

**Технология сакэ**

**Макаров Сергей Юрьевич**

**к.т.н., доц. ФГОУ ВПО МГУ ТУ  
им. К.Г. Разумовского**

Москва 2011

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 7  |
| 1. История создания напитка .....  | 10 |
| 2. Законодательное урегулирование рынка сакэ .....   | 13 |
| 3. Классификация сакэ.....   | 15 |
| 4. Сырье для сакэ.....   | 20 |
| 4.1. Рис.....  | 20 |
| 4.2. Вода .....  | 26 |
| 4.3. <i>Aspergillus oryzae</i> .....   | 27 |
| 4.3.1. История коджи .....   | 27 |
| 4.3.2. Микробиологическая характеристика грибов рода<br>аспергиллус .....                        | 29 |
| 4.3.3. Характеристика <i>Aspergillus oryzae</i> (желтая рисовая плесень;<br>желтый коджи).....   | 34 |
| 4.4. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Sake</i> .....                                      | 37 |
| 4.5 <i>Lactobacillus sake</i> ( <i>sakei</i> ) .....   | 39 |
| 4.6. Смешанные культуры микроорганизмов для получения<br>ферментированных пищевых продуктов..... | 42 |
| 5. Основные технологические стадии производства сакэ .....                                       | 46 |
| 5.1. Шлифование риса .....   | 50 |
| 5.2. Промывка и замачивание риса .....   | 54 |
| 5.3. Разваривание риса.....  | 56 |
| 5.4. Получение плесневой закваски (коджи).....   | 57 |
| 5.5. Приготовление дрожжевой закваски (мото) .....   | 65 |
| 5.6. Затирание основного суэла (мороми) и его сбраживание .....                                  | 69 |
| 5.7. Прессование бражки .....  | 75 |
| 5.8. Отстаивание и фильтрация .....  | 77 |
| 5.9. Пастеризация .....  | 78 |
| 5.10. Созревание (выдержка) .....  | 79 |
| 5.11. Розлив.....  | 80 |

|  |    |
|--|----|
| Список использованной литературы ..... | 82 |
|--|----|

## Введение

Сакэ - национальный японский алкогольный напиток, крепостью от 7 до 21% об., во вкусе которого могут присутствовать хересные и приятно-горьковатые тона, фруктовые нотки винограда, яблок и бананов. В лучших сортах сакэ встречается вкус вызревшего сыра, соевого соуса и свежих грибов. Цвет молодого сакэ может быть зелёноватым или иметь лимонно-зеленоватый оттенок, цвет выдержанного в бочках из кедрового дерева сакэ более насыщенный и даже может быть янтарным. Однако обычный цвет сакэ – это светлые тона с желтоватыми или тёплыми оттенками, но не насыщенные, а скорее пастельные.

Напиток употребляют как горячим (до 60°C), так и холодным (около 5°C), используют в традиционной японской кулинарии, как средство, устраняющее сильные или неприятные запахи.

Европейцы нередко называют сакэ рисовой водкой, однако процесс перегонки, являющийся обязательным для водок, в технологии напитка отсутствует, хотя в ряд сортов для лучшей сохранности и добавляют небольшие количества дистиллированного алкоголя. Иногда за дистилляцию ошибочно принимают традиционную для технологии сакэ пастеризацию.

Другое европейское название сакэ - рисовое вино также неверно, поскольку его технология включает осахаривание разваренного и шлифованного риса живой культурой плесени коджи, а для сбраживания используется, помимо чистых культур дрожжей молочно-кислые бактерии.

Наиболее близкой к технологии сакэ является пиво или русский квас, в которых присутствует разваривание зернового сырья, его последующее осахаривание ферментами зернового солода и сбраживание дрожжами, хотя крепость получаемого напитка и выше традиционных сортов пива, а, тем более, кваса.



Рис. 1. Сакэ наливают в масу – емкость, сделанную в виде коробочки. Эти масу изготовлены из кипариса хиноки. В прежние времена масу использовали для измерения объема

Сакэ выделяется на фоне остальных мировых алкогольных напитков по ряду показателей.

Во-первых, сакэ превосходит всех остальных по содержанию алкоголя (до 22%). Зерновое виски, фруктовые бренди, японский сётю и китайский маотай содержат больше спирта, но эта крепость была получена в результате дистилляции переброженного суслу, а начальное содержание этанола в сусле виски 6-7% об., бренди – 10%, а основа для маотай – около 5%.

Большая крепость сброженной основы для сакэ достигается более глубоким гидролизом крахмала зерна ферментами грибов (коджи)<sup>1</sup>, одновременно происходит образование небольшого количества комбинированного белка (липопротеина, являющегося биохимическим соединением жиров и белков), который оказывает на дрожжи стимулирующее воздействие, повышающее их устойчивость к этанолу. Процесс осахаривания продолжается и во время брожения, что защищает дрожжи от излишнего содержания простых сахаров, замедляющих рост и метаболизацию спирта.

---

<sup>1</sup> При осахаривании зернового крахмала ферментами солода основной сахар суслу - мальтоза, грибными ферментами - глюкоза, которая потребляется дрожжами с меньшими энергетическими затратами.

Вторым фактором, отличающим сакэ от остальных спиртных напитков мира, является использование трех видов микроорганизмов: плесени, дрожжей и бактерий:

споры<sup>2</sup> плесеней - для получения осаживающих ферментов, кисломолочные бактерии для создания кислотности и предохранения от инфекций суэла

и дрожжи - для набухания алкоголя.

Третий фактор - большое число слагающих его компонентов, к настоящему их идентифицировано около 600 (виски и бренди - около 400, пиво и вино – 500), что придает напитку особый аромат, вкус, сладость и цвет.

---

<sup>2</sup> Споры - от греч. *спора́* - сеяние, посев, семя.

## 1. История создания напитка

Одна из версий гласит о том, что сакэ или его аналог стали изготавливать в 4800 году до нашей эры в Китае, на реке Янцзы. Через некоторое время напиток попал на японские острова, где и прижился. Китайская летопись Вэй-Чжи III века нашей эры повествует о стране Яматаи, в которой при погребальной церемонии пьют некое рисовое вино. Есть ещё одно упоминание в хронике Нихонги в 720 году. В ней говорится о том, что подданные императора Сюдзин поклоняются богу рисового вина Омива-но Ками.

Сведений об истории и пути распространения сакэ довольно мало. Однако известно, что сакэ готовили не только из риса. В южном Кюсю, например, сакэ делали из картофеля, а в Окинаве – из сахарной свёклы. Со временем основным сырьём для сакэ стал крупный длиннозёрный рис особого сорта.

Есть веские основания полагать, что рисовое вино в Японии изобрели намного раньше, приблизительно во времена окультуривания риса, т. е. более двух тысяч лет назад. В японской литературе сакэ впервые упоминается в памятнике начала VIII века «Харима-но кунь фудоки» («Описание нравов и земель провинции Харима»). Около 200 лет спустя в законодательном своде «Энгисики» («Уложение годов Энги») описывается способ приготовления сакэ при дворе императора.

Уже в те далекие времена в основных чертах сложилась технология варки, применяемая и сегодня. Позднее метод приготовления сакэ распространился за пределы двора, в народной среде: в дневнике одного монаха, жившего в середине XVI века, упоминается прозрачный алкогольный напиток, возможно, очень похожий на то, что мы пьем сейчас.

Поначалу сакэ готовили не совсем гигиеничным образом – пережёвывали рис и сплёвывали эту массу в ёмкость для брожения. Кроме риса, жевали жёлуди, просо и каштаны. Смесь начинала бродить, слюна выступала катализатором брожения и источником появления плесени, дрожжи появлялись

в результате самозабраживания. Такой сакэ назывался *kuchikami no sake* (буквально – сакэ, жёванный во рту), был с низким содержанием алкоголя и употреблялся в виде кашицы. Такой «напиток» продержался несколько веков, после чего японцы вывели особый грибок *koji-kin*, который превращал рисовый крахмал в сахар и оставалось только добавить дрожжи *shubo*, чтобы начал вырабатываться спирт.

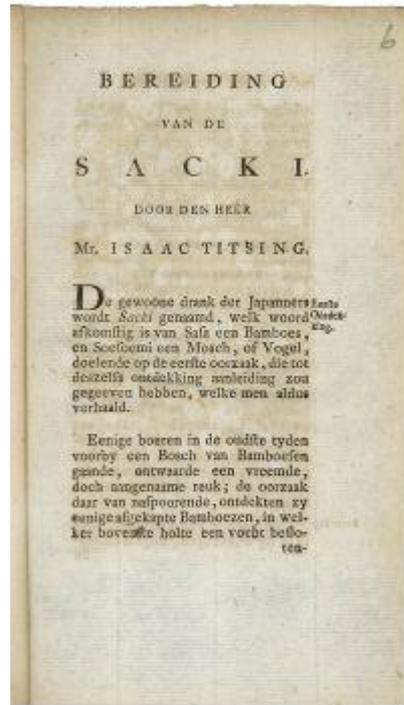


Рис. 1.1. Титульный лист книги с одним из самых ранних западных описаний технологии сакэ, опубликованном в 1781 году голландцем *Bereiding van Sacki*.

В эпоху Хэйан в IX-XII веках в технологии приготовления сакэ появился ещё один этап, с помощью которого крепость напитка ещё больше повысилась, а вероятность скисания уменьшилась: мастера приготовления сакэ научились применять некое подобие пастеризации – сброженное сакэ заливали в резервуары и прогревали. Но этот способ сохранения сакэ японцам пришёлся не по вкусу – качество напитка ухудшалось.

Пик производства сакэ пришёлся на период Эдо (VIII-IX века). В это время появляется рекордное количество сакэварен, которые расположились в префектурах Киото, Осака и Хего. Весь процесс заготовки и переработки сы-

рья занимал значительное время, был трудоёмким и требовал аккуратности и внимания. Для изготовления сакэ брался крупный длинозёрный рис, чтобы раскрыть его свойства, рис шлифовался или обдирался, теряя от 10 до 50% своего объёма. Затем следовала промывка, замачивание и пропаривание.

Западные научные методы пришли в Японию во второй половине XIX века, и одним из следствий этого стали стремительные изменения в технологии варки сакэ, основанные на знании микробиологии.

## 2. Законодательное урегулирование рынка сакэ

В 1875 году правительство Японии отменило сложное и запутанное налоговое законодательство, связанное с производством сакэ до этого времени, и установило всего лишь два налога – акцизный сбор на алкоголь и сбор с продаж алкоголя, что позволило всем желающим при наличии необходимого капитала и технологий начать заниматься производством и продажей сакэ. Благодаря этому нововведению в стране открылось порядка 30 тысяч винокурен различного масштаба.

Перед правительством Мейдзи, практически нищим, стояли колоссальные задачи, - защитить страну от колонизации европейскими странами, модернизировать армию, всю инфраструктуру и индустрию Японии, на что требовались огромные деньги, которых у правительства просто не было. Именно тогда и был найден выход из ситуации – налогообложение винокурен по производству сакэ. В начале эпохи Мейдзи более 30% государственной казны пополнялось за счёт сбора налогов с производителей сакэ, - «алкогольные» сборы оставались самыми прибыльными вплоть до 1935 года.

После окончания второй мировой войны и прошествии периода высокого экономического роста, основная налоговая база стала состоять из трёх элементов – подоходный налог, корпоративный налог и потребительский налог. Налог на алкогольные напитки теперь приносит в казну не больше 4% всей суммы. Причем выплачивают его не винокурни по производству сакэ, а производители пива. Практически 46% стоимости напитка идёт в государственную казну, что при сравнении с другими странами является очень большим процентом и соответственно вызывает многолетнее недовольствие производителей. Если сравнить налогообложение одного литра разных напитков, цифры будут следующими: виски – 409 йен<sup>3</sup>, пиво – 220 йен, сёто – 199 йен, сакэ – 140 йен. Производителей пива возмущает факт, что со сла-

---

<sup>3</sup> 1 йена примерно 0,4 российских рубля.

боалкогольного напитка берётся больше налога, чем с напитков с высоким содержанием алкоголя.

Во многих странах самогон не запрещается, однако в Японии «создание напитков с содержанием более 1% об. алкоголя в домашних условиях» строго запрещено.

До принятия закона самогон изготавливался практически в каждой семье. Самогон носит название «НИГОРИ-ДЗАКЭ», - «мутное сакэ» и хотя и не имеет прозрачности производственного напитка, готовится согласно основным правилам приготовления сакэ и отличается особым сильным вкусом. Ранее самогон использовался в религиозных обрядах и на крестьянских праздниках, и даже после принятия закона о запрете на его производство, полностью искоренить самогон не удалось и по сей день. В 1980 году верховный суд страны вынес вердикт, согласно которому запрет на производство самогона является непосредственным вмешательством государства в повседневную жизнь потребителя, поэтому государство пошло на уступки и с 2002 года самогон в определённом количестве получил право на жизнь, однако только при условии, что готовится он будет в специально оборудованном для этого помещении, - готовка на дому так и не была разрешена.

### 3. Классификация сакэ

Все многообразие видов японского рисового вина по степени подготовки риса можно разделить на две категории: «футцу-сю» (futsu-shu) и «токутэй-мейсё-сю» (tokutei meisoshu). Futsu-shu представляет собой эквивалент ординарного столового вина и составляет 75% от общего количества производимого сакэ. Tokutei meisoshu относится скорее к премиальному сегменту рынка, содержит повышенное количество алкоголя и некоторые специфические добавки.

Futsu-shu (ординарное сакэ) готовится из риса, потерявшего при шлифовании всего лишь около 10% своей первоначальной массы. В такое вино при производстве обычно добавляют довольно большое количество (около 30% от общего веса подвергаемой ферментации гущи) так называемого «бродильного» крепкого алкоголя, сахара (глюкозы и т.п.).

Tokutei meisoshu (напиток контролируемый по наименованию) объединяет четыре типа напитка (фактически шесть, из-за смешивания junmai и ginjo видов), производство которых регулируется японским законодательством:

1. Junmai-shu (букв. «чистое рисовое вино»), при изготовлении напитка, не должен добавляться дополнительный алкоголь и не менее 30% риса должно быть удалено при шлифовании. В настоящее время это сакэ любого сорта без искусственных добавок и дистиллированного алкоголя. Поскольку в этот напиток не входят никакие посторонние вещества, дзюммай-сю представляет собой исключительно продукт местности, то есть имеет четкий вкус местной воды и аромат местного риса. Плохо хранится, с трудом транспортируется, и чаще всего употребляется прямо на месте производства.

2. Ginjo-shu (сакэ “медленной ферментации”) изготавливается из риса, потерявшего при обработке более 40% первоначальной массы. Добавлялся ли в процессе производства алкоголь или нет - это для гиндзё-сю решающего значения не имеет, но, тем не менее, находит свое отражение на этикетке: ес-

ли на ней написано “дзюммай гиндзё-сю”, т.е. “чистое рисовое сакэ медленной ферментации”, то алкоголь не добавлялся, а если просто “гиндзё-сю” добавлялся. Напиток класса премиум, обладающий богатым фруктовым ароматом и тонким вкусом.

3. Honjozo-shu, при шлифовке удалено не менее 30% веса, от чистого рисового сакэ отличается тем, что при его приготовлении используется так называемый “бродильный” крепкий алкоголь в количестве не более 10% веса ферментируемой гущи, чтобы лучше зафиксировать вкус готового продукта. Удивительно, но в результате обычно получается не “сухое”, а, напротив, более легкое и мягкое сакэ которое можно употреблять и холодным, и комнатной температуры, и подогретым. Как говорят японцы, оно пахнет “свежестью и здоровьем”.

4. Daiginjo-shu, “великое сакэ медленной ферментации”, или “супер-премиум”, готовится из риса, потерявшего в результате обработки более половины своего веса. Как и в предыдущем случае, если на этикетке значится просто “дайгиндзё-сю”, то в процессе изготовления использовался “внешний” алкоголь. Таким образом, junmai daiginjo не обязательно лучше, чем daiginjo. Фактически, большая часть сакэ, которая выигрывает золотые медали Канрюокай (Хиросима) нельзя называть junmai как раз из-за маленьких доз алкоголя, который добавляли для усиления аромата.

| Добавка дистиллированного спирта | Степень шлифовки риса, % от первоначального |  |                   |                      |
|----------------------------------|---|--|-------------------|----------------------|
|                                  | Futsu-shu<br>(ординарное сакэ)              | Tokutei meisoshu<br>(напиток контролируемый по наименованию) |                   |                      |
|                                  |   | 90%  | 70%               | 60%                  |
| Нет                              | -   | Junmai   | Junmai Ginjo      | Junmai Daiginjo      |
| Да                               | До 30%                                      | Honjozo<br>(до 10%)  | Ginjo<br>(до 10%) | Daiginjo<br>(до 10%) |

Рис. 3.1. Классификация сакэ по степени шлифовки риса и добавки постороннего алкоголя

Кроме приведенной выше классификации, сакэ подразделяют на различные типы и по технологическим признакам.

1. Kimoto – наиболее традиционное сакэ, его варят по традиционной технологии, существующей более 300 лет (закваска для сакэ отбивается руками и превращается в пасту, которая затем и бродит). Встречается редко.

2. Yamahai – метод, впервые применённый в начале XX века, когда закваска для сакэ осахаривается плесенью примерно в течение месяца. Первоначально такой метод применялся для ускорения производства, но в итоге стал использоваться для большей насыщенности сакэ и придания ему сложного аромата.

3. Sokujo – современный рецепт приготовления сакэ, при котором к закваске добавляют небольшое количество молочной кислоты, чтобы ускорить процесс брожения. Обладает более чистым ароматом, чем сакэ, полученное методами kimoto или yamahai.

4. Namazake – непастеризованное сакэ, может быть сделано с любым из описанных выше методов.

5. Genshu – «чистое» сакэ, около 18-20% алкоголя. Большинство genshu составляет honjozo-shu, что позволяет значительно экономить, но в последнее время этот метод производства становится популярным и среди сакэ класса

премиум.

6. Muroka – метод изготовления без применения фильтрации. Согласно этому методу сакэ изготавливается так же, как и традиционное seishu, но не проходит фильтрацию углём. В последнее время популярность приобретает muroka nama genshu sake – за счёт аромата широкого спектра, который подходит к большинству западных продуктов.

7. Nigorizake – сакэ с осадком. Сакэ фильтруют через марлю, после чего в бутылках остаётся ещё достаточно рисового осадка, а перед употреблением бутылку обязательно встряхивают.

8. Doburoku – классический «домашний» рецепт приготовления сакэ, которое имеет осадок молочно-белого цвета. Doburoku получается в результате добавления пропаренного риса после первого брожения, что значительно повышает процент алкоголя.



Рис. 3.2. Различия в цвете: Слева: обычное сакэ почти прозрачно. В центре: выдержанное сакэ имеет легкий желтоватый оттенок. Справа: мутноватое белое сакэ, находящееся в процессе брожения.

Существует также классификация сакэ по вкусовым характеристикам с точки зрения баланса сахара и кислоты. Сахар является остаточным после спиртового брожения и достижения предельной крепости, при которой биохимические процессы остановились или добавляется специально в конце брожения. Кислоты выделяются микробиологическим сообществом при брожении или также добавляются специально. Среди последних присутствуют: молочная, янтарная, яблочная, лимонная.

На рис. 3.3 б. мы видим, что большое содержание сахара и кислот дает основание назвать сакэ «тяжелым и сухим». Кислота, как правило, преобла-

дает во вкусе напитка, однако высокий остаточный сахар создает тяжелый вкус в целом.

В 3.3 а. мы видим, что низкое содержание сахара и кислот дает «сладкий и тонкий» напиток. Низкое содержание кислоты не маскирует сладости, поэтому в целом он воспринимается сладким, однако общий баланс составных частей сакэ дает основание дать определение «тонкий».

### Классификация сакэ по вкусовым характеристикам

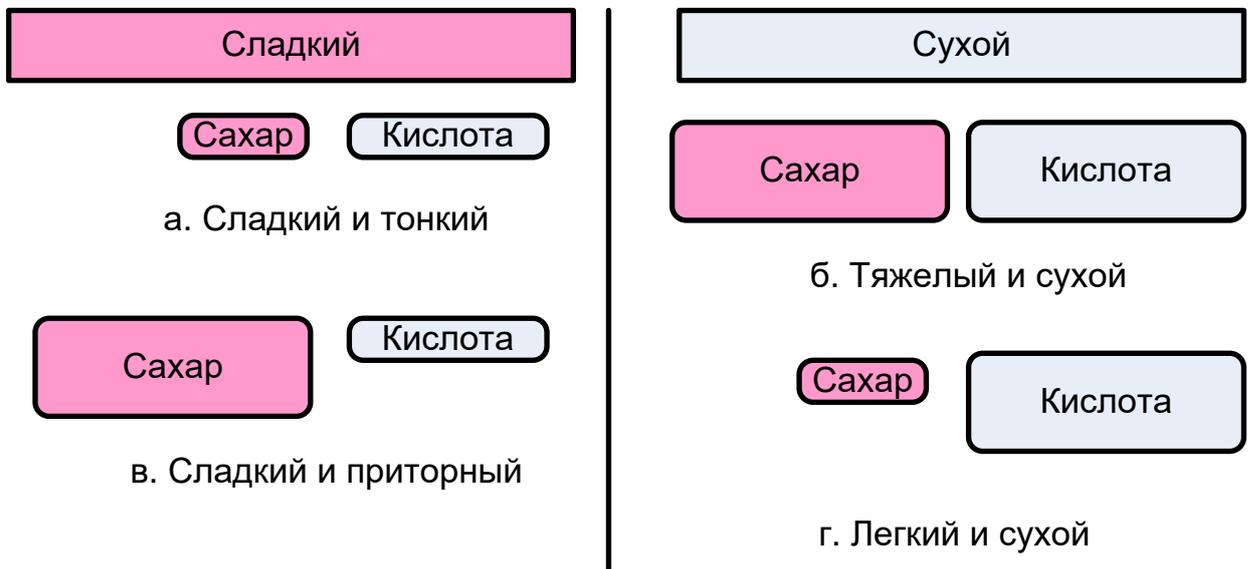


Рис. 3.3. Классификация сакэ по вкусовым характеристикам

## 4. Сырье для сакэ

### 4.1. Рис

Рис (лат. *Oryza*) - род однолетних и многолетних травянистых растений семейства Злаки. Ценная зерновая крупяная культура. Является основным продуктом питания для большей части населения планеты.

Рис имеет хорошо развитую мочковатую корневую систему. Корни риса отличаются от корней других злаков наличием в них воздухоносных полостей, которые обеспечивают доступ кислорода в постоянно затопленном грунте. Рис образует куст из нескольких узловатых стеблей. Стебель риса - это полая соломина толщиной 3–5 мм и высотой от 38 см до 2 и даже 3–5 м (у глубоководных форм). У большинства сортов стебли прямостоячие или приподнимающиеся, но есть и стелящиеся типы. Лист риса ланцетовидный, узкий. Соцветие - метёлка, длиной от 10 до 30 см. В зависимости от сорта риса метёлка бывает раскидистой или сжатой, прямостоячей или повислой. Она несёт множество одноцветковых колосков на коротких ножках. Плод - зерновка.

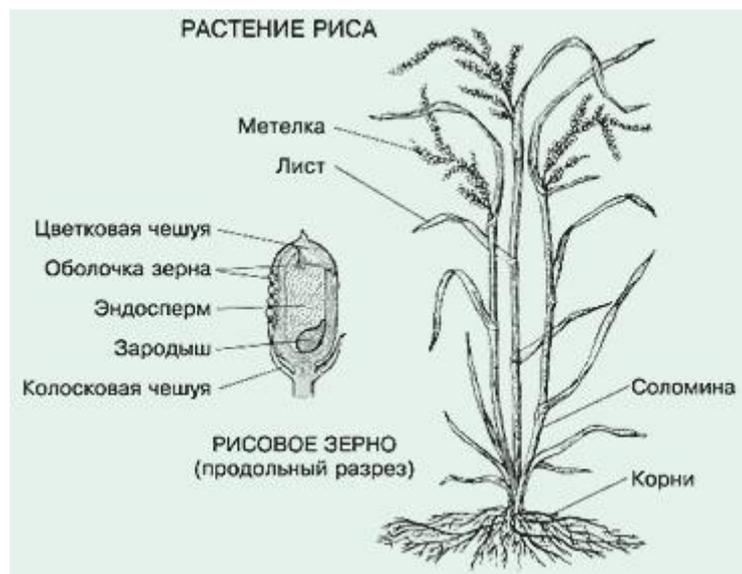


Рис. 4.1. Общий вид риса

Цельное зерно риса состоит из наружной довольно жёсткой, но легко отделяющейся оболочки из цветковых чешуй (мякины), под которой находится бурого цвета «шелушенное» зерно, окраска которого определяется несколькими слоями кожуры, т.е. отрубей. Они содержат около 85% масла, 10% белка, 80% тиамина, 70% минеральных веществ и целлюлозы, 50% рибофлавина и 65% ниацина цельного рисового зерна, однако при очистке (шлифовке) риса полностью удаляются вместе с зародышем.

Под кожурой находится питательный запас зерна - эндосперм, который и продается в виде белого риса, называемого шлифованным, или полированным. Он содержит 90–94% крахмала и 6–10% белка, однако очень беден витаминами группы В и минеральными веществами. В результате у людей, питающихся главным образом таким рисом, может развиваться авитаминоз (алиментарный полиневрит), называемый бери-бери. В то же время белый, т.е. шлифованный, рис выглядит привлекательнее, быстрее готовится, легче усваивается организмом, а, кроме того, дольше хранится, особенно в жарком влажном климате.

Структура рисового зерна одинакова для всех сортов риса.



Рис. 4.2. Общий вид зерновки риса.

Рис - очень неприхотливый злак. Может расти на одном и том же участке земли тысячелетиями, не нуждается в удобрениях, и каждый год приносит стабильный, хоть и не очень высокий урожай (от 17 до 60 ц/га).



Рис. 4.3. Рисовая плантация

Дикорастущие представители рода рис обнаружены на всех континентах, кроме Европы, а также на многих крупных островах. Из-за разнообразия признаков растений селекционеры и ботаники в разное время выделяли неодинаковое число видов этих растений.

Большинство среди тысяч возделываемых сортов риса относятся к виду рис посевной (*O. sativa*), хотя в Африке разводят также рис голый, или африканский (*O. glaberrima*). При оптимальных температурах и влажности, а также в отсутствие болезней рис посевной может давать урожай более 20 лет подряд. Растение, часто называемое канадским рисом, относится к другому роду. Это зизания канадская (*Zizania palustris*), водный североамериканский злак, дающий съедобное зерно, несколько напоминающее рисовое.

По особенностям роста и развития выделяются три типа риса. Японский тип обычно выращивают в зонах теплого умеренного климата; он относительно устойчив к низким температурам, отзывчив на внесение удобрений и обычно дает высокий урожай. Индийский (рангунский) рис широко распространен в тропиках; он неприхотливее, но не такой урожайный. Промежуточное положение занимают яванские сорта.

Рисовые поля бывают трех типов: чеки, суходольные и лиманные.

На чеках рис выращивают при постоянном затоплении, пока урожай почти не созреет, а перед уборкой воду спускают. Таким способом получают

примерно 90% мировой рисовой продукции.

Суходольный рис выращивают без искусственного орошения в областях с большим количеством осадков. На чеках и суходольным способом можно разводить одни и те же сорта, однако в первом случае урожай, как правило, выше.

Лиманный рис выращивают в поймах рек во время паводков. При этом используются специальные сорта с быстро удлиняющимся стеблем, а метелки плавают по поверхности воды. Ежегодно такой способ разведения риса возможен только на небольших участках земли, а зерна он дает намного меньше, чем чековый, однако это крайне важный источник питания для населения речных долин в Азии.

Основные средовые факторы, ограничивающие рисосеяние, - температура и влажность почвы. Рис - теплолюбивое растение, однако слишком высокие температуры ведут к его избыточному вегетативному росту и взаимному затенению побегов в посевах. Обилие солнечных дней, благоприятствуя фотосинтезу, обычно способствует получению более высокого урожая.

Рис - факультативный гидрофит, способный переносить кислород от листьев к затопленным корням, поэтому для снижения конкуренции с сорняками и повышения урожайности на полях можно держать воду в течение всего вегетационного периода.

В рисоводческих областях с холмистым рельефом рис выращивают на склоновых террасах, огороженных валами, которые удерживают на делянках воду. На равнинах поливные рисовые поля обычно тщательно выравнивают (планируют), чтобы обеспечить равномерное орошение и хороший дренаж, и делят на обвалованные землей участки (чеки), затапливаемые по системе каналов водой.

К почве рис нетребователен, но для его возделывания предпочтительны пылеватые и глинистые грунты, хорошо удерживающие воду. Впрочем, песчаные почвы, несмотря на низкое естественное плодородие, при адекватной обработке часто дают самые высокие урожаи.



Рис. 4.4. Созревший рис



Рис. 4.5. Рис - сырец до шлифовки



Рис. 4.6. Различные типы риса

Как и у винограда существуют сотни сортов риса, но только официально зарегистрированные сорта (Shuzo Kotekimai) могут быть использованы в производстве сакэ. Эти сорта специально выращиваются в междугорьях и на склонах холмов (там, где большой перепад дневной и ночной температур), имеют крупные зерна, которые примерно на 25% больше, чем у столовых сортов, их стебли растут выше, а сбор урожая производится позднее, для кулинарии непригоден. Всего в Японии сертифицировано для производства

сакэ более 80 сортов риса. Вот некоторые наиболее популярные:



Рис. 4.7. Рис для сакэ



Рис. 4.8. Рис для сакэ, фасованный в мешки

Yamada Nishiki. Считается самым лучшим для сакэ. Ценится за его фруктовый аромат. Выращивается в префектурах Хиого, Окаяма, Хиросима.

Gohyakuman Goku. Сакэ на основе этого сорта очень легкое, сухое, терпкое, рекомендуют для новичков. Ниигата, Тояма, Исикава

Omachi. Сакэ достаточно богатое с высокой кислотностью, легким травяным ароматом, вкусом, напоминающим горох. Окаяма, Хиросима

Miyama Nishiki. Используется для дорогих сортов сакэ, при умеренной кислотности обеспечивает легкий фруктовый аромат с хорошим балансом.

Kame № 0. Рис с высоким содержанием жира и явным фруктовым букетом. Ямагата, Акита, Ниигата

## 4.2. Вода

Вода, помимо использования на технические нужды, используется для замачивания риса, приготовления дрожжевой закваски и основного сусла - мороми. Учитывая большое количество воды для этих целей, проводить какую-либо водоподготовку, не считая простейших процедур вроде фильтрования, экономически нецелесообразно и она берется из природных источников. Вода для купажирования готового напитка, разумеется, проходит соответствующие процедуры исправления качества, обычные для ликероводочных изделий.

Считается, что вода для сакэ должна иметь небольшое количество железа (менее 0,05 ppm<sup>4</sup>) и марганца, но достаточный уровень фосфора и калия, которые способствуют росту плесневых грибов и дрожжей, активную кислотность (рН) от нейтральной до щелочной. Общее рекомендуемое содержание не более 100 ppm. Присутствие кальция повышает синтез амилаз в процессе роста коджи.

Для производства сакэ употребляют воду 3-х типов:

1) Жесткая вода, которая, пройдя через пласты известняка, обогатилась минеральными солями жесткости. Изготовленное на такой воде сакэ отличается повышенной кислотностью, сухим и сильным вкусом. Иногда этот сакэ называют "мужским", брутальным.

2) Вода средней жесткости - употребляется для изготовления основной массы видов сакэ.

3) Мягкая вода, прошедшая через базальтовые породы и имеющая небольшое количество минеральных солей. Дрожжи на подобной воде развиваются неактивно и набраживают небольшое количество примесей, вследствие чего такое сакэ слишком сладкое, содержит мало кислот. Принято считать такое сакэ "дамским".

---

<sup>4</sup> ppm (миллионная доля) - сокращение от англ. parts per million - «частей на миллион». 1 ppm = 0,001 ‰ = 0,0001 %.

Следует отметить, однако, что с совершенствованием технологии шлифования риса, которое уже не позволяет оставаться оболочкам и частицам зародыша, требования к воде существенно снизились и она утратила сахарность.

### **4.3. *Aspergillus oryzae***

Коджи (Koji) - древнее японское название плесневых грибов, применяемых для осахаривания крахмалистых материалов, – в первую очередь риса при производстве сакэ, а также некоторых других видов зерновых в странах восточной Азии (китайский 麴菌, 麴霉菌, 曲霉菌, пиньинь, Цюй мэй юнь; японский: 麹, Коджи, или 麴菌, Коджи-кин, корейский: 누룩균, нурукджин). Является одним из видов плесневых грибов рода *Aspergillus*.

#### **4.3.1. История коджи**

Считается, что одомашнивание культуры произошло примерно 2 - 3 тысячи лет назад в Китае, хотя технология почти до конца XIX века хранилась в строгой тайне. Подобная закваска широко применяется в традиционной кухне других стран восточной Азии и Дальнего Востока для осахаривания риса, сои (соевый соус), производстве ряда алкогольных напитков на зерновом спирте.

В 2006 году Пивоваренным обществом Японии за высокое значение гриба в традиционной кухне был назван "национальным грибом" (kokkin).

Первым ученым, изучившим биохимию осахаривания риса при приготовлении сакэ и выделившим чистую культуру из закваски коджи, был американец японского происхождения Jokichi Takamine<sup>5</sup>. Работая в США на заводе по производству виски в штате Иллинойс в конце XIX века, он впервые

---

<sup>5</sup> Jokichi Takamine (1854-1922), японский ученый, считающийся отцом японской биотехнологии, первооткрыватель адреналина.

предложил для осахаривания ячменя использовать традиционную японскую рисовую закваску<sup>6</sup>. Процесс осахаривания шел быстрее, чем с использованием зернового солода, а качество осахаривания было выше, однако до внедрения технологии дело не дошло из-за протестов американских вискоделов, придерживавшихся традиционной технологии.



Рис. 4.9. Jokichi Takamine (1854-1922) отец японской и американской биотехнологии, первооткрыватель адреналина, впервые изучивший *Aspergillus oryzae*.

В 1894 году он получил американский патент № 252823 на процесс производства сахара из зернового крахмала с использованием грибов рода *Aspergillus*, выращиваемых на отрубях и используемых для получения амилитических ферментов.

До этого открытия использовались полученные спонтанным засевом культуры, передаваемые из поколения в поколение. Jokichi установил, что наиболее активное осахаривание производится ферментом глюкоамилазой рисовой плесени *Aspergillus oryzae*<sup>7</sup> (желтый коджи). Впоследствии из мицелия гриба были выделены также другие промышленные ферменты (амилазы,

---

<sup>6</sup> Первоначальное название грибы - *Eurotium oryzae*.

<sup>7</sup> *Oryza* - лат. название риса.

протеазы, липазы, гемицеллюлазы, целлюлазы, оксидоредуктазы, фитазы, пектинэстеразы), а в 2001 году расшифрован геном гриба.

Проблема, однако, состоит в том, что *Aspergillus oryzae* очень трудно отличим от своих близких родственников *Aspergillus flavus*<sup>8</sup> и *Aspergillus parasiticus* (по морфологии, цвету и текстуре колоний на чашках, а также микроскопии мазка), также иногда спонтанно прорастающих на разваренном рисе, и выделяющих в качестве продуктов метаболизма канцерогенные афлатоксины<sup>9</sup> (16 разновидностей). Поэтому для заквашивания риса использование «диких» культур может привести к непредсказуемым последствиям.

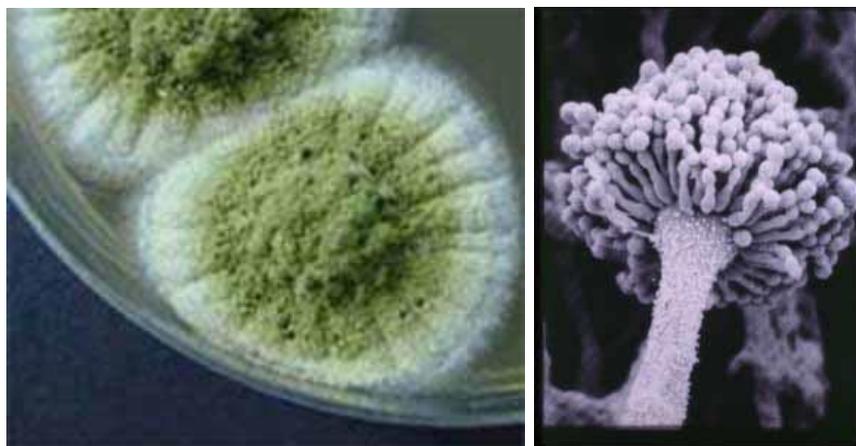


Рис. 4.10. Токсичный гриб *Aspergillus flavus*

#### 4.3.2. Микробиологическая характеристика грибов рода аспергиллус

*Aspergillus oryzae* относится к роду плесневых грибов *Aspergillus*, рода

---

<sup>8</sup> *Flavus* - лат. - желтый.

<sup>9</sup> Токсин был открыт в 1960 г., когда в Англии появилось летальное заболевание индюшек. За три месяца погибло более ста тысяч голов. Причиной оказался бразильский корм, в который добавляли муку из земляных орехов (арахиса). Ученые Лондонского института тропических культур установили, что токсин в больших количествах вырабатывается грибом *A. flavus*, быстро развивающимся на земляных орехах в условиях высокой влажности и умеренно высокой температуры тропиков и субтропиков. Токсическое вещество назвали афлатоксин (от начальных букв названия гриба *A. flavus*). Позже выяснилось, что это не одно вещество, а целый комплекс (B1, B2, G1, G2). Впоследствии был установлен и канцерогенный характер токсина.

Deuteromycetes<sup>10</sup> (или *Fungi imperfecti*) или несовершенных, не имеющих половой стадии. Образуют на конце плодоносящих гиф споровые головки с радиально расположенными цепочками конидий, по форме напоминающие струйки воды, выливающейся из лейки<sup>11</sup>. Род класса сумчатых грибов (аскомицетов<sup>12</sup>).

Грибы из рода аспергилл, описанного впервые в 1729 г. итальянским микологом Пьером Антонио Микели (*P. A. Micheli*), одни из наиболее распространенных гифомицетов. Большинство видов - сапрофиты<sup>13</sup>, типичные аэрофилы. Естественное местообитание - верхние горизонты почвы, поверхность пищевых продуктов, главным образом растительного происхождения, где колонии образуют плесневые налеты разного цвета, определяемого преимущественно цветом продуктов метаболизма, особенно часты голубовато-зеленые, реже других цветов. Колонии аспергиллов появляются на хлебе, хранящемся при повышенной влажности, варенье, влажных обоях, изделиях из кожи и т. п. Широкий набор ферментов позволяет аспергиллам осваивать самые разнообразные субстраты, а антибиотические вещества, продуцируемые ими, обеспечивают успешную борьбу с возможными конкурентами.

Вегетативное тело аспергиллов - многолетний, очень ветвистый мицелий<sup>14</sup>, пронизывающий субстрат. Клетки мицелия многоядерны. Иногда развивается и обильный воздушный мицелий. У большинства аспергиллов плес-

---

<sup>10</sup> Дейтеромицеты (от греч. *deuteros*, вторичный, + *mykes*, гриб) не образуют настоящую филогенетическую группу, а выступают в качестве таксономической «свалки», куда помещают виды, у которых половая (совершенная) стадия размножения отсутствует либо не выявлена. Их классификация основана на формах спороношения или других внешних признаках и служит только практическим целям. Для них установленным считают лишь бесполое размножение, поэтому дейтеромицеты также известны как несовершенные грибы (*Fungi imperfecti* - *Fungi* - греч. грибы + *imperfecti* - лат. несовершенный).

<sup>11</sup> Название *Aspergillus* происходит от лат. *aspergillum* - сосуд для окропления, лейка.

<sup>12</sup> Аскомицеты (от греч. *askos* - мешок, сумка и *mykes* - гриб) - класс высших сумчатых грибов, половое размножение которых происходит с помощью спор, развивающихся в сумках (асках).

<sup>13</sup> Сапротроф - термин, используемый для организмов, которые получают питательные вещества от мертвого органического вещества.

<sup>14</sup> Мицелий (от греч. *mykēs* - гриб), грибница, вегетативное тело.

невый налет состоит из конидиеносцев с конидиями<sup>15</sup>. Конидиеносцы отходят вверх от особых клеток мицелия - опорных клеток. У разных видов конидиеносцы имеют различные размеры, могут представлять собой одну клетку или, реже, иметь перегородки, у немногих ветвятся.

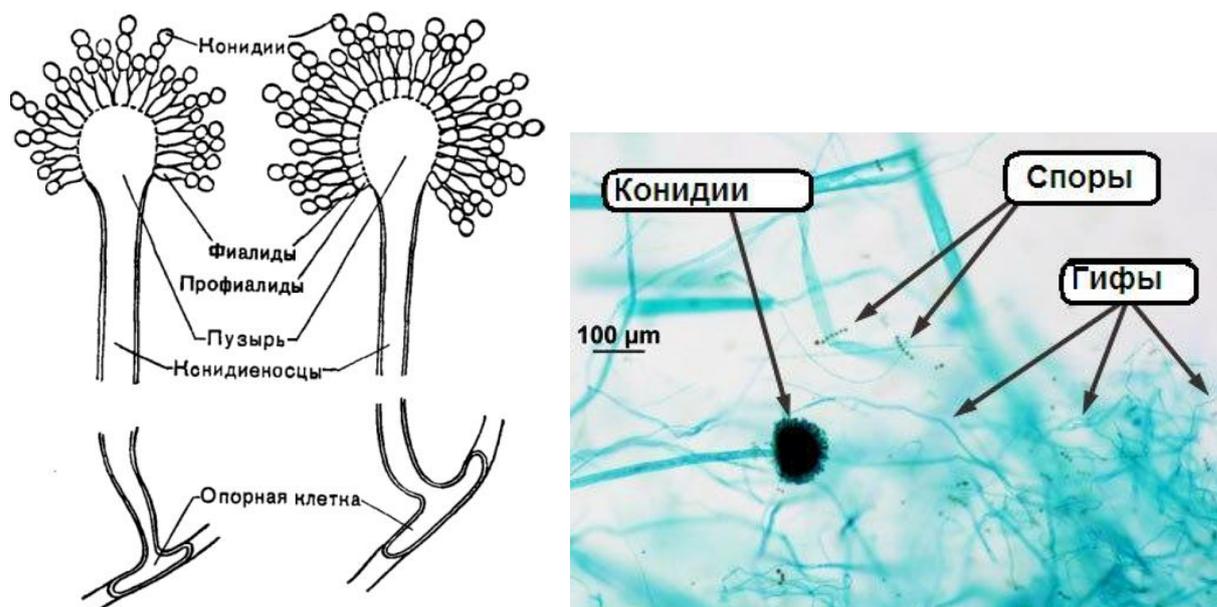


Рис. 4.11. Строение конидиеносцев рода *Aspergillus*

У большинства аспергиллов конидиеносцы бесцветны, как и гифы<sup>16</sup> мицелия, а у некоторых (например, у представителей групп *A. nidulans*, *A. ochraceus*) они коричневатые или желтоватые. Оболочки их у большинства гладкие, у немногих (группа *A. ochraceus*, *A. effusus* из группы *A. nidulans*) шиповатые. Верхняя часть конидиеносца вздувается, образуя пузырь, у большинства округлый, у отдельных видов в различной степени вытянутый.

На пузыре или радиально, или только в верхней его части размещаются флажковидные клетки - фиакиды<sup>17</sup>, из узкого горлышка которых выходят од-

<sup>15</sup> Конидии - (от греч. *koia* пыль и *eidos* вид), споры бесполого размножения у сумчатых, базидиальных, несовершенных и некоторых пероноспоровых грибов.

<sup>16</sup> Гифы (греч. *hyphē* - ткань) - микроскопические простые или разветвленные нити, из которых формируются вегетативные и плодовые тела грибов.

<sup>17</sup> Фиакиды (лат. *fial* - чаша) – конидиопродуцирующие клетки, по форме напоминающие вазу.

на за другой, располагаясь в цепочку, одноклетные конидии. Непосредственно у отверстия наверху фиалиды конидии имеют тонкую оболочку, часто бесцветную или бледно окрашенную, и окончательное созревание и оформление спор происходит постепенно. Чем выше по цепочке, тем конидии крупнее, интенсивнее окрашены и более созревшие. Зрелые конидии имеют определенную форму и окраску, у многих аспергиллов становятся при созревании шиповатыми или бугорчатыми. Окраска массы конидий как раз и придает тот или иной цвет плесневому налету, т. е. колонии.

По мере созревания конидии отваливаются, переносятся на новые места и прорастают при благоприятных условиях, образуя мицелий.

При помощи конидий, т. е. бесполом путем, размножается большинство аспергиллов. Однако некоторым из них свойственно и высшее спороношение - сумчатое, т. е. половое. В колониях таких видов бывают заметны невооруженным глазом маленькие шарики, у большинства желтого цвета. Это плодовые тела - клейстотеции<sup>18</sup>.

Аспергиллы хорошо растут в лабораторных условиях, поэтому и являются одним из любимых объектов исследований. Достаточно сказать, что между 1891 и 1928 гг. было опубликовано более 2000 работ по аспергиллам, посвященных главным образом физиологии, биохимии и генетике видов этих грибов. Некоторые группы и виды аспергиллов широко распространены в природе и имеют весьма существенное практическое значение. Это в первую очередь представители группы *A. niger*<sup>19</sup>, наиболее часто используемые в промышленности<sup>20</sup>. Только видам этой группы начиная с 1945 г. было по-

---

<sup>18</sup> Клейстотеции (от греч. kleistos - запертый и thekion - коробочка), клейстокарпий (от греч. kleistos - запертый и karpos - плод), замкнутое шаровидное или округлое плодовое тело некоторых эуаскомицетов (плектомицеты, эуроциевые грибы и мучнисторосяные грибы). Аски с аскоспорами освобождаются после разрушения оболочки клейстотеции.

<sup>19</sup> Niger - от лат. nigra - черный.

<sup>20</sup> Широкое применение получила способность штаммов *A. niger* к образованию лимонной, щавелевой, глюконовой, фумаровой кислот. В России и в других странах для производства лимонной кислоты используются штаммы этого вида, способны также синтезировать витамины биотин, тиамин, рибофлавин и др.

священо свыше 1000 научных статей.

Характерным для всего рода является способность метаболизировать коевую кислоту. Образуют также и другие кислоты ( $\beta$ -нитропропионовую,  $\alpha$ -кетоглутаровую, лимонную, яблочную, молочную, фумаровую и др.), витамины (рибофлавин, тиамин, пантотеновую кислоту, инозитол, биотин, пиридоксин, В<sub>12</sub>, С, К<sub>3</sub> и др.) и стероиды (тестостерон, тестололактон).

Не меньшее значение имеют грибы группы *A. flavus* и *oryzae*. Для них характерна желтовато-зеленая окраска колоний. Конидиеносцы у некоторых видов несут на вздутии только фиалиды, а у других и профиалиды. Эти грибы встречаются в почве и на самых разнообразных субстратах: растительных остатках, фураже, пищевых продуктах, растительных маслах, пластических массах и других материалах. *A. flavus* может расти даже на таких, казалось бы, мало подходящих субстратах, как воск, парафин.

Грибы этой группы - главные компоненты сообщества плесневых грибов, развивающихся на зерне и семенах, главным образом на рисе, горохе, соевых бобах, арахисе, в плохо проветриваемых хранилищах, даже при 18% влажности. Разнообразие заселяемых субстратов объясняется тем, что у видов этой группы имеется особенно богатый набор ферментов. Они продуцируют амилазу, протеиназы, липазы, пектиназы (пектазу и протопектиназу), целлюлазу и др. Спиртовая промышленность Японии и других стран Востока целиком основана на ферментативных свойствах грибов этой группы.

При приготовлении продуктов питания из сои и других субстратов, богатых белками, на Востоке используют уже в течение столетия протеолитические ферменты *A. flavus*, *A. oryzae*, *A. parasiticus*. В производстве китайского и японского соевого соуса ферментативным способом применяют особую закваску, представляющую собой культуру *A. oryzae* на вареной сое или пшеничной крупе. Во Вьетнаме ферментативный соево-рисовый соус «тыонг» служит повседневным пищевым продуктом населения.

В современных условиях ферментные препараты *A. flavus*, *A. oryzae* и *A. parasiticus* с успехом применяют для очистки кож от волос и размягчения

кож, для удаления серебра из старых пленок и пластинок, в текстильной промышленности.

#### **4.3.3. Характеристика *Aspergillus oryzae* (желтая рисовая плесень; желтый коджи)**

В настоящее время для производства сакэ используется выделенный японскими учеными в 1950 году штамм *Aspergillus oryzae* RIB40 или ATCC 42149. При росте на рисе обладает приятным ароматом и вкусом, почти не дает цвета. Культура быстро вырастает на средах с содержанием рисового крахмала, выделяет активные экзогенные<sup>21</sup> амилазы ( $\alpha$ -амилазу и глюкоамилазу) и карбоксипептидазы, а также в небольших количествах другие ферменты (всего около 50 видов). Промышленная культура способна произвести 50 г чистой  $\alpha$ -амилазы из 1 кг пшеничных отрубей.

Оптimum роста в пределах 25-30°C (что соответствует температуре в растительной камере 30-32°C с учетом потерь тепла при испарении воды из риса), однако способны переносить временное повышение температур до 40-45°C без заметной потери активности амилаолитических ферментов. При поверхностном развитии оптимальная влажность среды 65%. Для питания необходимы углеводы, азотистые и минеральные вещества (серу, фосфор, калий, магний). Не нуждаются в источниках витаминов, т.к. способны синтезировать их самостоятельно.

*Aspergillus oryzae* в процессе жизнедеятельности выделяет во внешнюю среду активные мезофильную<sup>22</sup>  $\alpha$ -амилазу (оптimum температуры действия

---

<sup>21</sup> Экзогенные ферменты (гр. exo - вне, снаружи + genes - порождаемый) - ферменты, выделяемые микроорганизмами во внешнюю среду, в отличие от эндогенных (гр. endo - внутри + genes), действующих внутри клетки.

<sup>22</sup> Мезофилы (предпочитающие средние температуры для своего развития) - микроорганизмы, растущие обычно при температурах от 0-10°C до 40-45°C. Различают также: психрофилы (предпочитающие низкие температуры) - микроорганизмы, имеющие минимальную температуру роста ниже 0°C и термофилы, способные развиваться при высоких температурах (50-93°C).

54-56°C, рН 5-5,5), глюкоамилазу (55-60°C, рН 4,0-5,5), кислую протеазу (30-60°C, рН 2,5-4,5) и другие ферменты (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Ферменты, выделяемые во внешнюю среду при росте *Aspergillus oryzae*

| Наименование фермента | Субстрат и характер действия  |
|-----------------------|---|
| Целлюлаза             | В широком диапазоне рН расщепляет целлюлозу до глюкозы                          |
| $\alpha$ -амилаза     | Расщепляет крахмал на более простые декстрины                                   |
| Глюкоамилаза          | Расщепляет крахмал и декстрины до глюкозы                                       |
| Лактаза               | Расщепляет лактозу на галактозу и декстрозу                                     |
| Липаза                | Высвобождает цепь жирных кислот из глицериновых связей                          |
| $\beta$ -глюканаза    | Группа ферментов, расщепляющая цепи глюканов                                    |
| Ксиланаза             | Гидролизует ксиланы, входящие в состав гемицеллюлозы                            |
| Гемицеллюлаза         | Группа ферментов, высвобождающая углеводы из гемицеллюлозы                      |
| Фитаза                | Фермент, гидролизующий фитин  |
| Протеаза              | Фермент, расщепляющий в широком диапазоне рН белки с высвобождением аминокислот |

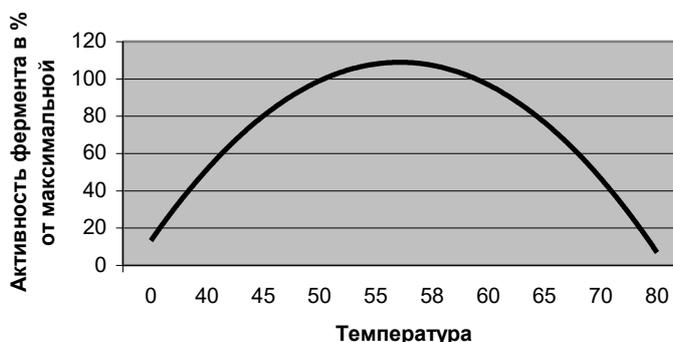


Рис. 4.12. Зависимость активности грибной глюкоамилазы от температуры

Споры промышленных грибов поставляются в бумажных мешках в виде смеси с золой лиственных пород дерева, что предохраняет культуру от посторонних микробиологических загрязнений, а также возможно является источником необходимых плесени калия и фосфора. Основным поставщиком посевного материала в Японии является компания *Moyashi*.

Желтый коджи принадлежит к строгим аэрофилам, т.е. не способен развиваться без доступа кислорода. Распространяется по поверхности субстрата (пропаренный рис) мицелием, образует на кондиеносцах кондии зелено-желтого цвета.

Некоторые производители сакэ используют «черный коджи» - *A. niger* (в ряде источников - *A. awamori*), который помимо амилаз дополнительно продуцирует пектиназу – фермент, расщепляющий пектиновые вещества и употребляется в основном для производства сакэ, которое в дальнейшем будет перегоняться на сётю.

Еще в сакэделии могут использоваться мукоровые грибы *Amylomyces Rouxii*, *Mucor Delamar*, *Mucor Boulard № 5* и другие. Несмотря на разные названия, все коджи потребляют при своем росте азотистые вещества и соли, выделяя витамины и разнообразные ферменты.

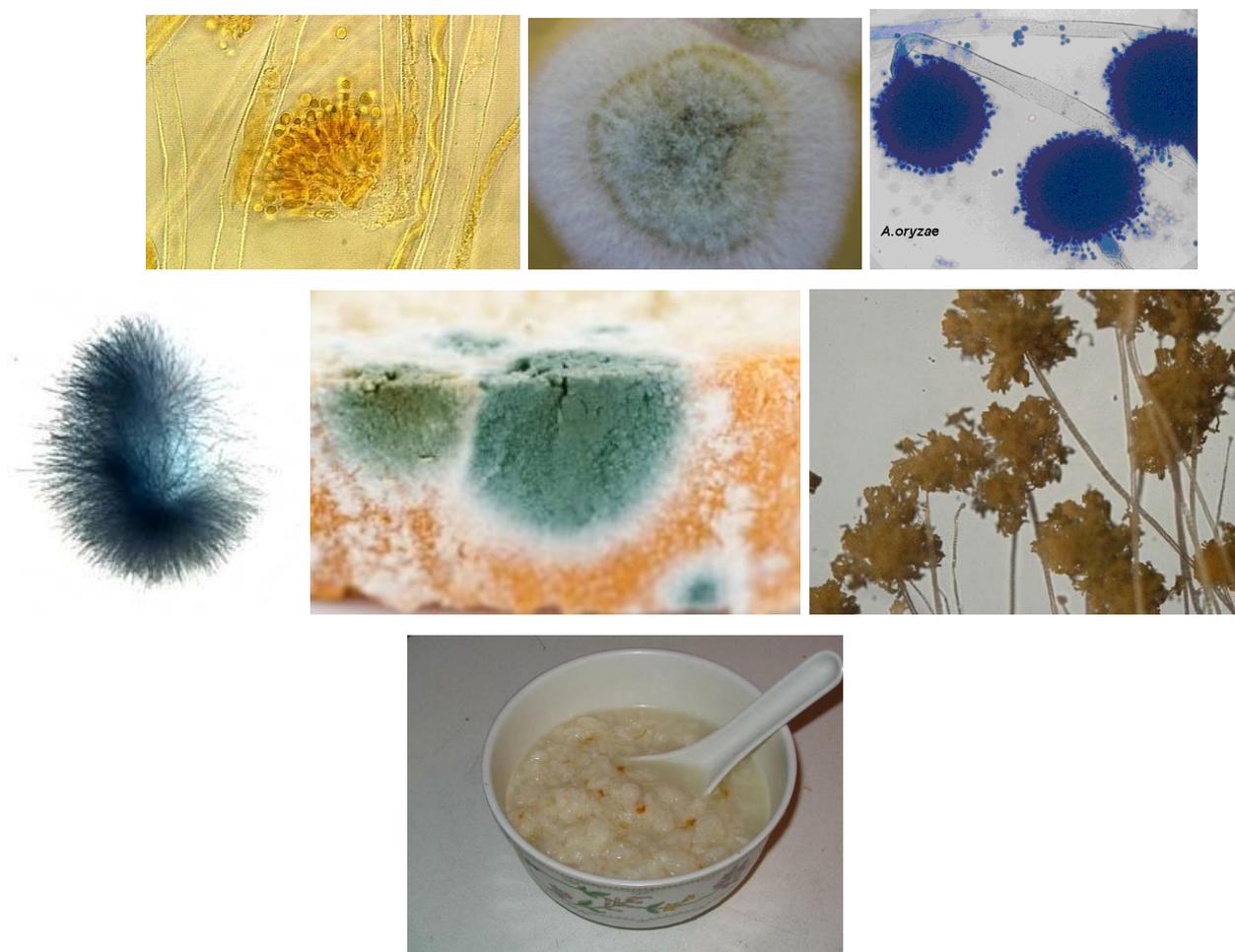


Рис. 4.13. Внешний вид культуры, и колоний *Aspergillus oryzae*

Коджи выращивают путем культивирования на твердых субстратах (SSC<sup>23</sup>), риса, сои и пшеничных отрубей, в процессе которого грибы выделяют активные внеклеточные гидролазы, способствующие быстрой деградации сырья до более простых веществ.

#### 4.4. *Saccharomyces cerevisiae* var. *Sake*

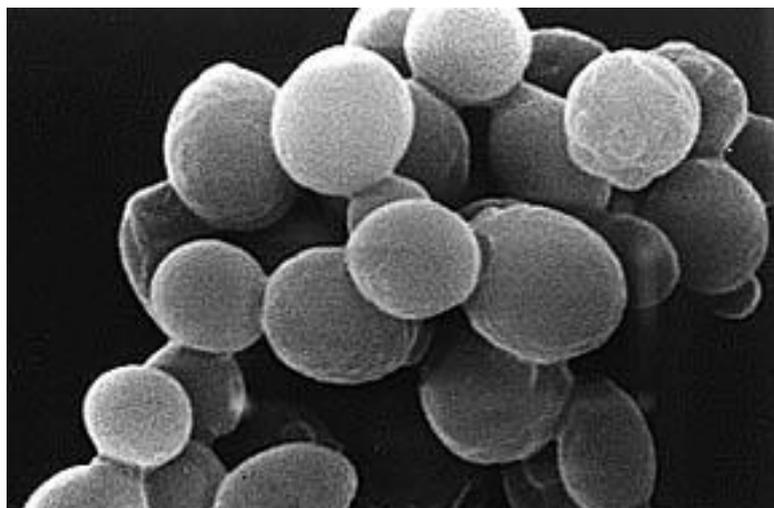
Дрожжи является достаточно широким названием различных видов грибов, которые в вегетативном состоянии существуют как отдельные клетки. Большинство их видов относится к аскомицетам, для размножения которых не используется половой путь.

Дрожжи не только производят этанол, сбраживая сахара, но и производят массу вкусо-ароматических веществ и кислот, определяющих качество будущего напитка.



Рис. 4.14. Внешний вид посевных дрожжей для домашнего или кустарного производства сакэ

<sup>23</sup> SSC - англ. solid substrate cultivation, культивирование на твердых субстратах, классический способ выращивания различных видов микроорганизмов.

Рис. 4.15. *Saccharomyces sake*

Дрожжи для сакэ впервые были выделены в 1897 году из промышленного бродящего материала (мото) ученым Yabe и названы *Saccharomyces sake*, однако, как было установлено позднее, таксономически неразличимы от обычных спиртовых рас *Saccharomyces cerevisiae*, но имеют несколько иные технологические свойства: устойчивы к спирту, способны развиваться в средах с полным отсутствием витаминов и биотина, каковыми являются сусла из шлифованного риса. Принятое на сегодня название: *Saccharomyces cerevisiae* var. *Sake*.

Таблица 4.2

## Сравнительная характеристика спиртовых и сакэйных дрожжей

| Характеристика                                 | Дрожжи для сакэ,<br><i>S. Sake</i> | Спиртовые,<br><i>S. cerevisiae</i>                  |
|--|------------------------------------|---|
| Рост на средах, свободных от витаминов         | +                                  | -   |
| Рост на средах, свободных от биотина           | +                                  | -   |
| Предельная устойчивость к концентрации этанола | 20-23                              | 16-19   |
| Происхождение                                  | Только в производстве сакэ         | Широко распространены на различных ягодах и фруктах |

В последующие годы было наработано большое количество штаммов, отличающихся друг от друга устойчивостью к спирту, скоростью брожения, количеству выделяемых вторичных продуктов брожения. В настоящее время существует более 15 различных видов дрожжей (Koubo), используемых для производства сакэ, слабо агглютинирующихся, верхового типа и обозначаемых номерами от 1 до 15 (имеются также и модификации). Дрожжи с 1 по 6 в настоящее время не используются из-за сильной продукции кислот, наиболее часто - 7 и 9 (таблица 4.3).

Каждый вид имеет свои особые качества. Некоторые придают сладкий сочный аромат будущему сакэ, другие - производят низкий уровень кислотности, третьи - дают грушево-яблочный аромат.

Таблица 4.3

Свойства наиболее популярных рас дрожжей для сакэ

| Дрожжи                        | # 7   | # 9  |
|-------------------------------|---|--|
| Описание                      | В основном используется для производства сакэ, раса WLP705 производит сакэ с хорошей наполненностью вкуса и тонким ароматом | Помимо, производства сакэ используется для других азиатских напитков на основе риса. Насыщенный вкус с низким количеством эфиров |
| Компания-производитель        | Masumi  | Koro   |
| Флокуляции                    | Нет   | Низкая   |
| Толерантность к алкоголю      | 16%   | 14%  |
| Минимальная температура роста | 21°C  | 15-24°C  |
| Наименование расы             | WLP705  | 4134   |

#### 4.5 *Lactobacillus sake (sakei)*

Лактобактерии (лат. *Lactobacillus*) - род грамположительных анаэроб-

ных неспорообразующих молочнокислых бактерий. Также называются лактобациллы. По современной классификации род *Lactobacillus* входит в семейство *Lactobacillaceae*, порядок *Lactobacillales*, класс *Bacilli*, тип *Firmicutes*, царство Бактерии. Факультативный анаэроб, т.е. способен развиваться как в средах с кислородом, так и в его отсутствии.

Лактобактерии обычно имеют правильную форму длинной «палочки», иногда кокковидные, располагаются в коротких цепочках или по одиночке. В процессе своего нормального метаболизма лактобактерии способны образовывать молочную кислоту, перекись водорода, продуцировать лизоцим и вещества с антибиотической активностью: реутерин, плантарицин, лактоцидин, лактолин.

Название получили за способность преобразовать лактозу и других сахара в молочную кислоту. Являются естественным членом симбиотического сообщества здоровой кишечной флоры человека. Многие виды занимают важное место в разложении растительных материалов. Производство молочной кислоты закисляет среду, что подавляет рост некоторых вредных бактерий и используется при квашении. Сами бактерии устойчивы к снижению pH среды и своим метаболитам.

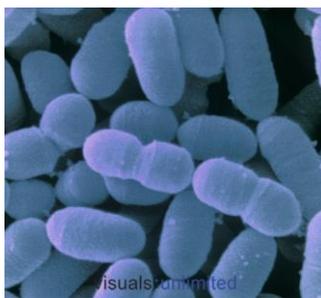


Рис. 4.16. Внешний вид молочнокислой бактерии *Lactobacillus sakei*

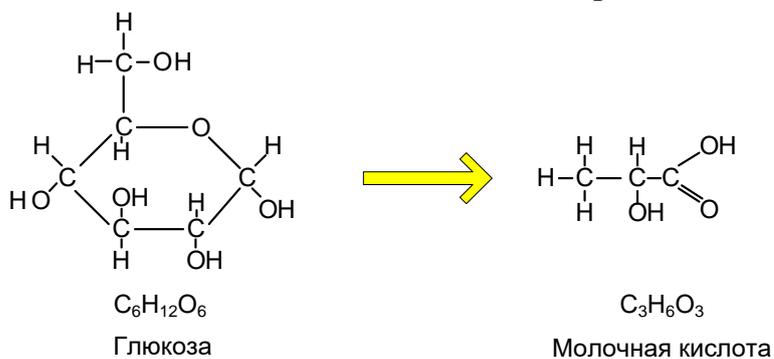


Рис. 4.17. Синтез молочной кислоты

Бактерию впервые открыл болгарский студент медицины Стамен Григоров в 1905 г. Он изучал микрофлору болгарского йогурта и описал её как состоящую из одной палочковидной и одной сферической молочнокислой бактерии. В 1907 г. палочковидную бактерию назвали *Lactobacillus bulgaricus*, в честь Болгарии, а сферическую - *Streptococcus thermophilus*. Большую роль в изучении бактерий внес русский ученый Илья Мечников, который считал болгарскую палочку основным средством в борьбе против старения и самоотравления организма человека.

*Lactobacillus sake* (*sakei*) является естественным спутником дрожжей в производстве сакэ (в закваске которых и была впервые обнаружена). Наиболее распространенный тип инфицирующей микрофлоры в спиртовых и дрожжевых производствах. Содержится в воздухе, зерне, на оборудовании, в древесине бродильных чанов. Дикие штаммы являются преимущественно гетероферментными<sup>24</sup> бактериями, т.е., помимо молочной кислоты, вырабатывают также летучие кислоты (уксусную и муравьиную), этиловый спирт и CO<sub>2</sub>. Оптимальная температура роста совпадает с дрожжевой (28-30°C).

Продуцируемая при потреблении сахаров молочная кислота легко подавляет рост многих микроорганизмов, имеющих оптимальную кислотность слабощелочную или нейтральную, например, маслянокислые бактерии. Однако находиться в симбиотическом сообществе с дрожжами. Конкуренция за источники питания угнетается за счет большей концентрации дрожжей в заквасках мота. Легко погибают при пастеризации (70-75°C), излишнее закисание среды может вызвать инактивацию амилаз.

Как будет показано далее, в настоящее время культура практически не используется из-за непредсказуемости самозасева, неуправляемости синтеза кислоты, возможном подавлении активности амилаз излишней продукцией

---

<sup>24</sup> Этим признаком отличается от гомоферментных бактерий, которые преобразуют сахара только до молочной кислоты.

кислоты, конкуренцией с дрожжами за источники питания и заменена добавками промышленной молочной кислоты.

#### **4.6. Смешанные культуры микроорганизмов для получения ферментированных пищевых продуктов**

Смешанное брожение различных культур микроорганизмов, используемое для получения ферментированных пищевых продуктов, имеют широкое распространение в мире, но наиболее заметно в странах Дальнего Востока: Японии, Индонезии, Индии, Пакистане, Таиланде, Филиппинах, Тайване, Китае, Корее. Эти технологии были изобретены задолго до письменной истории, некоторые из этих процессов до сих пор мало изучены, можно только догадываться, как на микроорганизмы используются.

Существуют большое количество древних письменных свидетельств, преимущественно китайского происхождения о продуктах, получаемых сбраживанием, однако первые научные исследования появились лишь около 100 лет назад. За несколько лет до начала Первой мировой войны, произошел взрыв статей и докладов, касающихся ферментированных пищевых продуктов и напитков. После войны исследования были почти прекращены из-за ограничения научных контактов с Японией и Китаем, и возобновились только в 50-х годах XX века, сохраняя до нашего времени повышенный интерес. Это связано с распространением моды на вегетарианские и натуральных продукты, поиском менее дорогих, с высоким содержанием белка источников питания.

Обычная практика смешанных культур включает в себя грибы, как источник гидролитических ферментов, дрожжи - этилового спирта и бактерии, продуцирующие молочную кислоту, как консервант.

В качестве грибных культур применяются микроорганизмы родов *Rhizopus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Aspergillus*, *Monascus*, и *Neurospora*, используемые в качестве питательного субстрата растительный материал.

Дрожжи, также относящиеся к грибам, представлены в основном родами *Saccharomyces*, *Candida* (*Torulopsis*), и *Saccharomycopsis*.

Молочнокислые бактерии - *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Bacillus*.

Микроорганизмы, участвующие в получении ферментированной пищи, можно разделить на следующие категории.

1. Монокультуры. Брожения, в котором участвует только один вид микроорганизмов, например, индонезийский продукт из сои, натто, приготовленный при участии *Bacillus natto*.

2. Мультикультуры. Используются более одного вида микроорганизмов, принадлежащих к таксономически различным видам, находящиеся в симбиозе<sup>25</sup> друг с другом. Примером этого является *ragi*, в сбраживании которого используются два гриба: *Amylomyces* и *Rhizopus*.

3. Юникультуры. Брожение, связанное с двумя или более штаммами микроорганизмов одного и того же вида. Например, соевый йогурт сбраживается двумя штаммами *Lactobacillus Acidophilus*, первый из которых дает аромат, второй кислоту.

4. Поликультура. При этом виде брожения используется такое большое количество микроорганизмов, что невозможно конкретно определить какое действие оказывает на продукты каждый из них. Примером может служить смесь микроорганизмов, обнаруживаемых при индокитайском способе ферментации рыбы.

5. Последовательные культуры (метабиоз). На начальном этапе используются одни культуры, как правило, источники гидролаз, которые затем убиваются, а продукты гидролиза сбраживаются другими. Наиболее яркий пример - сакэ. На начальном этапе изготавливают закваску коджи путем твердофазного аэробного культивирования *Aspergillus oryzae*, а затем глубинное анаэробное культивирование дрожжей и молочнокислых бактерий, предо-

---

<sup>25</sup> Симбиоз - от греч. *symbiosis* - сожительство.

храняющих среду от заражения другими видами микроорганизмов.

Кроме этих примеров, существуют также микроорганизмы, не несущие какой-либо полезной функции, а являющиеся фактически загрязнителями, которые характерны для большинства азиатских сброженных продуктов.

Смещение нескольких культур имеет целый ряд преимуществ по сравнению с обычными способами брожения монокультур.

1. Увеличение выхода продуктов метаболизма. Driessen изучал поведение смешанных культур йогурта *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus Bulgaricus*, которые в изоляции продуцируют 24 и 20 ммоль / мл кислоты, соответственно, а при совместном выращивании - 74.

2. Защита от загрязнения. Чистые культуры всегда более подвержены загрязнению, чем смешанные культуры. В природе, чистое состояние культуры редко, если вообще происходит.

3. Более высокие темпы роста. Как отмечалось выше, в смешанной культуре, различных микроорганизмов могут метаболизироваться необходимые факторы роста или источники углерода или азота, которые полезны для второго организма.

4. Продукты, сделанные смесью микроорганизмов дополняют друг друга, препятствуя росту посторонних микроорганизмов. Дрожжи производят алкоголь, а молочнокислые бактерии вырабатывают кислоты, рост этих микроорганизмов проходит при повышенной кислотности и анаэробных условиях, что является неприемлемым для большинства плесеней и бактерий.

5. Многоступенчатые преобразования. Смешанная культура может привести целый ряд преобразований субстрата, что было бы невозможно для одного организма. Плесени коджи преобразуют крахмал риса в сахара, дрожжи, в свою очередь, использует сахара для создания алкоголя и других ароматических веществ.

6. Устойчивость к фагам. В чистой культуре брожения, особенно с бактериями и плесенями, фаги являются серьезной проблемой, способной полностью уничтожить производство. Смешанные культуры имеют более широ-

кий спектр генетических антагонистов фагов, в таких культурах практически нет сбоев из-за развития инфекции.

Последовательное брожение, реализуемое при производстве сакэ, требует, однако, тщательно отобранных культурных рас чистых линий в качестве посевного материала. Использование непроверенных заквасок может привести к негативным результатам, таким как:

1. Нежелательные вкус и внешний вид.
2. В некоторых случаях неправильно подобранные культуры дрожжей способны выделять токсины. Например, использование вместо *A. oryzae* *A. flavus* может привести к образованию канцерогенные афлатоксинов.
3. Неправильное направление сбраживания или выделения ферментов может внести нежелательные изменения в продукт, и нарушат дальнейший ход процесса.
4. Загрязнения первой культуры, например, гнилостными бактериями при излишнем содержании влаги может сделать кодзи совершенно непригодным к дальнейшему применению.

## 5. Основные технологические стадии производства сакэ

Какой-то единой технологии производства сакэ не существует, в каждой японской деревне есть свои секреты, поэтому правильнее говорить об общих принципах. Обычный выход сакэ составляет около 3 литров напитка с 1 кг риса.

Несмотря на уверения в традиционности производства, в действительно промышленную технологию все таки был внесен ряд принципиальных изменений, направленных на максимальную автоматизацию и механизацию процесса, улучшение санитарного режима:

- замена ручной шлифовки риса шлифовальными машинами с абразивными кругами и компьютерным контролем за температурой зерна, степенью шлифовки и ее продолжительностью;

- отказ от использования молочнокислых бактерий в пользу подкисления дрожжевой закваски коммерческой молочной кислотой, для снижения вероятности бактериальной инфекции или нежелательных изменений процесса брожения;

- используются только микробиологически чистые культуры дрожжей и высокие посевные дозы (не менее  $100^9$  кл/мл), поскольку используемые для сбраживания открытые стальные чаны не стерилизуются;

- замена традиционных чанов для основного брожения с деревянных (кедровых) на современные стальные эмалированные или из нержавеющей стали, что улучшило качество напитка и его микробиологическую чистоту, снизила потери спирта на испарение (около 3%);

- непрерывное брожение в открытых резервуарах с переливными системами для стабилизации брожения во времени и упрощения автоматизации.

- замена отжима сброженного суслу в мешках из холста на пакетные или рамные фильтр-прессы, исключение делается только для винтажных

ЭЛИТНЫХ НАПИТКОВ.

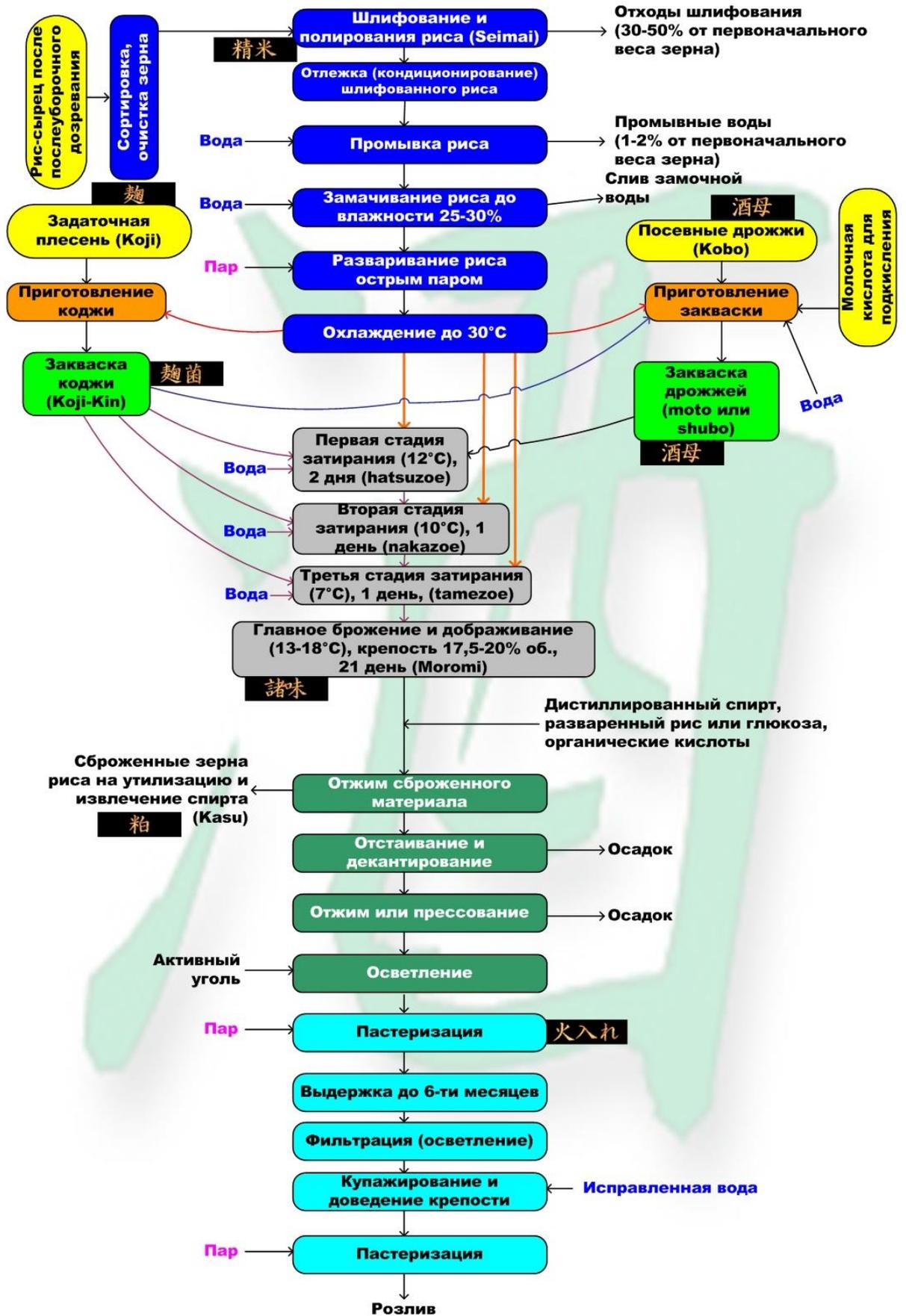


Рис. 5.1. Принципиальная технологическая схема производства саке

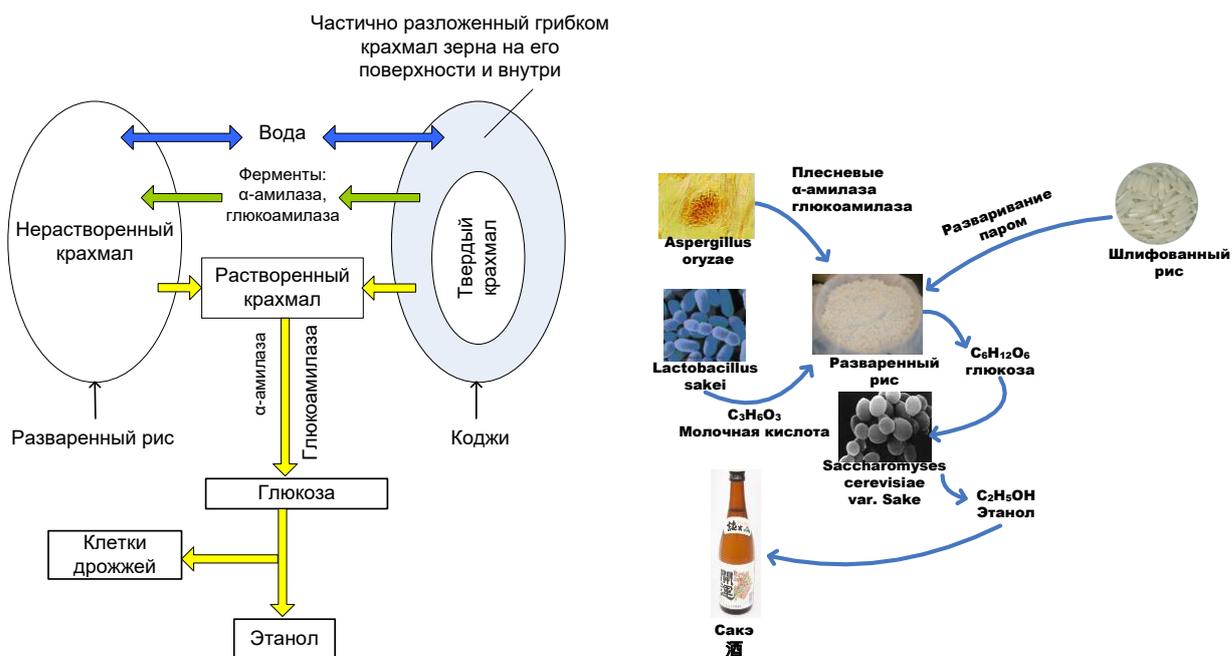


Рис. 5.2. Схема биохимических превращений при производстве саке. Гифы грибов постепенно проникают внутрь разваренного риса, обеспечивая поступления туда влаги и отвод сахаров и ферментов во внешнюю среду. Ферменты коджи, гидролизуя крахмал, быстро понижают вязкость среды, что также способствует дальнейшему успешному сбраживанию дрожжами

Наибольшие изменения, пожалуй, были внесены в технологию приготовления закваски коджи:

- использование только микробиологически чистых культур плесени для изготовления коджи, что снижает вероятность нежелательного изменения процесса осахаривания и, тем более, появления афлатоксинов из-за случайного попадания спор *A. flavus* или *A. parasiticus*;
- ручное выращивание коджи в деревянных поддонах с ручным же ворошением постепенно вытесняется выращиванием на столах и максимальной автоматизацией загрузки-выгрузки риса ленточными конвейерами и ворошения грядок, контролем за температурой и влажностью риса в процессе прораствания спор;
- выращивание производится в чистых комнатах со стенами из легко дезинфицируемой нержавеющей стали (вместо традиционных деревянных) и принудительной подачей фильтрованного и кондиционированного воздуха.

Основные причины высокой крепости напитка, не прошедшего дистил-

ляцию:

применение в качестве сырья селекционированных и зарегистрированных «сакэйных» сортов риса, имеющих зерно до 25% больше кулинарных сортов и повышенное содержание крахмала в эндосперме;

рис, шлифованный до 70-50% от первоначального веса, содержит 90-94% крахмала и почти свободен от несбраживаемых веществ, повышающих осмос;

разваривание риса при низких температурах (не более 100оС) снижает потери на термическое разложение сахаров и возникновение веществ, ингибирующих рост дрожжей;

при гидролизе крахмала ферментами гриба коджи образуется глюкоза – самый легкоусвояемый дрожжами сахар;

гидролиз крахмала идет одновременно со сбраживанием, а не до его начала (спирт, пиво), высокая концентрация низкомолекулярных сахаров не сдерживает метаболизм дрожжей;

применение особых рас дрожжей верхового брожения (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Sake*), устойчивых к концентрации спирта до 20-23% об. и не требующих содержания ростовых веществ в сырье;

использование комплекса живых микроорганизмов, находящихся в состоянии симбиоза и метабиоза, выделяющих продукты, стимулирующие развитие дрожжей;

добавка дистиллированного спирта для стабилизации состава напитка в конце брожения.

### **5.1. Шлифование риса**

Зародыш и оболочки рисового зерна содержат витамины, белки, жиры и другие вещества, которые могут отрицательно повлиять на запах и вкус сакэ, а также, не потребляясь дрожжами, являются балластом, тормозят их

развитие большим осмосом, не позволяют достичь высокой крепости бражки.

Для удаления зародыша и оболочки рисового зерна его шлифуют. Однако, чем более степень шлифовки, тем менее крепкий напиток при этом получается из-за отсутствия ростовых веществ.

В старину для этой цели применялись ручные и ножные мельницы, на смену которым пришли водяные. Затем были освоены рисошлифовальные машины горизонтального типа, где зерна шлифуют друг друга. В конце 20-х годов прошлого столетия на помощь сакэделам пришли машины вертикального типа с абразивными валками диаметром до 40 см.

До процедуры шлифования зерно проходит очистку от примесей (зерновых, минеральных и органических), зерно сортируется по размерам на вибросите. Шлифование риса для ординарных и элитных марок сакэ может занимать от 6 часов до 2 суток, скорость обработки сдерживается нагревом зерна, которое может привести к его излишнему пересыханию и даже растрескиванию. Стараются добиться одинаковых размеров и формы зерна, что необходимо для равномерности осахаривания ферментами коджи и дальнейшего брожения.



Рис. 5.3. Машина для предварительной сортировки риса



Рис. 5.4. Зерна риса сначала проходят через полировочную машину, чтобы удалить оболочки крахмальных гранул. Степень шлифовки зависит от категории напитка.



Рис. 5.5. Внешний вид шлифованного риса:

1 - Коричневый рис. 2 - Рис, очищенный на 40% (рис со степенью очистки сэймай буай, равной 60%). 3 - Рис, очищенный на 50% и использующийся для приготовления сакэ сорта гиндзё-сю. 4 - Рис, очищенный на 60% и использующийся для приготовления сакэ сорта дайгиндзё-сю.

Процесс должен быть непрерывным (при остановке шлифовальных валков температура зерна падает и они могут растрескаться).

Шлифованный рис нельзя сразу же использовать для производства сакэ, т.к. во время шлифования он нагревается, подсыхает, становится хрупким и имеет повышенную гидрофобность. Если в таком состоянии его погрузить в воду, он поглотит избыточное количество влаги и может треснуть. Поэтому шлифованный рис загружают в мешки и выдерживают 3 – 4 недели

при определенных окружающих условиях, пока рисовые зерна естественным путем не достигнут нужных температуры и влажности. Эту операцию называют кондиционированием риса.

Для оценки степени отшлифованности рисовых зерен применяется коэффициент шлифования риса, который отражает степень «обдирания» рисовых зерен и представляет собой отношение веса отшлифованных зерен к весу исходных, выраженное в процентах. Если, например, после шлифования 100 кг неочищенного риса получилось 70 кг шлифованного, то выход составит  $(70: 100) 100 = 70\%$ , т. е. чем больше срезается риса во время шлифования, тем меньше, естественно, его выход. Для кулинарного риса выход обычно равняется 92%, а для сакэйного – не более 75%, причем для элитных марок сакэ выход шлифованного риса не должен превышать 50%.

Большое внимание уделяется форме получаемого зерна, чтобы не допустить наличие остатков оболочек или зародыша. Идеальной считается круглая форма.

Внешний вид современной шлифовальной машины представлен на рис. 5.6. Ротор машины представляет собой вал 8 с абразивными кругами 2, расположенный в массивном чугунном корпусе 4. Вращение ротора обеспечивается от привода 6, включающего электродвигатель и ремённую передачу. Между абразивными кругами и корпусом установлен ситовой цилиндр 3. Процесс измельчения (снятия оболочки или шлифования) происходит в зазоре между ситовым цилиндром и абразивными кругами.

Образующаяся в результате шелушения мучка уносится в систему аспирации через патрубок 7, а продукты шелушения выводятся через патрубок 5.

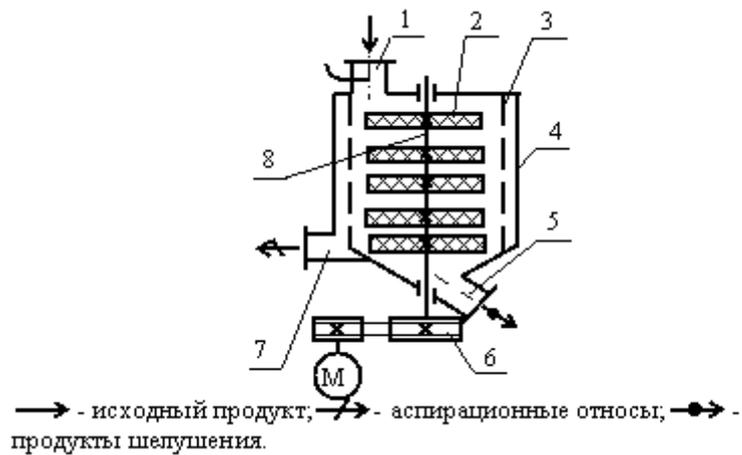


Рис. 5.6. Схема шелушильно – шлифовальной машины А1–ЗШН–3:

1 - приёмно-питающее устройство; 2 - абразивный круг; 3 - ситовой цилиндр; 4 - корпус; 5 - патрубок для вывода продуктов шелушения; 6 - привод; 7 - аспирационный патрубок; 8 - вал.

## 5.2. Промывка и замачивание риса

Для удаления пыли и других веществ, оставшихся на поверхности шлифованных зерен, проводят промывку холодной проточной водой. Во время промывки дополнительно теряется 1 – 2% веса зерна. Процедуру ведут, пока вода не станет прозрачной.

Затем для предварительного насыщения зерен риса водой его погружают в воду на несколько часов (замачивают). По достижении влажности примерно 25-30% масс. воду сливают и оставляют на некоторое время (от часа до суток) для удаления излишней влаги. Если влажность менее этих величин, разваривание будет недостаточным и центр эндосперма останется твердым и недоступным для проникновения гифов гриба. При перезамачивании разваренная масса станет мягкой и липкой и затруднит дальнейшее перемешивание, а также будет препятствовать поступлению кислорода к клеткам грибковой культуры.

Для ординарного сакэ время замачивания составляет около суток, а для элитного с большой долей отшлифованного зерна и его меньшим размером – несколько часов.



Рис. 5.7. Шлифованный рис промывают для удаления пыли и остатков оболочек, которые могут повлиять на качество напитка.



Рис. 5.8. Промытый рис замачивают на несколько часов до достижения влажности оптимальной для дальнейшего разваривания.



Рис. 5.9. Замочные чаны

### 5.3. Разваривание риса

С древних пор японцы разваривают рис не в воде, а на пару.<sup>26</sup> Основная цель данной процедуры, в процессе которой вес риса увеличивается на 8-12%:

- обеспечение доступа воды к гранулам крахмала;
- его растворение в воде, подготовка к осахариванию гидролазами коджи;
- пастеризация.

На водяной котел диаметром примерно 2 м устанавливали большую кадку, клепки которых укреплены канатами. В днище кадки по центру имелось отверстие для прохождения пара. Кадка накрывалась крышкой.

Замоченный и подсушенный рис засыпали в кадку. Водяной котел растапливали дровами, кипящий водяной пар, проходя через отверстие в днище кадки, разваривал рис. Этот принцип варки риса сохранился до настоящего времени практически в первозданном виде, как в промышленности, так и в бытовых условиях.



Рис. 5.10. Разваривание необходимо для растворения крахмала в воде, а также стерилизации зерна перед его использованием.

Разваренный рис выглядит полупрозрачным, но не белым, должен быть

---

<sup>26</sup> В ряде отечественных источников рис после его разваривания и, иногда, осахаривания гидролазами плесени ошибочно называют солодом. Солод - проросшее зерно семейства мятликовых, поскольку в технологии сакэ стадия проращивания не может быть осуществлена из-за удаления зародыша риса при шлифовке, в дальнейшем изложении мы будем придерживаться традиционной российской терминологии: "разваренный рис" или "разваренное зерно".

липким, но до состояния каши, быть рассыпчатым, а по твердости быть упругим как резина, когда его пробуют, надкусывая между передними зубами. Получению правильной консистенции уделяется большое внимание.

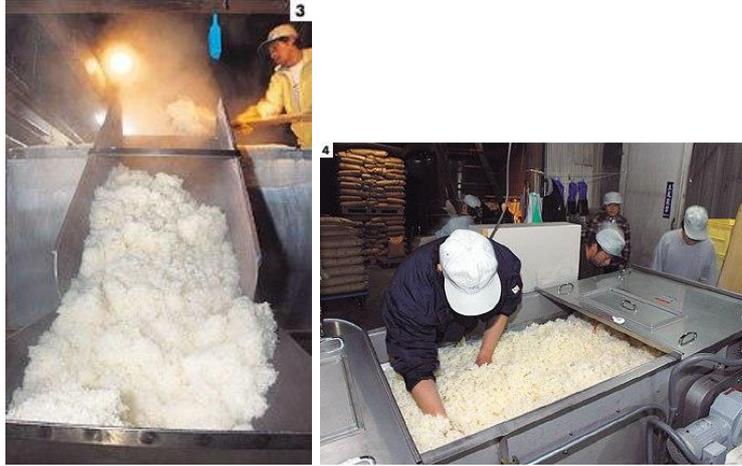


Рис. 5.11. Охлаждение риса

После завершения разваривания рис делится на три части: первая используется для приготовления коджи, вторая и третья после разбавления водой для дрожжевой закваски (мото) и основного сула (мороми). Чтобы избежать температурного шока при посеве, рис охлаждается либо в специальных контейнерах, либо на ленте загрузочного конвейера. Для коджи температура составляет 30-40°C.

#### **5.4. Получение плесневой закваски (коджи)**

Растворенный в воде крахмал недоступен для питания дрожжей из-за большой молекулярной массы и должен быть гидролизован до моно- или дисахаров, т.е. осахарен. В традиционной технологии пищевого этанола, используемой в странах Запада, для этого используют диастатические ферменты зернового солода. Технология сакэ предлагает для этого гидролитические ферменты, выделяемые в окружающую среду грибами рода *Aspergillus*.

Поэтому для осахаривания приготавливают закваску коджи, представляющую собой разваренный рис с проросшим грибным мицелием. Закваска имеет важное значение для правильного проведения дальнейших процедур и

используется по меньшей мере в 4-х точках техпроцесса. Коджи готовят в течение примерно 36-54 часов. В отличие от зернового солода, коджи никогда не высушивают, а используют немедленно во избежание зарастания посторонней микрофлорой. Непродолжительное время допускается сохранение коджи при температуре 5°C. Рис коджи, упакованный в вакуумную упаковку, может храниться в замороженном состоянии до полугода.

При выращивании на жидких средах на их поверхности образуется пленка мицелия, продуцирующего не только амилалитические ферменты, но и органические кислоты, инактивирующие их, поэтому для проращивания спор используется поверхностное культивирование плесени на твердом субстрате с развитой поверхностью, структура которого препятствует слеживанию (разваренном шлифованном рисе).

В цикле развития гриба можно выделить три периода:

1) в первые часы после посева конидии набухают и прорастают, среда при этом охлаждается и воздух в растительной камере необходимо подогреть, чтобы не затормозить развитие гриба;

2) в последующие часы гриб бурно развивается, выделяется тепло, образующееся при дыхании, температура в слое риса повышается до 38-45°C (в зависимости от высоты слоя), для понижения температуры и отвода углекислоты необходима подача кондиционированного воздуха;

3) по мере созревания процессы жизнедеятельности затухают, питательные вещества среды истощаются, гриб переходит в стадию конидиеобразования. К этому моменту достигается максимальное накопление ферментов. При увеличении времени выращивания происходит обильное плодоношение с одновременным повышением pH (подщелачиванием), что может быть причиной снижения активности ферментов.

В настоящее время коджи часто получают на автоматизированном оборудовании с компьютерным управлением, однако для элитного сакэ и некоторых марок ординарного солода по-прежнему изготавливают вручную в специальных деревянных ящиках - кюветах. Пористая структура дерева кювет спо-

способствует лучшей аэрации грядок и росту культуры, хотя иногда используют и алюминий, который легко дезинфицируется, но и требует более частого ворошения грядок.

Ящики размещают на столах или складывают на стеллажах внутри специально оборудованных растильных камерах (муро). Для промышленного выращивания используют специальные столы с механизированной загрузкой риса и его последующим ворошением.

Растильная камера для изготовления коджи оборудуется в виде комнаты, отделанной деревом (иногда нержавеющей сталью), оснащенной системой поддержания температуры и влажности.

Пропаренный рис, доставленный в камеру, раскладывают на столе слоем 10-15 см и выдерживают некоторое время для испарения влаги. На дно кювет обычно, но не всегда, подкладывают слой ткани для облегчения выгрузки готового коджи и предотвращения пересыхания.

В небольшое металлическое сито засыпают семенную или задаточную плесень: порошкообразные споры плесневых грибков, смешанных с древесной золой (около 0,5%). Посевной материал плесневых грибов приобретают в лабораториях чистых культур специализированных биохимических предприятий. Как и на другие виды грибных культур, добавка золы действует на плесень стимулирующим образом, позволяет улучшить равномерность посева и обеспечивает клетки минеральными источниками калия и фосфора.

Остывший до 30°C (в ряде источников 35°C) рис равномерно засевают задаточной плесенью с помощью сита и перемешивают. Посевная доза, в соответствии с рекомендациями поставщика посевного материала, составляет от 10 до 100 г на 100 кг полированного риса. После засева рис разравнивают в грядки и накрывают тканью для согрева культуры под действием тепла, выделяемого плесневыми грибами, и стимулирования размножения, а также предотвращения пересыхания. Затем рис с уже образовавшейся на нем плесенью коджи перекладывают в деревянные кюветы (коджи-бута).

Плесневые грибы относятся к строгим аэробам и для нормального ро-

ста необходим доступ кислорода, поэтому, как и при выработке зернового солода, слой риса необходимо периодически ворошить. Через 5-7 часов грядки разравнивают и формируют новые.

Культивирование плесневых грибов сопровождается выделением тепла и  $\text{CO}_2$ , которые могут затормозить рост плесени или привести к заражению анаэробными бактериями. Поэтому рисовые комки разминают руками. Для обеспечения равномерности прорастания из-за разницы температуры или влажности кюветы меняют местами друг с другом.

Иногда применяют ступенчатое изменение условий проращивания. В первой половине процесса температуру в камере поддерживают на уровне  $33^\circ\text{C}$ <sup>27</sup>, чтобы обеспечить хороший отвод тепла от активно размножающейся культуры гриба, влажность регулируют на уровне 60%, но не выше 90%. Во второй половине процесса, когда мицелий гриба уже «освоил» поверхность зерна, а активность роста замедлилась, температуру повышают до  $37^\circ\text{C}$ , а влажность, наоборот, снижают. Снижение влажности стимулирует прорастание гиф во внутрь зерна, где сохранилась влага.

Когда гифа плесневых грибов начинают проникать в сердцевину зерен, на их поверхности появляются белые оспинки, а зерно приобретает белый или слегка коричневатый цвет, а примерно после 15 часов - характерный запах, похожий на запах сыра, но не плесени. Это является свидетельством того, что крахмал риса под действием ферментов плесневых грибков осахаривается, а плесневые грибы находятся в стадии максимального спорообразования (зрелости).

---

<sup>27</sup> Оптимальная температура для выращивания штамм *Aspergillus oryzae*  $32^\circ\text{C}$ , ниже  $30^\circ\text{C}$ , коджи не растет, выше  $35^\circ\text{C}$  культура начинает угнетаться.



Рис. 5.12. Растильная камера для приготовления коджи



Рис. 5.13. Размещение разваренного рис на кюветах и растильных столах



Рис. 5.14. Внешний вид посевного материала коджи



Рис. 5.15. Смесь спор плесени с древесной золой высыпают на кюветы с разваренным рисом, охлажденным до 30°C и тщательно перемешивают.



Рис. 5.16. Выращивание кож на грядках и кюветах



Рис. 5.17. Дистанционный контроль температуры выращивания

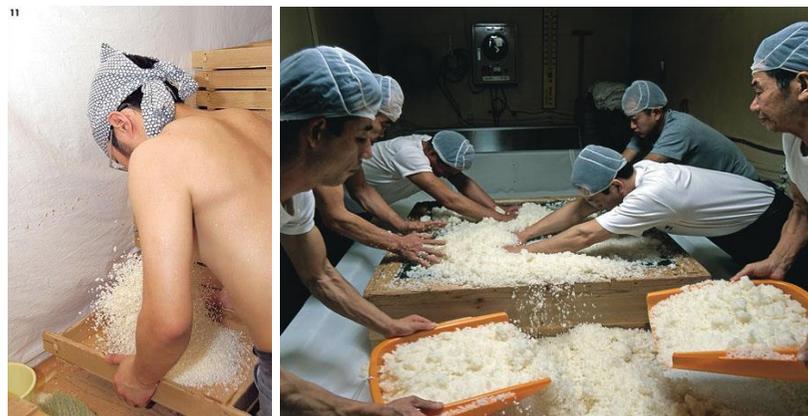


Рис. 5.18. Перемешивание коджи



Рис. 5.19. Готовый коджи



Рис. 5.20. Готовый рис коджи для домашнего виноделия

При этом происходит не только осахаривание крахмала до простых сахаров, но и рис приобретает характерный вкус и аромат, влияющие на характеристики будущего напитка. На более поздних стадиях заметен рост на рисе маленьких белых волосков. Если цвет выросших волосков не белый это свидетельствует о заращении риса другими видами плесневых грибов и такой коджи бракуется.

Готовый коджи начинает комковаться и даже становится сплошной массой, которую выгружают в тканевые мешки и используют для посева на последующих стадиях производства.

Впрочем, в магазинах Японии имеется и готовый рис коджи, расфасованный в вакуумную упаковку для домашнего виноделия.

### **5.5. Приготовление дрожжевой закваски (мото)**

Для сбраживания в этиловый спирт сахаров, образующихся в результате гидролиза крахмала ферментами плесневых грибов, необходимы дрожжи или дрожжевая закваска: Moto (元) или Shubo (酒母). Чистые культуры дрожжей поставляются из специализированных музейных лабораторий в ампулах и их количество недостаточно для посева аппаратов большого объема.

Поэтому главные задачи данной стадии:

- размножение дрожжей, которое наиболее активно проходит в условиях свободного доступа кислорода (аэробных), конечная концентрация дрожжей в моте должна быть не менее 100 млн. кл/мл;
- предотвратить возможные микробиологические инфекции, делающие закваску непригодной для дальнейшего использования;
- восстановить активность дрожжей (разбраживание), угнетенных предшествующим хранением в условиях лимитирования питания и неоптимальной температуры.



Рис. 5.21. Посевные дрожжи для дрожжевой закваски.



Рис. 5.22. Молочная кислота.



Рис. 5.23. Готовый набор для домашнего виноделия (около \$40 США)

В отличие от других распространенных видов микроорганизмов, и, в первую очередь, гнилостных бактерий, дрожжи без существенных проблем выдерживают снижение активной кислотности сусла до pH 3,8- 4,0, хотя эти

условия и менее благоприятны для размножения дрожжей, чем при рН 4,7-5,0. Поэтому подкисление сусла обеспечивает получение микробиологически достаточно чистой культуры. В технологии сакэ для подкисления дрожжевого материала (мото) используют молочную кислоту.

Другим способом угнетения роста посторонней микрофлоры является снижение температуры, затрудняющий рост термофилов, как это используется в технологии пива. Низкая температура и обусловленное этим длительное сбраживание способствует также выделению при брожении вкусоароматических веществ, определяющих характер будущего напитка.

В настоящее время используются два способа получения закваски:

- ускоренный, когда применяют готовую молочную кислоту промышленной выработки;
- традиционный, когда молочная кислота в закваске продуцируется молочнокислыми бактериями (*Lactobacillus sakei*), развивающиеся в мото вместе с дрожжами.

Исследованиями японского ученого Мидзогути Х. было установлено, что дрожжи, изготовленные с использованием ускоренного сквашивания, имеют более низкую устойчивость к повышенной спиртуозности среды. При крепости сусла 17-20% мембрана дрожжей повреждается и начинается их гибель с образованием автолизатов, ухудшающих вкус будущего напитка.

Причиной снижения устойчивости к спирту дрожжевых клеток явилась линолиевая кислота. В сусле мото содержится пальмитиновая и линолевая кислоты. Молочнокислые бактерии в процессе жизнедеятельности активно усваивают линолевую кислоту, и в закваске к началу размножения дрожжей остается в основном пальмитиновая кислота.

Однако, как уже говорилось ранее, использование молочнокислых бактерий иногда искажает процесс брожения и может привести к возникновению брака.

Традиционный способ получения мото (*Yama-Oroshi*) предусматривает на начальном этапе смешение в деревянной кадке заквасочного затора, со-

стоящий из коджи, воды и разваренного риса. Через некоторое время рис и коджи набухают. Затор периодически перемешивают деревянными "веслами", добиваясь растирания комков риса и коджи для лучшего осахаривания и аэрации суслу кислородом воздуха, необходимое для дальнейшего роста плесневых грибов и выделения ими ферментов. Способ в настоящее время не используется.



Рис. 5.24. Вид бродящего мото

В начале 1909 году в. мастер Kimoto изобрел безрастирочный способ приготовления закваски (Yama-Oroshi haishi moto или, если коротко - Yamahai moto). Затирают затор из пропаренного риса, коджи и воды, имеющий рН близкий к нейтральному - 6-7. В этом заторе молочнокислые бактерии, размножаясь, продуцируют молочную кислоту, что занимает от 10 дней до 2 недель. Чистые культуры бактерий не применяются, засев производится спонтанно, поскольку все предприятия сакэ через некоторое время становятся источником таких культур, несмотря на предпринимаемые меры гигиены.

В полученный обоими способами затор и вносят посевные дрожжи, происходит их рост в течение 1-2 недель. В результате получается закваска, богатая пептидами и аминокислотами (их концентрация в 2-3 раза выше, чем в ускоренной закваске), что делает сакэ насыщенным. При такой закваске интенсивность брожения к концу не снижается, что позволяет сбраживать все сахара практически полностью и получать популярное среди японцев сухое сакэ.

Ускоренный способ приготовления закваски (Sokujo Moto), с использованием товарной молочной кислоты, был обнародован в 1909 г. мастером Sokujo. Коджи заливают водой в открытом чане и тщательно перемешивают, стараясь добиться разбивания комков коджи, затем в полученную смесь добавляют готовую молочную кислоту, подкисляя среду до pH до 3,6-3,8 (общая титруемая кислотность по молочной кислоте кислотность 0,3-0,4%), и семенные дрожжи, тщательно перемешивая. Добавляют разваренный рис. Для изготовления ускоренной закваски требуется, в среднем, от 1 до 2 недель (традиционной - около месяца). На начальной стадии разбраживания температуру поддерживают на уровне 21°C, затем по мере развития культуры температуру снижают до 10°C. Смесь неоднократно перемешивают для активации дрожжей.

Следует отметить, что все три способа получения мото (месячный Yama-Oroshi, двухнедельный Yamahai moto и недельный Sokujo Moto), продолжают использоваться и выбор технологии определяется масштабами производства, стилем будущего напитка и предпочтениями мастера сакэ.

В процессе роста дрожжей поддерживают температуру около 10°C. Поскольку какие-либо теплообменные устройства в чанах отсутствуют, а в северных районах Японии возможны заморозки, то для подогрева затора, особенно на конечных стадиях брожения, когда тепла дрожжами выделяется мало, используют закрытые бочонки с водой, которые опускают в чан с бродящим мото и перемешивают.

### **5.6. Затирание основного сусла (мороми) и его сбраживание**

Смесь из коджи, разваренного риса и воды называется «основным затором» - мороми, а процесс смешивания его компонентов – «затиранием». К полученной дрожжевой закваске добавляют коджи, разваренный рис и воду.

Для сохранения необходимой для поддержания микробиологической чистоты бродящего затора концентрации клеток дрожжей, сбраживание производится в три стадии

Дополнения вносятся мороми в три этапа (процесс называется Sandan shikomi) на каждой из которой объем бродящего сусла увеличивается примерно в два раза.

При этом культура плесневых грибов не убивается, в отличие, например, от технологии пива, ферменты плесневых грибов продолжают осахаривание крахмала зерна, что сдерживает излишнее повышение концентрации сахара и облегчают жизнедеятельность дрожжей, которые способны выраживать более высокое содержание этанола. Периодическое разбавление бродящей массы также снижает спиртуозность затора до 4-5% об. и позволяет продолжить брожение.

На первой стадии (hatsuzoe) затирания в бродильном чану смешивают в заторном чане закваску и первую часть коджи, разваренного риса и воды (примерное соотношение 25 кг коджи, 100 кг риса и 160 л воды). Основная цель – разбраживание дрожжей закваски, поэтому температуру немного повышают до 12-13°C. Брожение длится около двух суток.

На второй стадии (nakazoe) в чан добавляют еще одну порцию коджи, риса и воды. Температуру затора понижают до 10° С, иногда 7-8°C. Брожение длится сутки.

На третьей стадии (tamezoe, 1 сутки) в мороми вносят оставшуюся часть солода, риса и воды. Температура аналогична второй стадии.

Через 4 дня готовый затор переходит в стадию главного брожения, характеризующейся активным выделением спирта, тепла и CO<sub>2</sub>. Происходит продуцирование аминокислот, пептидов, органических кислот и прочих вкусовых и ароматических веществ, которые и придают всей этой массе в заторном чане свойства сакэ. Коджи продолжает гидролизовать крахмал риса в глюкозу, которая под действием дрожжей сбраживается в спирт. Бражка приобретает сладкий фруктовый запах.



13



Рис. 5.25. Общий вид чанов для брожения



16



Рис. 5.26. Посев коджи в основное сусло



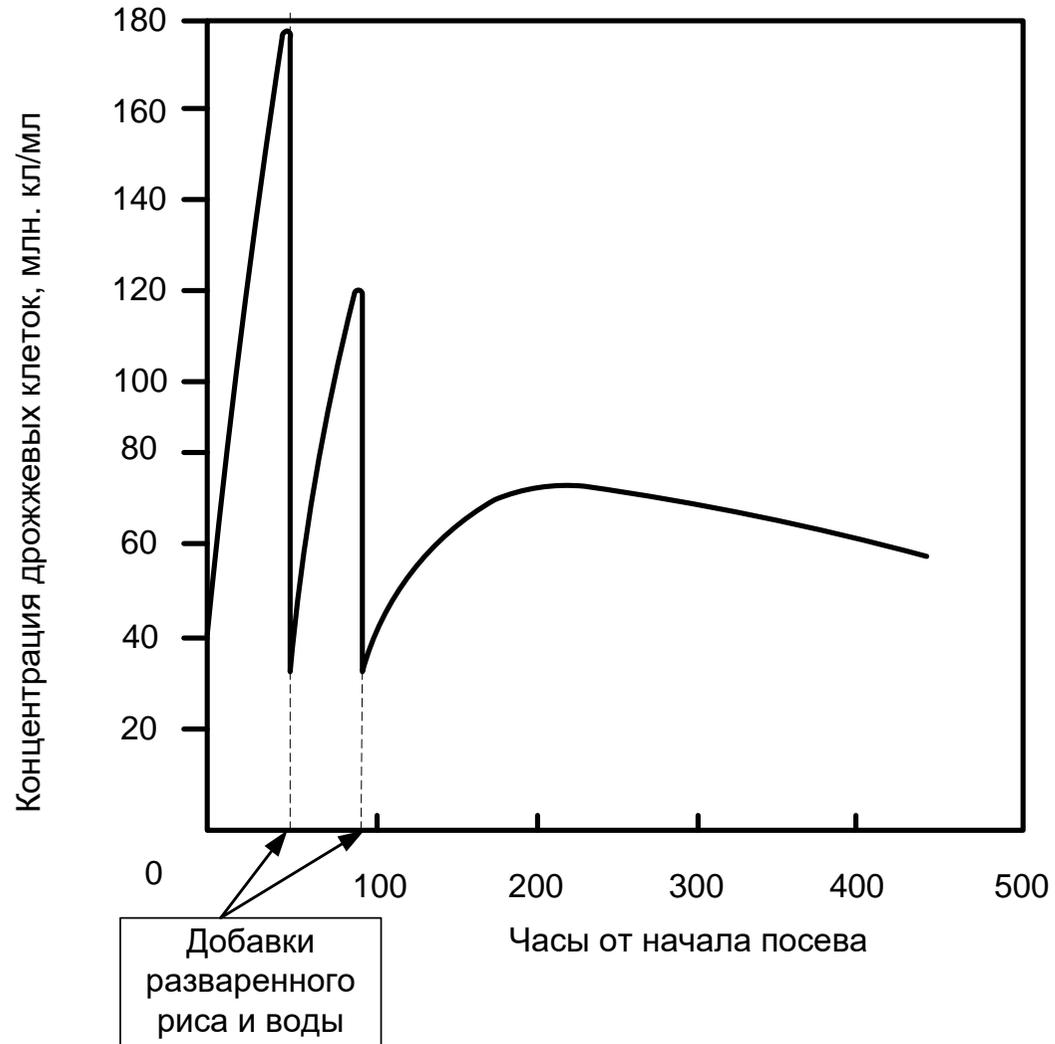


Рис. 5.28. Изменение концентрации дрожжевых клеток в процессе выращивания



Рис. 5.29. «Контроль» за процессом брожения

Затор постепенно нагревается, что ведет к повышению температуры до 15 – 17°C (обычно рекомендуемая температура брожения - не выше 15,5°C, но не ниже 7°C, для элитных сортов сакэ 10-5°C). Поскольку теплообменные устройства в чанах брожения отсутствуют, сбраживание сакэ производят преимущественно зимой, что совпадает с периодом сбора урожая риса.

Температура затора, а также характер пены на его поверхности, аромат, даже звуки лопающихся пузырьков пены опытному мастеру оценивать ход осахаривания и брожения и принимать решение о том, когда нужно прекращать процесс. Вместе с тем, ежедневно берутся пробы бродящего сусла, в фильтрате которых определяется содержание сухих веществ, титруемая кислотность, содержание аминокислот и спирта.

К концу брожения концентрация спирта в заторе составляет от 20 до 22% об. (как правило, 13-15% об., что зависит от степени шлифовки риса). Время брожения от окончания третьего этапа затирания до снятия сусла составляет для ординарного сакэ 15 – 20, а для элитного (из-за низких температур сбраживания) – 30-35 дней.

На заключительном этапе в зависимости от стиля напитка и его класса туда может быть добавлен дистиллированный алкоголь для доведения крепости до 20-22%. Добавка алкоголя позволяет зафиксировать вкус сакэ и окончательно прекратить развитие микроорганизмов.

Иногда добавляют также 7-8% разваренного риса, чтобы стимулировать гидролиз крахмала с образованием глюкозы, которая уже не потребляется дрожжами из-за их гибели или угнетения крепостью мороми, и призвана придать напитку, выброженному насухо, сладость. Иногда добавляют и чистую глюкозу для подслащивания. При недостаточной кислотности, также в зависимости от рецептуры, производят подкисление молочной, янтарной или глутаминовой кислотами.

Традиционные чаны для брожения представляют собой деревянные чаны, скрепленные веревками. Современное оборудование - это открытые (или закрываемые негерметичными крышками) емкости из эмалированной стали

или нержавеющей (реже из-за высокой цены), которые, помимо лучших гигиенических условий, позволяют снизить потери спирта от испарения через пористую древесину бочек (ок. 3%).

После внесения добавок мороми оставляют стоять в течение нескольких дней для отдыха и стабилизации состава, но не более 5-10 суток, т.к. по истечении этого срока качество может ухудшиться.

### **5.7. Прессование бражки**

Прессование представляет собой процесс разделения созревшей бражки на молодое сакэ и сброженные зерна риса.

Традиционная технология (Shizuku) предусматривала наполнение сброженной массой тканевых мешков, укладка их слоями в деревянном чану. На мешки укладывали груз, под действием которого из бражки выдавливалась жидкость, собирающаяся в нижней части чана.

Для элитного сакэ, максимально повторяющего традиционные технологии, бражку заливают в хлопчатобумажные мешки специального плотного плетения емкостью, как правило, 9 л. Мешки плотно укладывают в баке друг на друга в несколько рядов. Сакэ под собственным весом просачивается по каплям через мешковину и собирается в нижней части бака, где имеется сливной кран. Первые десятки литров этого довольно прозрачного сакэ заливают в бутылки емкостью 18 л, на которые ставят номер, соответствующий порядку отбора сакэ в ту или иную бутылку. Мешковина постепенно забивается частицами зерна и скорость отхождения бражки снижается и постепенно прекращается. Такой сакэ-самотек предназначен в основном для выставок и презентаций.

Затем начинают отбор коммерческого сакэ, прикладывая давление гидравлического пресса. Такое прессование занимает сутки.

Такой способ требует много времени и связан с потерями, поэтому в настоящее время ординарное сакэ прессуется в устройствах, похожих на пак-

прессы. Мороми укладывается в мешки нетолстым слоем, мешки складываются друг на друга. После отходи самотека, что улучшает дренаж, к пакету мешков прилагается усилие гидравлическим прессом.



Рис. 5.30. Отжатие сусла через тканевые пакеты гидравлическим прессом



Рис. 5.31. Фильтрация на фильтр-прессе.

Другим вариантом является использование фильтр-прессов непрерывного действия. Иногда фильтр-ткань заменяют тонкой сеткой, в этом случае разборки аппарата для замены отработанной фильтр-ткани не является необходимой (подобные машины называют Assaku-ki).

Многократные дегустационные конкурсы показывают более высокое качество традиционного способа (Shizuku), однако он неоправданно удорожает производство, что является неприемлемым для массового потребителя.

В процессе прессования образуется отжим сброженного риса, имеющий высокую кислотность. Зерно укладывается в кадушки, за лето медленно

перебраживает и превращается в мягкую гущу. Ее широко используют в домашнем хозяйстве для маринования огурцов и дынь.

Перегон сброженного зерна позволяет получить другой традиционный японский напиток - сёту, крепостью от 35 до 45% об. или используется для стабилизации состава мороми.

### **5.8. Отстаивание и фильтрация**

В свежепрессованном сакэ содержится довольно много неосажденных коллоидных частиц различного происхождения (белки, несахаренный крахмал и др.), которые отрицательно сказываются на прозрачности, аромате, вкусе и коллоидной стойкости сакэ. Поэтому молодое сакэ отстаивают 10 дней в баке. После укрупнения коллоидов и образования осадка осветленную часть медленно сливают через верхний кран. Для ускорения формирования осадка применяют коагулирующие агенты, например, бентонитовую глину.



Рис. 5.32. Пропущенная через фильтр-пресс жидкость для удаления нежелательных соединений фильтруется через угольный фильтр.

Снятое таким образом с осадка сакэ дополнительно осветляют фильтрованием через активированный уголь.

## 5.9. Пастеризация

Молодое сакэ еще содержит остатки дрожжевых клеток и ферменты плесневых грибов, которые могут отрицательно сказаться на коллоидной стойкости напитка и его вкусо-ароматические свойства при дальнейшем хранении. В фильтрованном напитке также содержится кислород, растворившийся при предшествующих манипуляциях, который может вступить в реакции окисления с химическими веществами напитка и вызвать их изменение. Низкая спиртуозность также не препятствует загрязнению напитка уксусно-кислыми бактериями. Поэтому молодое сакэ пастеризуют.

Сакэ нагревают до 60 – 65 °С (более высокие температуры могут испортить сакэ) и выдерживают его при этой температуре определенное время. На крупных предприятиях пастеризацию проводят непрерывным способом в теплообменнике труба в трубе. Как правило, пастеризацию проводят два раза: перед выдержкой и при розливе в бутылки.



Рис. 5.33. Напиток, разлитый в бутылки погружается в подогретую воду для пастеризации по меньшей мере два раза.

### 5.10. Созревание (выдержка)

Сакэ не стареет, как вино в течение многих лет, из-за своей нестойкости и реализуется, как правило, в течение года из-за быстрого окисления. Тем не менее, после пастеризации до розлива в бутылки и отправки потребителю напиток выдерживается в больших герметичных эмалированных резервуарах от трех месяцев до полгода. За это время окончательно формируется букет и округляется вкус сакэ, т. е. оно становится мягче. Кроме того, молодое сакэ иногда имеет специфический запах коджи (сырный), который по мере созревания ослабевает. Температура в хранилище не должна превышать 20°C (оптимально 13-18°C).

Периодически (раз в месяц) из резервуаров отбирают пробу для органолептического анализа и выявления пороков, которые можно исправить обработкой активным углем, оклейкой, подкислением, укреплением спиртом.

В традиционной технологии для созревания использовались бочки из криптомерии<sup>28</sup>, которая придавала напитку хвойные тона, которые, однако, с увеличением срока хранения начинают усиливаться и могут испортить напиток. В конечном итоге от бочек отказались в пользу металлических резервуаров, покрытых белой эмалью, которая оптически не искажает цвета сакэ.

Перед розливом сакэ проходит дополнительную фильтрацию для осветления и, отправляется на розлив.

---

<sup>28</sup> Криптомерия японская (лат. *Cryptomeria japonica*) - вечнозелёное дерево семейства Кипарисовые; единственный вид рода Криптомерия. Растение называют также японским кедром. Японское название - суги (яп. 杉), китайское - шань (кит. 杉).

### 5.11. Розлив

Процесс сбраживания сула связан с множеством случайных факторов, которые трудно предвидеть. Поэтому качество напитка в различных емкостях может существенно отличаться друг от друга и от внутреннего стиля фирмы-производителя. Чтобы этого не произошло, сакэделы вынуждены купажировать сакэ одной марки, но выдержанное в разных резервуарах. Купажирование сглаживает указанные неоднородности, стабилизируя вкусовые и ароматические особенности сакэ конкретной марки, к которым привык потребитель.

Купажированное сакэ имеет крепость около 20% об. и его разбавляют до традиционных 15% об. исправленной водой. После этого сакэ разливают и подвергают повторной пастеризации (или пастеризацию проводят в потоке перед розливом). Бутылки для розлива, как правило, используют оборотные (до 85%), что позволяет устранить опасность выщелачивания из нового стекла примесей, способных изменить вкус напитка или вызвать коллоидные помутнения.



Рис. 5.34. Для доведения крепости напитка до стандартной для данной марки его разбавляют исправленной водой.



Рис. 5.35. Ручное этикетирование

При хранении бутылированного сакэ особое внимание уделяют защите его от солнечного света, который может привести к порче напитка. Поэтому наиболее приемлемы бутылки из коричневого или зеленого стекла. Используют также бутылки из специального стекла, задерживающего ультрафиолет.

Открытую бутылку следует употребить в течение 2-3 дней при хранении в холодильнике, т.к. напиток подвержен быстрому окислению.

## Список использованной литературы

1. Citriglia M. Introduction to Sake. // <http://www.winegeeks.com>
2. D. Kawamura, et. al. Brewing properties of haploid sake yeasts tolerant to low temperature. // *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 1989. - V. 67.- I. - 4. - P. 312.
3. Dahabieh<sup>1</sup> M.S., Husnik J.I., Van Vuuren H.J.J. Functional enhancement of Sake yeast strains to minimize the production of ethyl carbamate in Sake wine. // *Journal of Applied Microbiology*, 2010. - V. 109. - I. 3. - P. 963–973.
4. Driessen, F. M. *Mixed Culture Fermentations*. - New York: - Academic, 1981.
5. Eijsink V.G., Brurberg M.B., Middelhoven P.H. and Nes I.F. Induction of bacteriocin production in *Lactobacillus sake* by a secreted peptide. // *J. Bacteriol.*, 1996. - V. 178. - No. 8. - P. 2232-2237.
6. Eckhardt F. *Sake (USA): The complete guide to American sake, sake breweries and homebrewed sake*. - N.-Y: Fred Eckhardt Communications, 1992. - P. 240.
7. Gauntner J. *The Sake Handbook*. - Boston: Tuttle Publishing, 2002. - 248 p.
8. Gomi K., Abe K. The Aspergilli: Genomics, Medical Applications. In: *Biotechnology, and Research Methods (Mycology)* Boca Raton, FL: CRC Press, 2007. Food products fermented by *Aspergillus oryzae*, pp. 427–437.
9. Harper P., Matsuzaki H. *The Book of Sake: A Connoisseurs Guide*. - Tokyo: Kodansha International, 2004. - 364 p.
10. Hata Y., Ishida H. Glucoamylase-encoding genes of *Aspergillus oryzae*- Monograph (in Japanese) // *Seibutsu-kogaku*, 2000. - V. 78. - P. 120–127.
11. Hesseltine C. W. Microbiology of oriental fermented food. // *All. Rev. Microbiol.*, 1983. - V. 37. - P. 575-601.
12. <http://alko-mir.ru>
13. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Саке>
14. <http://www.sake-world.com>

15. Iimura Y. Saccharomyces Sake. // Encyclopedia of Food Microbiology, 2004. - P. 1913-1918.
16. Masayuki M., Osamu Y., Katsuya G. Genomics of Aspergillus oryzae: Learning from the History of Koji Mold and Exploration of Its Future. // Oxford Journals Life Sciences DNA Research, 2008. - V. 15. - I. 4. - Pp. 173-183.
17. Murai T. Tane-Koji Konjaku Monogatari (in Japanese) // Shushi-Kenkyu, 1989. - V. 7. P. 39-44.
18. Murakami H. Koji-gaku (in Japanese) // Brewing Society of Japan., 1980.
19. Shimoi H., Kato T. QTL analysis of a sake yeast. // Journal of Biotechnology, 2008. - V. 136. - №10. - P. S746.
20. Tamanohikari J.-G. Good sake making starts with good rice growing. // Sake.com
21. Thammarongtham C., Turner G., Moir A.J., Tanticharoen M. and Cheevadhanarak S. A New Class of Glutaminase from Aspergillus oryzae. // J. Mol. Microbiol. Biotechnol, 2001. - №3. - P. 611-617.
22. Uno T., Itoh A., Miyamoto T., et. al. Ferulic Acid Production in the Brewing of Rice Wine (Sake) // J. of the Institute of brewing, 2009. - V. 115. - No 2. - P. 116-119.
23. Wakai Y., Yanagiuchi T., Kiyokawa Y. Properties of an isoamyl acetate hydrolytic enzyme from a sake yeast strain. // Journal of Fermentation and Bioengineering, 1990. - V. 69. - I. 4. - P. 268.
24. Wood B. J. B. Oriental Food Uses of Aspergillus. / In: Smith J.E., Pateman J.A. The British Mycological Symposium Series No 1. Genetics and Physiology of Aspergillus. - London: Academic Press, 1977. - P. 481-498.
25. Yuan K. Microbial biotechnology: principles and applications. - Singapore: World Scientific Pub. Co. Pte. Ltd., 2006. - 767 p.
26. Альшевский А. Книга о сакэ. // <http://readr.ru/aleksandr-alshevskiy-kniga-o-sake.html>
27. Биологическая энциклопедия. // <http://dic.academic.ru>
28. Климовский Д.Н., Розевич В.И. Характеристика амилолитических фер-

- ментов плесневых грибов. // Микробиология, 1950. - Т. XIX. - Вып. 1. - Стр. 60.
29. Материалы сайта <http://homebrewsake.com>.
30. Материалы сайта <http://www.taylor-madeak.org>
31. Мачинская А. Дао рисового зернышка. // <http://www.drinks.com.ua/>
32. Нгуен Лан Зунг. Jokichi Takamine, 26/09/2005. - <http://vietsciences.net>
33. Сайт компании «Золотой колос». Рис // <http://www.rusrice.com/crops>
34. Такэо К. Сакэ и японская культура. - <http://web-japan.org/nipponia/nipponia44/en/index.html>
35. Фениксова Р.В., Сегаль Р.Б. Применение *Aspergillus oryzae* для осахаривания крахмалистого сырья в спиртовом производстве. // Микробиология, 1941. - Т. X. - Вып. 7-8.
36. Хироми О. Идзакая // NIPPONIA, 2008. - №. 44.