

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

О. Г. Шатровський

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з курсу

«МІКРОБІОЛОГІЯ»

*(для студентів 1 - 2 курсу денної та заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
6.140101 «Готельно-ресторанна справа»)*

**Харків
ХНАМГ
2012**

Шатровський О. Г. Конспект лекцій з курсу «МІКРОБІОЛОГІЯ»
(для студентів 1 - 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-
кваліфікаційного рівня бакалавр 6.140101 «Готельно-ресторанна справа»)/
О. Г. Шатровський; / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва;– Х.: ХНАМГ, 2012. – 132 с.

Автор: доц. О. Г. Шатровський

Рецензент: проф., д.т.н. Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,
протокол № 2 від 09.09.2011 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
МОДУЛЬ 1. МІКРООРГАНІЗМИ У ВИРОБНИЦТВІ ТА ЗБЕРІГАННІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	7
ЗМ 1.1 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ БАКТЕРІЙ, ДРІЖДЖІВ І ПЛІСЕНЕВИХ ГРИБІВ	7
<i>Лекція 1. Вступ. Історія розвитку мікробіології.....</i>	7
1. <i>Значення мікробіології в умовах сучасного виробництва й споживання....</i>	7
2. <i>Основні етапи розвитку мікробіології, вірусології і імунології.....</i>	10
3. <i>Перспективи розвитку мікробіології.....</i>	13
<i>Лекція 2. Особливості будови та життєдіяльності мікроорганізмів.....</i>	14
1. <i>Об'єкти вивчення в мікробіології.....</i>	14
2. <i>Основні властивості живих організмів</i>	16
3. <i>Клітинна організація мікроорганізмів.....</i>	17
4. <i>Особливості зростання бактеріальних популяцій.....</i>	20
<i>Лекція 3. Принципи класифікації мікроорганізмів</i>	22
1. <i>Основні поняття щодо класифікації мікроорганізмів.....</i>	22
<i>Лекція 4. Мікробіологічні процеси в промисловості</i>	25
1. <i>Мікробіологічна промисловість</i>	25
2. <i>Промислові мікробіологічні процеси.....</i>	28
ЗМ 1.2. МІКРООРГАНІЗМИ У СИРОВИНІ ТА ГОТОВИХ ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ.....	32
<i>Лекція 5. Мікробіологія м'ясної сировини та продуктів соління і зберігання в холодильнику</i>	32
1. <i>Осіменіння м'яса тварин мікроорганізмами.....</i>	32
2. <i>Осіменіння м'яса птиці мікроорганізмами</i>	33
3. <i>Ветеринарно-санітарні вимоги до цехів післязабійного вмісту, забою худоби і оброблення туш</i>	34
4. <i>Мікрофлора м'яса і м'ясопродуктів при холодильному зберіганні, засолі й сушці в умовах вакууму.....</i>	36
<i>Лекція 6. Мікробіологія ковбасних виробів і м'ясних консервів: основні групи мікроорганізмів.....</i>	44
1. <i>Осіменіння ковбасного фаршу мікроорганізмами.....</i>	44
2. <i>Вплив решткової мікрофлори на якість ковбасних виробів при зберіганні.....</i>	45
3. <i>Санітарно-гігієнічні вимоги при виробництві ковбасних виробів.....</i>	47
4. <i>Джерела мікрофлори консервованих продуктів.....</i>	48
5. <i>Вплив решткової мікрофлори на якість консервів</i>	48
6. <i>Санітарно-гігієнічні вимоги до виробництва консервів.....</i>	51
<i>Лекція 7. Мікробіологія яєць та яйцепродуктів.....</i>	53
1. <i>Осіменіння яєць мікроорганізмами</i>	53
2. <i>Розвиток мікроорганізмів в яйці при зберіганні.....</i>	55
3. <i>Мікрофлора яйцепродуктів</i>	57

4. Санітарно-гігієнічні вимоги при виробництві яєць і яйцепродуктів	58
Лекція 8. Мікробіологія молока та молочних продуктів	59
1. Мікробіологія молока.....	59
2. Псування жирів.....	62
3. Псування масла	62
1. Мікробіологія зерна	64
2. Мікробіологія сировини	65
3. Мікробіологія готового хлібу.....	66
Лекція 10. Мікробіологія плодів і овочів.....	67
1. Класифікація овочевих культур.....	67
2. Класифікація мікроорганізмів плодів і овочів.....	68
3. Хвороби плодів і овочів, що викликаються мікроорганізмами	70
4. Класифікація хвороб плодів і овочів.....	73
5. Зовнішні ознаки захворювань.....	73
6. Мікробіологія квашених (солоних, мочених) овочів і плодів.....	74
ЗМ 1.3. МІКРООРГАНІЗМИ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	75
Лекція 11. Мікроорганізми у виробництві сиру	75
1. Технологія виробництва сиру	75
2. Особливості виробництва основних різновидів сиру.....	77
3. Джерела надходження мікрофлори в сир.....	85
Лекція 12. Мікроорганізми у виробництві пива	87
1. Етапи виробництва пива	87
2. Зачаття пива	89
3. Затирання.....	90
4. Фільтрування затору.....	91
5. Кип'ятіння сусла з хмелем	91
6. Освітлювання пивного сусла.....	92
7. Охолодження сусла.....	92
8. Бродіння	92
9. Останні технологічні етапи	93
Лекція 13. Мікроорганізми у виробництві вина	93
1. Загальні відомості про виноробство.....	93
2. Класифікація вин за кольором, призначенням, способом приготування і складом	95
3. Характеристики типів вин	97
4. Обробка мезги	98
5. Освітлювання і обробка сусла.....	98
6. Бродіння сусла	99
7. Бродіння мезги.....	100
8. Підброджування сусла і мезги.....	101
9. Спиртування сусла і мезги.....	102
10. Переробка відходів виноробства	103

<i>Лекція 14. Мікроорганізми у виробництві м'ясних продуктів</i>	<i>103</i>
<i>1. Ризики потрапляння мікроорганізмів до продукту на різних етапах виробництва.....</i>	<i>104</i>
<i>2. Зміна мікрофлори фаршу при виробленні варених і напівкопчених ковбасних виробів</i>	<i>105</i>
<i>3. Зміна мікрофлори фаршу при виробленні копчених ковбас.....</i>	<i>106</i>
<i>4. Ризики потрапляння мікроорганізмів до продукту на різних етапах виробництва м'ясних консервів</i>	<i>109</i>
<i>Лекція 15. Основи утворення тіста, випечених напівфабрикатів і виробів</i>	<i>112</i>
<i>1. Основи технології хлібопечення</i>	<i>112</i>
<i>2. Вимоги до компонентів тіста</i>	<i>115</i>
<i>3. Особливості технології випічки житнього хліба</i>	<i>121</i>
<i>4. Вимоги до дотримання умов виробництва при отриманні чорного хліба.....</i>	<i>124</i>
<i>Лекція 16. Біотехнології – виробництво майбутнього</i>	<i>125</i>
<i>1. Субстрати для культивування мікроорганізмів з метою отримання білка..</i>	<i>125</i>
<i>2. Технологія отримання мікробних ліпідів.....</i>	<i>128</i>
<i>3. Мікроорганізми – продуценти ліпідів.....</i>	<i>129</i>
<i>4. Живильне середовище для отримання ліпідів.....</i>	<i>130</i>
<i>Список джерел:.....</i>	<i>131</i>

ВСТУП

Викладання мікробіології для студентів гуманітарних спеціальностей стикається з певними труднощами. Адже біологічні знання, отримані в межах середньої освіти, недостатні для розуміння значення мікроорганізмів у житті та діяльності людини. Нетямущий в мікробіології бачить практичне значення мікроорганізмів насамперед у шкоді, яку вони заподіюють людині, тваринам і рослинам. Цими хвороботворними (патогенними) мікроорганізмами і їх специфічними особливостями займаються такі науки, як медична і ветеринарна мікробіологія, а також фітопатологія. Хоча мікроорганізми і в інших сферах природи, і в промисловості виступають інколи в ролі шкідників, – їхня роль як корисних організмів істотно переважає. Вони вже давно завоювали собі почесне місце в домашньому господарстві, а в промисловості вони абсолютно необхідні. Їх використовують в самих різних галузях від первинної переробки сільськогосподарських продуктів до каталізу складних етапів хімічних синтезів.

Останнім часом значного розвитку набула біотехнологія, побудована на мікробіологічних знаннях, і цьому напряду передрікають велике майбутнє. На жаль, інформація про досягнення в галузі сучасної мікробіологічної промисловості не є досить популярною серед студентів не природничих спеціальностей. Щоб подолати ці негаразди (а також – звичайно, щоб надати студентам знання, передбачені міністерським стандартом) – ми і видали цей конспект. Сподіваємось, він допоможе студентам, які будуть у своїй подальшій професійній діяльності в галузі ресторанної справи стикатися з мікроорганізмами, розібратись у їхньому значенні для життя людини і виробництва харчових продуктів.

МОДУЛЬ 1. МІКРООРГАНІЗМИ У ВИРОБНИЦТВІ ТА ЗБЕРІГАННІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

ЗМ 1.1 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ БАКТЕРІЙ, ДРІЖДЖІВ І ПЛІСЕНЕВИХ ГРИБІВ

Лекція 1. Вступ. Історія розвитку мікробіології

Питання лекції:

1. Значення мікробіології в умовах сучасного виробництва й споживання.
2. Основні етапи розвитку мікробіології, вірусології і імунології.
3. Перспективи розвитку мікробіології.

1. Значення мікробіології в умовах сучасного виробництва й споживання

Класичні мікробіологічні виробництва. На прикладі пивоваріння і виноробства з використанням дріжджів, випічки хліба і приготування молочних продуктів за допомогою молочнокислих бактерій, а також отримання харчового оцту за участю оцтовокислих бактерій стає очевидним, що мікроорганізми відносяться до старих культурних «рослин». У Японії і Індонезії соєві боби відвіку переробляються за допомогою міцеліальних грибів, дріжджів і молочнокислих бактерій. Якщо не рахувати отримання етанолу, в промисловому виробництві індивідуальних речовин мікроорганізми зачали використовувати лише в останні шістьдесят років. Вже в період першої світової війни за допомогою керованого дріжджового бродіння отримували гліцерин. Молочна і лимонна кислоти, у великих кількостях необхідні для харчової промисловості, отримуються за допомогою молочнокислих бактерій і гриба *Aspergillus niger* відповідно. З дешевих, багатих вуглеводами відходів шляхом бродіння, здійснюваного кластридіями і бацилами, можна отримувати ацетон, бутанол, 2-пропанол, бутандіол і інші важливі хімічні сполуки.

Виробництво антибіотиків. З появою антибіотиків настала нова епоха в медицині і фармацевтичній промисловості. Завдяки відкриттю пеніциліну і інших продуктів метаболізму грибів, актиноміцетів і інших мікроорганізмів людство придбало високоефективну зброю для боротьби з бактерійними інфекціями. Успішно продовжуються пошуки нових антибіотиків. Теоретично перспективним здається і шлях вживання антибіотиків для боротьби з вірусними хворобами і з пухлинами вірусного походження.

Нові мікробні виробництва. Класичні види бродіння доповнюються новими вживаннями мікробів в хімічних виробництвах. З грибів отримують каротиноїди і стероїди. Коли з'ясувалося, що *Corynebacterium glutamicum* з цукру і солі амонію з великим виходом синтезує глутамінову кислоту, були отримані мутанти і розроблені методи, за допомогою яких можна у великих масштабах проводити багато амінокислот, нуклеотиди і реактиви для біохімічних дослі-

джень. Мікроорганізми використовуються хіміками як каталізатори для здійснення деяких етапів в довгому ланцюзі реакцій синтезу; мікробіологічні процеси за своєю хімічною специфічністю і за виходом продукту перевершують хімічні реакції; ферменти, вживані в промисловості, – амілази для гідролізу крохмалю, протеїнази для обробки шкір, пектинази для освітлювання фруктових соків і інші – видобувають із культур мікроорганізмів.

Монопольне положення мікроорганізмів. Слід зазначити, що деякі види сировини, доступні в особливо великих кількостях, такі як нафта, природний газ або целюлоза, можуть використовуватися мікроорганізмами і перероблятися ними в клітинний матеріал (біомасу) або в проміжні продукти, що виділяються клітинами. Мікроорганізми, таким чином, незамінні при «облагороджуванні» цих незвичайних видів сировини для біотехнологічних процесів; освоєння такої сировини біологічними технологіями тільки почате.

Сучасні досягнення генної інженерії. Вивчення механізмів передачі генів у бактерій і участі в цьому процесі позахромосомних елементів відкрило можливість включення чужорідної ДНК в бактерійні клітки. Генетичні маніпуляції дозволяють вносити невеликі відрізки носіїв генетичної інформації вищих організмів, наприклад людини, в бактерію і примушувати її синтезувати відповідні білки. Цілком здійснено виробництво гормонів, антигенів, антитіл і інших білків за допомогою бактерій. Робляться також спроби передати рослинам здатність до азотфіксації і лікувати хвороби, пов'язані з біохімічними дефектами.

Безпосередня застосовність основоположних наукових знань. Спроба перерахувати в цьому розділі всі види технології і продукти промислової мікробіології, а також інші, поки лише передбачувані, сфери її застосування завела б нас дуже далеко. Зв'язок між фундаментальними дослідженнями і практикою в мікробіології, як і в усіх природних науках, дуже тісний: «Немає прикладних наук... але кожна наука має багато практичних застосувань» (Л. Пастер).

Ознака, що отримала віддзеркалення в самій назві «мікроорганізми», – це мала величина особини. Вона не лише послужила причиною відділення цих організмів від тварин і рослин: з нею істотно зв'язані також особливості морфології мікробів, активність і пластичність їхнього метаболізму і поширення їх у природі, а також зручність поводження з ними в лабораторії.

Розміри особини і співвідношення між поверхнею і об'ємом. Діаметр більшості бактерій не перевищує тисячної частки міліметра. Ця величина – 1 мікрометр (мікрон), або 10^{-3} мм, – і стала «аршином» мікробіолога. Дані про тонку структуру клітини приводяться в нанометрах: $1 \text{ нм} = 10^{-3} \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ мм}$. Розміри дрібних ціанобактерій, дріжджів і простіших знаходяться в межах 10 мкм. Біля цих настільки малих організмів співвідношення між поверхнею і об'ємом дуже велике. Якщо куб з довжиною граней 1 см (об'ємом 1 см^3) розбити на кубики з довжиною граней 1 мкм, ми отримаємо 1012 кубиків об'ємом по 1 мкм^3 кожен. Сумарна поверхня цих кубиків в 10000 разів більша, ніж поверхня початкового куба. Об'єм 1 мкм^3 характерний для середньої бактерійної клітини.

Велике відношення поверхні до об'єму приводить до інтенсивної взаємодії із зовнішнім середовищем; з цим пов'язаний дуже швидкий обмін речовинами між

середовищем і клітиною багатьох мікроорганізмів. Правило Рубнера (1893) свідчить, що енергетичний обмін тварини у спокої пропорційний не масі, а поверхні його тіла. Якщо це правило, відповідно до його сенсу, розповсюдити на окремі тканини і малі клітини, то слід чекати, що рівні метаболічної активності розрізнятимуться на декілька порядків. Тому, хто роздумує про проблеми забезпечення їжею зростаючого населення Землі, буде цікаво дізнатися, що в організмі одного бика вагою 500 кг за 24 години утворюється приблизно 0,5 кг білка; за цей же час 500 кг дріжджів можуть синтезувати більше ніж 50000 кг білка.

Пластичність метаболізму. У вищих рослин і тварин зміни обміну речовин відносно жорстко обмежені наявним набором ферментів; в процесі індивідуального розвитку склад ферментів у них, звичайно, міняється, проте при зміні умов зовнішнього середовища такі зміни вельми незначні. Мікроорганізми відрізняються незрівнянно більшою гнучкістю. Для бактерій висока здібність до адаптації (приспосовування) абсолютно необхідна. Це визначається їх малими розмірами. У клітині мікрокока знайдеться місце тільки для кількох сотень тисяч білкових молекул. Тому непотрібні зараз ферменти не можуть міститися про запас. Деякі ферменти, що служать для переробки живильних речовин, синтезуються тільки тоді, коли відповідна речовина з'являється поблизу клітини. Такі індукібельні ферменти можуть складати до 10% загального білка, що міститься в клітині. Таким чином, клітинні механізми регулювальників у мікробів грають істотно велику роль і виявляються виразніше, ніж у інших живих істот.

Поширення мікроорганізмів. Малі розміри мають значення і для екології. Багато рослин і тварин, що нині широко поширилися завдяки людині, зустрічалися раніше лише на окремих континентах. На відміну від цього бактерії (включаючи ціанобактерії) усюдисущі: їх можна знайти в арктичних областях, у воді і у високих шарах атмосфери. Видовий склад їх у всіх місцепроживаннях в широких межах схожий з їх видовим складом в ґрунті. Завдяки своїй малій вазі мікроорганізми легко поширюються з повітряними потоками. У природних умовах жодне місцепроживання, жоден субстрат не потребує спеціального зараження яким-небудь мікробом. Цією обставиною користуються для отримання накопичувальних культур. Як правило, досить одного грама садового ґрунту, щоб знайти вид бактерій, здатний зростати за рахунок будь-якої природної речовини. Мікроорганізми існують всюди; середовище визначає лише те, які форми будуть в даному місці активно розмножуватися. Створюючи в пробірці відповідні селективні умови, можна з невеликої кількості землі або мула, а в особливих випадках – і з інших матеріалів отримувати накопичувальні культури, а з них – і чисті культури більшості відомих мікроорганізмів.

Кількісні роботи і успіхи генетичних досліджень. Методи, за допомогою яких можна вирощувати в лабораторії мікроорганізми, розробили О. Брефельд, Р. Кох і його школа в минулому столітті. Введення в практику прозорого живильного середовища, ущільненого желатиною або агаром, дозволило ізолювати окремі клітини, стежити за їх зростанням в колонії і отримувати чисті культури. Розробка стандартних методів стерилізації і приготування жи-

вильного середовища привела до швидкого розвитку медичної мікробіології. Хоча ще Кох описав кількісні методи, їх переваги при роботі з мікроорганізмами зрозуміли тільки в останні 50 років. Малі розміри мікроорганізмів дозволяють отримувати в одній пробірці або чашці Петрі і досліджувати популяції, що складаються з 10⁸-10¹⁰ окремих кліток, і завдяки цьому виявляти такі рідкісні події, як мутація або передача набутої ознаки, не потребуючи складних допоміжних засобів, і задовольняючись малим простором. Величезні успіхи біохімічних і генетичних досліджень не в останню чергу досягнуті завдяки легкості поводження з бактеріями.

2. Основні етапи розвитку мікробіології, вірусології і імунології

Мікробіологія минула тривалий шлях розвитку, що обчислюється багатьма тисячоліттями. Вже в V–VI тисячолітті до н.е. людина користувалася плодами діяльності мікроорганізмів, не знаючи про їхнє існування. Виноробство, хлібопечення, сироваріння, вироблення шкір – не що інше, як процеси, що минають за участю мікроорганізмів. Тоді ж, в давнину, учені і мислителі передбачали, що багато хвороб викликаються якимись сторонніми невидимими причинами, що мають живу природу.

Отже, мікробіологія зародилася задовго до нашої ери. У своєму розвитку вона минула кілька етапів, не стільки зв'язаних хронологічно, скільки обумовлених основними досягненнями і відкриттями.

Історію розвитку мікробіології можна розділити на п'ять етапів: евристичний, морфологічний, фізіологічний, імунологічний, відкриття антибіотиків і молекулярно-генетичний. Розглянемо їх детальніше.

1. Період емпіричних знань (до винаходу мікроскопів і їх застосування для вивчення мікроміру).

Дж. Фракасторо (1546 р.) передбачив живу природу агентів інфекційних захворювань – *contagium vivum*.

2. Морфологічний період зайняв близько двохсот років.

Антоні ван Левенгук в 1675 р. вперше описав простих, в 1683 р. – основні форми бактерій. Недосконалість приладів (максимальне збільшення мікроскопів $\times 300$) і методів вивчення мікроміру не сприяла швидкому накопиченню наукових знань про мікроорганізмів.

3. Фізіологічний період (з 1875 р.) – епоха Л. Пастера і Р. Коха.

Луї Пастер впровадив вивчення мікробіологічних основ процесів бродіння і гниття, розвиток промислової мікробіології, з'ясування ролі мікроорганізмів в колообігу речовин у природі, відкриття анаеробних мікроорганізмів, розробку принципів асептики, методів стерилізації, ослабіння (атенуації) вірулентності і отримання вакцин (вакцинних штамів).

Роберт Кох – запропонував метод виділення чистих культур на твердому живильному середовищі, способи забарвлення бактерій аніліновими барвниками, відкриття збудників сибірської виразки, холери (коми Коха), туберкульозу (палички Коха), вдосконалення техніки мікроскопії, експериментальне обґрунтування критеріїв Хенле, відомі як постулати (тріада) Хенле – Коха.

4. Імунологічний період.

І.І. Мечников – «поет мікробіології», за образним визначенням Еміля Ру. Він створив нову епоху в мікробіології – вчення про несприйнятливість (імунітет), розробивши теорію фагоцитозу і обґрунтувавши клітинну теорію імунітету.

Одночасно накопичувалися дані про вироблення в організмі антитіл проти бактерій і їхніх токсинів, що дозволили П. Ерліху, розробити гуморальну теорію імунітету. У подальшій багатолітній і плідній дискусії між прихильниками фагоцитарної та гуморальної теорій було розкрито багато механізмів імунітету, і народилася наука імунологія.

Надалі було встановлено, що спадковий і набутий імунітет залежать від узгодженої діяльності п'яти основних систем: макрофагів, комплементу, Т- і В-лімфоцитів, інтерферонів, головної системи гістосумісності, – що забезпечують різні форми імунної відповіді. І.І. Мечникову і П. Ерліху в 1908 р. була присуджена Нобелівська премія.

12 Лютого 1892 р. на засіданні Російської академії наук Д.І. Івановський повідомив, що збудником мозаїчної хвороби тютюну є вірус, що фільтрується. Цю дату можна вважати днем народження вірусології, а Д.І. Івановського – її основоположником. Згодом виявилось, що віруси викликають захворювання не лише рослин, але і людини, тварин і навіть бактерій. Проте тільки після встановлення природи гена і генетичного коду віруси були віднесені до живої природи.

5. Період відкриття антибіотиків

У 1929 р. А. Флемінг відкрив пеніцилін і почалася ера антибіотикотерапії, що привела до революційного прогресу медицини. Надалі з'ясувалося, що мікроби пристосовуються до антибіотиків, а вивчення механізмів лікарської стійкості привело до відкриття другого – позахромосомного (плазмідного) геному бактерій.

Вивчення плазмідів показало, що вони є ще більш просто збудованими організмами, ніж віруси, і у відзнаці від бактеріофагів не шкодять бактеріям, а наділяють їх додатковими біологічними властивостями. Відкриття плазмідів істотно доповнило уявлення про форми існування життя і можливі шляхи її еволюції.

6. Сучасний молекулярно-генетичний період

Почався в другій половині ХХ століття у зв'язку з досягненнями генетики і молекулярної біології, створенням електронного мікроскопу.

Розвиток мікробіології в ХХ ст. ознаменувався крупними відкриттями в галузі біохімії і генетики мікроорганізмів. Так, в 1925 р. Г.А. Надсон (1867-1940) вперше отримав індуковані мутації дріжджів за допомогою опромінення клітин рентгенівськими променями. Він також вивчав роль мікроорганізмів в круговороті речовин в природі і їх геологічну діяльність.

В середині 50-х років ХХ ст. А. Ключвер (1888-1956) і К. ванн Ніль (1897-1985) провели порівняльне біохімічне вивчення відносно віддалених один від одного фізіологічних груп мікроорганізмів. Вони виявили, що закономірності процесів енергетичного і конструктивного метаболізму для всіх мікроорганізмів

мів єдині. На підставі цього А. Клейвер і К. ван Ніль сформулювали основи теорії біохімічної єдності життя.

У 1941 р. американські дослідники Дж. Бідл (1903-1989) і Е. Татум (1909-1975), вивчаючи прояв індукованих мутацій у грибів роду *Neurospora*, зуміли наблизитися до розуміння функцій генів і сформулювали свій знаменитий постулат «один ген – один фермент». Це відкриття збіглося за часом з серією досягнень генетики мікроорганізмів, і його можна вважати за початок «генетичного» періоду в історії розвитку мікробіології.

У 1944 р. американські учені О. Евері, К. Маклеод і М. Маккарті довели роль ДНК в зберіганні і передачі спадкової інформації, здійснивши експерименти по генетичній трансформації у бактерій.

Дослідження Дж. Ледерберга, Е. Татума і Н. Циндера в період з 1946 по 1952 р. показали наявність статевої диференціації у бактерій. Вони відкрили і вивчили трансдукцію і кон'югацію, а також закономірності рекомбінації генетичного матеріалу у бактерій при цих способах обміну генетичною інформацією. У 1953 р. Дж. Уотсон і Фр. Крик розшифрували будова молекули ДНК, розкрили генетичний код, механізми реплікації ДНК і регуляції синтезу білка.

У дослідах на бактеріях була доведена роль ДНК в передачі спадкових ознак. Використання бактерій, вірусів, а потім і плазмідів як об'єктів молекулярно-біологічних і генетичних досліджень привело до глибшого розуміння фундаментальних процесів, що лежать в основі життя. З'ясування принципів кодування генетичної інформації в ДНК бактерій і встановлення універсальності генетичного коду дозволило краще розуміти молекулярно-генетичні закономірності, притаманні більш високо організованим організмам.

Розшифровка генома кишкової палички зробила можливим конструювання і пересадку генів. До теперішнього часу гена інженерія створила нові напрями біотехнології. Розшифровані молекулярно-генетична організація багатьох вірусів і механізми їх взаємодії з клітинами, встановлені здатність вірусної ДНК вбудовуватися в геном чутливої клітини і основні механізми вірусного канцерогенезу.

Справжню революцію зазнала імунологія, що далеко вийшла за рамки інфекційної імунології і стала однією з найбільш важливих фундаментальних медико-біологічних дисциплін. До теперішнього часу імунологія – це наука, що вивчає не лише захист від інфекцій. У сучасному розумінні *імунологія – це наука, що вивчає механізми самозахисту організму від всього генетично чужорідного, підтримці структурної і функціональної цілісності організму.*

Імунологія в даний час включає лаву спеціалізованих напрямів, серед яких, поряд з інфекційною імунологією, до найбільш значущих відносяться імуногенетика, імуноморфологія, трансплантаційна імунологія, імунопатологія, імуногематологія, онкоімунологія, імунологія онтогенезу, вакцинологія і прикладна імунодіагностика.

Мікробіологія і вірусологія як *фундаментальні біологічні науки* також включають лаву самостійних наукових дисциплін зі своїми цілями і завданнями: спільну, технічну (промислову), сільськогосподарську, ветеринарну і таку,

що має найбільше значення для людства медичну мікробіологію і вірусологію.

Медична мікробіологія і вірусологія вивчає збудників інфекційних хвороб людини (їхню морфологію, фізіологію, екологію, біологічні і генетичні характеристики), розробляє методи їх культивування і ідентифікації, специфічні методи їхньої діагностики, лікування і профілактики.

До окремих найважливіших розділів медичної мікробіології і вірусології можна віднести клінічну мікробіологію, санітарну мікробіологію, медичну мікологію і протозоологію, медичну паразитологію, учення про сапронози.

3. Перспективи розвитку мікробіології

На порозі XXI століття мікробіологія, вірусологія і імунологія представляють один з провідних напрямів біології і медицини, що інтенсивно розвивається і розширює межі людських знань.

Імунологія впритул підійшла до регулювання механізмів самозахисту організму, корекції імунодефіцитів, вирішення проблеми СНІДУ, боротьби з онкозахворюваннями.

Створюються нові генно-інженерні вакцини, з'являються нові дані про відкриття інфекційних агентів – збудників «соматичних» захворювань (виразкова хвороба шлунку, гастрити, гепатити, інфаркт міокарду, склероз, окремі форми бронхіальної астми, шизофренія та ін.).

З'явилося поняття про нові і зворотні інфекції. Приклади реставрації старих патогенів – мікобактерії туберкульозу, рикетсії групи кліщової плямистої лихоманки і лава інших збудників природно-осередкових інфекцій. Серед нових патогенів – вірус імунодефіциту людини (ВІЧ), легіонели, бартонели, ерліхії, хелікобактер, хламідії (*Chlamydia pneumoniae*). Нарешті, відкриті віроїди та пріони – нові класи інфекційних агентів.

Віроїди – інфекційні агенти, що викликали ураження у рослин, схожі з вірусними, проте ці збудники відрізняються від вірусів лавою ознак: відсутністю білкової оболонки (гола інфекційна РНК), антигенних властивостей, одноланцюжковою кільцевою структурою РНК (з вірусів – тільки у вірусу гепатиту D), малими розмірами РНК.

Пріони (*proteinaceous infectious particle* – білкоподібна інфекційна частка) представляють позбавлені РНК білкові структури, що є збудниками деяких повільних інфекцій людини і тварин, що характеризуються летальними ураженнями центральної нервової системи за типом губкоподібної енцефалопатії й куру, хвороби Крейтцфельда – Якоба, синдрому Герстманна – Страусслера – Шайнкера, амніотрофічного лейкоспонгіозу, губкоподібної енцефалопатії корів (коров'ячого «сказу»), скріплюю овець, енцефалопатії нірок, хронічної виснажувальної хвороби оленів і лосів. Передбачається, що пріони можуть мати значення в етіології шизофренії, міопатій. Істотні відзнаки від вірусів, перш за все відсутність власного геному, не дозволяють поки розглядувати пріони як представників живої природи.

Лекція 2. Особливості будови та життєдіяльності мікроорганізмів

Питання лекції:

1. Об'єкти вивчення в мікробіології.
2. Основні властивості живих організмів.
3. Клітинна організація мікроорганізмів.
4. Особливості зростання бактеріальних популяцій.

1. Об'єкти вивчення в мікробіології

В курсі мікробіології для спеціалізації «Ресторанна справа» вивчаються мікроскопічні живі організми, які належать до різних підрозділів живого світу – бактерії та гриби. В загально біологічному курсі мікробіології гриби складають розділ окремого напрямку – мікології. Віруси та інші неклітинні організми також вивчаються в окремому курсі – вірусології – та не розглядаються нами тут.

Бактерії – мікроскопічні, переважно двоклітинні, організми, для яких характерна наявність клітинної стінки, цитоплазми, різних включень, відсутність ядра, мітохондрій, пластид та інших органел. Вони звичайно мають клітинні стінки, як рослинні та грибні клітини, але бактеріальні клітинні стінки звичайно зіткані з пептидогліканів. Більшість з них дуже малі, звичайно тільки 0,5–5,0 мкм у своєму найбільшому розмірі, хоча гігантські бактерії, такі, як *Thiomargarita namibiensis* та *Epulopiscium fishelsoni*, можуть вирости до 0,5 мм у розмірі та бути видимими неозброєним оком. Деякі бактерії (напр., мікоплазми) настільки дрібні, що можуть проходити крізь бактеріальні фільтри.

Бактерії – це найпоширеніша група організмів. Вони присутні у ґрунті, воді, повітрі та як симбіонти у інших організмах. Наприклад, в грамі ґрунту міститься біля 40 млн. бактеріальних клітин, та біля 5×10^{30} бактерій у світі. Бактерії (можливо, разом з археями) складають більше половини біомаси Землі, зокрема половину органічного вуглецю і більш ніж 90% органічних фосфору та азоту. Планктонні бактерії відповідають за від 50% до 90% (за різними оцінками) світового виробництва кисню. В організмі людини звичайно міститься в 10 разів більше бактерій, ніж людських клітин, найбільша кількість цих бактерій знаходиться на шкірі і в травному тракті. Багато з них патогенні, тобто викликають хвороби. Загалом, бактерії критичні для існування всіх земних екосистем, вони незамінні на багатьох кроках кругообігу речовин у природі, наприклад, у переробці залишків вищих організмів та фіксації атмосферного азоту. Різні форми бактеріальних клітин показані на рис. 2.1.

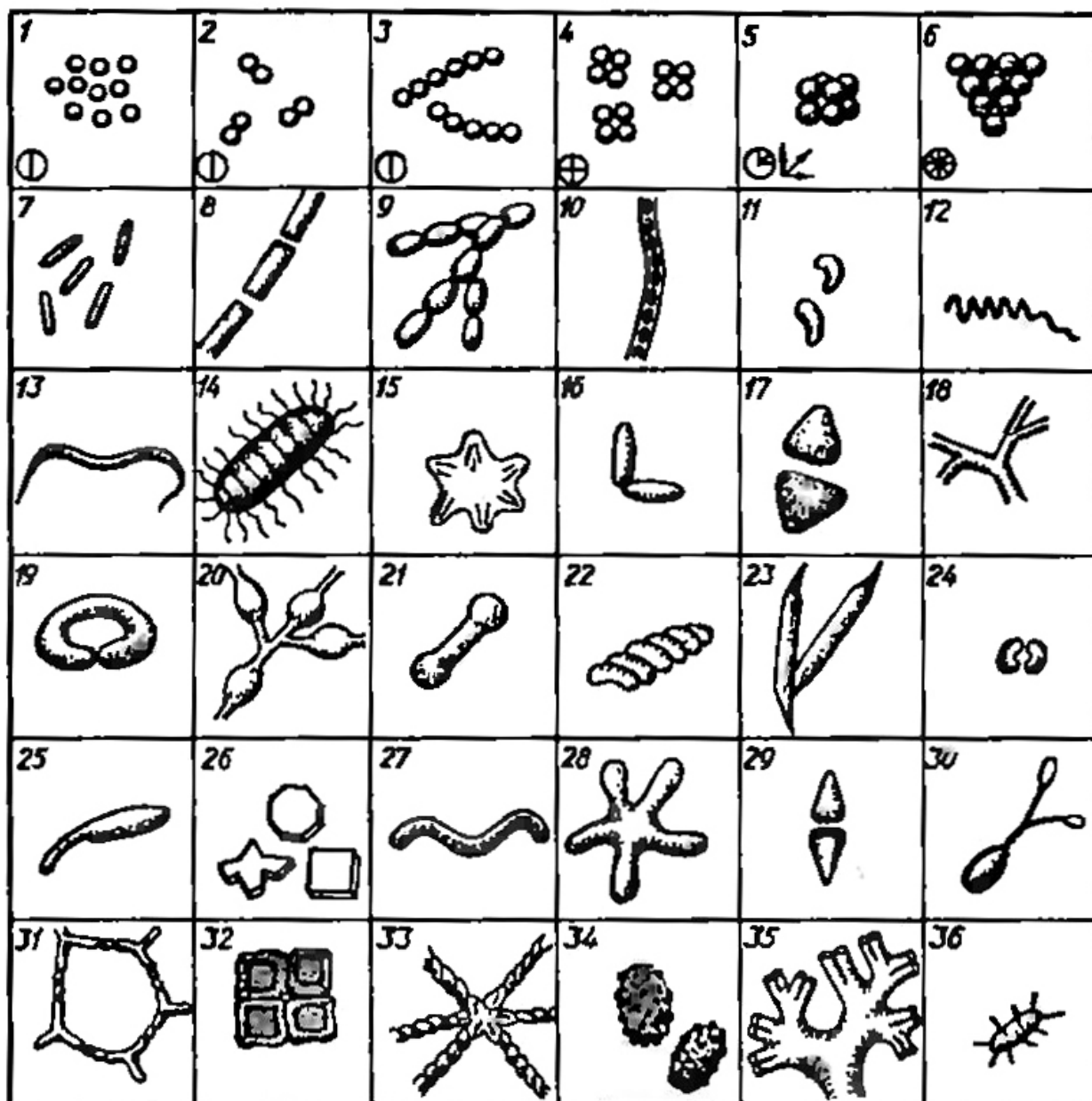


Рис. 2.1 – Різні форми бактеріальних клітин

1 – мікрокок; 2 – диплокок; 3 – стрептокок; 4 – тетракок; 5 – саріцина; 6 – стафілокок; 7 – маленька паличка; 8 – великі палички, з'єднані в ланцюжок; 9 – яйцеподібні коки; 10 – трихомні клітини; 11 – вібріон; 12 – спірохета; 13 – червоподібна клітина; 14 – багатоклітинна форма; 15 – зіркоподібна; 16 – палички, розміщені під кутом одна до одної; 17 – трикутні; 18 – форми, що гілкуються; 19 – тороїдальні; 20 – клітини, які брунькуються; 21 – гантелеподібні; 22 – нециліндричні трихоми; 23 – палички з загостреними кінцями; 24 – бобоподібний диплокок; 25 – клітина зі стеблинкою; 26 – пластинчаті клітини архебактерій; 27 – спірила; 28 – амебоїдні; 29 – ланцетоподібний диплокок; 30 – клітина з гіфами, на яких утворюються бруньки; 31 – ланцюжок клітин, що утворюють петлю; 32 – з'єднання клітин у пластини; 33 – зіркоподібна розетка з клітин; 34 – тубероїдні клітини; 35 – слизові стеблинки бактерій; 36 – клітина з шипами.

Гриби – царство еукаріотичних безхлорофільних гетеротрофних організмів, які живляться переважно осмотрофно, і більшість з яких здатні розмножуватись за допомогою спор (хоча деякі втратили цю можливість і розмножуються вегетативно). Більшість з них протягом всього життя або на певних стадіях розвитку мають міцеліальну будову, а деякі – дріжджі – одноклітинні. Сьогодні описано приблизно 70 тис. видів грибів, проте їх очікуване різноманіття, за оцінками різних авторів, становить від 300 тис. до 1,5 млн. видів.

2. Основні властивості живих організмів

Усім живим організмам – і мікроорганізмам, і рослинам, і тваринам, включаючи людину – притаманні властивості, що відрізняють їх від об'єктів неживої природи. Розглянемо деякі з них, що є найголовнішими для розуміння життєдіяльності мікроорганізмів та їхньої дії в процесі виробництва харчових продуктів та на людський організм – як збудників захворювань.

2.1. Характерний хімічний склад

Хоча живі істоти складаються з тих самих атомів, що і нежива природа, ці елементи утворюють в організмі складні молекули, що не зустрічаються в неживій природі. До них відносяться: нуклеїнові кислоти (носії спадкової інформації), білки, або протеїни (структурні елементи протоплазми і активні речовини, – зокрема, ферменти), жири (запасні живильні речовини), ліпоїди (наприклад, стероїдні гормони), вуглеводи. Білків в організмі за масою більше, ніж решти органічних речовин, вони складають до 50-70% його сухої маси. Біологічно активні речовини в організмі тимчасово або постійно розчинені у воді, але можуть і відкладатися в нерозчиненому вигляді. Вода служить також середовищем для неорганічних електролітів (солей). Живі істоти містять 60-80% води.

2.2. Обмін речовин і енергії

Організмами є відкриті системи, що здійснюють постійний обмін речовин і енергії з навколишнім середовищем. При цьому особина знаходиться в стані динамічної рівноваги (гомеостаз). Характерний для організмів обмін речовин служить основою всіх життєвих проявів і регулюється особливими системами так, щоб забезпечувалося функціонування живої істоти як єдиного цілого.

Зовнішній обмін відбувається у кожного організму з навколишнім середовищем. **Внутрішній** обмін відбувається усередині організму. Обидва ці процеси зв'язані між собою. Залежно від умов навколишнього середовища, спрямованість і інтенсивність зовнішнього обміну речовин і енергії можуть змінюватися, що негайно відбивається також на характері внутрішнього обміну речовин.

Асиміляція і дисиміляція як дві сторони внутрішнього обміну. Процес обміну речовин має дві сторони:

асиміляція (*assimile* – уподібнюю, лат.) – процес синтезу складних органічних речовин з простіших компонентів, що поступають в клітину ззовні, з використанням внутрішньої енергії клітки;

дисиміляція (*di* – два; тут – інший спосіб, лат.) – процес розпаду складних органічних речовин самої клітини до простіших компонентів (що згодом виводяться назовні) з виділенням енергії.

Різновиди асиміляції (залежно від початкових речовин):

асиміляція є автотрофною – якщо речовини, що поступають в організм, мінеральні (наприклад, у рослин)

асиміляція є гетеротрофною – якщо ці речовини органічні (наприклад, у тварин або у грибів); даному різновиду асиміляції може передувати підготовчий процес: **травлення** (у тварин), хоча він може бути і відсутнім (у грибів).

Різновиди дисиміляції (залежно від кінцевих продуктів):

бродіння – різновид, при якому відбувається неповний розпад початкових речовин (до органічних складових, ще здатних до подальшого розпаду з виділенням енергії); бродіння у різних форм може протікати як у присутності кисню (в аеробному середовищі), так і в його відсутність (в анаеробних умовах)

дихання – різновид, здійснюваний тільки за участю кисню, при якому відбувається повний розпад початкових речовин (до мінеральних компонентів); диханню завжди передують бродіння.

Популяції організмів, що відрізняються за характером обміну речовин, грають різну роль в екосистемах. Характер обміну речовин визначає потреби організму і його вимоги до місця існування.

3. Клітинна організація мікроорганізмів

У живій природі можна виділити два види клітин, з яких побудовано організми всіх живих істот. Ознакою, за якою можна виділити ці два види клітин, є наявність оформленого ядра. **Прокаріоти** (від лат. *pro* – перед і грец. *karyon* – ядро) – це організми, клітини яких не мають оформленого ядра. До них належать **бактерії, ціанобактерії** (синьозелені водорості) і **архебактерії**. За розмірами клітини прокаріотів значно менші за **еукаріотичні клітини**, характерною рисою яких є наявність оформленого ядра. Діаметр бактерії становить близько 1 мкм; в одній клітині еукаріотів може вміститися понад 10 000 бактерій. Крім розмірів і відсутності оформленого ядра про- та еукаріоти розрізняються ще за низкою ознак. Клітини прокаріотів не мають **мембранних органел**. Увесь спадковий матеріал міститься в **одній кільцевій молекулі ДНК**, що розташована в цитоплазмі. Прокаріотична ДНК практично не зв'язана з білками й обов'язково прикріплена до плазмолемі. Така структура отримала назву **нуклеоїд**.

Докладніше будову прокаріотичної клітини розглянемо на прикладі бактерій. Бактеріальна клітина вкрита **клітинною стінкою**, а досить часто – **слизистою капсулою**. Під клітинною стінкою міститься плазматична мембрана, що має таку саму будову, як і еукаріоти (див. далі). Вона може утворювати численні впинання – так звані **мезосоми**, які виконують функції мембранних органел еукаріотів (фотосинтез, окиснювальне фосфорилування та ін.). **Рибосоми** прокаріотичних клітин за будовою схожі з рибосомами еукаріотів, але дещо менші.

Ультраструктура прокаріотичної клітини вивчаються за допомогою електронно-мікроскопічних, мікрохімічних та інших методів, які дають змогу з високою точністю визначити будову і хімічний склад бактерій. Завдяки цим методам вдалося встановити, що прокаріотична клітина має низку принципових особливостей ультраструктурної і хімічної організації порівняно з еукаріотич-

ною клітиною (рис. 2).

Зовні цитоплазматичної мембрани бактеріальної клітини розміщуються так звані поверхневі структури: оболонка, капсула, слизовий чохол, джгутики і ворсинки (війки). Цитоплазматичну мембрану разом з цитоплазмою, органелами і включеннями прийнято називати протопластом. Розглянемо спочатку будову, хімічний склад і функції поверхневих структур бактеріальної клітини.

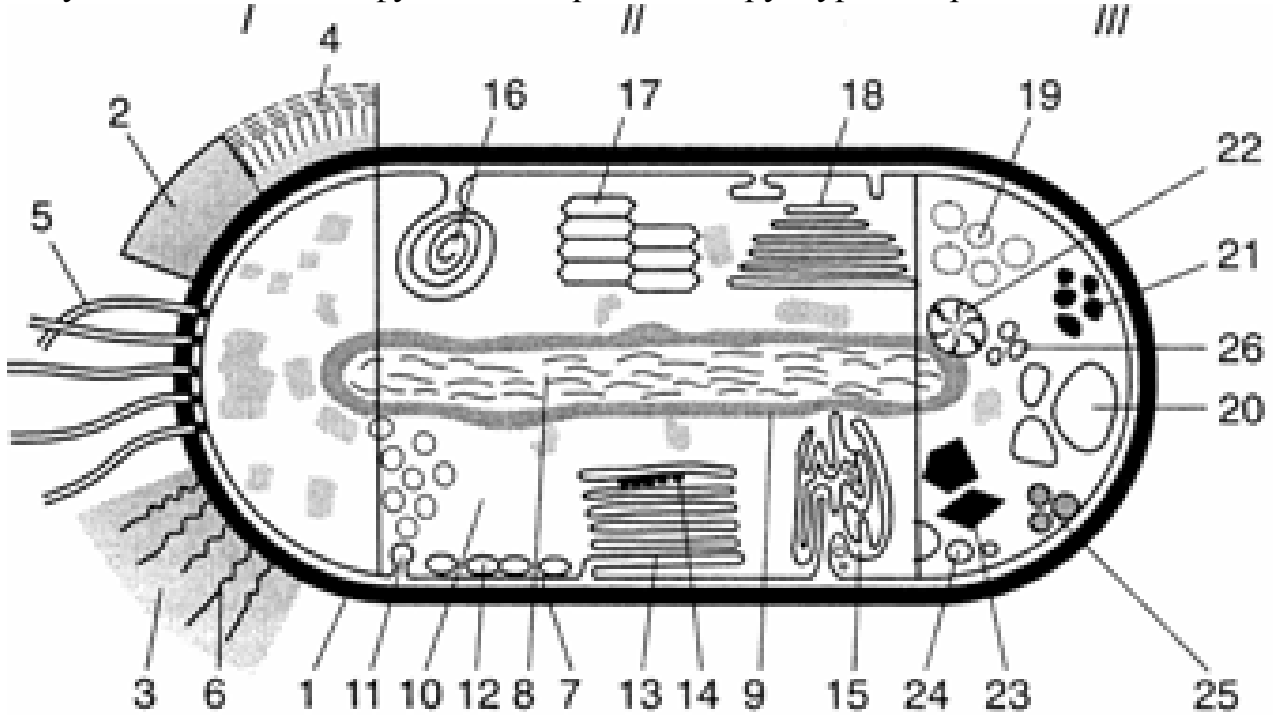


Рис. 2.2 – Комбіноване схематичне зображення прокаріотичної клітини (за Г. Шлегелем, 1972):

I – поверхневі структури: 1 – оболонка клітини; 2 – капсула; 3 – слизові виділення; 4 – слизовий чохол; 5 – джгутики; 6 – війки.

II – цитоплазматичні клітинні структури: 7 – цитоплазматична мембрана; 8 – нуклеоїд; 9 – рибосоми; 10 – цитоплазма; 11 – хроматофори; 12 – хлоросоми; 13 – пластинчасті тілакоїди; 14 – фікобілісоми; 15 – трубчасті тілакоїди; 16 – мезосома; 17 – аеросома (газова вакуоля); 18 – ламелярні структури.

III – запасні речовини: 19 – полісахаридні гранули; 20 – гранули полі-3-оксимасляної кислоти; 21 – гранули поліфосфату; 22 – гранули ціанофіцину; 23 – карбоксисоми; 24 – включення сірки; 25 – крапельки жиру; 26 – гранули вуглеводів.

За будовою і хімічним складом оболонка бактеріальної клітини суттєво відрізняється від клітинної оболонки еукаріотів. Її складають специфічні полімерні комплекси, яких немає в клітинних структурах інших організмів. Будова і хімічний склад оболонки є сталими для певних видів бактерій, на що зважають під час діагностування. Вважають, що саме оболонка визначає забарвлення бактерії за Грамом. Так називають розроблений данським мікробіологом Х. Грамом у 1884 р. метод фарбування мікроорганізмів, який дає змогу диференціювати бактерії.

Після забарвлення бактерій карболовим генціанвіолетом і обробки препаратів розчином йоду та промивання їх спиртом, клітини одних бактерій знебарвлюються, а інші залишаються синьо-фіолетовими. Саме за цією ознакою бактерії поділяють на дві групи: грампозитивні забарвлюються у синьо-фіолетовий колір, грамнегативні знебарвлюються. Суть фарбування мікробів за Грамом досі ще остаточно не з'ясована. Вважають, що в основі цього методу лежать будова і особливості хімічного складу клітинних оболонок бактерій.

Характер побудови клітинної оболонки є важливішою ознакою, ніж саме фарбування за Грамом. Це дозволило Н. Гіббонсу і Р. Муррею ще в 1978 р. запропонувати грамнегативні еубактерії віднести до відділу грацілікутних, а грампозитивні – до відділу фірмікутних бактерій. До цих двох відділів прокаріотів належить переважна більшість бактерій

Білки зовнішньої мембрани грамнегативних бактерій поділяють на дві групи: основні, які беруть участь у формуванні мембранних гідрофільних пор (їх ще називають поринами) і мінорні білки, що виконують транспортну і рецепторну функції. Вони транспортують у клітину залізовмісні сполуки, вітаміни тощо. Між зовнішньою і внутрішньою мембранами клітинної оболонки грамнегативних бактерій існує периплазматичний простір (пери-плазма), в якому, крім муреїнового шару, містяться специфічні білки, олігосахариди, неорганічні речовини і вода. Периплазматичні транспортні білки відіграють важливу роль у надходженні в клітину амінокислот, цукрів, фосфатів тощо.

В курсі мікробіології вивчаються також еукаріотичні організми – гриби. Це – плісєневі гриби та дріжджі.

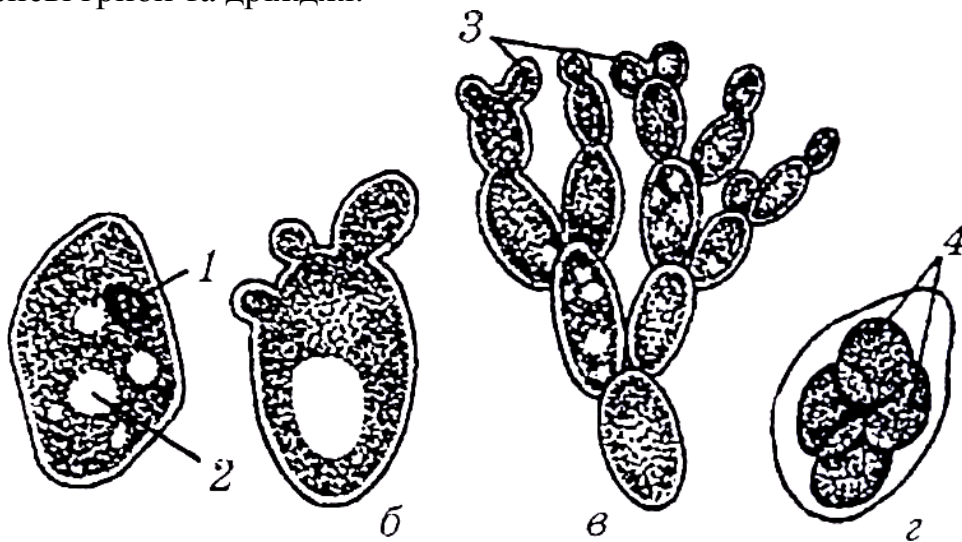


Рис. 2.3 – Будова клітини дріжджів:

а– клітина в стані спокою; б, в – клітина під час брунькування; г – аск;
1 – ядро; 2 – вакуоля; 3 – бруньки; 4 – аскоспори

Термін «дріжджі» не має таксономічного значення. До цієї групи мікроорганізмів належать мікроскопічні одноклітинні **гриби**, які розмножуються переважно брунькуванням або поділом. Таке визначення є недостатньо точним, оскільки окремі види **дріжджів** здатні в певній фазі розвитку утворювати міцелій, а деякі

мікроскопічні міцеліальні гриби в певних умовах культивування ростуть у дріжджоподібній формі. Проте переважне їх існування у вигляді одноклітинних форм дає можливість розглядати дріжджі як окрему групу еукаріотичних мікроорганізмів. У наш час **дріжджі** розглядають як групу вищих **грибів**, що переважно вегетують в одноклітинній формі та розмножуються брунькуванням або поділом (рис. 2.3). До грибів **дріжджів** зараховують на основі ряду характерних ознак: наявність ядра, відсутність фотосинтезувальних пігментів і рухомості, наявність глікогену як запасної речовини. У більшості дріжджів клітини безбарвні, деякі види синтезують червоний, оранжевий або жовтий пігменти

Дріжджі відрізняються за формою вегетативних клітин, статевих спор і культуральними ознаками. Ростуть, як правило, у температурному діапазоні від 0 до 37°C, можуть розвиватись в аеробних та анаеробних умовах за рН від 3 до 8, нижня межа водної активності становить 0,90-0,60.

Як і всім грибам, дріжджам притаманний адсорбційний тип живлення. Більшість з них є сапрофітами: існують у філосфері та ризосфері рослин, ґрунті, морській і прісній воді, інших природних субстратах. Розвиваються дріжджі також у шлунково-кишковому тракті, на поверхні шкіри тварин. Одні з них здатні існувати в різноманітних екологічних нішах, інші тільки в специфічних, різко обмежених умовах. Описано понад 500 видів дріжджів, які належать більш як до 60 родів.

4. Особливості зростання бактеріальних популяцій

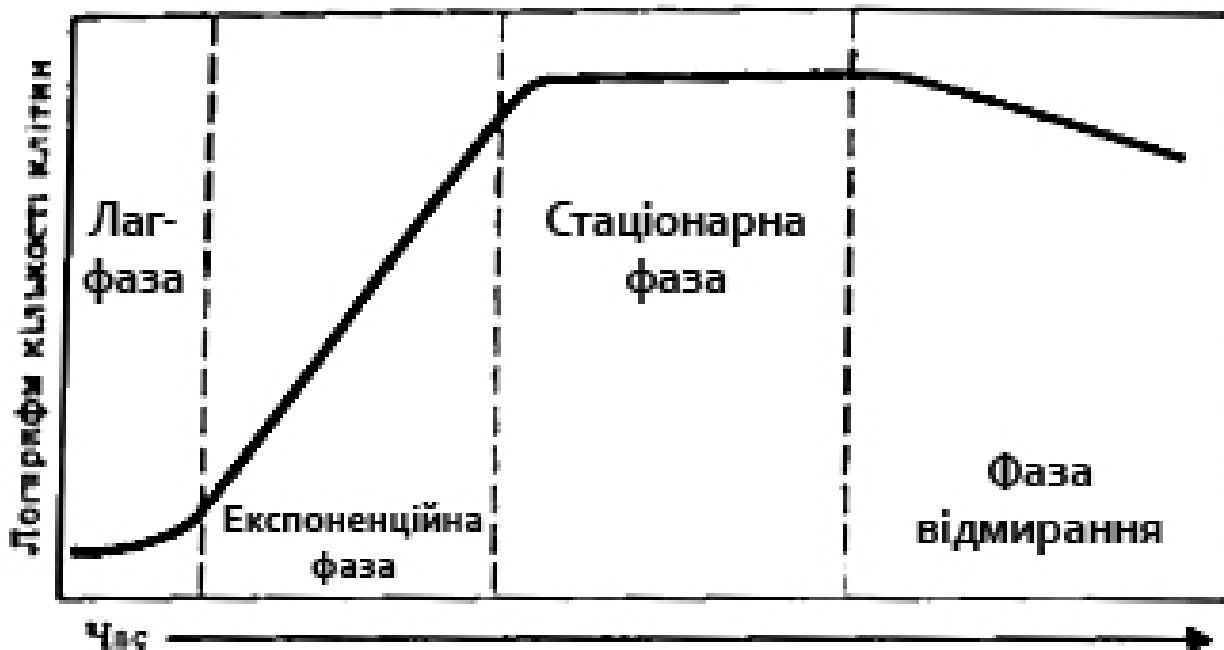


Рис. 2.1 – Крива росту бактеріальної популяції (одна з поширених версій)

При внесенні у поживне середовище бактерії ростуть до тих пір, поки вміст якого-небудь необхідного компонента не стане мінімальним або не вичерпається, після чого ріст припиняється. Якщо впродовж усього цього часу в середовище не вносити ніяких поживних речовин і не виводити продукти метабо-

лізму, то одержимо так звану періодичну культуру (популяцію клітин в обмеженому життєвому просторі).

Крива, що описує залежність логарифму кількості живих клітин від тривалості культивування, називається кривою росту (рис. 2.1). Така крива має S-подібну форму, на ній можна виділити кілька фаз росту: початкову (лаг-фазу), експоненційну (логарифмічну), стаціонарну, та відмирання. За іншим тлумаченням, крива росту бактеріальних популяцій складається з шести фаз (рис. 2.2).

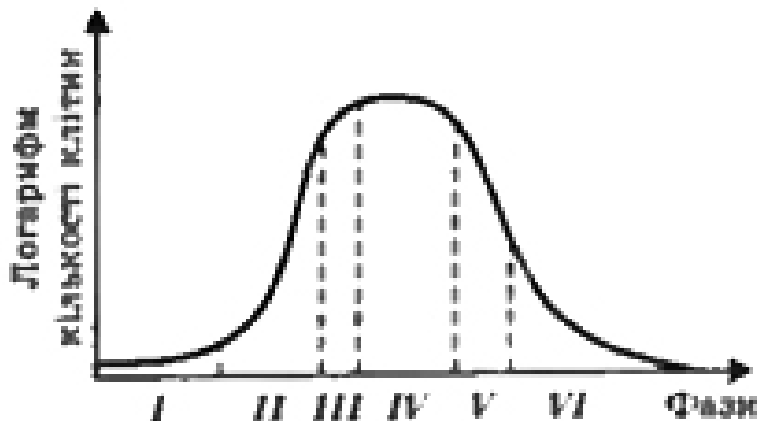


Рис. 2.2 – Крива росту бактеріальної популяції (інша поширена версія). Назви фаз – у подальшому тексті

I. Лаг-фаза починається з моменту посіву бактерій у свіже поживне середовище. у цей період клітини адаптуються до даних умов культивування. Тривалість лаг-фази залежить від передісторії інокуляту та його віку, а також від того, наскільки придатним для росту є дане середовище і умови культивування (рН, температура, концентрація розчиненого кисню). Наприклад, якщо джерела вуглецю та енергії в новому середовищі відрізняються від тих, які були в середовищі при одержанні посівного матеріалу, то адаптація до нових умов передбачає синтез нових ферментів, які раніше були непотрібні, і тому не синтезувались. Утворення нових ферментів індукується новим субстратом.

Прикладом впливу субстрату на синтез ферментів є діауксія. Це явище послідовного використання двох субстратів, або явище двофазового росту. Із суміші глюкози та сорбітолу бактерії спочатку споживають глюкозу. Ферменти метаболізму сорбітолу утворюються тільки після повного вичерпання глюкози. Кількісні зміни складу бактеріальної клітини під час лаг-фази стосуються змін РНК: її зміст збільшується у 8-12 разів. Це вказує на участь РНК і рибосом у синтезі ферментних білків.

II. Експоненційна фаза характеризується максимальною швидкістю поділу клітини. у цій фазі процеси росту проходять збалансовано (тобто подвоєння біомаси супроводжується подвоєнням кількості білка, ДНК, РНК, та ін..). Можна сказати, що культура в експоненційній фазі складається із «стандартних» клітин. Але треба мати на увазі, що в експоненційній фазі клітини періодичної культури зазнають змін, оскільки постійно змінюється середовище:

зменшується концентрація субстрату, збільшується густина клітинної суспензії, накопичуються продукти обміну. У зв'язку з тим, що в цій фазі швидкість поділу відносно постійна, вона найзручніша для визначення швидкості поділу та швидкості росту. Вплив факторів зовнішнього середовища, складу поживного середовища на зростання мікроорганізмів визначають, спостерігаючи за показником біомаси чи кількістю клітин саме під час експоненційного росту.

III. Фаза сповільненого росту. Настання цієї фази зумовлене якісними змінами споживного середовища (споживання поживних речовин, накопичення продуктів метаболізму, дефіцит кисню, зміна рН). Клітина реагує на цю зміну інтенсивності синтезу РНК, білка, полісахаридів та інших компонентів.

IV. Стаціонарна фаза настає тоді, коли кількість клітин перестає збільшуватись, тобто характеризується рівновагою між клітинами, що утворюються, та клітинами, що гинуть. У стаціонарній фазі **спостерігається** максимальна біомаса і максимальна сумарна кількість клітин. Кількість біомаси в стаціонарній фазі називають також виходом або врожаєм. Але в науковій літературі термін «вихід біомаси» або «врожай біомаси» зустрічаються рідко. В основному використовуються поняття «рівень біомаси», «концентрація біомаси» або «врожай біомаси» чи просто «біомаса».

V. Фаза відмирання характеризується зниженням кількості живих клітин, підвищенням гетерогенності популяції. Іноді клітини лізуються під дією своїх власних ферментів (автоліз). Ця фаза досліджена значно менше, ніж попередні.

VI. Фаза виживання характеризується наявністю окремих життєздатних клітин в умовах загибелі більшості клітин популяції. Якщо такі клітини пересіяти в свіже поживне середовище, вони починають активно рости та ділитися. Такі виживані клітини характеризуються низькою інтенсивністю процесів метаболізму.

Лекція 3. Принципи класифікації мікроорганізмів

Питання лекції:

1. Основні поняття щодо класифікації мікроорганізмів.
2. Основи класифікації бактерій.

1. Основні поняття щодо класифікації мікроорганізмів

Основною номенклатурною та таксономічною одиницею є вид. Визначення виду мікроорганізмів (ідентифікацію) проводять за морфологічними, тинкторіальними, фізіологічними, антигенними та молекулярно-біологічними та іншими ознаками.

Морфологічні ознаки характеризують форму, рухливість, спороутворення, наявність капсули.

Тинкторіальні ознаки – це відношення до барвників.

Фізіологічні ознаки – це культуральні та біохімічні властивості мікроорганізмів.

Культуральні ознаки – це характер росту мікроорганізмів на живильному середовищі. Мікроби, що виростили на живильному середовищі, називають культурою. Мікроби одного виду – це чиста культура.

Біохімічні ознаки – здатність мікроорганізмів виділяти ферменти.

Антигенні ознаки – антигенна структура мікроорганізмів, яку визначають за допомогою серологічних реакцій.

Молекулярно-генетичні ознаки – індивідуальність ДНК. Порівнюють ДНК досліджуваного мікроорганізму з еталонною для даного виду ДНК. Якщо подібність становить 90 % і більше, то мікроби належать до одного виду. При створенні класифікації мікроорганізмів враховувалася безліч їх властивостей, зупинимося на лаві з них. Спершу введемо основні поняття.

Колонія – видима оком, ізольована структура, що утворюється в результаті розмноження і накопичення мікроорганізмів на живильному середовищі. **Культурою** ж називають всю сукупність мікроорганізмів що виростили на щільній або рідкому живильному середовищі.

Клон – потомство однієї мікробної клітини.

Штам (або чиста бактерійна культура) – культура мікробів, виділена з конкретного джерела (організму людини, тварини, зовнішнього середовища). Штам можна вважати найнижчою таксономічною одиницею мікроорганізмів. Як правило, штами позначають протокольними номерами, або за джерелом виділення, або за місцевістю, де він був виділений (наприклад, вірус грипу Сингапур).

Морфовар – мікроорганізми, що відрізняються морфологічними ознаками, **біовар** – фізіологічними, **сіровар** – антигенними, **хемовар** – хімічними, **фаговар** – відношенням до фага.

Мікроорганізми володіють і лавою інших властивостей, окрім вище перелічених, проте ці властивості не грають настільки важливої ролі у визначенні виду мікроорганізму, а тому не використовуються в діагностиці.

Проте на деяких з них все ж зупинимося:

1. **Рухливість**. Мікроби можуть бути рухливі за рахунок джгутиків, тоді їх називають такими що плавають, або за рахунок скорочення клітки, тоді їх називають такими, що повзають, а також лава мікробів є нерухомою.

2. **Спороутворення**. Ті мікроорганізми, які утворюють спори, відрізняються за формою спор і їх розташуванням.

3. За **фізіологічними властивостями** всі мікроорганізми ділять на аеробів і анаеробів.

4. Всі мікроорганізми володіють різною **чутливістю до органів** людини.

5. Відрізняються мікроорганізми і **хімічним складом мембран**.

Всі ці властивості враховуються при виділенні збудника і постановці діагнозу, проте вони є другорядними в порівнянні з морфологічними, тинкторіальними, культуральними, біохімічними, антигенними і молекулярно-генетичними властивостями, – оскільки у меншій мірі визначають відзнаку між видами і є менш специфічними.

На цьому ж принципі ґрунтується застосування молекулярних зондів, за

допомогою яких у досліджуваному матеріалі визначають ДНК і встановлюють діагноз захворювання. Якщо бактерії мають деякі відмінності від видових ознак, то такі мікроорганізми розглядають як підвид.

Мікроорганізми, що відрізняються незначними спадковими властивостями, називаються **варіантами**.

2. Основи класифікації бактерій

Мікроорганізми називають за бінарною номенклатурою, кожний вид має організм називають за бінарною номенклатурою, кожний вид має родову назву і родову назву пишуть з великої літери (латинською мовою), родову назву – з малої. Наприклад: збудник правця – *Clostridium tetani*, збудник чуми – *Yersinia pestis*, збудник холери – *Vibrio cholerae*, один із збудників дизентерії – *Shigella sonnei*. Допускаються скорочення родової назви (*S. sonnei*).

Згідно з новим кодексом номенклатури бактерій запроваджено такі міжнародні класифікаційні категорії: відділ клас порядок родина рід вид.

Загально визнаною та найбільш поширеною є класифікація бактерій Д. Берджі. Згідно з визначником, виданим у 1993 р., бактерії поділяють за будовою клітинної стінки та забарвленням за Грамом на такі відділи: *Gracilicutes* – тонкошкірі (грамнегативні); *Firmicutes* – товстошкірі (грампозитивні), *Tenericutes* – не мають клітинної стінки (мікоплазми), *Mendisicutes* – архебактерії (вони непатогенні).

Для зручності відділи описують за групами, які включають родини, роди та види. Там, де вони об'єднані в порядки і класи, вказується їхня назва.

Найбільше практичне значення серед грамнегативних бактерій мають:

1-ша група – спірохети, родина спірохет: рід трепонем – збудники сифілісу, рід борелій – збудники поворотного тифу; родина лептоспір, рід лептоспір – збудники лептоспірозу;

2-га група – аеробні (мікроаерофільні) рухливі вібріодні бактерії: рід спірил – збудники содоку (хвороби укусу щурів), роди кампіло-бактерій і гелікобактерій – представники нормальної мікрофлори (збудники шлунково-кишкових захворювань), рід бделовібріонів – паразити бактерій, очищують воду;

4-та група – аеробні (мікроаерофільні) палички та коки (83 родини): рід нейсерій – збудники гонореї та менінгіту, рід бордетел – збудники коклюшу, рід бруцел – збудники бруцельозу, рід францисел – збудники туляремії, рід псевдомонад – збудники гнійно-запальних процесів і сапу, рід легіонел – збудники гострих респіраторних інфекцій;

5-та група – факультативно-анаеробні палички (45 родів, 3 родини): родина ентеробактерій, роди ешерихій, сальмонел та шигел – усі вони збудники кишкових захворювань, рід ієрсиній – збудники чуми, псевдотуберкульозу та кишкового ієрсиніозу, роди протею і клебсіел – умовно-патогенні, збудники гнійно-запальних процесів; родина пастерел, рід гемофіліс – збудники м'якого шанкру та інфлюєнці; родина вібріонів, рід вібріонів – збудники холери;

6-та група – анаеробні палички: прямі, зігнуті, спіральні, аспорогенні; родина бактероїдів, рід бактероїдів; рід фузобактерій – умовно-патогенні мікроор-

ганізми, збудники гнійно-запальних і некротичних процесів (апендициту);

8-ма група – анаеробні коки, родина вейлонел, рід вейлонел – представники нормальної мікрофлори, умовно-патогенні, збудники запальних процесів у м'яких тканинах;

9-та група включає родини рикетсій, хламідій і бартонел; родина рикетсій – збудники висипного тифу та інших рикетсіозів; родина хламідій – х рикетсіозів; родина хламідій – збудники трахоми, орнітозу та інших хламідіозів.

Серед грампозитивних бактерій найбільше практичне значення мають:

17-та група – грампозитивні коки: родина мікрококів, рід стафілококів; родина стрептококів, рід стрептококів. Усі вони є збудниками гнійно-запальних захворювань; родина бацил: рід бацил – збудники сибірки, рід клостридій – збудник правця, ботулізму, газової анаеробної інфекції;

19-та група – аспорогенні палички: рід еризопелотрикс – збудники еризопелоїду, рід лістерій – збудники лістеріозу (опортуністичні інфекції);

20-та група включає рід коринебактерій – збудники дифтерії і рід актиноміцетів – збудники актиномікозів;

21-ша група – родина мікробактерій, рід мікробактерій – збудники туберкульозу, лепри;

22-га – 29-та групи – актиноміцети, непатогенні (за винятком 22-ї групи, рід нокардій);

25-та група – рід стрептоміцетів – продуценти антибіотиків (стрептоміцину);

30-та група – мікоплазми – збудники мікоплазмозів.

Лекція 4. Мікробіологічні процеси в промисловості

Питання лекції:

1. Мікробіологічна промисловість:

- а) створення середовища,
- б) стерилізація,
- в) отримання культури,
- г) зростання в промисловому ферментері (біореакторі),
- д) виділення і очищення продуктів,
- е) переробка і ліквідація відходів ферментації.

2. Промислові мікробіологічні процеси:

- а) вирощування мікробної біомаси;
- б) отримання продуктів метаболізму мікроорганізмів;
- в) отримання ферментів мікробного походження;
- г) отримання рекомбінантних продуктів;
- д) біотрансформація речовин.

1. Мікробіологічна промисловість

Мікробіологічна промисловість – виробництво будь-якого продукту за допомогою мікроорганізмів. Здійснюваний мікроорганізмами процес називають

ферментацією; ємність, в якій він протікає, називається ферментером (або біореактором).

Процеси, що протікають за участю бактерій, дріжджів і цвілевих грибів, людина застосовувала сотні років для отримання харчових продуктів і напоїв, обробки текстилю та шкіри, але участь в цих процесах мікроорганізмів була чітко показана тільки в середині ХІХ століття.

У ХХ столітті промисловість використовувала всю різноманітність чудових біосинтетичних здібностей мікроорганізмів, і тепер ферментація займає центральне місце в біотехнології. З її допомогою отримують різноманітні хімікати високого ступеня чистоти і лікарські препарати, виготовляють пиво, вино, ферментовані харчові продукти. В усіх випадках процес ферментації розділяється на шість основних етапів:

- 1) створення середовища,
- 2) стерилізація,
- 3) отримання культури,
- 4) зростання в промисловому ферментері (біореакторі),
- 5) виділення і очищення продуктів,
- 6) переробка і ліквідація відходів ферментації.

Розглянемо кожний з цих етапів.

Створення середовища. Перш за все, необхідно вибрати відповідне культуральне середовище. Мікроорганізми для свого зростання потребують органічних джерел вуглецю, відповідного джерела азоту і різних мінеральних речовин. При виробництві алкогольних напоїв в середовищі мають бути присутніми осолоджений ячмінь, вичавки з фруктів або ягід. Наприклад, пиво зазвичай роблять з солодового суслу, а вино – з виноградного соку. Окрім води і, можливо, деяких добавок, ці екстракти і складають ростове середовище.

Середовище для отримання хімічних речовин і лікарських препаратів набагато складніше. Найчастіше як джерело вуглецю використовують цукор і інші вуглеводи, але нерідко масла і жири, а інколи вуглеводні. Джерелом азоту зазвичай служать аміак і солі амонію, а також різні продукти рослинного або тваринного походження: соєва мука, соєві боби, мука з насіння бавовнику, мука з арахісу, побічні продукти виробництва кукурудзяного крохмалю, відходи боєнь, рибна мука, дріжджовий екстракт. Складання і оптимізація ростового середовища є вельми складним процесом, а рецепти промислового середовища – секретом, що ретельно оберігається.

Стерилізація. Середовище необхідно стерилізувати, щоб знищити всі забруднюючі мікроорганізми. Самі ферментер і допоміжне устаткування теж стерилізують. Існує два способи стерилізації: пряма інжекція перегрітої пари і нагрівання за допомогою теплообмінника. Бажаний ступінь стерильності залежить від характеру процесу ферментації. Вона має бути максимальною при отриманні лікарських препаратів і хімічних речовин. Вимоги ж до стерильності при виробництві алкогольних напоїв менш строгі. Про такі процеси ферментації говорять як про «захищені», оскільки умови, які створюються в середовищі, такі, що в них можуть зростати тільки певні мікроорганізми. Наприклад, при

виробництві пива ростову середовище просто кип'ячать, а не стерилізують; ферментер також використовують чистим, але не стерильним.

Отримання культури. Перш ніж зачати процес ферментації, необхідно отримати чисту високопродуктивну культуру. Чисті культури мікроорганізмів зберігають в дуже невеликих об'ємах і в умовах, що забезпечують її життєздатність і продуктивність; зазвичай це досягається зберіганням при низькій температурі. Ферментер може вмщати декілька сотень тисяч літрів культурального середовища, і процес зачинають, вводячи в неї культуру (інокулят), що становить 1-10% об'єму, в якому йтиме ферментація. Таким чином, початкову культуру слід поетапно (з пересівами) ростити до досягнення рівня мікробної біомаси, достатнього для протікання мікробіологічного процесу з необхідною продуктивністю.

Абсолютно необхідно весь цей час підтримувати чистоту культури, не допускаючи її зараження сторонніми мікроорганізмами. Збереження асептичних умов можливе лише при ретельному мікробіологічному і хіміко-технологічному контролі.

Зростання в промисловому ферментері (біореакторі). Промислові мікроорганізми повинні зростати у ферментері при оптимальних для утворення необхідного продукту умовах. Ці умови строго контролюють, стежачи за тим, щоб вони забезпечували зростання мікроорганізмів і синтез продукту. Конструкція ферментера повинна дозволяти регулювати умови зростання – постійну температуру, рН (кислотність або лужність) і концентрацію розчиненого в середовищі кисню.

Звичайний ферментер є закритим циліндровим резервуаром, в якому механічно перемішуються середовище і мікроорганізми. Через середовище прокачують повітря, інколи насичене киснем. Температура регулюється за допомогою води або пари, що пропускаються по трубках теплообмінника. Такий ферментер з перемішуванням використовується в тих випадках, коли ферментативний процес вимагає багато кисню. Деякі продукти, навпаки, утворюються в безкисневих умовах, і в цих випадках використовуються ферментери іншої конструкції. Так, пиво варять при дуже низьких концентраціях розчиненого кисню, і вміст біореактору не аерується і не перемішується. Деякі пивовари до сих пір традиційно використовують відкриті ємкості, але в більшості випадків процес йде в закритих циліндрових ємкостях, що не аеруються, які звужуються до низу, що сприяє осіданню дріжджів.

У основі отримання оцту лежить окислення спирту до оцтової кислоти бактеріями *Acetobacter*. Процес ферментації протікає в ємкостях, званих ацетаторами, при інтенсивній аерації. Повітря і середовище засмоктуються мішалкою, що обертається, і поступають на стінки ферментера.

Виділення і очищення продуктів. Після закінчення ферментації в бульйоні присутні мікроорганізми, невикористані живильні компоненти середовища, різні продукти життєдіяльності мікроорганізмів і той продукт, який бажали отримати в промисловому масштабі. Тому даний продукт очищають від інших складових бульйону. При отриманні алкогольних напоїв (провина і пиво) до-

силь просто відокремити дріжджі фільтруванням і довести до кондиції фільтрат. Проте індивідуальні хімічні речовини, що отримуються шляхом ферментації, екстрагують з складного за складом бульйону. Хоча промислові мікроорганізми спеціально відбираються відповідно своїм генетичним властивостям так, щоб вихід бажаного продукту їх метаболізму був максимальний (у біологічному сенсі), концентрація його все ж мала в порівнянні з тією, яка досягається при виробництві на основі хімічного синтезу. Тому доводиться удаватися до складних методів виділення – екстрагування розчинником, хроматографії і ультрафільтрації.

Переробка і ліквідація відходів ферментації. При будь-яких промислових мікробіологічних процесах утворюються відходи: бульйон (рідина, що залишилася після екстракції продукту виробництва); клітки використаних мікроорганізмів; брудна вода, якою промивали установку; вода, що застосовувалася для охолодження; вода, що містить в кількостях слідів органічні розчинники, кислоти і луги. Рідкі відходи містять багато органічних сполук; якщо їх скидати в річки, вони стимулюватимуть інтенсивне зростання природної мікробної флори, що приведе до збіднення річкових вод киснем і створення анаеробних умов. Тому відходи перед видаленням піддають біологічній обробці, щоб зменшити вміст органічного вуглецю.

2. Промислові мікробіологічні процеси

Промислові мікробіологічні процеси можна розбити на 5 основних груп:

- 1) вирощування мікробної біомаси;
- 2) отримання продуктів метаболізму мікроорганізмів;
- 3) отримання ферментів мікробного походження;
- 4) отримання рекомбінантних продуктів;
- 5) біотрансформація речовин.

Мікробна біомаса. Мікробні клітини самі по собі можуть служити кінцевим продуктом виробничого процесу. У промисловому масштабі отримують два основні типи мікроорганізмів: дріжджі, необхідні для хлібопечення, і одноклітинні мікроорганізми, використовувані як джерело білків, які можна додавати в їжу людини і тварин. Пекарні дріжджі вирощували у великих кількостях з початку ХХ століття і використовували як харчовий продукт в Німеччині під час Першої світової війни.

Проте технологія виробництва мікробної біомаси як джерела харчових білків була розроблена тільки на початку 1960-х років. Лава європейських компаній обернули увагу на можливість вирощування мікробів на такому субстраті, як вуглеводні, для отримання т.з. білка одноклітинних організмів (БОО). Технологічним тріумфом було отримання продукту, що додається в корм худобі і що складається з висушеної мікробної біомаси, що виростає на метанолі. Процес йшов в безперервному режимі у ферментері з робочим об'ємом 1,5 млн.л. Проте у зв'язку із зростанням цін на нафту і продукти її переробки цей проект став економічно не вигідним, поступившись місцем виробництву соєвої і рибної муки. До кінця 80-х років заводи по отриманню БОО були демонтовані, що покла-

ло край бурхливому, але короткому періоду розвитку цієї галузі мікробіологічної промисловості. Перспективнішим виявився інший процес – отримання грибною біомаси і грибного білка мікопротеїну з використанням вуглеводів як субстрату.

Продукти метаболізму. Після внесення культури до живильного середовища спостерігається лаг-фаза, коли видимого зростання мікроорганізмів не відбувається; цей період можна розглядувати як час адаптації. Потім швидкість росту поступово збільшується, досягаючи постійної, максимальної для даних умов величини; такий період максимального зростання називається експоненціальною, або логарифмічною, фазою. Поступово зростання сповільнюється, і настає т.з. стаціонарна фаза. Далі число життєздатних кліток зменшується, і зростання зупиняється.

Слідуючи описаній вище кінетиці, можна простежити за утворенням метаболітів на різних етапах. У логарифмічній фазі утворюються продукти, життєво важливі для зростання мікроорганізмів: амінокислоти, нуклеотиди, білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи і так далі Їх називають первинними метаболітами.

Багато первинних метаболітів представляють значну цінність. Так, глютамінова кислота (точніше, її натрієва сіль) входить до складу багатьох харчових продуктів; лізин використовується як харчова добавка; фенілаланін є попередником замітника цукру аспартаму. Первинні метаболіти синтезуються природними мікроорганізмами в кількостях, необхідних лише для задоволення їхніх потреб. Тому завдання промислових мікробіологів полягає в створенні форм мутантів мікроорганізмів – надпродуцентів відповідних речовин. У цій галузі досягнуті значні успіхи: наприклад, удалося отримати мікроорганізми, які синтезують амінокислоти аж до концентрації 100 г/л (для порівняння – організми дикого типу накопичують амінокислоти в кількостях, що обчислюються міліграмами).

У фазі уповільнення зростання і в стаціонарній фазі деякі мікроорганізми синтезують речовини, що не утворюються в логарифмічній фазі і не грають явної ролі в метаболізмі. Ці речовини називають вторинними метаболітами. Їх синтезують не всі мікроорганізми, а в основному нитчасті бактерії, гриби і споротворні бактерії. Таким чином, продуценти первинних і вторинних метаболітів відносяться до різних таксономічних груп. Якщо питання про фізіологічну роль вторинних метаболітів в клітинах-продуцентах було предметом серйозних дискусій, то їхнє промислове отримання представляє безперечний інтерес, оскільки ці метаболіти є біологічно активними речовинами: одні з них володіють антимікробною активністю, інші є специфічними інгібіторами ферментів, треті – ростовими чинниками, багато хто володіє фармакологічною активністю. Отримання такого роду речовин послужило основою для створення цілої лави галузей мікробіологічної промисловості. Першим в цій лаві стало виробництво пеніциліну; мікробіологічний спосіб отримання пеніциліну був розроблений в 1940-х роках і заклав фундамент сучасної промислової біотехнології.

Фармацевтична промисловість розробила надскладні методи скринінгу (масової перевірки) мікроорганізмів на здатність продукувати коштовні вто-

ринні метаболіти. Спочатку метою скринінгу було отримання нових антибіотиків, але незабаром виявилось, що мікроорганізми синтезують і інші фармакологічно активні речовини. Протягом 1980-х років було налагоджено виробництво чотирьох дуже важливих вторинних метаболітів. Це були: циклоспорин – імунодепресант, використовуваний як засіб, що запобігає відторгненню імплантованих органів; іміпенем (одна з модифікацій карбапенема) – речовина з найширшим спектром антимікробної дії з усіх відомих антибіотиків; ловастатин – препарат, що знижує рівень холестерину в крові; івермектин – антигельмінтний засіб, використовуваний в медицині для лікування онхоцеркозу, або «річкової сліпоті», а також у ветеринарії.

Ферменти мікробного походження. У промислових масштабах ферменти отримують з рослин, тварин і мікроорганізмів. Використання останніх має ту перевагу, що дозволяє проводити ферменти у величезних кількостях за допомогою стандартних методик ферментації. Крім того, підвищити продуктивність мікроорганізмів незрівнянно легше, ніж рослин або тварин, а вживання технології рекомбінантних ДНК дозволяє синтезувати тваринні ферменти в клітинах мікроорганізмів. Ферменти, отримані таким шляхом, використовуються головним чином в харчовій промисловості і суміжних областях. Синтез ферментів в клітинах контролюється генетично, і тому наявні промислові мікроорганізми-продуценти були отримані в результаті направленої зміни генетики мікроорганізмів дикого типу.

Рекомбінантні продукти. Технологія рекомбінантних ДНК, відоміша під назвою «генна інженерія», дозволяє включати гени вищих організмів в геном бактерій. В результаті бактерії набувають здатності синтезувати «чужорідні» (рекомбінантні) продукти – сполуки, які раніше могли синтезувати тільки вищі організми. На цій основі було створено безліч нових біотехнологічних процесів для виробництва людських або тваринних білків, раніше недоступних або таких, що застосовувалися з великим ризиком для здоров'я. Сам термін «біотехнологія» набув поширення в 1970-х роках у зв'язку з розробкою способів виробництва рекомбінантних продуктів. Проте це поняття набагато ширше і включає будь-який промисловий метод, заснований на використанні живих організмів і біологічних процесів.

Першим рекомбінантним білком, отриманим в промислових масштабах, був людський гормон зростання. Для лікування гемофілії використовують один з білків системи згортання крові, а саме чинник VIII. До того як були розроблені методи отримання цього білка за допомогою генної інженерії, його виділяли з людської крові; вживання такого препарату було зв'язане з ризиком зараження вірусом імунодефіциту людини (ВІЧ).

Довгий час цукровий діабет успішно лікували за допомогою інсуліну тварин. Проте учені вважали, що рекомбінантний продукт створюватиме менше імунологічних проблем, якщо його вдасться отримувати в чистому виді, без домішок інших пептидів, що виробляються підшлунковою залозою. Крім того, очікувалося, що число хворих діабетом з часом збільшуватиметься у зв'язку з такими чинниками, як зміни в характері харчування, поліпшення медичної до-

помоги вагітним, страждаючим діабетом (і як наслідок – підвищення частоти генетичної схильності до діабету), і, нарешті, очікуване збільшення тривалості життя хворих діабетом. Перший рекомбінантний інсулін потрапив у продаж в 1982 році, а до кінця 1980-х років він практично витіснив інсулін тварин.

Багато інших білків синтезуються в організмі людини в дуже невеликих кількостях, і єдиний спосіб отримувати їх в масштабах, достатніх для використання в клініці, – технологія рекомбінантних ДНК. До таких білків відносяться інтерферон і еритропоетин. Еритропоетин спільно з мієлоїдним колонієстимулювальним чинником регулює процес утворення клітин крові у людини. Еритропоетин використовується для лікування анемії, пов'язаної з нирковою недостатністю, і може знайти вживання як засіб, що сприяє підвищенню рівня тромбоцитів, при хіміотерапії ракових захворювань.

Біотрансформація речовин. Мікроорганізми можна використовувати для перетворення тих або інших сполук на структурно схожі, але коштовніші речовини. Оскільки мікроорганізми можуть проявляти свою каталітичну дію лише якихось певних речовин, процеси, що протікають при їх участі, більш специфічні, ніж чисто хімічні. Найбільш відомий процес біотрансформації – отримання оцту в результаті перетворення етанолу на оцтову кислоту. Але серед продуктів, що утворюються при біотрансформації, є і такі високоцінні сполуки, як стероїдні гормони, антибіотики, простагландини.

ЗМ 1.2. МІКРООРГАНІЗМИ У СИРОВИНІ ТА ГОТОВИХ ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ

Лекція 5. Мікробіологія м'ясної сировини та продуктів соління і зберігання в холодильнику

Питання лекції:

1. Осіменіння м'яса тварин мікроорганізмами.
2. Осіменіння м'яса птиці мікроорганізмами.
3. Ветеринарно-санітарні вимоги до цехів післязабійного вмісту, забою худоби і оброблення туш.
4. Мікрофлора м'яса і м'ясопродуктів при холодильному зберіганні, засолі й сушці в умовах вакууму:
 - а) зміна мікрофлори м'яса при холодильному зберіганні;
 - б) зміна мікрофлори м'яса і м'ясопродуктів при засолі;
 - в) зміна мікрофлори м'яса і м'ясопродуктів при сушці в умовах вакууму;
 - г) види псування м'яса.

М'ясо тварин і птиці, що отримується на м'ясокомбінатах і птахокомбінатах, містить мікроорганізми, які потрапляють у нього в результаті мікробного осіменіння тканин тварин до та після їх забою. В цілях збереження якості м'ясо піддають холодильному зберіганню, засолу, сушці і іншим видам обробки. При цьому змінюється склад мікрофлори м'яса. Порушення умов зберігання, а отже, розмноження певних груп мікроорганізмів приводять до виникнення різних пороків м'яса.

1. Осіменіння м'яса тварин мікроорганізмами

Мікроорганізми, як правило, не містяться в крові, м'язах і у внутрішніх органах здорових тварин, що мають високу опірність організму. Проте при забої тварин в умовах м'ясокомбінатів отримують продукти забою (м'ясо, внутрішні органи), які містять сапрофітні мікроорганізми (гнильні бактерії, бактерії групи кишкових паличок, спори цвілевих грибів, актиноміцети, кокові бактерії та ін.), а в окремих випадках – сальмонели, паличку перфрінгенс і інші патогенні мікроорганізми.

Розрізняють прижиттєве і післязабійне осіменіння органів і тканин тварин мікроорганізмами.

При забої тварин і подальших операціях оброблення туш відбувається екзогенне осіменіння м'ясних туш і органів мікроорганізмами, що потрапляють із зовнішнього середовища, і ендогенне осіменіння внутрішніх тканин і органів мікроорганізмами з шлунково-кишкового тракту. Джерелами післязабійного мікробного осіменіння продуктів забою можуть служити шкірний покрив тварин, вміст шлунково-кишкового тракту, повітря, устаткування, транспортні засоби, інструменти, руки, одяг і взуття працівників, що мають контакт з м'ясом, вода, використовувана для зачистки туш, тощо.

При екзогенному осіменінні попадання мікроорганізмів в м'язову тканину і органи можливо під час забою тварин. При знекровленні протягом декількох хвилин серце тварин продовжує працювати і кров, що витікає з перерізаних шийних артерій, частково засмоктується знов через вени, що знаходяться під негативним тиском. При цьому в кров'яне русло можуть потрапляти і розноситися по всіх тканинах мікроорганізми з інструментів, шерстного покриву, а при недотриманні правил перев'язки стравоходу – з вмісту шлунку.

В процесі виконання технологічних операцій оброблення м'ясних туш екзогенне осіменіння м'яса мікроорганізмами відбувається в основному при зйомці шкіри, витяганні внутрішніх органів і зачистці.

Отже, для запобігання ендогенному післязабійного осіменінню м'язової тканини і внутрішніх органів мікробами необхідно щонайшвидше видалити кишечник з черевної порожнини. При витяганні внутрішніх органів через 2 години й більш з моменту знекровлення тварин в тканини проникають мікроорганізми, у тому числі патогенні й умовно-патогенні. Тому відповідно до Правил ветеринарно-санітарної експертизи м'яса і м'ясопродуктів, що діють, такі м'ясні туші підлягають обов'язковому мікробіологічному дослідженню.

2. Осіменіння м'яса птиці мікроорганізмами

Осіменіння м'яса птиці, як і м'яса забійних тварин, відбувається прижиттєво і після забою.

Прижиттєве осіменіння. Наявність патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів в тканинах і органах птиці спостерігається при туберкульозі, сальмонельозі і інших інфекційних хворобах. У здорової птиці ендогенне прижиттєве осіменіння мікроорганізмами органів і тканин відбувається під час транспортування на птахокомбінати. Птиця знаходиться в цей час в незвичній і важкій для неї обстановці, без корму і води, що призводить до різкого зниження резистентності організму і міграції ендогенним шляхом мікробів з шлунково-кишкового тракту, жовчного міхура, яєчних фолікул, паренхиматозних органів в м'язову тканину. У птиці (особливо водоплавної) перед забоем часто спостерігається осіменіння м'язів, насамперед кінцівок, сальмонеллами, які мешкають у кишечнику, жовчному міхурі і яєчних фолікулах птиці.

Післязабійне осіменіння. Осіменіння внутрішніх тканин, органів і поверхні тушок птиці відбувається в ході технологічного процесу забою і подальшої обробки тушок птиці. Найбільший ступінь осіменіння мікроорганізмами тушок птиці спостерігається під час теплової обробки (шпарення), видалення оперення і внутрішніх органів (патрання), холодильної обробки.

В процесі теплової обробки, коли тушки занурюються в гарячу воду, відбувається значне забруднення циркулюючої води органічними речовинами і мікроорганізмами, що змиваються з пера і пуху занурюваних тушок птиці. За кілька годин роботи кількість мікробів у воді шпарильних чанів збільшується в 100 і більше разів. Часто вода обсіменяється не лише сапрофітними, але і патогенними бактеріями, насамперед сальмонеллами і паличкою перфрінгенс, які часто знаходяться на оперенні птиці.

Для зменшення мікробного осіменіння і одночасно поліпшення зняття оперення розроблений метод шпарення тушок птиці із застосуванням 0,004%-ного розчину соляної кислоти (HCl). Цей метод порівняно з традиційною тепловою обробкою забезпечує після шпарення зниження мікробної осіменіння на поверхні тушок в 2 рази й більш, тоді як після звичайного шпарення у воді кількість мікробів на поверхні тушок не зменшується, а може навіть збільшуватися в 2-7 разів або більше.

В процесі зняття оперення тушки птиці обсіменяються мікроорганізмами в результаті пошкодження шкіри (порізи, подряпини, садно), через які мікроби проникають в підшкірну клітковину і м'язи.

При видаленні внутрішніх органів (патранні і напівпатранні) осіменіння мікроорганізмами тушок птиці відбувається в результаті порізів і розривів кишкового тракту. Значно частіше це спостерігається при напівпатранні (видаленні лише кишечника і клоаки). Під час видалення кишечника через клоаку він часто розривається, і внутрішня порожнина тушки обсіменяється мікроорганізмами вмісту кишечника, в числі яких не лише сапрофітні і умовно-патогенні мікроби (кишкова паличка, протей), але часто і такі патогенні бактерії, як сальмонели і паличка перфрінгенс. При затримці з витяганням внутрішніх органів можливе ендогенне осіменіння тканин тушок птиці мікроорганізмами з кишкового тракту.

Холодильну обробку м'яса птиці, залежно від його подальшого використання, проводять методами охолодження або заморожування. В процесі охолодження контактним способом, найбільш поширеним на птахопереробних підприємствах, шляхом занурення тушок птиці в крижану воду або водокрижану суміш при температурі 0-2°C відбувається осіменіння мікробами використовуваної для охолодження води і перехресне осіменіння тушок мікроорганізмами, у тому числі патогенними. Для виключення перехресного осіменіння рекомендується у ванни з крижаною водою додавати 10-20 мг/л активного хлору. Така концентрація хлору згубно діє на вегетативні клітини мікроорганізмів і не впливає негативно на якість тушок птиці.

3. Ветеринарно-санітарні вимоги до цехів післязайного вмісту, забою худоби і оброблення туш

У цеху передзайного вмісту худоби мають бути обладнані загороди (завширшки 0,7 м – для великої рогатої худоби) для термометрії, приміщення для приготування кормів, побутові приміщення, комори, а також кімнату для ветеринарної лікарні. На базі належне бути приміщення для провідників і гонщиків худоби з дезінфекційною камерою для санітарної обробки їхнього одягу.

Пункт санітарної обробки автомашин розташовують біля кордону території м'ясокомбінату. У його склад входять відділення миття і дезінфекції автомашин, відділення приготування розчинів, комори для засобів дезінфікування й миття та інвентарю, побутові приміщення.

Скотобазу захищають від решти території забором заввишки 2 м, з в'їздом для прийому хворої худоби. Карантинне відділення, ізолятор і санітарну бійню розташовують з підвітряного боку до відкритих загород передзайної бази.

Транспортні потоки тварин, що направляються з місць вивантаження на передзабійну витримку, не повинні мати контакту з потоком хворих і підозрюваних в захворюванні тварин, що доставляються на санітарну бійню, карантинне відділення або ізолятор. Не допускається перетин потоків при вивозі продукції або знешкодженого м'яса з санітарної бійні з потоком вивозу сміття, гною і прогоном худоби.

Для прийому тварин, що доставляються автотранспортом, обладнують платформи. Місткість окремих загород для попереднього ветеринарного огляду і термометрії тварин повинна відповідати місткості однієї автомашини. Тварин, що доставляють залізничним транспортом, вивантажують на платформу і направляють в загороди. Місткість окремих загород відповідає місткості одного вагону. Майдан однієї загороди має бути не менше 50 м². Місткість кошар для тварин, доставлених гоном, дорівнює кількості голів однієї партії. Залежно від кліматичних умов, худобу на базі містять у відкритих загородах з навісами і в приміщеннях.

Приміщення і загороди для утримання худоби щодня очищують, гній видаляють. Його укладають на асфальтованій ділянці, розрахованій на тридобове накопичення. Біотермічну обробку гною і віджатої каниги виконують поза територією підприємства на спеціально відведеному бетонованому майданчику. Для цього канигу перед обробкою змішують з гноєм. Гній знешкоджують протягом 30 днів.

Всі стічні води перед спуском у відкриті водоймища піддають механічному і біохімічному очищенню і дезінфекції. Стічні води, отримані з карантинного відділення, ізолятора і санітарної бійні, та води від промивання території необхідно пропускати через гнойоуловлювачі і знезаражувати у відстійнику-дезінфекторі протягом 2 годин; доза хлору має бути не менше 100 г/м³. Після знезараження відбувається скидання вод в міську каналізацію.

Цех забою худоби і оброблення туш. Умови гігієни в цехах забою худоби і оброблення туш, види машин і устаткування і інші чинники впливають на санітарний стан м'яса, що виробляється, і інших продуктів забою.

Стіни приміщень цеху мають бути фанеровані плиткою до стелі або на висоту підвісних шляхів. На ділянках знекровлення тварин, зачистки туш, збору обрізі під підвісними шляхами встановлюють жолоби для збору продуктів забою.

Транспортні засоби (візки) і пристрої (спуски, передувні баки та ін.) мають бути доступні для очищення, промивання і дезінфекції. Транспортні засоби, призначені для ветеринарних конфіскацій і технічної сировини, забарвлюють у відмітні кольори і забезпечують написами про їх призначення.

Витрата води для миття підлоги та панелей в цеху складає 9 л/м². Для видалення стічних вод передбачають трапи діаметром 100 мм з розрахунку один трап на 150 м² майдану. Вода стікає до трапів по відкритих лотках шириною 15-20 см з ухилом не менше 0,005.

Найменша освітленість в цеху забою худоби і оброблення туш в системі загального освітлення при газорозрядних лампах складає 200 лк, в системі ком-

бінованого освітлення – 300 лк, при лампах розжарювання – відповідно 150 і 300 лк. У місцях проведення ветеринарно-санітарної експертизи і трихінелоскопічної лабораторії норма освітленості вища.

Система вентиляції в приміщенні повинна забезпечувати відносну вологість не більше 75% і температуру 17-22°C.

Оскільки найбільший вміст мікроорганізмів в повітрі цехи забою худоби і оброблення туш наголошується на ділянках оглушення, знекровлення і зйомки туш, ці приміщення ізолюють від решти ділянок цеху.

Для гігієни виробництва м'яса важливе значення має правильна організація робочих місць, забезпечення їх відповідними санітарно-технічними пристроями для обробки рук тих, що працюють, і інструментів.

По ходу технологічного процесу необхідно підводити гарячу і холодну воду безпосередньо до кожного робочого місця. Систематична обробка рук і інструментів водою після виконання окремої операції на кожній туші сприяє підвищенню санітарного стану продукції. Для ефективної санітарної обробки інструментів на кожному робочому місці необхідно встановлювати спеціальні малогабаритні пристрої, в яких обробляють інструменти гарячою водою (90°C) протягом 30 хвилин. Ножі слід замінювати через кожних 30 хвилин роботи. У тих випадках, коли інструменти були у контакті з патологічним матеріалом, їх стерилізують в спеціальних пристроях при температурі вище 100°C. Всі ділянки ветеринарно-санітарної експертизи обладнали комбінованим умивальником із стерилізатором інструментів і бачком з дезінфікувальним розчином.

4. Мікрофлора м'яса і м'ясопродуктів при холодильному зберіганні, засолі й сушці в умовах вакууму

М'ясо і м'ясопродукти є хорошою живильною середою для розвитку мікроорганізмів. Тому з метою збереження якості м'яса і м'ясопродуктів їх піддають засолу, холодильному зберіганню і іншим видам консервації.

а) зміна мікрофлори м'яса при холодильному зберіганні

В процесі холодильного зберігання залежно від температурних режимів зберігання охолодженого і мороженого м'яса відбуваються неоднакові зміни кількісного і групового складу мікрофлори, розмноження якої може зумовити псування продукту.

Мікрофлора охолодженого м'яса. Мікрофлора м'яса, що поступає на зберігання в камери охолодження, різноманітна за складом і зазвичай представлена мезофілами, термофілами і психрофілами, – тобто мікроорганізмами, що мають неоднакові температурні межі зростання.

До кінця охолодження в глибоких шарах м'яса температура повинна досягати 0-4°C. Отже, на охолодженому м'ясі в процесі зберігання можуть розвиватися тільки ті мікроорганізми, які мають найбільш низькі температурні межі зростання і розмноження, тобто психрофільні.

Термофільні і більшість мезофільних мікроорганізмів, які не розвиваються при температурах, близьких до 0°C, після охолодження м'яса повністю припиняють свою життєдіяльність, переходячи в анабіоз. В процесі подальшого

зберігання продукту ці мікроорганізми поступово відмирають і, отже, їх кількість зменшується. Але деякі патогенні і токсигенні бактерії з групи мезофілів (сальмонели, токсигенні стафілококи та ін.) тривалий час зберігають життєздатність при низьких температурах і не відмирають при зберіганні охолодженого м'яса.

Чим нижче ступінь осіменіння м'яса, тим більше тривалою буде затримка зростання мікроорганізмів, що знаходяться на ній. При дотриманні встановленого вологотемпературного режиму (відносна вологість 85-90 %, температура повітря від -1 до +1 °С) на охолодженому м'ясі, отриманому в результаті забою здорових, відпочилих тварин з дотриманням всіх основних санітарних правил і що має зазвичай незначне мікробне обсіменіння, розмноження мікроорганізмів затримується на 3-5 днів і більш. При високому ступені забруднення м'яса мікроорганізмами фаза затримки зростання мікроорганізмів скорочується до однієї доби, а інколи складає всього декілька годин.

На охолодженому м'ясі в умовах аеробного зберігання розмножуються неспоротворні грамнегативні бактерії роду псевдомонас і ахромобактер, а також цвілеві гриби і дріжджі аеробів, переважно родів родоторула (*Rhodotorula*) і торулопсис. Активність розвитку тієї або іншої групи цих психрофільних мікроорганізмів залежить від вологотемпературного режиму зберігання м'яса.

В умовах, несприятливих для розвитку психрофільних бактерій (знижена вологість і нижча температура зберігання) аеробів, спостерігається активне зростання цвілевих грибів і дріжджів аеробів, які мають нижчі температурні межі зростання і менш вимогливі до вологості.

Якщо при зберіганні охолодженого м'яса в процесі холодильної обробки застосовують додаткові засоби (часткову заміну повітря діоксидом вуглецю, повну заміну повітря азотом, вакуумну упаковку), то створюються умови, несприятливі для розвитку мікроорганізмів-аеробів. У таких умовах зберігання активно розмножуються психрофільні мікроаерофільні і факультативно-анаеробні лактобацили і мікробактерії, а також факультативно-анаеробні грамнегативні бактерії роду аеромонас (*Aeromonas*), здатні розвиватися в анаеробних умовах.

При активному розмноженні мікроорганізмів у результаті їх життєдіяльності в кінці стаціонарної фази може настати псування охолодженого м'яса.

Мікрофлора мороженого м'яса. Під час заморожування м'яса відмирає значна кількість мікроорганізмів, що містяться в охолодженому м'ясі. Окрім низької температури на мікроорганізми згубно діють висока концентрація розчинених в продукті речовин і знижена вологість, вимерзання води, що створюються в результаті, зміна білків, що містяться в клітинах, і механічна дія льоду, що утворюється поза клітиною, а при швидкому заморожуванні – і усередині клітини.

Мікроорганізми відмирають як в процесі заморожування м'яса, так і в процесі його подальшого зберігання в замороженому стані. Відмирання мікроорганізмів під час заморожування знаходиться в прямій залежності від швидкості і ступеня пониження температури. Чим нижче температура (-18...-20 °С) і

вище швидкість заморожування, тим більше гине мікроорганізмів. При повільному неглибокому заморожуванні до температури не нижче $-10\text{...}-12^{\circ}\text{C}$ мікроорганізмів відмирає значно менше.

Серед неспортивних бактерій ентерококи (фекальні стрептококи) і стафілококи стійкіші до заморожування, ніж, наприклад, такі, як паличка протей і кишкова паличка. Найбільш стійкі до дії низьких температур – цвілеві гриби і дріжджі. Більшість цвілевих грибів і дріжджів на мороженому м'ясі при -18°C не гинуть протягом 3 років. При $-15\text{...}-20^{\circ}\text{C}$ токсигенні стафілококи зберігають життєздатність на мороженому м'ясі до 30 днів, а сальмонелли – до 6 місяців і більш. При -20°C вміст кишкової палички зменшується тільки через 6 міс., а ентерококів залишається практично постійним протягом 9 міс. зберігання морожених продуктів. При зберіганні м'яса нижче -10°C психрофіли, як і мезофільні мікроорганізми, не розмножуються, а частково відмирають. Відповідно до цього по технологічній інструкції морожене м'ясо рекомендується зберігати при -12°C і нижче, що дозволяє зберігати його практично необмежений час без ознак псування.

При температурах, близьких до -10°C ($-5\text{...}-10^{\circ}\text{C}$), розмножується цвіль гроноподібна і тамнідіум; при температурах біля -5°C і вище – цвіль гроноподібна і головчаста. Деякі дріжджі також зростають на м'ясі при температурі біля -5°C . При -3°C і вище на мороженому м'ясі інколи розмножуються окремі види бактерій. Розвиваючись на мороженому продукті при температурах вище -10°C , мікроорганізми можуть зумовити під час тривалого зберігання його псування.

Мікроорганізми, що вижили в процесі зберігання мороженого м'яса, при його відтаванні починають розмножуватися, оскільки відбуваються виділення м'язового соку і зволоження поверхні, тобто створюються сприятливі умови. Якщо розморожування проводять при підвищеній температурі ($20\text{--}25^{\circ}\text{C}$), то на той час, коли відтануть глибинні ділянки м'язової тканини, на поверхні туші відбувається інтенсивне розмноження мікробів. При повільному розморожуванні (низькій плюсовій температурі $1\text{--}8^{\circ}\text{C}$) мікроорганізми розмножуються на поверхні м'ясних туш менш активно.

б) зміна мікрофлори м'яса і м'ясопродуктів при засолі.

Засол – це спосіб консервації і технологічна операція в ковбасному виробництві, в результаті якої м'ясопродукти набувають характерних запах, смак і забарвлення.

При засолі під впливом високої концентрації хлориду натрію, зниженої температури і антагоністичних взаємин мікроорганізмів різних видів різко змінюється кількісний і груповий склад мікрофлори м'яса. Найбільш істотні зміни обумовлені дією хлориду натрію.

У м'ясі і розсолі можуть міститися мікроорганізми, що мають різну чутливість до хлориду натрію:

- несолелюбні (негалофільні), які розмножуються тільки при 1-2% і повністю припиняють свій розвиток при 6-10% солі. До цієї групи відносять багато неспортивних грамнегативних гнильних бактерій, багато патогенних і токсигенних мікроорганізмів;

- солестійкі (солетолерантні) добре розмножуються при невеликих концентраціях (1-2%), дають слабе зростання в середовищі, що містить до 6-8% хлориду натрію, і тривалий час зберігають життєздатність при високих його концентраціях. До них відносять багато гнильних бацил аеробів, анаеробні клостридії, коки, деякі, молочнокислі і патогенні бактерії;
- солелюбні (галофіли) бувають двох типів: облігатні і факультативні. Облігатні розмножуються тільки при високих концентраціях солі (від 12% і вище) і зовсім не зростають на середовищі з низьким вмістом хлориду натрію. Факультативні зростають досить добре як при високих концентраціях, так і у присутності 1-2% солі. Галофілами є багато з цвілевих грибів, деякі дріжджі, багато пігментних мікрококів, деякі пігментні паличкоподібні бактерії та ін.

Оскільки значна частина мікроорганізмів, що містяться в розсолі, здатна розмножуватися при високих концентраціях хлориду натрію, засол слід проводити при зниженій температурі (не вище 3-5°C). В цьому випадку забезпечується придушення життєдіяльності мікроорганізмів.

Хлорид натрію характеризується в основному бактеріостатичною, а не бактерицидною дією. Тому багато мікроорганізмів, не здатних розмножуватися при високих концентраціях хлориду натрію, зберігають свою життєздатність в умовах засолу тривалий час. Можуть виживати деякі патогенні бактерії, що потрапляють в розсіл при засолі м'яса хворих тварин. Наприклад, листерії виживають в 24%-них розсолах більше року, збудник бешихи свиней і сальмонели – кілька місяців. Бруцели зберігають свою життєздатність при засолі до двох місяців. Отже, засол не є надійним способом знешкодження м'яса, отриманого від хворих тварин. Для засолу необхідно використовувати тільки м'ясо від здорових, відпочилих перед забоєм тварин, благополучне в санітарному відношенні.

У розсолах і солонині виявляють різні галофільні і солестійкі мікрококи, солестійкі штами бактерій з родів псевдомонас і ахромобактер, солестійкі молочнокислі бактерії, кишкову паличку, ентерококи і грампозитивні бацили аеробів. Всі ці мікроорганізми складають основну мікрофлору розсолів і солоних м'ясопродуктів. Крім того, в розсолах інколи виявляють представників родів лейконосток (*Leuconostoc*), вібрію (*Vibrio*), спіріллум (*Spirillum*) і протеус; анаеробні клостридії, дріжджі і цвілеві гриби. У доброякісних розсолах і солонині зазвичай переважають мікрококи, молочнокислі бактерії і деякі види неспортовірних грамнегативних паличок.

Велику кількість лактобацил і мікрококів – активних антагоністів гнильних мікробів – виявляють в старих виробничих розсолах хорошої якості. Стійкість таких розсолів в значній мірі обумовлена активним розмноженням цих мікроорганізмів і наявністю певної біологічної рівноваги в біоценозі розсолу. Пригнічуючи розвиток гнильних бактерій, мікроби-антагоністи обережуть продукти від псування в процесі засолу. Таким чином, мікробний антагонізм поряд з дією кухонної солі, зниженою температурою – також є одним з важливих консервувальних чинників, що діють на мікроорганізми при засолі м'яса і забезпечують зміну мікробіологічних процесів.

При псуванні розсолу змінюються запах (замість ароматного і чистого –

затхлий, гнильний або кислуватий і т. д.) і смак (згірклий, кислий). У недоброякісному розсолі відбувається сильне помутніння і випадають пластівці, утворюються стійка піна і поверхнева плівка, змінюється колір (від брунатного до червоно-бурого або зеленуватого при закисанні). У недоброякісної солонини змінюється колір від рожевого або темно-червоного до сіро-зеленого або брунатного, консистенція продукту в'яла і рихла, запах неприємний, гнильний, м'який сік каламутний. Жир у такої солонини маститься, із згірклим запахом, темно-жовтого або брудно-сірого кольору.

Збудниками псування розсолів і м'ясопродуктів найчастіше є бактерії родів ахромобактер, спіріллум, вібріо, інколи – лактобацили, мікрококи, бактерії роду лейконосток, ентерококи і цвіль. Окрім цих мікроорганізмів в початковій стадії псування розсолів в них виявляють в невеликих кількостях бактерії групи кишкових паличок, роду протеус, стрептококи, анаеробні клостридії і бацили аеробів, які, хоча і не здатні активно розмножуватися при засолі унаслідок підвищеної чутливості до високих концентрацій солі, проте також можуть брати участь в процесі псування розсолів.

Розсоли, вживані для засолу м'ясопродуктів, не повинні містити сальмонелл і інших патогенних мікроорганізмів, оскільки багато патогенних бактерій, у тому числі сальмонелли, володіють значною стійкістю до хлориду натрію. У шприцевальних розсолах мають бути відсутніми анаеробні клостридії і бацили аеробів. Наявність ентерококів допускається тільки в дуже незначних кількостях (більш ніж в 50 мл), оскільки вони можуть зумовляти закисання розсолів і м'ясопродуктів. У заливальних розсолах після прогрівання при 100°C протягом 5 хвилин ентерококи не повинні міститися в 500 мл, а спори анаеробних клостридій і бацил аеробів – в 50 мл розсолу.

Солоні м'ясопродукти з незначними ознаками псування після зачистки направляють на негайну промислову переробку, а при значному ураженні – на технічну утилізацію.

в) зміна мікрофлори м'яса і м'ясопродуктів при сушці в умовах вакууму

Сушка в умовах вакууму є одним з методів консервації харчових продуктів. При герметичній упаковці висушені продукти можна зберігати протягом декількох років в нерегульованих температурних умовах. Розроблено два способи обезводнення (сушки) харчових продуктів в умовах вакууму: сушка сублімаційна і сушка в рідкому теплопровідному середовищі. У промисловості широко використовують сублімаційну сушку.

При сублімаційній сушці м'ясо і м'ясопродукти в умовах вакууму піддаються попередньому швидкому заморожуванню до температури -30°C. Після заморожування їх сушать – видаляють вологу з продукту при низькій температурі (не вище -15...-20°C) в умовах вакууму. Вода, що знаходиться в продукті при низькій температурі у вигляді льоду, переходить з твердого агрегатного стану в пароподібний, минувши рідку фазу. При цьому видаляється 75-90% води (вся вільна вода і частка зв'язаної). Частину найбільш міцно зв'язаної води, що залишилася, видаляють під час досушування при позитивних температурах продукту (40-80°C). Оскільки в процесі сушки в умовах вакууму поєднуються

заморожування і висушування, на мікроорганізми, що знаходяться в консервованому продукті, несприятливо впливають багато чинників: низька температура заморожування, висока концентрація солей, що створюється при замерзанні води, механічна дія кристалів льоду, що утворюються, обезводнення продукту і частково підвищена температура в період досушування. Вплив усіх цих чинників може виявитися згубним для деяких мікроорганізмів. Тому сушка в умовах вакууму приводить до значного зменшення мікробного осіменіння консервованих м'ясопродуктів. Після попереднього заморожування кількість життєздатних мікробних клітин знижується приблизно в 2-6 разів. В процесі сушки відбувається подальше відмирання частки мікроорганізмів, і після висушування КУО (КУО – кількість одиниць, що утворилися: мікробне число, тобто спільна кількість аеробних і факультативно-анаеробних бактерій в 1 г) зменшується в 10-20 разів порівняно з мікробним осіменінням початкового охолодженого продукту до консервації. Але не дивлячись на те, що значна частка мікроорганізмів гине в процесі заморожування і подальшого висушування, загальне мікробне осіменіння (мікробне число) висушених м'ясопродуктів інколи залишається досить високим і складає в середньому 10³-10⁶ мікробних клітин в 1 г.

Основну масу решткової мікрофлори (мікроорганізмів, що вижили в процесі сушки) м'ясопродуктів сублімаційної сушки складають найбільш стійкі до сублімації споротвірні бактерії – анаеробні клостридії (до 40% решткової мікрофлори) і бацили аеробів (20-22% решткової мікрофлори). Окрім цих мікроорганізмів в м'ясопродуктах, зневоднених в умовах вакууму, постійно присутні мікрококи, стафілококи, молочнокислі бактерії, дріжджі. В окремих випадках виявляють наявність в невеликих кількостях (десятки, сотні мікробних клітин в 1 г) кишкових паличок роду ешеріхія, бактерій роду протеус, сальмонелл і інших бактерій.

При подальшому зберіганні герметично упакованих м'ясопродуктів сублімаційної сушки спостерігається подальше відмирання частки мікробів із решткової мікрофлори. Найінтенсивніше воно відбувається в перші 4-6 місяці зберігання, а потім швидкість відмирання мікробів різко знижується. При неправильному зберіганні продуктів сублімаційної сушки в умовах підвищеної вологості повітря в них відбувається інтенсивне розмноження мікробних клітин, що зберегли життєздатність, і кількість мікроорганізмів через 24 години збільшується в 10 разів і більше.

2) види псування м'яса

При порушенні режимів і термінів холодильного зберігання м'яса в результаті розмноження мікроорганізмів може змінюватися його якість, що приводить до псування продукту. Розрізняють кілька видів псування охолодженого, мороженого і розмороженого м'яса: ослизнення, гниття, кисле (кислотне) бродіння, пігментація (поява пігментних плям), свічення і пліснявіння.

Ослизнення. Воно зазвичай спостерігається в початковий період зберігання охолодженого м'яса. На поверхні м'ясних туш з'являється суцільний слизистий наліт, що складається з різних бактерій, дріжджів, інколи і інших мікроорганізмів. Основні збудники ослизнення – аероби психрофільні грамнегативні

бактерії, найчастіше – з роду псевдомонас.

Окрім цих мікроорганізмів на поверхні м'яса розмножуються і беруть участь в утворенні ослизнення дріжджів аеробів. В разі зберігання м'яса при температурі -5°C розмножуються мікрококи, стрептококи, актиноміцети, деякі гнильні бактерії і інші мезофільні мікроорганізми, що мають найбільш низьку мінімальну температуру зростання. В разі зберігання м'яса в анаеробних умовах ослизнення можуть викликати психрофільні лактобацили, мікробактерії роду аеромонас.

При ослизненні м'ясо зачищають, видаляючи змінені ділянки, і за відсутності відхилень за показниками свіжості негайно використовують на промислову переробку. В разі зміни свіжості м'ясо досліджують в лабораторії і використовують залежно від отриманих результатів.

Гниття. При зберіганні м'яса з ознаками ослизнення відбувається подальше його псування – гниття. При температурі зберігання біля 0°C гниття в основному обумовлюється життєдіяльністю психрофільних бактерій, частіше за усіх – роду псевдомонас. При підвищених температурах зберігання гниття м'яса викликають мезофільні гнильні мікроорганізми: неспортовірні бактерії – паличка звичайного протея (*Proteus vulgaris*) і дивна паличка (*Serratia marcescens*), сінна паличка (*Bac. subtilis*), картопляна паличка (*Bac. mesentericus*), грибоподібна паличка (*Bac. mycoides*) і інші бацили аеробів; анаеробні клостридії – паличка спорогенес (*Cl. sporogenes*), паличка путріфікус (*Cl. putrificus*) і паличка перфрінгенс (*Cl. perfringens*).

Гниття може відбуватися як в умовах аеробних, так і в анаеробних. В процесі гниття під впливом протеолітичних ферментів гнильних бактерій здійснюється поступовий розпад білків м'яса з утворенням неорганічних кінцевих продуктів – аміаку, сірководню, діоксиду вуглецю, води і гіпофосфатів (при аеробному процесі) – або, крім того, з накопиченням великої кількості органічних речовин, що утворюються в результаті неповного окислення продуктів дезамінування амінокислот – індолу, скатолу, масляної та інших органічних кислот, спиртів, амінів (при анаеробному процесі). Багато хто з продуктів розпаду білків (індол, скатол, сірководень, аміак, масляна кислота) додає м'ясу неприємний, гнильний запах. При цьому поверхня м'яса набуває сірого або сірувато-зеленого забарвлення, розм'якшується. Знижується пружність м'язової тканини, змінюється запах м'яса. Надалі гнильні бактерії проникають в товщу м'яса і викликають розпад м'язової тканини. Реакція м'яса поступово переходить із слабкої кислоти в лужну унаслідок утворення аміаку і інших сполук.

Анаеробне гниття м'яса починається в глибині м'язової тканини. Воно викликається анаеробними і факультативно-анаеробними бактеріями, найчастіше проникаючими в м'ясо з кишкового тракту ендогенним шляхом. При анаеробному гнитті спостерігаються такі ж зміни кольору, консистенції і інших органолептичних показників м'яса, як при процесі аероба гнильного розпаду, які супроводжуються ще більш неприємним, смердючим запахом, оскільки при цьому утворюється значно більша кількість речовин, які тхнуть. У звичайних умовах при гнитті м'яса найчастіше одночасно відбуваються як анаеробні, так і аероби процеси.

М'ясо з ознаками гниття непридатне для харчових цілей і підлягає технічній утилізації, оскільки містить багато отруйних речовин.

Кисле бродіння. Інколи м'ясо піддається кислому бродінню, яке супроводжується появою неприємного, кислого запаху або зеленувато-сірого забарвлення на розрізі і розм'якшенням м'язової тканини. Збудниками цього виду псування є психрофільні лактобацили, мікробактерії і дріжджі, які здатні розвиватися в глибині м'язової тканини, де створюється низька концентрація кисню. Ці мікроорганізми, розмножуючись в продукті, ферментують вуглеводи м'язової тканини з виділенням органічних кислот.

До процесу кислого бродіння може приєднатися процес гниття, тому м'ясо з названими ознаками можна використовувати на підставі результатів лабораторного дослідження.

Пігментація. На поверхні м'яса унаслідок розмноження і утворення колоній мікроорганізмів, що створюють пігменти, з'являються забарвлені плями. Збудники пігментації – флуоресціююча паличка (*B. fluorescens*), синегнійна паличка (*B. ruosyuanea*), дивна паличка (*Serratia marcescens*) і інші аеробні бактерії, різні сарцини, пігментні дріжджі, частіше за всіх – з роду *Torula*.

За відсутності відхилень в показниках свіжості м'ясо після видалення пігментних плям направляють на негайну промислову переробку.

Свічення. Цей вид псування виникає в результаті розмноження на поверхні м'ясної туші фотогенних (що світяться) бактерій, які володіють здатністю свічення – фосфоресценцією. Свічення обумовлене наявністю в клітинах бактерій фотогенної речовини (люциферина), яка окислюється киснем за участю ферменту люциферази, що світяться. Фотогенні бактерії є облигатними аеробами і володіють психрофільністю. До групи фотобактерій відносять різні неспоротвірні грамнегативні і грампозитивні палички, коки і вібріони. Типовий представник фотогенних бактерій – фотобактеріум фосфореум (*Photobact. phosphoreum*) – рухлива кокоподібна паличка. Більшість бактерій, що світяться, містяться в морській воді і на тілі мешканців моря, у тому числі – на рибі. Тому ці мікроорганізми часто потрапляють на м'ясо при його зберіганні разом з рибою. Фотогенні бактерії добре розмножуються на рибі і м'ясі, але не викликають змін їх запаху, консистенції і інших органолептичних показників.

Після зачистки уражених ділянок м'ясо з ознаками свічення направляють на негайну промислову переробку.

Пліснявіння. При дотриманні встановленого вологотемпературного режиму зберігання пліснявіння охолодженого м'яса спостерігається рідко, оскільки розвиток збудників цього виду псування – цвілевих грибів – зазвичай пригнічується активно зростаючими психрофільними бактеріями аеробів. Воно відбувається тільки у випадках зберігання охолодженого м'яса при нижчій температурі і в умовах зниженої вологості, оскільки цвілеві гриби менш вимогливі до вологості і мають нижчі температурні межі зростання, ніж бактерії аеробів.

Збудниками пліснявіння мороженого м'яса найчастіше є цвіль родів тамнідіум (*Thamnidium*), ризопус (*Rhizopus*) і кладоспоріум (*Cladosporium*), які мають найбільш низьку мінімальну температуру зростання і активно розмножу-

ються в умовах холодильного зберіганнями $-5...-10^{\circ}\text{C}$, – коли зростання інших цвілевих грибів припиняється або сильно затримується. Цвіль – мікроорганізми аеробів, – і розвиваються, як правило, на поверхні м'ясної туші, найактивніше на ділянках, де інтенсивніше рух повітря. На розвиток цих мікроорганізмів впливає підвищена вологість, тому часто їх зростання спостерігається на більш зволжених ділянках (пахові складки, внутрішні поверхні ребер та ін.). Розвиваючись на м'ясі, цвілі зумовлюють зменшення кількості азотистих речовин, підвищення лужності, розпад білків і жиру. М'ясо набуває затхлий запах.

При пліснявинні з ураженням тільки поверхневих шарів після зачистки м'ясо можна використовувати для промислової переробки. При ураженні глибоких шарів і зміні органолептичних показників м'ясо направляють на технічну утилізацію.

Лекція 6. Мікробіологія ковбасних виробів і м'ясних консервів: основні групи мікроорганізмів

1. Осіменіння ковбасного фаршу мікроорганізмами.
2. Вплив решткової мікрофлори на якість ковбасних виробів при зберіганні.
3. Санітарно-гігієнічні вимоги при виробництві ковбасних виробів.
4. Джерела мікрофлори консервованих продуктів.
5. Вплив решткової мікрофлори на якість консервів.
6. Санітарно-гігієнічні вимоги до виробництва консервів.

В процесі приготування ковбасних виробів ковбасний фарш осіменяється мікроорганізмами, що потрапляють в нього з різних джерел. Ступінь початкового мікробного осіменіння ковбасного фаршу залежить від санітарно-гігієнічних умов виробництва і дотримання технологічних режимів.

Через відмінності технологічних процесів вироблення варених і копчених ковбасних виробів, склад мікрофлори цих продуктів змінюється неоднаково. При порушенні термінів і режимів зберігання готових ковбасних виробів в результаті мікробіологічних процесів, що протікають в них, може погіршуватися їх якість.

1. Осіменіння ковбасного фаршу мікроорганізмами

У ковбасний фарш мікроорганізми можуть потрапляти на всіх основних етапах технологічного процесу його приготування: з сировини, при підготовці м'яса (розрубку туш, обвалці, жиловці), засолі, складанні ковбасного фаршу, наповненні ковбасної оболонки фаршем.

Сировина. До сировини в ковбасному виробництві пред'являють високі санітарні вимоги, оскільки воно є одним з джерел мікробного осіменіння. М'ясо і субпродукти мають різний ступінь осіменіння мікроорганізмами залежно від передзабійного стану тварин, від яких вони отримані. Для вироблення ковбасних виробів застосовують сировину, отриману від здорових, угодованих тварин.

У несвіжій і ослизлій, а також із забрудненою поверхнею (кров, вміст шлунково-кишкового тракту та ін.) сировині мікроорганізми містяться у великій кількості. У виробництво таку сировину допускають тільки після попередньої ретельної санітарної обробки (зачистки, промивання тощо).

Підготовка м'яса. Кількість мікроорганізмів в м'ясі різко збільшується при розрубі туш, обвалці, жиловці, – оскільки ці операції виконують уручну. Наприклад, тільки після розрубу і обвалки осіменіння м'яса мікроорганізмами інколи зростає в 100 разів і більш. В процесі розрубу, обвалки і жиловки м'язова тканина оголюється і подрібнюється, унаслідок чого збільшується площа її зіткнення із зовнішнім середовищем, і стає неминучим попадання в м'ясо різних гнильних неспортивних і спорових бактерій, ентерококів, актиноміцетів, цвілевих грибів, дріжджів, кишковою, палички, бактерій роду протеус, стафілококів і інших сапрофітних і умовно-патогенних мікроорганізмів, а інколи – і патогенних бактерій (сальмонелл та ін.).

Мікроорганізми потрапляють в м'ясо з рук робітників, із спецодягу, інструментів, обваловувальних столів, інвентарю, тари, з повітря виробничих приміщень та ін. Відбувається також перерозподіл мікроорганізмів, що є на поверхні туші, на оголюванні при розрізі нової (внутрішньої) ділянки м'язової тканини. Ступінь осіменіння м'яса залежить від розмірів шматків, на які розділяють туш: чим більше відношення поверхні до об'єму шматка (тобто менше його величина), тим більше ступінь осіменіння мікроорганізмами.

З метою максимального зниження ступеня мікробного осіменіння сировини необхідно, щоб процес підготовки був короткочасним (не більше кількох годин) і проводився при зниженій температурі виробничих приміщень. Крім того, слід строго дотримувати санітарно-гігієнічний режим виробництва (ретельна санітарна обробка приміщень, обваловувальних столів, інструментів, тари, спецодягу, дотримання правил особистої гігієни робітниками тощо).

2. Вплив решткової мікрофлори на якість ковбасних виробів при зберіганні

Стійкість ковбасних виробів при зберіганні неоднакова, що зумовлене багатьма чинниками: ступенем обезводнення, вмістом хлориду натрію, рН, просоченням коптільних речовин, хімічним складом фаршу, кількістю і складом решткової мікрофлори.

Найбільш стійкі при зберіганні сирокопчені і сиров'ялені ковбаси, оскільки вони містять найменшу кількість вологи, мають щільнішу консистенцію і найбільшу концентрацію солі, у складі мікрофлори майже відсутні гнильні бактерії. Крім того, всі види копчених ковбас містять багато антисептичних речовин коптільного диму.

Варені ковбаси містять більше 50% вологи, слабо засолені, мають не дуже щільну консистенцію, лише в незначному ступені просочені коптільними речовинами (при обжарюванні), тому вони менш стійкі при зберіганні, ніж копчені (сирокопчені, сиров'ялені та ін.). З варених ковбас найменш стійкі субпродуктові ковбаси, які не піддаються обжарюванню, мають найбільш рихлу консистен-

цію і вищий, ніж м'ясні, рН (6,7-6,9 замість 6,2-6,4 для м'ясних). Розрізняють кілька видів псування ковбас: гниття, згірклість, кисле бродіння, пліснявіння.

Гниття. Гниття ковбас обумовлене життєдіяльністю неспортовірних і спортовірних гнильних бактерій. На відміну від гниття м'яса, гнильне розкладання ковбас настає одночасно по всій товщі батона. Воно супроводжується, як і при гнитті м'яса, виділенням продуктів розкладання білків, жирів і вуглеводів, що тхнуть. Під впливом газоподібних продуктів життєдіяльності гнильних бактерій, що виділяються, ковбасний фарш набуває рихлої консистенції. У копчених ковбасах специфічний гнильний запах «маскується» запахом коптильних речовин, що ускладняє виявлення ознак псування продукту.

Ковбасні вироби з ознаками гнильного розкладання направляють на технічну утилізацію.

Згірклість. Цей вид псування найчастіше спостерігається при тривалому зберіганні копчених ковбас. Згірклість є результатом розмноження в продукті флуоресціюючих бактерій, дивної палички, молочної цвілі і інших мікроорганізмів, що володіють ліполітичними властивостями. Ліполітичні мікроорганізми розщеплюють жири на гліцерин і жирні кислоти, які окислюються, утворюючи альдегіди і кетон, що надають продукту згірклого смаку і їдкому запаху. Продукти з такими змінами не допускаються в реалізацію.

Кисле бродіння. Збудники кислого бродіння ковбас – ті ж самі мікроорганізми, які викликають аналогічний порок в м'ясі (паличка перфрінгенс (*Cl. perfringens*), кишкова паличка (*E. coli*), молочнокислі бактерії (*Lactobacterium*), дріжджі та ін.). Цей вид псування зазвичай характерний для варених м'ясних і ліверних ковбас, що містять компоненти, багаті вуглеводами (мука, рослинні домішки), і що мають високу вологість. У копчених ковбасах цей вид псування зустрічається рідко. В результаті накопичення органічних кислот, що утворюються при розкладанні мікроорганізмами вуглеводів, продукт набуває кислий запах і смак. Консистенція і колір фаршу не змінюються. Надалі при широкому доступі кисню може з'явитися сірувато-зелене забарвлення фаршу.

При виявленні цього виду псування продукцію направляють на технічну утилізацію.

Пліснявіння. Найбільш поширений вид псування сиров'ялених і сирокопчених ковбас при неправильному зберіганні цих продуктів в умовах підвищеної вологості. Володіючи здатністю добре розмножуватися при підвищеному осмотичному тиску і стійкістю до коптильних речовин, цвіль може розмножуватися на зволжених оболонках ковбасних батонів, внаслідок чого утворюються сухі або вологі нальоти. На початкових стадіях розвитку цвілі не впливають істотно на органолептичні показники продукту. При активному і тривалому розмноженні на поверхні батонів цвілеві гриби порушують цілісність ковбасної оболонки і псують глибокі шари батона, змінюючи консистенцію, колір і запах ковбаси.

Продукція з ознаками початкової стадії псування після обробки (очищення, промивання, додаткове копчення) підлягає швидкій реалізації. При зміні органолептичних показників ковбасні вироби направляють на технічну утилізацію.

3. Санітарно-гігієнічні вимоги при виробництві ковбасних виробів

Для виготовлення ковбасних виробів і напівфабрикатів допускається сировина, визнана такою, що придатна до використання на харчові цілі – відповідно до вимог правил огляду забійних тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса і м'ясних продуктів, що діють.

У виробництві ковбас і інших виробів з м'яса використовують яловичину, свинину, баранину в парному, захололому, охолодженому і замороженому стані, а також у вигляді заморожених м'ясних блоків.

Сировину, що поступає, контролюють за наступними показниками: зовнішній вигляд, колір, консистенція, запах з поверхні і на розрізі м'язової тканини (особливо на місці її з'єднання з кістками), стан кісткового мозку, суглобів, сухожиль. При підозрінні на свіжість сировини беруть пробу варива для визначення якості бульйону і направляють проби для лабораторних досліджень.

Велике значення має температура м'яса. Температура глибоких шарів охолодженого м'яса має бути 0-4°C, розмороженого, – не нижче 1°C. Сировина, що має підвищену температуру і без відхилень по органолептичних ознаках, має бути узята під особливий контроль, швидко направлена на переробку і розміщена в приміщеннях при температурі не вище 5°C.

В разі виявлення забруднень на поверхні сировини її зачищають (без використання води). При необхідності використовують і воду, обробляючи тільки ділянки забруднення.

При виявленні патологічних змін, характерних для інфекційних хвороб тварин (набряки, драглисті інфільтрати, жовтушність, недостатнє знекровлення, зміни в лімфатичних вузлах та ін.), відбирають проби сировини і направляють в лабораторію на дослідження. До отримання результатів досліджень підозрілу сировину зберігають в ізольованому приміщенні або на спеціально відведеній ділянці.

При ветеринарно-санітарному огляді субпродуктів звертають увагу на наявність в трахеї, бронхах і легенях вмісту шлунку або передшлунків, в печінці і вимені – абсцесів, в слизових оболонках – рештків слизистої оболонки, в шерстних субпродуктах – залишків щетини і шерсті.

Заморожене м'ясо перед використанням у виробництві розморожують. Після розморожування м'ясо швидко направляють на переробку (подрібнення, посол, дозрівання). Затримка приводить до швидкого накопичення мікроорганізмів в сировині з появою ознак псування.

Допоміжні харчові продукти і матеріали (білкові стабілізатори, посолочні інгредієнти, молоко і молочні продукти, прянощі, яйцепродукти, оболонки для ковбасних виробів та ін.) можуть бути джерелом забруднення м'яса і готової продукції.

Кожну партію допоміжних матеріалів контролюють у міру надходження на підприємства, в процесі їх зберігання і перед використанням у виробництві.

4. Джерела мікрофлори консервованих продуктів

Технологічний процес виробництва м'ясних і м'ясо-рослинних консервів складається з лави операцій: підготовки сировини до закладки в банки, закладки сировини і допоміжних матеріалів в банки і порціонування, видалення повітря з банок, загортання банок, перевірки герметичності, стерилізації, охолодження, зберігання.

Продукти, підготовлені до стерилізації, завжди містять мікроорганізми, які потрапляють в них з різних джерел. Решткова мікрофлора готових консервів в процесі зберігання може негативно впливати на якість продуктів і викликати їх псування.

Осіменіння консервованих продуктів мікроорганізмами відбувається за рахунок мікрофлори сировини, використовуваної для консервації, а також з різних джерел в процесі його підготовки для закладки в банки, при закладці в банки і порціонуванні.

Сировина і його підготовка. Основною сировиною для вироблення м'ясних баночних консервів служать м'ясо тварин і субпродукти, які завжди в тому або іншому ступені осіменені різними сапрофітними мікробами, у тому числі збудниками псування консервів (анаеробними клостридіями і термофільними бацилами), а інколи токсигенними й патогенними мікроорганізмами (паличкою перфрінгенс, токсигенними стафілококами, сальмонеллами та ін.).

При виготовленні м'ясо-рослинних консервів окрім м'ясної використовують також рослинну сировину (боби, квасоля, горох та ін.), яка може бути джерелом осіменіння продукту мікроорганізмами. Основну мікрофлору рослинної сировини складають ґрунтові споротвірні мікроорганізми – бацили аеробів, анаеробні клостридії, у тому числі інколи збудник ботулізму – паличка ботулінум.

М'ясна і рослинна сировина осіменена мікроорганізмами в основному з поверхні. Тому безпосередньо перед переробкою її необхідно піддати ретельній санітарній обробці (зачистці і миттю). При цьому вода, використовувана для миття сировини, повинна відповідати вимогам ГОСТу на питну воду і не містити спори анаеробних клостридій в 100 мл.

5. Вплив решткової мікрофлори на якість консервів

Мікроорганізми, які при тепловій обробці, тобто в процесі стерилізації консервів, зберегли свою життєздатність, прийнято називати рештковою мікрофлорою. Склад решткової мікрофлори стерилізованих консервів, як правило, буває представлений споротвірними мікроорганізмами, спори яких володіють значною стійкістю до дії високої температури. У деяких м'ясних пастеризованих консервах до складу решткової мікрофлори окрім споротвірних входять також кокові форми мікроорганізмів.

Із споротвірних мікроорганізмів значну частку решткової мікрофлори м'ясних і м'ясо-рослинних консервів зазвичай складають термофільні бацили: полімікса (*Bac. polymyxa*), астероспорус (*Bac. asterosporus*), стеаротермофілус (*Bac. stearothermophilus*), коагулянс (*Bac. coagulans*) та інші, а також мезофільні бацили аеробів: сінна паличка (*Bac. subtilis*), паличка цереус (*Bac. cereus*), кар-

топляна паличка (*Bac. mesentericus*) та інші, що мають дуже термостійкі спори.

Часто до складу решткової мікрофлори, особливо консервів, багатих білковими речовинами (у тому числі м'ясних і м'ясо-рослинних), входять мезофільні облигатні кластридії: паличка спорогенес (*Bac. sporogenes*), паличка путрифікус (*Bac. putrificus*), паличка перфрінгенс (*Cl. perfringens*), маслянокислі бактерії. Спори цих мікроорганізмів можуть зберігати життєздатність навіть після тривалого нагрівання продукту при 115-120°C. Рідше в консервах виявляють токсигенного облигатного анаероба – паличку ботулінум (*Cl. botulinum*). Спори палички ботулінум має дещо меншу термостійкість, ніж спори інших анаеробних кластридій. Загибель цього мікроорганізму приймається за мінімальну стандартну норму при розробці режимів стерилізації низькокислотних і середньокислотних консервів, у тому числі різних м'ясних і м'ясо-рослинних.

Неспоротвірні мікроорганізми унаслідок своєї невисокої термостійкості зазвичай повністю гинуть при стерилізації. Наявність в готових консервах життєздатних клітин неспортовірних бактерій завжди указує на порушення температурного режиму і зміну тривалості стерилізації або на високе початкове мікробне осіменіння консервованого продукту. У таких випадках окрім споротвірних мікробів в консервах виявляють стафілококів, бактерій групи кишкових паличок, бактерій роду протеус і інших бактерій.

Промислово-стерильними вважають консерви, що містять лише життєздатні клітини негазотвірних непатогенних і нетоксигенних бацил аеробів типу сінної палички. У промислово-стерильних консервах не повинно міститися патогенних і токсигенних мікроорганізмів, а також збудників псування консервів: термофільних бацил і кластридій, газотвірних мезофільних бацил і кластридій. Допустима кількість кліток мікроорганізмів в 1 г консервованого продукту, що не порушує його мікробіологічної стабільності в процесі зберігання і не представляє небезпеки для здоров'я людини, складає 1 : 10¹⁻¹ : 10³.

Для виявлення решткової мікрофлори, здатної розвиватися, після стерилізації консерви піддають непрямому мікробіологічному контролю – 5-10%-ной витримці термостата при 37°C протягом 10 діб. Спори мікроорганізмів, що за цей час зберегли життєздатність, можуть прорости. Потім вегетативні форми їх розмножуватимуться і викличуть псування продукту, визначуване зовнішнім оглядом (бомбаж або текти на банках, що лопнули). Проте витримка термостата – недостатній критерій для висновку про промислову стерильність консервів. При тривалому зберіганні консервів, підданих термостатуванню, інколи знов виявляються бомбажні банки. Це пояснюється, по-перше, тим, що температура витримки (37°C) термостата немає оптимальної для всіх мікроорганізмів решткової мікрофлори консервів, серед яких багато термофілів, що активно проявляють свою життєдіяльність при вищих температурах. По-друге, спори мікроорганізмів, ослаблені стерилізацією, часто не встигають прорости протягом 10 днів і проявляють свою життєдіяльність значно пізніше. Наприклад, спори сінної палички і картопляної палички інколи проростають при 37°C тільки після 20-27-денної витримки, палички ботулінум і палички спорогенес – нерідко після 56-58 днів, а спори маслянокислих бактерій в деяких випадках – через 75-

91 день. Крім того, витримка термостата не дозволяє виявити в консервах життєздатні мікроорганізми, розмноження яких не супроводиться утворенням газів і не приводить до бомбажу банок (збудники плоскокислого псування, токсигенні стафілококи і інші патогенні бактерії).

Поряд з витримкою термостата для встановлення видового складу решткової мікрофлори проводять вибірковий мікробіологічний контроль консервів.

Оскільки доброякісність консервів значно залежить від ступеня осіменіння консервів перед стерилізацією мікроорганізмами, в даний час основним методом мікробіологічного контролю якості продукції на консервних заводах є мікробіологічне дослідження вмісту консервних банок перед стерилізацією.

В процесі зберігання решткова мікрофлора може або зберігатися в консервах в пригніченому стані, не розмножуючись і не впливаючи на їхню доброякісність, або переходити від тимчасового «латентного» стану до активної життєдіяльності і розмножуватися.

В результаті розмноження мікроорганізмів, що не загинули в процесі стерилізації або потрапили в банки унаслідок їх негерметичності, після стерилізації, може настати псування консервів.

Найбільш поширені види псування консервів, що зумовляються мікроорганізмами, – бомбаж, плоскокисле псування (плоскокисле скисання), сульфідне псування.

Бомбаж. Розрізняють дійсний (достеменний) і помилковий. Банки з денцями, роздутими унаслідок внутрішнього тиску, називаються бомбажними. Дійсний бомбаж може бути мікробіологічним і хімічним.

Мікробіологічний бомбаж обумовлений скупченням в банці газів, що утворюються в результаті життєдіяльності мікроорганізмів. Розмножуючись в консервах, мікроорганізми розкладають органічні речовини (вуглеводи і білки) з утворенням великих кількостей газоподібних речовин (CO_2 , H_2 , H_2S та ін.). Мікробіологічний бомбаж найчастіше викликають газотвірні мезофільні облигатні анаеробні клостридії: палички спорогенес (*Cl. sporogenes*), пугрифікус (*Cl. putrificus*) і перфрінгенс (*Cl. perfringens*). Бомбаж консервів може викликати також мезофільна токсигенна клостридія ботуліну (*Cl. botulinum*). Проте при її розмноженні в консервах не завжди спостерігається явно виражений бомбаж. Найчастіше банки на вигляд залишаються цілком нормальними. Окрім мезофільних облигатних анаеробів, до збудників бомбажу консервів відносять термофільний облигатний анаероб клостридіум термосахаролітікус (*Cl. thermosacharolyticus*), що володіє різко вираженими сахаролітичними властивостями і здібністю до енергійного газоутворення.

Причиною бомбажу м'ясних і м'ясо-рослинних консервів можуть також бути факультативно-анаеробні термофільні бацили: паличка полімікса (*Vac. polymyxa*), паличка картопляна рубер (*Vac. mesentericus ruber*), паличка астероспорус (*Vac. asterosporus*).

Окрім споротвірних мікроорганізмів, мікробіологічний бомбаж можуть інколи викликати бактерії групи кишкових паличок, бактерії роду протеус, коки, дріжджі і інші безспорові газотвірні мікроорганізми, що зберегли життєзда-

тність при стерилізації або потрапили в готові консерви унаслідок негерметичності тари.

Хімічний бомбаж виникає в результаті скупчення водню, що утворюється при корозії металу банки. У продукті виявляють солі заліза і олова, які додають йому металевий присмак. Нерідко змінюється колір продукту. Хімічний бомбаж найчастіше спостерігається в консервах (фруктових, овочевих та ін.), що містять органічні кислоти.

Помилковий бомбаж (фізичний) після стерилізації відбувається після розширення вмісту банок під впливом високої температури. Він може бути в результаті переповнювання банки продуктом, при закладанні в банку продукту з низькою температурою, унаслідок недостатнього видалення з банки повітря перед стерилізацією, при дуже швидкому зниженні тиску пари в кінці стерилізації, неправильному загортанню денця («хлопавка»), сильній деформації банок тощо.

Плоскокисле псування консервів викликане розкладанням вуглеводів з утворенням різних органічних кислот без виділення газу, унаслідок чого деформації, тобто бомбажу банок, не спостерігається. Вміст банок набуває слабкий кислий запах і виражений неприємний кислий присмак. Інколи змінюється колір продукту.

Основні збудники плоскокислого псування – термофільні споротвірні факультативно-анаеробні мікроорганізми. Псування м'ясних і м'ясо-рослинних консервів найчастіше викликають: аеротермофілус (*Bac. aerothermophilus*) і паличка стеаротермофілус (*Bac. stearothermophilus*). Ці мікроорганізми зберігають життєздатність і розвиваються в консервованих, багатих вуглеводами продуктах в умовах зберігання при підвищених температурах (55-70°C).

Сульфітне псування. Збудник – термофільний споровий мікроорганізм клостридиум нігріфіканс (*C1. nigrificans*), який володіє слабковиявленими сахаролітичними властивостями, але розкладає білки з утворенням великої кількості сірководня. Він розчиняється у вмісті банки і викликає здуття денця банки, тобто бомбаж. Сірководень адсорбується продуктом, який чорніє і набуває запаху тухлих яєць.

При мікробіологічному бомбажі, плоскокислому псуванню і сульфітному псуванню консерви на харчові цілі непридатні. Консерви з ознаками хімічного і помилкового бомбажу після органолептичної оцінки і лабораторних досліджень використовують відповідно вказівці санітарного лікаря.

6. Санітарно-гігієнічні вимоги до виробництва консервів

З точки зору гігієни виробництва найбільший інтерес представляє підрозділ консервів на дві групи за ознакою теплової дії: стерилізовані і пастеризовані.

Температурний і вологісний режими в охолоджувальних приміщеннях цеху (заводу) визначаються нормами технологічного проектування і техніко-економічними показниками м'ясної промисловості. У відділеннях порціонування і загортання банок підтримують температуру 12-15°C. Для кращого забезпечення відповідного мікроклімату в приміщеннях використовують кондиціонери. Температурний і вологісний режими в процесі роботи постійно контролю-

ють. Стіни приміщення облицьовують плиткою на всю висоту.

Парне м'ясо рекомендують використовувати для виробництва консервованих сосисок і фаршу.

Під час надходження на консервний завод оглядають всю партію сировини. Вимірюють температуру в товщі м'язів стегової частки туші на глибині не менше 6 см від поверхні. Температуру сировини вимірюють не менше ніж в чотирьох напівтушах (виводять середню цифру).

Кожну партію сировини з ветеринарним свідоцтвом з посвідченням про якість піддають ветеринарно-санітарній експертизі. При використанні на консерви умовно придатного м'яса на тушах поряд з клеймами ветеринарно-санітарного огляду повинен стояти штамп «На консерви». Умовне придатне м'ясо приймають окремо від інших партій. Таку сировину розміщують в окремій ізольованій камері, яку після використання сировини піддають відповідній санітарній обробці.

Для виробництва консервів не можна використовувати м'ясо погано знекровлене, заморожене більше одного разу, з ознаками несвіжості або стороннім запахом, свинину з шпиком, що пожовтів, некастрованих плідників. Рослинна сировина (крупни, боби тощо) має бути хорошої якості. Жерсть, що вчинила на підприємство, контролюють (1%, але не менше однієї упаковки) на еластичність, міцність, пористість, товщину, вміст олова. Паста і гумові кільця ущільнювачів не повинні містити свинець і цинк.

Особливу увагу звертають на санітарний стан відрубів (зрізають клейма, зачищають забруднені ділянки без вживання води) і поверхні розмороженої сировини (при забрудненнях розморожені м'ясні відруби зачищають і миють водою температурою 40°C). Потім виконують жилровку і обвалку. При виявленні патологічних змін в м'ясі питання про його використання приймають фахівці служби ОПВК (відділ виробничо-ветеринарного контролю).

При виготовленні деяких видів консервів м'ясо і субпродукти бланшують або обсмажують. Після цього сировину, що бланшована або обсмажена, негайно подають на фасування, оскільки затримка цієї операції веде до накопичення і розмноження мікроорганізмів. Фасований в банки продукт не можна затримувати більше 30 хвилин перед стерилізацією. Перед фасуванням банки миють гарячою водою (80°C) і протягом 10-15 хвилин обробляють паром. Після такої обробки вміст мікроорганізмів не повинен перевищувати 500 клітин на банку.

Санітарно-мікробіологічне дослідження сировини виконують систематично для виявлення вмісту мікроорганізмів: спор мезофільних облигатних анаеробів (збудників бомбажу), термофільних мікроорганізмів (збудників плоскокислого псування).

Вміст мікроорганізмів контролюють один раз в кожну зміну на кожній лінії і по кожному виду продукції, що виробляється. Проби (3 банки) відбирають через 1 годину після початку роботи лінії.

При отриманні результатів лабораторних досліджень, що вказують на перевищення норм вмісту мікроорганізмів в сировині, перед стерилізацією банок досліджують весь технологічний цикл виробництва консервів для виявлення і усунення джерел забруднення сировини. В цьому випадку сировину контро-

люють на різних етапах її підготовки до стерилізації. Вміст мікроорганізмів не повинен перевищувати 300 колоній мікробних клітин на 1 см² устаткування, інвентарю, тари і тому подібне. Не допускається наявність палички протей і кишкової палички в змивах. При задовільному стані устаткування і приміщення в 0,5 см³ вмісту банок перед стерилізацією мають бути відсутніми спори облигатних мезофільних і термофільних анаеробів-збудників бомбажу.

Апарати для стерилізації мають бути обладнані контрольно-реєструючими самописними приладами. На кожній термограмі указують найменування консервів, номер автоклава і варива, зміну, дату стерилізації і прізвище працівника, що здійснює контроль за автоклавом. Термограма повинна зберігатися на підприємстві не менше 5 років.

Поряд з термограмами у відділенні стерилізації має бути журнал, де реєструють дату роботи, зміну, номер автоклава, варива, найменування продукту, номер банки за об'ємом, кількість банок, тривалість стерилізації, тривалість і кінець охолодження, величину надлишкового тиску, зафіксовані відхилення від режиму, розпорядження про зміну режиму стерилізації, підпис апаратника, відповідального за стерилізацію.

Лекція 7. Мікробіологія яєць та яйцепродуктів

Питання лекції:

1. Осіменіння яєць мікроорганізмами.
2. Розвиток мікроорганізмів в яйці при зберіганні.
3. Мікрофлора яйцепродуктів.
4. Санітарно-гігієнічні вимоги при виробництві яєць і яйцепродуктів.

Яйце птиці являє складний біологічний комплекс, в який входять всі необхідні для життя організму живильні і біологічно активні речовини, ув'язнені в захисні оболонки.

При зберіганні яєць мікроорганізми, що потрапили в них, можуть розмножуватися і зумовлювати їхнє псування. Для тривалого збереження якості яйцепродукти консервують заморожуванням або висушуванням. При підготовці яйцепродуктів до консервації в них потрапляють мікроорганізми з різних джерел зовнішнього середовища. В процесі заморожування і сушки і подальшого зберігання змінюється склад мікрофлори яйцепродуктів.

1. Осіменіння яєць мікроорганізмами

Вміст свіжознесеного яйця, отриманого від здорової птиці, що має нормальний фізіологічний стан, стерильний, тобто не містить мікроорганізмів. Стерильність яйця пояснюється тим, що в яйцепроводах здорових птиць активно протікає фагоцитарна реакція, відбуваються перистальтичні скорочення, які механічно видаляють мікроби, і здійснюється бактерицидна дія білковини, що містить антибіотичну речовину – лізоцим.

Осіменіння (зараження) яєць мікроорганізмами може бути ендогенним і екзогенним.

Ендогенне осіменіння. Зараження вмісту яйця відбувається в процесі його формування в яєчнику і яйцепроводі хворих птиць або бактеріоносіїв при сальмонельозі, туберкульозі, орнітозі, ку-лихоманці, пастерельозі, інфекційному бронхіті, мікоплазмозі, лейкозі і лаві інших інфекційних хвороб. Яйця, отримані від птиці, хворої на інфекційну хворобу, часто містять збудника хвороби. Збудники багатьох інфекційних хвороб птиці передаються трансваріальним шляхом, тобто через яйце. Нерідко птиці є прихованими носіями збудників інфекційних хвороб, і також можуть нести яйця, що містять ці патогенні мікроорганізми. Кількість інфікованих (заражених) яєць, що отримуються від птиць-бактеріоносіїв, сильно коливається і складає 10-95%. Найбільше число заражених яєць спостерігається в період посиленої яйцекладки, що пов'язане з ослабленням організму птиці і підвищенням вірулентності збудника.

Виникнення харчових токсикоінфекцій у людей часто пов'язане із споживанням яєць і яєчних продуктів, інфікованих сальмонелами.

Ендогенне зараження яєць вірусами спостерігається також при імунізації птиці живими вірус-вакцинами, використовуваними в промисловому птахівництві. У зв'язку з цим вакцинацію необхідно закінчувати до початку збору харчових яєць, тобто перед комплектуванням пташників.

Крім того, ендогенне осіменіння яєць мікроорганізмами можливо за наявності у птиці авітамінозу А і при захворюваннях яєчників і яйцепроводів різної етіології. При цьому в яйцях окрім збудника хвороби часто містяться золотисті стафілококи, синегнійна паличка, флуоресціюючі бактерії, бактерії роду протейус, бактерії групи кишкових паличок і інші мікроорганізми.

Екзогенне осіменіння. Зараження яєць відбувається під час збору, зберігання і транспортування, в результаті проникнення через пори шкарлупи і підшкарлупні оболонки сапрофітних, умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів (сальмонел та ін.).

Екзогенному осіменінню яєць мікробами сприяє забруднення шкарлупи фекаліями птиць (послідом), землею, пером, підстилкою, брудною тарою, брудними руками тощо. Залежно від забрудненості шкарлупи кількість мікроорганізмів на ній варіює у великих межах. На 1 см поверхні шкарлупи чистих яєць зазвичай знаходяться десятки, сотні, дуже рідко тисячі мікробних клітин, а на забруднених яйцях – десятки тисяч і навіть мільйони мікробних клітин. Ступінь забруднення шкарлупи мікроорганізмами в значній мірі залежить від умов вмісту і годування птиці.

Найчастіше забруднення шкарлупи патогенними і умовно-патогенними мікроорганізмами відбувається при підлоговій системі вмісту птиці в пташниках з погано обладнаними гніздами, підстилкою незадовільної якості і порушенням мікроклімату. При підлоговому вмісті птиці отримують до 20-25% яєць із забрудненою шкарлупою.

При вмісті птиці в одноярусній автоматизованій батареї з високим рівнем механізації створюються хороші санітарно-гігієнічні умови, що забезпечує найбільш високий вихід яєць з чистою поверхнею шкарлупи (до 96%).

Мікроорганізми, що потрапили на шкарлупу, можуть проникати у вміст

яйця. Проникненню мікробів в яйце сприяють підвищена вологість повітря (оскільки волога шкарлупа найбільш проникна для мікроорганізмів) і коливання температури. В цьому випадку зовнішнє повітря всмоктується в яйце через пори шкарлупи, з ним усередину потрапляють мікроби.

2. Розвиток мікроорганізмів в яйці при зберіганні

Яйця здорової птиці не містять мікроорганізмів. Стерильність яєць за відповідних умов може зберігатися тривалий час, не зважаючи на наявність пір в шкарлупі. Це пояснюється тим, що яйце є живою зародковою клітиною, що володіє природним імунітетом. Захист яйця від проникнення і розмноження в ньому мікробів забезпечується шкарлупою, підшкарлупними оболонками і бактерицидними властивостями білка. На поверхні шкарлупи після знесення яйця відкладається шар слизу, який, підсихаючи, утворює надшкарлупну плівку – кутикулу. До складу кутикули входить лізоцим, що має бактерицидну дію. Кутикула легко ушкоджується, тому яйця, призначені для зберігання, не рекомендують мити. У складі підшкарлупних оболонок також є лізоцим.

Білок яйця має найбільш сильну бактерицидну дію, він здатний вбивати багато мікроорганізмів, особливо грампозитивні палички, цвілеві гриби і дріжджі. Бактерицидна властивість білка обумовлена наявністю в ньому антибіотичних речовин: лізоциму, авідину, овокональбуміну, овомукоїду, овомуцину та діоксиду вуглецю, які вбивають або пригнічують зростання мікроорганізмів. Крім того, розмноження мікробів в білці пригнічується його високим рН (9,2) і стійкістю протеїнів білка до дії протеолітичних ферментів мікроорганізмів. Найсильнішою антимікробною дією володіє внутрішній шар білка, прилеглий до жовтка. Шкарлупа, підшкарлупні оболонки і яєчний білок свіжознесених яєць володіють найбільш вираженими антимікробними властивостями.

При зберіганні поступово змінюються фізико-хімічні властивості вмісту яйця (воно висихає, підвищується рН білка); ослабляється антимікробна дія білка, шкарлупи і підшкарлупних оболонок, оскільки інактивуються лізоцим і інші бактерицидні речовини; пори шкарлупи стають проникнішими. Все це створює сприятливі умови для проникнення і розмноження в яйці мікроорганізмів. Для того, щоб уповільнити природні біохімічні зміни в яйці і зберегти захисні властивості шкарлупи, оболонок і яєчного білка, необхідно зберігати яйця в прохолодних сухих приміщеннях при температурі від -2 до 0°C і відносної вологості повітря не вище 85%. В умовах підвищених температур і високої вологості інактивація бактерицидних речовин яйця прискорюється. Наприклад, якщо зберігати яйця при високій вологості і температурі 16-18°C і вище, то вже через 5-6 днів в них проникають рухливі мезофільні бактерії, тоді як при температурі нижче 15°C і невисокій вологості повітря (60-65%) проникнення і розвиток в яйці мезофільних мікробів сильно сповільнюється.

При зниженні бактерицидної активності шкарлупи і підшкарлупних оболонок мікроорганізми, що знаходяться на поверхні яйця, проникають через шкарлупу і підшкарлупні оболонки у вміст яйця. Бактерії, проникнувши через пори шкарлупи, розмножуються на зовнішній підшкарлупній оболонці в місці

проникнення, утворюючи дрібні колонії. Під дією протеолітичних ферментів бактерій підшкарлупні оболонки розчиняються, бактерії проникають у вміст яйця і активно зростають і розмножуються в жовтку яйця.

Спори цвілевих грибів і актиноміцетів унаслідок великого розміру не можуть проникнути через пори шкарлупи, тому проростають на її поверхні, утворюючи дрібні колонії, після чого нитки міцелію проникають в пору, механічно розсовуючи клітини підшкарлупних оболонок. Зволоження шкарлупи прискорює проростання спор. Після цього цвіль і актиноміцети розмножуються, утворюючи дрібні колонії на підшкарлупних оболонках, оболонці повітряної камери і зовнішньої поверхні білка. Потім міцелій проникає всередину білка, де утворюються крупні колонії.

При розмноженні в яйці гнильних бактерій, цвілевих грибів, актиноміцетів і інших мікроорганізмів під дією ферментів, що виділяються ними, розкладаються складові частини яйця (білок, жовток) з утворенням специфічних продуктів розпаду: протеїнів, жирів, вуглеводів, лецитину, – тобто настає його псування. Залежно від того, в якій складовій частині яйця (білці або жовтку) розмножуються мікроорганізми, їх біохімічної активності і інших фізіологічних особливостей зміни вмісту яйця різноманітні. Так, при розмноженні гнильних бактерій аеробів роду псевдомонас і золотистого стафілокока білок стає сірим, каламутним і розрідженим, надалі білок і жовток набувають зеленуватого відтінку, перехідного в темно-зелений колір (зелена гнилизна). В результаті розмноження гнильних бацил аеробів жовтка набуває ясно-жовтий колір. Унаслідок руйнування жовткової оболонки білок переміщується з жовтком, і утворюється однорідна каламутна рідка маса. При овоскопії таке яйце не просвічується. Розмноження в яйці дивної палички, рожевого мікрокока, а також деяких дріжджів і цвілевих грибів, що створюють червоний пігмент, викликає фарбування його вмісту в рожевий або червоний колір. При овоскопії помітний червоний відтінок в жовтку і почервоніння білка, який може бути або розрідженим, або в'язким (червона або рожева гнилизна). У тому випадку, коли в яйці розмножуються кишкова паличка, паличка протей, деякі бактерії роду псевдомонас і інші гнильні мікроби, вміст стає чорним і каламутним і не просвічується при овоскопії. Жовток каламутний, вільно плаває в рідкому білку, який може бути зернистим і в'язким, із зеленим або брунатним відтінком. Через утворення великої кількості газів зростає тиск усередині яйця, тому шкарлупа розривається, і вміст яйця видає фекальний запах (чорна гнилизна). Псування яєць, що викликається гнильними бактеріями, при якій вони не просвічуються при овоскопії, називають «стусан бактерійний».

Окрім гнильних бактерій в яйцях часто розмножуються цвілеві гриби і актиноміцети. При розмноженні цвілі на підшкарлупних оболонках, де вони утворюють колонії у вигляді забарвлених плям, залежно від розмірів колоній розрізняють порок «мала або велика пляма». Коли підшкарлупні оболонки суспіль покриті колоніями цвілевих грибів, білок і жовток змішані, яйце не просвічується при овоскопії, порок називають «стусан плісневільний».

Яйця з ознаками псування «стусан бактерійний» і «стусан плісневільний»

для харчових цілей непридатні. При пороку «мала або велика пляма» яйця використовують після лабораторного дослідження відповідно вказівці органів санітарного нагляду.

3. Мікрофлора яйцепродуктів

Для збереження якості з яєць виробляють морожені й сухі яйцепродукти.

Морожені яйцепродукти. До морожених яйцепродуктів відносять яєчний меланж – суміш білка і жовтка в природному співвідношенні, а також морожений білок і морожений жовток окремо.

В процесі приготування морожені яйцепродукти обсіменяються мікроорганізмами з різних джерел. Тому в готовому вигляді вони можуть інколи містити значну кількість мікроорганізмів в 1 г. Найчастіше в яєчному меланжі зустрічаються мікрококи, сарцини, стафілококи, бацили аеробів, бактерії роду псевдомонас, цвілеві гриби, паличка протей, кишкова паличка. Інколи в готових заморожених яйцепродуктах виявляють сальмонел і інших патогенних бактерій.

Джерелом осіменіння мікроорганізмами яйцепродуктів може бути само яйце. Щоб унеможливити попадання сальмонел і інших патогенних бактерій, для вироблення яєчного меланжу необхідно використовувати курячі яйця тільки з господарств, благополучних по сальмонельозу і іншим інфекційним хворобам птиці. Має велике значення і сорт (категорія) використовуваних яєць. Яйця нижчих категорій (II-III) завжди містять у кілька разів більше мікроорганізмів. Тому для вироблення яйцепродуктів необхідно вживати яйця тільки I категорії, тобто з найменшим осіменінням мікроорганізмами. При розбиванні яєць мікроорганізми потрапляють в яєчну масу зі шкарлупи. Щоб унеможливити попадання в яєчну масу санітарно-небезпечних мікробів (сальмонел, токсигенних стафілококів та ін.) і зменшити до мінімуму загальне мікробне осіменіння, необхідно до розбивання обробляти яйця дезінфікуючими засобами. Ефективним засобом зменшення початкового мікробного осіменіння є введена на яйцепереробних підприємствах пастеризація яєчної маси перед заморожуванням, завдяки якій вміст мікроорганізмів в яєчному меланжі можна понизити на 98-99%.

Яєчну масу заморожують при температурі не вище $-18...-20^{\circ}\text{C}$. В процесі заморожування частка мікроорганізмів відмирає. Подальше зберігання при температурі не вище $-8...-9^{\circ}\text{C}$ приводить до подальшого поступового зменшення кількості життєздатних мікробних клітин. Так, через 12 днів мікробне осіменіння знижується приблизно до 45%, через 30 днів – до 38 і через 60 і 90 днів – відповідно до 13 і 10% від початкової кількості мікроорганізмів. Проте повної гибелі всіх мікроорганізмів в морожених яйцепродуктах не відбувається. При розморожуванні меланж можна зберігати в охолодженному стані при температурі не вище $4-5^{\circ}\text{C}$ не більше кількох годин. Він є хорошою живильною середою, і ті що залишилися живими мікроорганізми зачинають активно розмножуватися і можуть викликати його псування.

Сухі яйцепродукти. Для тривалого зберігання яєчну масу висушують в розпорошеному поляганні в дискових сушарках при температурі, що не перевищує 60°C , або методом сушки сублімації. Сухі яйцепродукти виробляють зі

свіжих цілісних яєць (суміші білка і жовтка), а також окремо з білка і жовтка. Крім того, для сушки використовують готове морожені яйцепродукти. Яєчну масу для висушування готують в меланжевому цеху. В процесі приготування вона осіменяється мікроорганізмами з тих самих джерел, що і при виробленні морожених яйцепродуктів: вміст яєць, їх шкарлупа, устаткування, тара та ін. Отже, ступінь мікробного осіменіння використовуваних яєць і їхня санітарна обробка, санітарно-гігієнічні умови виробництва істотно впливають на осіменіння мікроорганізмами сухих яйцепродуктів.

В процесі сушки зберігають життєздатність спори і частина вегетативних форм бактерій. Тому мікробне осіменіння готових висушених яйцепродуктів залишається досить високим. У складі решткової мікрофлори висушених яйцепродуктів постійно присутні бацили аеробів, анаеробні клостридії, мікрококи, стафілококи. Часто виявляють бактерій групи кишкових паличок, бактерій роду протеус, інколи присутні сальмонели.

В процесі зберігання мікроорганізми, що зберегли життєздатність при сушці, не розвиваються і поступово відмирають, оскільки через малу вологість (4-8%) яєчного порошку створюються умови, несприятливі для їхнього розвитку. Ступінь відмирання мікробів в сухих яйцепродуктах залежить від температури зберігання. Так, при кімнатній температурі (18-20°C) відмирає більше мікроорганізмів, ніж при температурі 1-2°C. Найбільш інтенсивне відмирання мікробів відбувається тільки в перших 2-3 місяці зберігання сухих яйцепродуктів. Проте повній загибелі всіх вегетативних форм бактерій, у тому числі стафілококів, сальмонел і бактерій групи кишкових паличок, не спостерігається навіть після 2-3 років зберігання сухих яйцепродуктів.

При зберіганні сухих яйцепродуктів в умовах підвищеної вологості вони зволожуються, і мікроорганізми можуть зачати в них розмножуватися.

4. Санітарно-гігієнічні вимоги при виробництві яєць і яйцепродуктів

Для запобігання осіменіння яєць мікроорганізмами із забрудненою шкарлупою необхідно строго виконувати правила їх збору, зберігання і передбачені технологією санітарно-гігієнічні вимоги: брати яйця чистими руками за тупий і гострий кінці великим і вказівним пальцями, цілі чисті яйця укладати окремо від забруднених і надтріснутих, збирати яйця в спеціальну чисту тару та ін.

Для видалення мікроорганізмів із забрудненої поверхні шкарлупи невеликих партій яєць застосовують миючі і дезинфікуючі препарати, а при масовій обробці яєць їх дезинфікують парами формальдегіду, йоду, хлору.

Яйця, інфіковані патогенними і умовно-патогенними мікроорганізмами, зазвичай знешкоджують тепловою обробкою. З господарств, неблагополучних по сальмонельозу, туберкульозу, орнітозу і іншим інфекційним хворобам, яйця дозволяють продавати після їх ретельного проварювання при 100°C.

Особливу небезпеку представляють яйця водоплавного птаха, які часто бувають заражені сальмонелами. У зв'язку з цим продавати качині і гусячі яйця в магазинах, на ринках, а також реалізовувати їх в сирому вигляді через мережу громадського харчування заборонено.

Джерелом мікробного осіменіння яйцепродуктів окрім самого яйця можуть бути також інвентар, посуд, устаткування, руки і спецодяг робітників, повітря виробничих приміщень та ін. При ретельному дотриманні санітарно-гігієнічного режиму виробництва, ефективному митті і дезінфекції яєць мікробне осіменіння яйцепродуктів може бути значно пониженим.

Для отримання сухих яйцепродуктів (яєчний порошок) з найменшим мікробним осіменінням необхідно використовувати яйця, що містять мікроорганізми, у мінімальній кількості, ретельно їх мити і дезінфікувати, строго дотримувати санітарно-гігієнічний режим виробництва і проводити перед сушкою пастеризацію яєчної маси.

Лекція 8. Мікробіологія молока та молочних продуктів

Питання лекції:

1. Мікробіологія молока:

- а) мікробіологія сировини;
- б) мікробіологія згущеного і сухого молока;
- в) мікробіологія кисломолочних продуктів;
- г) мікробіологія сирів.

2. Псування жирів.

3. Псування масла.

1. Мікробіологія молока

Мікроби потрапляють в молоко вже в момент видоювання. Походження мікрофлори молока дуже різноманітно. Деякі мікроби мешкають в каналах сосків вимені і тому завжди знаходяться у видоєному молоці. Крім того, в молоко потрапляє безліч мікробів з поверхні вимені, шерсті тварин, з рук доїльників, з угноєної підстилки, інвентарю і т.д., мікроби можуть заноситися в молоко мухами. За рахунок цих джерел кількість мікробів в 1 мл після доїння збільшується з декількох тисяч до десятків і сотень тисяч після обробки – фільтрації, охолодження і розливу. В результаті формується дуже багата за складом мікрофлора. Швидке охолодження є обов'язковою операцією, інакше в неохолодженому молоці розвиток мікрофлори відбувається швидко. Це зумовлює і сприятливий хімічний склад молока. У неохолодженому молоці за 24 години чисельність мікрофлори збільшується в 2-3 рази. При охолодженні до 3-8°C спостерігається зворотна картина – зменшення кількості мікроорганізмів, що відбувається під впливом бактерицидних речовин, які містяться в свіжовидоєному молоці. Період затримки розвитку мікробів або їх відмирання в молоці (бактерицидна фаза) тим триваліший, чим нижче температура молока, що зберігається, чим менше в ньому мікробів. Зазвичай ця фаза триває від 2 до 40 годин.

В подальшому настає швидкий розвиток всіх мікробів. Проте молочнокислі бактерії, якщо вони до цього знаходилися навіть в меншості, поступово стають переважаючими. Це пояснюється тим, що вони використовують молочний цукор, недоступний більшості інших, мікроорганізмів, а також тим, що мо-

лочна кислота і ті що виділяються деякими з них речовини – антибіотики (нізин) – пригноблюють розвиток решти всіх мікробів. Поступово під впливом молочної кислоти, що накопичилася, припиняється розмноження і молочнокислих бактерій. У молоці, що піддалося квашенню, створюються умови для розвитку цвілевих грибів.

Найактивніше розвиваються оідіум, пеніциллійум і різні дріжджі. Споживаючи кислоти, опріснюючи цим продукти, цвілеві гриби створюють можливість вторинного заселення об'єкту гнильними бактеріями. Кінець кінцем відбувається повне гнильне псування молока.

У пастеризованому молоці, короткочасно нагрітому до 63-90°C, послідовність зміни мікрофлори різко міняється. Майже всі молочнокислі бактерії гинуть, і повністю руйнуються бактерицидні речовини молока. В той же час зберігаються термостійкі і спорові форми мікроорганізмів. Тому через деякий час в такому молоці може зачатися бурхливе розмноження різноманітної мікрофлори, що збереглася. Відсутність бактерицидних речовин, нечисленність або повна відсутність молочнокислих бактерій роблять молоко «беззахисним». В цих умовах скисання, молока може не статися, але навіть незначне осіменіння гнильними або хвороботворними бактеріями приводить його до псування, робить небезпечним для вживання. В зв'язку з цим ясно, чому при торгівлі пастеризованим молоком необхідно особливо строго виконувати санітарно-гігієнічні вимоги і дотримувати температурні режими зберігання.

Останніми роками в реалізацію поступає багато стерилізованого молока. При стерилізації повністю знищується мікрофлора і молоку додається висока стійкість при зберіганні. Для приготування стерилізованого молока використовують малоосіменене, абсолютно свіжіше, сире молоко, що заздалегідь гомогенізується. Однократна стерилізація його проводиться при 140°C протягом кількох секунд. Тому в молоці зберігаються всі біологічні властивості, мало руйнуються навіть вітаміни – С, В₁, В₆, В₁₂.

При використанні молока низької якості можуть зберігатися спори сінної і картопляної паличок, бацили цереус та ін. Вони здатні викликати псування стерилізованого молока, розкладаючи в нім білки.

Окрім нормальної мікрофлори молока, що розглядалася вище, слід враховувати можливість формування в ньому мікрофлори незвичайної, тобто аномальної. До неї відносять збудників різних інфекцій – черевного тифу, дизентерії, бруцельозу й ін., а також мікробів, що викликають появу в молоці гіркого, солоного, мильного смаку, синього або червонуватого кольору й ін.

Мікробіологія молочних продуктів. Згущене молоком є стійким продуктом. В процесі нагріву і стерилізації упакованого в банки молока в ньому відмирають більшість мікроорганізмів. Життєздатність зберігають тільки деякі спорові.

Мікробіологічне псування найчастіше виникає при використанні непридатної, тобто сильно осімененої мікробами, сировини. Розвиток спорових бактерій і рідше – термофільних грибів – приводить до зшумовання і гнильних процесів в згущеному молоці.

Менш жорсткі вимоги по осіменіння мікрофлорою і кислотності пред'являються до сирого молока, використовованого для вироблення згущеного молока з цукром. Дія другого консервувального чинника – високого осмотичного тиску, що створюється цукром, – перешкоджає проростанню та розвитку спор. Таке молоко мікробіологічному псуванню піддається рідко.

Сухе молоко має ряснішу мікрофлору, ніж згущене. Це пояснюється короткочасністю нагріву і невисокою температурою при сушці. У молочному порошку зберігаються всі види спорових мікроорганізмів, термостійкі неспорові види мікрококів, стрептококів, деякі молочнокислі бактерії, спори цвілевих грибів. Ця нормальна мікрофлора може викликати псування – прокисання, пліснявіння і т. д. – лише при значному зволоженні сухого молока.

Виявлення в сухому молоці нетермостійких форм – кишкової палички і патогенних стрептококів – може свідчити про використання низькоякісної сировини, недотримання термічного режиму обробки, порушення санітарних норм при розфасовці і упаковці.

Мікробіологія кисломолочних продуктів. Визначається вона насамперед складом вживаних заводських заквасок, мікрофлорою використовованого молока і санітарно-гігієнічним станом виробничого устаткування – ємностей для молока, трубопроводів і ін.

Для приготування, кисломолочних продуктів в пастеризоване охолоджене молоко вносять закваски чистої культури того або іншого виду або суміші чистих культур декількох видів молочнокислих бактерій. Для виробництва кефіру і кумису використовують закваски, у складі яких є ще й дріжджі.

Вживання чистих культур різних збудників молочнокислого бродіння забезпечує отримання готових продуктів високої якості з певними стабільними властивостями. Домішки випадкової мікрофлори погіршують якість цих продуктів.

Мікрофлора сирів представлена в основному мікроорганізмами, що брали участь в квашенні молока і в процесах дозрівання. Мікрофлора, що розвинулася із закваски, зберігається лише частково, оскільки значна її частка під час тривалого другого підігрівання сирного зерна (до 40-57°C) гине. В 1 г сирного зерна зберігається до 100 млн. клітин. Надалі при пресуванні число їх у кілька разів збільшується. Утворення кірки на сирі, просолення перешкоджають розвитку мікрофлори на поверхні. Подальший розвиток мікробіологічних процесів – молочнокислого і пропіоново-кислого бродіння – йде при дозріванні сирів. Розвиваються ці анаеробні процеси усередині і поступово захоплюють периферійні частини сиру. Залежно від температури, вологості, солоності, щільності голівок, кількості решткового цукру і інших чинників переважно йде той або інший процес, від чого і залежать специфічні споживчі достоїнства сирів. До кінця дозрівання кількість молочнокислих бактерій знижується і збільшується число пропіоново-кислих. Слабкий протеоліз білків, що викликається ними, накопичення різних кислот, утворення очок за рахунок помірного вуглекислого газу – формують смак, аромат, консистенцію і візерунок сирного тесту.

У м'яких, слизистих сирів, на відміну від твердих, процес дозрівання йде від поверхні всередину. У дозріванні беруть участь різні аероби, і умовно-

анаеробні бактерії, і цвілеві гриби. Загальна кількість бактерій в 1 г сиру складає мільярди клітин.

У сирах можуть виявлятися і деякі спорові мікроорганізми, наприклад маслянокислі. Рясно виділяючи вуглекислий газ і водень, вони можуть викликати утворення неправильного візерунка, случення, розтріскування голівок сирів, надавати їм невластивого смаку. При зберіганні сирів в умовах підвищеної вологості в місцях пошкодження кірки вони можуть подавлятися цвілевими грибами. Псування поступово розвивається углиб і супроводжується розм'якшенням сирів, утворенням пухнастого нальоту на поверхні, появою неприємного запаху.

2. Псування жирів

Продукти, що містять жири, як правило, містять ту або іншу мікрофлору (бактерії, дріжджі, цвілеві гриби). У тваринних жирах і маслі коров'ячому мікроби знаходять досить вологи, деяку кількість білкових речовин і вуглеводів. Дуже різноманітна мікрофлора солодковершкового масла. Вона представлена десятками і сотнями тисяч гнильних молочнокислих, протеолітичних, жиророзщеплювальних бактерій. У кисломолочному маслі загальна кількість мікроорганізмів ще вища, але в ньому переважають молочнокислі і ароматотворні коки і палички, що потрапляють зі сквашених вершків. В деяких випадках загальна кількість бактерій в 1 г може досягати мільйонів клітин. Ця мікрофлора спільно з типовими збудниками псування жирів здатна викликати в жирах прогіркання (жиророзщеплювальні бактерії), надавати їм гіркої смаку (гнильні бактерії) і викликати інші пороки. Жири з малим вмістом вологи (топлені, рослинні) відрізняються високою стійкістю до дії мікроорганізмів.

3. Псування масла

Штафф. Порок характеризується зміною кольору і смаку в поверхневому шарі моноліту масла і є наслідком накопичення в цьому шарі продуктів розкладання жиру і білків. Поверхневий шар стає прозорішим (в порівнянні з внутрішніми шарами) і має жовтіший відтінок.

Порок викликається життєдіяльністю поверхневої мікрофлори аеробів (флюорескуючі бактерії, гнильні бактерії, дріжджі, цвіль – *Oidium lactis* і ін.). Ферменти, що виділяються мікроорганізмами, розкладають в поверхневому шарі жир і білок (до пептонів), а під дією кисню повітря відбувається окислення жиру. Накопичення продуктів розкладання і окислення молочного жиру і розчинних азотистих сполук приводить до зміни кольору і смаку масла.

Попередити появу цього пороку можна створенням несприятливих умов для розвитку поверхневої мікрофлори (герметична упаковка масла, низька температура його зберігання).

Згірклість масла. Цей порок викликають мікроорганізми, що виділяють фермент ліпазу. В усіх видах масла збудниками пороку є цвіль *Oidium lactis*, *Cladosporium butyri* та ін., а в несолоному солодковершковому маслі також і бактерії *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putrescens*, *Bact. prodigiosum*.

Зачинаючи з поверхні масла, згірклість поступово проникає в моноліт – продукт набуває яскраво-жовтого забарвлення. Продукти гідролізу жиру окислюються з утворенням пероксидних сполучень. При подальшому окислення утворюються альдегіди і кетони.

Згірклість є як би поглибленням процесу осалювання, воно посилюється при одночасній дії повітря, світла і каталізаторів (металів).

Масляна кислота, альдегіди разом з іншими продуктами розкладання жиру надають маслу характерному смаку і запаху згірклого жиру. Особливо різкий, їдкий запах і солодкувато-нудотний смак зумовляє у згірклому маслі масляна кислота.

Важливою мірою попередження прогоркання масла є пастеризація вершків при високій температурі (85°C), що забезпечує знищення ліполітичних мікроорганізмів. Також необхідно застосовувати заходи, що не допускають осіменіння вершків після пастеризації, і всі заходи попередження осалювання жиру, включаючи використання спеціальних культур дріжджів.

Гіркий смак. Порок виникає в солодковершковому маслі в результаті дії на білки плазми масла ферментів протеолітичних і пептонізуючих бактерій: гнильних, флюоресцуючих і мікрококів. Всі ці бактерії здатні розвиватися при низьких температурах (5-6°C). В процесі зберігання солодковершкового масла при цій температурі і виникає даний порок, оскільки молочнокислі бактерії при такій температурі не можуть розвиватися і не перешкоджають розвитку протеолітичних бактерій.

Гіркий смак обумовлений накопиченням первинних продуктів білкового розпаду – пептонів. Якщо розкладання білків відбувається більш глибоко, то з'являється сирний смак і гнильний запах. Заходи попередження появи цього пороку – висока санітарна культура виробництва і холодильне зберігання масла.

Кислий смак. Порок може з'явитися в солодковершковому маслі при підвищеній температурі його зберігання (вище 10°C), сприяючій розвитку молочнокислих бактерій. Цей порок не слід ототожнювати з надмірно кислим смаком кисловершкового масла, що є наслідком переквашування вершків.

Для попередження пороку необхідно дотримувати технологічну інструкцію при виробленні і зберіганні масла.

Нечистий, гнойовий і інші запахи. Викликають ці пороки бактерії групи кишкових паличок, що розвиваються у вершках, коли їх фізичне дозрівання ведеться при температурі вище 8°C (вищою, ніж це передбачено технологічною інструкцією).

Забрудненню вершків сприяє низький санітарний рівень виробництва. Усунення умов обсіменіння кишковими паличками і їх розвитку в маслі попереджає можливість появи даних пороків.

Пліснявіння. Пліснявіння є поширеним пороком, що виникає при тривалому зберіганні масла. До пороку схильні як кисловершкове, так і солодковершкове масло. На маслі виявляють найчастіше цвіль *Oidium lactis*, *Penicillium glaucum*, рідше цвіль родів *Aspergillus*, *Mucor*, *Cladosporium*.

Цвіль не тільки псує зовнішній вигляд, але, проникаючи в глиб масла, ви-

кликає в поверхневому шарі значні хімічні зміни: розкладання жиру ферментом ліпазою і білкових речовин протеазами. Масло набуває неприємний присмак і плісневілий запах.

Попередження пліснявіння масла досягається як недопущенням його осіменіння спорами цвілі (дотримання санітарно-гігієнічних умов при виробленні масла, правильна пастеризація вершків – температура не нижче 85°C, чиста вода), так і створенням несприятливих умов для їх розвитку в маслі (правильні структура, набивання й упаковка, зберігання при температурі -18-20°C і низькій відносній вологості – не вище 80%). Поряд з цими заходами доцільно застосовувати культури дріжджів.

1. Мікробіологія зерна

Мікробіологія зерна представлена в основному бактеріями і цвілевими грибами. Значно поступаються їм в чисельності дріжджі й актиноміцети. Окрім описаних цвілевих грибів – збудників хвороб злакових рослин і круп'яних культур, здатних викликати отруєння людини, – фузаріумів, споринї, головешки, заслуговують на увагу представники родів пеніциліум, що постійно зустрічаються, багаточисельні, аспергілус, альтернарія, кладоспорум та ін.

Потрапляючи з ґрунту, з пилом і з інших джерел, спори грибів навіть при малій вологості зерна і продуктів його переробки роками зберігають життєздатність. При зволоженні зерна, крупи, муки хоч би не на багато вище за норми, передбачені стандартами, цвілеві гриби зачинають проростати і активно розвиватися, руйнуючи вуглеводи, білки, жири зернових продуктів. Розвиток їх приводить до появи неприємного запаху, смаку. Зерно стає тьмяним, мука і крупи – грудкуватими. Активніше ці процеси протікають в продуктах переробки зерна – крупі, муці, оскільки вони на відміну від зерна не захищені оболонками.

Нижньою межею вологості для цвілевих грибів є 13% у просі і 14-19% у інших зернових культур.

Епіфітна бактерійна мікрофлора різних зернових продуктів зазвичай більш менш схожа. Представлена вона в основному безспоровою паличкою гербікола. Відрізняючись дивною стійкістю до висушування, вона довго зберігається і на продуктах переробки зерна. У меншій кількості зустрічаються молочнокислі і флюоресцуючі бактерії, мікрококи і спорові палички.

При тривалому зберіганні частка спорових мікроорганізмів збільшується. За оптимальних умов зберігання зерна, крупи, муки бактерії істотного впливу на їх якість не надають. Бактерії гербікола, сінна і картопляна палички спільно з цвілевими грибами беруть участь в процесах саморозігріву зерна, а молочнокислі – при високій вологості муки можуть викликати її прокисання.

Загальне осіменіння зерна, крупи, муки складає від десятків тисяч до мільйонів клітин в грамі.

Мікробіологія печеного хліба і хлібних продуктів. Значення мікроорганізмів у виробництві печеного хліба велике. Окрім описаних раніше пресованих дріжджів, часто застосовують рідкі, які готують із звичайних дріжджів, роз-

множуючи їх в самозбереженій борошняній заварці, заздалегідь заквашеною чистою культурою молочнокислої бактерії дельбрюка.

Спільно дріжджі і молочнокислі бактерії забезпечують пористість хліба за рахунок виділення вуглекислого газу; смак і аромат – за рахунок утворюваних ними кислот, спирту і інших речовин.

У виробництві житнього хліба істотну роль грають закваски, до складу яких входять чисті культури деяких молочнокислих бактерій (плантарум, бревіс, лейконосток) і дріжджі. Молочнокислі бактерії займають переважаюче положення і грають основну роль. Вони перешкоджають розвитку всіх інших бактерій і сприяють життєдіяльності дріжджів, забезпечуючи отримання хліба вищої якості, ніж при мимовільному бродінні або бродінні, що викликається тільки дріжджами. Вони продукують молочну й інші кислоти, а також ароматичні продукти, що визначають особливий смак і запах житнього хліба.

Окрім цих груп мікроорганізмів, в тісто потрапляють також інші – з мукою, з устаткування, з повітря. Кількість і склад їх носять випадковий характер. При випічці, коли температура усередині хліба піднімається до 95-98°C, гинуть більшість безспорних мікроорганізмів, але спори бактерій і грибні спори залишаються. Надалі вони можуть опинитися в хлібі при транспортуванні й продажі, якщо не дотримуються санітарно-гігієнічні вимоги.

Готовий печений хліб при підвищеній вологості і температурі зберігання або в разі виготовлення його з муки, зараженої деякими мікроорганізмами, може піддаватися різним видам мікробіологічного псування. Так, найбільш поширеними хворобами хліба є картопляна і крейдяна хвороби, червоний хліб і пліснявіння.

2. Мікробіологія сировини

У хлібопекарському виробництві і при виробництві борошняних кондитерських виробів сировиною застосовують муку, дріжджі, цукор, цукристі речовини, жири, яйця і яйцепродукти, молоко і молочні продукти, фрукти і ягоди, смакові, ароматичні та інші речовини. Сировина як рослинного, так і тваринного походження містить велика кількість живильних речовин і, таким чином, є сприятливою середою для розвитку мікроорганізмів. Тому на харчових підприємствах слід приділяти велику увагу мікробіологічному контролю сировини, що поступає на виробництво, а також дотримувати санітарні вимоги при його зберіганні, переробці і транспортуванні.

Мука. При помелі в муку потрапляють всі мікроорганізми, що знаходяться на поверхні зерна, в результаті їх життєдіяльності мука при зберіганні може піддаватися мікробіологічному псуванню.

В 1 г муки містяться сотні тисяч мікроорганізмів. Головним чином це бактерії, дріжджі і мікроскопічні гриби. Деякі мікроорганізми викликають хвороби зерна, які, у свою чергу, можуть викликати захворювання людини і тварин. Існує допустима норма вмісту шкідливих грибкових паразитів (спориньї, головешки) і насіння отруйних смітних трав (куколю, горчаку), вище за яку мука вже не може бути використана в харчових цілях. Так, допускається загальний вміст спориньї, головешки, куколю і горчаку не більше 0,06%.

Мікробіологічне псування муки відбувається при збільшенні вмісту в ній вологи понад 15% в результаті неправильного зберігання. Мука прокисає в результаті активізації життєдіяльності молочнокислих бактерій, які зброджують цукор муки з утворенням кислот.

При зберіганні муки на складах при підвищеній відносній вологості повітря відбувається її пліснявіння під дією мікроскопічних грибів.

Згіркнення муки є результатом окислення жирів муки киснем повітря і ферментативного гідролізу жирів. При зберіганні муки при вологості більше 20% відбувається саморозігрів муки, який супроводжується розмноженням споротворних бактерій, що викликають тягучу хворобу хліба. Така мука в хлібопеченні і виробництві борошняних кондитерських виробів не використовується.

Крохмаль. Сирий картопляний крохмаль є швидкопсувним продуктом, оскільки має високу вологість (близько 50 %). За несприятливих умов зберігання в крохмалі інтенсивно розмножуються бактерії, що приводить до мікробіологічного псування крохмалю – його закисання, зміни кольору. Сухий крохмаль, що має вологість 20%, не піддається мікробіологічному псуванню. Якщо крохмаль зберігати при високій відносній вологості повітря, то унаслідок високої гігроскопічності (здатності поглинати вологу) він може зволожуватися; утворюються грудки, розвиваються мікроорганізми і з'являється гнильний запах.

3. Мікробіологія готового хлібу

В процесі випічки життєдіяльність бродильної мікрофлори тісту змінюється. При прогріванні тістової заготовки дріжджі і молочнокислі бактерії поступово відмирають. При випічці в м'якуші відбувається випар вологи, тому температура в центрі м'якуша не перевищує 96-98°C. Деякі стійкі спори мікроскопічних грибів, а також спори сінної палички не гинуть.

Після випічки кірка хліба або випеченого напівфабрикату практично стерильна, але в процесі зберігання, транспортування і реалізації в торгівельній мережі може статися зараження виробів мікроорганізмами, у тому числі і патогенними. Джерелами зараження може бути забруднений інвентар (лотки, вагонетки та ін.), руки робітників, тобто найчастіше причиною є незадовільне дотримання санітарних умов. В результаті хліб, хлібобулочні і борошняні кондитерські вироби піддаються мікробіологічному псуванню.

Тягуча хвороба хліба. Збудниками тягучої хвороби є споротворні бактерії – сінна паличка (*Bacillus subtilis*). Це дрібні рухливі палички із злегка закругленими кінцями, розташовані одиночно або ланцюжками. Довжина сінної палички 1,5-3,5 мкм, товщина – 0,6-0,7. Вона утворює спори, які легко переносять кип'ятіння і висушування і гинуть миттєво тільки при температурі 130°C. При випічці спори сінної палички не гинуть, а при тривалому охолодженні виробів проростають і викликають їх псування.

Тягуча хвороба хліба і борошняних кондитерських виробів (наприклад, бісквіта) розвивається в чотири стадії. Спочатку утворюються окремі тонкі нитки і розвивається легкий сторонній запах. Потім запах посилюється, кількість ниток збільшується. Це слабкий ступінь ураження хліба тягучою хворобою. Да-

лі – при середньому ступені захворювання – м'якуш стає липким, а при сильному – темним і липким, з неприємним запахом.

У виробничих умовах ступінь зараженості муки сінною паличкою і її спорами визначається методом пробної випічки. Отриманий хліб зберігають в оптимальних умовах для розвитку тягучої хвороби. Чим вище ступінь зараженості муки, тим швидше розвивається захворювання.

Заходи боротьби з тягучою хворобою зводяться до створення умов, що перешкоджають розвитку спор сінної палички в готових виробах, і до знищення спор цих бактерій шляхом дезінфекції. Способи придушення життєдіяльності сінної палички в хлібі засновані на її біологічних особливостях, в основному на чутливості до зміни кислотності середовища. Для підвищення кислотності тісто готують на заквасках, рідких дріжджах, частці стиглого тесту або опари, а також вносять молочну сироватку, що згущує, оцтову кислоту і оцтовокислий гліцерин в таких кількостях, щоб кислотність хліба була вища за норму на 1 град.

Для попередження тягучої хвороби необхідно забезпечити швидке охолодження готових виробів, тобто понизити температуру в хлібосховищі і підсилити в ньому вентиляцію.

Лекція 10. Мікробіологія плодів і овочів

Питання лекції:

1. Класифікація овочевих культур.
2. Класифікація мікроорганізмів плодів і овочів.
3. Хвороби плодів і овочів, що викликаються мікроорганізмами.
4. Класифікація хвороб плодів і овочів.
5. Зовнішні ознаки захворювань.
6. Мікробіологія квашених (солоних, мочених) овочів і плодів.

1. Класифікація овочевих культур

Асортимент овочевих культур, що вирощуються в нашій країні, включає близько 70 видів. Кожна культура відрізняється специфічними біологічними особливостями і пред'являє певні вимоги до умов зовнішнього середовища. В той же час деякі рослини мають і якісь спільні властивості. Це дозволяє групувати їх по певних ознаках, полегшує вивчення особливостей зростання і розвитку, а також відношення до умов навколишнього середовища.

Групують, або класифікують, овочеві рослини за ботанічними ознаками; за органами, що споживаються; за тривалістю життя.

За ботанічними ознаками вирощувані в Україні овочеві рослини об'єднуються в 12 родин:

1. Капустяні, або Хрестоцвіті: види капуста (білокачанна, червонокачанна, савойська, брюссельська, цвітна, пекінська, китайська, кольрабі), коренеплоди (редис, ріпа, редька, бруква, катран), а також листові гірчиця, крес-салат, кореневищні (хрін).

2. Селерові, або Зонтичні: морква, петрушка, пастернак, селера, кріп, коріандр (кінза), кервель та ін.
3. Гарбузові: огірок, гарбуз, кабачок, патисон, кавун, диня.
4. Пасльонові: томат, перець, баклажан, фізаліс, картопля.
5. Маревні: столовий буряк, мангольд, шпинат.
6. Бобові: боби, горох, квасоля.
7. Айстрові, або Складноцвіті: салат, естрагон, салатний цикорій, скорцонера, вівсяний корінь, артишок.
8. Гречані: щавель, ревінь.
9. Цибульні, або Лілейні: луки (ріпчастий, порей, шалот, часник, батун, багатолітній багатоярусний, слизун, шнітт, запашний).
10. Мятликові, або Злакові: цукрова кукурудза.
11. Ясноткові, або Губоцвіті: м'ята перцева, чабер, базилік, іссоп, майоран, меліса.
12. Спаржеві: спаржа.

У практичному овочівництві доцільніше групувати рослини по тому, які органи використовуються в їжу (коренеплоди, листя, коріння, цибулини і т. д.). Таке угруповання рослин дозволяє розробляти певні агротехнічні заходи для конкретної групи рослин, хоча вони і відносяться до різних ботанічних родин.

2. Класифікація мікроорганізмів плодів і овочів

На поверхні плодів і овочів (шкірці) постійно присутні різні мікроорганізми, значна частина яких не бере участь у процесах захворювань і псування, і знаходиться в неактивному стані. Якщо шкірка не пошкоджена і на її поверхні знаходиться незначна кількість живильних речовин, на ній можуть існувати і розмножуватися дуже небагато видів мікроорганізмів, які називаються епіфітною мікрофлорою. Видовий склад і чисельність цієї мікрофлори залежать від виду рослин, географічних, кліматичних і інших умов їх зростання.

Мікроорганізми, що розвиваються на плодах і овочах, за часом і місцем їх найбільшої активності можуть бути підрозділені на три групи.

До першої групи відносяться мікроорганізми, які розвиваються на плодах, бульбах і інших запасуючих органах рослин виключно під час зберігання і не вражають рослини в період вегетації. Це типові сапрофіти, поширені повсюдно. Спори сапрофітів у великих кількостях можуть зустрічатися в ґрунті, повітрі, в приміщеннях овоче- і плодосховищ. Сапрофіти здатні викликати захворювання тільки ослаблених рослин через пошкоджені покриви. Мікроорганізми цієї групи, використовуючи живильні речовини рослинних тканин, викликають серйозні порушення у всіх ланках обміну речовин, а потім розвиваються на мертвій тканині, як і на будь-якому другому органічному субстраті.

Весь цикл розвитку цих мікроорганізмів може минати в сховищі. Спори, що знаходяться в повітрі сховища, а також занесені з частками ґрунту і рослинних залишків, викликають зараження пошкоджених при прибиранні і транспортуванні плодів і овочів. Потім швидко настає нове спороносіння, і велике число пилоподібних спор розноситься по сховищу, викликаючи вторинні зараження.

Несприятливими умовами зберігання є дуже висока температура і вологість, сприяючи зараженню. До мікроорганізмів першої групи відносяться:

Rhizopus nigricans – збудник чорної цвілевої гнилизни багатьох плодів;

Aspergillus niger – збудник чорної цвілевої гнили цитрусових;

Penicillium digitatum – збудник оливкової цвілевої гнили цитрусових;

Erwima carotovora – збудник мокрої бактерійної гнилизни овочів.

До другої групи відносяться мікроорганізми, які заражають рослини на пізніх стадіях вегетації в полі, в основному за несприятливих погодних умов, але їх активність особливо сильно виявляється при зберіганні. Ці мікроорганізми володіють розвиненішими паразитичними властивостями в порівнянні з мікроорганізмами першої групи. Їх можна назвати факультативними паразитами, тобто мікроорганізмами, здатними переходити до паразитичного способу життя тільки за певних умов. У ґрунті ці мікроорганізми зазвичай не розвиваються, не витримуючи конкуренції з ґрунтовими сапрофітами. Вони потребують рослинних рештків, на яких минають лаву стадій свого розвитку. Ці мікроорганізми здатні заражати тільки ослаблені й пошкоджені плоди і овочі. Патогенність їх висока: проникнувши в рослину, вони швидко викликають порушення життєдіяльності і загибель клітин. Мікроорганізми цієї групи в своєму розвитку тісніше пов'язані з рослинами, ніж представники першої групи. До мікроорганізмів другої групи відносяться:

Fusarium – збудник фузаріозу картоплі;

Phytophthora infestans – збудник фітофторозу картоплі;

Sclerotinia libertiana – збудник білої гнилизни багатьох плодів і овочів, особливо моркви;

Botrytis cinerea – широко поширений збудник сірої гнилизни багатьох плодів і овочів;

Phoma – збудник фомозу моркви і буряка;

Rhizoctonia – збудник гнилизни коренеплодів.

До третьої групи відносяться мікроорганізми, які вражають лише рослини, що вегетують. Плоди і овочі, заражені цими мікроорганізмами ще в час вегетації, набагато легше вражаються при зберіганні мікроорганізмами першої і другої групи.

Наприклад, качанна капуста, заражена в полі псевдоборошняною россою, сильніше схильна до пошкодження сірою цвіллю і бактерійною гнилизною в процесі зберігання.

Мікроорганізми третьої групи володіють добре вираженими паразитичними властивостями і здатні заражати сильні рослини. Безпосередня активність цих мікроорганізмів виявляється головним чином в полі, і виражається в зниженні активності фотосинтезу, збільшенні транспірації і ослабленні рослин, що призводить до зниження врожаю. Деякі з цих мікроорганізмів не впливають істотно на якість продукції, але знижують її товарну цінність шляхом погіршення зовнішнього вигляду (парша яблук і груш). Мікроорганізми третьої групи закінчують весь цикл розвитку за період вегетації. Зимуючі стадії паразитів розвиваються на рослинних рештках у полі і проростають там навесні, заражаючи нові рослини.

3. Хвороби плодів і овочів, що викликаються мікроорганізмами

Погіршення якості і втрати плодів і овочів в процесі зберігання можуть бути викликані різними причинами, у тому числі і різними хворобами, як інфекційними, так і фізіологічними, або функціональними, що виникають без участі інфекцій.

Багато інфекційних хвороб починають розвиватися ще в саду або в полі, в період вегетації, а також під час збору урожаю при підготовці його до транспортування або закладки в сховищі.

Залежно від виду хвороби і особливостей її збудника, одні захворювання в період зберігання повільно розвиваються або зовсім припиняють розвиток, інші швидко розвиваються і легко поширюються на сусідні плоди при прямому контакті або через повітря.

Плоди і овочі під час вегетації, транспортування і зберігання вражаються різними хворобами, які діляться на фітопатологічні і фізіологічні.

Фітопатологічні хвороби викликаються мікроорганізмами-бактеріями і грибами, фізіологічні хвороби пов'язані з порушеннями нормальних фізіологічних процесів обміну речовин, дихання, що відбуваються в плодах і овочах.

Фітопатологічні хвороби.

Хвороби картоплі. Найбільш поширені хвороби картоплі: фітофтора, фузаріум, кільцева і мокра гнилизна, парші, рак.

Фітофтора: збудник – грибок *Phitophthora*, вражує рослину і бульби в період зростання, прибирання і зберігання. Видимі ознаки хвороби: темно-бурі плями на поверхні бульби і коричневі ділянки м'якоті, що йдуть від периферії до центру, утворюється через 20-25 днів після зараження.

Фузаріум (суха гнилизна): збудники – грибки з роду *Fusarium*.

На хворій бульбі спочатку утворюється бура втиснута пляма, потім бульба зморщується, на її поверхні з'являються білі, рожеві або жовті подушечки-грибниці і спори грибка. Паренхимна тканина бульби висихає, перетворюється на в'ялу водянисту масу. Фузаріум передається на здорові бульби до кінця зберігання, особливо навесні.

Мокра бактерійна гнилизна. Уражені бульби спочатку стають водянистими, м'якими, тканина їх швидко розм'якшується, перетворюючись на слизову оболонку, масу що тхне. Зараження відбувається в полі або в сховищі. Хвороба заразлива, швидко передається.

Кільцева гнилизна викликається бактеріями. Хвороба виникає спочатку у вигляді темного кільця ураженої м'якоті на подовжньому розрізі бульби. На погнилих зсередини бульбах до весни з'являються тріщини. При зберіганні зі зниженою вологістю погнилі тканини висихають, і кіркова частка бульби відділяється від центральної.

Рак картоплі – небезпечне грибкове захворювання, що приводить до втрати урожаю, вражає бульби в полі. На бульбах біля очок утворюються нарости, які, збільшуючись, приводять до повного руйнування бульби. З районів, де виявлений рак, картоплю необхідно вивозити, дотримуючи карантинні правила.

Парші вражає тільки шкірку і рідше зачіпає верхні шари м'якоті бульби.

Звичайна парші особливо сильно вражає картоплю, вирощену на піщаних ґрунтах, в сухі роки. На шкірці бульби утворюються неправильного контуру поверхневі виразки різної величини. Парші інколи покриває значні ділянки поверхні бульби, яка залишається сухою, але шорсткою.

Хвороби коренеплодів. Коренеплоди найчастіше вражаються білою, сірою і чорною гнилизною, фомозом (морква і буряк).

Біла гнилизна вражає моркву, петрушку, пастернак, селеру, батат, топінамбур, огірки, помідори, капусту. На ураженому овочі з'являється білий наліт – міцелій грибка, на якому через деякий час утворюються розміром з горошину чорні желвачки-склероції. Уражена гнилизною тканина перетворюється на драглисту масу.

Сіра гнилизна вражає моркву, петрушку, буряк, капусту, селеру. Перші видимі ознаки хвороби – сірувато-попелястий бавняноподібний наліт на поверхні овочів. Хвороба передається на здорові овочі. У сховища вона заноситься із зараженими овочами, тарою.

Чорна гнилизна моркви виявляється у вигляді чорних втиснутих плям на бічній поверхні або голівці коренеплоду. Зараження відбувається через місця механічних пошкоджень під час прибирання, перевезення. При зберіганні моркви хвороба швидко поширюється на здорові коренеплоди.

Фомоз моркви виявляється в покритті коренеплодів темними плямами. М'якоть руйнується, стає трухлявою, усередині коренеплодів утворюються порожнечі.

Фомоз (серцевинна гнилизна) буряка вражає голівку коренеплоду ще в полі. Під час зберігання грибок проникає всередину коренеплоду, викликаючи потемніння тканин. Хворі коренеплоди заражають здорові.

Хвороби лука і часнику. Лук і часник найчастіше вражаються сірою шийковою гнилизною лука, фузаріозною гнилизною донця лука і часнику, чорною цвілью, бактерійною гнилизною.

Сіра шийкова гнилизна. При ураженні грибком цибулина спочатку робиться немовби вареною, а потім на її поверхні утворюється сіро-бурий наліт з чорними склероціями. Хвороба переходить від хворих до здорових цибулин.

Чорна цвіль. Хвора цибулина покривається темними плямами з пилоподібним нальотом – спорами грибка. Останні легко поширюються, заражаючи цибулини, що мають пошкодження.

Фузаріозна гнилизна лука і часнику. Грибок вражає частіше донце, на якому спостерігаються потемніння і чорні плями. До фузаріозу приєднуються інші хвороби, і цибулина згниває.

Хвороби капусти. Найчастіше капустяні овочі вражаються сірою і білою гнилизною.

Сіра гнилизна, біла гнилизна. Це найбільш небезпечні хвороби, що вражають капусту і інші овочі з сімейства хрестоцвітих. Уражене листя ослизнюються і покриваються сірим (сіра гнилизна) або білим (біла гнилизна) нальотом. Склероції і міцелій грибка, поширюючись, заражають здорові качани.

Хвороби гарбузових овочів. Антракноз (мідянка) – найбільш поширена хвороба динь і кавунів. Хвороба виявляється у вигляді водянистих втиснутих плям на поверхні плодів, на яких потім з'являються рожеві дрібні подушечки-спори гриба. М'якоть розм'якшується і робиться гіркою на смак.

Бактеріоз огірків викликається бактеріями. Хворі плоди покриваються водянистими округлими плямами, які заглиблюються і утворюють виразки. Хвороба передається комахами.

Хвороби томатів. Томати вражаються фітофторою, фузаріозом.

Фітофтора. Плоди захворюють на рослині. На вершині плоду утворюються тверді, злегка втиснуті плями, з темно-брунатною тканиною.

Фузаріоз. На уражених ділянках плоду з'являються рожеві або білі бавно-подібні подушечки. Плоди, що загнили, перетворюються на драглисту масу, що тхне.

Хвороби плодів. Плоди найчастіше вражаються: парші, грибок сажі, плодовою гнилизною, блакитною і зеленою цвілью, сірою гнилизною.

Парші вражає плоди насіннячок. На яблуках і грушах з'являються округлі темно-сірі плями, які, зливаючись, утворюють велику пляму неправильного контуру. Ураження часто обмежується шкіркою. На ураженій ділянці утворюється тканина у вигляді корку, що закриває доступ мікроорганізмам і випару вологи. На парші з'являються тріщини, що проникають в м'якоть плоду, відкриваючи шлях іншим хворобам і найчастіше плодовій гнилизні. Під час зберігання парші не розвивається і на здорові плоди не передається.

Грибок сажі вражають яблука, груші, цитрусові, особливо у вологих районах і в дощові роки. Плоди покриваються чорним точковим нальотом, що псує зовнішній вигляд плоду. Шкірка і м'якоть не зачіпаються, плоди зберігаються нормально.

Плодова гнилизна вражає яблука, грушу, айву, абрикоси, персики, сливи, вишні і інші плоди. На поверхні уражених плодів спочатку з'являється темно-брунатна пляма, яка, збільшуючись, може захопити весь плід. Потім на ураженій ділянці з'являються сіруваті подушечки – органи плодоносіння грибка, розташовані концентричними колами.

Блакитна і зелена цвіль цитрусових. Це основні хвороби апельсинів, мандаринів, лимонів під час зберігання і перевезення.

Блакитна цвіль виявляється у вигляді втиснутої плями, зморщеної, водянистої, на якій з'являється білий порохуватий міцелій блакитного відтінку, м'якоть плоду розм'якшується.

Зелена цвіль за характером ураження має багато спільного з блакитною, відрізняючись від неї кольором – зеленим нальотом міцелію. За наявності поранень на шкірці цвіль легко передається від хворих плодів до здорових.

Сіра гнилизна ягід вражає виноград, малину, суницю, кісточкові плоди. Грибок руйнує плодову тканину за допомогою пектолітичних ферментів і ферментів, що руйнують клітковину. М'якоть плодів, розм'якшуючись, швидко згниває.

4. Класифікація хвороб плодів і овочів

Всі хвороби, що виявляються при зберіганні плодів і овочів, можна умовно підрозділити на п'ять груп.

До першої групи відносяться хвороби, розвиток яких відбувається тільки в саду або полі в період вегетації. Нових перезаражень ними в період зберігання не буває. Всі ці хвороби є вірусними і мікоплазмовими.

До другої групи відносяться хвороби, зараження якими відбувається в період вегетації (зазвичай незадовго до збирання врожаю), а розвиток продовжується вже в період транспортування або зберігання, особливо при недотриманні режимів зберігання, тобто в умовах, що приводять до фізіологічних порушень і зниження природної стійкості плодів і овочів. Багато які з цих хвороб не лише продовжують розвиватися в межах зараженого плоду, але і поширюються на ті, що оточують.

До третьої групи відносяться хвороби, виникнення і розвиток яких відбувається головним чином (або виключно) в період зберігання. Збудниками їх є в основному сапрофітні гриби і бактерії, що розвиваються тільки на мертвих або дуже сильно ослаблених рослинних тканинах. Всередину тканини вони проникають, як правило, через різні механічні пошкодження (тріщини, подряпини, місця ударів, натисків, тощо). Велика частка збудників цієї групи хвороб здатна вражати багато видів рослин і легко перезаражати різні види продукції.

До четвертої групи відносяться фізіологічні, або функціональні, хвороби.

До п'ятої групи відносяться хвороби або пошкодження, нанесені шкідниками (комахами, кліщами, нематодами).

Окрім того, що пошкодження комахами знижують товарні якості плодів, у багатьох випадках саме вони (так само, як і функціональні хвороби) сприяють розселенню на таких плодах сапрофітної мікрофлори (грибів і бактерій), тобто розвитку зв'язаного патологічного процесу.

Розвиток хвороб в період зберігання в дуже великому ступені залежить від умов зберігання. У багатьох випадках саме недотримання режиму зберігання стає основною причиною масового розвитку захворювання.

При високих позитивних температурах в сховищах завжди активно розвиваються цвілеві гриби. Крім того, високі температури прискорюють старіння плодів і, ослабляючи їх природні захисні властивості, роблять плоди сприйнятливішими до гнильних мікроорганізмів.

5. Зовнішні ознаки захворювань

Найбільш поширеними зовнішніми ознаками захворювань є наступні: плямистість, гнилизна, нальоти, нарости, виразки.

Плямистість – відмирання окремих ділянок тканин, що розрізняються формою, забарвленню і консистенції (чорна плямистість моркви, фітофтороз картоплі, фомоз капусти).

Суха і мокра гнилизна – один з основних типів ураження картоплі і овочів грибами і бактеріями. Наприклад, при сухій гнилизні картоплі бульба зберігає форму, але підсихає, зморщується і часто покривається подушечками грибниці

різних відтінків; при мокрій гнилизні бульби розм'якшуються, ослизнюються, перетворюються на мокру масу, що тхне.

Нальоти – утворення, що розвиваються на поверхні уражених плодів і овочів і складаються з грибниці і спороносінь грибів. Нальоти розрізняються за забарвленням і бувають білі, бурі, сірі, жовті, чорні, червоні та ін. Нальоти можуть бути пишними і щільними. Наприклад, біла гнилизна моркви є пишним бавняноподібним нальотом.

Нарости – це розростання тканин плодів і овочів за рахунок збільшення об'єму або числа уражених клітин. Типовим прикладом є рак картоплі.

Виразки – захворювання, що характеризується появою на поверхні плодів і овочів поглиблень або скориночок з нерівними краями, що інколи містять органи спороносіння грибів. Хвороби з виразковими ураженнями поверхні тканин називають парші, наприклад звичайна або горбкувата парші картоплі.

6. Мікробіологія квашених (солоних, мочених) овочів і плодів

Мікрофлора цих товарів в основному представлена різними молочнокислими бактеріями. В активній фазі бродіння кількість їх в 1 г продукту може досягати 500 мл. У готових продуктах виживають лише анаеробні і факультативно-анаеробні, кислототривкі, малочутливі форми бактерій – плантарум, бревіс і деякі інші. Останні відносяться до гетероферментативних. Утворюючи значні кількості оцтової і молочної кислот, етилового спирту, вуглекислого газу, ефірів, діацетилу, вони надають квашеним овочам приємному смаку.

У глибинних шарах квашених овочів (у дошниках, бочках) при підвищеній температурі зберігання можуть розвиватися маслянокислі бактерії, що викликають розм'якшення консистенції, додають важкий запах і неприємний смак. Поверхневі шари можуть заселятися дріжджами, цвілевими грибами. В результаті розсіл опріснюється, консистенція розм'якшується. При рясному розвитку в поверхневому шарі цвілевих грибів створюються сприятливі умови для гнильних бактерій, що викликають глибоке псування.

ЗМ 1.3. МІКРООРГАНІЗМИ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Лекція 11. Мікроорганізми у виробництві сиру

Питання лекції:

1. Технологія виробництва сиру.
2. Особливості виробництва основних різновидів сиру.
3. Джерела надходження мікрофлори в сир.

1. Технологія виробництва сиру

Процес виробництва сиру складається з наступних стадій і технологічних операцій:

- 1) дозрівання молока і його підготовка до згортання;
- 2) отримання й обробка згустку та сирного зерна;
- 3) самопресування і пресування сиру;
- 4) посол сиру;
- 5) дозрівання сиру.

Дозрівання молока полягає у витримці його при температурі 10-12°C протягом 12-14 годин з додаванням або без додавання закваски молочнокислих бактерій. Під час дозрівання змінюються склад і властивості молока, які позитивно впливають на згортання молока, активніше розвивається мікрофлора закваски, що забезпечує нормальну обробку згустку. При цьому прискорюється виділення сироватки із зерна та енергійно наростає кислотність, прискорюються процеси вироблення і дозрівання сиру. Гранична кислотність молока після дозрівання не повинна перевищувати 20°Т. Для згортання молока в сироварінні застосовують молокозсідальні ферменти тваринного походження і ферментні препарати на їхній основі. Препарати вносять до молока у вигляді розчину, для їхнього рівномірного розподілу за всім обсягом вміст ретельно перемішують протягом 6-7 хвилин, а потім залишають в спокої до утворення згустку. Тривалість згортання молока встановлюють залежно від виду сиру, при виробленні твердих сирів – 30-35 хвилин, для сирів зниженої жирності – 35-40 хвилин, для м'яких сирів 50-90 хвилин. Згортання молока проводять при температурі від 28 до 35°C. При зниженій здатності молока до згортання температуру підвищують в припустимих для кожного виду сиру межах.

Отримання й обробка згустку та сирного зерна. Готовність згустку визначають по його щільності і міцності на злам. Мета обробки згустку полягає у видаленні сироватки з розчиненими в ній складовими частинами молока шляхом вимішування. В процесі вимішування виділяється сироватка, зменшується об'єм зерна, воно стає округлим. В кінці вимішування зерно характеризується пружністю, достатньою міцністю і втратою первинної клейкості. На тривалість вимішування впливає температура, при якій вимішують зерно і визначається температурою згортання молока, залежно від виду сиру, що випускається.

Після вимішування зерна проводять його теплову обробку, тобто друге

нагрівання для прискорення обезводнення. Чим вище температура другого нагрівання, тим краще обсихає сирне зерно, заздалегідь видаливши від 20 до 30% сироватки. Теплоносієм при другому нагріванні використовують пару або гарячу воду. При нагріванні сирного зерна і сироватки підвищується клейкість і легко утворюються грудки, тому в процесі другого нагрівання сирну масу постійно перемішують, не допускаючи утворення грудок, які обсушуються значно повільніше, ніж зерно, внаслідок чого маса обсушується нерівномірно.

Процес нагрівання проводять в дві стадії: на першій стадії температуру встановлюють 39°C, на другій (в кінці обробки) – температуру підвищують до встановленої для кожного виду сиру. Вимішування зерна після другого нагрівання називається обсушуванням. Тривалість обсушування збільшується, якщо потрібно більше виділити вологу з сирної маси і залежить від кислотності, з підвищенням кислотності процес обсушування прискорюється. У міру вимішування із зерна віддаляється зайва сироватка, зерно обсихає, стискається, набуває округлої форми.

Важливим моментом в технології сиру є правильне встановлення закінчення обсушування зерна. Досить обсушене зерно при стискуванні склеюється, при легкому струшуванні грудка розсипається, а при розтиранні між долонями зерна відокремлюються. Зерно готове до формування, тобто отримання щільної маси. Важливим чинником формування є температура, тому, щоб сирна маса не охолоджувалася, формувати її треба швидко, а в приміщенні підтримувати температуру від 18-20°C.

Самопресування і пресування. Формування і підпресування проводиться в сироварних ваннах і продовжується 30-40 хвилин. Мета самопресування і пресування сиру полягає у видаленні надлишків сироватки, максимально допустимому для кожного виду сиру ущільненні сирної маси. Самопресування здійснюється під дією ваги сиру, а пресування – під дією зовнішнього тиску. Попереднє самопресування, а потім пресування з поступовим збільшенням тиску сприяє повнішому обезводненню сиру. Пресування сиру відбувається в спеціальних формах і починають з мінімальних навантажень, а потім поступово підвищують до максимального значення і складає 15-20 хвилин. Тривалість пресування різна для окремих видів сиру. Важливою умовою, що впливає на процес пресування сиру, є підтримка температури сирної маси. Найбільш сприятлива температура повітря в приміщенні – від 18 до 20 °C. Відпресований сир повинен мати рівну, гладку поверхню без зморшок, пір і тріщин.

Посол сиру можна проводити як несформованого так і сформованого. Найпоширенішим способом є посол в розсолі і здійснюється шляхом занурення сиру в розчин куховарської солі. В період посолу, коли в сирі протікає інтенсивний процес бродіння і можливе надлишкове газоутворення і спучення, сири витримують при низькій температурі – на рівні 8-12°C. Тривалість посолу залежить від швидкості проникнення солі всередину сиру і його питомої поверхні. На швидкість проникнення солі впливають склад і властивості сиру (вологість сирної маси після пресування, щільність зовнішнього шару) і параметри розсолу (концентрація і температура). М'які сири солять менш тривалий час,

тверді – декілька діб. Після посолу сир спочатку обсушують на стелажах в соляному приміщенні протягом 2-3 діб при температурі 10-12°C. потім поміщають в спеціальні камери для дозрівання, де сир повинен досягти оптимальної для кожного виду кислотності.

Процес дозрівання сиру залежить від зовнішніх умов: температури, відносної вологості повітря в камері дозрівання. Температура в камері під час дозрівання має бути не нижче 12-15°C, до кінця дозрівання знижатися до 10°C, відносна вологість повітря – 88-94%, знижатися до 80%. Догляд за поверхнею сиру під час дозрівання проводять для підтримки поверхні в необхідному для даного виду сиру стану, регулювання в потрібному напрямі мікробіологічних і біохімічних процесів і скорочення втрат продукту. Для рівномірного осідання сири періодично, залежно від стану сирів і умов дозрівання, перевертають через 7-15 діб. У міру появи цвілі або слизу сири миють, обсушують і повертають на дозрівання. Правильний, раціональний догляд за поверхнею сиру в процесі дозрівання сприяє не лише отриманню продукту хорошої якості, але і скороченню його втрат. Попередити руйнування кірки сиру і розвиток на ній слизу і цвілі, понизити втрати маси сиру, підвищити якість готового продукту і скоротити витрати по догляду за сиром при дозріванні можна за допомогою захисних покриттів поверхні сирів на основі парафіну. Для покриття сирів сплавами використовують парафінери. Поверхня сиру перед нанесенням покриття має бути сухою. Температура сиру – 10-12°C. температуру парафіно-воскового сплаву підтримують на рівні 140-150°C. Догляд за парафінованим сиром зводиться до обтирання його поверхні сухою серветкою, перегортання через кожні 10-15 діб.

2. Особливості виробництва основних різновидів сиру

Технологія напівтвердих сичугових сирів. Це самопресовані сири, які виробляються в нашій країні в обмежених кількостях. Особливістю технології виробництва сирів даного вигляду є сичугове згортання молока з 0,8-1,5% бакзакваски лактококів при температурі 32-34°C протягом 30-35 хвилин. Зерно ставлять розміром 6-7 мм у поперечнику, після чого вимішують до 2-го нагрівання 5-10 хвилин. Друге нагрівання до 36-38°C проводять протягом 10 хвилин, після чого вимішують 10-20 хвилин до вмісту вологи в сирному зерні 44-45%.

Сир формують насипом зерна, заздалегідь відокремленого від сироватки. Самопресування триває 4-6 годин при 4-5 перегортаннях разом з формами.

Сир солять в розсолі 2-3 діб, після чого обсушують 1-2 діб для дозрівання і залишають для дозрівання при 12-14°C на 25-30 діб.

Дозріває сир в камері, в умовах підвищеної відносної вологості повітря (92-95%). При цьому через кожні 2-3 доби. сир перетирають, не видаляючи слиз, і перегортають. До кінця дозрівання знижують температуру до 10-12°C при відносній вологості повітря 85-90%.

Технологія м'яких сичугових сирів. У світовому виробництві група м'яких сичугових сирів – одна з найчисленніших (більше 100 найменувань). Особливо поширено виробництво м'яких сирів у Франції, Італії, Німеччині і

інших західноєвропейських країнах, країнах Латинської Америки. Деяка кількість м'яких сирів випускається і реалізується в свіжому вигляді – адигейський, м'який солоний сирок та інші.

В основі технології виробництва м'яких сичугових сирів лежить створення умов для інтенсивного розвитку молочнокислого процесу при високому вмісті в сирі вологи (60% і більш). Для цього молоко перед згортанням разом з 1-3% бакзакваски лактококів витримують до наростання кислотності на 1-2 градусів Т. Тривалість згортання встановлюють 60-90 хвилин. Сирне зерно ставлять велике (10-15 хвилин в поперечнику).

Сир формують наливанням і залишають для самопресування на 4-8 годин при 18-20°C.

М'які сичугові сири переважно солити в розсолі з концентрацією 20-22% при температурі 12-13°C протягом 2-3 годин. Тривалість посолу залежить від виду сиру, що реалізовується, – зрілий, або не зрілий. Після посолу сири обсушують, витримують їх в цьому ж приміщенні протягом 2 діб. За час обсушування сири перегортають 2-3 рази.

Дозрівання м'якого сичугового сиру проводять в камері з температурою 12-15°C і відносній вологості повітря в ній 80-85%. Тут сири осіменяють мікрофлорою слизу (*Bact. linens*) і спорами цвілі *Penic. album* і *Penic. candidum*. На початку дозрівання рівень рН сирної маси досягає 4,7-4,9. При цьому вся лактоза в сирі зброджується. Дозрівання йде за рахунок мікрофлори, що розвивається на поверхні голівок сиру (біла цвіль). При цьому споживається молочна кислота і лактати, розщеплюються білок і жир. За рахунок виділення аміаку кислотність в сирі знижується і рН до кінця дозрівання сиру досягає 6,0-6,5. Процес дозрівання сиру йде зовні всередину голівок.

У міру достатнього розвитку білої цвілі на поверхні сирів (6-8 діб) сири перекладають і переміщують в камеру з температурою 11-12°C і вологістю 88-92% на 15.20 сут. За час дозрівання об'єм цвілі зменшується, розвивається слиз, що надалі покриває всю поверхню голівки сиру. Перед реалізацією зрілий м'який сир повинен мати гострий пікантний смак, консистенцію м'яку, маслянисту, без візерунку. Тонка скориночка сиру покрита шаром червонувато-жовтого слизу і вкрапленнями білої і голубуватої цвілі. Недозрілі сири після посолу і обсушувань поверхні відразу ж направляють в реалізацію.

Особливості технології кисломолочних сирів. Серед великої різноманітності асортименту натуральних вітчизняних сирів (більше 150 найменувань) особливу групу займають м'які кисломолочні сири, виробництво яких явно недостатньо. З них технологічними і зручними для безперервного виробництва є сири термокислотного осадження білків молока (ТКО). Ця група сирів небагачисельна, в нашій країні вона представлена сирами адигейським, дачним, альпійським і деякими іншими.

Сири ТКО мають лаву переваг перед сирами інших видів, оскільки менш вимогливі до складу, властивостей і якості молока, що переробляється, дозволяють повніше і ефективніше використовувати складові частини молочної сировини, інтенсифікувати технологію отримання сирної маси та ін. Поряд з ви-

користанням натурального молока при виробленні сирів ТКО допустимо і, ймовірно, доцільне використання також іншої молочної сировини, що цілеспрямовано виготовляється на самому сироварстві з білково-жирових складових молока. При цьому для підвищення ефективності виробництва можливе збільшення концентрації основних компонентів (білка і жиру) в цій сировині.

Для виробництва сирів термокислотного способу осадження, до складу і якості молока не пред'являються підвищені вимоги сиропридатності та до відсутності маслянокислої мікрофлори, які зумовлюють якість сичугових сирів. Крім того, технологія сирів термокислотного способу осадження дозволяє швидко виділити сухі речовини з молока, відокремити сироватку і сформувані голівки. Відпадає необхідність у вживанні дорогих молокозсідальних ферментів. Коагуляція білків і виділення сухих речовин проводиться шляхом підкислення гарячого молока до рН 4,6. Після охолодження і посолки сири у терміні 3-5 діб придатні для реалізації. Вихід сирів ТКО за рахунок використання сироваткових білків, на 4-7% вище, ніж при виробництві сирів інших видів. Сирна маса цих сирів може бути основою для виготовлення комбінованих сирів з рослинними компонентами (КСРК) і інших продуктів. Істотними недоліками традиційної технології виробництва сирів термокислотного способу осадження є високі температури (80-90°C), використовувані для виділення сухих речовин з молока. Це створює певні труднощі при роботі в плані дотримання правил техніки безпеки.

Кисломолочні сири реалізують в свіжому вигляді. Згортання молока при виготовленні сирів цієї групи проводиться кислотним, шляхом розвитку лактококів, або кислотно-сичуговим способами. Тривалість згортання 6-8 годин.

Асортимент сирів даної групи представлений наступними сирами: вершковий, чайний, дієтичний, черкаський та ін. Ці сири готують з молока, сколотини або їх суміші. Технологія кисломолочних сирів близька до технології «творогу».

Згортання молока проводять молочнокислими стрептококами з додаванням хлориду кальцію при 30-32°C. Через 1,5-2 години після внесення бакзакваски додають водний розчин сичугового ферменту (1 г на 1 т молока). Тривалість згортання – 6-9 годин, причому перші дві години молоко перемішують через кожних 30 хвилин для попередження відстою вершків. Готовий згусток має кислотність 70-75 градусів Т.

Згусток розрізають і витримують 10-15 хвилин, після чого переміщують на решета, що вислані серпянкою, для самопресування протягом 1,5-2 годин. Потім сирну масу пресують протягом 2 годин під тиском 0,1-0,15 МПа при температурі в приміщенні пресування не вище 8°C.

Вершковий сир виготовляють на механізованих лініях. Сироватку від згустку відокремлюють на саморозвантажних сирних сепараторах. В отриману білкову масу додають цукор, фруктові есенції, злегка солять і, перемішавши, фасують в стаканчики з полістиролу або коробки.

З дозріваючих кисломолочних сирів в нашій країні випускають зелений терковий сир.

Сир рокфор (у Франції) традиційно виробляється з цілісного овечого мо-

лока, проте в даний час багато виробників виробляють його їх коров'ячого молока. Сир має пікантний, перцевий, гостро солений смак і специфічний аромат внаслідок вживання в технології виробництва рокфору культур цвілі *Pen. tjgueforti* і чистих молочних бактерій.

Технологія сиру рокфор досить складна, і його виробництво вимагає ізолюваних камер витримки (парильні), посолу і дозрівання, високої кваліфікації і професіоналізму робітників, – тому ми не зупиняємося детально на її особливостях. В умовах міні-підприємств організації вироблення сиру рокфор можливе тільки при чіткій спеціалізації виробництва. До даної групи сирів відносяться сир російський камамбер і десертний білий, що мають білу цвіль на поверхні голівок сиру.

Безкоркові сири – це зазвичай тверді сири з високою, низькою або середньою температурою 2-го нагрівання, або сири типа чеддар. Сири готують з пастеризованого молока з вмістом жиру в сухій речовині готового сиру 45 або 50%. Розроблені технології виробництва спеціальних безкоркових сирів, особливість яких в тому, що вологість сирної маси встановлюють на 2-3% нижче, ніж зазвичай.

Технологія безкоркових сирів має лаву переваг перед традиційними сирами. Безкоркові сири – це крупні блокові сири масою 50-80 кг і більш. Поверхня не має кірки і не вимагає зачистки, сир споживається повністю, якість стабільніша, консистенція тесту однорідна. Спрощуються і полегшуються операції посолу і дозрівання, немає необхідності в строгому дотриманні температурно-вологісних режимів дозрівання. Відпресовані сири, оброблені фунгіцидом, можна укласти в спеціальні ящики – контейнери, або герметично упакувати в термоусадну плівку. Усихання і втрати сирної маси при дозріванні незначні, трудомісткість при використанні навантажувально-розвантажувальних машин мінімальна. Контейнери з сиром можна штабелювати.

Зрілі сири порціонують і упаковують під вакуумом в полімерні плівки, що вельми зручно для реалізації в універсамах і на підприємствах громадського харчування.

Собівартість безкоркових сирів в порівнянні зі звичайними сирами в середньому на 7,5% нижче при стабільно високій якості.

Швидковизрілі сири. При виробництві багатьох видів плавлених сирів, замість зрілих сирів як сировину зручно і ефективно використовувати напівфабрикати – спеціально виготовлені швидковизрілі сири, сформовані у вигляді голівок, або неформовані сирні маси, що дозрівають у бочках, пластикових мішках, ящиках і іншій крупній тарі.

Хімічний склад швидковизрілої сирної маси (у %): жиру у сухій речовині – 45; сухих речовин – 52; води – 48; білкових речовин – 17,5-18; вільних амінокислот – 3,3; солі – 2; золи – 4.4,1.

Сир має малозв'язану, рихлу консистенцію, смак виражений, близький до сирів з високою температурою 2-го нагрівання, придатний для безпосереднього вживання.

Біотехнологічні особливості швидковизрілих сирів:

- висока зрілість молока, кислотність 21-23 градуси Т і вище;
- проведення кислотно-сольової корекції складу молока;
- у пастеризоване молоко вносять високу дозу бакзакваски (2-4%);
- згортання молока при 36-38°C протягом 15-25 хвилин звичайною дозою молокозсідального ферменту;
- розрізання згустку на зерно 4-6 мм;
- друге нагрівання при 48-50°C;
- обробка сирної маси протягом 50-60 хвилин;
- чеддаризація сирної маси, звільненої від сироватки протягом 30-60 хвилин до утворення кислотності сироватки 40-45 градусів Т;
- дроблення сирної маси і змішування її з розчином солей (хлорид натрію 2%, динатрійфосфат 3-4%);
- рН маси після внесення солей – 5,6-5,8;
- формування і ущільнення сирної маси в бочки, ящики або чорні пластикові мішки по 10-100 кг;
- дозрівання протягом 15-20 діб при 18-20°C.

Як правило, ці напівфабрикати можна виготовляти на мінізаводах, розташованих в глибинці. Як сировину можна використовувати пастеризоване цілісне і знежирене молоко, склотину і їхні суміші з розрахунку 30, 45 або 50% вмісту жиру в сухій речовині сиру.

Коагуляцію молока проводять сичуговим ферментом або пепсином після внесення бактерійної закваски для сирів з низькою або високою температурою 2-го нагрівання. Сирне зерно ставлять розміром 4-6 мм і вимішують до вмісту вологи 43-45% (ясно виражений скрип на зубах при жуванні кількох зерен).

Сирну масу формують у вигляді пласта завтовшки 10-15 см під шаром сироватки і підпресовують 15-25 хвилин під навантаженням 1 кг на кг сирної маси. Пласт розрізають на шматки 30×30 см і залишають на 2-4 години для чеддаризації, забезпечуючи вільний стік сироватки.

Чеддарізовану сирну масу дроблять у вигляді стружки або сирного фаршу, змішують з куховарською сіллю (1,5%) і солями-плавителями (1,5-2,0%), використовуваними при виробництві плавлених сирів. Потім масу товкачем щільно набивають в бочки місткістю 100-120 кг, встановлюють верхній круг, гнет, і не герметизують.

Бочки, мішки або голівки сиру направляють в камери або підвали для дозрівання при температурі 12-20°C (залежно від виду використаної бакзакваски). Тривалість дозрівання – близько 2 тижнів. В результаті виходить зріла, злегка пориста жовтувата сирна маса, можливо розсипчастій консистенції, з приємним смаком і ароматом. Недолік – при 14-20°C сир швидко перезріває і після 20-30-тидобової витримки його слід охолодити до 2-4°C для тривалого зберігання, або заморозити.

Сирні маси і сироподібні продукти. На міні-сирозаводі з молочної сировини можна виготовляти сироподібні продукти. Вони можуть бути вироблені у вигляді сирної або пастоподібної маси. Найчастіше, це продукти подвійного ві-

дварювання і містять значну кількість сироваткових білків. Відмітимо, що харчова і біологічна цінність сироваткових білків вища, ніж казеїну, але вони мають легку природну гіркоту. Спільне осадження казеїну і сироваткових білків збільшує вихід продукції, що забезпечує вищий прибуток.

Для отримання сирної маси краще змішати свіжу (солодку) підсирну сироватку із знежиреним молоком в співвідношенні 1:1. Частина знежиреного молока можна замінити солодкою сколотою. Цю суміш нагріву до 85-95°C і, при помішуванні, внести кислу сироватку з кислотністю 200-220 градусів Т, лимонну або оцтову кислоту. При появі білкових пластівців додавання кислот припинити. Витримати без перемішування 3-5 хвилин, а шар білка, що піднявся на поверхню сироватки, зібрати ситом, освітлену сироватку злити. Білок швидко охолодити. На дні залишиться сироватка з білком. Цю частку злити в мішок з щільної полотняної або лавсанової тканини, зав'язати і покласти на стічний стіл. Обкласти зовні коленим льодом для охолодження і прискорення стікання сироватки. Через 10-20 годин, коли маса в мішку зневодниться і охолодиться, змішати її з масою, раніше зібраною з поверхні сироватки. З цієї маси, після її посолу, можна приготувати через сформування в конічних формах-кошиках, сир, подібний до італійського сиру "Рікота".

Несформовану масу можна випускати в реалізацію солону, з цукром, родзинками і іншими добавками. Сирну масу потрібно охолодити до 6-8°C і швидко підготувати до реалізації. Охолоджувати зручно, змішавши масу з харчовим лускатим льодом. Термін реалізації сиру – не більше від 48 годин.

Молочно-білкові пасти "Здоров'я" і ацидофільну виробляють із знежиреного молока кислотністю до 19 градусів Т. Молоко нагрівати до 90°C і витримати 30 хвилин, після чого охолодити до 36-38°C. Внести 5-8% бакзакваски. Залишити для квашення на 10-12 годин до кислотності згустку 80-85 градусів Т. Згусток розрізати лірою на зерно 20 мм в поперечнику і витримати 1 годину. Перемішати обережно і видалити як можливо більшу частину сироватки. Сирну масу відокремити від сироватки фільтруванням в полотняному або лавсановому мішку до вмісту в ній вологи не більше 85%, охолодити до 8-10°C.

Білкову масу ретельно розмішати до сметаноподібної консистенції, внести пастеризовані вершки і, за бажанням, інші наповнювачі і ароматизатори. Фасувати в банки, стакани, полімерну тару для сметани. Термін реалізації не більше 36 годин при температурі 8°C з моменту виготовлення.

При виготовленні ацидофільної пасти квасити бакзакваскою ацидофільної палички при 40-42°C. У готову масу можна додати цукровий і фруктовий сиропи. Решта технологічних операцій такі ж, як і при виготовленні пасти "Здоров'я".

Технологія розсольних сирів. Ці сири з давніх часів виробляють в регіонах з жарким кліматом, де інші сири важко зберегти. Для збереження використовували рідкі заливки – розсіл, міцні білі вина, мед, сиропи. До теперішнього часу використовується концентрований (16-20%) розчин куховарської солі, який наводять на чистій воді або знежиреної та депротейнізованої сироватки. Розсольні сири діляться на 2 групи: що виробляються за традиційною техноло-

гією, аналогічно м'яким сирам (типа осетинського), і з чеддаризацією та термомеханічною обробкою сирної маси (типа сулугуні). Останні інколи піддають холодному копченню.

Особливостями технології розсольних сирів є використання нормалізованого, пастеризованого і зрілого молока, мезофільних лактококів у вигляді бакзакваски для дрібних твердих сирів (0,8-1,2%).

Сичужний згусток досить щільний, витриманий, розрізається на крупне зерно (10-15 мм). Друге нагрівання не робиться або температуру його підвищують на 1-2°C, коротке осушення зерна (10-15 хвилин).

Формування сирів – наливанням або насипом сирного зерна у форми.

Самопресування – тривале (6-8 годин), з декількома (3-4) перевертаннями форм із сирною масою.

Посол і дозрівання сиру проводиться в розсолі 18-20%-ної концентрації при 10-12°C протягом 12-15 діб., після чого його переміщують в розсіл 16.-8%-ної концентрації з температурою 8-12°C. Термін дозрівання – до двох місяців.

Сири з чеддаризацією і термомеханічною обробкою сирної маси мають наступні біотехнологічні особливості. Їх готують з пастеризованого і нормалізованого за жиром молока. Вносять 0,7-1,2% бакзакваски для дрібних твердих сирів, сичужовий фермент і витримують 30-35 хвилин. Сирне зерно велике, обробляють до вмісту вологу 46-47%. Для прискорення чеддаризації практикують подвійне внесення бакзакваски. В цьому випадку 0,3-0,5% бакзакваски вносять додатково до сирного зерна і 5-7 хвилин перемішують. Потім зерно направляють в чеддаризатори.

Чеддаризацію проводять при 30-35°C до кислотності виділеної сироватки 48-52 градусів Т, після чого дроблять на стружку, яку солять в гарячому розсолі, відокремлюють від нього і в шнековому апараті піддають термомеханічній обробці. Отримані голівки поміщують у форми, де сир остигає.

Технологія виготовлення розсольних сирів – одна з найбільш простих, оскільки посол, дозрівання і зберігання більшості їх проводиться в середовищі концентрованого розчину. При цьому витрати по догляду за ними мінімальні. Тільки небагато з них після посолу в розсолі дозрівають на полицях.

Бринза – один з найбільш поширених розсольних сирів, який виробляється з сирого або пастеризованого молока, овечого, козиного, буйволового або їхньої суміші в різних співвідношеннях. При виготовленні бринзи з сирого молока термін її дозрівання (витримки в розсолі) має бути не менше 60 діб. Режим пастеризації молока: температура 67°C, витримка 10-15 хвилин. У охолоджене до 28-33°C молоко вноситься 0,8-1,2%, а в сире при цій же температурі – 0,2-0,4% бактерійної закваски. Хлористий кальцій вноситься тільки до пастеризованого молока і не більш 20 г на 100 л. Сичужний фермент – з розрахунку згортання молока за 40-70 хвилин.

Готовий згусток акуратно без дроблення переносять на стічний стіл, за-сланий двома шарами серпянки. Під серпянку підкладається мат. Сироватку збирають в ємність. Шар сирної маси на столі має бути 10-12 см, її можна порі-зати ножем. Після витримки 20-30 хвилин. кути серпянки складають конвертом

і зверху поміщають гніт, рівний масі сиру.

Температура приміщення має бути 18-20°C. Через 2-2,5 години, коли сироватка перестане виділятися з маси, сир розвернути і розрізати по лінійці на бруски 10×10 см, які охолодити у воді з температурою 8-10°C протягом 1-2 годин.

Охолоджені сири поміщають в розсіл з концентрацією 20% солі і температурою 10-12°C, як правило, в одну лаву. Зверху сири покривають серпянкою і посипають сіллю. Через 6-12 годин розсіл перемішують і повторно посипають сіллю. Так щодня протягом тижня. Просолені сири поміщають в бочки з розсолом для дозрівання.

У підготовлені дерев'яні бочки на дно насипати шар солі «екстра» і вкласти щільно бруски сиру. Порожнечі заповнити половинками шматків. Кожну подальшу лаву бринзи посипати шаром солі. Після заповнення бочку закрити донцем, набити обручі і залити через отвір охолоджений до 6-8°C розсіл концентрацією 16-18%. Залишити в прохолодному місці при температурі 6-8°C для дозрівання, періодично контролюючи концентрацію розсолу. Перед відвантаженням розсіл злити, профільтрувати через серпянку, довести концентрацію 16-18% і, охолодивши до 6-8°C, залити розсіл в бочки і герметично укупорити їх.

Сири чанах, кобійський, тушинський виготовляють також з пастеризованого молока тварин в будь-якому співвідношенні. Згортання, обробка згустку аналогічні виробництву бринзи. Проте згусток розрізають в ємкості, ставлять зерно приблизно 20 мм, витримують 20-25 хвилин, після чого відливають 30% сироваток. Масу повільно (2°C за 1 хвилину) нагрівають до 36-38°C і вимішують 25-45 хвилин для забезпечення вологості сиру 52-56%. Видаляють ще 30-40% сироваток і зачинають формування.

Конічні форми встановлюють щільно на стічний стіл і наповнюють розмішаним сироваткою сирним зерном (наливанням). Залишають на 3-5 хвилин для самопресування, перепресовують в нові форми, використовуючи властивості конуса. Наступні перепресування проводять через півгодини, а потім за годину і дві години. Спільна тривалість самопресування – 5-6 годин. Сири виймають з форм, відзначають дату і номер варива, а потім солять в розсолі з концентрацією 18-22% солі і температурою 8-12°C протягом 20-30 днів. Розсіл щодня перемішують. Потім концентрацію розсолу можна знизити до 16-18%, в якому сир дозріває ще 30-45 днів. Готовий сир виймають із розсолу, підсушують і реалізують.

Сулугуні відноситься до розсольних сирів з чеддаризацією і плавленням сирною масою. Виробляється з сирного і пастеризованого молока різних тварин. Використовується зріле молоко з кислотністю суміші 25-27 градусів Т. У суміш додається 0,7-1,2 % закваски. Згортання сичуговим ферментом проводять при 31-35°C протягом 30-35 хвилин. Верхній шар згустку перевертають, згусток розрізають на зерно 6-10 мм протягом 10-15 хвилин. Відливають 30% сироватки і масу нагрівають при перемішуванні до 34-37°C. Після видалення ще 40% сироватки зерно, що осіло, формують в пласт і підпресовують гнітом 0,5 кг на 1 кг сиру. При температурі 28-32°C і вільному виділенні сироватки минає чеддаризація сирної маси протягом 3-5 годин. За цей час пласт кілька разів перевертають. Готов-

ність маси оцінюють по кислотності сироватки (140-160 градусів Т).

Доспілу масу ріжуть на смуги завтовшки 0,5-1 см і поміщають в шнековий плавитель або казан для плавлення в гарячій воді або сироватці з температурою 70-78°C. Постійно перемішують до отримання однорідної тягучої маси. Цю масу формують гарячою, завертаючи зовнішні краї всередину форми, роблячи кулястою верхню частину. Форми – циліндрові зі дном, інколи присипаним дрібною сіллю. Сформовані сири залишають у холодному місці при 8-10°C на 6-12 годин. Солять сир в розсолі 18-20% концентрацій і температурі 8-12°C протягом 1-3 діб. Сир реалізується в свіжому вигляді.

Сир чечил, подібно сулугуні, виготовляють з чеддаризованої, підданої термомеханічній обробці сирній масі. Його виготовляють з цілісного або знежиреного молока з додаванням молочнокислої закваски, кислого молока або кислої сироватки, щоб кислотність нормалізованої суміші з коров'ячого молока досягла 30-45°C (овечого – 100-110 градусів Т). На 1 т молока додають 25-30 г пепсину або сичугового порошку, розчиненого у воді або кислій сироватці. Температура згортання 38-40°C, тривалість – 5-10 хвилин. Після утворення згустку його, при помішуванні, підігрівають до 43-54°C, внаслідок чого відбувається чеддаризація сирної маси, що супроводжується виділенням сироватки.

При ручному способі виготовлення пластівцеподібну масу, що утворюється при цьому, витягують в джгути діаметром 6-8 мм, укладають на стічний стіл для охолодження і обезводнення. Із захололих джгутів формують мотки масою 3-4 кг, зв'язують їх в двох-три місцях і переносять в розсіл з концентрацією солі 16-18% і температурою 12-14°C для посолу протягом 1-3 діб.

Сир зберігають в холодному сухому приміщенні на вішалках, він містить до 60,5% вологи, до 12,0% жиру, 3-5% солі, готовий до вживання і в свіжому вигляді.

При необхідності проводять дозрівання сиру на вішалках або в бочках, пошарово засипаючи сир «творогом» або знежиреним сиром. Бочки необхідно герметично закрити і залишити для дозрівання в підвалі при 10-15°C. Через 1,0-1,5 місяці сир буде зрілим і значно смачніше, ніж свіжий. Такий сир можна реалізувати у вигляді розсипчастої маси або сформувати з неї голівки масою 300-500 г, обсушивши їх з поверхні, але так, щоб не з'явилося тріщин.

3. Джерела надходження мікрофлори в сир

Надходження мікрофлори в сир із зовнішніх джерел обмежене коротким періодом його виробництва до формування. Після формування сиру всі зміни мікрофлори відбуваються унаслідок розвитку тих мікробів, які потрапили при його утворенні. Тільки м'які сири, що дозрівають за участю цвілі, і напівтверді сири, що дозрівають за участю мікрофлори поверхневого слизу, відрізняються від інших сирів тим, що на їх поверхні розвиваються цвіль, дріжджі і бактерії – вже після формування.

Розрізняють чотири джерела мікрофлори всіх сирів: молоко, сичуговий фермент, бактерійна закваска, устаткування і апаратура.

Молоко. Якість молока при виробленні сичугових сирів має величезне зна-

чення, що не зменшується і в тих випадках, коли молоко піддають пастеризації.

Негативний вплив на якість сиру надає наявність в молоці значної кількості небажаних бактерій (гнильні, мікрококи, мамококи, бактерії групи кишкових паличок, маслянокислі бактерії).

Для оцінки придатності молока при виробленні сиру на сироварному заводі його досліджують за допомогою простих проб: на редуктазу (проба з резазуріном), бродильною або сичугово-бродильною.

Особливо важливе значення має контроль молока за допомогою бродильної проби, яка характеризує осіменіння молока кишковими паличками і пептонізуючими бактеріями (мамококи й мікрококи). Паралельно з цією пробю ставлять пробу на виявлення в молоці маслянокислих бактерій (молоко прогривають при 90°C 10 хвилин, а потім термостатують). Утворення рваного згустку з відділенням сироватки свідчить про забруднення молока маслянокислими бактеріями.

Молоко для вироблення більшості сирів пастеризують. Застосовують режим пастеризації молока 72-75°C, протягом 15-20 секунд, при якому деякі термостійкі бактерії (ентерококи, мікрококи, стафілококи) знищуються не повністю.

Для вироблення сиру молоко (пастеризоване і сире) піддають дозріванню – витримують його при 10-12°C протягом 10-12 годин. При цьому збільшується кількість молочнокислих бактерій і підвищується кислотність молока до 20°Т. Але при дозріванні молока можуть розмножуватися також мікрококи, ентенококи і кишкові палички, якщо вони містяться в молоці.

Сичуговий фермент. Він містить невелику кількість бактерій і практично не впливає на мікрофлору сиру. У порошку зустрічаються спори бацил (переважно гнильних); загальна кількість бактерій в 1 г порошку не перевищує 100 тис., що з розрахунку на 1 мл заквашеного молока складає не більш 2-3 клітин. У сичуговому порошку не допускається вміст бактерій групи кишкових паличок і маслянокислих бактерій.

Бактерійна закваска. Вживані в даний час при виробленні сиру закваски є основним джерелом його мікрофлори, причому вони в найбільшій мірі заповнюють мікрофлору високоякісних сирів. Для твердих сирів з низькою температурою другого нагрівання (наприклад, голландського, костромського, степового) і напівтвердих сирів (латвійський, пікантний) до складу закваски входять мезофільні молочнокислі стрептококи: як енергійні кислотоутворювачі – *Str. lactis* і *Str. cremoris*, так і ароматотворні стрептококки – *Str. diacetylactis*, *Str. paracitrovorus* (*Leuconostoc dextranicum*). Доза закваски складає від 0,5 до 1,5% до маси молока. Всі компоненти закваски для сирів – на відміну від заквасок для кисломолочних продуктів і масла – повинні володіти вираженою дією на білок (протеолітичною активністю). При виробництві м'яких сирів, що дозрівають за участю цвілі, поряд із закваскою з мезофільних стрептококів (таких самих, як для дрібних твердих сирів) застосовують культури певних видів цвілевих грибів. Так, при виробленні сирів типу рокфору в молоко або в сирну масу вносять чисту культуру цвілі *Penicillium. roqueforti*; при виробництві сирів типу десертного (десертний білий, камамбер) на поверхню сиру наносять конідії плісеней – *Penicillium candidum*, *Penicillium album*.

Для виробництва твердих сирів з високою температурою другого нагрівання (швейцарський, радянський) окрім вказаної вище закваски з мезофільних молочнокислих стрептококів вносять закваску термофільних бактерій – *Lbm. helveticum* і *Lbm. lactis* – і культуру пропіоново-кислих бактерій (*Propionibacterium Shermanii*).

Устаткування і апаратура. В умовах високої санітарної культури виробництва це джерело мікрофлори не має великого значення, тому що кількість мікроорганізмів, що поступають з нього в сир, незначна, і мікрофлора закваски – як в кількісному відношенні, так і за активністю – абсолютно домінуватиме. Що стосується патогенних мікроорганізмів, то при строгому дотриманні санітарно-гігієнічних умов на виробництві і технологічних інструкцій вони не повинні потрапляти на устаткування.

При нестрогому дотриманні санітарно-гігієнічних правил і технологічних інструкцій устаткування може забруднюватися мікроорганізмами через воду, повітря, руки працівників цеху, і служити джерелом мікробного осіменіння сиру. Ця мікрофлора представляє серйозну небезпеку, оскільки потрапляє в молоко або сирну масу після теплової обробки, і в процесі вироблення сиру не знешкоджується. До складу даної мікрофлори можуть входити ентеротоксигенні стафілококи, а інколи і сальмонели.

Лекція 12. Мікроорганізми у виробництві пива

Питання лекції:

1. Етапи виробництва пива.
2. Зачаття пива.
3. Затирання.
4. Фільтрування затору.
5. Кип'ятіння сусла з хмелем.
6. Освітлювання пивного сусла.
7. Охолодження сусла.
8. Бродіння.
9. Останні технологічні етапи.

1. Етапи виробництва пива

Виробництво пива складається з наступних етапів:

- 1) підробка солоду,
- 2) затирання сусла,
- 3) фільтрування затору,
- 4) кип'ятіння сусла,
- 5) освітлювання сусла,
- 6) охолодження і аерація сусла,
- 7) бродіння,
- 8) фільтрування,
- 9) пастеризація,

10) розлив.

Підробка солоду – пророщування зерен злаків, (найчастіше, ячменю), сушка та очищення від паростків.

Затирання сусла – солод роздрібнюється і змішується з водою. При затиранні крохмаль в зернах розщеплюється до цукру (мальтози і розчинних речовин, таких як декстрин). Сусло при цьому набуває солодкуватого смаку. Затоп – суміш роздроблених зернопродуктів, призначених для затирання, з водою.

В ході затирання проводять поступовий нагрів з т. з. «температурними паузами», необхідними для дії різних ферментів. На сучасному виробництві таких пауз декілька:

- 50-52 градуси протягом 10-15 хвилин (білкова пауза: для розщеплювання білків),
- 62-63 градуси протягом 30-40 хвилин (пауза мальтози: діє фермент бета-амілаза, яка дробить крохмаль на крупні фрагменти),
- 70-72 градуси протягом 10-15 хвилин (оцукрювання: діє альфа-амілаза, що дробить декстрин на дрібніші фрагменти – олігосахариди, мальтозу).

Закінчення процесу оцукрювання визначають йодною пробою (краплі йоду не повинні синіти). Потім затоп нагрівають до 78 градусів (для інактивації ферментів і зниження в'язкості) і подають на фільтрацію. Існують технології затирання з відварюваннями, коли частина затопу кип'ятиться. Зазвичай такий спосіб застосовують при використанні несоложеної сировини – ячменю, рису, кукурудзи, а також при виробництві темних сортів пива.

Фільтрування затопу – затоп перекачується у фільтр – чан, де відбувається його розділення на сусло. Дробина – нерозчинні залишки ячменю, що отримуються в процесі фільтрації затопу.

Фільтрування складається з двох стадій. На першій відбирається сусло-самоплив, на другій – дробину промивають гарячою водою. Обидві порції змішуються в суслотварочному казані. Таким чином дробина служить фільтрувальною перетинкою. Також застосовують фільтри-преси, в яких роль фільтрувальної перетинки грає синтетичний матеріал, а фільтрування відбувається не під дією тяжіння, а пневматичним стискуванням фільтрувальних елементів.

Кип'ятіння сусла – сусло з додаванням хмелю, а також інших інгредієнтів, вариться 1-2 години. Під час кип'ятіння хміль розчиняється, білкові речовини коагулюють і випадають в осад. Крім того випаровуються різні ароматичні компоненти пива, що несприятливо впливають на його смак.

Освітлювання сусла – сусло перекачують у вихрову ванну (вірпул) для відділення нерозчинних залишків ячменю і хмелю. Ці частини, під дією сили тертя шарів рідини, збираються в центрі днища гідроциклону. Після 20-30 хвилин відстоювання сусло відокремлюють від нерозчинного залишку – бруху (трубу).

Охолодження і аерація сусла – сусло перекачується в бродильний резервуар. Протягом перекачування воно охолоджується і насичується киснем, необхідним для розмноження дріжджів.

Бродіння – прості цукри, такі, що містяться в суслі, за допомогою дріжж-

джів перетворюються на спирт і вуглекислий газ. Тривалість (не більш за один тиждень) і температура процесу залежать від того, яке пиво хочуть отримати – ель або лагер (від німецького «lagern» – «зберігати, витримувати»). Отриманий на цій стадії продукт – так зване молоде пиво – потім поміщають в танки лагерного відділення для дозрівання. Мета дозрівання – поліпшення органолептичних властивостей напою, розщеплювання діацетилу, складних ефірів.

Широкого розповсюдження набули ЦКТ – циліндро-конічні танки, в яких процеси основного бродіння і доброджування відбуваються безперервно, без перекачування, в одній ємкості.

Фільтрування – пиво фільтрується від залишків дріжджів. Фільтрування використовується зазвичай в промисловому пивоварінні. Деякі методи фільтрування знищують мікрофлору пива і збільшують цим термін його зберігання. Використовуються наливні кізельгурові фільтри, керамічні, фільтри-преси, а також – сепаратори.

Пастеризація – деякі сорти пива піддаються пастеризації (нагріванню до температури порядку 68-72°C), для збільшення терміну зберігання. Вважається, що пастеризація погіршує смак напою.

2. Зачаття пива

Солод є наріжним каменем в храмі, де народжується пиво. Солод насправді є зернами злаків, пророщених в штучних умовах при певній вологості і температурі. І згідно тому, як пиво ділиться на темне і світле, відповідно для приготування світлого пива використовують світлий солод, приготований з ячменю і, дуже рідко, з пшениці, а для приготування темних сортів пива застосовують темний, карамелевий або палений солод. Якщо виходити з інтенсивності кольору солоду, то найбільшу інтенсивність має палений солод, меншу – карамелевий, і ще менше – темний. А якщо судити по набутому аромату пиву, то кращий з них темний і карамелевий.

Акт приготування солоду відбувається на солодовених відділеннях пивоварних заводів або безпосередньо на солодовених заводах. Через два місяці після збирання врожаю, ячмінь відлежується і дозріває. Далі його піддають очищенню від домішок, сортуванню, і нарешті замочують у воді з температурою 10-16°C. Пророщування відбувається в струмових або пневматичних солодовнях. Солодорощення проводять при температурі 13-16°C. Якщо метою є приготування світлого пива, то цей процес тривати протягом 7-8 діб, якщо темного, то 9 діб. За цей час відбувається накопичення ферментів – каталізаторів і перетворення складних речовин зерна в простіші. Діалектика виробництва пива, як ми побачимо далі, саме в цьому і полягає: від складного – до простого, і назад – до складного. Солод в результаті розпушується, а смак його стає солодким.

Після пророщування солод необхідно підсушити. Температура сушки на солодосушальних протягом доби (для світлого) піднімається до 80-85°C або за дві доби до температури 105°C (для темного солоду). Паростки підсихають, що дає можливість їх легко видалити. Нарешті солод набуває приємний хлібний смак і аромат. Але для виробництва він ще не готовий. Свіжевідсушений солод

витримується в солодосховищі не менше 30 діб. За цей час він втрачає крихкість. Свіжепророслий солод в пивоварінні не використовується унаслідок високої вологості, відсутності хлібного аромату і смаку, неможливості довгого зберігання.

Свежвідсушений солод зберігають насипом в шарі заввишки 3-4 м або в силосах при температурі не вище 20°C. Після відділення домішок, що залишилися в солоді, що відлежався, а до таких відносять пил, металевий пил, залишки паростків, волокна і інше, – солод поступає на дроблення. Безумовно, всі стадії у виробництві важливі. До дроблення особлива увага. Його проводять з метою подрібнення для якнайповнішого екстрагування з солоду екстрактних речовин. водний розчин екстрактних речовин має власну назву – Сусло.

Вода є найважливішою складовою у виробництві пива. Вона неодмінно має бути м'якою – це найголовніша умова. Там де вона відповідає вимогам, пиво виходить краще. За хорошу воду вважається вода на Україні, в Прибалтиці, у Вірменії. М'яка вода з потрібним для пива сольовим складом добувається в Пльзені і Петербурзі. За кордоном певні марки пива виробляються тільки на воді зі спеціальним складом.

3. Затирання

Затирання – змішування роздроблених зернопродуктів з водою. І нарешті, головний момент дроблення – це якість помелу, яка залежить від співвідношення фракцій лушпиння, крупної крупи, дрібної крупи, муки. Оптимальний помел повинен забезпечити максимально можливий вихід екстракту і досить високу швидкість фільтрування сусла. Дроблення солоду здійснюють на чотирьох і шестивальцових дробарках на крупних виробництвах і на двухвальцових – на мініпивзаводах. Рідше застосовують спосіб дроблення зволоженого солоду.

Роздрібнюваний солод і несоложену зернову сировину змішують з водою. Далі цю суміш нагрівають і витримують при певному температурному режимі. Саме цю суміш роздроблених зернопродуктів з водою називають затором. Масу зернопродуктів, що завантажуються в заторний казан, – засипом. Кількість води, що витрачається на приготування затору, – наливанням.

Затирання можна проводити двома способами: настоєм або відварочним. При способі настоєм затор нагрівають до 85°C, роблячи паузи при 37-40°C, 50-52°C, 62-64°C, 70-72°C. Його застосовують при отриманні сусла для верхового бродіння. Максимальна температура затору – 75-77°C.

Відварочний спосіб складніший – частку затору з одного заторного апарату перекачують в іншій. Там його кип'ятять, потім повертають назад. Цю частку затору називають відваркою. Залежно від кількості відварки бувають одно-, двух- і трьохвідварні способи. Таким чином температура маси основного затору підвищується з тими ж температурними паузами, що і при способі настоєм. Відварочні способи дають сусло для низового бродіння. У нашій вітчизні більшість заводів працюють за цими способами.

Найбільш поширений – двухвідварочний, тому що він дає можливість пе-

переробляти солод будь-якої якості при прийнятних витратах енергії. Одновідварочний застосовують тільки при переробці солоду високої якості. Трьохвідварочний – при переробці солоду невисокої якості або для приготування темних сортів пива. Головний недолік цього способу – високі витрати енергії.

Залежно від способу затирання і температурних пауз процесу можна отримати сусло різного складу. Отже і різні сорти пива.

В процесі затирання відбувається також оцукрювання затору. Це перехід високомолекулярних вуглеводів – крохмалю і високомолекулярного декстрину, що залишилися в солоді після солодорощення, – в низькомолекулярний декстрин і цукри: мальтозу та глюкозу. Далі цукор чекає зшумування, а низькомолекулярний декстрин додасть повноту смаку і кращу піностійкість.

Щоб отримати світлі сорти пива процес необхідно вести так, щоб в результаті оцукрювання вийшло більше цукрів для глибшого вишумування, а для темних сортів пива – більше декстрину.

Інколи, коли необхідно, при затиранні частину солоду замінюють несоложеною сировиною: рисом (січенням), кукурудзою (мукою або січенням), пшеницею (рідко) або, частіше, ячмінною мукою. Мета проста – економія дорогого солоду або додання пиву певного смаку.

Після оцукрювання затор перекачують на фільтрування.

4. Фільтрування затору

Після оцукрювання затору його розділяють на дві фази: рідку, або пивне сусло, і тверду – пивну дробину. Пивним суслем є водний розчин екстрактних речовин, що отримуються при затиранні. Пивна дробина – нерозчинена при затиранні частка зернопродуктів. Вона залишається після фільтрування сусла і промивання його гарячою водою.

При фільтрації не обійтися без відповідних механізмів – фільтраційного апарату або фільтра-преса. Хоча більшого поширення набуло фільтрування в апараті фільтрації. При фільтруванні отримують спочатку перше сусло, а потім, після промивання дробини водою – промивні води або друге сусло. І перше, і друге сусло набирають в сусловарильний казан.

5. Кип'ятіння сусла з хмелем

Хміль – в'юнка багатолітня рослина. Хміль становить специфіку смаку і аромату пива та компоненти, що збільшують його стійкість при зберіганні, сприяючому кращому освітлюванню пива і утворенню піни. У пивоварінні використовують тільки його шишки – жіночі незапліднені суцвіття. Власне кажучи, для пивоваріння коштовними речовинами є гіркі і ароматичні, такі, що входять до складу хмільного ефірного масла.

Після збирання врожаю хміль висушують. Хміль можуть використовувати в трьох видах: у вигляді шишок, меленого брикетованого хмелю, екстракту хмелю, який отримують при обробці шишок розчинниками для витягання найбільш коштовних компонентів.

Хміль з першим суслем і промивними водами кип'ятять в сусловариль-

ному апараті. В результаті цього відбувається екстрагування і відповідні перетворення гірких і ароматичних речовин хмелю, що носить назву охмеління сусла. Процес також веде до осадження або коагуляції високомолекулярних білків, інактивації ферментів, стерилізації сусла. Кип'ятять сусло з хмелем 1,5-2,5 години, при цьому хміль вносять у 2-4 прийоми. Використовують хміль, як вже наголошувалося у вигляді хмільних шишок, гранульованого хмелю або хмільного екстракту. При використанні хмільних шишок, після сусловарильного апарату сусло поступає в хмелевідбірний чан для фільтрування. У випадку з гранульованим хмелем, екстрактом або їхньої суміші – сусло поступає в гідроциклонний апарат. По іншому він називається вірпул.

6. Освітлювання пивного сусла

Мета – осадження зважених часток: хмільної дробини і інших грубих суспензій. Для вирішення поставленого завдання розроблений гідроциклонний апарат з круговою циркуляцією сусла. Згідно законам фізики, зважені частини осідають в центрі днища. Тривалість операції 20-60 хвилин при цьому температура гарячого охмеленого сусла на виході з апарату – порядку 90°C.

Але більшість пивзаводів проробляють цю стадію у відстійних чанах або дуже рідко, на холодильних тарілках. Тривалість процесу в цьому випадку 2 години, температура на виході з апарату або тарілки – 60°C.

7. Охолодження сусла

Щоб довести сусло до початкової температури бродіння, проводиться його охолодження на теплообмінному апараті. По класичній схемі для низового бродіння до 5-7°C, для верхового бродіння – до 14-16°C. Для прискореного бродіння – до 9°C.

Після охолодження виходить початкове сусло, – сусло, що поступає на бродіння. Концентрація, або щільність цього сусла, вказується на етикетці, і є однією з характеристик будь-якого сорту пива.

8. Бродіння

Внесення дріжджів. В даний час в пивоварінні використовують виключно культурні дріжджі. Для низового бродіння – переважно у виробників в таких країнах, як Росія, Чехія, Словаччина, Німеччині і в більшості інших країн. Для верхового бродіння – у Великобританії, інколи у Франції, Бельгії, в Росії (тільки для оксамитового пива, рідко – Портеру). Також для верхового зброджування в домашніх умовах пива з концентрату.

Бродіння підрозділяється на головне бродіння і доброджування.

Головне бродіння. Всі нюанси технології залежать від того, який сорт пива потрібно зварити. Тривалість бродіння, залежно від сорту коливається від 7 до 10 діб. Велика частина екстракту сусла, що складається з вуглеводів або цукрів, зброджується. Інша частина, декстрин, білки, мінеральні речовини, – не зброджується. Утворюється етиловий спирт, діоксид вуглецю (вуглекислота) і, в малих кількостях – гліцерин, оцтовий альдегід, оцтова, янтарна, лимонна і

молочна кислоти, діацетил, ацетоїн, вищі спирти.

Бродильний танк, або апарат головного бродіння, наповнюють сушлом, вносять дріжджі і починається бродіння, яке триває 7-10 діб при температурі 5-10°C. В кінці цього процесу значна частина дріжджів осідає.

Дріжджі низового бродіння не переходять в піну, швидко осідають в кінці бродіння, утворюючи щільний шар. Дріжджі верхового бродіння в процесі бродіння спливають на поверхню зброджуваного сусла, накопичуються у вигляді шару піни і залишаються так до кінця бродіння, потім осідають, утворюючи рихлий шар. Виходячи з місцерозташування дріжджів в процесі бродіння, виникла і назва методів варення пива.

Доброджування і дозрівання пива. У лагерному танку екстракт доброджується при температурі 0-2°C, тривалістю від 21 (для сортів типа жигулівського) до 90 діб (для аналогів слов'янського). Відбувається насичення вуглекислою, освітлювання в результаті осідання дріжджів, що залишилися, і дрібних суспензій. І, нарешті, дозрівання пива, формування його букета пива.

9. Останні технологічні етапи

Фільтрування пива. Проводиться зазвичай на спеціальних фільтрах, що складаються з кремнієвих панцирів одноклітинних водоростей. У спеціальній літературі вони відомі як кізельгурові або діатомітові фільтри.

Розлив у пляшки. Пиво розливають при температурі не вище 3°C в тару в ізобаричних умовах, тобто коли воно знаходиться при постійному надлишковому тиску. Якщо розливати його без тиску, пиво пінитиметься, що приведе до втрати газу і неповного наливання в пляшки. Потім проводяться закупорювання, етикетування і укладання пляшок в ящики.

Лекція 13. Мікроорганізми у виробництві вина

Питання лекції:

1. Загальні відомості про виноробство.
2. Класифікація вин за кольором, призначенням, способом приготування і складом.
3. Характеристики типів вин.
4. Обробка мезги.
5. Освітлювання і обробка сусла.
6. Бродіння сусла.
7. Бродіння мезги.
8. Підброджування сусла і мезги.
9. Спиртування сусла і мезги.
10. Переробка відходів виноробства.

1. Загальні відомості про виноробство

Червоні вина. Для виготовлення червоного вина використовується вино-

град червоних сортів, його збирають, доставляють у виноробню і піддають переробці. Спочатку виноград йде на дробарку-гребневіддільник, де ягоди тиснуть і відокремлюють гребені. Під час цієї операції не має бути пошкоджені насіння винограду – в цьому випадку у вина може з'явитися дуже терпкий неприємний смак. Роздавлений виноград поміщається в чани, де в нього вводять спеціальні речовини, які вбивають бактерії. Потім відбувається бродіння.

Виноградне вино може бути отримане тільки в результаті спиртового бродіння роздавленого винограду (разом зі шкіркою, або окремо соку).

Бродіння – складний хімічний процес, який викликають дріжджі, що володіють здатністю розкладати цукор на спирт і вуглекислий газ з виділенням теплоти. Спиртове бродіння є основою основ виноробства. При температурі 12-14°C і вище, на поверхні суслу з'являються бульбашки вуглекислого газу – це ознака бродіння, що зачалосся.

Через день-два бродіння стає бурхливим. На поверхні утворюється маса піни. Поступово, після двох-трьох тижнів, бродіння затихає і, нарешті, зовсім припиняється. Замість солодкого соку виходить рідина, позбавлена цукру, але збагачена спиртом. Це вже вино.

Слід зазначити, що при приготуванні молодих фруктових вин виноград перед бродінням не тиснуть, і перехід цукру в алкоголь здійснюється усередині ягід. Бродіння відбувається завжди разом зі шкіркою, її фарбувальні речовини розчиняються в суслі і визначають колір вина. Бродіння триває 9-15 днів, інколи до трьох тижнів, при строго контрольованій температурі – не вище 30°C.

Залежно від вмісту цукру у винограді, при бродінні отримують вина різної міцності, яка обчислюється в градусах або в об'ємних відсотках (% об.). Один відсоток цукру у віджатому суслі дає при бродінні 0,6% об. спирту. Таким чином, виноград, що вчинив на переробку з базисною цукристістю 18%, після повного зброджування дає вино міцністю 10,8% об., тобто столове.

Окрім цукру виноград містить кислоти – винну, яблучну, лимонну, без яких він був би, хоча і солодким, але несмачним. Це співвідношення між сахарами і кислотами визначає смак винограду, впливаючи на оцінку вин будь-якого типу – столових, міцних, шипучих. Виноградне вино є дуже складною сполукою, число вхідних в нього елементів – близько 600.

Є вина, приготовані з додаванням спирту, так звані кріплені, або спиртовані. Спирт, вживаний у виноробстві, має бути ректифікований – очищений від домішок, без яких-небудь сторонніх смаків і запахів. Введення в бродяче сусло спирту дає можливість припинити бродіння на будь-якій його стадії і цим зберегти незбродженою заздалегідь намічену кількість цукру. Спиртуванням можна підвищити міцність вина до певних величин, характерних для даного типу і сорту. Якщо під час дозрівання винограду було мало сонячних днів, і його урожай недостатньо хороший, в деяких країнах дозволені добавки цукру.

Коли бродіння закінчується, і більшість цукру перетворюються на алкоголь, чан спускають, і стікає перше, найбільш якісне вино. Вміст чана, що залишився, пресують, отримуючи «перший прес», що містить багато танінів.

Можна віджати і «другий прес», але його в подальшому виробництві, як правило, не використовують.

«Самоплив» (вино, що стекло само без пресування) і «перший прес» змішують, кількість останнього залежить від бажаної структури вина. Після цього при виробництві дешевого, молодого вина, його переливають в металеві чани, потім фільтрують і розливають по пляшках.

Дороге вино витримується в льосі, в дубових бочках, що додають йому додаткові аромати. Із-за випарів винар постійно повинен доливати бочки вином, щоб не допустити його окислення від контакту з повітрям. Осад, що утворюється під час витримки, поступово опускається на дно, і вино необхідно переливати в чисті бочки, і так чотири рази на рік. Всього ж старіння триває від одного до двох років і більш.

Вина, витримані рік і менш, називаються ординарними, витримані більш року-двох – марочними. Після витримки вино освітлюють за допомогою так званого «обклеювання»: в нього вводять казеїн або яєчний білок, які створюють нерозчинний осад з небажаними речовинами. Потім вино пропускають через механічний фільтр і розливають по пляшках. Як правило, добре очищені вина не здатні згодом поліпшити свою якість, хоча вони краще переносять транспортування і зміну температур, в той час, як слабоосвітлені вина легко уразливі, але добре старіють в пляшках, розвиваючи при цьому додаткові аромати. Це підтверджується тим осадом, який притаманний дорогим високоякісним винам, які вимагають декантування.

Білі вина отримують як з білого, так і з червоного винограду, наприклад, для виробництва шампанського використовується червоний сорт Піно Нуар, а для Божоле Бланк – Гаморі.

Основна відзнака виробництва білих вин полягає в тому, що роздавлені ягоди пресують до бродіння, і сусло бродить без шкірки. Для високоякісних білих вин використовується тільки «самоплив», для інших же може застосовуватися і «перший» і «другий прес».

Температуру бродіння знижують до 13-20°C. Тривале бродіння при низькій температурі дає тонше фруктове вино.

Розливають біле вино по пляшках раніше, ніж червоне, зазвичай його не витримують в дубових бочках більше 1,5 років.

Рожеве вино виготовляється з червоного винограду, при цьому сусло залишається у контакті з шкіркою декілька годин, потім її відокремлюють. За винятком деяких шампанських вин, рожеве вино не слід робити з суміші червоного і білого винограду.

2. Класифікація вин за кольором, призначенням, способом приготування і складом

Класифікацією називають ділення всієї різноманітності вин, що виробляються, на групи по виявленій схожості і відмінностям. Першу класифікацію вин у вітчизняному виноробстві запропонував проф. М.А. Ховренко в 1909 р. Всі вина він розділив на групи:

- за кольором – білі і червоні;
- за призначенням – на столові і десертні;
- за змістом спирту – на легкі і міцні;
- за змістом цукру – на сухі, напівсухі, напівсолодкі, солодкі і лікерні;
- за кількістю CO₂ – на тихі, ігристі і шипучі;
- за гідністю (якістю) – на тонкі, високосортні і прості, звичайні.

Виходячи з того, що ця класифікація зручна, але науково не обґрунтована, М.А. Герасимов, Н.Н. Простосердов, Г.Г. Агабальянц та ін. запропонували свої класифікації.

Проф. М.А. Герасимов в основу своєї класифікації запропонував технологічні ознаки. Він розділив вина на натуральні, приготовані бродінням виноградного суслу без яких-небудь добавок, і поліпшені, отримувані з додаванням спирту, цукру, вуглекислоти. Проф. Г.Г. Агабальянц висунув як основну ознаку вміст оцтового альдегіду (ступінь окисленості вин), оскільки основними в провіні є окислювально-відновні процеси.

У класифікації проф. Н.Н. Простосердова найістотніша ознака – спиртове бродіння. При повному завершенні спиртового бродіння в суслі між продуктами бродіння встановлюється певне співвідношення. Якщо припинити спиртове бродіння спиртуванням, то співвідношення між продуктами спиртового бродіння порушується. За цією ознакою автор розділив всі вина на дві групи: з непорушеним спиртовим бродінням (сухі) і з порушеним спиртовим бродінням (кріплені).

Позитивні сторони всіх вказаних класифікацій використані при розробці прийнятою класифікації вин. Виноградні вина за кольором ділять на білі, рожеві і червоні; за змістом діоксиду вуглецю – на тихі вина, що не містять в надлишку CO₂ і містять надлишковий CO₂. Діоксид вуглецю міститься у всіх винах. У тихих його вміст коливається від 0,2 до 1,5 г/дм³.

Теоретично в звичайних умовах – при кімнатній температурі і атмосферному тиску – в провіні може розчинитися до 2 г/дм³ CO₂. При розкупоренні пляшки і наливанні в келих видимих ознак CO₂ в тихих винах немає. У винах, пересичених CO₂, його вміст перевищує розчинність за звичайних умов. У пляшках з таким вином при кімнатній температурі створюється надлишковий тиск до 500 кПа. Пересичені вина CO₂ розливають в спеціальні шампанські пляшки, а пробки закріплюють.

При розкупоренні пробка вилітає зі звуком, а при наливанні в келих вино піниться, і виділення бульбашок CO₂ створює ефект гри. Вина, пересичені CO₂ бродінням під тиском, називають ігристими, а пересичені сатурацією – шипучими, або газованими. За призначенням, способом приготування і складом тихі вина ділять на три групи: столові, кріплені і ароматизовані.

Також існують вина спеціального типу. Готують їх з використанням спеціальних технологічних прийомів, що додають провіну характерні органолептичні властивості. Крім того, розрізняють вина сортові і купажні. Сортові готують з одного сорту винограду. При приготуванні сортових вин допускається використання не більше 15% винограду інших сортів того ж ботанічного вигля-

ду. Купажні вина готують з кількох сортів винограду, що взаємно доповнюють один одного, і в строго певному співвідношенні.

3. Характеристики типів вин

Столові вина. Велика частина винограду в світі, що йде на переробку, використовується на приготування столових вин.

Білі столові сухими винами є напої, отримані в результаті повного збродження виноградного суслу свіжого винограду. Колір їх від ясно-солом'яного до золотистого із зеленуватим відтінком; букет чітко виражений – сортовий або плодовий; смак легкий, гармонійний.

Червоними столовими сухими винами є напої, отримані в результаті повного збродження суслу свіжого винограду за участю твердих елементів кетягу (шкірки, насіння, інколи гребенів). Колір рубіновий, забарвлення інтенсивне; букет чітко виражений – сортовий або плодовий, часто з сап'яновим тоном; смак легкий, свіжий, таніновий, але м'який, гармонійний. Відрізняються від білих столових вин високим вмістом фенолових речовин.

Рожеві столові сухі вина відрізняються від червоних помірним вмістом фенолових речовин. Їх готують з червоних, суміші червоних і білих сортів винограду або змішуванням білих і червоних виноматеріалів. Колір – від ясно-рожевого до світло-червоного.

Столовими білими, рожевими і червоними напівсухими і напівсолодкими винами є напої, приготовані неповним збродженням суслу або мезги свіжого винограду або змішуванням сухих виноматеріалів з консервованим суслим.

Столовими винами спеціального типу є напої, приготовані з використанням високоцукристого винограду (ечміадзінське біле) або спеціальних технологічних прийомів, – збродження мезги з гребенями (кахетинське).

Вино ечміадзінського типа характеризується підвищеною об'ємною частиною спирту, кахетинського типа – підвищеною масовою концентрацією фенолових речовин.

Десертні вина. Десертними білими, рожевими і червоними винами є напої, приготовані неповним збродженням суслу свіжого або зав'яленого винограду з настоюванням, підбродженням, з нагріванням мезги і спиртуванням суслу або мезги під час їх підбродження. У суслі повинно збродити не менше 2 г/100 см³ цукрів з утворенням об'ємної частини природного спирту не менше 1,2%. Для підвищення масової концентрації цукрів у суслі дозволяється застосувати концентроване сусло.

Відповідно масовій концентрації цукрів десертні вина ділять на напівсолодкі, солодкі і лікерні.

Десертні вина спеціального типу готують із сортів винограду з яскравим ароматом (мускатні вина), з сортів винограду з оригінальним ароматом (токай), за спеціальною технологією з нагріванням мезги (кагор) і з уваруванням суслу (малага).

Міцні вина. На відміну від десертних міцні вина характеризуються під-

вищеним вмістом спирту, низьким або помірним вмістом цукрів. У суслі або мезгі повинно збродити не менше 5 г/100 см³ цукрів з утворенням об'ємної частини спирту не менше 3%.

До міцних вин спеціального типу відносяться портвейн, мадера, марсала і херес. Їх готують з використанням спеціальних прийомів, що додають їм типові ознаки: відтінок розжареного горішка – портвейну, тон розжареного горіха – мадері, смолистий тон – марсалі і хересний тон – хересу.

Ароматизовані вина готують з виноматеріалів з додаванням екстрактів різних частин рослин або їх дистилятів.

4. Обробка мезги

Мезгу настоюють для збільшення тривалості контакту твердих елементів ягоди з суслим з метою витягання ароматичних, фенолових, азотистих і інших розчинних речовин, що підвищують органолептичні властивості виноматеріалів, при цьому її сульфітують. Витягання розчинних речовин з твердих елементів ягоди засноване на явищі дифузії. Для збільшення швидкості вільної дифузії мезгу перемішують 4-6 раз на добу. Тривалість настоювання мезги залежить від типу виноматеріалів, що готуються. Так, для приготування білих столових вин настоювання мезги продовжується 4-12 годин, для кріплених – 24-36 годин.

В мезгі відбувається ферментативний гідроліз високомолекулярних пектинових речовин, в результаті якого збільшується соковіддача мезги, а отримане сусло швидко освітлюється.

При обробці мезги пектопротейолітичними ферментними препаратами відбувається швидкий гідроліз білка, пектину і нейтральних полісахаридів, внаслідок чого збільшується проникність клітинних мембран, знижується в'язкість соку, збільшуються соковіддача мезги, екстрактивність і вихід сусла. Використання ферментних препаратів рекомендується при виробництві ординарних вин усіх типів.

У виноробстві застосовують ферментні препарати пектоваморин (ПЮх) і пектофостідин (ПІОх). Препарат пектофостідин рекомендується використовувати для обробки сусла, пектоваморин – мезги з метою підвищення забарвлення і екстрактивності виноматеріалів.

Доза препарату визначається пробною обробкою і коливається від 0,005 до 0,03% до маси мезги в перерахунку на стандартну активність 9 од. на 1 г.

Ферментні препарати вводять в мезгу, що сульфітується, у вигляді 1-10% -ної суспензії в суслі або у вигляді порошку. Режим ферментації мезги залежить від температури і типу виноматеріалів, що готуються. При приготуванні білих кріплених виноматеріалів ферментація триває 12 годин без підігрівання і 6-8 годин з підігріванням до 30-35°C.

Контроль за ферментацією мезги ведуть за якісними показниками сусла (в'язкість, забарвлення, екстракт, вміст метанолу).

5. Освітлювання і обробка сусла

Сусло із стікачів і пресів каламутне, воно містить багато суспензій: обри-вків гребенів, шкірки, м'якоті, частинок ґрунту і спор мікроорганізмів. Вони ро-

блять негативний вплив на якість виноматеріалів. З обривків гребенів і шкірки екстрагуються фенолові, азотисті і інші речовини; частини землі передають виноматеріалам сторонні тони в букеті і в смаку; спори мікроорганізмів збільшують небезпеку їх захворювання. Крім того, обривки гребенів і шкірки є носіями окислювальних ферментів о-діфенолоксидази і пероксидази, які каталізують окислювальні процеси.

Каламутне сушло бродить бурхливо, при високій температурі, з великими втратами сушла, спирту і ароматичних речовин. Для приготування виноматеріалів з чистим букетом і смаком каламутне сушло перед бродінням освітлюють до залишкового вмісту суспензій 1-2%.

Сушло освітлюють відстоюванням. В процесі відстоювання зважені частини випадають в осад, від якого сушло, що освітлювалося, відокремлюють декантацією. Під час відстоювання в суслі протікають гідролітичні і деякі інші фізико-хімічні процеси.

При гідролізі пектинових речовин знижується в'язкість сушла, при взаємодії таніну з білковими речовинами утворюються танати, які коагулюють і, осідаючи, захоплюють дрібні зважені частини і спори мікроорганізмів. Для збільшення кількості танатів в сушло вводять танін з розрахунку 20-30 мг/дм³. Для попередження розмноження дріжджів і інактивації окислювальних ферментів сушло сульфітують дозами від 50 до 200 мг/дм³ SO₂.

Застосовують різні способи відстоювання сушла: з сульфітуванням, з сульфітуванням і штучним охолодженням, з обробкою сушла сорбентами і флокулянтами.

6. Бродіння сушла

Процес перетворення цукристих соків (сушла) у вино називають спиртовим, або алкогольним, бродінням.

Мета бродіння сушла – збродити цукор і накопичити головні і вторинні продукти спиртового бродіння з мінімальними втратами летких компонентів (спирту, ефірних масел винограду, ароматичних речовин бродіння). Збудниками спиртового бродіння є винні дріжджі.

Розрізняють головні і вторинні продукти спиртового бродіння. До головних продуктів відносяться етиловий спирт і СО₂, до вторинних – гліцерин, 2,3-бутиленгліколь, ацетальдегід, піровиноградну, молочну, янтарну, лимонну, оцтову кислоти, ацетоїн, складні ефіри, вищі і ароматичні спирти.

Вторинні продукти бродіння роблять великий вплив на органолептичні властивості вина, букет, смак, типовість.

На хід спиртового бродіння, вихід вторинних продуктів і їхнє співвідношення впливають багато чинників, що мають різну природу: хімічні (склад середовища, сушла), біологічні (раса дріжджів, концентрація і фізіологічний стан дріжджових кліток), фізичні (температура, вміст суспензій в суслі, тиск, динамічний режим).

Дріжджі швидко розвиваються в суслі з вмістом цукру 18-20 г/100 см³ і рН 3,5.

Швидкість бродіння сповільнюється при вмісті цукру вище 20 г/100 см³ і нижче 2-3 г/100 см³, а також при рН нижче 3,5.

З підвищенням рН збільшується інтенсивність гліцерино-піровиноградного бродіння, при цьому вихід етилового спирту зменшується, а вихід гліцерину, оцтової і янтарної кислот збільшується.

Роди дріжджів розрізняються за своїми фізіологічно-біохімічними властивостями: бродильної активності, спиротворної здатності, спиртовитривалості, холодо- і термостійкості, сульфітостійкості і кислотостійкості.

На підприємствах готують розводку ЧКД. У разводці ЧКД повинне міститися близько 150 млн./см³ клітин, з них 30-50% – тих, що розмножуються брунькуванням, і не більше 5% мертвих. У сусло для бродіння вводять дріжджову разводку в кількості 2-4% і більше.

За кордоном у виноробстві застосовують активні сухі дріжджі (АСД) у вигляді порошку або гранул в герметичній упаковці.

7. Бродіння мезги

Класичним способом переробки винограду за червоним способом є бродіння мезги в дерев'яних чанах з подальшим відділенням червоного сусла від мезги для приготування червоних вин. При спиртовому бродінні мезги одночасно відбувається і настоювання. Мета бродіння – приготування виноматеріалів з інтенсивним забарвленням, яскраво вираженим букетом, повним смаком, з вмістом фенолових речовин 2 г/дм³, у тому числі від 0,4 до 1,0 г/дм³ фарбувальних речовин.

На витягання фенолових речовин позитивно впливає нижче значення рН (3-3,1). Підкислення мезги лимонною або винною кислотою підсилює екстрагування фенолових речовин. Підкисляють мезгу при рН 3,9 і вище.

Сірчистий ангідрид пригнічує життєдіяльність рослинних клітин, оберігає фарбувальні речовини від окислення і конденсації. Оптимальна доза SO₂ для бродіння мезги 75-100 мг/кг.

Спирт виконує роль розчинника для фенолових сполук як антоціанів, так і танінів. Підвищення вмісту спирту в суслі прискорює процес екстрагування.

Температура – один з основних чинників бродіння мезги. Вона впливає на хід спиртового бродіння і на швидкість екстрагування фенолових сполук.

Оптимальна температура бродіння мезги 28-32°C, при нижчій температурі менше витягується фенолових речовин і виноматеріали наближаються до рожевих вин, при вищій температурі – великі втрати сусла, спирту і ароматичних речовин, підвищується небезпека розвитку бактерій оцтового скисання і маннітного бродіння, тому температуру мезги при бродінні регулюють.

З початком бродіння бульбашки CO₂, що виділяються з рідини, захоплюють за собою плаваючі в суслі шкірку, насіння і гребені, які утворюють шапку. Сусло, що просочує шапку, швидко насичується речовинами, що екстрагуються, і дифузія припиняється. Шапку занурюють в сусло і перемішують. При зануренні шапки і її перемішуванні прискорюється процес дифузії, вирівнюються температура і цу-

кристість сусла у всьому об'ємі мезги. Мезгу перемішують 3-6 раз на добу.

Тривалість бродіння залежить від сорту винограду, режиму бродіння і напрямку виноматеріалів. При збільшенні тривалості настоювання мезги в суслі збільшується кількість фенолових речовин. Звичайне настоювання продовжується від 4 до 8 діб, коли вміст фарбувальних і дубильних речовин досягає бажаної величини. При настоюванні понад 8 діб вміст фарбувальних і дубильних речовин зменшується, вони частково окислюються і частково сорбуються шкіркою і дріжджами.

Для бродіння мезги використовують різні ємкості: дубові чани, залізобетонні резервуари, металеві резервуари і апарати.

8. Підброджування сусла і мезги

Підброджування сусла. Мета підброджування сусла – збродити частину цукру, накопичити в суслі спирт і вторинні продукти бродіння. Між кількістю зброженого цукру і якістю виноматеріалу існує пряма залежність: чим більше збродить цукру, тим більше утворюється спирту і вторинних продуктів, тим вище якість виноматеріалу. Підброджують сусло до моменту спиртування, показники якого визначають розрахунковим методом або визначають по таблицях. Сусло підброджують періодичним способом в крупних ємкостях і в потоці в бродильних установках.

Для підброджування періодичним способом крупні ємкості заповнюють сусликом на 90% їх місткості з врахуванням додавання розводки ЧКД (2-3%) і спирту. За підброджуванням сусла ведуть систематичний контроль для своєчасного визначення моменту спиртування і припинення бродіння. До показників моменту спиртування відносяться щільність сусла, вміст в ньому спирту і цукру. Щільність сусла визначають через кожних 6 годин на початку підброджування. При наближенні моменту спиртування в суслі визначають вміст спирту і цукру через кожну годину.

Для підброджування сусла в потоці застосовують бродильні установки з регульованою швидкістю потоку («Молдавська», ВБУ-4Н). Швидкість потоку регулюють з таким розрахунком, щоб на виході з останнього резервуару в суслі містилося стільки спирту і цукру, скільки їх має бути до моменту спиртування.

Підброджування мезги. Мезгу підброджують для повнішого екстрагування ароматичних і екстрактних речовин з твердих елементів ягоди. Кількість зброженого цукру під час підброджування мезги залежить від початкової цукристості сусла і типу виноматеріалів, що готуються. При приготуванні виноматеріалів для десертних вин сусло відокремлюють від мезги вже при перших ознаках бродіння, коли встигає збродити $1 \text{ г}/100 \text{ см}^3$ цукру. При виробництві білих і рожевих портвейнів зброжують $3-5 \text{ г}/100 \text{ см}^3$ цукру в мезгі. Для приготування червоних портвейнів мезгу зброжують до залишкового цукру на $1-2 \text{ г}/100 \text{ см}^3$ більше, ніж у момент спиртування. Способи підброджування мезги – ті ж, що і при отриманні червоних столових вин.

Контроль за підброджуванням ведуть відповідно вмісту спирту, цукру, фенолових і азотистих речовин в суслі і за органолептичними показниками сусла.

9. Спиртування сусла і мезги

Спиртування сусла. Спиртують бродяче сусло для припинення спиртового бродіння і приготування кондиційного за змістом спирту і цукру виноматеріалу. При спиртуванні дріжджі відмирають. На відмирання дріжджових кліток впливають спирт і цукор. Середовище зі змістом цукру 80 г/100 см³ або 18% об. спирту не зброджується, 1 г/100 см³ цукру приймають за одну консервуючу одиницю, а 1% об. спирту – за 4,5 консервуючі одиниці.

Дріжджі відмирають і бродіння припиняється, якщо в суслі буде 80 і більше консервуючих одиниць.

Для спиртування застосовують ректифікований етиловий спирт (очищений від домішок).

Ректифікований етиловий спирт залежно від ступеня очищення випускається трьох сортів: екстра – міцністю не менше 96,5% об., вищого очищення – міцністю не менше 96,2% об. і I сорту – міцністю не менше 96% об.

Спирт має бути прозорим, безбарвним, без сторонніх запахів і присмаків.

При змішуванні спирту з водою відбувається стискування об'єму, так звана контракція, і виділяється теплота. Величина стискування залежно від концентрації спирту була вивчена Д.І. Менделєєвим. У міру підвищення концентрації спирту стискування суміші збільшується, досягаючи максимальної величини при 53-56% об. (45,3-48,2% мас.), а потім зменшується.

Сусло і виноматеріал спиртують до міцності не вище 20% об., і величина контракції коливається в невеликих межах. Її приймають в середньому рівною 0,08% до об'єму суміші на кожен 1% об. підвищення міцності або 8% до об'єму витраченого безводого спирту.

Основна технологічна вимога до процесу спиртування – це повне і швидке розчинення спирту у виноматеріалі, коли спирт не відчувається в букеті і в смаку, тобто асиміляція. Асиміляція спирту недостатньо вивчена, а з практичних спостережень відомо, що на цей процес впливають ступінь очищення спирту-ректифікату від домішок, технологічний термін спиртування і перемішування. Спирт сорту екстра і вищого сорту асимілюється швидше, ніж спирт I сорту.

Розрізняють два технологічні терміни спиртування: на стадії зброджування сусла і на стадії купажування виноматеріалів. При спиртуванні зброджуваного сусла спирт асимілюється швидше і повніше, ніж при спиртуванні купажу.

Щільність безводого спирту нижча за щільність сусла, і він концентрується у верхньому шарі. Для рівномірного розподілу спирту в усьому об'ємі продукту необхідне перемішування, яке прискорює асиміляцію спирту, гарантує відмирання всіх дріжджових клітин.

Спиртування викликає денатурацію білкових речовин і підсилює кристалізацію винного каменя в суслі і виноматеріалі.

Спиртування зброджуваного сусла здійснюють двома способами: внесенням необхідної кількості спирту до одного прийому і внесенням спирту в декілька прийомів (подрібнений).

При першому способі спиртують сусло в кінці підброджування в крупних

ємкостях, обладнаних мірними стеклами і механічними мішалками або насосами. Розрахункову і відміряну кількість спирту вводять в сусло на дно ємкості і перемішують. Перемішування припиняють, коли вміст спирту в середніх пробах, узятих з трьох шарів сусла по висоті резервуару, буде однаковим і відповідати розрахунковим кондиціям. Після першого перемішування рідина розшаровується і концентрація спирту у верхньому шарі сусла підвищується. З цієї причини перемішування повторюють ще 2 рази через кожних 8 годин.

Спиртування мезги. Спиртують бродячу мезгу. У мезгі спирт виконує роль розчинника ароматичних, дубильних, фарбувальних і інших екстрактних речовин. Виноматеріали, приготовані спиртуванням мезги, відрізняються інтенсивним забарвленням, яскраво вираженим букетом і екстрактним смаком.

Спирт в мезгу вводять в три прийоми по 1/3 із інтервалом 8 годин, перемішуючи після введення кожної порції сусла.

Після закінчення спиртування і перемішування ємкості доливають спиртованою мезгою, зверху закривають поліетиленовою плівкою і настоюють від 2 до 45 діб – залежно від типу і марки вина, що готується.

Недолік спиртування мезги – великі втрати спирту: 6% на випар і 6% на вбирання твердими елементами кетягу до об'єму безводого спирту, витраченого на спиртування.

10. Переробка відходів виноробства

При переробці винограду на сусло, бродінні сусла, обробці і перегонці виноматеріалів утворюються відходи, до складу яких входять коштовні компоненти: цукор, спирт, виннокислі сполуки. Для отримання корисних компонентів відходи переробляють. Відходи, які переробляють, називають вторинною сировиною (вичавки, дріжджові і гушові осідання, коньячна барда).

Переробка відходів дозволяє отримати коштовні продукти, необхідні для лави галузей народного господарства, такі, як спирт етиловий, кислота винна, масло виноградне; заощадити для харчових цілей велику кількість картоплі і зерна, що витрачаються на виробництво спирту спиртозаводами, рослинної олії; оберегти природне середовище від забруднення.

Лекція 14. Мікроорганізми у виробництві м'ясних продуктів

Питання лекції:

1. Ризики потрапляння мікроорганізмів до продукту на різних етапах виробництва
2. Зміна мікрофлори фаршу при виробленні варених і напівкопчених ковбасних виробів
3. Зміна мікрофлори фаршу при виробленні копчених ковбас
4. Ризики потрапляння мікроорганізмів до продукту на різних етапах виробництва м'ясних консервів

1. Ризики потрапляння мікроорганізмів до продукту на різних етапах виробництва

Посол. Збільшення кількості мікроорганізмів в м'ясі відбувається головним чином в результаті попадання разом з сумішшю (або розсолом) засолу різних солестійких і солелюбних гнильних бацил, пігментних коків, дріжджів, спор цвілевих грибів, актиноміцетів та ін. Для виключення цього джерела додаткового забруднення м'яса мікроорганізмами рекомендується для засолу застосувати стерильну суміш засолу.

При дотриманні температурного режиму (температура не вище 2-4°C) і термінів засолу (не більше 1-3 діб для варених і не більше 5-10 діб для сирокочених ковбас) значного збільшення вмісту мікроорганізмів не відбувається.

Складання ковбасного фаршу. Осіменіння фаршу може відбуватися під час виконання механічних операцій (подрібнення м'яса на дзизі і кутері, обробка фаршу в машині змішувача), з устаткування, рук робітників, тари, інвентарю, з повітря приміщень. Мікроорганізми можуть потрапляти у фарш при додаванні шпика, крохмалю, муки і спецій. Із спеціями, особливо з перцем, у фарш потрапляють споротвірні бактерії. Як показали дослідження, мікробне осіменіння перцю обчислюється мільйонами або навіть десятками мільйонів мікробів в 1 г. Переважна маса мікробів, що знаходяться в перці, доводиться на бацили аеробів.

Використання стерилізованих спецій дозволяє усунути це джерело мікробного забруднення фаршу.

Наповнення ковбасної оболонки фаршем. При набиванні ковбасних батонів у фарш з шприців можуть потрапляти мікроорганізми, тому їх необхідно ретельно мити і дезінфікувати.

Іншим джерелом мікробного осіменіння фаршу при набиванні може служити ковбасна оболонка. Застосовують природні (мокросолені, прісно-сухі і штучні оболонки). Природні кишкові оболонки забруднені різними мікроорганізмами, багато хто з яких є збудниками псування м'яса і м'ясопродуктів. У мокросолених кишкових оболонках зазвичай містяться бактеріум галофілум, різні види мікрококів, сарцини, бацили аеробів, актиноміцети, цвілеві гриби і інші галофільні і солестійкі мікроорганізми. У прісно-сухих кишкових оболонках також часто знаходяться спорові гнильні бацили аеробів, актиноміцети, спори цвілевих грибів і різні кокові бактерії. Санітарна обробка кишкових оболонок перед використанням (очищення, дезінфекція) різко знижує мікробне забруднення. Штучні оболонки є гігієнічнішими. При дотриманні санітарних умов зберігання і транспортування в них зазвичай міститься трохи мікроорганізмів.

В порівнянні з шприцюванням, набивання фаршу в оболонку уручну під час виготовлення штучних ковбас (листова, язикова та ін.) приводить до значного мікробного осіменіння. При дослідженні таких ковбас в 35,5% випадків виділяли кишкову паличку і в 20% – паличку протей. Тоді як в ковбасах машинного набивання протей не був виявлений, а кишкова паличка була виявлена тільки в 5,8 % випадків. Після набивання фаршу в оболонку яке-небудь додаткове мікробне осіменіння ззовні виключено.

При подальших технологічних операціях залежно від способу виготовлення ковбас відбуваються певні зміни мікрофлори фаршу.

2. Зміна мікрофлори фаршу при виробленні варених і напівкопчених ковбасних виробів

При виробленні варених і напівкопчених виробів після наповнення фаршем ковбасні батони піддають осіданню, обжарюванню, вариву і охолодженню. Напівкопчені ковбаси додатково коптять і сушать.

Осідання. При дотриманні технологічного режиму (температура не вища +2°C, відносна вологість 85-95% і тривалість не більше 2-4 годин) склад мікрофлори фаршу майже не змінюється. Підвищення температури і збільшення тривалості осідання можуть привести до розмноження мікроорганізмів (у тому числі інколи палички перфрінгенс і інших токсигенних бактерій) і збільшення загального мікробного осіменіння.

Обжарювання. При обробці гарячим димом температурою 80-110°C протягом 0,5-2 годин оболонка (а частково і сам фарш з країв) просочується складовими частинами диму і підсушується. В результаті цього створюються умови, несприятливі для розмноження мікробів на поверхні ковбасних батонів. Під впливом гарячого диму фарш нагрівається. У ковбасних батонах невеликого діаметру (3-5 см) температура в центрі підвищується до 40-50°C, а батонів великого діаметру (від 5-15 см і більше) – до 30-40°C. Отже, в батонах великого діаметру створюються умови, сприятливі для розмноження мікробів. Тому кількість мікроорганізмів в глибині батонів кілька зростає. У зв'язку з цим дуже поважно правильно дотримувати терміни обжарювання, оскільки при їх подовженні можливе значне збільшення кількості мікроорганізмів у фарші.

Вариво. До кінця процесу варива в глибині батонів температура залежно від виду ковбас досягає 68-75°C. При такому температурному режимі гине до 90% і більш за мікробів, що містяться в сирих ковбасах. При цьому відмирають всі неспоріві патогенні і умовно-патогенні бактерії: кишкова паличка і паличка протей, більшість сапрофітних неспоротвірних мікроорганізмів (коки, молочнокислі бактерії, дріжджі та ін.), вегетативні форми і частка спор споротвірних бактерій.

До варива склад мікрофлори фаршу ковбасних батонів дуже різноманітний і зазвичай представлений різними видами як неспоротвірних, так і споротвірних мікроорганізмів. Загальна кількість мікробів в 1 г сирого фаршу складає десятки тисяч і більш. Після варива в 1 г фаршу зазвичай містяться тільки сотні або кілька тисяч мікроорганізмів. У товщі батонів кількість мікроорганізмів буває дещо більше, ніж в поверхневих шарах, які інтенсивніше прогріваються під час варива.

Решткова мікрофлора ковбасних виробів після варива складається в основному із споротвірних паличкоподібних сапрофітних бактерій аеробів і анаеробних і незначної кількості неспоротвірних сапрофітних бактерій, головним чином – коків. Кількість неспоротвірних мікробів у варених ковбасах великого діаметру складає зазвичай не більше 10-12%, у батонах невеликого діаметру – тільки 4-7%, а в сосисках – всього 1-3% від загального числа мікробів, що жили при вариві.

Копчення і сушка. Груповий склад мікрофлори напівкопчених ковбас після копчення і сушки не змінюється. Загальна кількість мікроорганізмів дещо зменшується, оскільки частка мікробів, що вижили при вариві, відмирає в процесі додаткової обробки.

Вміст залишкової мікрофлори у варених і напівкопчених ковбасах може коливатися залежно від початкової кількості і складу мікрофлори сирого фаршу, дотримання термічного режиму варива, вигляду, сорти ковбас та ін. Так, загальна мікробна осіменіння м'ясних ковбасних виробів складає в середньому від декількох десятків до кількох сотень або кількох тисяч мікробних клітин в 1 г, тоді як в ліверних ковбасах може міститися від кількох десятків тисяч до кількох сотень тисяч мікробів в 1 г. У ковбасах III сорту завжди міститься більше мікроорганізмів, ніж у ковбасних виробих I і II сортів.

При дотриманні всіх санітарних норм і технологічних режимів виробництва загальне мікробна осіменіння (УОЕ) варених і напівкопчених ковбас I і II сортів має бути не вище 1000 і ковбас III сорту – не вище 2000 мікробних клітин в 1 г. У ковбасах не повинні міститися патогенні і умовно-патогенні мікроорганізми (кишкова паличка і паличка протей).

Велика кількість мікроорганізмів у варених і напівкопчених ковбасах (більше 1000-2000 мікробних клітин в 1 г) або наявність палички протей і кишкової палички, незалежно від загальної мікробною осіменіння, вказує на порушення санітарних норм, що приводить до значного мікробного забруднення фаршу в процесі приготування ковбас, або на недотримання технологічних режимів осідання, обжарювання або варива.

Безоболонкові види ковбасних виробів (м'ясні хліби, карбонат та ін.) після належної термічної обробки також мають невелике загальне мікробне осіменіння і не повинні містити патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Груповий склад їх мікрофлори представлений головним чином споровими формами сапрофітних мікроорганізмів і одиничними коковими бактеріями. Після термічної обробки ці продукти часто виходять практично стерильними, Але оскільки вони не мають захисної оболонки, при недотриманні запобіжних засобів на кінцевих операціях (витягання з форм, внутрізаводські переміщення, упаковка в папір або целофан) їх поверхня легко може бути осіменена мікроорганізмами, що найчастіше зустрічаються в ковбасному виробництві: паличкою протей, кишковою паличкою, споровими гнильними бактеріями, коками. У цих випадках на поверхні упакованої продукції кількість мікробів досягає сотень тисяч на 1 см², і у всіх пробах виявляють кишкову паличку.

3. Зміна мікрофлори фаршу при виробленні копчених ковбас

Залежно від способу виготовлення, копчені ковбаси підрозділяють на сирокопчені й варено-копчені.

Сирокопчені ковбаси. При виготовленні сирокопчених ковбас ковбасні батони піддають тривалому (5-7 діб) осіданню, холодному копченню (при 18-25°C) і сушці (до 1,5 місяців). Різновидом сирокопчених ковбас є сиров'ялені (в'ялені) ковбаси, які після осідання сушать без попереднього копчення (в'ялення).

Оскільки в процесі виготовлення сирокочених ковбас не застосовують теплової обробки, що забезпечує знищення неспоротвірних мікроорганізмів, мікрофлора цих ковбас змінюється інакше, ніж варених і напівкочених.

В ході технологічного процесу виготовлення сирокочених і в'ялених ковбас створюються умови, що хоча і уповільнюють, але не виключають життєдіяльності мікроорганізмів в продукті. Тому у фарші цих ковбас розмножуються деякі групи мікроорганізмів. В результаті їх розмноження загальне мікробне осіменіння фаршу поступово зростає під час тривалого осідання, копчення (у сирокочених ковбас) і на початку процесу сушки, досягаючи до 10-20-го дня дозрівання (сушки) продукту 1 млн. і більш мікробних клітин в 1 г. Потім загальна кількість мікроорганізмів поступово знижується і до кінця сушки (приблизно через 30-50 днів) зменшується у кілька разів.

Груповий склад мікрофлори початкового фаршу сирокочених і сиров'ялених ковбас дуже різноманітний. Основну масу мікрофлори складають грамнегативні бактерії, у тому числі з групи кишкових паличок і роду протеус, гнильні споротвірні бацили аеробів, анаеробні клостридії, ентерококи, стафілококи. Окрім цих груп мікроорганізмів у фарші зазвичай містяться в невеликих кількостях дріжджі, мікрококи і молочнокислі бактерії.

В процесі дозрівання ковбас склад мікрофлори змінюється і стає одноріднішим. Відбувається поступове збільшення кількості молочнокислих бактерій, мікрококів, а в деяких ковбасах і дріжджів, тобто тих груп мікроорганізмів, вміст яких на початку сушки був незначним. Зазвичай в кінці дозрівання сирокочених і в'ялених ковбас молочнокислі бактерії і мікрококи складають найбільшу частину від загальної кількості мікрофлори продукту. Грамнегативні бактерії, що переважали в початковий період процесу, у міру дозрівання ковбас поступово відмирають: бактерії роду протеус відмирають і не виявляються у фарші приблизно до 18-20-30-го дня, а кишкова паличка – через 30-50 днів сушки. У готових доспілих ковбасах ці мікроорганізми, як правило, відсутні.

Зміна складу мікрофлори сирокочених і в'ялених ковбас пов'язана з тим, що на склад і розвиток мікроорганізмів впливають такі чинники, як обезводнення середовища, підвищення концентрації солі і пов'язане з ними зниження активності води (показника a_w), вживання коптільних речовин (на поверхневу мікрофлору сирокочених ковбас), зміна рН продукту і мікробний антагонізм.

В процесі копчення продукт просочується антисептичними речовинами коптільного диму, що пригнічують розвиток мікроорганізмів. Проте до дії коптільних речовин найбільш чутливі тільки неспоротвірні мікроорганізми, особливо паличка протея, кишкова паличка, стафілококи і вегетативні форми споривих мікроорганізмів. Спори бацил аеробів, анаеробної клостридії і цвілі зазвичай при копченні не гинуть. Крім того, в значній кількості коптільні речовини проникають тільки в поверхневі шари фаршу, а в товщі ковбасних батонів їхня концентрація зазвичай в 10-15 разів нижче. Отже, коптільні речовини грають другорядну роль в придушенні життєдіяльності мікрофлори фаршу. Бактерицидний ефект копчення полягає головним чином в створенні бактерицидної зони на поверхневих ділянках продукту, що захищає його від проникнення і роз-

множення мікроорганізмів ззовні.

Істотним і таким, що, визначає дію на розвиток мікроорганізмів в сирокочених і в'ялених ковбасах є обезводнення продукту і підвищення внаслідок цього концентрації солі як чинника, що визначає величину осмотичного тиску і активності води у фарші. Обезводнення і підвищення концентрації солі відбуваються по всій товщі продукту нерівномірно. Тому в центральних, менш обезводнених ділянках ковбасних батонів сприятливі умови для розмноження мікроорганізмів зберігаються довше, ніж в поверхневих шарах. У міру обезводнення, збільшення концентрації солі і у зв'язку з цим значного зниження показника a_w кількість мікроорганізмів починає зменшуватися. При концентрації солі 10% і більше відбувається різке зниження кількості мікробів в ковбасному фарші. Подальше зменшення вмісту мікроорганізмів знаходиться в прямій залежності від підвищення концентрації солі.

Істотно впливають на зміну складу мікрофлори при дозріванні ковбас антагоністичні взаємини між різними мікроорганізмами. Багато штамів молочнокислих бактерій, що виділяються з копчених ковбас, володіють вираженим антагонізмом відносно тест-культур кишкової палички, звичайного протея, гнільних бацил аеробів, стафілококів. Штами дріжджів з роду дебаріоміцес надають антагоністичну дію на цвілеві гриби.

Мікроби-антагоністи володіють значною солестійкістю, що дозволяє їм активно розмножуватися в процесі поступового обезводнення продукту. В результаті життєдіяльності молочнокислих бактерій і мікрококів поступово витісняються грамнегативні бактерії, гнільні бацили аеробів, стафілококи. Антагонізм молочнокислих бактерій і мікрококів обумовлюється виробленням антибіотичних речовин і зрушенням рН фаршу в кислу сторону, несприятливу для розмноження гнільних і умовно-патогенних бактерій. Активне розмноження молочнокислих бактерій і мікрококів пояснює факт поступового збільшення загальної кількості мікроорганізмів в перший період дозрівання ковбас, коли значна частка інших мікроорганізмів фаршу відмирає під впливом обезводнення, підвищеної концентрації солі, дії копильних речовин і антагонізму мікробів.

Таким чином, типовими представниками мікрофлори готових доспілих сирокочених і сиров'ялених ковбас є окремі види молочнокислих бактерій і різні види мікрококів. У деяких сиров'ялених і копчених ковбасах (сервелат, саямі та ін.) окрім вказаних мікроорганізмів до типової мікрофлори відносяться дріжджі переважно з родів дебаріоміцес і кандиди (*Debariomycetes* і *Candida*). У складі мікрофлори сирокочених і в'ялених ковбас в незначних кількостях присутні бацили аеробів, анаеробні кластридії і інші сапрофітні мікроорганізми.

Основна мікрофлора сирокочених і в'ялених ковбас (молочнокислі бактерії, мікрококи, дріжджі) впливає на дозрівання і формування специфічних запаху, смаку, кольору і інших органолептичних властивостей продукту.

Варено-копчені ковбаси. На відміну від сирокочених, варено-копчені ковбаси піддають менш тривалому осіданню (1-2 діб), гарячому копченню (при 50-60°C), вариву, вторинному копченню (при 32-45°C) і менш тривалій сушці (7-15 діб).

Під час осідання і гарячого копчення, як і при виготовленні сирокочених ковбас, розмножуються мікрококи і молочнокислі бактерії, кількість мікробів у фарші збільшується.

При вариві значна частка мікрофлори фаршу гине. У тому числі відмирають паличка протей, кишкова паличка, частка молочнокислих бактерій, мікрококів і споротвірних бактерій.

В процесі вторинного копчення і сушки частка мікроорганізмів, що вижили при вариві, головним чином молочнокислі бактерії і мікрококи, розмножуються. Проте в порівнянні з вмістом мікроорганізмів в сирокочених ковбасах загальна кількість мікроорганізмів у фарші готових варено-копчених ковбас значно нижче.

Склад мікрофлори варено-копчених ковбас в кінці сушки (дозрівання) майже не відрізняється від складу мікрофлори сирокочених ковбас. У ньому переважають ті ж мікроорганізми (мікрококи, молочнокислі бактерії), життєдіяльність яких грає певну роль в процесі формування кольору, специфічного запаху і смаку продукту.

Для поліпшення якості сирокочених і в'ялених ковбас і інтенсифікації технологічного процесу застосовують спеціально підібрані штами молочнокислих бактерій і мікрококів. Отримані позитивні результати по використанню дріжджів з роду дебаріоміцес для обробки поверхні сирокочених і в'ялених ковбас в цілях захисту від пліснявіння.

4. Ризики потрапляння мікроорганізмів до продукту на різних етапах виробництва м'ясних консервів

Закладання сировини і допоміжних матеріалів в банки і порціонування. В процесі закладання щільних складових частин продукту (м'ясо, рослинна сировина, прянощі), заливки рідких складових частин (бульйон, соус) і доведення маси нетто до стандартної (порціонування) осіменіння консервованої сировини підвищується. При цьому джерелами осіменіння можуть бути руки робітників (при ручній розкладці) або устаткування (наповнювальні машини), а також допоміжні матеріали (прянощі, сіль, цукор, бульйонна добавка та ін.), які завжди містять мікроорганізми.

Прянощі зазвичай містять мікроорганізми у великій кількості. Загальне мікробне осіменіння прянощів (перець, лавровий лист, коріандр, гвоздика та ін.) часто складає десятки і сотні тисяч, а інколи і мільйони мікробних клітин в 1 г. Переважають різні види бацил аеробів і анаеробних мезофільних і термофільних клостридій. Найсильніше осіменені мікроорганізмами мелені прянощі.

Сіль і особливо цукор часто бувають осіменені (до 80% випадків) різними споротвірними мікроорганізмами, головним чином мезофільними бацилами аеробів і анаеробними клостридіями.

Жир-сирець, що додається в консерви, містить безспорві мікроорганізми; топлений жир – терmostійкі спори багатьох мікроорганізмів аеробів і анаеробів; бульйонна заливка – споротвірні термофільні мікроорганізми, що потрапляють в неї з трубопроводів бульоноварильних установок, де вони здатні розмножуватися.

При внесенні допоміжних матеріалів консервовані продукти осіменяються

головним чином термостійкими мікроорганізмами, що утрудняє їх стерилізацію.

Додатковим джерелом осіменіння продукту мікроорганізмами в деяких випадках може бути консервна тара (банки). До санітарної обробки на поверхнях консервних банок є різні кокові бактерії, мезофільні бацили аеробів і анаеробні клостридії, неспоротвірні гнильні бактерії, цвіль, дріжджі, актиноміцети і бактерії групи кишкових паличок. Тому перед використанням консервні банки слід ретельно мити і пропарювати.

Стерилізація. Стерилізація консервів – завершальний етап технологічного процесу консервації. Під стерилізацією мається на увазі різний ступінь нагрівання продукту, що приводить до отримання мікробіологічно стабільного консервованого продукту, що не містить мікроорганізмів, здатних розвиватися в нім під час зберігання в певних температурних умовах. Основна мета стерилізації консервів – знищення патогенних і токсигенних мікроорганізмів, а також мікроорганізмів, здатних зумовити псування продукту.

Режим стерилізації, регламентований технологічними інструкціями, встановлюють залежно від виду консервів, розміру консервної тари, умов зберігання. М'ясні консерви стерилізують при 112-120°C.

Знищення мікробів при стерилізації є функцією часу і температури. Чим вище температура, тим швидше гинуть мікроорганізми. Проте, не дивлячись на дію високих температур, в консервах після стерилізації можуть зберігатися життєздатні мікробні клітини, тобто не завжди досягається повна стерильність всіх банок. Тому при виробленні різних видів консервів орієнтуються зазвичай на консервований продукт, що задовольняє вимогам промислової стерильності. У консервованому продукті промислової стерильності допускається присутність тільки обмеженого числа видів споротвірних мікроорганізмів. У ньому мають бути відсутніми мікроорганізми і речовини мікробіологічного походження, небезпечні для здоров'я людей, а також мікроорганізми, здатні розвиватися і зумовити псування продукту при температурі зберігання, встановленій для даного виду консервів.

Істотно впливає на ефективність стерилізації консервів груповий склад мікрофлори продукту, тобто те, які мікроорганізми присутні в консервованому продукті, яка їх стійкість до високих температур. Термостійкість мікроорганізмів в значній мірі залежить від їх родової і видової приналежності, фізіологічного стану клітин або спор. Неспоротвірні бактерії менш стійкі до нагрівання, ніж споротвірні. Термостійкість бактерійних спор може в 105 разів перевищувати термостійкість вегетативних клітин. Стійкість до високих температур середовищ неспоротвірних бактерій теж неоднакова. Наприклад, коки більш термостійкі, ніж бацили. Молоді мікробні клітки чутливіші до дії високих температур, ніж старі.

Спори різних видів споротвірних мікроорганізмів володіють неоднаковою стійкістю до високих температур. Так, спори багатьох мезофільних бацил аеробів відмирають вже при 100°C, тоді як спори сінної палички можуть зберігати життєздатність при 130°C. Стійкі до дії високих температур також спори термофільних бацил аеробів – бацила коагулянс (*Bac. coagulans*), бацила аеротермофільнос та ін., що зберігають життєздатність при 125-130°C. Спори анаеробних мікроорганізмів відмирають при високих температурах повільніше, ніж

спори аеробів. Спори різних штамів одного і того ж виду мікроба також можуть мати неоднакову стійкість до високих температур. Найбільш терmostійкими є зрілі спори, що покояться.

У неменшому ступені на результати стерилізації впливає кількісний склад мікрофлори, тобто загальна кількість мікроорганізмів і їх спор, що містяться в консервованому продукті. Чим вище початкова мікробна осіменіння консервів, тим більше часу потрібно для повного знищення мікроорганізмів, і тим більше їх може вижити при нагріванні.

При значному мікробному осіменінні продукту перед стерилізацією збільшується вірогідність попадання в банки терmostійких спор, а отже, ефективність стерилізації за інших рівних умов залежить від числа мікроорганізмів, що містяться в продукті, що стерилізується.

Швидкість відмирання мікроорганізмів в процесі стерилізації залежить також від консистенції і гомогенності продукту. У консервах, що мають рідку консистенцію, утворюються конвекційні струми, внаслідок чого температура при стерилізації швидко стає майже однакою у всіх частках банки. При щільній консистенції продукту конвекція ускладнена і тепло в основному поширюється унаслідок теплопровідності банки, тому температура в різних точках продукту неоднакова. У периферичних зонах вона вища, ніж в центрі банки. Наприклад, за однакових умов стерилізації в банці із зеленим горошком температура 110°C досягається через 25 хвилин, а в банці з м'ясом – тільки через 50 хвилин. Оскільки консерви, що мають рідку заливку, швидше прогриваються, то мікроорганізми в них гинуть швидше, ніж в сухих щільних консервах.

При стерилізації консервів від концентрації водневих іонів в середовищі в значній мірі залежить терmostійкість мікроорганізмів. У продуктах з нейтральною і слаболужною реакцією серед більшості споротвірних мікроорганізмів володіють максимальною стійкістю до високих температур. Наприклад, паличка ботуліну зберігає свою життєздатність при рН 6,3-6,9, а сінна паличка – при 6,8-7,6.

Кисла реакція прискорює денатурацію білків і відмирання мікроорганізмів, а також викликає зниження терmostійкості вегетативних мікробних клітин і їх спор. Чим вище кислотність продукту, тим більший вплив вона робить на зниження терmostійкості мікроорганізмів і, отже, їх загибель настає при менш високій температурі.

На стійкість мікроорганізмів до високих температур впливає також наявність жиру в консервованому продукті. Жир – поганий провідник тепла – сприяє виживанню мікроорганізмів при стерилізації. Жир проводить тепло в 1,82 разу повільніше, ніж м'ясо. При збільшенні вмісту жиру в м'ясних консервах знижується теплопровідність продукту, а терmostійкість мікробних клітин підвищується. На поверхні мікробних клітин утворюється гідрофобна плівка жиру, яка перешкоджає проникненню води в клітку і тим самим захищає білки цитоплазми від денатурації. При цьому створюються умови, близькі до умов стерилізації «сухим жаром», через що для знищення мікробів потрібний триваліший час. Наприклад, спори сінної палички в бульйоні при 106°C гинуть через 10 хвилин, тоді як в тваринному жирі навіть при 150°C – тільки через 1 годину.

Бактерії групи кишкових паличок в бульйоні при 100°C гинуть вмить, а в маслі при цій же температурі – тільки через 30 хвилин. Після прогрівання протягом 10 хвилин при 100 °С у м'ясі без жирової тканини від загальної кількості мікробів, що містяться до нагрівання, зберігається тільки 1% життєздатних клітин, в м'ясі з 5% жиру – до 6, а в м'ясі з 15% жиру – близько 9%.

Присутність солі в консервованому продукті впливає на термостійкість мікроорганізмів – залежно від її концентрації і виду мікробів.

Невеликі концентрації хлориду натрію (1-2%) підвищують стійкість до високої температури багатьох мікроорганізмів і їхніх спор, у тому числі палички ботуліну. Найвищий ефект дії солі на термостійкість деяких спорових (картопляна паличка, паличка спорогенес) і безспорових мікроорганізмів – мікрококів, лактобацил та ін. – спостерігається при концентрації солі 5,8%. Спори палички перфрінгенс найбільш стійкі до нагрівання у присутності 3% хлориду натрію.

Значні концентрації солі (вище 10%) надають зворотну дію, тобто зменшують термостійкість палички перфрінгенс, палички ботуліну і інших мікроорганізмів.

Підвищення термостійкості мікроорганізмів при невеликих концентраціях хлориду натрію пояснюється осмотичним відсмоктуванням вологи з мікробних клітин, внаслідок чого їх стійкість до нагрівання підвищується. Якщо ж концентрація солі досягає 10%, то зачинає виявлятися її дія, що висолює, на білки, що призводить до зниження термостійкості мікробів і їхніх спор. Цукор в невеликих концентраціях (2-18%) помітно не впливає на стійкість мікроорганізмів до високих температур. Цукор в дещо більших концентраціях (30%) надає захисну дію на дріжджі і цвіль. Високі концентрації цукру (70%) підвищують стійкість багатьох мікроорганізмів, у тому числі палички ботуліну, до нагрівання. В цьому випадку підвищення термостійкості також пояснюється втраченою клітинами частини вільної води в результаті осмосу.

Лекція 15. Основи утворення тіста, випечених напівфабрикатів і виробів

Питання лекції:

1. Основи технології хлібопечення.
2. Вимоги до компонентів тіста.
3. Особливості технології випічки житнього хліба.
4. Вимоги до дотримання умов виробництва при отриманні чорного хліба.

1. Основи технології хлібопечення

Основні стадії технологічного процесу виробництва хліба:

- 1) підготовка сировини;
- 2) заміс тіста;
- 3) бродіння тіста;
- 4) розстойка заготовок;
- 5) випічка.

Технологія приготування хліба заснована на процесах спиртового та мо-

лочнокислого бродіння. Збудниками спиртного бродіння є дріжджи-сахароміцети, молочнокисле бродіння викликають гомо- і гетероферментативні молочнокислі бактерії. Від життєдіяльності дріжджів і молочнокислих бактерій багато в чому залежить смак, аромат, об'єм і розпушеність хліба. Вивчення особливостей мікроорганізмів, що беруть участь в технології хлібопечення дає можливість впливати на процеси бродіння і управляти ними.

Специфічний аромат і смак свіжоспеченого хліба обумовлені речовинами, які утворюються в результаті бродіння тіста і його випічки. Відомо, що хліб, приготований на хімічних розпушувачах, не має такого смаку і аромату, як хліб з нормально зброженого тіста.

В той же час безкорковий хліб, приготований способом електроконтакту, навіть з добре зброженого тіста, позбавлений повноцінного смаку і аромату. Це пояснюється тим, що продукти бродіння, які накопичилися в тісті, піддаються різним перетворенням в процесі випічки: в результаті сахароамінної реакції утворюються темнозабарвлені сполуки – меланоїдини; у кірці і м'якуші накопичуються карбонільні сполуки, які додають хлібу специфічний запах. В даний час відкрито вже більше 100 органічних речовин – складових ароматичного і смакового комплексу хліба і хлібобулочних виробів. Смакова кислотність визначається вмістом в хлібі молочної кислоти, ді- і трикарбонових кислот (яблучної, янтарної, винної, лимонної), вищих жирних кислот, фосфатидів і інших продуктів.

1.1. Роль молочнокислих бактерій і дріжджів в хлібопеченні

Аромат хліба створюють леткі кислоти (оцтова, пропіонова, мурашкова) і карбонільні сполуки. До них відносяться альдегіди ароматичної лави (коричний, бузковий, ванілін) і т.д. Прийнято вважати, що смак і аромат хліба багато в чому залежать від кількісного співвідношення молочної кислоти і летких кислот. Це співвідношення називають коефіцієнтом бродіння.

Провідна роль в створенні смаку і аромату хліба належить молочнокислим бактеріям. Саме в процесі молочнокислого бродіння в напівфабрикатах накопичуються молочна і оцтова кислоти. Багато штамів молочнокислих бактерій виробляють винну, лимонну, яблучну кислоти, – так само, як і різні карбонільні сполуки.

Молочнокислі бактерії також грають певну роль і в утворенні смакових і ароматичних властивостей пшеничного хліба, а присутність молочнокислих бактерій в напівфабрикатах з пшеничної муки певною мірою попереджає розвиток картопляної хвороби хліба.

За даними лави спадкодавців, ароматичні сполуки в тісті виникають і завдяки життєдіяльності дріжджів. Етиловий спирт, що залишається в хлібі після випічки (до 0,5%), також певним чином впливає на смак і аромат хліба. Але основна роль дріжджів полягає в розпушуванні пшеничного тіста за рахунок виділення вуглекислого газу.

Дріжджі зброджують власні цукру муки і мальтозу, яка утворюється з крохмалю під дією бета-амілази муки, а також цукор, передбачений рецепту-

рою. Від бродильної активності дріжджів залежить об'єм хліба, пористість його і розпушеність м'якуша.

Молочнокислі бактерії також беруть участь в розпушуванні тіста.

1.2. Хлібопекарські раси дріжджів і молочнокислих бактерій

Дріжджі, що беруть участь в бродінні тіста, відносяться до родини сахароміцетів, роду *Saccharomyces*. Цей рід був вперше описаний Мейеном в 1838 р. Відповідно класифікації дріжджів В.І. Кудрявцева (1954), рід *Saccharomyces* включає 18 видів. У хлібопекарському виробництві зустрічаються два види дріжджів-сахароміцетів – *S. cerevisiae* і *S. minor* (синонім *S. paradoxus*).

Для хлібопекарського виробництва найбільш характерними видами молочнокислих бактерій є *L. plantarum* і *L. brevis*. Їх температурний оптимум лежить в межах 30-34°C, що відповідає температурі бродіння тіста. Вони вимогливі до умов живлення, спиртостійкі і добре пристосовані до існування в спільній культурі з дріжджами сахароміцетами.

1.3. Чинники, що впливають на розмноження і біохімічну активність молочнокислих бактерій і дріжджів у тісті

Широко розповсюджене в природі і практиці поєднання молочнокислих бактерій і дріжджів вважається за класичний приклад симбіозу. Дійсно, дріжджі і молочнокислі палички добре пристосувалися до спільного розвитку в борошняному середовищі. Дріжджі збагачують середовище вітамінами і амінокислотами, яких гостро потребують молочнокислі бактерії, а також поглинають з середовища кисень, а це сприятливо відбивається на розвитку молочнокислих бактерій. Нарешті, спирт, що утворюється дріжджами, пригноблює сторонні види бактерій, але не пригнічує молочнокислі. У свою чергу, молочнокислі бактерії, утворюючи молочну кислоту, пригнічують розвиток гнильних і маслянокислих бактерій, присутність яких згубна для дріжджів.

Проте, при спільному культивуванні дріжджів і молочнокислих бактерій між ними відбувається конкуренція за використання зброджувальних цукрів у середовищі. У цій боротьбі переможцем опиняється той вид, для якого умови середовища виявилися сприятливішими.

Потужними чинниками, що діють на життєдіяльність мікроорганізмів у тісті є температура, кислотність і вологість середовища. На бродильну мікрофлору здійснює значний вплив внесення оцукреної заварки, вживання ферментних препаратів, поліпшувачів тощо.

Відомо, що оптимальні умови для розвитку дріжджів і молочнокислих бактерій різні. Підвищення температури до 35°C стимулює розвиток молочнокислих бактерій, але приводить до пригноблення дріжджової мікрофлори, оскільки температурний оптимум у них не збігається. Зниження температури закваски до 28-30°C, навпаки, підвищує бродильну активність дріжджів, але уповільнює процес зростання кислотності. З підвищенням кислотного режиму середовища активність дріжджів помітно погіршується, а при 13-14°C вид

S. cerevisiae починає витіснятися дріжджами *S. minor*. Збільшення, вологості закваски до 75% знижує інтенсивність кислотонакопичення в результаті зменшення кількості живильних речовин для молочнокислих бактерій.

1.4. Мікробіологічні процеси в тісті при випічці

Після расстойки тістові заготовки поступають на випічку, яка відбувається при температурі 210-280°C. Однак внутрішня частина тіста-хліба прогрівається тільки до 95-96°C. Прогрівання заготовки починається із зовнішніх шарів і поступово поширюється до центру. Відповідно цьому протікають і мікробіологічні процеси в тісті.

Ця температура близька до оптимальної для дріжджів і молочнокислих бактерій. Тому тільки при невеликому нагріванні від 30 до 35°C відбувається посилення газоутворення і кислотонакопичення. При подальшому нагріванні температура наближається до максимальної. Це приводить до загасання мікробіологічних процесів, які повністю припиняються при досягненні температури 60°C.

2. Вимоги до компонентів тіста

Утворення тіста з пшеничної муки відбувається при змішуванні її з водою. Співвідношення їх, присутність рецептурних компонентів впливає на структуру тіста і індивідуальні особливості отриманого готового виробу. Процес тістоутворення обумовлений хімічними властивостями муки (хімічним складом зерна), роллю окремих складових її речовин, ферментів. Очолююча роль належить білкам і крохмалю муки.

2.1. Вплив білків і крохмалю муки на властивості тіста

Білки муки. Поряд з водо- і солерозчинними білками, що створюють в тісті колоїдні розчини, в муці містяться обмежено розчинні (що набухають) білки-проламіни (гліадін) і глютеліни (глютенін). Ці білки є полімерами і складаються з залишків α -амінокислот. Полімерні молекули білків, що мають фізіологічну цінність, складаються з 20 амінокислот.

Наявність в молекулах білків полярних і неполярних груп атомів додає їм властивості поверхневої активності, високій реакційній здатності. У тісті білки взаємодіють з водою, вуглеводами, жирами. Складна будова, міцні зв'язки додають білкам значну пружність і міцність. Вміст неполярних атомних груп, що володіють слабкими дисперсійними зв'язками, забезпечує високу еластичність білків.

Гідрофільні властивості білка пояснюються наявністю в молекулах багаточисельних іонних і полярних атомних груп і здатністю при оводненні механічно захоплювати значну кількість вільної вологи. Поглинання води білковими речовинами відбувається в дві стадії.

На першій стадії набухання зв'язуються незначні кількості води за рахунок активності гідрофільних груп частин муки і утворюються водні сольватні оболонки. Взаємодія води з гідрофільними групами відбувається не лише на поверхні частин муки, але і в об'ємі. Процес на першій стадії протікає з виді-

ленням теплоти (екзотермічно). Кількість утримуваної води незначна – близько 30% – і не приводить до великого збільшення об'єму частин.

Основне скріплення білками води відбувається на другій стадії – понад 200% за рахунок так званого осмотичного набухання. Воно полягає в тому, що молекули води в результаті дифузії проникають всередину частин клейковини. Друга стадія набухання супроводжується значним збільшенням об'єму частин муки і минає без виділення тепла.

Важливою властивістю гідратованих молекул білків є зміна форми молекул, або денатурація, в умовах прогрівання, перемішування, збиття, а також хімічних дій окислювачів, відновників і ін. Денатурація гідратованих білків може бути як оборотною, так і необоротною. Вона залежить від інтенсивності фізико-хімічної дії на білки.

Механічні дії на молекули білка приводять до деформації і орієнтації в площині напрямку цих дій. Вони утворюють в об'ємі структури волокна і плівки, стабілізуючи (емульсуючи) водно-жирові структури. При збитті у присутності повітря молекули білка орієнтуються на поверхні розділу фаз «рідина-повітря», утворюючи піноподібні структури. При цьому вони витягуються і денатуруються.

При інтенсивному прогріванні гідратованих молекул білків відбувається необоротна денатурація білків. Цей процес відбувається при випічці. Механічні властивості гідратованих і денатурованих білків міняються. З м'яких пружно-еластичних гідратованих гелів вони перетворюються на жорсткі, пружні, міцні гелі, майже позбавлені пластичності (текучі).

Пшеничні білки (гліадін і глютенін), що набухають у воді, можуть відмиватися з тіста водою в частково денатурованому вигляді, утворюючи клейковину. Таким чином, набряклі у воді фракції білків злипаються, утворюючи сильно набряклий колоїдний холодець – клейковину.

При виробленні кондитерських виробів потрібна мука з різною якістю клейковини.

«Сила муки» характеризує здатність муки утворювати тісто з певними фізичними властивостями, які виявляються в результаті замісу і подальшої технологічної обробки.

«Сильною» прийнято називати муку, що зв'язує при замісі тіста нормальної консистенції велику кількість води. Тісто з «сильною» муки здатне стійко зберігати свої фізичні властивості в процесі замісу і подальшої обробки. Муку з сильною клейковиною рекомендується використовувати при виробленні листових і заварних виробів (листові торти і тістечка, заварні тістечка типа Еклер).

«Слабкою» називають муку, що зв'язує при замісі тіста нормальної консистенції малу кількість води. Тісто з «слабкою» муки в процесі замісу і технологічної обробки швидко змінює свої фізичні властивості у напрямі розслаблення консистенції. Муку зі «слабкою» клейковиною рекомендується використовувати при виробленні зтяжного печива, вафельних листів і ін.

«Середня» по силі мука займає проміжне положення. Вміст сирової клейковини в муці визначають відмиванням її з тіста, що отримується при певному

співвідношенні муки і води. При відмиванні віддається майже весь крохмаль і основна частка водорозчинних речовин муки.

Структура борошняного тіста обумовлена не лише кількістю білків, але, головним чином, їх структурою і механічними властивостями. Ці властивості впливають на здатність білків муки утримувати різну кількість води, тобто на водопоглинальну здатність муки. Одна частина білків муки при набуханні в холодній воді може утримувати 2-2,5 частин води, тобто кількість утримуваної води перевищує в 2-2,5 разу масу білків.

На водопоглинальну здатність муки впливає її дисперсність, тобто розмір частинок. Із зменшенням розміру частин збільшується питома поверхня в одиниці маси муки, тому може бути адсорбційний більше зв'язано води. Поглинання води частинками з дрібними розмірами відбувається значно швидше.

На властивості білків муки, їхню молекулярну масу, структуру клейковини, механічні властивості роблять вплив природні властивості і умови дозрівання зерна, вихід муки, її дисперсність. Структура сирих білків клейковини впливає не лише на властивості тіста, але і на вихід і властивості виробів. На ці показники істотний вплив роблять також крохмаль і інші сполуки муки, наприклад клітковина.

На властивості тіста роблять вплив водо- і солерозчинні білки, що володіють великою гідрофільністю. Це виявляється в структурно-механічних властивостях тіста. Колоїдні розчини цих білків володіють високою еластичністю, поверхневою активністю. З цим пов'язана їхня здатність пластифікації, піноутворення і стабілізації сполук структури тіста. Структуру білків і борошняного тіста пластифікують також продукти гідролізу білків, розчинні у воді пептиди і амінокислоти.

Оптимальним для набухання білків в кондитерському тісті є температурний інтервал – 22-40°C. При збільшенні температури набухання підвищується.

З підвищенням температури до 50°C у водному середовищі добре набухає крохмаль. При 70°C і вище крохмаль починає клейстеризуватися, збільшується об'єм крохмальних зерен. Це показує, що білки і крохмаль мають різний температурний оптимум набухання, що пояснюється різною молекулярною масою і будовою молекул білка і крохмалю, не дивлячись на те, що і білки, і крохмаль є високомолекулярними сполуками – колоїдами.

Крохмаль за кількісним вмістом у муці займає перше місце. При вмісті в муці близько 10-12% білкових речовин вміст крохмалю досягає 60-65% і більш, при загальному вмісті вуглеводів близько 74%, тобто вміст крохмалю більш ніж в 6 разів перевищує вміст білка.

Крохмалем є полімерна сполука, що складається з залишків моноцукру α-глюкози. Молекули крохмалю утворюються в процесі синтезу в клітинах тканин зерна у вигляді шаруватих агрегатів – зерен (гранул), що мають округлу, лінзоподібну або іншу форму. Розмір їх в поперечнику складає від декількох одиниць до десятків мікрометрів.

При помелі зерна крохмаль переходить в муку. У зерні крохмалю завжди присутні речовини ліпідної природи, міцно пов'язані з ним, які створюють ком-

плекси. Ліпіди представлені в значній мірі фосфоліпідами. Зерно крохмалю складається з двох фракцій: амілози і амілопектину. Амілозу утворюють ланцюгові молекули крохмалю у формі достатньо зігнутих спіралей, які утворюють лінійну форму. В амілопектині вони утворюють форму ланцюгових молекул, що гілкуються. У пшениці й жита вміст амілози коливається в межах 20-25%, амілопектину – 75-80%.

Амілоза і амілопектин мають різні властивості. Їх співвідношення впливає на властивості тіста. Амілоза міститься усередині крохмальних зерен. Зовнішню оболонку утворює амілопектин. Амілопектин характеризується більшою величиною часток і більшою молекулярною масою.

Молекули амілопектину стійкіші до набухання у воді і хімічних дій. При взаємодії крохмалю з гарячою водою амілопектин лише набухає, амілоза розчиняється. При подальшому охолодженні крохмального клейстеру амілоза разом з амілопектином утворює холодці високої пружності і в'язкості, в киплячій воді амілопектин утворює в'язкий клейстер, тоді як амілоза не володіє здатністю давати в'язкі розчини.

Клейстеризовані повністю гарячою водою охолоджені холодці крохмалю мають аморфну структуру і можуть містити до 25% води. Клейстеризовані крохмальні зерна швидше, ніж неклеїстеризовані, гідролізуються амінолітичними ферментами. При цьому утворюється декстрин і цукри.

У холодцях крохмалю при зберіганні протікають процеси ретроградації (рекристалізації) амілози, ущільнення, зміцнення структури амілопектину зі звільненням частини захопленої води. Відбувається нерівномірна усадка холодців в об'ємі, яка супроводжується утворенням тріщин, кроштивістю, зменшенням здатності намокати і набухати в холодній воді. Це є однією з причин обмеженого введення крохмалю в рецептури виробів.

При гідратації холодною водою зерна крохмалю адсорбують не більше 30-40% води, тобто одна частина крохмалю може утримати 0,3-0,4 частин води. При нагріванні суспензії крохмалю молекули води, проникаючи в зерна крохмалю, що клейстеризується, збільшують їх в об'ємі.

Набухання крохмалю, подібно до набухання білків, протікає в дві стадії. На першій стадії відбувається адсорбція молекул води на поверхні частинок муки за рахунок активності гідрофільних груп колоїдів. На другій стадії набухання носить осмотичний характер.

Здібність крохмальних зерен муки до поглинання вологи залежить від багатьох чинників. Одним із них є часткове диспергування крохмальних зерен при помелі зерна на муку. Кількість пошкоджених крохмальних зерен підвищує гідрофільність крохмалю і інтенсивність його гідролізу амінолітичними ферментами. За рахунок пошкодження крохмальних зерен зростає водопоглинальна здатність муки.

Молекули крохмалю є реакційноздібними сполуками і активно взаємодіють з іонами металів, кислотами, окислювачами, поверхнево-активними речовинами. Так, хлорид натрію (куховарська сіль) підвищує температуру клейстеризації крохмалю, впливає на кінцеву в'язкість.

Збільшення жорсткості води також підвищує температуру клейстеризації крохмалю. Сорбція крохмалем іонів кальцію і магнію знижує в'язкість клейстеру і міцність крохмального холодцю. Заміна цих іонів на іон натрію збільшує механічні характеристики холодцю.

Із збільшенням концентрації холодців підвищується їх пружність, в'язкість, знижується еластичність, виявляється крихкість. ПАВ зменшують в'язкість і міцність холодців, затримують процес зміцнення при старінні. Малі добавки цукру підвищують, великі – знижують розчинність крохмалю.

Таким чином, при замісі тіста протікають колоїдні процеси взаємодії білкових речовин і крохмалю, муки з водою і утворення структури з набряклих ниток клейковини і зерен зволоженого крохмалю.

У кондитерському тісті зразкова рівна кількість вологи зв'язується білками і крохмалем.

Колоїдні процеси продовжуються при випічці тестових заготовок і приводять до отримання випечених напівфабрикатів, що мають структуру, утворену денатурованими білками і зневодненим крохмалем у присутності інших харчових речовин.

2.2. Вплив інших рецептурних компонентів на властивості тісту і виробів

У рецептуру більшості борошняних кондитерських виробів окрім муки входять цукор, жири, крохмаль, молоко і молочні продукти, яйцепродукти, патока, інверсний сироп, розпушувачі, ароматизатори. У більшості виробів в тісто входить вода. У окремі вироби входить сіль.

Вплив цукру пов'язаний з його дегідратувальними властивостями. У водному розчині молекули цукрів покриваються оболонками гідратів. Молекули сахарози при температурі 20°C зв'язують і утримують 8-12 молекул води. Оболонки збільшують молекулярний об'єм, знижуючи швидкість дифузії і осмотичне набухання білків. Із збільшенням цукру в тісті більшою мірою знижується кількість вільної води в рідкій фазі тісту і обмежується набухання колоїдів муки.

Вміст цукру в тісті впливає на структуру тісту, його структурно-механічні властивості і якість виробів. Цукор робить тісто м'яким і в'язким. При високому вмісті цукру підвищується адгезія (прилипання) тісту до робочих поверхонь машин. Тестові заготовки при випічці розпливаються. При підвищеному вмісті цукру і відсутності в рецептурі жиру отримувані вироби мають надмірну твердість.

Таким чином, цукру в тісті і виробих грають не лише харчово-смакову роль, але і мають технологічне значення. Вони обмежують набухання білків і підвищують пластичність тісту.

На якість тісту робить вплив розмір часток цукру. Для отримання пластичного тісту з малим вмістом води слід застосовувати подрібнений цукор-пісок – цукрову пудру. Це забезпечує розчинність у воді всієї кількості цукру. Інакше погіршується якість виробів із-за присутності на поверхні нерозчинених кристалів. Таким чином, використовуючи властивості цукру, можна регулювати ступінь набухання білків і крохмалю муки.

Жири також регулюють ступінь набухання колоїдів муки, але механізм їх дії інший. Жири, адсорбуючись на поверхні колоїдних часток, ослабляють взаємний зв'язок між ними і перешкоджають проникненню вологи, збільшуючи вміст рідкої фази тісту. Тісто стає пластичнішим. Чим тонша плівка жиру і ніж більше їх в тісті, тим більше пористу і крихку структуру мають отримувані вироби. Тому жири рекомендують вводити в тісто у вигляді тонкодиспергованої емульсії.

На якість виробів роблять вплив хімічний склад жиру і його фізичний стан. Жири мають бути пластичними. В цьому випадку вони покривають частини муки якнайтоншими плівками. Якщо температура плавлення жиру перевищує температуру тісту, то він залишається в тісті у вигляді твердих часток і його позитивний вплив на властивості тісту послаблюється.

Перевагу мають жири, що зберігають пластичність в широкому інтервалі температур. Це досягається поєднанням твердих і рідких жирів з різними температурами плавлення. Рідка рослинна олія виділяється з виробів.

Таким чином, жири, зменшуючи набухання колоїдів муки, підвищують пластичність тісту, а готовим виробам додають шаруватість, розсипчастість, пористість. При збільшенні кількості жиру тісто стає рихлим, таким, що кришиться.

Молоко і молочні продукти. Молоко цілісне, згущене, сухе, сухі вершки та ін.) містять в своєму складі добре емульгований, легко адсорбований клейковиною жир, завдяки чому цей вид сировини впливає не лише на смакові якості, але і підвищує пластичність тісту.

Яйця і меланж містять дві поверхнево-активних речовини: яєчний альбумін (яєчний білок) і фосфатиди – лецитін (яєчний жовток). У інших яйцепродуктах міститься або яєчний альбумін, або фосфатиди – лецитін. Яєчний альбумін служить хорошим піноутворювачем і сприяє утворенню пористої фіксованої структури, можливо без вживання інших розпушувачів. Лецитін жовтків при отриманні емульсії впливає як емульгатор, диспергуючи жир, що входить в рецептуру виробів.

Обидві речовини покращують харчову цінність виробів, формують смакові і ароматичні якості.

Патока і сироп інверсний, що містять речовини що редукують, підвищують гігроскопічність виробів і їх намокальність.

При введенні в затяжне печиво більше 2% патоки тісто набуває підвищеної вологості та клейкості.

При випічці тестових заготовок цукри, що редукують, взаємодіють із амінокислотами з утворенням темnobарвних речовин – меланоїдинів. Швидкість реакції зростає в лужному середовищі, продукти реакції при невеликій концентрації забарвлюють вироби в золотисто-жовтий колір.

Розпушувачі, що входять в рецептуру більшості виробів, виконують основну технологічну роль: розпушують тісто або тестові заготовки і забезпечують отримання виробів пористої структури. Відомо три способи розпушування кондитерського тісту: хімічний (за допомогою солей); біохімічний (за допомо-

гою дріжджів); фізичний.

У виробництві борошняних кондитерських виробів як основний спосіб розпушування тісту прийнятий хімічний спосіб. Він застосовується при виробленні виробів з високим вмістом цукру і жиру, які пригноблюючий діють на дріжджі.

Біохімічний спосіб застосовується при виробленні виробів з меншим вмістом цукру і жиру (крекери, галети, кекси).

Фізичний спосіб полягає в тому, що тісто насичується повітрям або газом в процесі тістоутворення. При випічці бульбашки газоподібної фази розширюються і утворюють пористу структуру (бісквітне тісто і напівфабрикат, білковий напівфабрикат).

Сіль (куховарська), як було сказано раніше, підвищує температуру клейстеризації крохмалю. При невеликих дозах (0,2-0,8% до маси муки) сіль збільшує набухання білків муки, покращуються властивості тісту, підвищується міцність.

Вода використовується на заміс в різних кількостях – залежно від виду тісту і виробу, його рецептури, від водопоглинальної здатності муки. Вода сприяє набухання колоїдів муки, розчиненню складових частин муки і кристалічної сировини. При пониженні вологості муки на 1%, а також із збільшенням виходу муки водопоглинальна здатність зростає на 1,8-1,9%. У кондитерській промисловості при використанні муки з вологістю, що відрізняється від рецептурної (14,5%), проводиться перерахунок кількості муки на заміс по сухих речовинах.

Залежно від водопоглинальної здатності муки, від рецептури виробу дозування води у виробничих умовах уточнюють для кожного сорту виробів. Регулювання вологості тісту здійснюють тільки на початку замісу, поки не сформувалася структура тісту.

Водопоглинальна здатність муки залежить від кількості цукру в тісті. При додаванні 1% цукру вона зменшується на 0,6%.

Таким чином, використовуване у виробництві борошняних кондитерських виробів сировина, як правило, грає не лише роль смакових речовин, але і технологічну роль, роблячи вплив на фізико-хімічні властивості тісту і виробів.

3. Особливості технології випічки житнього хліба

Основною сировиною хлібопекарського виробництва є: житня мука, вода, дріжджі, кисломолочні бактерії, сіль. Як додаткова сировина використовуються цукор, жири, яйця, патока, солод, ферментні препарати тощо. Стадії технологічного процесу складаються з підготовки сировини, замісу тіста, бродіння тіста, оброблення, формування, расстойки заготовок, випічки, охолодження, зберігання і транспортування хліба.

Муку просіюють і очищають від металевих домішок на складі. Сіль і цукор розчиняють у воді і зберігають у вигляді цукрово-сольового розчину концентрацією 65 -70%.

Компоненти-поліпшувачі повинні мати сертифікати якості. Яйця миють і

дезінфікують, звільняють від шкаралупи. Як поліпшувачі використовують ферментні препарати грибного і бактерійного походження: амілоризин, амілосубтілін, що містять амілолітичні і протеолітичні ферменти, фосфатазу, декстриназу. Вони сприяють інтенсифікації бродіння, дозріванню тіста, збільшенню об'єму, пористості хліба, поліпшенню смаку і аромату виробів, скороченню витрати дріжджів на 20%, подовженню терміну зберігання.

Заміс тіста – найважливіша технологічна операція, від якої в значній мірі залежить подальший хід технологічного процесу і якість хліба. При замісі тіста з муки, води, дріжджів, солі і інших складових частин отримують однорідну масу з певною структурою і фізичними властивостями, щоб в подальшому при бродінні, обробленні і розстойці тісто добре перероблялося.

Механічна дія мішалки на тісто, що утворюється при замісі, в перший період сприяє набуханням білків і утворенню губчастого каркаса клейковини, що покращує фізичні властивості тіста. У житній муці міститься близько 3% високомолекулярних вуглеводних сполук – слизів. З білків, слизів і інших складових частин тіста (розчинного декстрину, солі, водорозчинних речовин муки), що перейшли у в'язку колоїдносполука, в житньому тісті утворюється в'язка рідка фаза, від стану якої в значній мірі залежать фізичні властивості житнього тіста. В процесі замісу тіста підвищується його температура, оскільки механічна енергія замісу частково переходить в теплову, що в початковій стадії замісу прискорює утворення тіста.

Білки житньої муки при замісі не утворюють клейковини, ферменти активніші. Житнє тісто менш еластичне і менш пружне, ніж пшеничне, його готують на заквасках. Закваска містить молочнокислі бактерії і дріжджі, має високу кислотність і призначена для розпушування тіста. Співвідношення молочнокислих бактерій і дріжджів складає 80:1, тобто молочнокислі бактерії важливіші для дозрівання житнього тіста.

Рідкі закваски готують на оцукреному рідкому середовищі з житньої муки, в яку вносять суміш гомо- і гетероферментативних молочнокислих бактерій і обидва види дріжджів (*S. cerevisiae*, *S. minor*). Переважають дріжджі *S. minor*, які відрізняються високою кислотостійкістю, але меншою бродильною активністю.

Густі закваски характеризуються тим, що застосовують тільки дріжджі *Saccharomyces minor* трьох штамів 12\17, 7, Чернореченський, а також суміш із *L. plantarum* і *L. brevis*.

Останніми роками в хлібопекарській промисловості для приготування житнього тіста широко застосовують рідкі закваски з вологістю 70-75%.

Бродіння тіста протікає при температурі 28-30°C. Процес бродіння починається при замісі закваски і продовжується в тісті в сформованих виробках. В процесі бродіння відбуваються зміни різних речовин тіста під дією ферментів муки, дріжджів, молочнокислих бактерій і інших мікроорганізмів. Цукри муки зброджуються дріжджами і мікроорганізмами. Крохмаль піддається гідролітичному розщеплюванню з утворенням цукрів. Житня мука містить до 6% цукрів, яких цілком достатньо для процесу бродіння.

Основними видами бродіння в тісті є спиртове і молочнокисле. У жит-

ньому тісті переважає молочнокисле бродіння, внаслідок чого накопичується молочна кислота, яка розпушує тісто. При бродінні відбувається часткове утворення смакових і ароматичних речовин. В процесі бродіння тісто один раз або двічі обминають (перебивають). При цьому видаляється вуглекислий газ, тісто збагачується киснем повітря, необхідним для життєдіяльності мікроорганізмів.

Газотвірна здатність муки і тіста залежить перш за все від активності дріжджів, від їхньої якості. Якщо дріжджі хороші, інтенсивність бродіння, швидкість, з якою в тісті утворюється CO_2 , залежить від кількості цукру, наявного в муці і тісті.

У тісті поряд із процесом спиртного бродіння відбувається також процес молочнокислого бродіння, і одночасно з етиловим спиртом і вуглекислим газом накопичуються також молочна кислота і деяка кількість оцтової. Отже, кінець кінцем газотвірна здатність будь-якого тіста залежить від кількості і швидкості утворення в ньому CO_2 .

Оброблення житнього тіста включає ділення його на шматки, формування шматків тіста і остаточну расстойку тістових заготовок.

На хлібозаводах ділення тіста на шматки, як правило, проводиться тістоділильними машинами. Закругленим шматкам тіста надають форму, характерну для готових виробів даного сорту.

Під час остаточної расстойки в шматку тіста відбувається бродіння. Вуглекислий газ, що виділяється при цьому, розпушує тісто, збільшуючи його об'єм. Остаточна розстойка повинна проводитися в атмосфері повітря з певною температурою (в межах $35-40^\circ\text{C}$) і відносною вологістю (в межах $75-85\%$). Підвищена температура повітря прискорює бродіння в шматках тіста, що розстоюються.

Як недостатня, так і надлишкова розстойка негативно позначаються на якості хліба. На основі виробничої практики і проведених досліджень можна відзначити, що тривалість розстойки тістових заготовок збільшується: при вживанні сильної муки; при пониженні вологості і температури тіста; при внесенні до тіста значних кількостей жиру і цукру, які вже гальмують процес бродіння; при посиленні механічної обробки тіста; при вживанні поліпшувачів окислювальної дії; при зменшенні маси тістових заготовок і при зниженні температури і вологості повітря в розстойній камері.

При випічці у внутрішньому середовищі тістової заготівки пригнічується бродильна мікрофлора, змінюється активність ферментів, відбувається клейстеризація крохмалю і теплова денатурація білків, змінюється вологість і температура внутрішніх шарів тіста-хліба. Життєдіяльність дріжджів і бактерій в перші хвилини випічки підвищується, внаслідок чого активізуються спиртове і молочнокисле бродіння. При температурі $55-60^\circ\text{C}$ відмирають дріжджі і нетермофільні молочнокислі бактерії.

В результаті активізації дріжджів і бактерій на початку випічки трохи збільшується вміст спирту, оксиду вуглецю і кислот, що позитивно впливає на об'єм і якість хліба. Значний вплив на якість виробу може надавати активність β -амілази, оскільки цей фермент порівняно стійкий до нагрівання.

У житньому тісті, що має високу кислотність, β -амілаза руйнується при

температурі 70°C. Якщо в тісті міститься багато β-амілази, то вона перетворить значну частину крохмалю на декстрин, що погіршить якість м'якуша.

Зміна стану білкових речовин починається при температурі 50-70°C і закінчується при температурі біля 90°C. Білкові речовини в процесі випічки піддаються тепловій денатурації (згортанню). При цьому вони ущільнюються і виділяють вологу.

4. Вимоги до дотримання умов виробництва при отриманні чорного хліба

1. Для муки необхідно використовувати поліпшувачі, які покращують біологічні властивості тіста, зумовлюють утворення і забезпечують затримку газів, підвищують пластичність і влагоутримувальну здатність тіста. Вода повинна відповідати вимогам стандарту до питної води. При замісі тіста використовують воду, підігріту до 30°C. Це обумовлено тим, що дана вода буде використана як живильне середовище для МКБ. На швидкість бродіння робить вплив куховарська харчова сіль, яка знижує бродильну активність дріжджів і бактерій і уповільнює діяльність ферментів. Тому сіль вводять в тісто, а не в закваску.

Відмітна ознака молочнокислих бактерій – це їх потреба в ростових речовинах. Жоден представник цієї групи не може зростати на середовищі з глюкозою і солями амонію. Більшість має потребу у ряді вітамінів (лактофлавіні, тіаміні, пантотеновій, нікотиновій і фолієвій кислотах, біотвані) і амінокислот, а також в пуринах і піримідинах. Культивують ці бактерії переважно на складному середовищі, тому необхідно забезпечити достатню кількість дріжджів в заквасці і додавати, залежно від виду бактерій, певні вітаміни.

2. Приготування тіста полягає в його замісі – змішуванні основної і додаткової сировини. Цей процес складає 70% технологічного виробництва хліба. Тривалість його для житнього тіста – 5-7 хвилин. Надмірний заміс приводить до руйнування структури, що утворилася, і погіршення якості хліба.

3. Відмічено, що молочнокисле бродіння протікає інтенсивніше в напівфабрикатах густої консистенції. На інтенсивність молочнокислого бродіння впливають температура і вологість напівфабрикатів, дозування закваски або інших продуктів, що містять молочнокислі бактерії, склад кислототвірної мікрофлори, інтенсивність замісу тіста. Зміна температури впливає на всі процеси, що минають в тісті: ферментативні, мікробіологічні і колоїдні. Значний вплив температура тіста робить на мікрофлору тіста і її життєдіяльність. При підвищеній температурі (30-40°C) в тісті створюються сприятливіші умови і для життєдіяльності кислототвірних бактерій. Внаслідок цього зростає кислотність тіста. В результаті підвищення температури знижується еластичність клейковини і збільшується її розтяжність і розтічність.

4. Одна з важливих стадій технологічного процесу приготування хліба – остаточна розстойка тіста. В цей час в шматку тіста відбувається бродіння і вуглекислий газ, що виділяється, розпушує тісто, збільшуючи його об'єм. Готовність шматків тіста до випічки в процесі розстойки зазвичай встановлюють органолептично на підставі зміни їх об'єму, форми і фізичних властивостей. На

жаль, ще не розроблені досить перевірені об'єктивні методи цього визначення. Як недостатня, так і надлишкова розстойка негативно позначається на якості хліба. Тривалість розстойки сформованих шматків тіста коливається в широких межах (25-150 хвилин) залежно від маси шматків, умов розстойки, рецептури, властивостей муки і лави інших чинників.

5. Перед посадкою в піч на поверхні тестових заготовок роблять надрізи або наколювання для видалення пари води і газу. Це запобігає утворенню тріщин на поверхні виробів. Випічку проводять в хлібопекарських печах при температурі 200-250°C від 12 до 80 хвилин.

Бродіння, що зумовлюється дріжджами і кислототвірними бактеріями, триває при випічці тіста до тих пір, поки температура окремих шарів тіста-м'якуша не досягне рівня, при якому життєдіяльність цих бродильних мікроорганізмів припиняється.

Лекція 16. Біотехнології – виробництво майбутнього

Питання лекції:

1. Субстрати для культивування мікроорганізмів з метою отримання білка.
2. Технологія отримання мікробних ліпідів.
3. Мікроорганізми – продуценти ліпідів.
4. Живильне середовище для отримання ліпідів.

1. Субстрати для культивування мікроорганізмів з метою отримання білка

Як джерела речовини і енергії мікроорганізми використовують найрізноманітніші субстрати – нормальні парафіни і дистилати нафти, природний газ, спирти, рослинні гідролізати і відходи промислових підприємств.

Для вирощування мікроорганізмів з метою отримання білка добре б мати багатий вуглецем, але дешевий субстрат. Цій вимозі цілком відповідають нормальні (нерозгалужені) парафіни нафти. Вихід біомаси може досягати при їх використанні до 100% від маси субстрату. Якість продукту залежить від ступеня чистоти парафінів. Дріжджі, вирощені на недостатньо очищених парафінах, містять неметаболізовані компоненти. При використанні парафінів достатнього ступеня очищення, отримана дріжджова маса може успішно застосовуватися як додаткове джерело білка в раціонах тварин. Налагоджено великотоннажне виробництво кормових дріжджів на n-парафінах.

Одним з перспективних джерел вуглецю для культивування продуцентів білка високої якості вважається метиловий спирт. Його можна отримувати методом мікробного синтезу на таких субстратах, як деревина, солома, міські відходи. Використання метанолу як субстрат утруднене із-за його хімічної структури: молекула метанолу містить один атом вуглецю, тоді як синтез більшості органічних сполук здійснюється через двохвуглецеві молекули. За якнайкращі продуценти на цьому субстраті вважаються бактерії, тому що вони можуть зростати на метанолі з додаванням мінеральних солей. Процеси отримання білка на метанолі досить економічні. За даними концерну ICI (Великобританія), собі-

вартість продукту, вироблюваного на метанолі, на 10-15% нижче, ніж при аналогічному виробництві, що базується на основі високоочищених n-парафінів. Високобілкові продукти з метанолу отримують фірми низки розвинених країн світу: Великобританії, Швеції, Німеччині, США, Італії. Продуцентами білка служать бактерії роду *Methylomonas*. Наприклад, західнонімецька фірма Хехст проводить з метанолу бактерійну біомасу на установці продуктивністю 1000 тонн в рік. У продукті міститься 60% білка. Мета фірми – отримання харчового білка.

Використання етанолу як субстрату знімає проблему очищення біомаси від аномальних продуктів обміну з непарним числом вуглецевих атомів. Вартість такого виробництва декілька вище. Біомасу на основі етанолу проводять в Чехії, Іспанії, Германії, Японії, США.

У США, Японії, Канаді, Німеччині, Великобританії розроблені технологічні процеси отримання білка на природному газі. Вихід біомаси в цьому випадку може складати 66% від маси субстрату. В розробленому у Великобританії процесі використовується змішана культура: бактерії *Methylomonas*, – що засвоюють метан, *Nuromicrobium* і *Pseudomonas*, – що засвоюють метанол, і два види неметілотрофних бактерій. Культура характеризується високою швидкістю росту і продуктивністю. Головні достоїнства метану (до речі сказати, основного компоненту природного газу) – доступність, відносно низька вартість, висока ефективність перетворення в біомасу метаноокислювальними мікроорганізмами, значний вміст в біомасі білка, збалансованого по амінокислотному складу. Бактерії, зростаючі на метані, добре переносять кисле середовище і високі температури, у зв'язку з чим стійкі до інфекцій.

Субстратом для мікробного синтезу може бути і мінеральний вуглець – вуглекислий газ. Вуглець, що окислює, в даному випадку з успіхом відновлюється мікроводоростями за допомогою сонячної енергії і воднеокислювальними бактеріями за допомогою водню. На корм худобі використовують суспензію водоростей. Для роботи установок по вирощуванню водоростей необхідні стабільні кліматичні умови – постійні температури повітря і інтенсивність сонячного світла.

Найбільш перспективне отримання білка – за допомогою воднеокислювальних бактерій, які розвиваються за рахунок окислення водню киснем повітря. Енергія, що вивільняється в цьому процесі, йде на засвоєння вуглекислого газу. Для отримання біомаси використовуються, як правило, бактерії роду *Hydrogenomonas*. Спочатку інтерес до них виник при розробці замкнутих систем життєзабезпечення, а потім їх стали вивчати з точки зору використання як продуцентів високоякісного білка. В інституті мікробіології Геттінгенського університету (Німеччина) розроблений спосіб культивування воднеокислювальних бактерій, при якому можна отримувати 20 г сухої речовини на 1 літр суспензії клітин. Можливо, в майбутньому ці бактерії стануть основним джерелом харчових мікробних білків.

Виключно доступним і досить дешевим джерелом вуглеводів для виробництва мікробного білка є рослинна біомаса. Будь-яка рослина містить різно-

манітні цукри. Целюлоза – полісахарид, що складається з молекул глюкози. Геміцелюлоза складається з залишків арабінози, галактози, маннози, фруктози. Проблема в тому, що полісахариди деревини зв'язані жорсткими оксифенілпропановими ланками лігніну – полімеру, майже непіддатливого руйнуванню. Тому гідроліз деревини відбувається тільки у присутності каталізатора – мінеральної кислоти, і при високих температурах. При цьому утворюються моносахариди – гексози і пентози. На рідкій, такій, що містить цукри, фракції гідролізату вирощують дріжджі. При кислотному гідролізі деревини утворюється лава побічних продуктів (фурфурол, меланіни), а із-за високих температур може статися карамелізація цукрів. Ці речовини перешкоджають нормальному зростанню дріжджів, їх відокремлюють від гідролізату і по можливості використовують. Як продуценти використовують штами *Candida scotti* і *C. tropicalis*.

Найбільш крупним виробником сировини для гідролізної промисловості є деревообробні підприємства, відходи яких досягають щорік десятки мільйонів тонн. На жаль, нераціонально або не використовуються взагалі відходи виробництва лубових волокон (з льону і конопель), картоплекрохмального виробництва, пивоварної, плодоовочевої, консервної промисловості, буряковий жом.

На особливу увагу заслуговують способи прямої біоконверсії продуктів фотосинтезу і їх похідних в білок за допомогою грибів. Ці організми завдяки наявності потужних ферментних систем здатні утилізувати складні рослинні субстрати без попередньої обробки. Дослідження умов біоконверсії рослинних субстратів в мікробний білок активно ведуться в США, Канаді, Індії, Фінляндії, Швеції, Великобританії і інших країнах світу. Проте в літературі зведення про широкомасштабне виробництво білків мікробного походження небагаточисельні. Найбільш відомим і доведеним до стадії промислової реалізації є процес «Ватерлоо», розроблений в університеті Ватерлоо в Канаді. Це процес, заснований на вирощуванні целюлозоруйнівних грибів *Chaetomium cellulolyticum*, можна здійснювати як в глибинній культурі, так і поверхневим методом. Вміст білка в кінцевому продукті (висушеному грибному міцелії) складає 45%. Фінська фірма «Тампелла» розробила технологію і організувала виробництво білкового кормового продукту «Пекило» на відходах целюлозно-паперового виробництва. Продукт містить до 60% протеїну з хорошим амінокислотним профілем і значної кількості вітамінів.

У більшості країн – виробників молока – традиційним способом утилізації сироватки є згодовування її твариною. Ступінь конверсії білка сироватки в білок тварини вельми невисокий (для вироблення 1 кг тваринного білка необхідно 1700 кг сироватки). В останніх 10-15 років з сироватки методом ультрафільтрації виділяють білки високої якості, на основі яких роблять замінники сухого знежиреного молока і інші продукти. Концентрати можна використовувати як харчові добавки і компоненти дитячого харчування. З сироватки проводиться і молочний цукор – лактоза, вживана в харчовій і медичній промисловості. При цьому об'єм промислової переробки сироватки складає 50-60% від її спільного виробництва. Отже, в наявності великі втрати коштовного молочного білка і лактози. Більш того, виникає проблема утилізації відходів, оскільки про-

цес природного розкладання сироватки відбувається вкрай повільно. Лактоза молочної сироватки може служити джерелом енергії для багатьох видів мікроорганізмів, сировиною для виробництва продуктів мікробного синтезу (органічних кислот, ферментів, спиртів, вітамінів) і білкової біомаси. Зі всіх відомих мікроорганізмів найвищим коефіцієнтом конверсії білка сироватки в мікробний білок володіють дріжджі.

Вперше дріжджі на молочній сироватці почали вирощувати в Німеччині. Як продуценти застосовували різні штами сахароміцетів. Розроблені способи отримання мікробних продуктів, засновані на використанні лактози – як монокультурою, так і сумішшю дріжджів і бактерій. В даний час як продуценти використовують дріжджі родів *Candida*, *Trichosporon*, *Torulopsis*. Молочна сироватка з дріжджами, що виростили в ній, по біологічній цінності значно перевершує початкову сировину і її можна використовувати як заміник молока. Приведений перелік мікроорганізмів і процесів отримання білка одноклітинних не є вичерпним. Проте потенціал цієї нової галузі виробництва використовується далеко не повністю. Крім того, ми ще не знаємо всіх можливостей діяльності мікроорганізмів як продуцентів білка, але у міру поглиблення наших знань, вони будуть розширені.

2. Технологія отримання мікробних ліпідів

Під ліпідами маються на увазі всі розчинні в неполярних розчинниках клітинні компоненти мікроорганізмів. В даний час ведуться пошуки нових джерел отримання жирів, у тому числі – і на технічні потреби. Цим джерелом можуть стати мікроорганізми, ліпіди яких після відповідної обробки придатні для використання в різних галузях промисловості: медичній, хіміко-фармакоцевтичній, лакофарбній, шинній – і інших, що дозволить вивільнити значні кількості масел тваринного і рослинного походження.

Технологічний процес отримання мікробних ліпідів, на відміну від отримання білкових речовин, обов'язково включає стадію виділення ліпідів із клітинної маси методом екстракції в неполярному розчиннику (бензині або ефірі). При цьому отримують одночасно два готові продукти: мікробний жир (біожир) і знежирений білковий препарат (біошрот).

Сировиною для цього процесу є те ж саме середовище, що і для виробництва кормової біомаси. В процесі культивування мікроорганізмів на різній середі виходять три класи ліпідів: прості, складні ліпіди і їх похідні.

Прості ліпіди – нейтральні жири і віск. Нейтральні жири (основні запасні компоненти клітини) – ефіри гліцерину і жирних кислот, основна маса яких триацилгліцериди (є, втім ще і моно- і дігліцериди). Віск – ефіри жирних кислот або монооксикислот і аліфатичних спиртів з довгим вуглецевим ланцюгом. По структурі і властивостям ці речовини близькі до нейтральних ліпідів. Найбільшу кількість нейтральних ліпідів синтезують дріжджі і міцеліальні гриби. Прості ліпіди знаходять вживання як технологічні мастила в процесах холодної і теплової обробки металів. Продуцентами складних ліпідів є в основному бактерії.

Складні ліпіди діляться на дві групи: фосфоліпіди і гліколіпіди. Фосфолі-

піди (фосфогліцериди і сфінголіпіди) входять до складу різних клітинних мембран і беруть участь в перенесенні електронів. Їхні молекули полярні і при рН 7,0 фосфатна група несе негативний заряд. Концентрат фосфоліпідів знаходить вживання як антикорозійна присадка до масел і як добавка при флотації різних мінералів. Гліколіпіди, на відміну від фосфоліпідів, не містять молекули фосфорної кислоти, але також є сильнополярними сполуками за рахунок наявності в молекулі гідрофільних вуглеводних груп (залишків глюкози, маннози, галактози й ін.).

До похідних ліпідів відносять жирні кислоти, спирти, вуглеводні, вітаміни Д, Е і К. Жирні кислоти представлені насиченими і ненасиченими з одним подвійним зв'язком кислотами нормальної будови і парним числом вуглецевих атомів (пальмітинова, стеаринова, олеїнова). Серед дієнових жирних кислот можна виділити лінолеву. Подвійні зв'язки в ненасичених жирних кислотах мікробних ліпідів часто розташовуються так, що ділять їх на частини, число вуглецевих атомів в яких кратне трьом. Очищені монокарбонові кислоти з числом вуглецевих атомів 14-18 знаходять широке вживання в миловареній, шинній, хімічній, лакофарбній і інших галузях промисловості.

Спирти, присутні в ліпідах, діляться на три групи: спирти з прямим ланцюгом, спирти з β -іоновим кільцем, що включають вітамін А і каротиноїди, а також стерини – компоненти неомильної частки ліпідів (наприклад, ергостерин, опромінення якого ультрафіолетовим світлом дозволяє отримувати вітамін Д₂).

3. Мікроорганізми – продуценти ліпідів

Для промислового використання важливе значення має здатність посилено накопичувати ліпіди. Цією здатністю володіють небагато мікроорганізмів, насамперед – дріжджі. Процес утворення ліпідів у більшості дріжджів складається з двох чітко розмежованих стадій:

- перша характеризується швидким утворенням білка в умовах посиленого постачання культури азотом і супроводжується повільним накопиченням ліпідів (в основному гліцерофосфатів і нейтральних жирів);
- друга – припиненням зростання дріжджів і посиленням накопиченням ліпідів (в основному нейтральних).

Типовими ліпідуютьвачами є дріжджі *Cryptococcus terricolus*. Вони можуть синтезувати велику кількість ліпідів (до 60% від сухої маси) в будь-яких умовах, навіть найбільш сприятливих для синтезу білка.

З інших ліпідуютьвачих дріжджів промисловий інтерес представляють дріжджі *S. guilliermondii*, що утилізують алкани. Вони синтезують в основному фосфоліпіди. Накопичують великі кількості ліпідів і активно розвиваються на вуглеводних субстратах (на мелясі, гідролізатах торфу і деревини) також дріжджі видів *Lipomyces lipoferus* і *Rhodotorula gracilis*. У цих видів дріжджів ліпогенез сильно залежить від умов культивування. Ці продуценти накопичують значні кількості (до 70%) триацилгліцеридів.

Мікроскопічні гриби поки не набули великого поширення в отриманні ліпідів, хоча жир грибів по своєму складу близький до рослинного. Вихід жирів у

Asp. terreus, наприклад, на вуглеводному середовищі досягає 51% від абсолютно сухої ваги (АСВ). Ліпідний склад грибів представлений в основному нейтральними жирами і фосфоліпідами.

Ліпіди, що синтезуються бактеріями, своєрідні по своєму складу, оскільки включають в основному складні ліпіди, тоді як нейтральні жири складають незначну частку біомаси. При цьому бактерії проводять різноманітні жирні кислоти (що містять від 10 до 20 атомів вуглецю), – що важливе для промислового отримання специфічних жирних кислот.

Водорості перспективні для культивування як ліпідоутворювачі, оскільки не потребують органічного джерела вуглецю. Хімічний склад (співвідношення білків і жирів) водоростей також сильно варіює залежно від вмісту в середовищі азоту. Недоліки – мала швидкість росту і накопичення токсичних сполук в клітинах, – обмежують промислове вживання.

4. Живильне середовище для отримання ліпідів

Умови отримання ліпідів. Отже, основну роль в процесі біосинтезу ліпідів грають різні штами дріжджів. Вони використовують ті ж джерела сировини, що і для отримання кормового білка, причому від цінності вуглецевого живлення залежать вихід біомаси, кількість і склад ліпідів, що синтезуються. Для забезпечення направленої біосинтезу ліпідів в живильному середовищі уживаються джерела азоту, що легко асимілюються.

На зрушення біосинтезу у бік утворення ліпідів або білка впливає співвідношення вуглецю і азоту в середовищі. Так, підвищення концентрації азоту зумовлює зниження ліпідоутворення, а недолік азоту при забезпеченості вуглецем веде до пониження виходу білкових речовин і високого процентного вмісту жиру. Встановлено, що оптимальне співвідношення N:C тим менше, чим важче доступне для дріжджів джерело вуглецю. Зазвичай для вуглеводневої сировини співвідношення N:C = 1:30, а для вуглеводного – 1:40. Накопичення ліпідів можливе тільки за наявності в середовищі фосфору. При його недоліку джерела вуглецю використовуються не повністю, при надлишку – накопичуються неліпідні продукти. На фракційний склад ліпідів зміна вмісту фосфору впливу не надає. Дія решти елементів середовища (мікро- і макроелементів) позначається на інтенсивності зростання дріжджів і швидкості утилізації джерела вуглецю, що впливає і на кількість накопичених ліпідів, але не на їхню якість.

Умови культивування. На фракційний склад ліпідів, що синтезуються, надають інші умови культивування: аерація, рН і температура. Від інтенсивності аерації залежить синтез фосфогліцеридів, жирних кислот і триацилгліцеридів. При недостатній аерації ліпіди містять в 4 рази менше триацилгліцеридів, в 2 рази більше фосфогліцеридів і в 8 разів більше жирних кислот, ніж при нормальній. При інтенсифікації аерації зростає ступінь ненасиченості ліпідів і збільшується відносна кількість всіх груп ненасичених кислот. Підвищення рН середовища веде до збільшення вмісту фосфогліцеридів і жирних кислот при одночасному зниженні кількості триацилгліцеридів. Оптимальні температури зростання і ліпідоутворення для клітин збігаються, причому вміст ліпідів не зале-

жить від температури культивування. Проте, регулюючи температуру, можна створювати різні співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот у складі фосфоліпідних мембран.

Для вуглеводних субстратів найбільш відпрацьована технологія отримання ліпідів на гідролізатах торфу і деревини. Як показали дослідження, співвідношення гідролізатів торфу і деревини 1:4 забезпечує найбільший вихід біомаси у стадії культивування (до 10 г/л) при максимальному вмісті ліпідів (до 51% від АСВ) і високому коефіцієнті засвоєння субстрату (до 0,54). Із 1 тонни абсолютно сухого торфу після його гідролізу і ферментації можна отримати 50-70 кг мікробного жиру з переважним вмістом триацилгліцеридів.

Список джерел:

1. Власенко В. В. та ін. Мікробіологія м'яса та м'ясопродуктів (практикум): Навч. посібник. / В. В. Власенко, В. Г. Скибіцький, І. Г. Власенко, Ф. Ж. Ібатулліна, Г. В. Козловська, М. В. Мельник. – Вінниця: «Едельвейс і К», 2008. – 308 с.
2. Гудзь С. П. та ін. Мікробіологія: підручник: (для студентів вищих навчальних закладів) / С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, І. С. Білінська. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 360 с.
3. Карпов О. В. Сучасні напрями в мікробіології. Конспект лекцій. / О. В. Карпов. – К.: НУХТ, 2004. – 84 с.
4. Клещев Н. С. и др. Общая промышленная биотехнология: Технология бродильных производств: Учеб. пособие / Н. С. Клещев, М. П. Бенько. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – 200 с.
5. Климнюк С. І. та ін. Практична мікробіологія: Посібник / С. І. Климнюк, І. О. Ситник, М. С. Творко, В. П. Широкобоков. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 440 с.
6. Кузнецова Л. С., Сиданова М. Ю. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: Учебн. для студ. учреждений сред. проф. образования. / Л. С. Кузнецова, М. Ю. Сиданова. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
7. Нетрусов А. И. и др. Микробиология: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 352 с.
8. Пирог Т. П. Загальна мікробіологія: Підручник. / Т. П. Пирог. – К.: НУХТ, 2004. – 472 с.
9. Скибіцький В. Г. та ін. Мікробіологія молока та молочних продуктів: Підручник / В. Г. Скибіцький, В. В. Власенко, І. Г. Власенко, Ф. Ж. Ібатулліна, Г. В. Козловська, А. М. Соломон, М. В. Мельник. – Вінниця: «Едельвейс і К», 2008. – 412 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ШАТРОВСЬКИЙ Олександр Георгійович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з курсу

« М І К Р О Б І О Л О Г І Я »

(для студентів 1 - 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр 6.140101 «Готельно-ресторанна справа»)

Відповідальний за випуск К. Б. Сорокіна
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. Г. Шатровський*

План 2011, поз. 259 Л

Підп. до друку 26.12.2011
Друк на ризографі
Тираж 50 прим.

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 6,1
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011 р.