

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
стандартизації та біотехнології**

Кафедра генетики, годівлі тварин та біотехнології

ПРОМИСЛОВА БІОТЕХНОЛОГІЯ

**методичні рекомендації щодо
самостійного вивчення дисципліни
для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 162
«Біотехнологія та біоінженерія» денної форми навчання**



Миколаїв

2017

УДК 631.147
П81

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології Миколаївського національного аграрного університету від “27” квітня 2017р., протокол № 8.

Укладач:

А. В. Лихач – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

М. В. Пасічник – канд. техн. наук, доцент кафедри хімії та біохімії біологічного факультету Миколаївського національного університету ім. В.О. Сухомлинського;

І. В. Назаренко – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології Миколаївського національного аграрного університету.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2017

З М І С Т

Вступ	4
РОЗДІЛ 1. Технологія виробництва ліпідів мікробіологічним способом	5
РОЗДІЛ 2. Технологія отримання оцту	13
РОЗДІЛ 3. Технологія отримання глютамінової кислоти	19
РОЗДІЛ 4. Технологія виробництва хлібопекарських дріжджів	23
РОЗДІЛ 5. Технологія виробництва кисло-молочних продуктів	27
РОЗДІЛ 6. Технологія виробництва сиру (творогу)	30
РОЗДІЛ 7. Технологія виробництва йогурту	36
РОЗДІЛ 8. Технологія виробництва твердого сиру	40
РОЗДІЛ 9. Технологія виробництва вершкового масла	44
Список використаної літератури	48

В С Т У П

Промислова біотехнологія є однією з основних розділів біотехнології, інтегральною областю науки і техніки, яка спирається на теоретичні та методичні положення молекулярної біології і генетики, мікробіології, біохімії, фізіології і цитології, а також використовує прогресивні хімічні технології.

Предметом промислової біотехнології та об'єктами є високопродуктивні штами мікроорганізмів – продуцентів (представники різних фізіологічних і таксономічних груп, які відрізняються як за типом метаболізму, так і за типом живлення), а також загальні принципи біотехнологічних процесів.

Незважаючи на велику різноманітність агентів, що здійснюють біотехнологічні маніпуляції, основними об'єктами біотехнології в наш час є мікроорганізми. Мікроорганізми використовуються для біосинтезу важливих метаболітів (амінокислот, органічних кислот, ферментів, екзополісахаридів, лектинів, поверхнево-активних речовин, вітамінів, стимуляторів росту, гормонів); одержання білкових продуктів, пробіотиків, харчових продуктів тощо.

Метою вивчення дисципліни є оволодіння здобувачами вищої освіти знанням та умінням про основні біотехнологічні процеси, що використовуються для отримання різних біологічно-активних сполук, про принципи та методи конструювання об'єктів біотехнології, культивування окремих штамів промислових мікроорганізмів, методами підбору біологічних агентів для отримання окремих продуктів, основ управління процесами культивування мікроорганізмів, контролю якості отриманого продукту, напрямків застосування продуктів біотехнології, визначення їх екологічної безпеки, особливо створених на основі генетично модифікованих мікроорганізмів.

В результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати: основні терміни промислової біотехнології; історію, сутність, значення, проблеми і перспективи розвитку промислової біотехнології; типову схему біотехнологічного виробництва, способи культивування продуцентів; методи і умови культивування ізольованих тканин і клітин рослин для отримання біологічно-активних речовин рослинного походження; принципи дії і конструкції біореакторів; принципи біосинтезу ферментних, бактеріальних препаратів для захисту рослин, бактеріальних добрив і антибіотиків.

У даних методичних рекомендаціях викладені основні теми щодо винесення їх вивчення здобувачами вищої освіти самостійно.

РОЗДІЛ 1

Технологія виробництва ліпідів мікробіологічним синтезом

1. Характеристика продуцентів ліпідів та сировинної бази. Ліпіди - велика група природних речовин, різноманітних за хімічною структурою й фізико-хімічними властивостями. Є кілька трактувань поняття ліпідів й різні схеми їхньої класифікації, заснованих на властивостях цих речовин. Загальна властивість ліпідних сполук – здатність розчинятися в ефірі, хлороформі й інших органічних розчинниках (але не у воді). Ліпіди за будовою можна підрозділити на дві великі групи.

1. Прості ліпіди, або нейтральні жири, представлені в більшості організмів ацилгліцерином, тобто гліцериновими ефірами жирних кислот (вільні жирні кислоти зустрічаються в клітинах лише як мінорний компонент).

2. Складні ліпіди, до яких відносяться ліпіди, що містять фосфорну кислоту в моно- або діефірному зв'язку, – це фосфоліпіди, у число яких входять гліцерофосфоліпіди й сфінголіпіди. До складних ліпідів відносяться сполуки, зв'язані глікозидним зв'язком з одним або декількома залишками моносахаридів, або гліколіпіди, а також сполуки стероїдної та ізопреноїдної природи, у тому числі каротиноїди. До 20-х років нашого сторіччя ліпіди, особливо нейтральні, розглядалися лише як запасний матеріал, що можливо без особливої втрати для життєдіяльності організму замінити іншими, рівними за калорійністю речовинами. Перший доказ того, що ліпіди містять фізіологічно необхідні для вищих тварин сполуки, отримані в 1926 р. голландськими дослідниками Івансом і Буром. Трохи пізніше було встановлено, що цими сполуками є поліненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова й арахідонова) – фізіологічно необхідні для більшості живих організмів (вітамін F).

Надалі було встановлено, що й у клітинах мікроорганізмів ліпіди виконують різноманітні біологічні функції. Вони входять до складу таких важливих структур, як клітинна мембрана, мітохондрії, хлоропласти й інші органели. Ліпопротеїнові комплекси відіграють важливу роль у процесах метаболізму. З ними значною мірою зв'язаний активний перенос різних речовин через мембрани й розподіл цих речовин всередині клітки. Зі складом ліпідів багато в чому зв'язані такі властивості організмів, як термотолерантність і термофільність, психрофільність, кислотостійкість, вірулентність, стійкість до іонізуючої радіації й інші ознаки. Крім того, ліпіди можуть виконувати функцію запасних речовин.

Продуценти ліпідів. З різних представників мікроорганізмів дріжджі володіють рядом властивостей (швидкість росту, невимогливість до компонентів середовища, відсутність токсинів, високий вихід ліпідів, їх склад), що дозволяють розглядати їх як найбільш перспективне на найближчий час джерело промислового одержання ліпідів. Як продуцентів для промислового одержання ліпідів можуть використовуватися

представники, за рядом ознак, які відносяться до групи «жирових дріжджів». Жировими, або ліпідними, дріжджами називають види, здатні в нормальних умовах росту синтезувати до 40% ліпідів і більше (відносно сухих речовин клітин). У типового представника ліпідних дріжджів — *Cryptococcus terricolus* обмінні процеси спрямовані переважно на синтез ліпідів. Для більшості інших дріжджів такий тип обміну не зовсім звичайний. До ліпідоутворюючих дріжджів відносять також деяких представників родів *Lipomyces*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* і *Trichosporon* (*L. starkeyi*, *L. lipoferus*, *R. gracilis*, *S. roseus*, *T. pullulans*). Всі ці дріжджі здатні продукувати значні кількості ліпідів. Однак на відміну від *C. terricolus* ліпідоутворення їх істотно залежить від умов культивування й у першу чергу від співвідношення сполук вуглецю й азоту в середовищі. Загальним для перерахованих мікроорганізмів є суворо аеробний метаболізм і нездатність до росту в результаті зброджування. Серед окремих фракцій дріжджових ліпідів найбільшу питому вагу займають триацилгліцерини. Крім того, виявлені фракції фосфоліпідів, стеринів та їхніх ефірів, вільних жирних кислот, вуглеводнів і восків. Фракційний склад ліпідів дріжджів різних таксономічних груп ідентичний, відмінності складаються лише в кількісному співвідношенні фракцій. Аналогічну фракційну сполуку мають ліпіди міцелярних грибів і водоростей.

2.Склад і вміст ліпідів у мікроорганізмів. Систематичне вивчення ліпідів мікроорганізмів почалося з 1878 р. після повідомлення німецьких дослідників Негелі й Лев про утворення крапель жиру в дріжджів, що ростуть в умовах рясного постачання киснем. Загальна кількість ліпідів у мікроорганізмів звичайно коливається від 0,2 до 10% від абсолютно сухих речовин клітини. Однак в умовах, сприятливих для нагромадження цих продуктів метаболізму, вміст ліпідів може досягати 60-70% від сухих речовин. Здатністю до такого «надсинтезу» ліпідів володіють лише деякі представники мікроорганізмів. З міцелярних грибів значні кількості ліпідів (40-70%) утворюють представники родів *Penicillium*, *Rhizopus*, *Fusarium* і деякі інші. Приблизно така ж кількість ліпідів синтезують дріжджі – представники родів *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Upomyces*, *Sporobolomyces*, З бактерій цікаві мікобактерії, здатні накопичувати до 40% ліпідів. У ряду бактерій кількість полі-гідроксibuтирата доходить до 60%, наприклад у воденьокислюючого виду *Alcaligeneseulrophus*. У певних умовах культивування до 60% і більше ліпідів накопичують деякі мікроформи водоростей.

Склад ліпідів різних мікроорганізмів часто неоднаковий. У бактерій, як правило, багато фосфоліпідів. Мікобактерії містять значні кількості восків, а в архебактеріях нейтральні ліпіди представлені простими ізопропілгліцериновими ефірами, тобто не містять у своєму складі жирних кислот, наявність яких характерно для інших організмів. Жирні кислоти в зубактерій звичайно містять від 10 до 20 атомів вуглецю (переважно 15-19). Серед них є насичені кислоти із прямим ланцюгом вуглецевих атомів, мононенасичені із прямим ланцюгом, з розгалуженим ланцюгом. Але в

переважній більшості бактерій відсутні поліненасичені жирні кислоти, типові для ліпідів еукаріотних організмів.

Жирнокислотний склад ліпідів міцелярних грибів багато в чому ідентичний сполуці рослинних масел. У зв'язку із цим грибні ліпіди можуть знайти застосування в різних галузях народного господарства (сільське господарство, лакофарбова промисловість, виробництво медичних препаратів). В останні роки серед міцеліальних грибів виявлені високоактивні продуценти арахідонової кислоти й розроблений спосіб її трансформації в деякі простагландіни (біологічно активні речовини, що представляють собою похідні поліненасичених жирних кислот, молекула яких містить 20 вуглецевих атомів).

Із дріжджів найбільш вивчена сполука ліпідів у представників родів *Candida*, *Saccharomyces*, *Rhizotorula*, *Cryptococcus*. Поряд із внутрішньоклітинними, деякі види дріжджів і міцелярних грибів володіють здатністю утворювати й позаклітинні ліпіди. Є описи декількох форм ліпідів, виявлених у середовищі. У культурах *Pullularia*, *Rhodotorula* і *Hansenula* екстрацелюлярні ліпіди мають вигляд крапель різного діаметра. При вирощуванні дріжджів *Candida bogoriensis* глибинним способом екстрацелюлярні ліпіди виявляються у вигляді крапель різного діаметра й у вигляді довгих білих кристалів. Дослідження хімічного складу позаклітинних ліпідів показали, що дріжджами екскретуються чотири основних типи цих сполук.

3. Характеристика продуцентів ліпідів. З різних представників мікроорганізмів дріжджі володіють рядом властивостей (швидкість росту, невимогливість до сполуки середовища, відсутність токсинів, високий вихід ліпідів, їхня сполука), що дозволяють розглядати їх як найбільш перспективний на найближчий час джерело промислового одержання ліпідів. Як продуцентів для промислового одержання ліпідів можуть використовуватися представники, за рядом ознак стосовні до групи «жирових дріжджів». Жировими, або дріжджами називають види, здатні в нормальних умовах росту синтезувати до 40% ліпідів і більше (стосовно сухих речовин клітин).

У типового представника ліпідних дріжджів – *Cryptococcus terricolus* обмінні процеси спрямовані на переважний синтез ліпідів. Для більшості інших дріжджів такий тип обміну не зовсім звичайний. До ліпідуютьоворюючих дріжджів відносять також деяких представників родів *Lipomyces*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* і *Trichosporon* (*L. starkeyi*, *L. lipoferus*, *R. gracilis*, *S. roseus*, *T. pullulans*). Всі ці дріжджі здатні продукувати значну кількість ліпідів.

Ліпіди різних організмів підрозділяються на дві групи: 1) ліпіди, присутні завжди; 2) ліпіди, кількість яких змінна. Завжди присутні в клітині ліпіди розглядаються як її необхідна складова частина; кількість їх не може зменшуватися нижче певної межі, обумовленого фізіологічними особливостями організму. Ліпіди, вміст яких змінюється, становлять, очевидно, резерв живильних речовин, і кількість їх може бути досить різним.

Крім дріжджів як продуценти ліпідів у перспективі можуть розглядатися міцелярні гриби й мікроформи водоростей. Відомий інтерес (як джерела специфічних жирних, кислот, полі-*p*-гідроксibuтирата, фосфоліпідів і восків) представляють бактеріальні продуценти.

4. Основи біосинтезу ліпідів. В останні роки досягнуті значні успіхи у з'ясуванні механізму біосинтезу ліпідів у мікроорганізмів. Проте деякі деталі цього процесу залишаються незрозумілими, особливо відносно біосинтезу складних ліпідів. Перша стадія в біосинтезі ліпідів, що містять жирні кислоти – утворення ефірів жирних кислот і коферменту А. Весь гомологічний ряд жирних кислот з довгим ланцюгом, що містять парне число вуглецевих атомів, утвориться в процесі реакцій.

У дріжджів система синтезу жирних кислот являє собою гомогенний багатоферментний комплекс із молекулярною масою близько 2-3 млн. (так звана синтетаза жирних кислот).

У багатьох бактерій звичайний шлях утворення ненасичених жирних кислот – анаеробний, при якому відбувається поступове подовження вже ненасичених попередників. Кислоти, що містять циклопропанові кільця, синтезуються шляхом утворення метиленового містка по місцю подвійного зв'язку в ненасичених кислотах, при цьому додається вуглець, що запозичиться з метильної групи метіоніну у формі S-Аденозилметіоніна. Це додавання має місце тільки при включенні у фосфоліпід попередника з одним подвійним зв'язком.

5. Вплив умов культивування на утворення ліпідів. Численні експерименти щодо впливу джерел вуглецю на синтез ліпідів у дріжджів і міцелярних грибів показали, що вони впливають не стільки на кількість, скільки на сполуку утворених ліпідів. Пристосовуючись до нових умов харчування, мікроорганізм в остаточному підсумку може синтезувати приблизно таку ж кількість ліпідів, як і на специфічних для нього середовищах. Що ж стосується сполуки жирних кислот, то вони багато в чому визначаються характером тих проміжних продуктів, які з'являються в процесі перетворення різних джерел вуглецевого харчування. Особливий вплив на сполуку жирних кислот у синтезованих ліпідах роблять сполуки, які самі входять у їхню сполуку. Так, при використанні мікроорганізмами як джерело вуглецю вищих жирних кислот останні у великій кількості включаються до складу ліпідів. При використанні вуглеводнів основні жирні кислоти клітин або мають довжину ланцюга використаного алкана, або з'являються в результаті зміни довжини вуглецевого ланцюга молекули вихідного алкана на парне число вуглецевих атомів.

На відміну від сполук вуглецю сполуки азоту не роблять прямого впливу на біосинтез ліпідів. Їхній вплив зв'язаний зі зрушенням рівноваги живильного в сторону від оптимуму значення рН, характерного для ліпідоутворення. У той же час концентрація джерела азоту відіграє істотну роль у процесах ліпідоутворення. Пов'язано це зі співвідношенням азоту й вуглецю в середовищі.

Чим дане співвідношення вище убік вуглецю, тим більш сприятливіші

умови для біосинтезу ліпідів, і навпаки.

Утворення ліпідів у дріжджів та інших грибів пов'язане з дихальною активністю клітин. Інгібування процесу дихання веде до гальмування біосинтезу ліпідів. При недостатньому постачанні киснем різко гальмуються процеси утворення триацилгліцеринів, але накопичується значна кількість вільних жирних кислот і фосфоліпідів. З інтенсифікацією аерації середовища зростає ступінь ненасиченості ліпідів шляхом часткової трансформації олеїнової кислоти в кислоти із двома й трьома подвійними зв'язками.

На процеси біосинтезу ліпідів у мікроорганізмів впливають також рН середовища й температура культивування. Так, підвищення рН середовища збільшує вміст у складі дріжджових ліпідів вільних жирних кислот, фосфоліпідів і зменшує вміст триацилгліцеринів. При зниженні рН збільшується загальна ненасиченість ліпідів. Зниження температури культивування веде до підвищення ступеня ненасиченості клітинних ліпідів.

Крім джерел вуглецевого й азотного харчування, а також рН, аерації, температури на процеси росту мікроорганізмів і синтезу ними ліпідів певний вплив чинять різні компоненти мінерального харчування й деякі вітаміни. Відсутність у середовищі пантотенової кислоти негативно впливає не тільки на синтез загальних ліпідів, але й на утворення деякими дріжджами ергостерина. Певний вплив на процеси ліпідоутворення в дріжджах та інших організмів можуть робити також парамінобензойна кислота, інозит, піридоксин та інші сполуки.

Серед безазотистих мінеральних солей на ліпідоутворення найбільш сильний вплив чинять фосфати. Недолік фосфору веде до неповного використання джерел вуглецю, надлишок міняє напрямом обмінних процесів убік синтезу в клітині сполук не ліпідної природи.

В 1922 р. Г. А. Надсон спостерігав сильне ожиріння дріжджових клітин, яке настає після іонізуючого опромінення при тривалому росту в живильному середовищі. Дане явище ними пояснювалося як результат різких порушень обміну речовин, головним чином вуглеводного, що призводять до більш інтенсивного нагромадження ліпідів, у, першу чергу, триацилгліцеринів і стеринів.

Дію, подібну іонізуючої радіації, роблять на дріжджові організми різні радіометричні речовини (ембіхін тощо). Викликаючи порушення координації між окремими ланками загального обміну клітин, такі речовини різко пригнічують функції розмноження організму й приводять до його ожиріння.

6. Промислове отримання ліпідів. Питанням промислового одержання ліпідів за допомогою мікроорганізмів приділяється пильна увага як у нашій країні, так і за кордоном. Мікроорганізмів можна використовувати для одержання фосфоліпідів, гліколіпідів, незамінних жирних кислот і препаратів на їхній основі, необхідних для використання в медичній практиці, сільському господарстві, харчовій та іншій галузях промисловості.

Ряд дріжджів і міцелярних грибів розглядаються як потенційні продуценти ліпідів, у тому числі ліпідів - аналогів деяким типам рослинних масел. Світова практика поки не має виробництв із цільовим призначенням

одержувати мікробні ліпіди. Однак зміна кон'юнктури на світовому ринку не виключає доцільності організації одержання ліпідів шляхом мікробіологічного синтезу. У цей час у невеликих об'ємах одержують ліпіди тільки за допомогою дріжджів, причому ліпіди є побічним продуктом основного виробництва (при одержанні білково-вітамінних концентратів на вуглеводнях нафти). Одержання ліпідів з міцелярних грибів, а також бактерій, водоростей і найпростіших поки не вийшло за рамки лабораторних досліджень. Однією із причин повільного рішення питань одержання бактеріальних ліпідів варто визнати наявність у їхньому складі сполук, токсичних для макроорганізму.

За допомогою дріжджів можливе одержання ліпідів на різних субстратах: гідролізатах рослинної сировини, сульфідних лугах, вуглеводнях нафти тощо. Ефективність виробництва дріжджового жиру багато в чому пов'язана з кількістю основної сировини, необхідної для одержання певної одиниці маси дріжджів, та їхньою вартістю. Крім того, сировина, на базі якої готується живильний субстрат для вирощування дріжджів, повинна забезпечувати одержання ліпідів, що відповідають вимогам, пропонованим промисловістю, яка переробляє ліпіди в різні продукти.

Найбільш відпрацьовані технологічні схеми одержання ліпідів за допомогою дріжджів на гідролізатах верхівкового торфу малого ступеня розкладання й вуглеводнях нафти. Ці схеми розрізняються тим, що при одержанні ліпідів на гідролізатах торфу дріжджовий жир є основним продуктом, а при використанні вуглеводнів дріжджовий жир – побічний продукт, що з'являється в результаті очищення дріжджової біомаси від залишкових вуглеводнів. У зв'язку із цим, фракційною сполукою, яка отримана цими шляхами ліпідів досить різна: домінуюча фракція вуглеводних дріжджів - фосфоліпіди, основна фракція при одержанні ліпідів на гідролізатах торфу - триацилгліцерини. У нашій країні процес одержання дріжджових ліпідів в умовах спеціалізованої установи здійснений на дослідно-промисловому заводі білково-вітамінних концентратів, що виробляє сотні тони цього продукту біосинтезу. У найближчі роки планується введення в лад декількох установок з одержання ліпідів із дріжджів.

Процес одержання ліпідів на гідролізатах верхівкового торфу малого ступеня розкладання включає кілька основних операцій: одержання гідролізату торфу, віддувка фурфуролу й нейтралізація гідролізату до рН 5,5-6,0, введення в гідролізат мінеральних джерел харчування, вирощування дріжджів - продуцентів ліпідів, відділення біомаси й екстракція з її ліпідів.

Отже, весь процес аналогічний процесу одержання кормових дріжджів, за винятком додаткових операцій, пов'язаних з витяжкою ліпідів. Система розчинників, яка застосовується для цієї мети, ідентична тим, що використовується у масложировій промисловості. Біомаса, яка залишилася після екстракції ліпідів, «біошрот» може бути використаною у годівлі сільськогосподарських тварин.

З однієї тонни абсолютно сухого торфу можна одержати 50-70 кг

дріжджових ліпідів, що містять до 70-75 % триацилгліцеринів. Крім гідролізатів торфу для культивування ліпидоутворюючих дріжджів і одержання ліпідів по зазначеній вище схемі можуть бути використані інші гідролізні середовища, наприклад, гідролізати деревини, або змішані субстрати деревини й торфу.

7. Практичне застосування ліпідів. Численними експериментами показано, що дріжджові ліпіди й продукти їхньої переробки можуть використовуватися у всіляких галузях народного господарства: у текстильній, керамічній, шкіряній, металообробній (прокат сталевого аркуша, протягання дроту, лудіння жерсті) промисловості. Дріжджові ліпіди можуть бути використані також при виробництві каучуку, гуми, фармацевтичних препаратів, косметики, мила, оліф, у процесах флотації руд та ін. Нарешті, як показали експерименти, дріжджові ліпіди можуть знайти велике застосування у годівлі сільськогосподарських тварин і птахів. У цьому випадку зі схеми виробництва ліпідів виключається процес їхньої екстракції із клітин - для кормових цілей використовується багата жиром біомаса мікроорганізмів.

Після другої світової війни значне число робіт було спрямовано на вишукування можливості одержання мікробних ліпідів для харчових цілей. Шведський дослідник Лундін показав, що багатий фізіологічно необхідними жирними кислотами дріжджовий жир (*Rhodotocula gracilis*) може з успіхом використовуватися крім технічних і на харчові потреби. Раціон з 25 г жирних дріжджів може забезпечити організм людини 10 г ліпідів, 6 г білка й багатьма іншими необхідними речовинами, що на 20% задовольняє денну потребу в цих сполуках.

Виробництво мікробного жиру для харчових цілей уже мало місце в Німеччині під час першої світової війни. Як живильне середовище використовували мелясу або інші цукроутворюючі субстрати, продуцентом слугував дріжджеподібний гриб *Endomycopsis vernalis*. У їжу використовували багату жиром біомасу, з якої готували пасту, відому за назвою «Евернал» або «Міцета».

Комбінуючи живильні середовища, а також підбираючи продуцент і умови його культивування, можна одержувати ліпіди та сполуки, які відповідають вимогам різних галузей промисловості й сільського господарства.

Наприклад, при годівлі птахів перевага віддається ліпідам, що містять до 65-70% ненасичених жирних кислот. Мікробні ліпіди, що містять значну кількість жирних кислот із двома подвійними зв'язками, можливо використовувати для готування лаків і фарб, а також для готування медичних препаратів, що сприяють запобіганню атеросклерозу й тромбозу. Ліпіди з перевагою насичених жирних кислот можна вживати на виробництво технічних змащень.

У перших випадках таким вимогам відповідають ліпіди міцелярних грибів і дріжджів *Lipomyces lipoferus*, а в другому — ліпіди *Candida humicola*, вирощених на гідролізаті деревини.

Таким чином, слід зазначити, що сполука ліпідів (а звідси й область їхнього можливого використання) у великій мірі обумовлений систематичним положенням організму-продуцента. У той же час співвідношення окремих компонентів у складі ліпідів визначається специфікою сировини, що використовується й фізико-хімічними умовами культивування.

Контрольні запитання:

1. На які групи можна поділити ліпіди?
2. Які продуценти краще використовувати для синтезу ліпідів?
3. Який склад поживного середовища є найкращим?
4. В яких галузях застосовують ліпіди?

РОЗДІЛ 2

Технологія отримання оцту

1. Загальна характеристика оцтовокислих бактерій. Оцтовокислі бактерії відносяться до грамнегативних аеробних хемоорганогетеротрофам. Від інших бактерій, що володіють зазначеними властивостями, вони відрізняються здатністю активно здійснювати різноманітні окисні трансформації первинних спиртів, гліколей, поліонів, альдо- і кетоцукрів, а також їхніх похідних. До теперішнього часу відомо більше 80 подібних трансформацій, вироблених оцтовокислими бактеріями, у тому числі окислювання етилового спирту до оцтової кислоти, глюкози до 2- і 5-кетоглюконових кислот, перетворення гліцерину в діоксиацетон і сорбіту в сорбозу.

У природі оцтовокислі бактерії живуть на листях, квітах і плодах багатьох рослин. Їх можна виявити на бджолах і в меді, що дозріває, у ґрунтах фруктових садів і виноградників, у рослинних соках, пиві, молоці й кисломолочних продуктах. Деякі з них проявляють себе як фітопатогени.

Як встановив ще Л. Пастер (1868), «хвороби» вина й пива, їхнє псування - результат життєдіяльності мікроорганізмів, зокрема оцтовокислих бактерій. На поверхні зрілого винограду, яблук та інших плодів, які використовуються як сировина у виноробстві, завжди присутні вуглекислі бактерії. Внаслідок розмноження клітин і активності синтезованих ними ферментів у провіні знижується вміст спирту й цукрів, відбуваються зміни в складі органічних кислот, вона каламутніє, іноді ослизняється. Аналогічні процеси відбуваються при розвитку оцтовокислих бактерій у пиві. Тому в технології виноробства й пивоварства передбачені заходи, що усувають можливість розмноження цих бактерій на всіх етапах виробництва.

Здійснюючи окисні трансформації спиртів і цукрів, оцтовокислі бактерії надзвичайно точно впливають лише на певні групи атомів у молекулах цих речовин. У деяких умовах, і насамперед при високій концентрації сполуки, що окисляються, в середовищі, вони утворюють значну кількість продуктів трансформацій, що визначає доцільність їхнього використання у практиці.

У цей час спеціалізовані промислові підприємства культивують оцтовокислі бактерії з метою одержання сорбози як проміжної сполуки в синтезі вітаміну С, діоксиацетона, харчового оцту. У лабораторних умовах за допомогою оцтовокислих бактерій одержують деякі рідкі цукри й органічні кислоти, а також їхні радіоактивні препарати, необхідні для наукових досліджень.

До групи оцтовокислих бактерій відносять два роди бактерій: *Acetobacter* і *Gluconobacter*. Перший рід поєднує ряд видів, серед них *Acetobacter aceti*, *A. xylinum*, *A. rancens*, *A. peroxydans*. Другий представлений одним видом *Gluconobacter oxydans*.

Клітини ацетобактерів - прямі або злегка вигнуті палички (0,6 - 0,8 X 1,0-3,0 мкм). Клітини глюконобактерій також палочковидні або еліпсоїдної форми. Для бактерій цих родів характерне утворення інволюційних форм - гіпертрофованих клітин, часто нитковидних зі здуттями. Це явище спостерігається в культурах вуглекислих бактерій в умовах, не сприятливих для розмноження (клітини ростуть, але не можуть ділитися).

Оцтовокислі бактерії відносять до мезофілів. Оптимальна температура їхнього росту 25-30°C. Пристосовані до існування в кислому середовищі. Максимальна швидкість росту відзначається при рН 5,4 -5,8. Однак вони можуть розмножуватися й здійснювати окисні трансформації й при рН 3,5-4,5, а окремі представники – навіть при рН 2,5. Оцтовокислі бактерії не розкладають білки, не використовують амінокислоти як джерело вуглецю й тому не ростуть на м'ясо-пептонних середовищах. Вони позбавлені позаклітинних протеїназ, амілолітичних і ліполітичних ферментів.

Як джерело азоту оцтовокислі бактерії використовують мінеральні солі, найкраще амонійні. Їхній ріст у синтетичних живильних середовищах часто залежить від наявності вітамінів, потреба в яких в різних видів різна. Так, *G. oxydans* має потребу в пантотеїновій, пароамінобензойній і нікотиновій кислотах. У промисловості в живильні середовища *G. oxydans* як джерело зазначених вітамінів додають дріжджовий або кукурудзяний екстракти. *A. aceti* сам синтезує всі необхідні вітаміни й тому росте на синтетичних живильних середовищах без їхнього додавання.

Для бактерій роду *Acetobacter* кращою сполукою вуглецю є оцтова кислота. Вони добре ростуть також на середовищах, які містять етиловий спирт або молочну кислоту, перетворюючи їх в оцтову. Ацетобактери окислюють оцтову кислоту в циклі трикарбонових кислот (ЦТК).

Глюконобактери добре ростуть на середовищах, що містять глюкозу, фруктозу, сорбіт або гліцерин. Етиловий спирт і оцтову кислоту як джерело вуглецю вони не використовують і оцтову кислоту не окисляють. *G. oxydans* володіє неповним ЦТК. У цих бактерій відсутній сукцинатдегідрогеназа й, відповідно, бурштинова кислота не перетворюється у фумарову. Інші ферменти ЦТК в *G. oxydans* є, але проявляють низьку активність у порівнянні з аналогічними ферментами бактерій роду *Acetobacter*. Тому вважають, що ЦТК не має значення в енергетичному обміні в *O. oxydans*, функціонуючи тільки як механізм, що забезпечує біосинтез органічних кислот, з яких утворюються амінокислоти.

2 Шляхи метаболізму. Окисні трансформації етилового спирту в оцтову кислоту, сорбіту в сорбозу й багато що інше відбувається не тільки в зростаючих культурах оцтовокислих бактеріях, але й при інкубації суспензії їхніх клітин, що не розмножуються, у розчинах речовин, що окисляються.

Оцтовокислі бактерії володіють дегідрогеназами двох типів, які розрізняються за локалізацією в клітинах і фізико-хімічними властивостями. Одні з них пов'язані із системою внутрішньоклітинних мембран і не вимагають для своєї активності піридин-нуклеотидів, інші - розчинні -

залежні від НАД і НАДФ. Мембранно-зв'язанні ферменти діють у кислому середовищі, розчинні - у лужному.

Окислювання етилового спирту до оцтової кислоти (мікробіологічна трансформація) відбувається шляхом двох реакцій. У першій з них, яка каталізується алкогольдегідрогеназою, утворюється оцтовий альдегід (у гідратній формі). У другій реакції оцтовий альдегід, що утворився, при участі ацеталь-дегідегідрогенази перетворюється в оцтову кислоту.

Активність мембранно-зв'язаної алкогольдегідрогенази *A. aceti* і *G. oxydans* в 300 разів вище активності розчиненого ферменту. Оптимум рН мембранно-зв'язаної алкогольдегідрогенази *A. aceti* — 4,0, а розчиненої — 8,0. Тому вважають, що основна роль у трансформації спирту в оцтову кислоту в промислових умовах (при рН 2,5-3,0) належить мембраннозв'язаним ферментам оцтовокислих бактерій. Зазначені ферменти виділені й очищені. Запропоновано новий мікрометод визначення кількості етилового спирту, заснований на використанні мембранно-зв'язаної алкогольдегідрогенази оцтовокислих бактерій у реакції *in vitro*.

Оцтовокислі бактерії окисляють не тільки етиловий спирт, але й інші первинні аліфатичні спирти з довжиною ланцюга вуглецевих атомів не більше шести, однак кількість утворених при цьому кислот – мурашиної, пропіонової, масляної, ізомасляної та ізовалер'янової – невелика.

Багато органічних сполук оцтовокислих бактерії утворюють у результаті окисних трансформацій аліфатичні гліколі. Вони окисляють як первинні, так і вторинні спиртові групи цих речовин; при цьому виникають кислоти або кето з'єднання.

Деякі гліколі та їхні похідні придушують ріст оцтовокислих бактерій. Однак відмиті клітини, вирощені на середовищі з іншими сполуками вуглецю, здійснюють окисні трансформації таких речовин. З різних видів оцтовокислих бактерій виділені ферменти, які каталізують неповне окислювання гліколей. Вони специфічні стосовно гліколей і не каталізують окислювання альдоцукрів, а також поліолів.

Оцтовокислі бактерії перетворюють багато поліолів (багатоатомні спирти) у кето сполуки, проявляючи при цьому виняткову чутливість до їхньої будови. Як встановив Г. Бертран (1904), оцтовокислі бактерії дегідротують тільки ту вторинну спиртову групу поліолу, що перебуває в цис-положенні із сусідньою спиртовою групою. Пізніше було з'ясовано, що оцтовокислі бактерії окисляють поліоли лише в тому випадку, коли вони перебувають у цис-положенні. Зазначені закономірності окислювання поліолів бактеріями одержали назву правила Бертрана - Хадсона. Відповідно оцтовокислі бактерії окисляють D-Сорбіт, D-Манніт і не окисляють D-Дульцит.

Окисна трансформація гліцерину відбувається при участі двох гліцеролдегідрогеназ: розчинної НАД-залежною (оптимум рН – 0,5) і мембранно-зв'язаною (оптимум рН близько 6,0). Здатність до цієї реакції частіше виявляється в глюконобактерів, ніж в ацетобактерів.

5-кетофруктоза виявляється в культурах *G. oxydans* при росту в присутності манніта, сорбіту або сахарози в стаціонарній фазі в кислому середовищі. Клітини, що не розмножуються, *G. oxydans* також перетворюють фруктозу в 5-кетофруктозу при рН 4,0 – 4,5. Фермент, який каталізує цю окисну трансформацію, виділений із клітин *G. oxydans* і охарактеризований як фруктоза: НАДФ-5-оксидоредуктаза. Оцтовокислі бактерії не здатні рости за рахунок анаеробного перетворення вуглеводів. Енергією вони забезпечуються в процесі аеробного циклу.

Дисиміляція моносахаридів і багатоатомних спиртів відбувається за пентозофосфатним окисним шляхом. Для *G. oxydans* пентозофосфатний шлях має важливе значення, компенсуючи нефункціонуючий повний ЦТК. Дегідрогенази глюкозо-6-фосфату й фосфоглюконату цих бактерій проявляють активність не тільки з НАДФ, як у більшості організмів, але й з НАД. Завдяки цьому в окисних реакціях пентозофосфатного шляху, який каталізується зазначеними ферментами, утворюється відновлений НАД, від якого електрони транспортуються в дихальний ланцюг. Функціонування останнього веде до окисного фосфорилування й, отже, до утворення АТФ. Поряд з перетворенням моносахаридів і багатоатомних спиртів за пентозофосфатним шляхом оцтовокислі бактерії здійснюють їхні окисні трансформації й без фосфорилування.

З метою виділення оцтовокислих бактерій з різних джерел (пиво, вино, оцет, фрукти та ін.) накопичувальні культури одержують у пивному суслі, дріжджовій воді або у водяному розчині дріжджового екстракту з 0,5% етанолу або 1% глюкози. Вихідне значення рН – 5,5. Через те, що ці живильні середовища досить не селективні для оцтовокислих бактерій, після стерилізації до них додають пеніцилін (20 МЕ/мол) і ністатин (200 МЕ/мол) з метою придушення росту грампозитивних бактерій і грибів. При необхідності можна використовувати й інші аналогічно діючі антибіотики. Посіви інкубують при 30°C протягом 72 годин.

Виділення чистих культур оцтовокислих бактерій здійснюють загальноприйнятими методами на двох агаризованих середовищах: дріжджовій воді з 3% глюкози й з 3% етанолу. В обидва середовища додають 0,5% CaCO₃. Після семи діб інкубування посіви відбирають колонії: на середовищі із глюкозою з виразними зонами розчинення крейди внаслідок утворення глюконової кислоти; на середовищі з етанолом – з білим дифузійним ореолом, що виникає в результаті вторинного утворення CaCO₃ через окислювання бактеріями Ca-ацетату. Посіви з відібраних колоній виконують на ті ж рідкі або агаризовані живильні середовища якщо із глюкозою, то з додаванням CaCO₃, якщо зі спиртом, то без крейди. Відомі й інші відносно прості методи виділення оцтовокислих бактерій.

3. Технологія отримання оцту. Як сировина для одержання харчового оцту використовують виноградне вино й сидр, пивне сусло, мед, соки різних фруктів і ягід після спиртового шумування або водяний розчин етилового спирту. В останньому випадку одержують спиртової (білий) оцет, який виробляють у більшому масштабі, ніж винний. Оцет містить поряд з оцтовою

кислотою (6-9%) незначну кількість складних ефірів, що надають йому особливий смак і приємний аромат, чого позбавлена оцтова кислота, яка одержана хімічним шляхом. У харчовій промисловості й побуті переважно використовують харчовий оцет.

Спиртовий оцет одержують шляхом періодичного або безперервного культивування оцтовокислих бактерій на поверхні деревних стружок (частіше букових), якими заповнені виробничі апарати різної конструкції, або в глибинних умовах, у ферментерах. При цьому відбувається перетворення етилового спирту в оцтову кислоту. При одержанні оцту продуктивність оцінюють за масою (кг) оцтової кислоти, що отримується в отриманому об'ємі оцту за добу ($\text{кг/м}^3 \cdot \text{добу}$). Згідно старим, але ще використовуваним способам, одержання спиртового оцту при пуску заводу або цеху оцтовокислі бактерії вносять в апарати зі стружками, узятими з діючих апаратів інших підприємств. Бактерії закріплюються на стружках, розмножуються й окисляють спирт, що надходить в апарат у складі живильного середовища. Крім спирту середовище містить оцтову кислоту й мінеральні солі азоту, фосфору, сірки, магнію, калію. Інші елементи, необхідні бактеріям, є в достатньому для них кількості у водопровідній воді. Іноді в живильне середовище додають пивне сусло як джерело вітамінів. Оцтова кислота служить джерелом вуглецю й енергії для бактерій, які використовуються у виробництві оцту. Тому в процесі росту культури завжди відбувається споживання оцтової кислоти й часткове її окислювання в ЦТК. Кількість споживаної оцтової кислоти залежить від температура всередині апаратів, що підвищується до 32—34 °С, що на 12—14° вище температури приміщення. Внаслідок цього повітря «затягується» у спеціальний отвір над збірником готового оцту, проходить крізь весь апарат і «відпрацьований» виходить по краях кришки, що не закриває апарат герметично. По мірі повільного протікання живильного середовища по стружкам спирт, що втримується в ній, перетворюється бактеріями в оцтову кислоту й готовий оцет безупинно надходить у збірник, розташований у нижній частині апарата. При протоці середовища бактерії частково вимиваються, але їхня чисельність відновлюється. Про це можна судити по тому, що в нормально діючих апаратах кількість утвореної в них оцтової кислоти – величина постійна – близько $1,4 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{добу}$. При циркуляційному (періодичному) способі одержання оцту процес відбувається в апаратах, що вміщують 30-60 м^3 стружок, заселених оцтовокислими бактеріями. Ці апарати обладнані спеціальними пристроями для примусової аерації, регулювання швидкості циркуляції середовища й температури. Живильне середовище утримує на початку виробничого циклу 10-11% спирту, близько 1% оцтової кислоти й мінеральні солі, протікає по стружках зі значно більшою швидкістю, чим при описаному вище способі. Кількість оцтової кислоти в культуральній рідині поступово збільшується, але до моменту надходження її в збірник окислювання спирту не закінчується, тому рідину повертають в апарат. Так вона циркулює доти, поки концентрація оцтової

кислоти в ній не досягає 10-11%. Тоді цикл закінчується й в апарат надходить знову приготовлене живильне середовище.

Процес ведуть у п'яти ферментерах ємністю кожний близько 6 м³ з'єднаних послідовно. У кожний ферментер подають повітря; культуральна рідина інтенсивно перемішується з повітрям мішалкою. В 1-й ферментер безупинно надходить живильне середовище, отримуючи (%): оцтової кислоти 1,4-1,5; спирти 4,0; (NH₄)₂HP0₄ 0,1; KN₂P0₄ і Mg0₄ по 0,05. Концентрація оцтової кислоти поступово зростає, а спирту – знижується. Розмноження бактерій відбувається переважно в першому ферментері, де концентрація оцтової кислоти й етилового спирту в середовищі відносно невисока, що забезпечує необхідну швидкість росту культури. В 3-му, 4-му і 5-му ферментерах перетворення спирту в оцтову кислоту відбувається внаслідок активності ферментів клітин, що не розмножуються, *A. aceti*. При концентрації оцтової кислоти, рівної 8% і вище, оцтовокислі бактерії не ростуть. Посівний матеріал вносять тільки при пуску установки. Температура в ферментері підтримується за допомогою теплообмінних пристроїв на рівні 25-30⁰С. При одержанні спиртового оцту по глибинному безперервному способі продуктивність перевищує 30 кг/м³/діб оцтової кислоти. З оцту можливо одержувати хімічно чисту оцтову кислоту високої концентрації. Однак з економічної точки зору це недоцільно.

Контрольні запитання:

1. Яку роль відіграють бактерії під час процесу збродження?
2. При яких значеннях рН проводять культивування продуцентів оцтовокислих бактерій ?
3. Яким чином відбувається метаболізм оцтовокислих бактерій?
4. За яких умов здійснюється окислювання етилового спирту до оцтової кислоти?

РОЗДІЛ 3

Технологія отримання глютамінової кислоти

1. Сировинна база. Для здійснення процесу біосинтезу глютамінової кислоти з високим виходом використовують мутанти з порушеною ферментативною системою перетворення α -кетоглутарової кислоти в янтарну. При цьому, якщо культура володіє недостатністю по біосинтезу аланіндегідрогенази і лактатдегідрогенази, то вихід глютамінової кислоти збільшуватиметься за рахунок відсутності витрат вуглеводів середовища на біосинтез аланіну і молочної кислоти.

При промисловому культивуванні як джерело вуглецю використовують легкоасимілюючі вуглеводи (сахарозу і глюкозу), що містяться в буряковій мелясі, гідролу, гідролізатах крохмалю. Джерелом азоту є сечовина, рідкі хлорид і сульфат амонію, кукурудзяний екстракт, причому останній застосовують тільки на стадіях отримання інокуляту і посівного матеріалу, в основному унаслідок великого вмісту в ньому біотину. Підвищений вміст біотину в мелясі також може обмежити використання її як основного джерела сировини для біосинтезу.

Залежно від особливостей використаного штаму кількість азоту у вигляді сечовини, що включається в поживне середовище для здійснення процесу біосинтезу складає 1,0-2,0%. Для забезпечення оптимальних умов біосинтезу і збільшення кількості вироблюваної глютамінової кислоти в одиниці об'єму культуральної рідини процес по завершенню накопичення основної маси клітин проводять з підпитою розчином сечовини.

Вміст її в культуральній рідині не повинен перевищувати 0,8%, рН розчину повинен бути в межах 6,8-7,8. Недолік азоту в середовищі знижує вихід глютамінової кислоти, сприяючи накопиченню підвищеної кількості α -кетоглутарової кислоти.

2. Сутність одноступінчатого та двохступінчатого способів отримання L – глютамінової кислоти.

Одноступінчатий спосіб отримання глютамінової кислоти:

Посівний матеріал на кожній із стадій його отримання (від пробірок до посівного апарату) вирощують в строго асептичних умовах по 24 год. Склад живильних середовищ трохи змінюється при переході від одного штаму до іншого і практично залишається постійним на кожній з проміжних стадій отримання посівного матеріалу. Тільки при вирощуванні продуцента в посівному апараті в живильне середовище вносять до 0,1% стерильного синтетичного піногасника.

Для промислових штамів *Coryn. glutamicus* живильні середовища при виробництві посівного матеріалу, як правило, містять наступні компоненти: Меляса – 8%; Кукурудзяний екстракт – 0,3%; Хлорид амонію – 0,5%; Калію фосфат двохзаміщений – 0,05%; Сульфат магнію – 0,03%; Вода та рН середовище 7,0- 7,2. Живильні середовища на стадії біосинтезу містять ті ж компоненти і в тій же кількості, тільки замість кукурудзяного екстракту і

сульфату амонію присутній до 2% сечовини, зміст меляси збільшують до 20%, додатково вводять крейду до 1% і 0,1% синтетичного піногасника.

Процес біосинтезу здійснюють в суворо асептичних умовах у ферментаторах об'ємом 50 дм³ з коефіцієнтом заповнення апарату 0,7 протягом 48-52 год. та інтенсивної аерації. Температуру культивування на всіх стадіях підтримують постійною на рівні 28-30°C. В кінці процесу біосинтезу готова культуральна рідина містить до 45 г/л глютамінової кислоти. Вихід глютамінової кислоти по відношенню до спожитих цукрів складає 45-50%.

Виділення глютамінової кислоти з культуральної рідини і подальше очищення її відповідно до вимог фармакопеї припускає таку послідовність проведення технологічних операцій.

Попередня обробка культуральної рідини. Здійснюється в результаті додавання до неї певної кількості негашеного вапна (або вапняного молока) з подальшим осадженням надлишку іонів кальцію фосфорною кислотою. Осад, що утворюється при цьому, сприяє кращому відділенню клітин продуцента та інших баластних домішок.

Відділення осаду. Проводять центрифугуванням або фільтруванням під тиском.

Освітлювання фільтрату. Полягає в очищенні його від пігментних домішок, що забарвлюють нативний розчин в темний колір. Для цього обробляють фільтрат активованим вугіллям або піддають його іонообмінній сорбції.

Концентрація освітленого розчину глютамінової кислоти. Проводять шляхом його вакуум-випаровування при температурі 40-60°C, при цьому з початкового розчину глютамінової кислоти відганяють від 50 до 80% води.

Осадження кристалів глютамінової кислоти в ізоелектричній точці. Ця стадія здійснюється шляхом підкислення одержаного на попередньому етапі концентрату соляною кислотою до рН 3,2 (ізоелектрична точка глютамінової кислоти) і охолодження розчину до 4-15°C. Одноразове проведення операції забезпечує кристалізацію 77% глютамінової кислоти; при повторному її проведенні вихід зростає до 87%. Чистота одержуваних кристалів досягає 88%. В результаті подальшої перекристалізації - 99,6%, що задовольняє вимогам фармакопеї.

Відділення кристалів глютамінової кислоти від маточника. Цьодосягається центрифугуванням з подальшою декантацією і поверненням маточника на стадію вакуум-випаровування. Одержані кристали промивають знесоленою водою і направляють на сушку.

Сушка кристалів глютамінової кислоти. Проводиться у вакуумі або в струмі нагрітого повітря при 60-70°C.

Отримання глютамата натрію. Процес здійснюється обробкою вологих кристалів неперекристалізованої глютамінової кислоти гідроксидом натрію. Для цього вологі кристали розчиняють в певній

кількості води і нейтралізують 45-50%-вим розчином їдкого натра, рН розчину доводять до 6,8, після чого його фільтрують. Освітлений розчин глютамата натрію упарюють під вакуумом до вмісту сухих речовин близько 60% і передають на кристалізацію. Її проводять протягом трьох діб при поступовому зниженні температури. Кристали глютамата натрію відділяють від маткового розчину центрифугуванням і сушать в струмі гарячого повітря.

Двохступінчатий спосіб отримання глютамінової кислоти:

Його можливо здійснити з α -кетоглутарової кислоти за допомогою ферментів трансамілази або глютаматдегідрогенази в результаті наступних перетворень:

1. варіант – переамінування амінокислот: α -кетоглутарова кислота + амінокислота \rightarrow L - глютамінова кислота + α -кетокислота;

2. варіант – відновне амінування:

α - кетоглутарова кислота + NH_4^+ + НАДН \rightarrow L-глютамінова кислота + H_2O + НАД⁺

У кожному з цих процесів α -кетоглутарова кислота виконує роль попередника. Для здійснення будь-якого з цих перетворень необхідні джерела α -кетоглутарової кислоти і відповідної ферментної системи. Першу з цих задач вирішують за допомогою підбору мікроорганізмів, здатних продукувати значну кількість α -кетоглутарової кислоти з доступних джерел сировини. Продуцентами α -кетоглутарової кислоти можуть бути *Pseudomonas* і *Escherichia*.

Дріжджі роду *Candida* при вирощуванні на н-парафінах продукують α -кетоглутарову кислоту спільно з пірвіноградною у співвідношенні 6:1. Економічний коефіцієнт процесу біосинтезу досягає 90% від кількості спожитих вуглеводнів.

В ролі продуцента ферменту трансамідази можуть виступати різні мікроорганізми, наприклад *E. coli*. Донором аміногруп може бути аспарагінова кислота або аланін.

Відновне амінування можливо здійснити за допомогою *Pseudomonas* або *Aeromonas* причому деякі штами цих мікроорганізмів як субстрат можуть використовувати D, L - α -оксиглутарову кислоту, яка виробляється хімічним синтезом.

3. Напрямки використання L-глютамінової кислоти у промисловості. L-глютамінова кислота у деякій кількості входить до складу рослинних та тваринних білків. Вона не відноситься до числа незамінних, проте на її основі здійснюється синтез багатьох фізіологічно активних сполук.

L-глютамінова кислота знаходить широке використання у харчовій промисловості та медицині при лікуванні захворювань, пов'язаних з отруєнням нирок, печінки. У вигляді глютамату натрію (мононатрієва сіль глютамінової кислоти) використовується як добавка у їжу для посилення смакових якостей приготовлених продуктів харчування та зберігання їх у

виробах, що призначені для довгого зберігання (в консервуванні та замороженому стані).

Контрольні запитання:

1. Що є сировинною базою у виробництві глютамінової кислоти ?
2. Яким чином обирають продуцентів глютамінової кислоти ?
3. Які методи використовують для відділення осаду?
4. Які напрямки використання L-глютамінової кислоти у промисловості?

РОЗДІЛ 4

Технологія виробництва хлібопекарських дріжджів

Дріжджі - одноклітинні мікроорганізми, що відносяться до класу грибів сахароміцетів. Дріжджова клітина містить у середньому 67% води й 33% сухої речовини. Суха речовина дріжджової клітини містить 37-50% білків, 35-40% вуглеводів, 1,2-2,5% сирого жиру й 6-10% зольних речовин.

Якість хлібопекарських дріжджів визначається вимогами технології хліба. Вони повинні мати щільну консистенцію, легко ламатися, володіти сірим з жовтуватим відтінком кольору і характерним дріжджовим запахом, прісним смаком, вміст вологи не більше 75%, кислотність (у перерахуванні на оцтову кислоту) не більше 120 мг на 100 г дріжджів у день вироблення й не більше 360 мг через 12 діб. Стійкість при температурі 35°C дріжджів, вироблених на дріжджових заводах, не менш 60 год, а на спиртових 48 год, піднімальна сила не більше 70 хв.

Передбачається випуск сушених хлібопекарських дріжджів вищого й 1 сортів у вигляді гранул, вермішелі, крупи або порошку від ясно-жовтого до ясно-коричневого кольору. Вміст вологи в дріжджах вищого сорту - 8%, у дріжджах 1 сорту - 10%. Підйом тісту до 70 мм для вищого сорту - 70 хв, для 1 сорту - 90 хв. Термін зберігання від дня вироблення становить для сушених дріжджів вищого сорту не менш 12 місяців й 5 місяців для 1 сорту. Показники якості дріжджів, дріжджового молока (водної суспензії): концентрація дріжджів не менш 450 г/л у перерахуванні на вологість 75%, піднімальна сила не більше 75 хв, кислотність не більше 120 мг на 100 г дріжджів у день вироблення й не більше 360 мг через 72 год.

Дріжджове виробництво засноване на здатності дріжджових клітин (мікроорганізмів) рости й розмножуватися. В основі технології хлібопекарських дріжджів на дріжджових заводах лежать біохімічні процеси, пов'язані з перетворенням поживних речовин культурального середовища при активній аерації в клітинну речовину дріжджів. При аерації дріжджі окисляють цукор поживного середовища до води й діоксида вуглецю (аеробний подих). Теплова енергія, що виділяється при цьому використовується дріжджами для синтезу клітинної речовини й обмінних процесів. В аеробних умовах у субстраті накопичується значно більше біомаси, ніж при анаеробному подиху.

Склад і концентрація поживного середовища для культивування дріжджів впливає на швидкість їх розмноження й кінцевий вихід продукту. Для конструктивного й енергетичного обміну дріжджів використовують цукри, азотисті сполуки, зольні елементи й кисень повітря.

Хлібопекарські дріжджі культивують на мелясних середовищах, розведених водою. Цукор такого середовища легко засвоюється дріжджами. Теоретичний вихід біомаси дріжджів з 75%-вим вологовмістом перебуває в межах 97-117% відносно маси меляси, що містить 46% цукру. У заводських умовах вихід дріжджів становить лише 68-92%.

Дріжджі використовують у хлібопеченні як збудник спиртового бродіння й розпушувачів тіста. Їх застосовують також для одержання квасу, вітамінів, лікарських препаратів і поживних середовищ. На дріжджових заводах виробляють пресовані й сушені дріжджі, а також дріжджове молоко. На м'ясо-спиртових заводах одержують тільки пресовані дріжджі. Рідкі дріжджі й хлібні закваски готують безпосередньо на хлібозаводах.

На м'ясо-спиртових заводах виробляють 15% хлібопекарських дріжджів від загального їх випуску. Ці дріжджі одержують як відходи виробництва при сепарації зрілої спиртової бражки, в 1 м³ якої міститься 18-35 кг дріжджів. Вихід пресованих дріжджів становить до 3,5 кг на 1 дал спирту. Собівартість хлібопекарських дріжджів, які одержують на спиртових заводах, на 30 % нижча, ніж на дріжджових.

Процес одержання хлібопекарських дріжджів на дріжджових заводах складається з наступних стадій: приготування поживного середовища; вирощування маточних і товарних дріжджів; виділення товарних дріжджів із дріжджової суспензії; формування й упакування пресованих дріжджів; сушіння дріжджів.

Одержання дріжджів зі спиртової бражки на спиртових заводах складається з наступних стадій: виділення дріжджів зі зрілої бражки сепаруванням; промивання й концентрування дріжджової суспензії; дозрівання дріжджів; остаточне промивання й концентрування дріжджів; пресування, формування й упаковка дріжджів; зберігання.

Лінія виробництва починається з комплексу устаткування для обробки сировини, що складається із апаратів для приготування поживних середовищ, сепараторів-кларифікаторів для м'яса й пароконтактних установок для стерилізації.

Провідний комплекс лінії представляють дріжджоростильні апарати, оснащені аераційною системою для насичення суспензії киснем, і повітродувні машини.

Наступний комплекс лінії складається з апаратів для виділення дріжджів, у складі якого є дріжджові сепаратори, фільтр-преси й барабанні вакуум-фільтри.

Найбільш енергоємним комплексом устаткування лінії є сушилні установки, представлені конвеєрними стрічковими сушарками, установками з віброкиплячим шаром, а також вакуумними й сублімаційними сушарками.

Завершальний комплекс устаткування лінії складається з машин для формування й загортання брикетів дріжджів.

На рис. 1 представлена машинно-апаратна схема лінії виробництва хлібопекарських дріжджів. Зі збірника 1 м'яса насосом 2 направляється в розсиропник 3, у якому вона розбавляється гарячою водою (90°C), витримується 30 хв і подається на кларифікатор 5, де звільняється від механічних домішок. Прояснене сусло нагрівають до 120°C у пластинчастому теплообміннику 4, витримують 30 с, охолоджують до 80°C і направляють у приточний збірник 6, звідки подають у дріжджевирощувальні

апарати (8-попередній дріжджовирощувальний апарат; 9, 10, 11-дріжджовирощувальні апарати відповідно I, II й III стадії маточних дріжджів). Освітлення й стерилізація здійснюються в безперервному режимі.

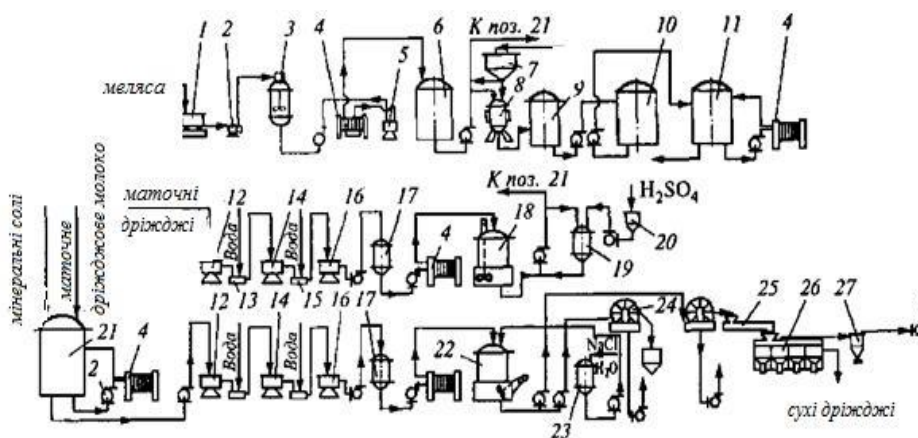


Рис.1. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва хлібопекарських дріжджів

Мінеральні солі розчиняють у бачку 7 і направляють в апарати для розмноження дріжджів 8 й 21 у строго певних кількостях.

Вирощування хлібопекарських дріжджів складається з одержання маточних і товарних дріжджів. Маточні дріжджі чистої культури готують у кількості, що забезпечує засів безпосередньо в товарний апарат 21, і зберігають у вигляді дріжджового молока при температурі 2°C. Перед засівом в товарний апарат 21 маточні дріжджі піддають твердій обробці при рН 1,8-2,0 протягом 30 хв. Товарні дріжджі одержують за періодичною схемою без відборів середовища. Розходження в технології пресованих і сушених дріжджів проявляються починаючи з виділення й підготовки штаму й до одержання товарної продукції. Вони складаються в питомій швидкості росту, засівом, тривалості вирощування й концентрації середовищ.

Вирощені маточні й товарні дріжджі виділяють із дріжджової суспензії, промивають холодною водою й згущають у сепараторах 12, 14, 16 відповідно I, II, III ступеня маточних і товарних дріжджів. Дріжджове молоко після III ступеня сепарації маточних і товарних дріжджів збирається у збірник 17, звідки направляється відповідно в збірники 18, а 22 - маточного й товарного дріжджового молока.

Для промивання дріжджів використовують спеціальні промивні бачки 13 й 15. Кислотну обробку маточних дріжджів перед засівом проводять у збірнику 19, куди із мірника 20 дозується сірчана кислота.

Остаточне виділення товарних дріжджів із дріжджового молока відбувається у вакуум-фільтрі 24, попередньо обробленому розчином повареної солі зі збірника 23. Пластини дріжджів з вакуум-фільтра 24 попадають у сушарку для дріжджів 26 через шнек 25, при цьому пилоподібна фракція вловлюється в циклоні 27. Пресовані дріжджі формуються в брикети й упаковуються.

Контрольні запитання:

1. Вимоги, які пред'являються до готових пресованих та сухих дріжджів.
2. Показники якості дріжджів.
3. Які компоненти повинні входити до поживного середовища при виробництві пресованих дріжджів?
4. Із яких стадій складається процес одержання пресованих дріжджів на дріжджових заводах?
5. У чому полягають відмінності одержання дріжджів на дріжджових та м'ясо-спиртових заводах?
6. Характеристика комплексів устаткування технології дріжджів.

РОЗДІЛ 5

Кисломолочні продукти

Кисломолочні продукти можна розділити на наступні групи: кисломолочні напої, сметана, сир, сирні продукти. Кисломолочні продукти одержують шляхом сквашування пастеризованого, стерилізованого або пряженого молока, вершків, пахти й сироватки заквасками, до складу яких входять різні молочнокислі бактерії, іноді дріжджі, а для одержання продуктів лікувально-профілактичного призначення - біфідобактерії. Для одержання кисломолочних продуктів використовують також сухе, згущене молоко, казеїнати, пахту, сироватку, плодово-ягідні й овочеві наповнювачі, цукор-пісок, харчові ароматизатори, барвники, підсолоджувачі, стабілізатори структури продукту. Виробляються кисломолочні напої й на основі сої.

Оскільки до складу заквасок входять молочнокислі коки, молочнокислі палички й дріжджі, та різні комбінації цих мікроорганізмів дозволяють одержати різноманітні кисломолочні продукти й створюють мікробіологічну основу технології молочних продуктів.

Під дією ферментів, які виділяються мікроорганізмами, відбувається процес глибокого розпаду молочного цукру (бродіння) з утворенням більш простих сполук (молочної кислоти, спирту, вуглекислого газу тощо). Залежно від продуктів, які утворюються при бродінні, розрізняють молочнокислий, спиртовий й інші види бродіння.

При молочнокислому бродінні, викликаному молочнокислими бактеріями, лактоза (молочний цукор) зброджується, тобто розпадається на ряд речовин з утворенням у результаті молочної кислоти. Молоко скисає, а казеїн, що міститься в ньому, коагулює (згортається) з утворенням згустку. Це перетворення відбувається наступним чином. Мікроорганізми виділяють ферменти, мізерно мала кількість яких здатна перетворити великі маси одних речовин в інші. Ферменти володіють вибірковою здатністю, тобто кожен з них діє тільки на одну будь - яку речовину або групу речовин, що характеризуються тими чи іншими особливостями будови молекул і властивостями.

Під дією ферменту лактози молекула дисахариду лактози розщеплюється на дві молекули моносахаридів - глюкозу і галактозу.

У результаті ферментних перетворень із глюкози та галактози утворюються по дві молекули піровиноградної кислоти. Піровиноградна кислота під впливом ферменту кодегідрози відновлюється до молочної кислоти. Таким чином, з однієї молекули молочного цукру утворюється чотири молекули молочної кислоти.

Молочнокисле бродіння є основним процесом при виробництві кисломолочних продуктів. У процесі молочнокислого бродіння в молоці накопичується молочна кислота, змінюється кислотність молока. Коли рН молока досягне 4,6-4,7 казеїн коагулює, утворюється згусток.

При спиртовому бродінні лактози утворюється етиловий спирт і вуглекислота. У кисломолочних продуктах (кефір, кумис тощо) спиртове бродіння відбувається разом з молочним бродінням, при якому створюються сприятливі умови для розвитку дріжджів. Найбільшою мірою спиртове бродіння проявляється в кумисі. За видом бродіння кисломолочні продукти умовно діляться на дві групи: отримані в результаті тільки молочнокислого бродіння (кисляк, сметана, сир та ін.) і змішаного - молочнокислого і спиртового (кефір, кумис).

До кисломолочних напоїв відносяться різні види кисляку (кисляк звичайний й мечніковський, варенець, ряжанка, йогурт тощо), кефір, кумис, ацидофільні напої. Крім того, виробляють кисломолочні напої зі склотин і сироватки.

Існують два способи виробництва кисломолочних напоїв - резервуарний і термостатний.

Резервуарний спосіб. Технологічний процес виробництва напоїв резервуарним способом складається з наступних технологічних операцій: підготовки сировини, нормалізації, гомогенізації, пастеризації й охолодження, заквашування, сквашування в спеціальних ємностях, охолодження згустку, дозрівання згустку (кефір, кумис), фасування.

Для виробництва кисломолочних напоїв використовується молоко не нижче другого сорту, кислотністю не більше 19°T , щільністю не менш 1027 кг/м^3 . Сухе молоко попередньо відновлюють. Знежирене молоко, склотини, вершки, згущене й сухе молоко, казеїнат натрію, плодово-ягідні й овочеві наповнювачі повинні бути доброякісними, без сторонніх присмаків і запахів і пороків консистенції.

Кисломолочні напої виробляють із різною масовою часткою жиру, тому вихідне молоко нормалізують до необхідної масової частки жиру. Нормалізація молока здійснюється в потоці на сепараторах-нормалізаторах або змішуванням.

Деякі продукти виробляються зі знежиреного молока. При нормалізації сировини змішанням масу продуктів для змішання знаходять по формулах матеріального балансу або по рецептурі.

Нормалізовану суміш піддають тепловій обробці. У результаті пастеризації знищуються мікроорганізми в молоці й створюються умови, сприятливі для розвитку мікрофлори закваски. Нормалізовану суміш пастеризують при температурі $(92\pm 2)^{\circ}\text{C}$ з витримкою 2-8 хв або при температурі $85-87^{\circ}\text{C}$ з витримкою 10-15 хв. Для виробництва ряжанки суміш пастеризують при $95-98^{\circ}\text{C}$ з витримкою (60 ± 20) хв. Високі температури пастеризації викликають денатурацію сироваткових білків, при цьому підвищуються гідратаційні властивості казеїну. Це сприяє утворенню більш щільного згустку, що добре втримує вологу, а це, у свою чергу, перешкоджає відділенню сироватки при зберіганні кисломолочних напоїв.

Теплова обробка суміші звичайно сполучається з гомогенізацією при температурі $60-65^{\circ}\text{C}$ і тиску 15-17,5 МПа.

Після пастеризації й гомогенізації суміш охолоджується до температури заквашування, після чого вона надходить у ємність для заквашування. В охолоджену суміш вносять закваску, маса якої зазвичай 5% від маси суміші. Використовують закваски прямого внесення.

Сквашування суміші проводять при температурі заквашування. У процесі сквашування відбувається розмноження мікрофлори закваски, наростає кислотність, коагулює казеїн й утворюється згусток. Закінчення сквашування визначають по утворенню досить щільного згустку й досягненню певної кислотності. По закінченні сквашування продукт негайно охолоджують.

Термостатний спосіб. Технологічний процес виробництва кисломолочних напоїв термостатним способом складається з тих же технологічних операцій, що й при виробництві резервуарним способом, які здійснюються у такій послідовності: підготовка сировини, нормалізація, пастеризація, гомогенізація, охолодження до температури заквашування, заквашування, фасування, сквашування в термостатних камерах, охолодження згустку, дозрівання згустку (кефір, кумис).

Приймання й підготовку сировини, нормалізацію, теплову обробку, гомогенізацію нормалізованої суміші і її охолодження до температури заквашування виконують так само, як і при резервуарному способі виробництва. Далі нормалізовану суміш заквашують у ємності. Після заквашування суміш фасують у споживчу тару й направляють у термостатну камеру, де підтримується температура, сприятлива для розвитку мікрофлори закваски. Закінчення сквашування визначається за кислотністю й щільністю згустку, потім продукт направляється до холодильної камери для охолодження, а кефір - для дозрівання.

Резервуарний спосіб виробництва кисломолочних напоїв у порівнянні з термостатним має ряд переваг. По-перше, цей спосіб дозволяє зменшити виробничі площі за рахунок ліквідації громістких термостатних камер. При цьому збільшується знімання продукції з 1 м² виробничої площі й знижується витрата тепла й холоду. По-друге, він дозволяє здійснити більше повну механізацію й автоматизацію технологічного процесу, скоротити витрати ручної праці на 25% і підвищити продуктивність праці на 35%.²⁸

Контрольні запитання:

1. На які групи можна поділити кисломолочні продукти?
2. Як відбувається молочнокисле бродіння?
3. Назвіть способи виробництва кисломолочних напоїв.
4. Який спосіб виробництва кисломолочних продуктів є економічно вигіднішим?

РОЗДІЛ 6

Технологія виробництва сиру (творогу)

Сир - білковий кисломолочний продукт, виготовлений сквашуванням культурами молочнокислих бактерій із застосуванням або без застосування молокозгортаючого ферменту й хлориду кальцію, пастеризованого, нормалізованого, цільного або знежиреного молока (допускається змішування зі склотинами) з наступним видаленням зі згустку частини сироватки й відпресовуванням білкової маси.

Сир має чисті кисломолочний смак і запах; для першого сорту допускається слабо виражений присмак кормів, тари, легкої гіркоти. Консистенція ніжна, однорідна; для жирного сиру першого сорту допускається трохи пухка й мастка, для нежирного - розсипчаста, з незначним виділенням сироватки. Колір білий, злегка жовтуватий, із кремовим відтінком, рівномірний по всій масі; для жирного сиру першого сорту допускається деяка нерівномірність кольору.

Значний вміст у сирі жиру, і особливо повноцінних білків, обумовлює його високу харчову й біологічну цінність. У сирі втримується значна кількість мінеральних речовин (кальцію, фосфору, заліза, магнію тощо), необхідних для нормальної роботи серця, центральної нервової системи, мозку, для кісткоутворення й обміну речовин в організмі.

Залежно від масової частки жиру сир підрозділяють на три види: жирний, напівжирний і нежирний.

У якості сировини використовують доброякісне свіже молоко цільне й знежирене кислотністю не вище 20°Т. До сирних виробів відносяться різні сирні маси й сирки, торти, креми й т.п.

Існують два способи виробництва сиру: традиційний (звичайний) і роздільний. Роздільний спосіб виробництва сиру дозволяє прискорити процес відділення сироватки й значно знизити при цьому втрати. Сутність роздільного способу полягає в тому, що молоко, призначене для вироблення сиру, попередньо сепарують. З отриманого знежиреного молока виробляють нежирний сир, до якого потім додають необхідну кількість вершків, що підвищує жирність сиру до 9 або 18%.

За методом утворення згустку розрізняють два способи виробництва сиру: кислотний і сичужно-кислотний. Перший ґрунтується тільки на кислотній коагуляції білків шляхом сквашування молока молочнокислими бактеріями з наступним нагріванням згустку для видалення зайвої сироватки. Таким способом виготовляється сир нежирний та із зниженою жирністю, тому що при нагріванні згустку відбуваються значні втрати жиру в сироватку. Крім того, цей спосіб забезпечує вироблення нежирного сиру більше ніжної консистенції.

Просторова структура згустків кислотної коагуляції білків менш міцна, формується слабкими зв'язками між дрібними частками казеїну й гірше

виділяє сироватку. Тому для інтенсифікації відділення сироватки потрібен підігрів згустку.

При сичужно-кислотному способі згортання молока згусток формується комбінованим впливом сичужного ферменту й молочної кислоти. Під дією сичужного ферменту казеїн на першій стадії переходить у параказеїн, на другій - з параказеїну утворюється згусток. Казеїн при переході в параказеїн зміщає ізоелектричну крапку із рН 4,6 до 5,2. Тому утворення згустку під дією сичужного ферменту відбувається швидше, при більш низькій кислотності, ніж при осадженні білків молочною кислотою, отриманий згусток має меншу кислотність, на 2-4 год прискорюється технологічний процес. При сичужно-кислотній коагуляції кальцієві містки, що утворюються між великими частками, забезпечують високу міцність згустку. Такі згустки краще відокремлюють сироватку, ніж кислотні, тому що в них швидше відбувається ущільнення просторової структури білка. Тому підігрів згустку для інтенсифікації відділення сироватки не потрібний.

Сичужно-кислотним способом виготовляють жирний і напівжирний сир, при якому зменшується відхід жиру в сироватку. При кислотному згортанні кальцієві солі відходять у сироватку, а при сичужно-кислотному зберігаються в згустку. Це необхідно враховувати при виробництві сиру для дітей, яким необхідний кальцій для кісткоутворення.

Виробництво сиру традиційним способом містить у собі наступні стадії: приймання молока; нормалізація молока до необхідного складу; очищення й пастеризація молока; охолодження молока до температури заквашування; внесення закваски й сичужного ферменту в молоко; сквашування молока; розрізка згустку; відділення сироватки; охолодження сиру; фасування; упаковування в тару й зберігання готової продукції.

Технологічний процес виробництва сиру традиційним способом виконується за допомогою комплексів устаткування для прийому, охолодження, зберігання й транспортування сировини. Для зберігання прийнятого молока використовують металеві ємності (танки). Молоко й продукти його переробки перекачуються насосами. Приймання сировини здійснюється за допомогою ваг (молоколічильників), сепараторів-молокоочищувачів, пластинчастих охолоджувачів, пастеризаторів, фільтрів і допоміжного устаткування.

Провідний комплекс лінії складається із сировиготовлювачів з пресуючими ваннами, ванн для сирного згустку, установок для пресування й охолодження сиру. Завершальний комплекс устаткування лінії забезпечує фасування, упаковування, зберігання й транспортування готового продукту. Він містить фасовочно-пакувальні машини й устаткування експедицій і складів готової продукції.

Машинно-апаратурна схема лінії виробництва сиру традиційним способом наведена на рис. 2. Молоко з ємності 1 подається спочатку в балансувальний бачок 2, а потім насосом 3 у секцію рекуперації пастеризаційно-охолоджуючої установки 5, де воно підігрівається до температури 35-40°C і направляється на сепаратор-очисник 4.

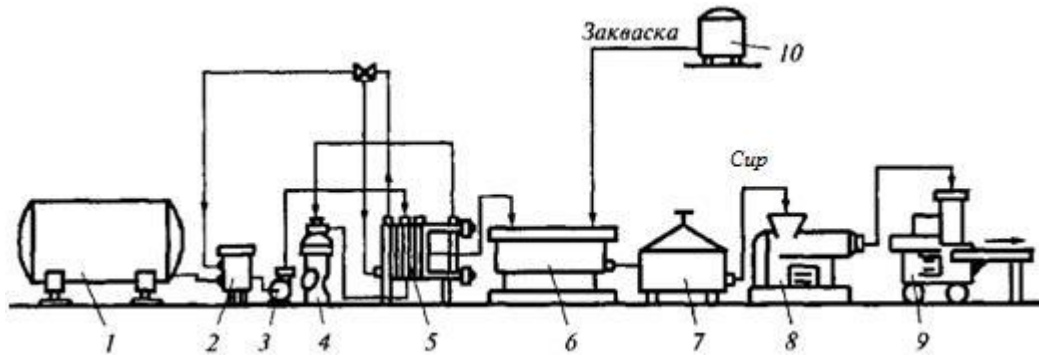


Рис.2. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва сиру традиційним способом

Нормалізоване й очищене молоко направляють на пастеризацію при 78-80°C з витримкою 20-30 с. Температура пастеризації впливає на фізико-хімічні властивості згустку, що, у свою чергу, відбивається на якості й виході готового продукту. Так, при низьких температурах пастеризації згусток виходить недостатньо щільним, тому що сироваткові білки практично повністю відходять у сироватку, і вихід сиру знижується. З підвищенням температури пастеризації збільшується денатурація сироваткових білків, які беруть участь в утворенні згустку, підвищуючи його міцність і підсилюючи вологоутримуючу здатність. Це знижує інтенсивність відділення сироватки й збільшує вихід продукту. Шляхом регулювання режимів пастеризації й обробки згустку, підбором штамів заквасок можна одержувати згустки з потрібними властивостями.

Пастеризоване молоко охолоджують у секції рекуперації пластинчастої пастеризаційно-охолоджуючої установки 5 до температури сквашування (у теплу пору року до 28-30°C, у холодну - до 30-32°C) і направляють у спеціальні ванни 6 на заквашування. Закваску для виробництва сиру виготовляють на чистих культурах мезофільних молочнокислих стрептококів і вносять у молоко у кількості від 1 до 5%. Тривалість сквашування після внесення закваски становить 6-8 год. При прискореному способі сквашування в молоко вносять 2,5% закваски, приготовленої у заквасочнику 10 на культурах мезофільного стрептокока, та 2,5% термофільного молочнокислого стрептокока. Температура сквашування при прискореному способі підвищується в теплу пору року до 35°C, у холодну - до 38°C. Тривалість сквашування молока при прискореному способі 4,0-4,5 год, тобто скорочується на 2,0-3,5 год, при цьому виділення сироватки зі згустку відбувається більш інтенсивно.

Для поліпшення якості сиру бажано застосовувати безпересадочний спосіб готування закваски на стерилізованому молоці, що дозволяє знизити дозу внесення закваски до 0,8-1,0% при гарантованій її чистоті.

При сичужно-кислотному способі виробництва сиру після внесення закваски додають 40%-вий розчин хлориду кальцію (з розрахунку 400 г безводної солі на 1 т молока), приготовленого на кип'яченій й охолодженій

до 40-45°C воді. Хлорид кальцію відновлює здатність пастеризованого молока утворювати під дією сичужного ферменту щільний, що добре відокремлює сироватку. негайно після цього в молоко у вигляді 1% -вого розчину вносять сичужний фермент або пепсин з розрахунку 1 г на 1 т молока. Сичужний фермент розчиняють у кип'яченій й охолодженій до 35°C воді. Розчин пепсину з метою підвищення його активності готують на кислій освітленій сироватці за 5-8 год до використання. Для прискорення оборотності сирних ванн б молоко сквашують до кислотності 32-35°Т у резервуарах, а потім перекачують у сирні ванни й вносять хлорид кальцію й фермент.

Закінчення сквашування й готовність згустку визначають за його кислотності (для жирного й напівжирного сиру повинна бути 58-60 °Т, для нежирного – 66-70°Т) і візуально - згусток повинен бути щільним, давати рівні гладкі краї на зламі з виділенням прозорої зеленуватої сироватки. Сквашування при кислотному методі триває 6-8 год, сичужно-кислотному – 4-6 год, з використанням активної кислотоутворюючої закваски – 3-4 год.

Щоб прискорити виділення сироватки, готовий згусток розрізають спеціальними дрововими ножами на кубики з розміром граней 2 см. При кислотному методі розрізаний згусток підігрівають до 36-38°C для інтенсифікації виділення сироватки й витримують 15-20 хв, після чого її видаляють. При сичужно-кислотному - розрізаний згусток без підігріву залишають у спокої на 40-60 хв для інтенсивного виділення сироватки.

Для подальшого відділення сироватки згусток піддають самопресуванню й пресуванню. Для цього його переносять у бязеві або лавсанові мішки по 7-9 кг (на 70% місткості мішка), зав'язують і поміщають декількома рядами в прес- візок. 7. Під впливом власної маси зі згустку виділяється сироватка.

Самопресування відбувається в цеху при температурі не вище 16°C і триває не менш 1 год. Закінчення самопресування визначається візуально за поверхнею згустку, що губить блиск і стає матовою. Потім сир під тиском пресують до готовності. У процесі пресування мішечки із сиром кілька разів струшують і перекладають. Щоб уникнути підвищення кислотності пресування необхідно проводити в приміщеннях з температурою повітря 3-6°C, а по його закінченні негайно направляти сир на охолодження до температури не вище 8°C з використанням охолоджувачів різних конструкцій; найбільш використовуємий з них є двоциліндровий охолоджувач 8.

Готовий продукт фасують на машинах 9 у дрібну й велику тару. Сир фасують у картонні ящики із вкладишами з пергаменту, поліетиленової плівки.

У дрібну упаковку сир фасують у вигляді брусків масою 0,25; 0,5 й 1 кг, загорнених у пергамент або целофан, а також у картонні коробочки, пакети, склянки з різних полімерних матеріалів.

Сир зберігають до реалізації не більше 36 год при температурі камери не вище 8°C і вологості 80-85%. Якщо строк зберігання буде перевищений,

через ферментативні процеси, що не припиняються, у сирі починають розвиватися вади.

Сировиготовлювачі із пресуючою ванною, використовують для вироблення всіх видів сиру, при цьому трудомісткий процес пресування сиру в мішечках виключається. Сировиготовлювач складається із двох двустінних ванн місткістю 2000 л із краном для спуску сироватки й люком для вивантаження сиру. Над ваннами закріплені пресуючі ванни з перфорованими стінками, на які натягають фільтруючу тканину. Пресуюча ванна за допомогою гідравлічного приводу може підніматися нагору або опускатися вниз майже до дна ванни для сквашування.

Готовий сир направляється на фасування й потім у холодильну камеру для доохолодження.

З метою резервування сиру у весняний і літній періоди року його заморожують. Якість розмороженого сиру залежить від методу заморожування.

Сир при повільному заморожуванні здобуває крупитчасту й розсипчасту консистенцію внаслідок заморожування вологи у вигляді великих кристалів льоду. При швидкому заморожуванні волога одночасно замерзає у вигляді дрібних кристалів у всій масі сиру, які не руйнують його структуру, і після розморожування відновлюються первісні, властиві йому консистенцію й структуру. Спостерігається навіть усунення після розморожування небажаної крупитчастої консистенції внаслідок руйнування крупинок сиру дрібними кристалами льоду. Заморожують сир у фасованому виді - блоками по 7-10 кг і брикетами по 0,5 кг при температурі від -25 до -30°C у термоізолюваних морозильних камерах безперервної дії до температури в центрі блоку -18°C та -25°C протягом 1,5-3,0 год. Заморожені блоки укладають у картонні ящики й зберігають при цих же температурах протягом відповідно 8 й 12 міс. Розморожування сиру проводять при температурі не вище 20°C протягом 12 год.

Машинно-апаратурна схема лінії виробництва сиру роздільним способом представлена на рис. 3.

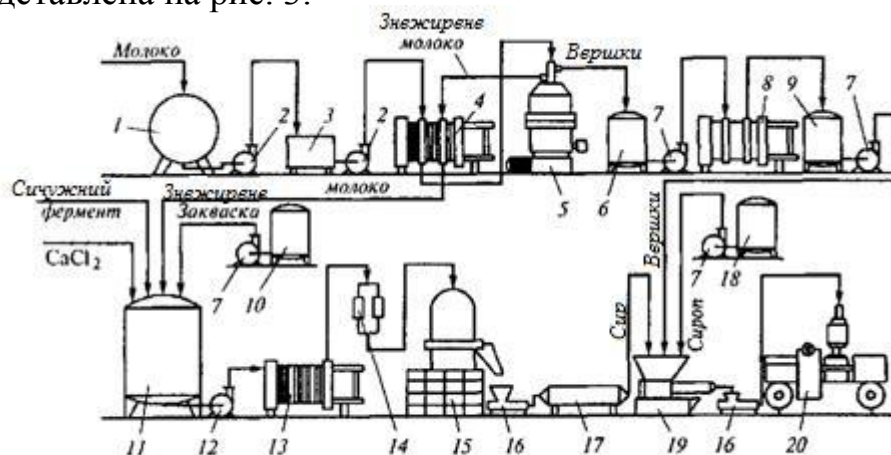


Рис.3. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва сиру роздільним способом

При цьому способі виробництва молоко, призначене для вироблення сиру, із ємності 1 насосом 2 подається в зрівняльний бачок 3, а з нього - насосом 2 у секцію рекуперації пластинчастої пастеризаційно-охолоджуючої установки 4 для підігрівання до 40-45°C. Підігріте молоко надходить у сепаратор-вершковідділювач 5, у якому розділяється на знежирене молоко й вершки з масовою часткою жиру не менш 50-55%. Отримані вершки подають спочатку в проміжну ємність 6, а потім насосом 7 у пластинчасту пастеризаційно-охолоджуючу установку 8, де вони пастеризуються при температурі 85-90°C з витримкою 15-20 с, охолоджуються до 2-4°C та направляються у двустінну ємність 9 на тимчасове зберігання до змішання із сиром.

Знежирене молоко із сепаратора надходить у пластинчасту пастеризаційно-охолоджуючу установку 4, де спочатку пастеризується при температурі 78°C із витримкою 15-20 с, а потім охолоджується до 30-34°C та направляється в резервуар 11 для сквашування із спеціальною мішалкою. Закваска, приготовлена в заквасочнику 10, насосом 7 подається в резервуар 11 для заквашування. Сюди ж подаються хлорид кальцію й фермент, суміш ретельно перемішують і залишають для сквашування до кислотності згустку 90-116°Т, а якщо використовується прискорений спосіб сквашування молока, то 85-90°Т. При сепаруванні згустку з меншою кислотністю сопла сепаратора можуть засмітитися.

Отриманий згусток ретельно перемішується й насосом 12 подається в пластинчатий теплообмінник 13, де спочатку підігрівається до 60-62°C для кращого відділення сироватки, а потім охолоджується до 25-32°C, завдяки чому він краще розділяється на білкову частину й сироватку. З теплообмінника 13 згусток через сітчастий фільтр 14 під тиском подається в сепаратор- сировиготовлювач 15, де розділяється на сироватку й сир.

При виробленні жирного сиру зневоднювання сепаруванням проводять до масової частки вологи в згустку 75-76%, а при виробленні напівжирного сиру - до масової частки вологи 78-79%. Отриманий знежирений сир подають спеціальним насосом 16 спочатку на охолоджувач 17 для охолодження до 8 °С, розтирають на вальцюванні до одержання гомогенної консистенції.

Охолоджений сир направляють у місильну машину 19, куди дозуючим насосом 7 подаються пастеризовані охолоджені вершки з ємності 18 і все ретельно перемішується. Готовий сир фасують на машинах 20 і направляють у камеру для зберігання.

Контрольні запитання:

1. Основні стадії виробництва сиру.
2. Апаратурне оформлення технології виробництва сиру

РОЗДІЛ 7

Технологія виробництва йогурту

Йогурт - це кисломолочний продукт з підвищеним вмістом сухих речовин, який отримують сквашуванням молока культурами *Lactobaccillus bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus*.

Йогурт володіє високими харчовими, дієтичними і лікувальними властивостями. Його використовують для харчування хворих шлунково-кишкового тракту, туберкульозу, запальних процесів і ран. Систематичне вживання кисломолочних напоїв покращує здоров'я людини, підвищує стійкість організму до інфекцій і утворення пухлин.

На характер готового йогурту впливають такі чинники: масова частка сухих речовин і жиру, вид закваски, харчові добавки, технологія виготовлення.

Йогурт характеризують залежно від масової частки жиру:

1) йогурт нежирний – масова частка білку 3,2%, масова частка сахарози 7,0%, енергетична цінність 41 кКал/100г продукту.

2) йогурт 1,5% жирності – масова частка жиру 1,5%, масова частка білку 3,2%, масова частка сахарози 7,0%, енергетична цінність 54 кКал/100г продукту.

3) йогурт 3,5% жирності – масова частка жиру 3,5%, масова частка білку 3,0%, масова частка сахарози 7,0%, енергетична цінність 72 кКал/100г продукту.

4) йогурт 6% жирності – масова частка жиру 6%, масова частка білку 2,8%, масова частка сахарози 7,0%, енергетична цінність 93 кКал/100г продукту.

5) йогурт 10% жирності – масова частка жиру 10,0%, масова частка білку 2,6%, масова частка сахарози 7,0%, енергетична цінність 128 кКал/100г продукту.

В основі виробництва йогурту лежить молочнокисле бродіння, тобто процес утворення молочної кислоти з молочного цукру під впливом молочнокислих бактерій. У виробництві молочного йогурту використовують два способи: термостатний та резервуарний.

Йогурт за зовнішнім виглядом і консистенцією являє собою однорідну сметаноподібну масу з порушеним (при резервуарному способі) або непорушеним (при термостатному способі) згустком.

Технологічний процес виробництва йогурту резервуарним способом складається з наступних операцій: приймання і підготовка сировини і матеріалів, нормалізація за вмістом жиру і сухим речовинам, очищення, гомогенізація суміші, пастеризація, охолодження, заквашування, внесення наповнювачів і барвників, сквашування, перемішування, охолодження, розлив, пакування, маркування та зберігання. Молоко, відібране за якістю, нормалізують за масовою часткою жиру і сухих речовин. За жиром молоко нормалізують або в потоці, застосовуючи сепаратор-нормалізатор, або додаванням до знежиреного молока незбираного молока або вершків. По сухих

речовинах молоко нормалізують додаванням сухого молока, яке відновлюють відповідно до чинної нормативної документації. Крім того, нормалізацію по сухих речовинах проводять випарюванням пастеризованого і гомогенізованого молока при температурі 55-60°C. Суміш очищають на сепараторах-молокоочисниках, гомогенізують при тиску 15±2,5 МПа і температурі 45-85°C. Допускається гомогенізація і при температурі пастеризації. У суміш вводять підготовлений стабілізатор. Очищену і гомогенізовану суміш пастеризують при 92 ± 2°C з витримкою 2-8 хв або при 87±2°C з витримкою 10-15 хв і охолоджують до температури заквашування 40 ± 2 °C.

Суміш заквашують відразу після її охолодження підібраними заквасками (наприклад, приготованими на чистих культурах термофільного стрептокока, болгарської палички і типу КД в прикладному співвідношенні 7:1:7). Кількість закваски складає 3-5% обсягу сквашеної суміші, а закваски, приготовленої на стерилізованому молоці - 1-3%. Якщо застосовують симбіотичну закваску, то її вносять у кількості 1-3%, а бактеріальний концентрат додають відповідно до інструкції із застосування сухого бактеріального концентрату. Закваску вносять у молоко у резервуар для кисломолочних продуктів при включеній мішалці.

Після заповнення резервуару всю суміш додатково перемішують протягом 15 хвилин. Закваску можна вносити і перед заповненням резервуара молоком. Ароматичні і смакові наповнювачі вносять у нормалізовану суміш перед сквашування. Закінчення сквашування визначають по утворенню міцного згустку кислотністю 95-100°Т. Згусток охолоджують протягом 10-30 хв і перемішують з метою отримання однорідної консистенції молочного згустка та уникнення відділення сироватки. Згусток, охолоджений до 16-20°C, направляють на розлив, пакування, маркування та доохлодження в холодильних камерах до температури 4±2°C. Після цього технологічний процес вважають закінченим, продукт готовий до реалізації.

В залежності від виду йогурту існують деякі відмінності на стадіях підготовки молока і додаванні різноманітних добавок. Наприклад, при виробництві солодкого йогурту нормалізоване молоко підігрівають до 43±2°C і цукор вносять, попередньо розчинений у частині нормалізованого молока при тій же температурі в співвідношенні 1:4. При виробництві вітамінізованого йогурту аскорбінову кислоту (вітамін С або аскорбінат натрію) додають у нормалізовану суміш за 30-40 хв до сквашування, перемішують 10-15 хв і витримують протягом 30 хв. Кількість вітаміну С складає 180 г на 1000 кг, аскорбінат натрію - 210 г на 1000 кг продукту.

Технологічний процес виробництва йогурту термостатним способом складається з наступних операцій: приймання і підготовка сировини і матеріалів, нормалізація за вмістом жиру і сухими речовинами, очищення, гомогенізація суміші, пастеризація та охолодження суміші, заквашування, розлив, пакування, маркування, сквашування і охолодження. Усі технологічні операції до внесення плодово-ягідних наповнювачів здійснюють так само, як при резервуарному способі виробництва йогурту. Наповнювачі вносять в охолоджену до температури сквашування суміш при постійному

перемішуванні, яке закінчують через 15 хвилин після їх внесення. Заквашування проводять так само, як і при резервуарному способі. Заквашену суміш розливають у скляну тару місткістю 200, 250, 400 і 500 см³, а також у стаканчики, пакети та коробочки аналогічної місткості. Після розливу продукт направляють у термостатні камеру з температурою 40±2°С для сквашування протягом 3-4 год. залежно від активності закваски. Після сквашування продукт повинен мати міцний згусток кислотністю 95-100°Т. Після закінчення сквашування продукт транспортують у холодильну камеру для охолодження до 6° С.

Тривалість зберігання продукту при 6°С складає не більше 4 діб з моменту закінчення технологічного процесу. Основною сировиною для виробництва йогуртів є: молоко коров'яче, молоко коров'яче знежирене, молоко пастеризоване, вершки з молока коров'ячого, вершки пастеризовані, молоко незбиране сухе, молоко сухе знежирене, цукор-пісок, цукор-пісок рафінований, цукор рідкий, стабілізатори, фруктові наповнювачі, харчові ароматизатори, закваски, вода питна. Апаратурна схема виробництва йогурту представлена на рисунку 4.

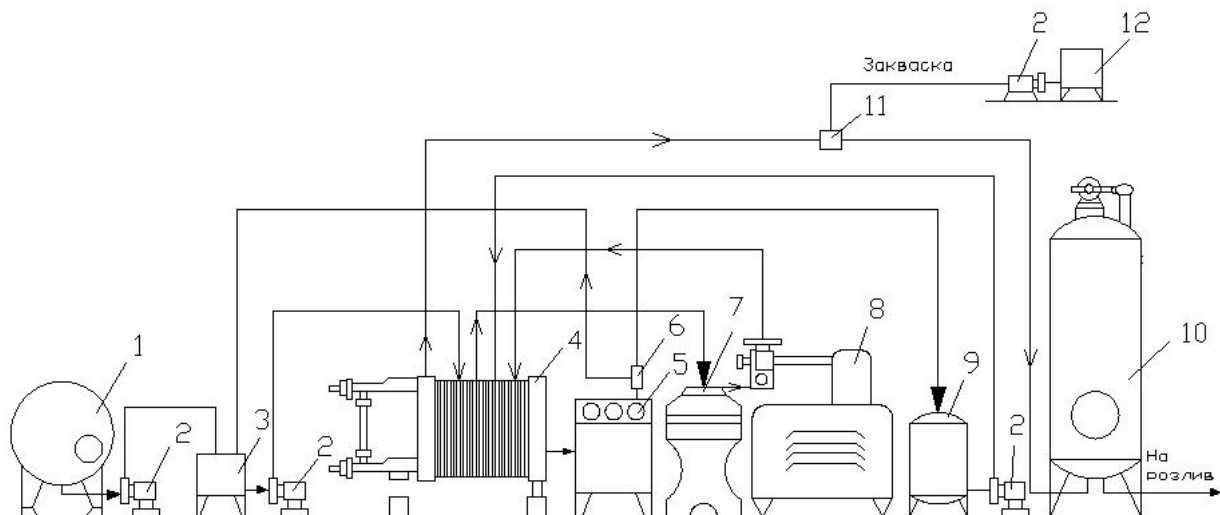


Рис.4. Апаратурна схема виробництва йогурту

Молоко з ємності для сирого молока 1 подається в балансуєчий бачок 3, звідки направляється в секцію регенерації пастеризаційно-охолоджувальної установки 4, де пастеризується. Для пастеризації молока використовуються пастеризаційно-охолоджувальні установки для кисломолочних продуктів, у яких можна проводити пастеризацію з необхідною витримкою і наступним охолодженням до температури сквашування. Після пастеризації молоко подається на нормалізацію на сепараторах-нормалізаторах 7 або змішанням, а потім - на гомогенізатор 8. Для гомогенізації призначені гомогенізатори клапанного типу.

З гомогенізатора молоко спочатку надходить у секцію пастеризації, далі через пульт керування 5 - у ємність для витримання 9 і повертається в секцію

регенерації і в секцію охолодження пастеризаційно-охолоджувальної установки, де охолоджується до температури заквашування. Якщо по виході з секції пастеризації молоко не досягло заданої температури, то воно за допомогою поворотного клапану 6 направляється в балансуєчий бачок для повторної пастеризації. Після пастеризації і гомогенізації молоко охолоджується до температури заквашування.

В охоложене до температури заквашування молоко повинна бути негайно внесена закваска. Найбільш раціонально вносити закваску в молоко в потоці. Для цього закваска з заквасочника 12 через дозатор подається безперервно в молокопровід і в змішувачі 11 змішується з молоком. Процес сквашування відбувається в робочому ферментері 10. Закінчення сквашування визначають по утворенню достатньо щільного згустку і досягненню визначеної кислотності. По закінченні сквашування продукт негайно охолоджується. Після закінчення процесу ферментації згусток ретельно перемішують до отримання гомогенної маси. Мішалка має бути влаштована таким чином, щоб не збовтувати йогурт, а рівномірно й одночасно перемішувати всю масу йогурту, порушуючи згусток. Йогурт фасується в термозварювальні пакети або в скляну тару на автоматах для фасовки рідких молочних продуктів.

Контрольні запитання:

1. Назвіть способи одержання йогурту?
2. Яку сировину використовують для одержання йогурту?
3. Яку консистенцію має молочний йогурт при виробництві його термостатним способом?
4. Опишіть технологічну схему виробництва йогурту?
5. Яке обладнання та устаткування використовується в технології виробництва молочного йогурту?

РОЗДІЛ 8

Технологія виробництва твердого сиру

Сир - висококалорійний харчовий продукт, який виробляється з молока шляхом коагуляції білків, обробки отриманого білкового згустку й наступного дозрівання сирної маси.

Білковий згусток містить воду, жирові кульки й інші складові частини молока. При обробці згустку частина води, молочного цукру, мінеральних речовин, вітамінів і ферментів переходять у сироватку.

За технологічними ознаками натуральні сири поділяються на сичужні й кисломолочні. Сичужні сири одержують згортанням молока сичужним ферментом, а кисломолочні одержують шляхом сквашування молока заквасками.

Натуральні сири за зовнішніми ознаками поділяють на три групи:

- тверді сири (сичужні із щільною або твердою консистенцією);
- м'які сири (сичужні або кисломолочні з м'якою консистенцією);
- розсольні сири (дозрівають у розсолі й містять підвищену масову частку повареної солі).

До твердих сичужних сирів відносяться: російський, пошехонський, швейцарський, костромський, калачевський, голландський, ярославський, чеддер тощо. До м'яких сичужних і сичужно-кислих відносяться: російський каламбер, смоленський, дорожній, рокфор, чайний, вершковий тощо. До розсольних сичужних сирів відносяться бринза, адигейський, тушинський, сулугуні, чечиль тощо.

Сири містять 15-30% білка, 10-32% жиру, 30-80% вологи, близько 1% кальцію й 0,8% фосфору. Енергетична цінність 100 г голландського брускового сиру - 1510 кДж, радянського - 1674 кДж.

В основу виробництва сиру традиційним способом покладений принцип концентрування складових частин молока (білка й жиру) шляхом відділення сироватки від молочного згустку, отриманого в результаті сичужової або кислотно-сичужової коагуляції.

Нормалізація молока в сироварінні полягає в одержанні певного співвідношення між жиром і сухим залишком жиру. При виробництві сирів молоко пастеризується при 71-72°C з витримкою 20-25 с. Пастеризацію звичайно сполучають із дезодорацією з метою одержання сиру високої якості. Після пастеризації молоко піддається дозріванню для підвищення його кислотності на 1-5°Т і збільшення розчинності солей кальцію.

Після дозрівання молоко заквашують закваскою, доза й склад якої залежать від виду вироблюваного сиру. Згортання молока сичужним ферментом є спеціальною операцією у виробництві сиру.

Перед згортанням у молоко додається закваска, хлорид кальцію й сичужний фермент. Доза хлориду кальцію відповідає 10-40 г сухої солі на 100 л молока. Доза сичужного ферменту становить 2,0-2,5 г ферменту на 100 л молока. Фермент вносять у молоко у вигляді 1,0-2,5%-вого розчину,

приготовленого на воді або кислої освітленій пастеризованій сироватці. При розчиненні ферменту температура кислої сироватки повинна бути 35-40°C, а води-25-35°C.

Готовність сичужного згустку оцінюють за тривалості згортання й щільності згустку. При розрізуванні готового згустку виходить рівний розкол і виділяється прозора зелена сироватка. Тривалість згортання для різних груп сирів приймається від 15-30 до 40-60 хв.

При виробництві твердих сирів для зневоднювання сирної маси недостатньо її дроблення й наростання кислотності. У зв'язку із цим проводять друге нагрівання з метою регулювання мікробіологічних процесів, створення умов для розвитку певних видів мікроорганізмів і посилення виділення сироватки із зерна. За температурою другого нагрівання сири поділяють на: сири з низькою температурою другого нагрівання (38-42°C), тобто вище температури згортання на 6-8°C (голландський, пошехонський, естонський, ярославський та ін.); сири з високою температурою другого нагрівання (50-60°C), тобто вище температури згортання на 20-25°C (швейцарський, кубанський, алтайський, український й інтощо). Крім того, виробляють м'які сири без другого нагрівання або іноді сирну масу нагрівають на 1-2°C вище температури згортання.

Після обсушки сирного зерна й часткової посолки починають формування сиру, що може здійснюватися із шару, наливом, насипом і викладанням неопрацьованого згустку у форми. За формуванням сиру йде самопресування й пресування. Перед пресуванням сир маркірується металевими або казеїновими цифрами. Відпресований сир піддають посолці (у розсолі, сухою сіллю, у зерні). Посолка в розсолі здійснюється шляхом занурення в нього окремих голівок сирів або контейнера із сирами. Тривалість посолки в розсолі сирів різних груп становить від 20 хв до 8 діб.

Посолений сир дозріває при певному температурно-вологісному режимі. При цьому молочний цукор зброджується молочнокислими й ароматоутворюючими мікроорганізмами. Білки сиру піддаються протеолізу в результаті дії ферментів. Молочний жир у процесі дозрівання піддається гідролітичному розпаду й окислюванню. Сир дозріває на стелажах або контейнерах. Дозрівання сиру в полімерних контейнерах запобігає розвитку цвілі на поверхні сиру й виключає мийку сиру.

Для регулювання дозрівання білка в молоці при виробництві твердих сирів застосовують ультрафільтрацію. Виробництво сиру можна розділити на наступні стадії: підготовка молока до вироблення сиру; згортання молока, одержання й обробка згустку; формування сиру; самопресування й пресування сиру; посолка сиру; дозрівання сиру.

Машинно-апаратна схема лінії виробництва голландського сиру наведена на рис. 5. Пристрій і принцип дії лінії. Молоко насосом 1 прокачується через фільтр 2, повітряочишувач 3 і лічильник 4 у ємності для молока 5, охолоджується в охолоджувальній установці 6. Охолоджене молоко насосом 7 з ємностей для зберігання молока 5 направляється на пастеризацію в

пастеризаційно-охолоджувальну установку 10, на дезодорацію в дезодоратор 9 і на нормалізацію в сепаратор 5.

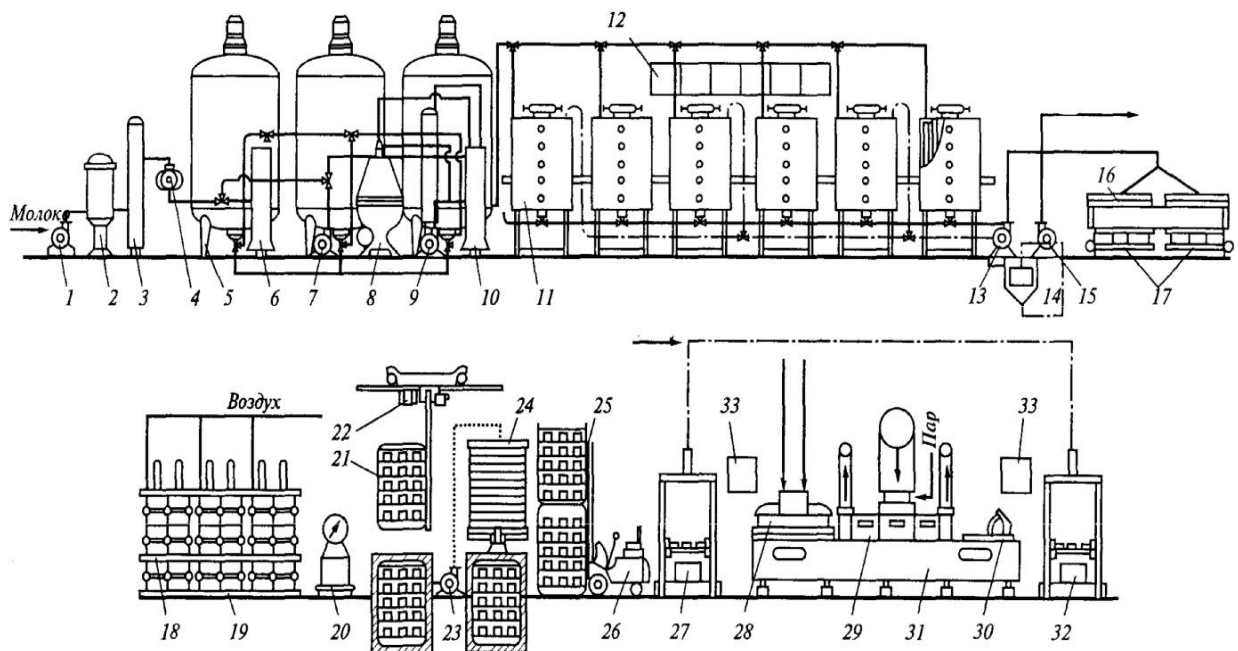


Рис.5. Апаратурна схема виробництва голандського сиру

Пастеризоване й нормалізоване молоко з кислотністю не більше 20°T направляють в апарати для вироблення сирного зерна 11, куди з пульта керування 12 вносять розчин хлориду кальцію й бактеріальну закваску мезофільних молочнокислих бактерій у кількості 0,5-1,0%. Для прискорення згортання допускається вносити біопрепарат (гідролізат) у кількості 0,05-0,5%. Згортання молока проводять при температурі $30-34^{\circ}\text{C}$ протягом 25-35 хв. Готовий згусток подрібнюють протягом 15-25 хв до розмірів зерен 7-9 мм, під час постановки 30-40% сироватки видаляють, далі зерно вимішують, після чого доливають ще 15-20% сироватки.

Друге нагрівання здійснюють протягом 10-20 хв при температурі $38-42^{\circ}\text{C}$. Для поліпшення консистенції відразу ж після другого нагрівання проводять часткову посолку сирної маси в зерні, для чого в суміш зерна із сироваткою вносять розчин хлориду натрію з розрахунку 200-300 г на 100 кг молока. Після другого нагрівання сирну масу вимішують доти, доки зерно не здобуває достатньої пружності.

Вимішування триває 10-15 хв, після чого насосом 13 сирне зерно направляється на пересувний стіл 16 і завантажується у формувальні апарати.

Насосом 15 сироватка зі збірника 14 приділяється на переробку. У формувальному апараті 17 сирне зерно підпресовується протягом 15 хв при тиску 1,0-2,0 кПа, потім розрізується на бруски, що відповідають розмірам форм. Самопресування у формах проводять протягом 20-50 хв. Через 15 хв

перевертають, маркірують, накривають кришками й знову залишають до кінця самопресування.

За допомогою конвеєра 18 сир завантажують у преси 19 і пресують протягом 1,5-2,5 год при постійно зростаючому тиску від 10 до 50 кПа. При необхідності через 30-60 хв сир перепресовують. Відпресований сир повинен мати рН від 5,5 до 5,8. Оптимальна масова частка вологи в сирі після пресування 43-45%.

Після зважування на вагах 20 сир підйомником 22 направляється в посолочний етажер 21 для посолки в розсолі з концентрацією хлориду натрію 20% при температурі 8-12°C протягом 2,5-3,5 доби. Розсіл насосом 23 циркулює через охолоджувач розсолу 24.

Вийняті з розсолу бруски обсушують протягом 2-3 доби при температурі 8-12°C і відносній вологості повітря 90-95%, після чого сир електропогрузчиком 26 направляють на дозрівання на пересувні стелажі 25.

Перші 13-15 діб сир дозріває при температурі 10-12°C і відносній вологості повітря 85-90%, потім до одного місяця при 14-16°C, а надалі до кінця дозрівання його витримують при температурі 12-14°C і відносній вологості 75-85%. У комплект устаткування для догляду за сиром у період дозрівання (27-33) входить пристрій для розвантаження сирів 27, а також машина для мийки сиру 28, у якій сири миють із появою цвілі й слизу теплою водою (30-40°C) не рідше ніж через 10-12 діб.

Контрольні запитання:

1. На які види за технологічними ознаками поділяються натуральні сири?
2. Яку сировину використовують для одержання сиру?
3. На які групи поділяються сири за зовнішніми ознаками?
4. Назвіть основні стадії виробництва сиру.

РОЗДІЛ 9

Технологія виробництва вершкового масла

Вершкове масло - харчовий продукт, який одержують з коров'ячого молока, що складається переважно з молочного жиру, який має специфічний, властивий йому смак, запах і пластичну консистенцію. Крім жиру в масло часто переходять білки молока, молочний цукор, фосфатиди, вітаміни, мінеральні речовини, вода тощо. На структуру, якість, стійкість масла під час зберігання впливає однорідність розподілу й розмір крапель води, розмір пухирців повітря та інше. Сировина для виробництва вершкового масла - молоко й вершки.

Смаковими компонентами вершкового масла є: діацетил, леткі жирні кислоти, ефіри жирних кислот, лецитин, білок, жири, молочна кислота. Каротин (барвник) надає маслу жовте забарвлення. Харчову цінність вершкового масла підвищують фосфоліпіди, що втримуються в ньому, особливо лецитин, що попадає в масло разом з оболонками жирових кульок.

Вершкове масло поділяють на наступні види: пряжене (98% жиру), вологодське (81,5-82,5% жиру), аматорське (77,0-78,0% жиру), селянське (71,0-72,5% жиру), бутербродне (61,5% жиру), шоколадне (62,0% жиру), ярославське (52,0% жиру).

За смаком й запахом вершкове масло гарне гармонує з багатьма харчовими продуктами, підвищуючи їх засвоюваність (засвоюваність молочного жиру - 97,0%, сухих речовин - 94,1%). Вершкове масло використовують для приготування бутербродів, додавання до других блюд і гарнірів, у кондитерській промисловості при виготовленні кремів і т.п.

Одержання вершкового масла зі стійкої жирової емульсії молочного жиру (вершків) - складний фізико-хімічний процес. Основою технології є концентрування жирової фази вершків і пластифікація одержуваного на проміжних стадіях продукту. Існує два способи концентрації жирової фази вершків: у холодному стані - збиванням і гарячому - сепаруванням.

Залежно від способу концентрування на проміжних стадіях одержують масляне зерно або високожирні вершки.

Масляне зерно - концентрована суспензіоемульсія, що складається з напівзруйнованих агрегатів жирових кульок. Високожирні вершки - висококонцентрована емульсія молочного жиру в плазмі. Основою утворення масляного зерна є агрегація (злиття) жирових кульок, що втримуються у вершках. Одержання високожирних вершків зводиться до механічного поділу вершків у відцентровому полі сепаратора на високожирні вершки й плазму вершків - сколотини.

Технологічний процес виробництва масла включає концентрування жиру молока, руйнування емульсії жиру й формування структури продукту із заданими властивостями.

Розрізняють два способи виробництва вершкового масла: збивання вершків (традиційний) і перетворення високожирних вершків.

При виробництві вершкового масла способом збивання концентрування жирової фази досягається сепаруванням молока й наступним руйнуванням емульсії молочного жиру при збиванні отриманих вершків. Регулювання вологи здійснюється під час обробки масла. Кристалізація гліцеридів молочного жиру завершується під час фізичного дозрівання до механічної обробки масла.

При одержанні вершкового масла способом перетворення високожирних вершків концентрування жирової фази молока здійснюється сепаруванням.

Нормалізація високожирних вершків за вологою проводиться до початку термомеханічної обробки. Руйнування емульсії жиру вершків і кристалізація гліцеридів молочного жиру відбувається, головним чином, під час термомеханічної обробки.

Прийняте молоко сепарують при температурі 35-40°C для одержання вершків з бажаною масовою часткою жиру. Для вироблення масла способом збивання в маслах-виготовлювачах безперервної дії використовують вершки з масовою часткою жиру 36-50%. При виробництві масла способом збивання в масловиготовлювачах періодичної дії й способом перетворення високожирних вершків використовують вершки середньої жирності з масовою часткою жиру 32-37%.

При виборі режиму теплової обробки враховують якість вершків і вид масла, що виробляється. При виробленні вологодського масла використовують вершки тільки першого сорту, а теплову обробку проводять при температурі 105-110°C, щоб продукт мав специфічний смак і запах.

Для виправлення вад вершки дезодорують або заміняють плазму вершків. Дезодорацію вершків зазвичай сполучають із тепловою обробкою.

Виробництво вершкового масла способом збивання вершків складається з наступних стадій: приймання й зберігання молока; підігрівання й сепарування молока; теплова обробка вершків й їх дозрівання; збивання вершків, промивання, посолка, механічна обробка масла; фасування й зберігання масла.

Виробництво вершкового масла способом перетворення високожирних вершків включає наступні стадії: приймання й зберігання молока; підігрівання й сепарування; теплова обробка вершків; сепарування вершків (одержання високожирних вершків); нормалізація й термомеханічна обробка високожирних вершків; фасування й зберігання масла.

На рис. 6 показаний один з варіантів машинно-апаратної схеми лінії виробництва вершкового масла способом збивання вершків (традиційним).

Прийняте молоко за допомогою насосів 1 направляється в ємність 2, підігрівається в пластинчастій пастеризаційно-охолоджувальній установці 3 і сепарується в сепараторі-вершковідділювачі 4. Прийняті вершки із сепараторних відділень зважуються на вагах 6 і через приймальну лійку 7 направляються на підігрівання в пластинчастий теплообмінник 8. Вершки із сепаратора й сепараторних відділень надходять у ємність 5 для проміжного

зберігання, звідки їх направляють на пластинчасту пастеризаційно-охолоджувальну установку 9 для вершків з дозатором 10.

Після пастеризації, дезодорації й охолодження вершки надходять у ємність 11, де вони витримуються для фізичного дозрівання. Знежирене молоко після сепарування направляється на пастеризацію, а потім на переробку або для повернення здавачам.

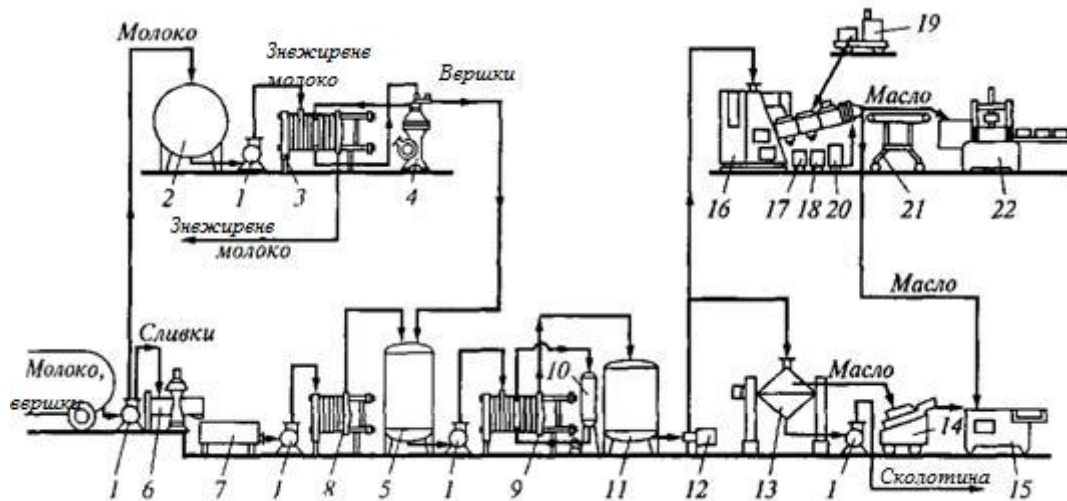


Рис.6. Апаратурна схема виробництва вершкового масла

Вершки після фізичного дозрівання гвинтовим насосом 12 направляють або в масловиготовлювач періодичної дії 13, або в масловиготовлювач безперервної дії 16, де здійснюється збивання вершків, промивання масляного зерна, посолка й обробка масла.

Вершки в масловиготовлювачі періодичної дії 13 подаються під вакуумом або за допомогою насосів і збиваються до одержання масляного зерна розміром 3-5 мм. Після цього випускають склотини, промивають масляне зерно й здійснюють посолку масла сухою сіллю або розсолон.

Потім проводять механічну обробку масла для відділення вологи й утворення шару масла. Для поліпшення консистенції й розподілу вологи масло обробляють у гомогенізаторі-пластифікаторі. Готове масло вивантажується в машину 14 для фасовки масла в короби 15.

Основними робочими органами масловіддільника безперервної дії 16 є збивач і маслосбірник. Відбірник масляного зерна складається із трьох шнекових камер (перша - для обробки масла й відділення склотин у бачок 17, друга - для промивання масляного зерна й відділення води в бачок 18, третя – (вакуум-камера для вакуумування масла), блоку посолки з дозуючим пристроєм 19 і блоку механічної обробки масла. Вміст вологи в маслі регулюється внесенням відсутньої кількості води дозуючим насосом 20. Готове масло транспортером 21 направляється на машину 22 для фасування в пачки.

Контрольні запитання:

1. Харчова цінність вершкового масла?
2. Яку сировину використовують для одержання масла?
3. Способи виробництва вершкового масла?
4. Назвіть основні стадії виробництва вершкового масла.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Безбородов А. М. Ферменты микроорганизмов и их применение / А. М. Безбородов. – М. : Наука, 1984. – 256 с.
2. Биотехнология - сельскому хозяйству / А. Г. Лобанок, М. В. Залашко, Н. И. Анисимова. – Минск : Урожай, 1988. – 199 с.
3. Бирюков В. С. Основы промышленной биотехнологии / В. С. Бирюков. – М. : Колос, 2004. – 296 с.
4. Кочубей О.В. Загальна технологія харчових виробництв та технологія галузі / О. В. Кочубей. – К. : НУХТ, 2007. – 170 с
5. Мосичев М. С. Общая технология микробиологических производств / А. А.Складнев, М. С. Мисичев. – М. : Легкая промышленность, 1982. – 264 с.
6. Харчова біотехнологія / Т. П. Пирог, М. М. Антонюк [та ін.]. – К. : Ліра-К, 2016. – 407 с.
7. Харчові технології / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, С. І. БУХКАЛО, П. О. КАПУСТЕНКО [та ін.]. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 576 с.

Навчальне видання

ПРОМИСЛОВА БІОТЕХНОЛОГІЯ

Методичні рекомендації

Укладач: **Лихач** Анна Василівна

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 3,1
Тираж 10 прим. Зам. № __

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.