дайындауда қолданылатын шикізаттың табиғатымен анықталады. Мысалы, шикізат ретінде меласса қолданылғанда, азот пен фосфор көздері қосылуы қажет, ал жоғары тазартылған крахмалды гидролизат негізінде болса, қажетті микроэлементтер мен витаминдер қосылуы мүмкін.

Қантты шикізатты ферментациялаудың үш негізгі әдісі бар: периодты, периодты қайта қолдану әдісімен және үздіксіз. Периодты процесс кезінде субстрат жаңа дайындалған закваскамен араластырылып, анаэробты жағдайда ферменттеледі. Ферментация аяқталғаннан кейін, ашытқылар жойылады, ал жаңа закваска өсіріледі.

Периодты схема бойынша ашытқылар шамамен 5% қантты клеткалардың өсуіне және басқа қосылыстардың синтезіне жұмсайды: сірке қышқылы, сивуш майлары, ацетальдегид және басқалар. Сондықтан максималды шығым 48% құрайды. Периодты процестің кемшіліктері – ұзақ ферментация және толық субстраттың пайдаланылмауы.

Бұл кемшіліктерді периодты схема мен қайта қолдану әдісін қолдану арқылы жоюға болады. Бұл әдісте ашытқы клеткалары ферменттелген ұнтақтан бөлініп, келесі цикл үшін сақталады. Қайта қолдану немесе үздіксіз ферментация схемасы арқылы спирттің шығымын 10 г/л-ден жоғары көтеруге болады.

Ферментация аяқталғаннан кейін спирттің концентрациясы орташа 6-12% құрайды. Бұл ашытқы штамдары мен бастапқы қант концентрациясына байланысты. Ашытқыларды тұндыру немесе центрифугалау арқылы бөліп алады.

96%-дық спирт алу үшін айдау қажет. Екі әдіс қолданылады: кубтық және үздіксіз айдау (Коффи патенті, 1830 ж.). Содан кейін өнімдер созылу үшін (мысалы, виски) немесе аяқталу операцияларынан өтеді және бөтелкеге құйылады (джин, арақ). Саудаға арналған спирт өнімдері әдетте стандартты спирт концентрациясына (40% көлем бойынша) дейін араластырылады. Алкогольдік ішімдіктерді (арақ, ликер және т.б.) өндіруде жоғары тазартылған этил спирті (ректификат) қолданылады. Техникалық спирт негізінен ішкі жану қозғалтқыштары үшін отын ретінде пайдаланылады. Этанол еріткіш, экстрагент және антифриз ретінде қолданылады. Тағы бір спирт түрі – абсолютті спирт – бензолды қолдану арқылы судың он еселік көлемінде алынады.

Әртүрлі спирт өнімдерінің өндіріс ерекшеліктері

Әртүрлі спирт өнімдерін өндіруде дұрыс ашытқы штамдарын қолдану өте маңызды. Ром өндірісінде күшті иісі бар сорттар үшін әдетте **Schizosaccharomyces** ашытқы штамдары қолданылады, ал аздап иіс шығаратындар үшін жылдам әрекет ететін **Saccharomyces** ашытқылары қолданылады. Спирттің түзілу процесін **Clostridium saccharobutyricum** бактериялары жылдамдатады. Ең жақсы ром сол кезде алынады, егер бактериялар мен ашытқылардың қатынасы 1:5 болса. Бактерия мәдениеті қосылады, спирттің концентрациясы 3,5-4,5% және қанттың концентрациясы 6% болғанда.

Сакэ, немесе күріштен жасалған арақ (Жапония), сыра қайнатуға ұқсас, себебі ферменттелетін углевод крахмал болып табылады. Крахмал **Aspergillus oryzae** зенімен ашытылады, ол күрішті ұнтақтап, булап, 35° С температурада бес-алты күн инкубациялайды. Алынған өнім **Saccharomyces cerevisiae** (мото) штамымен араластырылады. Ферментация кемінде үш апта жүреді. Сакэ дайындау – күрделі және басқаруға қиын процесс, ол әртүрлі ферментация әдістерін меңгеруді талап етеді (қатты және суға батырылған жағдайда) және микроорганизмдер популяцияларын ретті түрде реттеуді: алдымен зендер (**Aspergillus oryzae**), содан кейін бактериялар (**Lactobacillus** және **Leuconostoc spp.**) және ақырында ашытқылар (**S. cerevisiae**). Ферментацияның соңында сакэ құрамында 20%-ға дейін спирт болуы тиіс. Саудаға шығатын спирттің концентрациясы әдетте 16%-ға дейін жеткізіледі.

Нан пісіру

Әртүрлі елдерде нан пісірудің әртүрлі технологиялары қолданылады. Нан пісірудегі биотехнологиялық процестер пісіру ашытқыларын, басқа да ашыту закваскаларын және кейбір ферменттік препараттарды пайдаланумен байланысты.

Нан өндіруде негізінен **Saccharomyces cerevisiae** ашытқылары қолданылады. Әдетте олар сахар зауытының қалдығы мелассада периодты ферментаторларда өсіріледі. Кемірек **Candida milleri** ашытқылары да қолданылады. Прессленген ашытқылардың дозасы әдетте ұнның массасына шаққанда 1,0-1,5% құрайды. Нан өндірісінде ферментациялық процесс паста тәрізді ортада (опара, тесто) жүзеге асырылады. Ұн ферменттерді (амилаза және протеаза) қамтиды, олар крахмал мен ақуыздардың жартылай гидролизін қамтамасыз етеді, бұл ашытқылардың өсуіне қолайлы субстратты жасайды. Ұнда көптеген сүт қышқылы бактериялары да бар, олар тестода қышқыл орта жасайды, бұл ашытқылардың өсуін қолдайды. Тестода ауа алмасу нашар, сондықтан ашытқылардың дамуы шектелген, бірақ сүт қышқылы бактериялары осындай жағдайларда жеткілікті интенсивті түрде көбейеді. Ферментация процесін интенсификациялау үшін тестого қант немесе солод экстракты қосуға болады. Мелассада өсірілген ашытқыларда көп инвертаза болады. Ашытқылардың биомассасы шамамен 50% белоктарды, еркін амин қышқылдары мен витаминдерді (рибофлавин, пиридоксин, тиамин, фолий қышқылы және т.б.) қамтиды, яғни ашытқылар нанды құнды заттармен байытады.

Германия мен АҚШ-та қара бидай ұнынан «қышқылды» нан пісіреді. Мұндағы технология негізінен бидай ұнынан нан пісірумен бірдей, бірақ қара бидай ұнынан және судан қамыр дайындау кезінде сүт қышқылды бактериялар қоспасы бар опара қосылады. Осы закваскадағы (опарадағы) қышқыл нанға ерекше дәм береді.

Жеміс сусындарын өндірудегі ферменттердің қолданылуы
Микроорганизмдерден алынған ферменттер – тағам өнеркәсібіндегі технологиялық процестерді интенсификациялау үшін биотехнологтар қолданатын басты жолдардың бірі. Ең үлкен жетістіктер жеміс сусындарын өндіруде қол жеткізілген: мұнда пектиноза, целлюлаза, гемицеллюлаза, амилаза және протеаза сияқты ферменттер қолданылады. Бұл ферменттер тек бұрыннан игерілген өндірістерде ғана емес; олар өнім ассортиментін кеңейтуге және шикізаттан үлкен шығымды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Сок өндірісінде пектинозалар басты рөл атқарады. 1 литр жүзім сөлінде 0,2-0,4 г пектин бар, ал алманың және жүзімнің сөлінде одан да көп. Сок сақтау кезінде пектин тұнбаға түседі. Сироптар жасау үшін пектиннің болуын жою міндетті, өйткені пектин желатиндеу процесін шақыруы мүмкін. Пектолитикалық ферменттермен өңдеу пектиннің құрамын 50 мг/л-ге дейін төмендетеді. Пектолитикалық ферменттік препараттар балалар мен диеталық тағамдар үшін гомогенді пюре алу кезінде жақсы нәтижелер көрсетті.

Ферменттер жемістерді өңдеудің келесі негізгі кезеңдерінде қолданылады:

Мезгіні өңдеу: жеміс целлюлозасын жою; сөлдің шығымын арттыру; түс пен дәм үшін жауапты заттарды жақсырақ бөлу.

Сокты өңдеу: тұтқырлықты төмендету; концентраттарды жасау процесін жеңілдету; сөлдің түсін, фильтрациясын және тұрақтылығын оңайлату.

Ферменттерді және олардың қолдану әдістерін таңдау үшін келесі факторларды ескеру қажет: ферменттің белсенділігі; өңдеу шарттары (температура және ұзақтық); пектин заттарын гидролиздеу қажеттілігі; осветление механизмі.

Консервіленген көкөністер мен басқа өнімдер

Көкөністерді жыл бойы пайдалану үшін сақтау қажеттілігі көптеген жаңа азық-түлік өнімдерінің пайда болуына әкелді. Ферментация осы жағдайда өнімнің қоректік компоненттерін сақтау үшін қызмет етеді, себебі консервілеусіз олар бүлінуден жойылады.

Көкөністерді консервілеу үшін оларды тұзды ерітіндімен сіңдіреді, бұл ерітіндіде олар ферментацияға ұшырайды. Бірінші кезеңде көкөністердің бетінде аэробты микрофлора өседі. Кейіннен процессқа сүт қышқылы бактериялары (**Lactobacillus**) және ашытқылар (**Saccharomyces** және **Torulopsis**) қосылады. Ферментация барысында сүт және сірке қышқылдары түзіледі. Содан кейін ашытқылар сүт қышқылы бактерияларын ығыстырады. Ферментация барлық ферменттелетін углеводтар пайдаланылғанда аяқталады. Алайда кейбір ашытқы түрлері, әсіресе **Candida**, **Debaryomyces** және **Pichia** туыстарына жататындар, тұзды ерітіндінің бетінде өсе береді. Бұл артық қышқыл түзілуіне әкеліп, өнімнің дәмін нашарлатады және кейінгі бұзылуға себеп болуы мүмкін.

Қазіргі заманғы көкөніс консервілеу технологиясында, мысалы, селекциялық сүт қышқылы бактериялары штамдары қолданылуда. Пастерлеу соңғы кезеңде микроорганизмдерді жойып, өнімнің сапасын қамтамасыз етеді.

Қышқыл капустаңы жаңа ұсақталған капустаңан жасайды. Тұз қосқаннан кейін бірінші кезеңде **Leuconostoc mesenteroides** бактериялары басым болады, олар анаэробты жағдайда қанттарды сүт және сірке қышқылдарына, этил спиртіне, маннитолға, эфирлерге және CO₂-ға айналдырады. Содан кейін **Lactobacillus plantarum** қатысуымен қанттар мен маннитолдан сүт қышқылы түзіледі. Маннитолды ыдырату маңызды кезең, себебі ол өнімге ащы дәм береді. Қышқыл капустаңы дайындау кезінде ферментация шарттарын біршама бақылауға болады, бірақ закваска қолданудың қажеті жоқ, себебі олар ешқандай артықшылық бермейді. Пиккулдер миниатюрлі тұздалған қиярдан дайындалады. Соңғы өнім толық немесе жартылай ферментация арқылы, немесе ферментациясыз алынады. Ферментация кезінде сүт қышқылы бактериялары қанттарды ферментациялауда маңызды рөл атқарады. Тұзды әдетте аз мөлшерде қосады, ал тұзды ерітіндіні бастапқыдан сірке қышқылымен қышқылдайды. Егер оған аскөк және басқа дәмдеуіштер қосылса, онда аскөк пиккулдері алынады.

Зәйтүндерді тұздау және сілтімен өңдеу арқылы өңдейді. Жасыл жемістерді консервілеу кезінде сүт қышқылы ферментациясын **Leuconostoc mesenteroides** жүзеге асырады, содан кейін **Lactobacillus plantarum** қосылады және бұл процесс алтыдан он айға дейін созылады. Жетілген зәйтүндер ферменттелмейді немесе қысқа мерзімді ферментациядан өтеді. Екі жағдайда да сілтімен өңдеу маңызды, себебі бұл ащы дәм беретін олеуропеинді жоюға көмектеседі.

Кофе мен какао

Микроорганизмдер кейбір басқа өнімдердің өндірісінің белгілі кезеңдерінде маңызды рөл атқарады, әсіресе кофе мен какао өндірісінде. Плодтарды сіндіргенде, олардың бетінде сүт қышқылы бактериялары мен ашытқылар дамиды, бұл дәндерді қабығынан ажыратуға көмектеседі; микроорганизмдердің өнімнің соңғы сапасына әсері аз. Ерітінді кофе өндірісінде клетчатка ыдырататын ферменттік препараттар қолданады.

Соя өнімдері

Соя Азия елдерінде, әсіресе Қытай мен Жапонияда, негізгі азық-түлік дақылдарының бірі болып табылады. Шығыста соя бұршақтарынан көптеген дәстүрлі азық-түлік өнімдері дайындалады.

Соя соусы ісіну мен қайнату арқылы дайындалған соя бұршақтарының қоспасынан жасалады. Бұл қоспаға әртүрлі микроорганизмдерді қамтитын закваска қосылады, негізінен **Aspergillus oryzae** (ориза). 25-30 °C температурада 3-5 күн бойы ұсталғанда саңырауқұлақ бетінде белсенді түрде өседі. Содан кейін қоспаға тұз (20%-ға дейін) қосылады және 0,5-2 жыл бойы төмен температурада пісіріледі. Қазіргі уақытта таза мәдениеттерді пайдалану арқылы шыдамдылық мерзімі бір-үш айға дейін қысқарды. Сонымен қатар соя соусын алу үшін **Pediococcus soyaе**, **Saccharomyces rouxii** және **Torulopsis** туыстарына жататын кейбір ашытқылар да қолданылады. Олар арнайы таза мәдениеттер ретінде қосылады немесе қоспадағы бұрыннан бар клеткалардан таралады. Ферментация нәтижесінде қоспа сүт және басқа қышқылдар мен этанолмен байытылады. Процесс аяқталғаннан кейін сұйықтық соя массасынан ағызылып немесе пресс арқылы бөлінеді, ал қалған шрот малдарға беріледі.

Сонымен қатар, таза мәдениеттерді пайдалану арқылы процесс жылдамдатылып, химиялық әдістер арқылы соя гидролизаттары дайындалады. Бұл әдіспен ферменттелмеген соя соусы жасалады.

Соја бұршақтары дәстүрлі шығыс тағамдарында ферментация әдісімен жаңа өнімдер алу үшін шикізат ретінде қызмет ете алады. Бұл жағдайда бүтін бұршақтар өңделеді, бірақ биотехнология арқылы соя белоктарынан жаңа өнімдер алынған. Олар микроорганизмдер ферменттерімен бақылаулы гидролиз арқылы дайындалады. Мысалы, ерігіш соя белоктарының гидролизаты ет өнімдерінің жақсы алмастырғышы болып табылады. Белок жетіспейтін елдерде олар безалкогольді сусындарды байыту үшін қолданылады.

11.6 Микромицеттердің өсімдік текті өнімдерді өндірудегі рөлі

Микроскопиялық саңырауқұлақтардың мицелийі адам тамағында соңғы уақытқа дейін қолданылмай келген. Оңтүстік-Шығыс Азия және Шығыс елдерінің тұрғындарының рациондарында крахмал, басқа көмірсулар басым болып, ақуыз жетіспейді. Осы себепті, крахмалға бай өнімдерді ақуыздармен байыту және оларды ет дәміне келтіру үшін осы елдерде арнайы таңдалған және табиғи жолмен сұрыпталған көгерген саңырауқұлақтар өсіріледі. Шығыс елдерінде соя бұршақтарынан көптеген дәстүрлі тамақ өнімдері дайындалады, олардың ерекше дәмі

микроорганизмдердің қызметіне байланысты. Бұл негізінен *Aspergillus* туысының саңырауқұлақтары.

Шығыс асханасының ерекше элементі темпе (немесе темпех) деп аталатын өнім болып табылады. Индонезияда темпе соя бұршақтарынан, жержаңғақтан немесе кокос жаңғағынан жасалған тығыз торт болып табылады. Жержаңғақ немесе соя торттарын *Rhizopus* туысының көгерген саңырауқұлақтары өскенде тұтынады. Жержаңғақ темпесі ақуыздың 50%-ға дейінгі мөлшерін қамтиды және дәмі ет тағамдарын еске салады.

Темпе өндіру 2-3 күнді алады. Алдымен соя бұршақтары 12 сағат суға малынғаннан кейін қабығы алынады. Содан кейін олар трипсин (протеолитикалық фермент) мен өсу гормондарын бұзу үшін 30 минут қайнатылады (бұл ингибиторлар шикі соя бұршақтарын адам үшін жеуге болмайтын етеді). Бұдан кейін бұршақтар бірнеше рет жуылып, құрғатылып, *Rhizopus oligosporus* саңырауқұлақтарының спораларымен себіледі. Дәстүр бойынша себу алдыңғы порцияның қалдықтарымен жүргізіледі. Ферментация 36-38 сағат 31 °C температурада жүреді. Ферментация барысында өнімнің ақуыз және бос аминқышқылдарының мөлшері артады, рН 5,0-ден 7,6-ға дейін көтеріледі. Өнім рибофлавин (B2), цианкобаламин (B12), никотин қышқылы (PP) сияқты дәрумендермен байытылады. Нәтижесінде соя пюресі мен микроскопиялық саңырауқұлақ мицелийінен тұратын жеңіл-қоңыр торт пайда болады. Бұл өнім, соя бұршақтары сияқты, жоғары қоректік және оңай сіңімді болып табылады. Темпе тікелей өндірілуінен кейін немесе кокос майында қуырылып тұтынылады.

Жапон асханасы нате немесе мисо деп аталатын өніммен танымал. Ол *Aspergillus orizae* саңырауқұлақтары өскен соя бұршақтарынан дайындалады. Өнімнің ерекше ащы дәмі бар. Қытайда осы әдіспен соя бұршақтары мен *Mucor* туысының саңырауқұлақтары қолданылып, суфу (қызыл ірімшік) деп аталатын өнім жасалады. Тағы бір қытай өнімі – ангкак, оны жасау барысында рис *Monascus purpureus* саңырауқұлағымен себіледі, бұл өнімнің дәмін жақсартуға және қызыл түс беруге арналған.

11.7 Крахмалды гидролиздеу өнімдері

Кукуруз, бидай және картоп крахмалының өндіріс әдістері бірнеше рет және егжей-тегжейлі сипатталған. Бұл крахмал түрлерінің гидролизі өндірістік масштабта әр түрлі әдістермен жүзеге асырылады: тек қышқылмен, қышқыл және ферменттермен, және тек ферменттермен.

60-шы жылдардың ортасында қышқылдық және қышқылды-ферментативті процестердің орнына ферментативті крахмал өңдеу әдісі енгізілді, ол *Bacillus subtilis* (α -амилаза) және *Aspergillus orizae* (амилоглюкозидаза) немесе *A. niger* (α -амилаза) ферменттерін кезең-кезеңімен қолдануға негізделген. Оның басты артықшылығы процестің жылдамдығын арттыру, реверсия өнімдерінің деңгейін төмендету және жоғары декстроздық эквивалент (ДЭ) бар өнімді алу болып табылады. Гидролизаттың ДЭ мөлшері (глюкоза - декстроза шкаласында 100 бірлікке сәйкес) крахмалды гидролиздің тереңдігін көрсетеді, мұнда ДЭ нөлге тең.

Келесі маңызды қадам термостабильді α -амилазаларды енгізу болды, негізінен *V. licheniformis*-тен, бұл амилоглюкозидаза өңдеуден кейін ДЭ мөлшері 100-ге жақын өнім алуға мүмкіндік береді.

Крахмалды жоғары температурада сұйықтауды қазіргі уақытта өндірістік процесте қолдану әдеттегі болып табылады, бірақ келесі кезең, яғни қанттандыру, әлі күнге дейін «дәстүрлі» *A. niger* глюкоамилаза көмегімен бір рет өңдеу арқылы жүзеге асырылады.

11.8 Тамақ биотехнологиясының даму перспективалары

Тамақ биотехнологиясы биотехнология саласындағы перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Биотехнологияда қоршаған ортаның ластануын тексерудің жаңа әдістерін жасау, микроорганизмдер арқылы қоршаған ортаны (су, топырақ және т.б.) ластанушылардан тазарту, жаңа медициналық препараттар (вакциналар, антибиотиктер, ферменттер және т.б.) алу, практикалық қызметте қолданылатын химиялық заттар мен қосылыстарды (синтетикалық жуғыш заттар және басқа өнімдер құрамында) өндіру, адамға пайдалы заттар мен қосылыстарды өндіретін жаңа штаммдарды жасау және басқа көптеген бағыттар дамиды. Тамақ биотехнологиясы үшін перспективті бағыттар мыналарды қамтиды:

- ✓ Сүт өнеркәсібінде, шарап жасау және сыра қайнату салаларында жаңа микроорганизм штаммдарын жасау.
- ✓ Тамақ өнеркәсібінде қолданылатын заттар мен қосылыстардың жаңа штаммдарын әзірлеу (органикалық қышқылдар, тағамдық қоспалар, биологиялық белсенді қоспалардың компоненттері және т.б.).
- ✓ Әртүрлі тамақ өнеркәсібі салалары үшін микроорганизмдер көмегімен ферменттер алу – сүт (ірімшіктер), сыра қайнату, алкогольсіз сусындар, ет (жазылған және ысталған колбалар, ет өнімдері), тағам концентраттары және т.б.
- ✓ Тамақ өнеркәсібінің (сүт, қант және т.б.) қалдықтарын, сондай-ақ басқа салалардың (химиялық, целлюлоза-қағаз) негізгі компоненттері ретінде микроорганизмдерді өсіру үшін пайдалану.

Осылайша, тамақ биотехнологиясының дамуы тек дәстүрлі биотехнологиялық процестерді жетілдірумен ғана емес, сонымен қатар жаңа тамақ өнімдерін өндіру процестерін әзірлеумен байланысты. Қоршаған ортаның болашақтағы тамақтану тапшылығы жағдайында микроорганизмдер-продуценттердің (дрожжілер, микроскопиялық саңырауқұлақтар, бактериялар) көмегімен ақуызды биомасса алу перспективалы болып табылады. Бұл бағыттың артықшылықтары: микроорганизмдердің өсу жылдамдығы мен мақсатты өнімнің синтезінің жоғары жылдамдығы; себу алаңдарына қарағанда аз аумақтардың қолданылуы; сұрыптау, мутациялар, гендік инженерия арқылы жаңа жоғары өнімді штаммдарды жасау мүмкіндігі; әртүрлі тазалау деңгейіндегі ақуыз препараттарын алу мүмкіндігі.

Микроорганизмдерді тамақ өнеркәсібінде тиімді пайдалану, технологиялық процестерді жетілдіру, әсіресе ферментация технологиясындағы жаңа әдістерді енгізу арқылы шығарылатын өнімнің шығымын және сапасын арттыруға және азық-түлік өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге болады.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары:

1. Алкогольді сусындар өндірісінде қандай микроорганизмдер қолданылады?
2. Шарап жасау саласындағы биотехнологиялық процестер мен даму перспективалары туралы айтып беріңіз.
3. Спирт өнімдерін алу үшін қолданылатын микроорганизмдерге қандай талаптар қойылады?
4. Этанол өндірісінің негізгі шикізаттары мен процестің кезеңдерін атаңыз.
5. Нан пісірудегі биотехнологиялық процестер қандай?
6. Жеміс шырынын өндіруде ферменттік препараттар қай кезеңдерде қолданылады?
7. Консервіленген жемістер мен көкөністерді алу үшін қандай биотехнологиялық процестер қолданылады?
8. Крахмалды өндеудің ферментативтік әдісінің артықшылықтары туралы айтып беріңіз.
9. Соядан қандай өнімдер дайындалады?
10. Соя соусын алу үшін қандай биотехнологиялық процестер қолданылады?