БИОХИМИЧЕСКИЕИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРА

План

1. Производство сыров в мире и в России

2. Требования к качеству молока

3. Классификация сыров и их технологические особенности

4. Технологический процесс

## Производство сыров в мире и в России

Международная торговля сыром продолжает расширяться. Ее объемы оцениваются в 1,37 млн. т. по сравнению с 1,2млн. т.5 лет тому назад. Наиболее крупными импортерами остаются США, Япония и ЕС. К этой группе стран относятся также Россия, Мексика, Саудовская Аравия, Австралия, Южная Корея, Швейцария. С 1999 по 2003 г. импорт сыров вырос в 3,4 раза, в то время как отечественное производство - лишь в 1,9 раза. Лидерами среди поставщиков сыра в РФ являются: Украина, Германия, Беларусь, Финляндия, Литва и Голландия.

Экономическое восстановление в России тоже привело к значительному росту потребления сыра в последние 4 года. Ассортимент вырабатываемых сычужных сыров в России имеет около 50 наименований. Основу его, как и ранее, составляют так называемые мелкие полутвёрдые сыры - 70-75%. Меняется структура переработки молока. Его расход на выработку сыра в настоящее время находится на уровне 12  вместо 5-6  в 1990 г.

Экспорт отечественных сыров незначителен (в 2003 г. - 3500 т), продукция вывозится в основном в страны СНГ (Казахстан, Украина, Узбекистан) и ближнего зарубежья (Болгария, Монголия, Венгрия и др.)

Официальная статистика рассматривает два показателя отчётности по выпуску продукции отечественными производителями: сыры и творог, а также сыры жирные, включая брынзу.

В последние два года объёмы производства сыра и творога в России стали снижаться: в 2003 г. произведено продукции 98,96% к уровню 2002 г., в 2004 г. - лишь 89,73% к уровню 2003 г., выпуск составил 567 447 т. Доля Приволжского федерального округа, в который входит Пензенская область, в производстве сыра и творога составила 24%. Этот округ стоит на втором месте после Центрального федерального округа, доля которого в производстве сыра и творога - 42%.

## Требования к качеству молока

Сыропригодность молока характеризуется показателями химического состава, физико-химических, технологических и биологических свойств. Молоко должно отличаться высоким содержанием белка (более 3,2%), жира (более 3,6%), COMO (более 8,4%) и оптимальным соотношением между ними: между жиром и белком 1,25-1,1; между жиром и COMO 0,46-0,40; между белком и COMO 0,42-0,36. Под действием сычужного фермента оно должно давать плотный сгусток и быть благоприятной средой для развития молочнокислых бактерий.

Нельзя перерабатывать на сыр молоко плотностью ниже 1027 кг/м3, кислотностью выше 19-20 0T и ниже 16 0T (pH молока должен быть 6,58-6,7), анормальное молоко и молоко с содержанием соматических клеток более 500 тыс. в 1 мл.

Для сыроделия наиболее пригодно молоко с высоким содержанием в казеине фракций αs, κ и β (их сумма должна составлять не менее 91%) и низким содержанием γ-фракции, так как γ-фракция не свертывается сычужным ферментом и остается в сыворотке. Длительное хранение молока при низких температурах (4-50C) вызывает увеличение количества γ-ка-зеина и протеозо-пептонной фракции. Поэтому молоко после длительного хранения медленнее свертывается сычужным ферментом.

B образовании сычужного сгустка кроме казеина, по-видимому, принимают участие денатурированные сывороточные белки. Вокруг крупных частиц денатурированных сывороточных белков начинает образовываться пространственная сетка из мицелл казеина. Добавление к молоку сывороточных белков, выделенных из подсырной сыворотки, ускоряет процесс сычужного свертывания молока.

Дополнительное введение сывороточных белков усиливает микробиологические процессы и протеолиз при созревании - в сыре увеличивается количество водорастворимых белков, пепгидов и аминокислот, а степень усушки сыра снижается.

## Классификация сыров и их технологические особенности

По способу свертывания молока различают сыры сычужные и кисломолочные. Сычужные вырабатываются с помощью сычужного фермента, кисломолочные под действием молочной кислоты. Сыры сычужные делятся на твердые, полутвердые, мягкие, рассольные. По содержанию жира в сухом веществе различают сыры: 50%, 45%, 30%, 20%. В зависимости от массы головок их делят на две группы: крупные и мелкие.

По способу получения сыры делятся на три класса:

I класс - сычужные натуральные,

II класс - кисломолочные натуральные,

III класс - плавленные (переработанные)

Классы делятся на подклассы, типы и группы. I класс - сычужные натуральные сыры; подкласс - твердые сыры. Это наиболее обширная группа сыров. Для них характерна невысокая влажность 30-44% и плотная консистенция. Твердые сыры созревают 4-9 месяцев.

Твердые сыры включают в себя • сыры твердые, прессуемые с высокой температурой второго нагревания (58 - 68°С). К этой группе относятся сыры типа Швейцарского: Швейцарский, Алтайский, Советский, Московский, Карпатский, Украинский, Воронежский, Кубанский. Эти сыры рекомендуют к завтраку и обеду. Из импортных сыров к этой группе можно отнести сыры Эмменталь (Швейцария), Грюйер, Босфор, Альпийский (Австрия), Ярлсберг (Норвегия).

При нагревании параказеиновый сгусток уплотняется, теряет много влаги, сырное зерно в наибольшей степени обсушивается, вследствие чего снижается влажность сыров как после пресса, так и в зрелом состоянии. В сырах типа Швейцарского, кроме молочнокислого брожения происходит пропионовокислое брожение, в результате которого образуется пропионовая кислота, имеющая сладковатый вкус, и углекислый газ. Поэтому характерной особенностью этих сыров является сладковатый вкус и крупные глазки. Микробиологические процессы в сырах протекают замедленно, что в значительной степени определяет сроки их созревания (6 месяцев).

Терочные сыры вырабатываются по технологии первого типа, но с очень длительным созреванием (до 1 года), в результате чего приобретают сильно выраженные вкус и запах. Терочные сыры предназначены для районов с жарким климатом. Вкус и аромат: острые, сладковатые, пряные, Кавказского средней зрелости - слегка кисловатые. Консистенция очень плотная, трудно разрезаются, используются в тертом виде. Содержание жира - 45%, влаги - 30-38%, соли - 1-2%. К этой группе относятся: Горноалтайский, Кавказский средней зрелости и Кавказский высшей зрелости, Южный пармезан, Реджиана, Грано-педано (Италия), Сбринц (Швейцария), Пекорино. Сыры хорошо сохраняются при повышенных температурах; ни на поверхности сыров, ни во внутренних пустотах не наблюдается вытапливание жира.

Сыры твердые, прессуемые с низкой температурой второго нагревания (41-43°С) отличающиеся постановкой более крупного сырного зерна (5-8мм). Для сыров данной группы характерна небольшая масса - 5-6 кг, рисунок мелкий, консистенция пластичная, тесто слегка ломкое при изгибе, вкус и аромат: острые, слегка кисловатые, глазки 4-8 мм. К этой группе относятся сыры типа Голландского: Голландский (круглый, брусковый), Костромской, Степной (более острый и соленый), Ярославский, Угличский (отличается повышенным содержанием влаги 46-48% и своеобразным пустотным рисунком - глазки неправильной угловатой формы, форма бруска - прямоугольная массой 2-3 кг), а так же сыры с пониженным содержанием жира до 30% - Эстонский, Литовский, Прибалтийский, Минский, Пошехонский (в форме низкого цилиндра, вкус сырный, кисловатый), Степной, Днестровский, Станиславский. Из импортных к этой группе можно отнести сыры Эдам, Гауда (Нидерланды), Данбо (Дания), Финбо, Марибо, Виеркант, Картано, Люостари, Траппистский, Ока, Турунмаа (Финляндия), Моравский, Самсю, Комтэ, Мучетто. Эти сыры рекомендуют как приправу к овощным блюдам, к завтраку.

Сыры типа Голландского. У большинства этих сыров массовая доля жира составляет 45%, а влаги - 44%, соли - 1,5% -3,5%. В эту группу входят разнообразные сыры, близкие по органолептическим свойствам и технологии и различающиеся, в основном, формой головок, а в некоторых случаях и сроком созревания. Низкое второе нагревание (38-42°С) отражается на характере созревания и физико-химических свойствах сыра. Сыры вырабатывают из пастеризованного молока с использованием заквасок молочнокислых и ароматообразующих бактерий. Из-за низкого второго нагревания сырное зерно сильно не обсушивается, в нем остается много сыворотки, вследствие чего объем микрофлоры значительно больше, чем в сырах типа Швейцарского. Это обусловливает высокую скорость микробиологических процессов и срок созревания до 2 - 2,5 мес.

Голландским сырам свойствен кисловатый привкус из-за большего количества сыворотки, остающейся в них. Консистенция сыра нежная, эластичная. Рисунок состоит из глазков средней величины, правильной округлой формы. Как и у всех прессуемых сыров, формуемых из пласта, глазки сосредоточены в центре головки, под корочкой их нет. Высокое содержание ароматических веществ в зрелом сыре способствует отделению пищеварительных соков, поэтому сыр, помимо высокой усвояемости, обладает лечебными и диетическими свойствами.

Сыры твердые, прессуемые с низкой температурой второго нагревания (33-39°С) и высоким уровнем молочнокислого брожения. Чеддеризацию сырной массы (выдерживание до формования при температуре 30-32°С) проводят с целью повышения кислотности. Сырная масса становится мягкой, плавится при нагревании, сыры имеют выраженный кисловатый, слегка пряный вкус, тесто пластичное, слегка вязкое, несвязное и ломкое, рисунка нет. К этой группе относятся сыры типа Чеддера.

Чеддер занимает первое место в мировом производстве, форма - прямоугольный брусок массой 2,5-4 кг. В закваске используются Str. thermophilus, Str. Durans, Lactobacterium bulgaricus. К этой группе можно отнести сыры типа Чеддера: Чеддер, Сулугуни, Кашкавал, Чевил, Чешир, Честер, Колби, Ланкашир, Канталь, Данлоп, Дерби, Коэрфилли, Лестер (Великобритания), Проволоне, Злато, Оштепек, Пареница, Витоша. К данной группе относится и сыр Российский, при производстве которого используется повышенный уровень кисломолочного брожения. Сыр имеет хорошо выраженный сырный слегка кисловатые вкус и аромат, нежную пластичную консистенцию, характерный рисунок, состоящий из пустот неправильной, угловатой формы; корка покрыта парафином или полимерной пленкой. В закваске используются молочнокислые и ароматообразующие бактерии. Характерна низкотемпературная обработка сырного зерна и низкая температура созревания. Форма бруска - низкий цилиндр массой от 7 до 13 кг, может выпускаться бескорковым. К этой группе можно отнести сыры типа Российского: Российский, Свессия, Горный Алтай.

Подкласс полутвердые сыры - самопрессующиеся с низкой температурой второго нагревания и созревающие при участии сырной слизи. Эти сыры изготавливают по технологии твердых сыров, но с некоторыми изменениями, а созревают они по типу мягких сыров. Специфические вкус и аромат им придает сырная слизь, культивируемая на поверхности головок, при участии которой происходит созревание. Для этих сыров характерны слегка аммиачный вкус и аромат, нежная консистенция, пустотный рисунок. Содержание жира - 45% -55%, влаги - 46% -48%, соли - 2% -3,5%. Солят эти сыры натиранием сухой солью или в рассоле, по мере проникновения соли внутрь головок и повышения влажности создаются условия для развития сырной слизи. Она появляется на 7 день, постепенно образует сплошной липкий слой, под влиянием ее изменяется физическое состояние сырной массы, которая становится нежной, мягкой, созревание длится 2 месяца. Зрелый сыр имеет тонкую корочку, покрытую подсохшей сырной слизью, красновато-бурого цвета со светлыми пятнышками. Эти сыры не парафинируют, а обертывают пергаментом. К этой группе относят сыры типа Латвийского: Латвийский (имеет форму бруска с характерным пустотным рисунком - мелкие пустоты неправильной угловатой формы, разбросанные по всей головке сыра), Пикантный, Нямунас, Клайпедский, Каунасский. Из импортных сыров к этой группе относятся Тильзит (Германия), Брик (США), Рамбинас, Паюрис, Бакштейн, Ховати. Рекомендуют эти сыры к чаю, кофе, какао.

Мягкие сычужные сыры. Для них характерно повышенное содержание влаги, крупное сырное зерно, ускоренное созревание - 30-45 дней под воздействием не только молочнокислых бактерий, но и специальных плесеней и сырной слизи. Мягкие сыры изготавливают мелких размеров, не имеют рисунка, за исключением мелких пустот. Созревший сыр завертывают в подпергамент, а затем в фольгу, так как поверхность головок влажная. По характеру созревания сыры делятся на 5 групп:

• сыры, созревающие под действием молочнокислых и слизеобразующих бактерий. К этой группе относят сыры типа Дорогобужского: Дорогобужский - кубической формы, содержание жира - 45%, влаги - 50%, соли - 3,5%. Вкус острый, аммиачный, консистенция мягкая, слегка мажущаяся, цвет теста белый до слабо - желтого, в ядре - белый. Поверхность покрыта липким слоем красноватой слизи. Смоленский, Рамбинас, Медынский, Калининский, Ромадур, Реблошон, Маруай, Порсалю, Сенмор, Мюнстер, Лимбургский сыры сходны с Дорогобужским.

• сыры, созревающие под действием молочнокислых бактерий, слизеобразующих бактерий при участии плесени. Плесень выращивают на печеном хлебе, порошок плесени вносят в молоко после бактериальной закваски или в сырную массу при формовании сыра. При созревании через 7-10 дней сыр прокалывают иглами, чтобы обеспечить доступ воздуха для развития плесени. Вследствие накопления летучих кислот сыр приобретает своеобразный пикантный перечный вкус, специфический грибной аромат, консистенция нежная, маслянистая, слегка крошливая с наличием зеленых пятен и мраморности сырного теста. Сыр созревает 2-3 месяца. К этой группе относят сыры типа Рокфора: Рокфор, Голубой сыр, Стильтон, Горгонзола и сыры типа Закусочного: Закусочный, Русский камамбер.

• сыры без срока созревания, мягкие свежие сыры, являются разновидностью творога. К этой группе относят сыры типа Адыгейского: Адыгейский, Клинковый, Нарочь, Останкинский, Геленджикский.

Сычужно-рассольные. Характерной особенностью производства рассольных сыров является их созревание в рассоле (16-20%). Повышенное содержание соли вызывает появление своеобразного острого вкуса. Они не имеют корки. Технология большинства рассольных сыров сложилась издавна среди населения Кавказа, поэтому их часто называют Кавказскими. К этой группе относятся сыры типа Брынзы: Брынза обыкновенная, Столовый, Грузинский, Армянский, Лиманский, Болгарский, Тушинский, Осетинский, Карачаевский. Брынза - вырабатывается из коровьего, козьего и овечьего молока с внесением молочнокислой закваски и сычужного фермента, созревает 20-60 дней.

Кисло-молочные сыры. Основным отличием кисломолочных сыров от сычужных служит метод осаждения казеина, производимого молочной кислотой, которая вводится в молоко вместе с молочной сывороткой или образуется с помощью чистых культур заквасок. Эти сыры изготавливают в ограниченном количестве: Гарцский - вырабатывают из свежего творога, содержание влаги - 68-70%, сыр имеет характерную корочку из подсохшей слизи и аммиачный привкус. Зеленый терочный сыр вырабатывают из обезжиренного молока, имеет желтовато-зеленый цвет и яблочный запах, головки сушат, вырабатываются в виде головок и порошка, используют как острую ароматическую приправу к кулинарным изделиям. К этим сырам относятся Творожный, Гларнский, Ольмюцский, Конкуальский, Пултост.

В изготовлении переработанных сыров используют разнообразные виды сыров, творог, сметану, сухое молоко, сливочное масло. С сыров снимают парафин, моют, зачищают, измельчают, готовят смесь, которую выдерживают для созревания от 30 минут до 3 часов, плавят при температуре 60-85°С, в горячем жидком состоянии расфасовывают.

Плавленные сыры подразделяются на 6 видовых групп:

Ломтевые - имеют плотную структуру сырного теста, легко режутся на ломтики, не прилипая к ножу, вырабатываются с внесением до 60-70% одноименных натуральных сыров. К этой группе относятся сыры: Российский, Голландский, Городской, Орбита, Острый с перцем, К пиву.

Колбасные - с содержанием жира 30-40% вырабатывают по рецептуре Городского сыра, шприцуют в оболочки из пергамента или целлофана, подвергают копчению, охлаждают и парафинируют. К этой группе относятся: Колбасный копченый, Охотничий, Особый копченый сыры.

Сладкие - вырабатывают на основе творога с добавлением сливочного масла, сахара 18-40% и вкусовых наполнителей. К этой группе сыров относятся: Шоколадный, Сластена, Омичка, Сказка, С орехом.

Консервные (пастеризованные и сухие), предназначенные для длительного хранения. Вырабатывают при повышенной температуре, расфасовывают в металлические банки, герметично закатывают и пастеризуют. К этой группе относятся сыры: Стерилизованный, Пастеризованный, В порошке.

Пастообразные. Наиболее широкая и перспективная группа плавленных сыров, готовятся на основе крупных натуральных сыров типа Швейцарский. К ним относятся: Янтарь, Коралл, Дружба, Волна, Лето. Шоколадный, Фруктовый, Омичка, Кавказский.

Сыры к обеду. Предназначены для быстрого приготовления первых блюд и соусов растворением в горячей воде или молоке. К ним относятся: Сыр с грибами для супа, Сыр с луком для супа.

Большая часть вырабатываемых промышленностью сыров относится к сычужным, при изготовлении которых молоко свертывается под действием молочной кислоты.

Таким образом, сыры сычужные подразделяются на пять групп, из них четыре - сыры твердые, полутвердые, мягкие и рассольные - относят к натуральным, а пятую группу - сыры плавленые - к переработанным.

Твердые сыры вырабатывают с применением второго нагревания и принудительного прессования и группируют на сыры типа Швейцарского, сыры типа Голландского, сыры типа Чеддера, терочные сыры. Полутвердые сыры готовят по технологии твердых сыров, но с некоторыми изменениями, а созревают они по типу мягких. Сыр - наиболее требовательный к сырью продукт. Молоко, применяемое для выработки сыра, должно отвечать строго определенным требованиям, т.е. быть сыропригодным. Сыропригодность молока характеризуется показателями химического состава (должно иметь оптимальное содержание белков, жира, сухого обезжиренного остатка), содержанием витаминов, ферментов, пептидов, свободных аминокислот, микроэлементов).

Молоко, под действием сычужного фермента, должно образовывать плотный сгусток, хорошо отделяющий сыворотку, и быть благоприятной средой для развития молочнокислых бактерий, играющих главную роль при созревании сыров. Молодой несозревший сыр безвкусный и не ароматный, имеет плотную ремнистую консистенцию. Поэтому, после формования, прессования и посолки, сыр помещают в подвалы для созревания. Биохимические процессы, протекающие во время созревания сыра, приводят к значительным изменениям его основных составных частей. Многочисленные химические соединения, являющиеся продуктами распада белков, жира и молочного сахара, влияют на вкус и аромат сыра.

По действующей классификации, сыр "Пензенский Чеддер", производимый в условиях ОАО "Кристалл-1", относится к сырам твердым пресуемым с низкой температурой второго нагревания и чеддеризацией сырной массы и повышенным уровнем молочнокислого брожения.

## Технологический процесс

Технологическая схема.

*Коровье молоко*

*(*Окачествление, приёмка, нормализация)



Очистка (35 - 40оС)



Термизация (64 - 68оС)



Охлаждение (32 - 35оС)



Сквашивание и свёртывание (40 - 45 минут)



Нарезание и оформление зерна

(15 - 20 мин размером с горох 3 - 4 мм, 16 - 17оТ, PH 6,3 - 6,1)

Температура второго нагревания до 38 - 40оС, с 1С через 1 - 2 минуты.



Обработка (выпечка) зерна (38 - 40оС, 35 - 40 мин)

К концу обработки 18 - 30оС, PH 6,0 - 5,9.



Прессование (36 - 37оС, 10 - 15 мин)

t 35 - 36оС



Чеддеризация (30 - 60 мин, до PH 5,3 - 5,2)

Нарезание на бруски



Выпаривание, соление, формирование (72 - 78оС)



Обсушка сыра (10 - 12оС, до 80% влаги, 12 - 48 часов)



Установка в вакуум-пакеты, термоусадка



Созревание (10 - 12оС, 15 - 45 дней)



Хранение (2 - 4с, до 8 мес)



## Биохимические изменения составных частей молока при созревании сыра

Под созреванием сыра понимают глубокие изменения составных частей свежеприготовленной (безвкусной и резинистой) сырной массы, в результате которых она приобретает свойственные данному сыру консистенцию, рисунок, вкус и аромат. Все изменения составных частей сырной массы в этом процессе происходят под влиянием ферментов, среди которых особая роль принадлежит протеиназам. Белки под влиянием сычужного фермента и протеолитических ферментов бактерий и микроскопических грибов превращаются в разнообразные растворимые азотистые соединения, формирующие структуру, консистенцию, а также вкус и аромат сыра. Молочный сахар полностью сбраживается ферментами молочнокислых бактерий с образованием молочной кислоты и других продуктов. Жир и фосфолипиды расщепляются липазами с освобождением жирных кислот и т.д. Таким образом, в результате сложных микробиологических и биохимических процессов в сыре образуются продукты, обусловливающие его органолептические показатели.

Лактоза. Лактоза в процессе созревания сбраживается молочнокислыми бактериями и довольно быстро, через 7-10 дней, полностью исчезает независимо от вида сыра.

Титруемая кислотность всех видов сыров возрастает, как правило, быстро в первые часы и дни после выработки. B дальнейшем она повышается медленно и в конце созревания может понизиться вследствие накопления щелочных продуктов распада белков. Максимальная активная кислотность сыра наблюдается на 3-5-й день созревания, что совпадает с периодом интенсивного развития молочнокислых бактерий. Через 5-10 дней, когда молочный сахар почти полностью сбраживается, активная кислотность стабилизируется и, начиная с 15-дневного возраста сыра, происходит медленное повышение pH до конца созревания.

Белки. Биохимические изменения белковых веществ считаются основными в процессе созревания сыров. Под влиянием сычужного фермента и ферментов молочнокислых бактерий белки сырной массы распадаются с образованием многочисленных азотистых соединений.

Химозин сычужного фермента вызывает первичный распад as - и ß-казеина параказеинаткальцийфосфатного комплекса на фрагменты с большой молекулярной массой. При этом под действием сычужного фермента быстрее расщепляется αs-казеин, чем ß-казеин, так как первый содержит большее количество чувствительных к химозину связей. Вне - и внутриклеточные ферменты молочнокислых бактерий действуют в основном на продукты распада параказеина, но могут гидролизовать и сами фракции казеина. При совместном действии на белки сычужного фермента и бактериальных ферментов эффективность каждого из них усиливается. Однако ведущая роль в ферментативном распаде белков сырной массы принадлежит молочнокислым бактериям. Поэтому для ускорения созревания сыров необходимо использовать закваски, составленные из культур с повышенной протеолитической активностью.

Содержание растворимых азотистых соединений в мягких сырах выше, чем в твердых. Однако в мягких сырах среди продуктов распада белков преобладают пептиды, а в твердых - аминокислоты и аммиак. Следовательно, в твердых сырах, особенно в сырах с высокой температурой второго нагревания, происходит более глубокий распад белков.

При распаде белков в сырах накапливаются пептиды и свободные аминокислоты, существенно влияющие на вкус готового продукта. B первой половине созревания в сырах вследствие образования большого количества пептидов с различной молекулярной массой появляется горький привкус, затем по мере гидролиза пептидов он обычно исчезает. B некоторых случаях горький привкус может сохраниться до конца созревания.

Некоторые штаммы молочнокислых стрептококков способны расщеплять образующиеся горькие пептиды. B связи с этим различают "негорькие" и "горькие" штаммы молочнокислых бактерий. Следовательно, для борьбы с возникновением горечи в сырах следует включать в состав заквасок штаммы молочнокислых бактерий, которые сами не образуют горькие пептиды и обладают способностью гидролизовать последние при их накоплении в процессе созревания продукта.

Установлено, что в процессе созревания твердых и мягких сыров суммарное количество аминокислот непрерывно увеличивается. Вместе с тем по мере созревания сыров концентрация одних кислот возрастает, а концентрация других, достигнув максимума, снижается. Кроме того, в сырах часто отсутствуют аргинин, серин и метионин.

Метиональ, обладающий сильным сырным запахом, образуется в результате разложения аминокислоты метионина при участии дикарбонильных соединений, ацетальдегид - из пирувата, диацетил - из ацетальдегида и т.д. Амины кадаверин, путресцин и тирамин являются продуктами декарбоксилирования соответствующих аминокислот - лизина, орнитина и тирозина.

Молочный жир. Bo всех сырах происходит ферментативный гидролиз молочного жира. Основным источником липаз является микрофлора заквасок и поверхности сыра. Липолитические ферменты выделяют молочнокислые стрептококки и палочки, пропионовокислые бактерии, микроскопические грибы и бактерии сырной слизи. Степень распада жира в твердых и мягких сырах неодинакова. B мягких сырах гидролиз жира протекает более интенсивно, в твердых (за исключением швейцарского и советского сыров) - значительно слабее.

Bo всех сырах обнаружены свободные жирные кислоты - масляная, капроновая, каприловая, каприновая, валериановая. B твердых сырах их содержание незначительно. Многие из них обусловливают характерные острые вкус и запах мягких сыров. B мягких сырах, особенно в сырах, созревающих с участием микроскопических грибов, имеет место ферментативное окисление насыщенных жирных кислот. При этом образуются ме-тилкетоны (метиламилкетон, метилгептилкетон и др.), играющие большую роль в формировании вкуса этих сыров.

При созревании сыров происходит также ферментативный распад других липидных компонентов молока - фосфолипидов и стеридов. Фосфолипазная активность молочнокислых бактерий изучена еще мало и обычно не учитывается при составлении заквасок. Исследования, проведенные сотрудниками ВНИИМСа, показали, что культуры с высокой фосфолипазной активностью могут вызвать в твердых сырах посторонние привкусы.

## Формирование консистенции и рисунка сыра

Консистенция и рисунок сыра служат показателями, характеризующими правильность прохождения биохимических и микробиологических процессов при выработке сыра. Их формирование начинается во время обработки сгустка, формования, прессования и посолки, а завершается в процессе созревания сыра.

Консистенция сыра. Структура сыра после прессования сравнительно однородная, твердость сырного теста невысокая и почти одинаковая по всей массе.

Формирование структуры (консистенции) сыра происходит в три стадии. Ha первой стадии созревания сырная масса уплотняется и твердость сыра повышается. Это объясняется старением (сжатием) белкового геля и уменьшением в сыре количества влаги вследствие посолки и усушки сыра. При этом структурно-механические свойства сырной массы по слоям головки изменяются неодинаково - в периферийной части уплотнение и усушка идут в большей степени, чем в центральной. Ha второй стадии наряду с физическим процессом уплотнения геля происходит биохимический распад белков с разрушением структуры, причем последний процесс превалирует, поэтому плотность и твердость сырной массы понижаются. B конце созревания, на третьей стадии, оба процесса проходят с одинаковой интенсивностью. Таким образом, готовый сыр приобретает определенные реологические показатели - плотность и пластичность.

Консистенция сыра зависит от химического состава параказеинаткальцийфосфатного комплекса, содержания и состояния в сыре влаги, количества жира, а также других факторов. Главными из них являются содержание в ПККФК кальция и состояние влаги в сыре. Содержание кальция в ПККФК определяется уровнем накопления молочной кислоты, т. e. pH сыра.

При газообразовании в сыре образуются мелкие и крупные трещины.

При незначительном количестве молочной кислоты задерживается процесс отщепления кальция от ПККФК, в результате чего сырная масса сильно набухает. Получаемый сыр имеет резинистую, ремнистую консистенцию. Ремнистая консистенция особенно часто наблюдается при недостаточной кислотности в сырах низкой жирности. Следовательно, для получения сыра хорошего качества нежелательны как излишнее, так и недостаточное количество молочной кислоты. Активная кислотность, например, голландского сыра, по данным A.П. Белоусова, должна быть в пределах pH 5,3-5,9.

Рисунок сыра. Характер рисунка сыра определяется структурно-механическими свойствами сырной массы и интенсивностью накопления в ней газов. B процессе созревания сыра вследствие биохимических процессов происходит выделение газов: аммиака, водорода и углекислого газа. Кроме того, азот и кислород попадают в сырную массу из воздуха при формовании сыра. Частично газы выделяются наружу, а частично задерживаются в сырной массе, образуя глазки (в состав газовой смеси глазков входят в основном CÖ2, H2 и NН3.

Аммиак образуется при дезаминировании аминокислот. Часть его вступает в соединение с кислотами, часть накапливается в свободном состоянии и улетучивается, о чем свидетельствует запах аммиака в сырохранилищах. Водород выделяется в процессе маслянокислого брожения молочной кислоты, а также в результате жизнедеятельности бактерий группы кишечных палочек и другой посторонней микрофлоры. Он плохо растворяется в сырной массе, легко диффундирует через неплотные участки, поэтому сравнительно мало задерживается в сыре. Однако при энергичном маслянокислом брожении водорода образуется много, что может привести к получению неправильного рисунка и вспучиванию сыра.

B сырах с нормальным рисунком углекислый газ выделяется в значительно больших по сравнению с другими газами количествах (содержание CО2 составляет 60-80% количества всех газов. Он образуется при сбраживании молочного сахара, цитрата и лактатов ароматобразующими молочнокислыми стрептококками, пропионовокислыми, масляно-кислыми бактериями, бактериями группы кишечных палочек, а также при декарбоксилировании аминокислот и жирных кислот. Углекислый газ сравнительно хорошо поглощается сырной массой, однако при достижении предельной концентрации (37 - 41 мл на 100 г сыра) он начинает выделяться. Газ скапливается в пустотах сырной массы, постепенно расширяет их, превращая в глазки. При быстром выделении CO2 таких центров скопления газа будет очень много и глазки образуются мелкие и в большом количестве (голландский, костромской сыр). При медленном выделении CО2, например, в советском и швейцарском сырах, глазки образуются крупные и в незначительном количестве.

B мелких твердых и полутвердых сырах формирование рисунка происходит при развитии ароматобразующих стрептококков (Str. paracitrovorus, Str. diacetilactis). Как показывает опыт, сыр, выработанный на одной культуре Str. lactis, не имеет рисунка. B сырах с высокой температурой второго нагревания образование газов (глазков) обусловливают пропионовокислые бактерии, сбраживающие молочный сахар, молочную кислоту и ее соли.

Газообразование, вызванное бактериями группы кишечных палочек, характеризуется получением сетчатого или рваного рисунка. Бактерии данной группы сбраживают молочный сахар с образованием большого количества углекислого газа и водорода.

Маслянокислое брожение приводит к образованию крупных глазков неправильной формы или же пустот щелевидной формы. Маслянокислые бактерии сбраживают лактозу и лактаты с выделением углекислого газа и большого количества молекулярного водорода. Так, в советском сыре при прохождении маслянокислого брожения водород составляет большую часть газов, в то время как в сыре с хорошим рисунком при отсутствии маслянокислого брожения преобладает углекислый газ (см. табл.42, данные ВНИИМСа).