



**Валентин Николаевич Алексеев**

**Процесс созревания сыров  
и пути его ускорения**

1963г.

## **ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СЫРА В ПРОЦЕССЕ ЕГО СОЗРЕВАНИЯ**

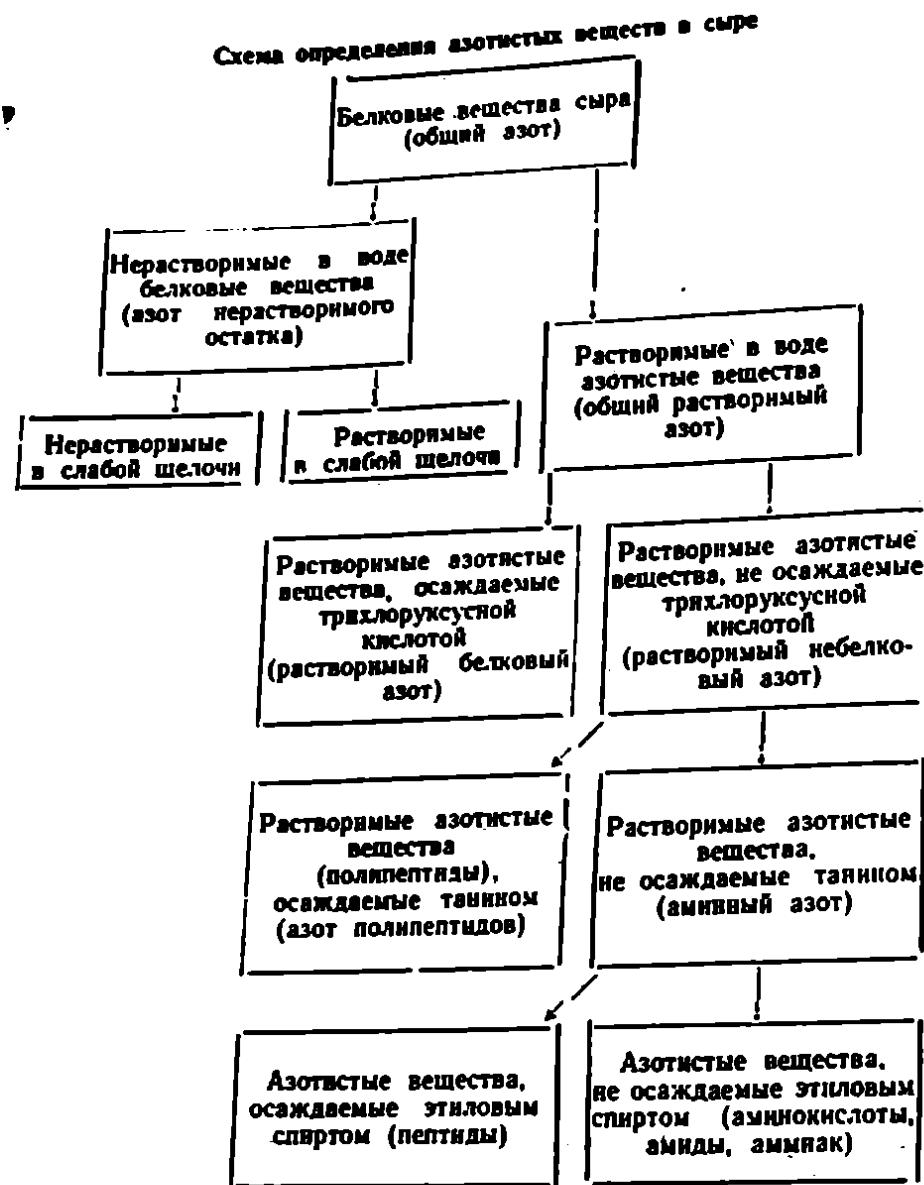
### **Расщепление белков и дальнейшее превращение продуктов протеолиза**

Расщепление белковых веществ (протеолиз) протекает под действием протеолитических ферментов. Распад белковой молекулы при этом осуществляется за счет разрыва в ней главным образом пептидных, а также дисульфидных, сложноэфирных и других связей. Возможны два пути расщепления белковой молекулы, первый — последовательное отщепление аминокислот до образования полипептидов с различным молекулярным весом, второй — расщепление белковой молекулы вначале на крупные части (протеозы и высокомолекулярные полипептиды), затем на более мелкие, и, наконец, на аминокислоты. При созревании сыра расщепление белковой молекулы происходит по первому и по второму пути одновременно. Это предположение подтверждается тем, что уже в самом начале созревания сыра отмечается увеличение содержания в нем промежуточных и конечных продуктов протеолиза.

Содержание в сыре белковых веществ и продуктов протеолиза устанавливается чаще всего на основании количественного определения содержащегося в них азота. Количество азотистых веществ обычно выражают процентным отношением содержащегося в них азота к общему содержанию азота в сыре.

В настоящее время существует несколько методик выделения азотистых веществ, содержащихся в сыре. Наиболее совершенной является принятая в ЦНИИМСе. Ниже приведена схема выделения азотистых веществ по этой методике. На этой же схеме приведены условные названия азота различных азотистых веществ, употребляемые для краткости при дальнейшем изложении.

Все содержащиеся в сыре азотистые вещества разделяются на две группы: растворимые и нерастворимые в воде. Не-



растворимые в воде азотистые вещества представляют собою параказени, не подверженный ферментативному расщеплению, а растворимые — продукты протеолиза.

При созревании твердых сырчужных сыров ферментативному расщеплению подвергается сравнительно небольшая часть содержащихся в них белковых веществ — примерно 20—25%. Образующиеся при этом растворимые азотистые вещества разделяются на белковые и небелковые. Растворимые белковые соединения представляют собой первичные продукты про-

теолиза — протеозы и высокомолекулярные полипептиды. Растворимые белковые азотосодержащие соединения состоят из низкомолекулярных полипептидов, пептидов, аминокислот, амидов и аммиака. При детальном исследовании состава сыров все эти соединения определяют отдельно, но чаще всего ограничиваются установлением их общего количества.

Содержание в сыре белковых азотистых веществ во многом определяет органолептические свойства готового продукта, особенно его вкус и запах, поэтому ускорение созревания сыров связано, прежде всего, с увеличением скорости накопления этих веществ в сыре.

В последнее время проведено много работ, посвященных определению зависимости вкуса и запаха продукта от накопления в сыре тех или иных белковых азотистых веществ. Установлено, что такая зависимость существует, но она сложна и часто противоречива.

Так, например, Сторгардс и Линдквист (1953) нашли, что каждый вид сыра характеризуется определенной динамикой накопления полипептидов во время созревания. В то же время эти же исследователи отмечают, что вкус и запах сыра зависит не только от содержания в нем полипептидов. Дьяченко (1949) обнаружил, что горький вкус сыра в ряде случаев объясняется присутствием в нем полипептидов, обладающих горьким вкусом. Анимла (1954) указывает, что полипептиды, придающие горький вкус сыру, содержат большое количество пролина, глутаминовой кислоты, аланина, валина, лейцина и изолейцина и небольшое количество других аминокислот. А Раадсвeld (1953) на основании полученных им данных утверждает, что вряд ли существует соответствие между степенью выраженности горького вкуса сыров и количеством выделенных из них горьких полипептидов. Он нашел, что горькие полипептиды в том же количестве содержатся и в сыре, не имеющем горького вкуса. Он делает заключение, что горькие полипептиды в сочетании с другими веществами обуславливают нормальный вкус сыра.

Веселова (1959) также отрицает зависимость горького вкуса сыра от содержания в нем горьких полипептидов.

Много работ посвящено изучению аминокислотного состава сыров. Основным направлением этих исследований было установление зависимости между аминокислотным составом сыров и его вкусовыми и ароматическими свойствами. Полученные при этом данные часто противоречивы. Так, например, Виртанен, Креула и Нурмикко (1951) установили, что характерный вкус и запах швейцарского сыра обусловливаются присутствием в нем пролина и оксипролина. Сторгардс и Хитранта (1951) указывают, что вкус и запах швейцарского сыра

Во многом зависят от содержания в нем глютаминовой кислоты. В более поздней работе Сторгардс и Линдквист (1953) сообщают, что вкус и запах швейцарского сыра обусловлен не только присутствием в нем пролина, оксипролина и глютаминовой кислоты, но и других аминокислот, имеющих сладкий вкус (аланин, треонин, глицин,  $\alpha$ -аминомасляная кислота).

Многие исследователи пытались получить типичные вкус и запах, свойственные данному виду сыра, путем добавления к свежей сырной массе смеси чистых аминокислот. Так, Харпер и Свансон (1951) сообщили, что после внесения в свежую сырную массу смеси из 9 аминокислот масса приобрела выраженный вкус и запах, присущий зрелым сырам. Бэкер и Нелсон (1949), добавляя к свежей сырной массе смесь из 19 аминокислот в различных комбинациях, не добились такого результата. Сильверман, Косиковский (1953), Клеменс (1954), Цолликофер и Шмид (1958) и др. отрицают зависимость вкуса и запаха сыра от их аминокислотного состава. Маббит и Зелинская (1958) установили, что аминокислоты в сыре чеддер образуют только так называемый вкусовой «фон», а специфичность вкуса и запаха этого сыра обусловливается продуктами гидролиза жира.

На образование вкуса и запаха сыров влияют не только свободные аминокислоты, но и продукты их дальнейшего превращения. Превращение аминокислот может осуществляться разнообразными путями: дезаминированием, декарбоксилированием, переаминированием и амидированием.

Дезаминирование аминокислот связано с отщеплением от них азота. Из одной и той же аминокислоты могут быть получены различные продукты. Так, при восстановительном дезаминировании получается жирная кислота, при окислительном — кетокислота, при гидролитическом — оксикислота и, наконец, при внутримолекулярном — ненасыщенная жирная кислота. При созревании сыра имеют место, видимо, все виды дезаминирования аминокислот. Превращения составных частей сырной массы идут преимущественно под действием бактериальных эндоферментов, а для них характерным является восстановительное и окислительное дезаминирование. Это свойство бактериальных эндоферментов установлено Кристофферсеном и Нелсоном (1955) на основании восстановительного дезаминирования серина, осуществляемого молочно-кислыми палочками. Доказана также способность большинства микроорганизмов к окислительному дезаминированию (Збарский и др., 1951). Следует отметить, что преобладание того или другого вида дезаминирования зависит от величины окислительно-восстановительного потенциала сырной массы.

Образующиеся в процессе дезаминирования аминокислот продукты подвергаются дальнейшим превращениям. В разнообразные реакции вступает и получающийся при дезаминировании аминокислот аммиак. Шормюллер (1953) указывает, что при участии аммиака в сырах из фумаровой кислоты может образовываться аспарагиновая аминокислота, а из  $\alpha$ -кетоглутаровой — глютаминовая. Аммиак может принимать участие и в реакциях амидирования (Збарский и др., 1951). Например, из глютаминовой и аспарагиновой аминокислот образуются соответственно глютамин и аспарагин. Коновалов (1949) установил, что аммиак усваивается микроорганизмами при конструктивном обмене веществ.

Наряду с реакциями дезаминирования при созревании сыра происходит и декарбоксилирование аминокислот. Этот процесс связан с отщеплением от них углекислого газа. При декарбоксилировании различных аминокислот получаются различные продукты. Так, например, при декарбоксилировании моноаминомонокарбоновых аминокислот образуются амины, дикарбоновых аминокислот — монокарбоновые аминокислоты, диаминомонокарбоновых аминокислот — диамины.

В сырах найден тирамин, являющийся продуктом декарбоксилирования тирозина. Установлено также, что тирозин-декарбоксилаза (фермент декарбоксилирующий тирозин) в Молоке почти не содержится и образуется в сыре молочнокислыми бактериями. При этом разные виды бактерий обладают различной способностью к образованию этого фермента. Кроме тирамина, в сырах обнаружен таурин (Хинц, 1956), являющийся предположительно продуктом декарбоксилирования цистeinовой кислоты, гистамин (Блокк, 1951), получающийся при декарбоксилировании гистидина и триптиамина (Сильверман и Косиковский, 1958), — продукт декарбоксилирования триптофана.

Присутствие диаминов в нормально зреющих сырах до сих пор является спорным. Диамины образуются при декарбоксилировании диаминомонокарбоновых аминокислот — лизина и аргинина. В сыре аргинин или не обнаруживается вообще, или содержится в очень незначительном количестве. Это обусловлено тем, что он под действием фермента аргиназы быстро превращается в диаминомонокарбоновую аминокислоту — орнитин. При декарбоксилировании лизина и орнитина образуются соответственно кадаверин и путресцин. Эти вещества выделяются при гниении белков и обладают сильно выраженным ядовитыми свойствами и неприятным запахом. Многие исследователи считают, что в нормально созревающих сырах не должно быть этих диаминов. Присутствие их свидетельствует о ненормальном процессе созревания.

Различными исследователями отмечено присутствие в сырах низкомолекулярных (муравьиной, уксусной, пропионовой, масляной, валерьяновой) и высокомолекулярных жирных кислот.

Муравьиной кислоты в сырах найдено незначительное количество — около 4—6% (Чеботарев, 1959), уксусной в крупных сырах — около 17%, в мелких — около 28% от общего количества летучих жирных кислот. О пороках вкуса и запаха сыров, обусловленных ненормальным содержанием этих кислот, в литературе указаний не встречается.

Муравьинная и уксусная кислоты обнаружены во всех видах сыров, а пропионовая кислота только в сырах с высокой температурой второго нагревания. Установлено, что пропионовая кислота является одним из основных веществ, определяющих типичный вкус и запах крупных сыров. С повышением ее содержания усиливается выраженность вкуса и запаха сыра. В нормально созревающих крупных сырах пропионовой кислоты содержится около 40—60% от общего количества летучих жирных кислот (Чеботарев, 1959). В сырах с низкой температурой второго нагревания пропионовой кислоты содержится мало.

Присутствие масляной кислоты обнаружено во всех сырах. Харпер и Лонг (1956) установили, что масляная кислота является одним из основных веществ, определяющих вкус сыров романо и проволоне (итальянские сыры). Чеботарев же указывает, что определенное количество масляной кислоты необходимо для образования типичного вкуса и запаха всех сыров. Однако при избытке масляной кислоты в сырах их вкус и запах становятся порочными. Нормальное содержание ее в крупных сырах не должно превышать 2—4% от общего количества летучих жирных кислот, а в мелких — их должно быть несколько меньше.

Высокомолекулярные жирные кислоты находятся во всех сырах в количестве, не превышающем 2—3% от общего содержания летучих жирных кислот. Они в отличие от низкомолекулярных жирных кислот почти не имеют вкуса и запаха, поэтому не оказывают влияния на вкус готового продукта.

Источником жирных кислот в сыре может быть не только жир. В результате сбраживания молочного сахара и лактатов определенными видами бактерий в сыре могут образовываться низкомолекулярные кислоты — уксусная, пропионовая, масляная и другие. Кроме того, низкомолекулярные жирные кислоты могут образовываться при дезаминировании аминокислот. Так что по содержанию в сыре летучих жирных кислот нельзя судить о степени разложения жира. В то же время присутствие в сырах высокомолекулярных жирных кислот свиде-

достаточное количество ароматообразующих стрептококков (Фостер и др., 1961). Последние рекомендуется культивировать при температуре около 22°С. Полезным оказывается и активизация закваски перед внесением в молоко. Развитию ароматообразующих бактерий в сыре способствует применение гидролизованной бактериальной закваски и использование при выработке сыра некоторых видов несбраживающих молочный сахар дрожжей.

## МИКРОБИОЛОГИЯ СЫРОВ

### Роль молочнокислых бактерий в превращении составных частей сыра

Производство сыра в основном микробиологический процесс. Многообразие изменений составных частей сырной массы в процессе ее выработки и созревания определяется в основном развивающейся в сыре микрофлорой, от состава которой и условий для ее жизнедеятельности зависит характер биохимических процессов, их скорость и направленность. Влияние микрофлоры на процесс созревания сыра не ограничивается только периодом ее жизнедеятельности. Выделяющиеся после автолиза бактериальных клеток эндоферменты являются основной «движущей силой» подавляющего большинства сложных превращений составных частей сырной массы. Особенности технологического процесса производства сыра обусловливаются созданием определенных условий для развития одних видов микроорганизмов и замедлением или подавлением развития других. Изменение хода технологического процесса производства сыра отражается, прежде всего, на развитии микрофлоры. Происходящее при этом изменение характера биохимических процессов является чаще всего следствием изменения микробиологических процессов.

### Динамика развития микрофлоры в сыре

В результате многочисленных исследований установлено, что динамика развития микрофлоры во всех сырах является принципиально общей — сначала, во время выработки, и в первые дни созревания сыров происходит интенсивное размножение микрофлоры, а затем постепенное вымирание. На протяжении процесса созревания сыра развиваются, главным образом, молочнокислые бактерии, при этом в первый период созревания — преимущественно молочнокислые стрептококки, а затем молочнокислые палочки. Такая динамика изменений микрофлоры имеет место в сырах из сырого и пастеризованного молока; в последних она менее выражена. Так,

менению своих физиологических и биохимических свойств в зависимости от условий культивирования и состава среды установлены и другими исследователями.

### Взаимное влияние различных представителей микрофлоры сыра

С. А. Королев установил, что развитие одних видов молочнокислых бактерий стимулируется присутствием других. Аналогичные данные получены Богдановым, Палладиной, Руновым и другими. Во всех этих работах указывается, что молочнокислые палочки, молочнокислые и ароматообразующие стрептококки способны к симбиозу при совместном развитии. При этом усиливается размножение бактерий, а также их биохимическая активность (особенно способность к кислотообразованию).

Сущность симбиотических отношений между микроорганизмами заключается в том, что при совместном культивировании они снабжают друг друга необходимыми для их жизнедеятельности веществами. Это было установлено рядом специальных исследований. Так, например, Нурмикко (1955) установил, что *Str. fecalis* не растет в среде, не содержащей фолиевой кислоты, а для развития *L. agabinosus* необходимо присутствие в среде фенилаланина. В то же время при совместном культивировании эти микроорганизмы развиваются в среде, не содержащей ни фолиевой кислоты, ни фенилаланина. В этом случае микроорганизмы снабжают друг друга необходимыми для их развития веществами. Аналогичные результаты получены в отношении *Leuconostoc mesenteroides* и *Str. lactis*. Для развития первого необходимо присутствие в среде пролина, а второго — фолиевой кислоты. Между тем, при совместном культивировании эти микроорганизмы развиваются в среде, не содержащей этих веществ.

Подобные исследования проведены Доктором и Кучем (1955). Они установили, что для развития *L. leichmanii* (*Bact. casei*) необходим витамин  $B_{12}$  и птероил-глутаминовая кислота (фолиевая кислота), а для роста *Leuconostoc citrovorum* (*Str. citrovorus*) необходим так называемый цитроворум-фактор. *L. leichmanii* способны продуцировать цитроворум-фактор, а *Leuconostoc citrovorum* продуцируют витамин  $B_{12}$  и фолиевую кислоту. В связи с этим указанные микроорганизмы при совместном развитии растут на среде, не содержащей ни одного из указанных веществ.

Иногда симбиоз микроорганизмов заключается в том, что микроорганизмы одного вида разлагают или усваивают вещества, задерживающие развитие другого. Примером такого

сymbioза являются взаимоотношения дрожжей с молочнокислыми бактериями и микрофлорой, развивающейся на поверхности мягких сыров.

Симбиотические отношения устанавливаются не только между полезными для сыророделия микроорганизмами, но и между вредными. Так, например, исследованиями Линда (1953) доказано, что развитие маслянокислых бактерий усиливается в присутствии газообразующих бактерий группы *Bact. coli*—*aërogenes*.

При развитии микрофлоры в сыре между отдельными ее представителями устанавливаются не только симбиотические, но и антагонистические отношения. Так, известно, что молочнокислые бактерии, вырабатывая молочную кислоту, угнетают развитие гнилостных, газообразующих и маслянокислых бактерий. В свою очередь, *BacL. coli*—*aërogenes* оказывает неблагоприятное влияние на развитие молочнокислых бактерий.

О влиянии газообразующих бактерий на развитие молочнокислых микроорганизмов высказываются совершенно противоположные мнения. Так, например, Галль (1958) указывает, что *BacL. coli*—*aërogenes* усиливает развитие молочнокислых стрептококков.

Антагонистические отношения могут возникать и между отдельными представителями молочнокислых бактерий. Это связано с тем, что некоторые штаммы молочнокислых бактерий способны продуцировать вещества, задерживающие развитие других молочнокислых бактерий. Так, среди *Str. lactis* довольно часто встречаются штаммы, продуцирующие низин, а среди *Str. cremoris* — диплококкин. Оба эти вещества имеют белковую природу, термоустойчивы и задерживают развитие не только молочнокислых бактерий, но и вредных для сыророделия микроорганизмов кишечной палочки и маслянокислых бактерий. В связи с этим в последнее время предприняты неоднократные попытки использовать то и другое вещество (или бактерии, их вырабатывающие) для борьбы с вредной для сыророделия микрофлорой. Но, как указывают Чизар и Пулей (1958), использование низинообразующих стрептококков может быть успешным только при производстве сыров с коротким сроком созревания. Применение этих микроорганизмов при производстве сыров с длительным сроком созревания, например швейцарского приводит к снижению качества готового продукта. Это обусловлено тем, что низин особенно сильно задерживает развитие молочнокислых палочек. Низинообразующие штаммы молочнокислых стрептококков могут найти широкое применение при производстве молочных продуктов, где нежелательно развитие любой микрофлоры, например при

производстве плавленых сыров. Последнее установлено специальными исследованиями ЦНИИМС (Крашенинник, Лебедева, Гибшман).

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС СОЗРЕВАНИЯ СЫРА

### Сычужный фермент

Производственный препарат сычужного фермента представляет собой смесь различных ферментов. В связи с этим термин «сычужный фермент» по отношению к этому препарату является не вполне правильным. Тем не менее, в настоящее время он общепринят.

Основное назначение препарата — образование сычужного отступка. Он принимает также определенное участие в процессе созревания сыра.

Бабкоуком и Русселеем установлено, что сырный фермент обладает протеолитической способностью. Ван-Дам показал, что при расщеплении белков сырным ферментом накапливаются их первичные продукты распада — альбумозы и пептоны. Продуктов глубокого распада белка — аминокислот и аммиака — при этом почти не образуется. Позднее это было подтверждено многими исследователями: Шошиным и Бабкиным, Иниховым, Бабелем и Амундштадом (1951). Последним установлено, что оптимум протеолитического действия сырного фермента находится при pH 4,9—5,5 и при температуре около 37°C. При температуре 8°C протеолитическая активность сырного фермента снижается в 2 раза по сравнению с максимальной (при 37°C). Трехпроцентная концентрация ловаренной соли не влияет на активность фермента, а 10%-ная снижает его протеолитическую активность почти на одну треть.

Помимо протеолитического действия, сырный фермент оказывает положительное влияние на развитие молочнокислых бактерий. Исследованиями Шошина, Бабкина и Скородумовой установлено, что количество молочнокислых бактерий в молоке в присутствии сырного фермента увеличивается почти в 3 раза по сравнению с молоком без сырного фермента. При этом вымирание молочнокислых бактерий в молоке с ферментом происходит гораздо медленнее, чем в продукте без фермента. Подтверждены данные, полученные Бартелем, о том, что при расщеплении белков сырный фермент и молочнокислые бактерии играют роль усиливающих друг друга факторов. При совместном действии сырного фермента и

молочнокислых бактерий общее количество продуктов протеолиза оказывается почти в два раза выше суммарного их количества, полученного при раздельном действии этих факторов.

Влияние повышенной дозы сычужного фермента на ускорение созревания сыра проверялось многими исследователями. Иниховым, Королевым и Скородумовой изучено влияние дополнительного добавления сычужного фермента в готовую сырную массу на ускорение созревания латвийского сыра (бакштейн). При этом установлено, что зрелость опытного сыра, определенная на основании наличия общего количества продуктов протеолиза, повышалась. Но качество продукта вследствие мажущейся консистенции и горького вкуса было очень низким.

Добавление в молоко перед свертыванием увеличенной дозы сычужного фермента уменьшает его влияние на процесс созревания сыра. Так, например, Ван-Слайк и Прайс указывают, что добавление в молоко удвоенной против нормальной дозы сычужного фермента приводит к очень незначительному увеличению количества первичных продуктов расщепления белка. При этом содержание аминокислот и аммиака в опытном сыре по сравнению с контрольным не увеличивалось. Разницы в органолептических свойствах опытного и контрольного сыра не установлено. Такие же результаты были получены в аналогичных опытах Сольберга (1953) и Бабеля (1953).

Чеботарев (1959) приводит результаты опытов по выработке голландского сыра с увеличенной и уменьшенной против нормальной в 2 раза дозой сычужного фермента. Изменение дозы сычужного фермента отражалось на скорости накопления в сыре растворимых белковых веществ. Скорость накопления небелковых азотистых веществ при этом совершенно не изменялась. Экспертиза сыров, проведенная в 3-месячном возрасте, не показала сколько-нибудь существенной разницы между опытными и контрольными сырами ни по вкусу и запаху, ни по консистенции. И, наконец, Стадхоудерс (1960) указывает, что увеличение дозы сычужного фермента в 4 раза по сравнению с нормальной приводит к повышению содержания в опытном сыре растворимых белковых веществ, но совершенно не отражается на содержании в сыре свободных аминокислот. К тому же опытный сыр имел горький вкус. О том, что увеличение дозы сычужного фермента может привести к образованию горького вкуса, сообщают также Бруно Ваушкун (1956) и Анимла (1954).

Таким образом, многочисленными исследованиями установлено, что повышение дозы сычужного фермента не оказывается на созревании сыров или же приводит к ухудшению качества продукта.

Слабый эффект добавления увеличенной дозы сычужного фермента в молоко объясняется тем, что в сыре остается только лишь незначительное его количество; основная часть сычужного фермента переходит в сыворотку и затем инактивируется в процессе второго нагревания. Так, исследование Монсеевой (1953) установлено, что при температуре второго нагревания 40°C в сырном зерне сохраняется в активном состоянии лишь 9,2% внесенного сычужного фермента. При повышении температуры второго нагревания до 55°C находящийся в свободном состоянии сычужный фермент инактивируется полностью.

Аналогичные результаты были получены Кузнецовой (1954), которая указывает, что при выработке сыра с низкой температурой второго нагревания 12,66% сычужного фермента инактивируется, 83,56% переходит в сыворотку и только 3,78% остается в сырном зерне.

[ На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что использовать повышенную дозу сычужного фермента для ускорения созревания сыров нецелесообразно.

Работы по дальнейшему изучению сычужного фермента очень важны для решения проблемы ускорения созревания сыров ввиду того, что производственный препарат сычужного фермента представляет собой смесь протеолитических и липолитических ферментов. Многие из них имеют большое значение для созревания сыра. Роль же самого сычужного фермента — химозина при производстве сыра ограничивается в основном свертыванием молока.

Химозин в последнее время выделен в кристаллическом виде и его свойства изучены многими исследователями. Так, Нитчманом и Варным (1952) установлено, что кристаллический сычужный фермент (химозин) обладает огромной свертывающей способностью и незначительной способностью к расщеплению белков. Мокуот, Алайс и др. подтвердили это. Они указывают, что кристаллический сычужный фермент способен образовывать продукты глубокого расщепления белка и что отщепление небелковых азотистых веществ от казеина под действием сычужного фермента, вероятно, является начальной стадией сычужного свертывания.

В превращении составных частей сырной массы во время ее созревания химозин принимает, видимо, очень незначительное участие. Свойства производственного препарата сычужного фермента обусловлены в большей степени не химозином, а другими ферментами, входящими в виде примесей в производственный препарат. Это подтверждено опытами Берриджа (1955), который вырабатывал сыр чеддер с применением кристаллического сычужного фермента. Он отметил, что исполь-

зование кристаллического сычужного фермента приводило к медленному развитию в сырье молочнокислого процесса, вследствие чего чеддеризация сырной массы была неудовлетворительной. Зрелый опытный сыр не приобрел типичного для него вкуса и запаха. В то же время использование при выработке сыра кристаллического сычужного фермента вместе с примесями, отделенными при его очистке, позволяло получить готовый продукт с характерными для него органолептическими свойствами. Аналогичные результаты получены Понгом и Харпером (1956) при выработке сыров проволоне и романо с препаратом сычужного фермента различной степени очистки. При этом они установили, что сыры, выработанные с применением более очищенного препарата, имели менее выраженный вкус и запах, чем с неочищенным. Авторы указывают, что особенно большое значение для созревания сыра имеют липолитические ферменты, входящие в виде примесей в производственный препарат сычужного фермента.

Можно считать установленным, что ферменты, входящие в комплекс производственного препарата сычужного фермента, имеют большое значение для созревания сыра. Задача исследователей заключается в том, чтобы выделить эти ферменты, уточнить их значение для процесса созревания сыра и внедрить их применение.

### Температура второго нагревания

Температура второго нагревания является одним из основных факторов, определяющих скорость обезвоживания сырного зерна при его обработке. Отмечено также (Климовский, Розанов, Гибшман, 1960), что температурные условия выработки продукта сказываются на дальнейшей потере влаги при посолке и созревании. С повышением температуры второго нагревания изменяется коллоидно-химическое состояние белка, в результате чего снижается его гидрофильность — способность удерживать влагу. В связи с этим усушка сыра во время посолки и созревания увеличивается.

Температурные условия выработки сыра оказывают, кроме того, большое влияние на объем и состав развивающейся в сыре микрофлоры. Установлено (Климовский, Розанов, Гибшман, 1960), что повышение температуры второго нагревания на 3°C (с 40 до 43°C) при выработке костромского сыра приводит к уменьшению объема микрофлоры в сыре после его прессования почти в 2 раза, а на 6° (с 40 до 46°C) — в 5 раз.

Изменение состава микрофлоры в зависимости от температуры второго нагревания и влажности сыра после пресса приведены в табл. 1. Состав исходной бактериальной закваски

был следующим, %: *Str. lactis* — 60, *Str. diacetilactis* — 39,5. *Str. paracitrovorus* — 0,5; молочнокислые палочки в бактериальной закваске полностью отсутствовали.

Таблица 1

Возраст сыра	Температура второго нагревания, °C		
	40 (влажность 44,7%)	43 (влажность 41,9%)	46 (влажность 38,8 %)
Молочнокислые палочки, % к общему объему микрофлоры			
После прессования . . . . .	Нет	0,7	16,6
30 суток . . . . .	3,5	20	52,5
75 суток . . . . .	60	55	72
Ароматообразующие стрептококки, % к общему объему микрофлоры			
После прессования . . . . .	42,5	48	12
30 суток . . . . .	42,0	45	9
75 суток . . . . .	8	5	3

Из приведенных данных видно, что при повышении температуры второго нагревания усиливается развитие молочнокислых палочек и замедляется развитие ароматообразующих стрептококков (последнее отмечается только при температуре второго нагревания 46°C).

Изменение характера развития микробиологических и биохимических процессов под влиянием температуры второго нагревания приводит в конечном счете к изменению органолептических показателей готового продукта. Так, например, с повышением температуры второго нагревания в сырах появляется прянный привкус, консистенция их становится более плотной, а рисунок менее развитым. Поэтому этот фактор не может быть использован для ускорения созревания сыра при условии сохранения его традиционных видовых особенностей.

К сказанному следует добавить, что и потенциальные возможности для ускорения созревания сыров, заложенные в этом факторе, очень невелики. Установлено (Климентьевский, Розанов, Гибшман, 1960), что снижение температуры второго нагревания ниже 40°C не сопровождается усилением развития микрофлоры в сыре и ускорением его созревания. Что же касается повышения температуры второго нагревания сверх 40°C, то это уже приводит к замедлению развития в сыре микробиологических и биохимических процессов, а следовательно и к замедлению созревания сыра.

Однако при выработке сыров ускоренного созревания этот фактор как вспомогательный все же используется. Назначение

шне его состоит, главным образом, в регулировании влажности сыра. Так, например, при выработке сыра пошехонского, для увеличения содержания в нем влаги, применяется пониженная до 39—40°C температура второго нагревания (Розанов, Алексеев, 1961). При выработке быстросозревающей сырной массы, наоборот, применяется повышенная до 46—48°C температура второго нагревания (Клиновский, 1955). Это необходимо для наиболее полного удаления из сырной массы молочного сахара, что достигается повышением ее обезвоживания. При упаковке сырной массы для созревания влажность ее повышается до 47—49% за счет добавления воды.

### Температура созревания

Для подавляющего большинства сыров температура созревания колеблется в пределах от 10 до 16°C. Такая температура не соответствует оптимальной для развития молочнокислых бактерий (особенно молочнокислых палочек) и действия бактериальных эндоферментов. Установлено, что с повышением температуры созревания сыров микробиологические и биохимические процессы в них активизируются.

Макарьян и Гибшман (1955) нашли, что с повышением температуры созревания голландского круглого сыра с 10—12 до 18—20°C количество общего растворимого азота в сырах увеличивается в 1,6 раза, а азота аминокислот — почти в 2 раза. По содержанию продуктов протеолиза сыры, созревающие при температуре 18—20°, уже в месячном возрасте не уступают сырам, созревающим при температуре 10—12°C в течение 2 мес.

Аналогичные данные получены Монсеевой (1953), Каруниной, Ван-Слайком, Прайсом и другими. Ван-Слайк и Прайс указывают, что при повышении температуры созревания от 0 до 21°C общее содержание растворимых в воде азотистых соединений повышается в среднем на 0,5% на каждый градус.

Активизация биохимических процессов при повышении температуры созревания обусловлена ускорением развития микробиологических процессов и созданием более оптимальных температурных условий для деятельности бактериальных эндоферментов. В работах, проведенных Амундштадом (1951) подтверждается, что при повышении температуры от 12 до 30°C активность бактериальных ферментов увеличивается в 2,5 раза.

Для формирования органолептических свойств готового продукта очень важно обеспечить определенную направленность микробиологических и биохимических процессов и получить в

результате этих процессов в сыре определяющее соотношение между образующимися веществами.

При повышенной температуре созревания изменяется не только состав микрофлоры, но и характер ее деятельности. Так, Бангом (1951) доказано, что при 15—20°C молочнокислые стрептококки осуществляют явно выраженное гетероферментативное молочнокислое брожение. При этой температуре сбраживание лактозы сопровождается образованием не только молочной кислоты, но и других побочных продуктов, имеющих большое значение в формировании органолептических свойств готового продукта, а при 30—37°C молочнокислые стрептококки ведут только гомоферментативное молочнокислое брожение, при котором молочный сахар целиком превращается в молочную кислоту.

Изменение направленности биохимических процессов сопровождается ухудшением органолептических свойств сыра. Это установлено многими исследователями — Ван-Слайком, Прайсом, Каруниной, Макарыным и Гибшман (1955), Кожевниковым (1955), Клеменсон (1954) и др.

Кроме того, Ван-Слайк и Прайс указывают, что при повышении температуры созревания с 13 до 26°C усушка сыра возрастает с 8,5 до 13,1%. Наряду с этим происходит сильное выделение из продукта жира, а также излишнее размягчение сырного теста, в связи с чем головки деформируются под влиянием собственного веса («расплющиваются»).

Некоторые авторы указывают, что для ускорения созревания сыров этот процесс надо проводить при повышенной температуре. Репина (1954), разрабатывая технологию производства быстросозревающей сырной массы для плавления, нашла, что оптимальная температура созревания этого продукта 30°C. В этих условиях процесс созревания ускоряется в 6—8 раз по сравнению с тем, который имеет место при 12—14°C. При температуре созревания 30°C продукт уже через 10 дней имеет выраженный вкус, запах и хорошую консистенцию и считается вполне зрелым. Однако Климовским установлено, что при производстве быстросозревающего сыра для плавления повышение температуры созревания выше 20°C приводит к ухудшению органолептических свойств готового продукта, главным образом, вкуса и запаха. Дальнейшими исследованиями (Шергин, Крашенинник, Лебедева и Гибшман, 1957), а также производственной практикой подтверждено, что продукт, созревающий при температуре не выше 16—18°C получается лучшего качества, чем при более высокой.

Таким образом, подавляющим большинством исследований установлено, что температуру выше 16—18°C нельзя применять для ускорения созревания сыров.

### Влажность сыра

Влажность сыра в значительной степени определяет его консистенцию. Для сыров голландской группы, например, установлено, что при содержании в них в конце созревания влаги 37—39% консистенция продукта бывает, как правило, удовлетворительной, при 40—41% — хорошей, а при 41—42% — отличной. При дальнейшем увеличении влажности более 43% консистенция сыров становится излишне мягкой, мажущейся. Указанная зависимость проявляется не всегда, так как, помимо влажности, консистенция сыра определяется еще рядом факторов — объемом протеолиза, уровнем активной кислотности, содержанием жира и т. д.

От содержания влаги в сыре зависит концентрация находящихся в сырной массе водорастворимых веществ, являющихся основной средой, в которой развиваются молочнокислые бактерии. От концентрации этих растворов зависит не только интенсивность, но и направленность микробиологических и биохимических процессов. Растворителем веществ служит не вся влага, находящаяся в сыре. Часть ее прочно связывается с составными частями сырной массы, в основном с белками. Это так называемая связанная или адсорбционная влага. В зависимости от химического состава сыра, его возраста и ряда других причин, количество связанной влаги в сыре может быть различным. Чеботарев (1959), например, указывает, что из 40 частей воды, обычно содержащихся в 100 частях сыра, не менее 25 частей приходится на долю связанной воды. Следовательно, количество свободной влаги в сыре, способной служить растворителем, сравнительно невелико и не достаточно для того, чтобы обеспечить максимальную скорость развития микробиологических и биохимических процессов. Из этого следует, что с повышением влажности сыра процесс его созревания должен ускоряться. Это предположение подтверждается результатами сравнения продолжительности созревания и влажности различных групп сыров. Так, например, содержание влаги в сырах в начале созревания составляет, %: в крупных 37—39, мелких 40—44 и в мягких 55—60. Продолжительность созревания их равна соответственно 4—6, 2—2,5 и 1—1,5 мес.

Из практики сырodelия также известно, что один и тот же вид сыра, но с меньшим содержанием влаги созревает гораздо медленней. Вкус и запах «сухого» сыра бывает слабовыраженным, а консистенция — грубой. Это подтверждено и специальными исследованиями Ван-Слайка и Прайса, Раадсвела и других. При этом установлено, что с повышением влажности сыров в них прежде всего увеличивается накопление

продуктов глубокого расщепления белка -- аминокислот и амиака.

И тем не менее повышение влажности сыров с целью ускорения их созревания может быть использовано в очень ограниченной степени. Это обусловлено рядом обстоятельств и прежде всего тем, что влажность сырной массы определяется количеством оставшейся в ней сыворотки, представляющей собой раствор различных веществ, в том числе и молочного сахара. Поэтому увеличение содержания влаги в сыре сопровождается увеличением в нем содержания молочного сахара, а, следовательно, и молочной кислоты. В результате увеличение влажности сыра всегда сопровождается повышением в нем уровня активной кислотности. А это, в свою очередь, является причиной, задерживающей развитие в сыре микробиологических и биохимических процессов. Таким образом, влияние влажности на процесс созревания сыра сложно и противоречиво.

Содержание влаги в сыре определяет не только интенсивность, но и направленность микробиологических и биохимических процессов, обуславливающих органолептические свойства готового продукта. Для получения сыра с типичными органолептическими свойствами необходимо обеспечить в нем определенное содержание влаги. Исследованиями, проведенными в ЦНИИМСе, установлено, что голландский круглый сыр после прессования должен иметь влажность в пределах 42—44, костромской — 41—43, степной — 40—42, пошехонский — 44—46% и т. д.

Неблагоприятное влияние повышенной влажности сыра, выражющееся в повышении его кислотности, можно до некоторой степени устранить внесением при обработке сырного зерна воды. Такой метод регулирования активной кислотности является малоэффективным и нежелательным.

Таким образом, выработка твердых сырчужных сыров с начальной влажностью выше определенного предела приводит к ряду нежелательных последствий.

На процесс созревания сыра влияет содержание влаги в нем не только после прессования, но и в последующие периоды.

Во время посолки и созревания сыра содержание влаги в нем обычно снижается от 4 до 6%. Уменьшение потерь влаги сыром при его созревании способствует более интенсивному развитию в нем биохимических процессов. Ван-Слайк и Прайс показали, что в сыре чеддер, запарифинированном сразу же после посолки, содержание свободных аминокислот выше, чем в непарифинированном (азот аминокислот составлял соответственно 12,59 и 9,79% по отношению к общему азоту).

Усушку сыра можно также уменьшить путем внесения масляных или синтетических покрытий на продукт, упаковки его в пластические пленки и т. д.

Неформованную сырную массу, созревающую в таре, можно вырабатывать с повышенным содержанием влаги, что достигается путем внесения в сыворотку воды при обработке сырного зерна. В этом случае увеличение влажности не сопровождается повышением уровня активной кислотности и способствует заметному ускорению созревания продукта. Шергинским (1955), установлено, что повышение влажности сырной массы на 5% (с 48 до 53%) путем внесения воды приводят к увеличению содержания небелкового азота в готовом продукте на 20% по сравнению с контрольным. Однако это не сопровождается улучшением вкуса и запаха продукта. Чеботаревым (1959) и Крашенинниковым, Лебедевой и Гибшман также установлено, что при излишнем добавлении воды в сырную массу вкус и запах ее, несмотря на более интенсивное развитие биохимических процессов, становятся менее выраженным.

Таким образом, и при производстве натуральных сырчужных сыров, и неформованной сырной массы повышать влажность можно в очень ограниченных пределах.

### Активная кислотность сыра

В первый период созревания сыра уровень активной кислотности определяется интенсивностью развития молочнокислого процесса и наличием в сыре молочного сахара. Большое значение при этом имеет и характер молочнокислого брожения, а именно соотношение между гомоферментативным и гетероферментативным брожением. Если молочнокислое брожение протекает в основном в гомоферментативной форме, то выход молочной кислоты будет больше, а, следовательно, и уровень активной кислотности в сыре будет выше. При выражении гетероферментативном брожении результат обратный.

Дальнейшее изменение уровня активной кислотности в сыре связано с развитием процессов, в результате которых в продукте происходит накопление менее кислых веществ и разложение молочной кислоты.

При производстве любого вида сыра в первый период его созревания активная кислотность быстро повышается, а затем медленно понижается. Для каждого вида сыров (или для отдельных групп) существует своя характерная кривая изменения активной кислотности в процессе их выработки и созревания.

Для развития микробиологических и биохимических процессов наибольшее значение имеет характер наименования ак-

тивной кислотности в начальный период его созревания. Многие исследователи отмечают влияние величины активной кислотности сыра после его прессования на качество готового продукта. Так, например, Белоусов (1950) считает, что для сыров голландской группы наиболее оптимальным является значение рН после их прессования 5,9—5,3. В этом случае зрелый сыр получается лучшего качества, чем при иной величине рН.

Для подавляющего большинства сыров рН после прессования находится в указанных оптимальных пределах. Однако в дальнейшем среди этих сыров оказываются как высококачественные, так и чрезвычайно низкокачественные. Следовательно, по этому показателю нельзя судить о том, каково будет качество готового продукта.

Более важным и определяющим последующее развитие микробиологических и биохимических процессов при созревании сыров является минимальное значение рН, устанавливющееся после сбраживания основной массы молочного сахара. Для сыров голландской группы этот момент наступает на 2—5 день после выработки, для крупных сыров — на 2—3 день. Минимальное значение рН (максимальный уровень активной кислотности) для отдельных видов сыра колеблется в очень ограниченных пределах. Для всех твердых сычужных сыров (за исключением чеддера) минимальное значение рН не выходит за пределы 5,0—5,3. Отклонение от этих величин приводит к получению сыра с теми или иными пороками.

По мнению многих исследователей, высокая активная кислотность сырной массы неблагоприятна как для развития микрофлоры, так и для действия бактериальных эндоферментов. Так, Чеботарев (1954, 1955, 1959) установил, что оптимум действия протеолитических ферментов находится при рН около 6. В автолизованной сырной массе при рН 6 накопление растворимого белка и продуктов его глубокого расщепления идет во много раз быстрее, чем при рН 5,5 и 5,0. Аналогичные данные получены многими исследователями.

Так, Виртанен доказал, что эндоферменты убитых толуолом бактериальных масс лучше расщепляют казеин при рН 5,7—6,0. При рН 5,2 скорость расщепления понижается до 50, а при рН 4,5 — до 10—15% от максимальной. При рН ниже 4 протеолитические бактериальные ферменты в течение короткого периода разрушаются полностью.

Яношек и Ундеррайн указывают, что оптимальный уровень активной кислотности для протеолиза белков под действием бактериальных ферментов находится при рН 6,3. Аналогичные данные получены Фридманом, Нелсоном и Вудом (1954) и рядом других исследователей.

Амундштад (1951), исследуя ферменты различных молочнокислых бактерий, установил, что оптимум действия протеолитических ферментов *Str. cremoris* находится при рН 6,3—6,5; *Str. lactis* — 6,0—6,8; *Betacoccus cremoris* — 6,6—7,5; *Str. diacetilactis* — 6,0—6,2 и *Sbm. casei* — при рН 6,0—6,5.

Данные этих исследований подтверждаются широкой практикой. Известно, что созревание твердых сычужных сыров, имеющих повышенную кислотность, идет очень медленно. Вкус и запах таких сыров кислый и слабовыраженный, а консистенция — плотная. При снижении минимального значения рН до 4,9—4,8 созревания фактически не происходит.

Исследованиями установлено, что молочнокислые бактерии вырабатывают целый комплекс протеолитических ферментов, отдельные представители которых для своего действия имеют различный оптимальный рН.

Петерсен, Джонсон и Прайс показали, что в процессе созревания сырной массы действуют, по крайней мере, две различные протеолитические системы. Оптимум действия одной из них находится при рН около 5. С возрастом сыра активность этой протеиназы не изменяется. Авторы делают предположение, что эта протеиназа является эндоферментом, выделяющимся в среду при автолизе бактериальных клеток. Вторая протеиназа имеет оптимум действия при рН 7—8. С возрастом сыра активность этой протеиназы уменьшается, в связи с чем авторы заключают, что она является экзоферментом, выделяемым микроорганизмами в прижизненный период.

Бранстер и Нелсон (1957) установили, что максимальная протеиназная активность (способность расщеплять белки), протеолитических ферментов *Bact. casei* находится при рН 5,5—6,0, а пептидазная (способность расщеплять ди- и трипептиды) — при рН 7—8. Эти данные в основном подтверждены Амундштадом, который сообщает, что оптимум образования протеолитическими ферментами *Bact. casei* общего растворимого азота находится при рН 6,0, а аминного — при рН 6,5.

Чеботарев (1959) нашел, что в автолизованной сырной массе при повышении рН с 5,0 до 6,0 количество растворимых белков увеличивалось в 50—60 раз, в то время как накопление аминного азота в этих же условиях ускорялось всего в 2—3 раза.

Таким образом, можно считать доказанным, что в созревании сырной массы принимают участие несколько бактериальных ферментативных систем с разным оптимумом действия. При этом для большинства протеолитических ферментов оптимум действия находится при рН более высоком, чем это

имеет место при созревании сырной массы. В связи с этим были предприняты неоднократные попытки ускорить созревание твердых сыров за счет повышения в них рН, однако, это не дало положительных результатов (Иннихов).

Метод регулирования активной кислотности нашел довольно широкое распространение при производстве быстро-созревающей сырной массы. Во всех вариантах технологии производства этого продукта, разработанных Климовским (1955), Репиной (1954) и Шергина (1955), в готовую сырную массу добавляют около 1% двухзамещенного фосфорно-кислого натрия, что способствует повышению pH сырной массы на 0,4—0,6, благоприятно отражается на развитии микробиологических и биохимических процессов и сокращает срок созревания сырной массы.

Динатрийфосфат обладает ярко выраженным пептизирующими свойствами. При внесении его в сырную массу изменяется коллоидное состояние белковых веществ, в результате чего они из нерасторимых превращаются в растворимые в воде, вследствие чего непосредственно после внесения динатрийфосфата содержание в сырной массе общего растворимого азота (по отношению к общему азоту) увеличивается до 60—70%. Увеличение количества растворимых белковых веществ в сырной массе благоприятно сказывается на развитии микрофлоры. Кроме того, как установлено Сокольской (1955), после добавления динатрийфосфата в среду (молоко) молочнокислые бактерии приобретают способность размножаться при более высокой концентрации поваренной соли. Это защитное действие динатрийфосфата имеет большое значение при производстве сырной массы, в которую поваренная соль добавляется сразу же после ее изготовления и равномерно распределяется в ней в течение короткого периода времени (через несколько часов).

Пептизирующая способность динатрийфосфата способствует ускорению протеолиза не в меньшей степени, чем понижение уровня активной кислотности.

Гибшман (1951) установила, что если определенное значение рН среды поддерживать за счет добавления в нее одно- и двухзамещенного фосфорнокислого натрия, то протеолиз в ней в том числе и накопление аминного азота идет в два раза быстрей, чем при использовании едкого натра.

В результате внесения динатрийфосфата в сырную массу изменяется не только скорость, но и направленность биохимических процессов, что приводит к изменению органолептических свойств готового продукта. Опытами Климовского (1954, 1955), Репиной (1954) и Шергина (1955) установлено, что добавление динатрийфосфата в сырную массу способствует

значительному улучшению ее консистенции, вкуса и запаха. Но это улучшение обусловлено не увеличением выраженностии сырного вкуса и запаха, а только лишь образованием сладковато-пряного привкуса. По вкусу и запаху сырная масса с динатрийфосфатом напоминает крупные сыры, но по богатству вкусового «букета» значительно уступает им.

Некоторыми исследователями предпринимались попытки использовать двухзамещенный фосфорокислый натрий при выработке натуральных сырчужных сыров. Но эти попытки не увенчались успехом.

Невозможность использования динатрийфосфата при выработке натуральных сырчужных сыров, объясняется следующими причинами.

При добавлении этой соли в молоко перед свертыванием его сырчужным ферментом снижается кислотность молока и повышается гидрофильность белковых веществ (их способность удерживать влагу). Первое приводит к увеличению продолжительности сырчужного свертывания молока, а второе — к удлинению продолжительности обработки сырного зерна. Так, Клиновский установил, что добавление к 100 л молока перед свертыванием 47 г динатрийфосфата (безводного) увеличивает продолжительность сырчужного свертывания в 1,5, а обработки сырного зерна — в 3 раза. При этом несмотря на длительную обработку сырного зерна, не удавалось обеспечить нормального его обезвоживания, вследствие чего опытный сыр имел повышенную влажность. Повышенная влажность опытного сыра способствовала увеличению в нем содержания молочного сахара и, в конечном счете, повышению уровня активной кислотности. Последнее компенсировало нейтрализующее действие динатрийфосфата и в результате уровень активной кислотности опытного и контрольного сыра почти не разился. В то же время специфическое действие соли сказалось на органолептических свойствах готового продукта. Опытный сыр имел излишне мягкую (мажущуюся) консистенцию (результат пептизирующего действия соли и повышенной влажности) и нетипичный, сладковато-пряный вкус и запах. Результаты работы подтверждают нечелесообразность применения динатрийфосфата при выработке натуральных сырчужных сыров.

Внесение этой соли в готовое зерно при выработке натуральных сырчужных сыров приводит к таким же нежелательным результатам, так как выделение влаги из зерна прекращается. Специфическое влияние динатрийфосфата на органолептические свойства готового продукта при этом проявится еще в большей степени в связи с большим содержанием в сырной массе этой соли.

Применение при выработке натурального сыра других веществ, снижающих его активную кислотность, также приводит к нежелательным последствиям, так как для получения натурального сыра с типичными для него видовыми особенностями необходимо, чтобы уровень активной кислотности при его созревании изменялся по характерной для него кривой. Значительное изменение уровня активной кислотности неизбежно приводит к получению нетипичного сыра. Об этом свидетельствуют данные целого ряда исследований.

Шормюллер (1953) объясняет это тем, что изменение pH среды приводит к увеличению активности одних ферментов и снижению других. В связи с этим нормальное соотношение между продуктами биохимических превращений составных частей сырной массы нарушается, что влечет за собой изменение органолептических свойств продукта. Кроме того, исследования Гале, а также Рамона, Рашу и Курильского (1955) показали, что при изменении реакции среды состав продуцируемых микроорганизмами ферментов меняется, что в свою очередь влияет на направленность биохимических процессов. Невозможность изменения активной кислотности сыра без нарушения его видовых особенностей подтвердили опыты Ланге (1954).

Единственным доступным в настоящее время способом регулирования активной кислотности натуральных сычужных сыров является снижение в них концентрации молочного сахара. Это достигается разбавлением сыворотки водой при обработке сырного зерна или добавлением воды в молоко перед его свертыванием сычужным ферментом. Однако такой способ регулирования активной кислотности сыра мало эффективен и по ряду причин нежелателен. Исследованиями, проведенными в ЦНИИМСе (1956), установлено, что добавление в сыворотку 10% воды от количества перерабатываемого молока приводит к снижению содержания молочного сахара в сыре после прессования примерно на 20%. Следует учесть, что к моменту окончания прессования сыра значительная часть молочного сахара уже сбраживается в молочную кислоту. Теоретический расчет показывает, что при содержании молочного сахара в молоке около 4,7—4,8% и влаги в костромском сыре в начале созревания около 41—43%, молочного сахара в нем после прессования должно быть около 2,3%. Фактически же его содержится не более 1,0—1,4%. Таким образом, уменьшение количества молочного сахара в сыре после прессования на 20%, принимая содержание его в контрольном образце за 100%, не сопровождается соответствующим снижением уровня активной кислотности (рН сыра при этом повышается только на 0,05—0,06). Такое незначительное изменение уровня ак-

тивной кислотности сыра не может привести к сколько-нибудь заметному ускорению его созревания. В опытном сыре количество общего растворимого азота увеличивается только на 14%, а количество белкового азота — на 6% по сравнению с контрольным сыром, где содержание этих форм азота принято за 100%. Вкус же и запах продукта не становятся более выраженным. Наоборот, уменьшение в сыре молочного сахара, являющегося источником образования вкусовых и ароматических веществ, приводит к снижению «остроты» вкуса и запаха готового продукта.

В связи с этим разбавление сыворотки водой в процессе выработки не может быть рекомендовано для всех видов сыра. Этот прием используют только в крайнем случае для предотвращения образования в сыре излишне кислого вкуса. Количество добавленной воды не должно превышать 10—15%, в противном случае вкус и запах сыра будут «пустыми», а излишнее снижение кислотности сыра, кроме того, может привести к развитию в нем посторонней микрофлоры.

Разбавление сыворотки водой или добавление воды в молоко перед свертыванием осуществляется при выработке отдельных видов сыра с сокращенными сроками созревания (пюшонский, датский — филбо и гауда) с целью снижения в них уровня активной кислотности до нормы, установленной для натуральных сырчужных сыров. Некоторое сокращение срока созревания этих сыров достигается, главным образом, за счет их повышенной влажности. К тому же эти сыры не должны иметь острого выраженного вкуса и запаха. Этот прием следует считать вспомогательным, способствующим некоторому сокращению срока их созревания. Поэтому имеющиеся в литературе данные (Лодин, 1955) об ускорении созревания сыров за счет одного этого фактора, следует считать недостаточно обоснованными.

Подводя итог исследованиям по выяснению влияния активной кислотности на процесс созревания сыров, следует сделать следующие выводы.

Уровень активной кислотности, устанавливающийся на отдельных стадиях производства натурального сырчужного сыра, не является оптимальным для действия большинства бактериальных ферментов, особенно протеолитических. В то же время при таком уровне активной кислотности создаются условия, обеспечивающие накопление в сыре вкусовых и ароматических веществ, в том соотношении, которое требуется для получения готового продукта с типичными для него органолептическими свойствами.

Использование при производстве натурального сыра солей, снижающих активную кислотность сырной массы, приводит к

нарушению нормального хода технологического процесса выработки сыра и изменению характера биохимических процессов при его созревании. В результате этого изменяются органолептические свойства готового продукта и снижается его качество. Соли-нейтрализаторы можно использовать только при производстве неформованной сырной массы, являющейся сырьем для плавленого сыра.

Разбавление сыворотки водой для снижения концентрации молочного сахара в сыре мало влияет на его активную кислотность и на процесс созревания сыра. В то же время снижение содержания молочного сахара в сырной массе приводит к уменьшению выраженности типичного вкуса и запаха готового продукта. Этот прием находит применение только при выработке сыров с повышенной влажностью и используется для предотвращения образования кислого вкуса.

В настоящее время не найдено способа регулирования активной кислотности сыра, который способствовал бы заметному ускорению его созревания и не приводил бы к снижению качества готового продукта.

### Окислительно-восстановительный потенциал

Окислительно-восстановительный потенциал среды зависит не только от концентрации в ней окислителей и восстановителей, но и от концентрации водородных ионов, т. е. pH. Поэтому определение Eh сопровождается определением pH. В связи с этим окислительно-восстановительный потенциал среды удобней выражать величиной pH<sub>2</sub>, являющейся производной от первых двух — Eh и pH.

Зависимость между ними выражается следующей формулой:

$$\text{pH}_2 = -\frac{\text{Eh}}{0,029} + 2\text{pH}$$

Окислительно-восстановительный потенциал Eh среды оказывает большое влияние на развитие в нем микробиологических и биохимических процессов. Работникова (1957) указывает, что из факторов, определяющих развитие микроорганизмов, эта величина наиболее важна.

От окислительно-восстановительного потенциала среды зависит не только размножение микроорганизмов, но и продуцирование ими тех или иных ферментов, активность и направленность действия последних. В свою очередь, микроорганизмы, развиваясь, оказывают определенное влияние на величину окислительно-восстановительного потенциала среды. Таким образом, между окислительно-восстановительным потен-

циалом и жизнедеятельностью микроорганизмов существует взаимообусловленная зависимость.

Многочисленными исследованиями установлено, что разные виды микроорганизмов требуют различного окислительно-восстановительного потенциала среды. Аэробные микроорганизмы развиваются при высоком окислительно-восстановительном потенциале — выше  $\text{rH}_2$  12—18, который создается за счет кислорода воздуха.

Энергетический обмен веществ в них заключается в простом окислении веществ субстрата или в десмолитическом их расщеплении с одновременным окислением продуктов десмолиза кислородом воздуха (Работникова, 1957).

Анаэробные микроорганизмы активно осуществляют свои жизненные функции только при низком окислительно-восстановительном потенциале среды — при  $\text{rH}_2$  в пределах от 0 до 12—18. Поэтому указанные микроорганизмы развиваются только в том случае, когда в среде отсутствует кислород.

Энергетический обмен веществ анаэробных микроорганизмов представляет собой десмолитическое расщепление веществ субстрата, при котором одна часть расщепленного вещества окисляется за счет восстановления другой. Таким образом, при анаэробном брожении происходит сопряженный окислительно-восстановительный процесс.

Факультативные анаэробные микроорганизмы могут развиваться как при высоком, так и при низком значении окислительно-восстановительного потенциала среды, т. е. как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Некоторые из них при изменении окислительно-восстановительного потенциала среды резко меняют свои функции, другие же безразличны к этому. Так, например, дрожжи в аэробных условиях ведут окислительный десмолиз и активно размножаются. В анаэробных условиях они осуществляют спиртовое брожение, являющееся сопряженным окислительно-восстановительным процессом; размножение дрожжей при этом резко сокращается или прекращается.

Другие представители факультативных анаэробов — молочнокислые бактерии — почти безразличны к окислительно-восстановительным условиям среды. Считается, что кислород для молочнокислых бактерий является инертным газом.

Однако в литературе имеются данные, опровергающие это утверждение. При исследованиях, проведенных с целью выявления влияния окислительно-восстановительного потенциала на развитие гомоферментативных молочнокислых бактерий, Работниковой (1957) получены весьма противоречивые результаты.

Наряду с данными, подтверждающими бессрочное отно-

шение гомоферментативных молочнокислых бактерий к окислительно-восстановительным условиям среды, были получены данные, отрицающие это. Так, например, автором установлено, что при обильном доступе кислорода в среду развитие молочнокислых бактерий задерживается, а при  $\text{rH}_2$ , равном 30 и выше — прекращается. При повышении окислительно-восстановительного потенциала среды уменьшался и выход молочной кислоты. В анаэробных условиях на образование 1 г молочной кислоты расходовалось 1,09 г сахара, а в аэробных — 1,44 г. Установлено также, что различные штаммы одного и того же вида молочнокислых бактерий по-разному реагируют на изменение окислительно-восстановительных условий среды. Аналогичные данные Работновой были получены и в отношении гетероферментативных молочнокислых бактерий.

Изменение биологической деятельности молочнокислых бактерий в зависимости от окислительно-восстановительных условий было отмечено и многими другими исследователями (Бабелем, Хитарантой, Казанской, Нефеловой, Максимовой, Алексеевым и др.).

Глазачевым (1953) отмечено, что после предельного для данного вида молочнокислых бактерий снижения окислительно-восстановительного потенциала в молоке, развитие их усиливается.

В молоке содержатся вещества, обладающие способностью сравнительно легко окисляться и восстанавливаться — витамины, ферменты (например, флавиновые), цистein, глутатион и другие. В связи с этим вполне естественно, что характер развития молочно-кислого брожения в молоке в аэробных и анаэробных условиях имеет свои особенности.

Исследованиями установлено, что молочнокислые бактерии обладают сильно выраженной редуцирующей способностью, т. е. способностью понижать окислительно-восстановительный потенциал среды. Так, например, Глазачевым (1953) показано, что при развитии в молоке *Str. lactis* окислительно-восстановительный потенциал в нем снижается с +370, +490 мв (свежее молоко) до —140 — —150 мв, а при развитии *Bac<sup>t</sup>. casei* — до +180 мв.

Взаимосвязь между жизнедеятельностью молочнокислых бактерий и величиной окислительно-восстановительного потенциала имеет место и при созревании сыра.

Учитывая восстанавливающую способность молочнокислых бактерий и анаэробность сырной массы (отсутствие притока в нее кислорода) можно полагать, что в ней сразу же после выработки должен установиться очень низкий окислительно-восстановительный потенциал. Аналитические данные подтверждают это предположение.

Хитаранта (1953) установил, что в голландском сыре окислительно-восстановительный потенциал устанавливается на уровне  $\text{rH}_2$  0,6–0,9 (от –281 до –309 мв).

Более подробные данные об изменении окислительно-восстановительного потенциала в процессе созревания швейцарского сыра сообщают Пелтола и Антила (1953). После выработки швейцарского сыра Eh его находится в пределах от –260 до –270 мв (в это время pH сыра равен 5,1–5,2). К 30-суточному возрасту Eh снижается до –275 – (–280) мв (при pH сыра 5,25–5,30). После этого вплоть до конца созревания Eh неуклонно повышается до –180 – (–190) мв к 60-суточному возрасту (pH в это время около 5,4) и до –150 – (–170) мв к 90-суточному возрасту (при pH 5,45). Если окислительно-восстановительный потенциал швейцарского сыра выразить величиной  $\text{rH}_2$ , то он будет составлять: после прессования 1,3–1,6; через 30 суток 1,1–1,3; через 60 суток 4,5–4,8 и через 90 суток 5,2–5,6. Эти данные свидетельствуют о том, что на протяжении всего процесса созревания сыра окислительно-восстановительный потенциал непрерывно изменяется: в первый период созревания он несколько снижается, а во второй — повышается.

В анаэробных условиях сырной массы этот процесс может осуществляться только за счет сопряженного и равновесного окисления-восстановления содержащихся в сырной массе веществ. Если бы эти вещества представляли собой быстро реагирующие окислительно-восстановительные пары и взаимодействие между ними осуществлялось непосредственно, без промежуточных переносчиков электронов, то при сопряженном окислительно-восстановительном процессе окислительно-восстановительный потенциал среды не должен был бы изменяться. Образование окисленных веществ при этом сопровождалось бы эквивалентным образованием восстановленных веществ.

Но в сырной массе, как во всякой другой биологической системе, окислительно-восстановительные процессы имеют свои особенности.

Это обусловлено следующими обстоятельствами.

Окислители и восстановители в сырной массе представляют собой сложные органические соединения, в большинстве случаев очень медленно реагирующие между собой.

Окислительно-восстановительные реакции идут необратимо и осуществляются чаще всего посредством промежуточных переносчиков электронов.

В первый период созревания сыра окислительно-восстановительный потенциал его понижается, что объясняется тем, что в этот период идет преимущественное накопление окислен-

ных конечных продуктов с одновременным и эквивалентным накоплением в среде восстановленных промежуточных продуктов. При этом конечные окисленные продукты в дальнейшем не участвуют в реакциях, а восстановленные промежуточные вещества могут принимать участие в качестве восстановителей. Накопление в среде последних приводит к снижению окислительно-восстановительного потенциала. В итоге получается, что за счет образования окисленных конечных продуктов среда восстанавливается.

Несмотря на то, что эти процессы протекают медленно, промежуточные восстановленные вещества рано или поздно должны вступить в реакцию и образовать конечные пассивные восстановленные продукты. При этом промежуточные переносчики электронов окисляются. Таким образом в среде будет увеличиваться концентрация активных окислителей, что и приведет к повышению окислительно-восстановительного потенциала среды и должно компенсировать ранее прошедшее снижение окислительно-восстановительного потенциала.

Но в сыре этого не происходит. Последнее обусловлено тем, что сырная головка не является полностью изолированной системой. При созревании его имеет место непрерывный газообмен с окружающей средой. Так, например, из сыра (особенно в первый период созревания) удаляется углекислый газ, а в сыр диффундирует кислород. В первый период созревания поступление кислорода в сыр задерживается противотоком выходящего из него углекислого газа. Во второй период созревания, когда газообразование в нем идет на убыль, поступление кислорода в сырную массу увеличивается. Это является одной из основных причин повышения окислительно-восстановительного потенциала сыра к концу его созревания.

Кроме того, на характер изменения окислительно-восстановительного потенциала сыра оказывает влияние также и жизнедеятельность развивающейся в нем микрофлоры. Жизнедеятельность микрофлоры основана на обмене веществ бактериальной клетки с окружающей средой. Этот обмен веществ имеет два различных, но взаимосвязанных направления и подразделяется на конструктивный и энергетический.

Конструктивный обмен веществ бактериальной клетки заключается в синтезе вещества клетки из веществ, находящихся в среде. А вещество бактериальной клетки, как указывает Шапошников (1960), находится в более восстановленной форме, чем продукты, идущие на его построение. В связи с этим конструктивный обмен веществ микроорганизмов связан с потреблением ими водорода, входящего в состав веществ питательной среды. В анаэробных условиях сырной массы это может осуществляться только в случае, если потребление микро-

организмами водорода будет компенсировано связыванием кислорода в других окислительно-восстановительных реакциях, идущих сопряженно с реакциями конструктивного обмена. Этими реакциями являются окислительные, приводящие к образованию конечных окисленных продуктов. Что же касается веществ бактериальной клетки, то они являются промежуточными восстановленными веществами, которые выделяются в среду не только после отмирания и автолиза бактериальной клетки, но и в приживленный период. Редуцирующая способность микроорганизмов основана, как предполагается, на том, что бактериальная клетка выделяет в среду вещества, обладающие выраженным восстановительными свойствами (Работникова, 1957), что способствует повышению в ней концентрации восстановителей. Окислительно-восстановительный потенциал среды вследствие этого понижается.

Энергетический обмен веществ бактериальной клетки также связан с окислительно-восстановительными процессами, в результате которых происходит изменение концентрации окислителей и восстановителей в среде.

Таким образом, в первый период созревания сыра развитие окислительно-восстановительных процессов в сырной массе связано главным образом с жизнедеятельностью микрофлоры. Результатом этих процессов является снижение окислительно-восстановительного потенциала сырной массы.

Во второй период созревания сыра объем микрофлоры резко сокращается. Но окислительно-восстановительные процессы продолжаются с той же интенсивностью. Об этом свидетельствует продолжающееся во второй период созревания сыра изменение величины окислительно-восстановительного потенциала. Развитие окислительно-восстановительных процессов в этот период уже не связано непосредственно с жизнедеятельностью микроорганизмов. В то же время эти процессы являются следствием этой жизнедеятельности. Они протекают под влиянием накопившихся ранее в среде восстановителей. Следует отметить, что веществами-восстановителями (промежуточными переносчиками электронов), накапливающимися в сырной массе в первый период ее созревания, являются многие бактериальные ферменты. Превращение тех или иных веществ сырной массы под воздействием ферментов обусловлено их способностью к участию в окислительно-восстановительных процессах.

Рассмотренная выше динамика окислительно-восстановительных процессов при созревании сырной массы очень упрощена (схематизирована). На самом деле при созревании сыра имеет место взаимное влияние всех факторов, определяющих изменение окислительно-восстановительного потенциала: кон-

центрации окислителей и восстановителей, скорости окисительно-восстановительных реакций, газообмена и жизнедеятельности микрофлоры. Выяснение этой сложной зависимости и изучение развития в сыре окислительно-восстановительных процессов — основные проблемы в изучении сущности процесса созревания сыров.

Накопление в сыре сложного и многообразного комплекса вкусовых и ароматических веществ — конечный результат развития окислительно-восстановительных реакций.

Работникова указывает (1957), что «один из мощных факторов воздействия на направление биохимической активности — это перераспределение реакций окисления-восстановления. Эти реакции являются центральными в превращении веществ, поэтому воздействие на них наиболее перспективно».

Одним из основных путей ускорения созревания сыров может служить регулирование окислительно-восстановительных процессов, протекающих при созревании сырной массы.

Зависимость образования тех или иных продуктов в сырной массе от величины окислительно-восстановительного потенциала мало изучена. Производившиеся работы в основном были направлены на изыскание путей предотвращения маслянокислого брожения в процессе созревания сыров. В сырную массу добавляли различные окислители с целью повышения ее окислительно-восстановительного потенциала, предотвращения тем самым развития в ней маслянокислых бактерий.

Такие опыты были проведены на швейцарском сыре Хитарантой и на голландском сыре Восом. При этом получены несколько разноречивые результаты. Так, например, Хитаранта установил, что только с помощью броматов можно повысить окислительно-восстановительный потенциал сыра. Вос же считает, что этого можно добиться и с помощью нитратов. Он нашел, что добавлением нитрата в молоко (30 г на 100 кг молока) можно повысить окислительно-восстановительный потенциал сыра до  $\text{rH}_2$  7,4—7,0 ( $Eh$  от —77 до —98 мв) по сравнению с нормальными  $\text{rH}_2$  в контрольном сыре 0,6—0,9 ( $Eh$  от —281 до —309 мв). Указанный потенциал в опытном сыре удерживался почти без изменения до 9-недельного возраста.

Аналогичные опыты были проведены Пелтолой и Антилой (1953) на швейцарском сыре. При этом установлено, что добавление нитрата в молоко перед свертыванием (75 г на 140 л молока) или смеси его с хлоратом (20 и 150 г соответственно на 140 л молока) приводит к установлению в швейцарском сыре окислительно-восстановительного потенциала на уровне от —120 до —150 мв ( $\text{rH}_2$  около 6—7), который удерживается почти без изменения до 60-суточного возраста, после чего начинает повышаться до  $Eh$  от —100 до —80 мв ( $\text{rH}_2$  7,5—8,0).

В контролльном сыре изменение  $\text{pH}_2$  было следующим: после прессования — 5,3—1,6; через 30 суток — 1,1—1,3; через 60 суток 4,5—4,8 и через 90 суток 5,3—5,7.

Изменение окислительно-восстановительного потенциала в указанных пределах оказалось недостаточным для того, чтобы предотвратить развитие маслянокислых бактерий и изменить характер биохимических процессов. Авторами установлено, что изменение  $\text{pH}$  и накопление продуктов протеолиза в опытных и контрольных сырах протекало почти одинаково.

Истгаардом с сотрудниками (1961) установлено, что при внесении в 100 кг молока 15 г калийной селитры изменений в процессе созревания сыра гауда не отмечено. При увеличении дозы селитры до 30—45 г в сыре заметно уменьшается образование летучих жирных кислот (особенно пропионовой и масляной). Влияние окислителей и восстановителей на процесс созревания сырной массы (в таре) проверено Чеботаревым (1959), который обнаружил, что добавление в сырную массу окислителей (0,05% бромата калия) вызывает некоторое замедление протеолиза, а добавление восстановителей (0,5% щавелевого) способствует ускорению этого процесса. Изменение протеолиза в том и другом случае не влияло на органолептические показатели готового продукта. Данных определения окислительно-восстановительного потенциала автор не приводит, однако проведенная им работа подтверждает ранее установленный факт, что при действии восстановителей активность протеолитических ферментов увеличивается, а при действии окислителей — снижается.

Следует указать, что искусственное изменение окислительно-восстановительного потенциала для ускорения созревания сыров с помощью использования тех или иных веществ-окислителей или веществ-восстановителей связано с большими затруднениями. Последнее обусловлено тем, что эти вещества оказывают влияние на ход микробиологических и биохимических процессов. Так, например, добавление в сырную массу нитратов может привести к прекращению в ней молочно-кислого процесса. Это вызвано тем, что окислительная способность этих солей обусловлена их восстановлением в нитриты. А последние в кислой среде могут привести к образованию свободной азотистой кислоты, которая токсична не только для газообразующих, но и для молочно-кислых бактерий. В связи с этим доза используемого в сырodelии нитрата должна быть очень малой. Должалек и Ворцкова (1959), например, установили, что даже при добавлении обычно используемой в сырodelии дозы калийной селитры (20 г на 100 кг молока), отмечается замедление молочно-кислого брожения и снижение кислотообразующей способности молочно-кислых бактерий.

Кроме того, Галеслоотом (1958) установлено, что восстановление нитрата в нитрит происходит под действием содержащегося в молоке фермента ксантин-оксидазы. При повышенной температуре пастеризации молока этот фермент инактивируется и окислительное действие нитрата не проявляется. Таким образом, степень влияния нитрата на окислительно-восстановительный потенциал сыра зависит не только от дозы внесенной соли, но и от количества находящегося в сыре фермента ксантин-оксидазы.

Для ускорения созревания сыра необходимо, видимо, не повышение окислительно-восстановительного потенциала, а его понижение. Это предположение основано на том, что действие протеолитических ферментов активизируется в присутствии восстановителей. Это подтверждается и опытами Чеботарева с внесением цистеина в сырную массу.

Но добавление в сыр восстановителей связано с неминими затруднениями, чем окислителей. Внесение в сыр веществ восстановителей, используемых в микробиологической практике, таких как цистеин, тиогликолевая кислота и глютатион, может привести к изменению органолептических свойств готового продукта, тем более, что для заметного влияния на окислительно-восстановительный потенциал сыра их доза должна быть сравнительно большой. Что же касается наиболее распространенных неорганических веществ-восстановителей, таких как сульфиды, сероводород, гидросульфит натрия, то использование этих веществ в сырodelии ввиду их токсичности исключается.

Наиболее приемлемый способ изменения окислительно-восстановительного потенциала сыра с целью воздействия на процесс его созревания заключается, видимо, в изменении степени анаэробности сырной массы. Для повышения окислительно-восстановительного потенциала сырной массы необходимо увеличить приток в нее воздуха. Этого, в частности, можно добиться путем увеличения пористости сырного теста и уменьшения замкнутости сырной корки. Для снижения окислительно-восстановительного потенциала сыра необходимо осуществлять его созревание под вакуумом.

Кристофферсен и Гульд (1961) изучая накопление различных карбонильных соединений в сыре чеддер, установили, что увеличение аэробности сырной массы вследствие образования в ней щупом отверстий влияет на накопление этих веществ в сыре. Качество «открытого» сыра было хуже, чем обычного.

Данные Кристофферсена и Гульда также указывают на то, что для ускорения созревания сыра необходимо не повышение окислительно-восстановительного потенциала сырной массы, а его снижение. Однако только снижение потенциала бу-

дет для этого, видимо, недостаточным. Можно полагать, что для ускорения созревания сыра потребуется определенное регулирование величины окислительно-восстановительного потенциала, различного для отдельных стадий процесса созревания. Но этот вопрос мало изучен и в настоящее время не предоставляет возможным сделать какие-либо определенные выводы о влиянии окислительно-восстановительного потенциала на процесс созревания сыра и его качество. Нельзя также указать способы регулирования окислительно-восстановительного потенциала, с помощью которых можно достичь ускорения созревания сыра. Однако, несомненно, что воздействие на окислительно-восстановительные процессы, представляющие основу накопления в сыре вкусовых и ароматических веществ, является наиболее эффективным способом ускорения его созревания и повышения качества готового продукта.

### Содержание поваренной соли

Поваренная соль оказывает влияние на развитие микробиологических и биохимических процессов в сыре.

Концентрация соли в сыре является основным фактором, который определяет величину осмотического давления в его водной фазе, а, следовательно, и условия развития микрофлоры.

Установлено, что микроорганизмы в зависимости от вида различно реагируют на изменение содержания соли в среде.

Это относится и к различным представителям молочнокислых бактерий. Так, например, Муравьев, Сокольская (1955) и другие обнаружили, что наиболее чувствительны к повышению содержания соли в среде молочнокислые палочки. Их развитие в молоке тормозится уже при 0,5%-ной концентрации поваренной соли, а при 3%-ной прекращается полностью. Молочнокислые стрептококки, в том числе и ароматообразующие, способны развиваться при более высоком содержании соли в среде. При 0,5—1%-ной концентрации соли их развитие ускоряется, а при 5%-ной концентрации соли заметно подавляется.

Концентрация поваренной соли в водной фазе сыра значительно выше той, при которой наступает замедление размножения молочнокислых бактерий. Так, например, если в сыре содержится 2% соли и 40% влаги, концентрация поваренной соли в водной фазе сыра составляет уже 5%. Если при этом учесть, что примерно половина находящейся в сыре влаги находится в связанном состоянии, то в оставшейся свободной влаге будет содержаться 10% поваренной соли. При такой концентрации соли развитие молочнокислых бактерий должно, казалось бы, прекратиться полностью. Но, как известно, в сыре молочно-

кислые бактерии развиваются. Это обусловлено тем, что при посолке сыра соль в него проникает очень медленно. За 5—7 суток пребывания сыра в рассоле соль проникает лишь на глубину 1,5—2 см, а равномерно по всей массе распределяется к 30—45-дневному возрасту (в зависимости от величины сырной головки). В связи с этим микробиологические процессы в основной массе сыра протекают при умеренной концентрации соли и заканчиваются раньше, чем проявится замедляющее действие поваренной соли. Известно, что массовое вымирание молочнокислых бактерий в сыре наступает после сбраживания основного количества молочного сахара (обычно через 5—10 дней после выработки сыра), то есть задолго до того, как соль успеет проникнуть в глубь головки сыра. При медленном проникновении соли в продукт молочнокислые бактерии успевают приспособиться к возрастающей концентрации поваренной соли. Кроме того, белковые и некоторые другие вещества, находящиеся в сыре, снижают угнетающее действие соли.

Развитие микрофлоры в соленом и несоленом сыре подробно изучено Скородумовой, которая установила, что в голландском сыре нормальной посолки средний объем микрофлоры, действующей на протяжении процесса созревания, в 1,5 раза меньше, чем в несоленом сыре. При послойном исследовании соленого сыра установлено, что в первый период созревания количество бактерий в поверхностном слое в 4 раза меньше, чем в нижележащих. По мере выравнивания концентрации соли во всех слоях сыра происходило и выравнивание в них объема микрофлоры. Данные Скородумовой подтверждаются исследованиями Сокольской, проведенными в ЦНИИМСе.

Задержка развития микробиологических процессов в соленом сыре приводит к замедлению биохимических процессов. Последнее обусловлено, кроме того, непосредственным действием поваренной соли на бактериальные эндоферменты. Амундштадом (1951) установлено, что поваренная соль при концентрации около 3% значительно снижает активность бактериальных ферментов молочнокислых бактерий, в первую очередь, пептидаз, расщепляющих белок до аминокислот. С увеличением концентрации поваренной соли (более 3%) активность бактериальных ферментов еще более снижается. Уменьшается при этом и протеолитическая активность сычужного фермента, которая при 10%-ной концентрации поваренной соли составляет 64% максимальной.

В связи с тормозящим действием поваренной соли на развитие микробиологических и биохимических процессов при созревании сыра может показаться, что при снижении содержания соли в сыре созревание его ускорится. Но такой способ

ускорения созревания сыров не может иметь места. Это обусловлено целым рядом причин.

Во-первых, сыр, как пищевой продукт, должен содержать определенное количество соли: крупные сыры не менее 1—1.5%, мелкие не менее 2%.

Поваренная соль регулирует направленность биохимических процессов, в результате чего в сыре обеспечивается определенное соотношение между продуктами биохимических превращений составных частей сырной массы и достигается получение сыра с характерным вкусом и запахом. Последнее подтверждено исследованиями Шошина и Бабкина (1930). При изучении процесса созревания соленого и несоленого голландского сыра ими установлено следующее. По мере созревания соленого сыра биохимические процессы в нем замедлялись, что объясняется проникновением соли в сыр и ее тормозящим влиянием. При этом на протяжении всего процесса созревания соленого сыра соотношение между первичными и вторичными продуктами протеолиза остается почти без изменения. В несоленом сыре развитие биохимических процессов в первый период созревания идет так же, как и в соленом. Во второй период, когда в соленом сыре биохимические процессы идут на убыль, в несоленом они продолжают развиваться с той же интенсивностью. При этом сильно изменяется и их направленность в сторону образования вторичных продуктов протеолиза. В несоленом сыре накапливается большое количество аминокислот и газообразных продуктов, в том числе аммиака и даже сероводорода. В результате в несоленом сыре к концу созревания развиваются такие пороки, как тухлый и горький вкус, маражущаяся консистенция и губчатый или рваный рисунок. Продукт становится несъедобным. Аналогичные данные получены в ЦНИИМСе Розановым и Алексеевым. Результаты этих исследований подтверждаются широкой практикой сыроподелки.

Некоторые исследователи (Лонгус и Прайс) пытались ускорить созревание сыра путем выдержки его перед посолкой в течение 5—9 суток. Но положительного результата при этом не было получено.

## **ПУТИ УСКОРЕНИЯ СОЗРЕВАНИЯ СЫРА**

### **Увеличение объема действующей в сыре микрофлоры**

Гаррисон и Коинель, исследуя микрофлору сыра чеддер, отметили, что в сырах с большим объемом микрофлоры вкус и запах бывает более выраженным. В дальнейшем Королев, изучая динамику развития микрофлоры в различных видах сыров, установил, что срок их созревания находится в прямой

зависимости от объема микрофлоры. Зависимость продолжительности созревания сыров от объема действующей в них микрофлоры показана в табл. 2.

Таблица 2

Наименование сыров	Срок созревания сыра, месяцы	Максимальное количество бактерий в 1 г сыра, млн.	Среднее количество бактерий, действующих в период созревания сыров, млн. в 1 г	Исследователи
Швейцарский . . .	6	280	183,1	Шафириян
Советский . . .	4	583	366,2	ЦНИИМС
Чеддер . . . .	4	1441	485	Гаррисон и Коннель-Панфилов и Верещагина
Голландский . . .	3	2449	1175	Климовский, Гибшман, Розанов
Костромской . . .	2,5	2790	1538	Королев
Латвийский . . .	2	8865	2727	

В отдельных сырах одного и того же вида количество микроорганизмов может быть различным, но отмеченная зависимость между объемом микрофлоры в сырах и продолжительностью их созревания вполне очевидна.

Продолжительность созревания сыров зависит, кроме того, от ряда условий — влажности, кислотности, температуры и т. д., но объем действующей в сырах микрофлоры имеет первостепенное значение. Тем более, что другие условия, определяющие процесс созревания сыров, помимо непосредственно го влияния на развитие биохимических процессов, оказывают еще косвенное — путем воздействия на микрофлору.

Объем микрофлоры, действующей в сыре на отдельных стадиях его созревания, обусловливает и скорость биохимических процессов, в том числе и протеолиза. Зависимость скорости протеолиза от объема действующей в сыре микрофлоры показана в табл. 3.

Повышенная скорость протеолиза обусловлена не только большим объемом живой микрофлоры, то есть большим количеством экзоферментов, но и увеличенным при этом количеством эндоферментов, выделяющихся в среду после автолиза мертвых бактериальных клеток. Это связано с тем, что увеличение объема живой микрофлоры в сыре сопровождается увеличением в нем количества мертвых бактериальных клеток.

Таблица 3

Наименование сыров	Средний суточный прирост растворимого азота, % к общей массе сыра			Среднее количество микроорганизмов, млн. в 1 г			Исследователи	
	Периоды, сутки							
	0—30	31—60	61—90	0—30	31—60	61—90		
Голландский	0,015	0,009	0,004	2240	725	247	Панфилов, Верещагин	
	0,009	0,007	0,003	2154	658	192	Шергин	
Латвийский	0,024	0,008	—	3627	573	—	Инилов	

Королевым установлено, что количество бактериальных клеток в сыре, определенное непосредственным подсчетом их под микроскопом, в 3—4 раза больше, чем найденное методом посева препарата сыра на твердую питательную среду. В первом случае учитываются как живые, так и мертвые бактериальные клетки, а во втором только живые. Эта разница возникает уже с первых дней созревания сыра.

Данные Королева подтверждены проведенными в ЦНИИМСе исследованиями (Климовский, Розанов, Гибшман, 1960). При этом обнаружено, что в костромском сыре уже после прессования количество живых и отмерших бактериальных клеток становится одинаковым и что с увеличением количества живых клеток соответственно увеличивается и количество мертвых. По мере созревания сыра количество мертвых клеток в несколько раз превышает количество живых. Это происходит по той причине, что вымирание микрофлоры преобладает над размножением, и снижается скорость автолиза отмерших бактериальных клеток.

Таким образом, объем живой микрофлоры в сыре обуславливает количество мертвых бактериальных клеток и скорость автолиза последних. То и другое способствует увеличению содержания в среде бактериальных эндоферментов, что в конечном счете сопровождается увеличением скорости в сыре биохимических процессов.

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что увеличение действующего в сыре объема микрофлоры будет сопровождаться ускорением его созревания.

Считалось, что для увеличения объема действующей в сыре микрофлоры, нужно увеличить дозу применяемой при его выработке бактериальной закваски. Инилов и Войткевич проверили этот способ и признали его неэффективным. Это объясняется тем, что увеличение дозы бактериальной закваски сопро-

вождается повышением кислотности молока и выработанного из него продукта. Последнее приводит к замедлению развития в сыре микрофлоры и к снижению ее биохимической деятельности. Кроме того, при этом возникают такие пороки, как кислый вкус сыра, твердая и колючаяя консистенция и т. д. Нейтрализация закваски перед ее добавлением в молоко может значительно уменьшить эти нежелательные последствия, но сколько-нибудь заметного увеличения количества микроорганизмов в сыре получить при этом не удается.

Исследованиями в ЦНИИМСе (Лебедева, Клиновский, Гибшман, 1955) установлено, что количество бактериальной закваски влияет только на скорость молочнокислого процесса при выработке сыра, почти не отражаясь на объеме микрофлоры и, как правило, сопровождается ухудшением качества готового продукта. Так, например, увеличение дозы закваски в 10 раз (с 0,4 до 4%) при выработке голландского сыра сопровождается увеличением количества микроорганизмов в сырном пласте только в 2 раза и почти не влияет на объем микрофлоры в сыре. Дальнейшее повышение дозы бактериальной закваски до 6% влечет за собой снижение количества бактерий в сыре. Аналогичные данные были получены и при выработке советского сыра.

Стадхудерс (1960, 1961) нашел, что даже при 1000-кратном увеличении дозы бактериальной закваски (с 0,01 до 10%) объем микрофлоры в сыре не увеличивается и протеолиз не ускоряется.

Влияние дозы бактериальной закваски исследовали при обычной технологии выработки сыра. Если же при производстве сыра регулировать активную кислотность сырной массы (например, добавлять в нее двухзамещенный фосфорнокислый натрий), то эффект внесения увеличенной дозы бактериальной закваски будет заметным. Это показано Клиновским (1954, 1955) и Репиной (1954). При выработке быстросозревающей сырной массы по методу Клиновского бактериальную закваску вносят в молоко в количестве до 2%, а по методу Репиной — 5—10% в готовую сырную массу после ее выработки.

При производстве же натуральных сыров и при условии сохранения их видовых особенностей увеличение дозы бактериальной закваски сверх обычно принятых норм малоэффективно и нецелесообразно.

Гораздо больший эффект можно получить путем повышения активности входящих в ее состав молочнокислых бактерий. Это достигается известным в сыроделии приемом — активацией бактериальной закваски, заключающейся в том, что бактериальную закваску вносят в молоко заранее — в начале наполнения сырной ванны молоком.

Мастером Вяндрасского сырзавода Эстонской ССР Альгерди предложен способ активизации бактериальной закваски, включающийся в следующем. Бактериальную закваску смешивают с двойным количеством молока, выдерживают в течение часа при температуре 24—26°C, после чего вносят в молоко. Как показали исследования (Гибшман, 1960) при разведении закваски молоком кислотность ее снижается и молочно-кислые бактерии, ранее угнетенные почти предельной кислотностью, начинают интенсивно развиваться, особенно ароматообразующие стрептококки.

Использование активизированной бактериальной закваски способствует накоплению в сыре за более короткий срок большего объема микрофлоры (приблизительно на 10%) по сравнению с объемом микрофлоры в сыре, выработанном с обычной бактериальной закваской.

Данные биохимических исследований (Климовский, 1961) показывают, что применение только активизированной бактериальной закваски незначительно ускоряет процесс созревания сыра. Так, если содержание общего растворимого азота и растворимого небелкового азота в зрелом контролльном сыре принять за 100%, то в сыре с активизированной бактериальной закваской то и другое будет составлять соответственно 106 и 105%. Некоторое увеличение протеолиза в опытном сыре способствует получению в готовом продукте несколько более выраженного вкуса и запаха.

Способ активизации микробиологических процессов при выработке сыра, предложенный Стадхудерсом (1961), заключается в том, что молоко с внесенной в него в количестве 1% бактериальной закваской выдерживают 7—10 час. при температуре 30°C. Активную кислотность молока в течение этого времени поддерживают на уровне pH 6,6 путем добавления в молоко едкого натра. Выработанный из такого молока сыр созревает гораздо быстрее, чем обычный. В 2,5-месячном возрасте в опытном сыре содержится азота аминокислот почти в 1,4 раза больше, чем в контролльном. Однако осуществление указанного способа связано с большими затруднениями, вызванными излишним нарастанием кислотности. Добавление воды и созревание сыров при пониженной температуре, как сообщает об этом автор, не способствует устранению этого недостатка. В связи с этим предложенный Стадхудерсом способ ускорения созревания сыров в настоящее время не может быть широко использован в промышленности.

Таким образом, увеличение дозы бактериальной закваски и различные способы ее активации нельзя рассматривать как эффективные способы ускорения созревания сыра.

### Использование биохимически активных видов и штаммов молочнокислых бактерий

Известно, что среди молочнокислых бактерий, составляющих основную микрофлору сыра, более высокой протеолитической активностью обладают молочнокислые палочки, в связи с чем были предприняты попытки использовать их при производстве мелких сычужных сыров с целью ускорения их созревания. Применение бактериальной закваски активных штаммов молочнокислых палочек в соотношении 0,25% молочнокислых палочек и 0,25% молочнокислых стрептококков при выработке сыра гауда (костромского) из пастеризованного молока дало положительные результаты (Богданов). Содержание общего растворимого азота (в % к общему азоту) в опытном сыре составляло 24,4% по сравнению с 21,4% в контрольном (с одними молочнокислыми стрептококками). Опытный сыр уже в 1,5-месячном возрасте приобрел выраженный сырный вкус. В то же время было отмечено, что выработка сыра с использованием закваски молочнокислых палочек приводит к образованию в продукте сладковатого привкуса: с увеличением дозы молочнокислых палочек выраженность этого привкуса усиливалась. Если для гауда (костромского) сладковатый привкус не является серьезным пороком, то другим сырам с низкой температурой второго нагревания он не свойственен.

Следует отметить, что в мелких сырах, выработанных из пастеризованного молока, всегда содержится небольшое количество молочнокислых палочек (остаточная микрофлора). При обычном режиме производства они развиваются только во второй период созревания сыра и вследствие незначительного их количества сладковатый и пряный привкус в продукте не образуется. Если при производстве мелких сыров применяют повышенную температуру второго нагревания (45—46°C) и при созревании поддерживают температуру выше 16°C молочнокислые палочки могут получить преобладающее развитие уже с самого начала процесса. В этом случае продукт приобретает не свойственные этим видам сыров сладковатый и пряный привкусы. В связи с этим активные расы молочнокислых палочек нельзя использовать для ускорения созревания мелких сычужных сыров. Недопускается вести процесс созревания их при температуре выше 16—18°C.

Рунов, исследуя применение малоактивных рас молочнокислых палочек, установил, что введение в состав закваски для сыров голландского типа *Sbm. plantagum* способствует активизации микробиологических и биохимических процессов в сыре. Однако последующими исследованиями, проведенными в ЦНИИМСе (Климовский, Розанов, Гибшман, 1960), это

ие подтвердилось. При этом было отмечено, что применение при выработке костромского сыра бактериальной закваски, в состав которой наряду с молочнокислыми стрептококками включено небольшое количество молочнокислых палочек, не дает положительного результата. Увеличение же количества молочнокислых палочек в закваске приводит к снижению качества готового продукта, вследствие образования в нем нечистого сладковатого привкуса. Так же и Ямamoto и др. (1953) установили, что добавление к обычной сырной закваске 0,05% культуры *L. bulgagis* неизначительно способствует улучшению вкуса и запаха сыра чеддер, а увеличение дозы этих бактерий приводит к ухудшению его качества. Использование *Bact. casei* даже в небольшом количестве (0,05—0,005%) также ухудшает качество сыра.

Влияние *Bact. casei* на созревание голландского сыра изучено Стадхоудерсом, который нашел, что в сыре, выработанном из пастеризованного молока с добавлением 0,03% *Bact. casei*, содержится такое же количество бактерий, что и в сыре из сырого молока. Но это не сопровождается ускорением биохимических процессов созревания сыра. Так, например, содержание общего растворимого азота и азота аминокислот в опытном и контрольном сырах было одинаковым. При исследовании влияния молочнокислых палочек типа *Sbm. plantarum* на созревание голландского сыра Стадхоудерс установил, что они не способствуют ускорению протеолиза и улучшению качества сыра.

В связи с тем, что применение живой культуры молочнокислых палочек для ускорения созревания мелких сыров вызывает нежелательные последствия, Климовский предложил использовать автолизат этих микроорганизмов.

Инихов, Войткевич и Бубнов изучали применение рас молочнокислых стрептококков с повышенной протеолитической и кислообразующей способностью и активностью для ускорения созревания мелких сыров. В лабораторных условиях опытные сыры созревали за более короткий срок, чем контрольные. В производственных условиях использование этих рас *Str. lactis* давало незначительный эффект.

Стадхоудерс (1961) отметил, что применение биохимически активных штаммов *Str. cleftoris* при выработке голландского сыра способствует заметному ускорению его созревания. Через 15 недель в опытном сыре количество свободных аминокислот более чем в 4 раза превышало их количество в сыре с малоактивными штаммами молочнокислых стрептококков. В то же время обнаружено, что биохимически активные штаммы *Str. cleftoris*, наряду с повышенной протеолитической активностью, обладают и большей кислотообразующей спо-

собностью. В связи с этим их использование при выработке сыра всегда сопровождается появлением в продукте излишне высокой кислотности.

#### Использование других видов микрофлоры

В последнее время исследования по изысканию биохимически активных микроорганизмов получили иное направление. Изучается возможность применения новых видов как молочнокислых, так и немолочнокислых микроорганизмов.

Верещагина, Панфилов и Пикман, проводя опыты по применению кислотосычужных бактерий—маммококков по классификации Орла-Инсена *Str. liquefaciens* для выработки голландского сыра установили, что добавление культуры маммококков способствует активизации молочнокислых бактерий (количество последних в опытном сыре увеличивается в 1,5 раза) и приводит к ускорению протеолиза. Содержание продуктов расщепления белка в опытном сыре по сравнению с контрольным увеличивается в 2,5—3 раза. Но опытные сыры из-за горького вкуса оказались несъедобными. Данные этих опытов подтверждены Богдановым, Коноплевой (1955), Стадхоудерсом (1960—1961) и другими. Проведенные работы показали, что нельзя использовать кислотосычужные бактерии для ускорения созревания сыров.

Помимо маммококков с целью выяснения возможности применения для ускорения созревания сыров исследованы микроорганизмы *Str. faecalis*, *Str. durans*, входящие в ту же группу энтерококков.

Траут (1953), Дейкер (1953) и Стадхоудерс (1960—1961) установили, что при использовании *Str. faecalis* при выработке сыров чеддер и голландского протеолиз не ускоряется, и продолжительность созревания сыра не сокращается. Кроме того, чеддер приобретает нетипичный вкус и запах.

Были предприняты попытки использовать для ускорения созревания сыров некоторые другие виды микроорганизмов, например, микрококков, составляющих основную часть микрофлоры свежего молока и развивающихся раньше молочнокислых бактерий. Протеолитическая активность микрококков выражена более сильно, чем у молочнокислых бактерий. Многие из микрококков обладают липолитической способностью (Петерсон, Джонсон, Прайс).

*Miccoscoccus freudenreichii* использован Альфордом и Фразиером для ускорения созревания сыра из пастеризованного молока. При этом отмечено, что в опытном сыре вкус и запах, присущий зрелым сырам, развивается в более раннем возрасте, чем в контрольном, но затем органолептические свойства

быстро ухудшаются. Петте указывает, что при использовании *Micrococcus freudenreichii* вкус сыра чеддер становится нетипичным. Стадхоудерс (1960) обнаружил, что добавление микрококков в закваску при выработке голландского сыра не способствовало ускорению его созревания.

Для получения более выраженного вкуса и запаха сыров большое значение имеют продукты гидролиза жира. В связи с этим были предприняты попытки использовать в сыротделении некоторые виды жирорасщепляющих бактерий.

Ирвин, Буллок и Спроул (1954) использовали плесень *Geotrichum candidum* (синонимы *Oidium lactis*, *Oospora lactis*), внося ее в сырое молоко за 18 час. до выработки сыра. Молоко затем пастеризовали. Полученный сыр по вкусу и запаху почти не отличался от контрольного. Сыр, выработанный из молока, в которое плесень вносили после пастеризации и охлаждения, содержал большее количество летучих и нелетучих жирных кислот, но имел прогорклый привкус.

И, наконец, следует отметить исследования Стадхоудерса (1960) по применению для выработки сыра грамотрицательных бактерий типа *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Aeromonas* и *Flavobacterium*. Эти микроорганизмы являются вредной микрофлорой, вызывающей пороки вкуса сырого молока (Фостер и др., 1961). Применение их при выработке сыра дало отрицательные результаты.

Стадхоудерс испытал также влияние газообразующих бактерий *Bac. coli-aerogenes* на процесс созревания сыра. Ускорения протеолиза в опытном сыре при этом не было отмечено. Этот вид микрофлоры не может быть использован в сыротделении, так как вызывает пороки сыра — нечистый вкус и запах, вслушивание и т. д.

Наиболее обнадеживающими являются результаты исследований по отбору и применению в сыротделении наиболее биохимически активных видов и штаммов молочнокислых стрептококков.

### Использование дрожжей

Дрожжи широко используются в сыротделении, хотя в виде чистой культуры не применяются. Они являются важным составным элементом поверхностной микрофлоры мягких сыров. Полезная роль дрожжей в данном случае заключается в том, что они разлагая молочную кислоту, создают условия для развития на поверхности сыра других микроорганизмов, в том числе и щелочеобразующих *Bac. linens*. Кроме того, дрожжи снабжают их витаминами и другими факторами роста (Пирко, Нелсон, 1951).

Исследованиями Макса и Ицинского (1958), а также Прокса, Долежалека и Пеха (1961) установлено, что дрожжи способствуют развитию молочнокислых бактерий и плесени *R. georgii* в сыре рокфор. Плесень в присутствии дрожжей усиливает способность образовывать метилкетоны, являющиеся важным компонентом вкусового «букета» рокфора. При использовании дрожжей в производстве сыра нива (чехословацкого сыра типа рокфор) качество готового продукта заметно улучшалось.

В рокфоре дрожжи развиваются не только на его поверхности, но и внутри головки. Этому способствуют аэробные условия, создающиеся в сырной массе благодаря большой ее пористости и прокалыванию. Дрожжи, выделенные из рокфора, вряд ли могут применяться для производства твердых сычужных сыров вследствие их способности к спиртовому брожению. Поэтому их развитие в твердых сырах может привести к ряду нежелательных последствий — вспучивание, дрожжевой привкус.

В практике производства крупных сыров распространено приготовление сырчужной вытяжки и бактериальной закваски молочнокислых палочек на кислой сыворотке. При этом на поверхности сыворотки развиваются бесспоровые пленчатые дрожжи *Mycoderm* в виде плотной белой морщинистой пленки. Ограничивающая доступ кислорода в среду, они способствуют установлению в ней более низкого окислительно-восстановительного потенциала, что благоприятно отражается на развитии молочнокислых палочек. Кроме того, эти дрожжи переводят белковые вещества сыворотки в усвояемую молочнокислыми бактериями форму и снабжают их витаминами и другими факторами роста. Отмечено также, что дрожжи *Mycoderm* потребляют молочную кислоту, снижая тем самым ее угнетающее действие на развитие молочнокислых бактерий. Все это способствует значительной интенсификации развития молочнокислых бактерий и сохранению их активной жизнедеятельности в течение длительного времени. Выращенные совместно с дрожжами молочнокислые палочки обладают большей стойкостью к нагреванию и могут размножаться при более высокой температуре, что способствует лучшему развитию таких молочнокислых палочек при производстве сыров с высокой температурой второго нагревания (Фостер и др., 1961 г.).

Пленчатые дрожжи частично погибают при высокой температуре второго нагревания и полностью прекращают свою жизнедеятельность в сырой массе вследствие отсутствия в ней достаточного количества кислорода (пленчатые дрожжи являются строго аэробными микроорганизмами).

Попытки использовать дрожжевые автолизаты при выработке твердых сычужных сыров (Войткевич, Инихов) показали, что созревание последних ускоряется. Но при этом в сырах появляется дрожжевой привкус. Сложность и длительность приготовления дрожжевых автолизатов и некоторое ухудшение качества готового продукта, выработанного с их применением, послужило причиной того, что этот способ ускорения созревания сыров распространения не получил.

На основании ряда литературных данных можно полагать, что применение живой культуры определенных видов дрожжей при производстве твердых сычужных сыров может дать положительные результаты. Проведенные в ЦНИИМСе исследования (Алексеев, 1961) подтвердили высказанное предположение.

В опытах использовались дрожжи *Torulopsis № 304*, выделенные Блоком (1960) и применяемые в настоящее время в маслоделии.

Дрожжи *Torulopsis № 304* способны проводить только окислительный десмолиз и не обладают способностью к спиртовому брожению. Молочный сахар они не усваивают.

Водную суспензию дрожжей вносили в молоко перед свертыванием его сычужным ферментом одновременно с бактериальной закваской.

Увеличение количества дрожжей продолжалось до 5—10-суточного возраста, после чего они постепенно вымирали. Но даже в 60-суточном сыре оставалось еще несколько десятков тысяч живых дрожжевых клеток в 1 г продукта.

Несмотря на ограниченное развитие дрожжей в сыре, их влияние было очень заметным. Оно выражалось, в основном, в интенсификации размножения молочнокислых бактерий, а в усиении их биохимической деятельности. В опытном сыре сбраживание молочного сахара и накопление молочной кислоты протекало быстрей. В связи с этим в сыре с дрожжами отмечено более быстрое повышение уровня активной кислотности. Разложение молочной кислоты происходило более интенсивно и к концу созревания в опытном сыре ее содержалось меньше, чем в контрольном.

Добавление дрожжей способствует более быстрому сбраживанию в сыре лимонной кислоты. Это свидетельствует об усилении гетероферментативной деятельности ароматообразующих стрептококков.

В опытных сырах значительно ускоряется протеолиз, особенно накопление продуктов глубокого расщепления белка — полипептидов и аминокислот. Содержание общего растворимого азота повышается на 20—25%, а небелкового — на 25—30%.

ло сравнению с содержанием его в контрольном сыре, принятом за 100%.

Кроме того, в сыре с дрожжами содержание витамина В<sub>1</sub> увеличивается на 25 и В<sub>2</sub> — на 12%.

Ключевым же результатом добавления дрожжей в сыр является ускорение его созревания и повышение качества готового продукта в среднем на 2—3 балла.

Проведенные в ЦНИИМСе исследования показали, что дрожжи целесообразнее вносить в молоко не перед свертыванием его сычужным ферментом, а заранее — при приготовлении зрелого молока — и, особенно, при использовании гидролизованной бактериальной закваски. В последнем случае при меньшем расходе дрожжей достигается больший эффект.

Широкое использование дрожжей *Torulopsis* № 304 в сыроделии в настоящее время ограничивается сложностью и длительностью их культивирования. Однако при приготовлении биологических препаратов типа гидролизатов, используемых для ускорения созревания сыра, дрожжи с успехом могут быть применены для повышения активности этих препаратов.

#### Использование биологических препаратов, содержащих бактериальные ферменты и продукты гидролиза белковых веществ

Группой работников Вийдасского сырзавода Эстонской ССР (Альтмери и др.) разработан способ применения препаратов бактериальных ферментов для ускорения созревания сыра.

В дальнейшем эти работы были продолжены в ЦНИИМСе. Разработана технология производства сыра ускоренного созревания — эстонского (Климовский, 1962), — основанная на применении биологического препарата, названного условно гидролизатом. Технология приготовления гидролизата для производства эстонского сыра заключается в следующем. В пастеризованное и охлажденное до 40°C обезжиренное молоко вносят бактериальные закваски: *Bact. helveticum* — 2,5%, *Str. thermophilus* — 1%, смесь различных видов молочнокислых стрептококков (мезофильных) с уксусно-кислыми бактериями — 0,8% и небольшое количество (несколько мл) культуры пропионовокислых бактерий. Заквашенное обезжиренное молоко выдерживают около 2 час. при температуре 40°C до кислотности 32—40°Т, после чего его охлаждают до 30—32°C и добавляют в него пепсин (5—20 г на 100 кг молока). Выдержка молока с бактериальной закваской перед внесением пепсина необходима для того, чтобы предотвратить инактивацию пепсина вследствие высокого начального pH молока (6,4—6,5).

Через 2 суток добавляют такое же количество пепсина. Общая продолжительность приготовления гидролизата около 3—3,5 суток. В процессе приготовления гидролизата его трижды нейтрализуют путем добавления 300 г углекислого натрия на 100 кг гидролизата за каждый прием.

Готовый гидролизат представляет собой слегка тягучую жидкость желтоватого цвета с сильно кислым и горьковатым вкусом и содержит смесь продуктов ферментативного расщепления казеина и обмена веществ молочнокислой микрофлоры. Его активная кислотность ( $\text{pH}$ ) 3,5—3,9, титруемая — 210—280°Т. Состав азотистых соединений в гидролизате следующий, % к общему азоту: азот белковых веществ 60—66, азот полипептидов 11—13 и азот свободных аминокислот 24—25. Общая сумма небелкового азота в гидролизате составляет 35—38%, что почти в 7 раз больше, чем в обычном молоке (5—6%). Гидролизат содержит, кроме того, 3,8% молочной кислоты; молочный сахар и лимонная кислота к моменту готовности гидролизата полностью сбраживаются.

Микрофлора готового гидролиза состоит из термофильных молочнокислых палочек (350—400 млн. в 1 мл). Молочнокислые стрептококки, уксуснокислые и пропионовокислые бактерии в нем отсутствуют. Таким образом, готовый гидролизат представляет собой своего рода бактериальную закваску молочнокислых палочек.

Гидролизат обладает способностью активизации биохимической деятельности молочнокислых бактерий, особенно ароматообразующих стрептококков. В его присутствии способность *Str. ragasii/gorogoris* к газообразованию возрастает в 11—13 раз, а к кислотообразованию — почти вдвое. *Str. diacetilactis* в присутствии гидролизата продуцирует почти удвоенное количество диациетила. Все эти биохимические особенности гидролизата являются полезными для сырodelия.

При выработке эстонского сыра наряду с гидролизатом применяют активизированную бактериальную закваску. Гидролизат добавляют в молоко перед свертыванием его сычужным ферментом в количестве 0,5—1,0, а активизированную бактериальную закваску — 1—1,5%.

Технологический процесс выработки и созревания эстонского сыра почти не отличается от технологии изготовления и созревания ярославского сыра.

В эстонском сыре отмечается более активное развитие молочнокислых бактерий в первые дни его созревания и в дальнейшем — более быстрое их вымирание. По составу микрофлоры эстонский сыр отличается от других сыров голландской группы тем, что в нем в большем количестве развиваются молочнокислые палочки.

Биохимические процессы протекают в нем очень интенсивно. Ускоряется сбраживание молочного сахара и лимонной кислоты, повышается скорость протеолиза. В месячном эстонском сыре содержится гораздо больше продуктов протеолиза, чем в 2-месячном ярославском, а содержание свободных аминокислот почти в 1,5 раза больше.

Вследствие более интенсивного развития микробиологических и биохимических процессов эстонский сыр уже в месячном возрасте имеет свойства зрелого сыра.

Однако эстонский сыр имеет недостатки, обусловленные применением при его выработке гидролизата с молочнокислыми палочками. Развитие последних в сыре приводит к образованию сладковатого и пряного вкуса и запаха, что несвойственно сырам с низкой температурой второго нагревания. Поэтому применение гидролизата, приготовленного на культурах молочнокислых палочек, ограничивается выработкой только лишь одного эстонского сыра, для которого указанные специфические особенности признаны типичными. Развитие молочнокислых палочек часто приводит к излишнему нарастанию уровня активной кислотности сыра со всеми вытекающими из этого нежелательными последствиями — кислый вкус, котющаяся консистенция и т. д.

Устранить указанные недостатки можно, либо исключив из состава бактериальной закваски, используемой для приготовления гидролизата, молочнокислые палочки, т. е. используя только молочнокислые стрептококки, либо проводя дополнительную обработку готового гидролизата с целью значительного сокращения в нем количества живой микрофлоры молочнокислых палочек. Оба способа устарения недостатков, присущих гидролизату с культурами молочнокислых палочек, были подробно исследованы в ЦНИИМСе (Климовский, 1960; Гибшман, 1960).

Способ приготовления гидролизата с применением только молочнокислых стрептококков (стрептококкового гидролизата) принципиально не отличается от способа приготовления гидролизата на культурах молочных палочек.

Готовый стрептококковый гидролизат представляет собой слегка тягучую жидкость желтоватого цвета с кисловато-горьковатым привкусом. Микрофлора его состоит исключительно из молочнокислых стрептококков (600—700 млн. в 1 мл). Кислотность гидролизата не превышает 120°Т (рН 4,7—4,9), в нем содержится около 2% молочного сахара и около 2,4% молочной кислоты. Количество продуктов расщепления белка в стрептококковом гидролизате ниже, чем в гидролизате с молочнокислыми палочками. Азот белковых веществ (в % к об-

щему азоту) составляет 83, азот полипептидов — 3 и азот свободных аминокислот — 9.

Стрептококковый гидролизат обладает теми же свойствами, что и гидролизат с молочнокислыми палочками, только выражены они несколько слабее.

При выработке сыра в молоко добавляют 1—1,2% стрептококкового гидролизата. Технологический процесс выработки сыра со стрептококковым гидролизатом такой же, как и обычного сыра.

Стрептококковый гидролизат способствует заметной интенсификации микробиологических и биохимических процессов при созревании сыра. В опытном сыре молочный сахар и лимонная кислота сбраживаются быстрее, чем в контрольном, но несколько медленнее, чем в сыре, изготовленном с применением гидролизата с молочнокислыми палочками. Ускоряется в опытном сыре и протеолиз: содержание общего растворимого азота и азота аминокислот в нем после месячного созревания почти такое же, как и в контролльном сыре 2-месячного возраста.

Преимуществом стрептококкового гидролизата перед гидролизатом с молочнокислыми палочками является то, что при его использовании органолептические свойства готового продукта остаются типичными для данного вида сыра. При созревании сыров со стрептококковым гидролизатом чрезмерного повышения уровня активной кислотности в продукте не происходит. Недостатком этого гидролизата является меньшая активность в отношении ускорения созревания сыра. В связи с этим сыры в месячном возрасте имеют недостаточно выраженный сырный вкус и запах и не могут считаться вполне зрелыми.

Биохимическая активность стрептококкового гидролизата заметно увеличивается, если при его приготовлении вместе с бактериальной закваской молочнокислых стрептококков вносить водный сывороточный дрожжей *Togulopsis № 304* (Алексеев, 1961) с поверхности суслового агара.

Готовый стрептококковый гидролизат с дрожжами по химическому составу мало отличается от обычного стрептококкового, в то же время, по биохимическим свойствам он значительно более активен и в этом отношении приближается к гидролизату с молочнокислыми палочками. При выработке сыра в молоко добавляют 1% гидролизата с дрожжами.

В опытном сыре, выработанном с применением стрептококкового гидролизата с дрожжами, развитие биохимических процессов заметно ускоряется по сравнению с сыром с обычным стрептококковым гидролизатом. При этом дрожжи повышают биохимическую активность микрофлоры. Последнее выражает-

ся в ускорении сбраживания в сыре молочного сахара и лимонной кислоты с последующим ускорением разложения молочной кислоты; увеличивается также скорость протеолиза. Все это приводит к ускорению созревания сыров, и в месячном возрасте сыр со стрептококковым гидролизатом с дрожжами по своим органолептическим свойствам уже является вполне зрелым продуктом. Качество такого сыра выше качества обычного (без гидролизата) на 3—4 балла и на 1,5—2 балла выше, чем сыра, выработанного со стрептококковым гидролизатом без дрожжей. Следует отметить, что сыры, выработанные с гидролизатом с молочнокислыми палочками, несмотря на более высокую степень зрелости, имеют более низкую оценку за качество, чем сыры, выработанные со стрептококковым гидролизатом с дрожжами.

Выше отмечалось, что существуют два способа устранения недостатков, присущих гидролизату с молочнокислыми палочками. Второй способ заключается в резком сокращении объема живой микрофлоры в готовом гидролизате, что достигается разбавлением водой обезжиренного молока перед внесением в него бактериальной закваски (на 10 л молока добавляют 15 л воды). Готовый гидролизат за сутки до употреблениянейтрализуют раствором едкого натра до рН 6,6—6,8 и выдерживают при температуре 30—32°C. В отсутствие молочного сахара при почти нейтральной реакции среды происходит быстрое вымирание и автолиз бактериальных клеток, в результате чего количество живых молочнокислых палочек в гидролизате резко сокращается, а гидролизат обогащается значительным количеством бактериальных эндоферментов. При использовании гидролизата, который по своим свойствам является автолизатом, в сыре не обнаруживается сладковатого и пряного привкусов, кислотность его остается нормальной. В то же время развитие биохимических процессов протекает почти также интенсивно, как и в случае выработки сыра с обычным гидролизатом, не подвергнутым дополнительной обработке.

Подводя итог результатам научно-исследовательских работ по применению гидролизатов и бактериальных автолизатов для ускорения созревания сыров, следует отметить, что этот путь в настоящее время более приемлем и эффективен по сравнению с другими способами ускорения созревания сыров. Но он имеет существенные недостатки, значительно ограничивающие возможность применения биологических препаратов в промышленности — сложность и длительность приготовления гидролизата, необходимость иметь соответствующие оборудование, помещения и высококвалифицированных работников. Опытами, проведенными в ЦНИИМСе (1960), установлено, что гидролизат можно сушить на распылительной сушилке,

при этом его биохимическая активность почти полностью сохраняется. Таким образом, возможность централизованного снабжения заводов концентрированными биопрепаратами вполне реальна.

Более доступным для сырзаводов в настоящее время является приготовление биопрепаратов для ускорения созревания сыров по упрощенной технологии. В ЦНИИМСе автором разработана технология приготовления так называемой гидролизованной бактериальной закваски, обладающей одновременно свойствами и гидролизата, и бактериальной закваски. В молоко, после предварительной пастеризации при 95°C в течение 45 мин. и охлаждения до 22—24°C, добавляют 3—5% бактериальной закваски для сыров с низкой температурой второго нагревания. Затем в него при энергичном перемешивании вносят раствор сычужного фермента в количестве, необходимом для выработки сыра с данным количеством гидролизованной закваски.

Количество сычужного порошка для приготовления закваски рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{2,5}{A},$$

где  $X$  — количество сычужного фермента, г на 1 л гидролизованной бактериальной закваски;

$A$  — доза гидролизованной закваски, добавляемой в молоко при выработке сыра, %;

2,5 — расход сычужного порошка, г на 100 л перерабатываемого на сыр молока с применением гидролизованной закваски.

Необходимый для приготовления гидролизованной бактериальной закваски сычужный порошок растворяют в воде, которую предварительно кипятят в течение 5 мин. и охлаждают до 35°C. Для растворения 10 г сычужного порошка берут 100—150 мл воды. Раствор приготовляют за 15 мин. до употребления.

Несмотря на то, что в молоко внесена большая доза сычужного фермента, свертываться оно начинает только через 7—10 мин.

Замедление сычужного свертывания молока обусловлено в данном случае двумя причинами. Во-первых, в процессе длительной пастеризации молока при высокой температуре количество растворимых в нем солей кальция значительно снижается, а присутствие их в молоке является непременным условием для образования сычужного сгустка. Во-вторых, при понижении температуре свертывающая способность сычужного фермента уменьшается. Например, при 22—24°C она

в три раза меньше по сравнению с наблюдаемой при температуре 32—34°C (Зайковский, 1950).

После вынесения сырчужного порошка сосуд с гидролизованной закваской помещают в термостат-заквасочник (с температурой воды в нем 27—28°), где закваску выдерживают 20—24 час. до готовности.

Готовая гидролизованная бактериальная закваска представляет собой очень нежный, рыхлый сгусток, плавающий в отделившейся сыворотке. Этот сгусток хорошо дробится и смешивается с сывороткой в однородную массу, по консистенции почти не отличающуюся от обычного молока. При дальнейшем выдерживании перечешанной закваски разделения сыворотки и сгустка не происходит. Вкус закваски кисловато-горьковатый, цвет — слегка желтоватый.

Готовую гидролизованную закваску можно хранить при 6—8° в течение 2—3 суток. При этом активность находящегося в ней сырчужного фермента не снижается.

Таким образом, приготовление гидролизованной закваски по времени и трудоемкости почти не отличается от приготовления обычной бактериальной. При этом используется то же оборудование и инвентарь и соблюдаются те же санитарные требования. Важно и то, что гидролизованная закваска при выработке сыра используется вместо обычной бактериальной, так что дополнительно приготовлять последнюю на заводе не требуется.

Большая доза сырчужного фермента, добавляемого в гидролизованную закваску, в 120—160 раз превосходящая обычно употребляемую при производстве сыра, способствует интенсивному гидролизу белков. Здесь образуются не только первичные продукты расщепления белка, но и свободные аминокислоты. Количество последних в гидролизованной закваске в 3—4 раза превышает их содержание в обычной бактериальной.

Пониженная температура культивирования гидролизованной бактериальной закваски (22—24°C в начале приготовления и 26—27°C в конце) способствует усилению развития в ней ароматообразующих стрептококков.

При выработке сыра в молоко добавляют 0,6—1% гидролизованной бактериальной закваски. При этом не требуется дополнительно вносить сырчужный фермент и обычную бактериальную закваску, так как содержащийся в гидролизате сырчужный фермент полностью сохраняет свою активность. В связи с этим расход сырчужного фермента не превышает установленной нормы — 2,5 г на 100 кг молока. Свертывание молока гидролизованной бактериальной закваской осуществляется в течение 25—30 мин. при температуре 32—34°C.

Технологический процесс производства сыра с гидролизованной бактериальной закваской не изменяется.

Применение гидролизованной бактериальной закваски вместо обычной способствует увеличению объема микрофлоры в сыре примерно на 30%. Наряду с этим ускоряются биохимические процессы в сыре. По содержанию продуктов протеолиза (в том числе и свободных аминокислот) сыр с гидролизованной бактериальной закваской уже в месячном возрасте не уступает обычному сыру 2-месячного возраста. Испытание гидролизованной бактериальной закваски в производственных условиях показало, что выработанный с ее применением сыр в месячном возрасте обладает свойствами зрелого продукта.

Таким образом, по биохимической активности гидролизованная бактериальная закваска не уступает гидролизатам. В то же время процесс ее приготовления значительно проще и быстрее. Такую закваску можно приготовить на любом сыродельном заводе.

Увеличить содержание в сыре бактериальных эндоферментов можно не только за счет внесения в него готовых биопрепаратов. С этой целью нужно создать в среде условия, способствующие более быстрому вымиранию микрофлоры после достижения ею максимального развития.

Использование бактериофага привело к неудачным результатам (Рунов). Внесенный вместе с закваской бактериофаг вызывал лизис бактериальных клеток уже в процессе выработки сыра. Поэтому в самом начале созревания опытных сыров объем микрофлоры оказывался очень незначительным. Молочнокислый процесс в связи с этим сильно замедлялся и в сыре отмечалось развитие посторонней микрофлоры. Достичь ускорения созревания сыра этим путем не удалось.

Разрушение бактериальных клеток в сыре можно обеспечить действием на него ультразвуковых колебаний. Такие исследования проведены Нелсоном и Виндером (1954). Несмотря на положительные результаты, полученные при использовании ультразвука для ускорения созревания сыра, этот способ распространения в промышленности еще не получил, что объясняется сложностью и дороговизной применяемого оборудования.

### **Применение ферментов животного и растительного происхождения**

Для ускорения протеолиза при созревании сыров были предприняты попытки применить различные протеолитические ферменты. Но как уже указывалось ранее, использование при

выработке сыра увеличенной дозы сырчужного фермента малоэффективно и нецелесообразно.

При применение пепсина не оказывало благоприятного влияния на процесс созревания сыра, так как при оптимальных для созревания сыра условиях его эффективность незначительна; оптимум действия пепсина лежит при рН 1,5—2,0 и температуре 45—55°C.

Отрицательные результаты получены и при выработке сыров с эрепсином, представляющим собой смесь различных пептидаз: аминолипопептидазы, дипептидазы, пролиназы и иминопептидазы (две последние пептидазы действуют на определенным образом построенные полипептиды, содержащие пролин и оксипролин). Оптимум действия пептидаз, входящих в состав эрепсина, находится при рН 7,1—7,6 (Збарский и др., 1951), что также не соответствует активной кислотности, имеющей место при созревании сырной массы.

Заметное усиление протеолиза отмечено при добавлении в молоко трипсина. Еще больший эффект получался, когда трипсин в количестве 0,02% добавляли в готовое сырное зерно. Содержание продуктов протеолиза в опытном сыре при этом увеличивалось более чем в 2 раза. В то же время сыр имел горький вкус.

Снижение дозы трипсина и употребление его в комбинации с другими ферментами позволило уменьшить выраженность горького вкуса, но устранить этот недостаток полностью не удалось (Инников).

Репиной (1954) проведены исследования с целью выяснения возможности применения для ускорения созревания сыров комплекса ферментов поджелудочной железы животных — панкреатина. В этом комплексе наряду с протеолитическими ферментами (трипсин, химотрипсин и другие) содержится и жирорасщепляющийся фермент — липаза.

При проведении опытов панкреатин добавляли в готовую сырную массу в количестве 0,005—0,0075%. При этом выраженность сырного вкуса массы увеличивалась, но одновременно отмечался прогорклый привкус — результат действия липазы. Влияние панкреатина на созревание натурального сырчужного сыра в этих опытах не определялось. Но можно полагать, что и при производстве натуральных сыров панкреатин будет оказывать неблагоприятное действие на качество готового продукта.

Наряду с ферментами животного происхождения при выработке сыров многие исследователи использовали различные ферменты растительного происхождения. Такие опыты проведены Демуровым, Одоевской, Муганлинской (1956). Качество

сыра при этом чаще всего было неудовлетворительным. В указанных опытах ускорения созревания сыров отмечено не было.

В 1960 г. в ЦНИИМСе для ускорения созревания сыра применили фермент субтилизин, являющийся продуктом жизнедеятельности гнилостных бактерий *Vac. subtilis*. Оптимум его действия — при реакции среды, близкой к нейтральной. Субтилизин обладает большой протеиназной и малой пептидазной активностью. Поэтому его действие сопровождается накоплением большого количества растворимого белка, а продуктов его глубокого расщепления (полипептидов и аминокислот) при этом образуется очень мало.

Использование субтилизина при выработке сыров не дало положительных результатов.

#### **Другие способы ускорения созревания сыров**

В последние годы за рубежом выдан ряд патентов на различные способы ускорения созревания сыров, но подробного описания этих способов в литературе нет.

Так, например, в США для ускорения созревания сыров сконструирован аппарат, в котором созревающие сыры периодически подвергаются облучению угольно-дуговой лампой и вакуумированию.

В ФРГ запатентован способ ускорения созревания сыра, заключающийся в том, что к полученному обычным способом сырному зерну добавляют 3—15% сывороточных белков. Указывается, что это способствует ускорению созревания сыра и не ухудшает его вкуса и запаха. Там же запатентован способ ускорения созревания сыров, заключающийся в добавлении в молоко при выработке сыра экстракта из растений (шиповника, пшеницы и др.). Можно полагать, что сущностью этого способа ускорения созревания сыров является обогащение их витаминами и другими необходимыми для развития микрофлоры ростовыми веществами. Эффективность его, по-видимому, очень незначительна. Аналогичный способ повышения биологической полноценности молока исследован Ведяшкиным (1960), который установил, что добавление экстракта шиповника в молоко при выработке сыра оказывает положительное влияние только в случае использования несыропригодного (биологически неполноценного) молока. Даже в этом случае отмечено только улучшение качества сыра без ускорения его созревания.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основным препятствием в разрешении проблемы ускорения созревания сыров является в настоящее время недостаточная

изученность микробиологических, биохимических и физико-химических процессов, протекающих в сыре при его созревании. Следовательно, дальнейшее изучение сущности и динамики развития этих процессов, их взаимообусловленности и зависимости от различных факторов, является основным направлением в решении ускорения созревания сыров.

Хотя проблема ускорения созревания сыров еще далека от окончательного разрешения, накоплено большое количество экспериментальных и теоретических данных, позволяющих высказать определенные соображения о наиболее перспективных путях решения этой проблемы и об использовании уже полученных результатов в производственной практике.

Установлено, что основой процесса созревания сыров является жизнедеятельность молочнокислых бактерий. Последние являются основным источником образования ферментов, под действием которых происходят превращения составных частей сыра. Ускорение созревания сыров связано, прежде всего, с увеличением в них количества бактериальных ферментов и созданием оптимальных условий для их деятельности.

Увеличить в сыре бактериальные ферменты можно двумя способами.

Первый из них предусматривает использование биохимически активных молочнокислых бактерий, выделяемых из природных объектов или получаемых путем направленного воспитания в соответственно измененных условиях среды. В последнем случае очень важно совместное культивирование специально подобранных видов и штаммов молочнокислых бактерий, вступающих друг с другом в симбиотические отношения.

Перспективным путем повышения биохимической активности молочнокислых бактерий является совместное их культивирование с особыми видами дрожжей. При совместном развитии с молочнокислыми бактериями эти дрожжи снабжают их азотистым питанием, витаминами и другими факторами роста, создают благоприятные окислительно-восстановительные условия и, потребляя молочную кислоту, снижают ее угнетающее действие на молочнокислые бактерии, в результате чего биохимическая деятельность последних повышается. Таким образом, использование в сыророделии особых видов дрожжей является реальным путем ускорения созревания сыра.

Второй способ увеличения количества бактериальных ферментов в сыре связан с внесением их в сыр в виде готовых препаратов — гидролизатов, автолизатов и гидролизованной бактериальной закваски. Использование этих препаратов позволяет сократить почти в два раза продолжительность созревания сыров.

Ускорение созревания сыра, как уже отмечалось, может

быть достигнуто и за счет создания оптимальных условий для 3  
деятельности бактериальных и иных ферментов.

Как показали многочисленные исследования, использование этого пути для ускорения созревания сыров может иметь только очень ограниченное применение. Это связано с тем, что в зависимости от температуры, влажности, кислотности и других условий находится не только интенсивность, но и направленность деятельности ферментов.

Для получения сыра с типичными для него органолептическими свойствами необходимо, чтобы в процессе созревания в нем накопились вкусовые и ароматические вещества в определенном соотношении. Нарушение этого соотношения приводит к нежелательным результатам. Достигнение необходимой направленности развития биохимических процессов связано, прежде всего, с созданием в сыре определенных условий для деятельности ферментов. Эти условия установлены многолетней практикой сырodelия и обоснованность выбора их подтверждена рядом специальных научно-исследовательских работ. Таким образом, следует признать, что условия, определяющие процесс созревания сыров, неоптимальные с точки зрения интенсивности деятельности бактериальных ферментов, являются оптимальными для качественной направленности этой деятельности. При этом имеется в виду деятельность ферментов, вырабатываемых используемыми в настоящее время в сырodelии микроорганизмами. Если в дальнейшем будут найдены другие виды микрофлоры, пригодные для сырodelия, с иным комплексом ферментов, то для обеспечения определенной направленности их деятельности потребуется создание других условий, т. е. другой технологический режим производства сыра.

Особое место среди условий, определяющих процесс созревания сыров, занимает окислительно-восстановительный потенциал сырной массы. На основании ряда теоретических соображений и результатов практических работ, проведенных в других отраслях промышленности, можно высказать предположение, что соответствующее регулирование этого фактора является одним из наиболее перспективных путей ускорения созревания сыра.

Ферменты, с помощью которых происходят или иные превращения составных частей сырной массы при ее созревании, содержатся также в производственном препарате сычужного фермента. Выделение этих ферментов в чистом виде и использование их при выработке сыра в необходимом количестве также может дать весьма положительный эффект в отношении ускорения созревания сыра и повышения его качества.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В. Н. Влияние дрожжей *Torulopsis № 304* на ускорение созревания сыров. Тезисы докладов научно-технической конференции молодых специалистов молочной промышленности. М., 1961, стр. 36—38.
- Бассе и Харпер. Кислые и нейтральные карбонильные соединения в швейцарском сыре. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 374.
- Белогусов А. П. Состав белково-фосфатно-кальциевого комплекса естественного сгустка и консистенция голландского сыра. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 86.
- Блок Г. Г., Богданов В. М., Гейнберг С. Г. Применение дрожжей в маслоделии. М., Пищепромиздат, 1957.
- Богданов В. М., Макинова А. К. Приготовление сухих культур дрожжей и жидких заквасок. Сборник рефератов научных работ Всесоюзного научно-исследовательского института молочной промышленности, вып. I. М., Пищепромиздат, 1955, стр. 30—32.
- Боттацини. Исследования двух видов итальянского сыра методом бумажной хроматографии. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 383.
- Ведяшкин П. Ф. Влияние экстракта шиповника на развитие молочно-кислого брожения в молоке и созревание сыра. Научная конференция по итогам научно-исследовательской работы за 1958—1959 гг. Вологодск, книжное изд-во, 1960, стр. 93—94.
- Веселова И. А. Особенности в химическом составе горького по вкусу голландского сыра. Труды Вологодского молочного института, вып. 1. Вологодск, книжное изд-во, 1959, стр. 219—239.
- Галестроот Т. Взаимодействие нитрата и ксантинооксидазы в предупреждении маслянокислого брожения в голландском сыре. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 254.
- Галь Н. Влияние кишечной палочки на приготовление заквасок. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 334.
- Гибшман М. Р. Микробиологические процессы в сыре ускоренного созревания. «Молочная промышленность», 1960, № 3, стр. 15—18.
- Гибшман М. Р., Климовский И. И. Влияние состава заквасок на микробиологические и биохимические процессы при созревании костромского сыра. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 61.
- Давидов Р. Б., Круглова Л. Содержание лимонной кислоты в молоке. «Молочная промышленность», 1960, № 10, стр. 42—44.
- Дейч А. и Самюэльссон Е. Содержание аминокислот и их низкомолекулярных производных в коровьем молоке. Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 416.
- Истгаард Е., Сиррист Г., Брандзетер Е. Влияние нитрата, температуры второго нагревания и воды, добавленной к сыворотке, на содержание летучих кислот в сыре гауда. Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 161.
- Климовский И. И., Розанов А. А., Гибшман М. Р. Основные факторы, определяющие видовые особенности костромского и степного сыра. Труды ЦНИИМС, вып. 6. М., Пищепромиздат, 1960, стр. 3—53.
- Климовский И. И. Биохимические процессы в сыре ускоренного созревания. «Молочная промышленность», 1960, № 3, стр. 10—15.
- Климовский И. И. Производство новых видов сыра. М., ГОСИНТИ, 1962.

- Кристофферсен Т. и Гульд И. Влияние карбонильных соединений на образование вкуса сыра чеддер. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 108.
- Либерман Л. Почему свежевыдоспенное молоко малопригодно для выработки сыра. «Молочная промышленность», 1961, № 9, стр. 39—40.
- Макса В., Ицинский В. Изучение некоторых не образующих спор дрожжей в целях их применения при производстве сыра рокфор. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 343.
- Наканиши Т. и Токита Ф. Содержание лимонной кислоты в сыре и ее поведение в процессе созревания. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 166.
- Попов А., Славянов В. Новые приемы обработки молока и новое оборудование. Аппарат для ускорения созревания сыра. «Молочная промышленность», 1958, № 3, стр. 43.
- Прокс И., Долежалек И. и Пех З. Изучение совместного действия дрожжей рода *Torulopsis* на образование метилкетонов в сыре рокфор. XV Международный конгресс по молочному делу, М., Пищепромиздат, 1961, стр. III.
- Работнова И. Л. Роль физико-химических условий ( $pH$  и  $rH_2$ ) в жизнедеятельности микроорганизмов. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Риттер П. Антибиотическое действие кишечных бактерий на молочно-кислые бактерии. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 58.
- Розанов А. А., Алексеев В. Н. Продолжительность посолки ярославского сыра. «Молочная промышленность», 1958, № 5, стр. 45.
- Розанов А. А. Улучшение консистенции сыра. «Молочная промышленность», 1959, № 7, стр. 12—14.
- Розанов А. А., Алексеев В. Н. Производство пошебонского сыра. «Молочная промышленность», 1961, № 1, стр. 42.
- Стадхудерс Дж., Мулдер Х. Гидролиз жира в процессе созревания твердого сыра. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 287.
- Стадхудерс Дж. Гидролиз белка во время созревания голландского сыра. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 103.
- Стадхудерс Дж., де Врие Е., Мулдер Х. Роль термоустойчивых липаз в сыроподелии. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 104.
- Фостер Э. М., Нелсон Ф. Ю., Спекк М. Л., Детч Р. Н., Ольсон Дж. Микробиология молока. М., Пищепромиздат, 1961.
- Хитаранта М. Образование углекислоты заквасками. XV Международный конгресс по молочному делу. М., Пищепромиздат, 1961, стр. 192.
- Цолликофер Е., Шмид А. Содержание свободных аминокислот в некоторых типах швейцарских сыров. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 272.
- Чеботарев А. И. Биохимические основы созревания сыров. Вологодское книжное изд-во, 1959.
- Чизар И., Пулей Г. Исследование штаммов молочнокислых стрептококков, образующих антибиотики против маслянокислых бактерий. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 500.
- Шапошников В. Н. Физиология обмена веществ микроорганизмов в связи с эволюцией функций. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Юнарику А. Ю. Производство эстонского сыра ускоренного созревания.

- Пищевая промышленность (маслодельная и сыродельная). Научно-технический сборник № 2 (30), М., ЦИНТИПИЩЕПРОМ, 1960, стр. 3.  
Яржинский Р., Кирмайер Ф. Об ароматических веществах, образующихся при созревании сыра. XIV Международный конгресс по молочному делу. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 267.
- Dolezalek, Voriskova. Effect of nitrate and nitrite on bacteria of the eschericheae group and species of Genus Clostridium. 15-th Intern. Dairy Congr., v. 2, p. 616, 1959.
- Robertson R. S., Perry K. D. Enhancement of the flavour of cheddar cheese by adding a strain of micrococcus to the milk. J. Dairy Research, 1961, v. 28, N 3, p. 245.
- Stadhouders J. The hydrolysis of protein during the ripening of cheese. Same methods to accelerate the ripening. Neth. Milk and Dairy J., 1961, v. 15, N 2, p. 105—212.
- Stadhouders J. The hydrolysis of protein during the ripening of Dutch cheese. The enzymes and bacteria involved. Neth. Milk and Dairy J., 1960, v. 14, N 2, p. 83.
- Stadhouders J., Mulder H. Fat hydrolysis and cheese flavour. IV. Fat hydrolysis in cheese from pasteurized milk. Neth. Milk and Dairy J., 1960, v. 14, N 2, p. 141.
- Walker I. R. A. Some volatile compounds in New Zealand cheddar cheese and their possible significance in flavour formation. IV. The addition of flavour compounds to cheese curd to simulate cheddar flavour. J. Dairy Research, 1961, v. 28, N 1, p. 1—4.
- Кроме указанной литературы автором приведен список, состоящий дополнительно из 182 источников зарубежной и отечественной литературы, с которым желающие могут ознакомиться в ЦИНТИПИЩЕПРОМе.
-

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Изменения составных частей сыра в процессе его созревания</b>	<b>3</b>
Расщепление белков и дальнейшее превращение продуктов протеолиза . . . . .	3
Разложение жира . . . . .	9
Превращение молочного сахара . . . . .	13
<b>Микробиология сыров</b>	<b>18</b>
Роль молочнокислых бактерий в превращении составных частей сыра . . . . .	18
Динамика развития микрофлоры в сыре . . . . .	18
Бактериальные закваски в сыроделии . . . . .	22
Взаимное влияние различных представителей микрофлоры сыра . . . . .	24
<b>Факторы, влияющие на процесс созревания сыра</b> . . . . .	<b>26</b>
Сычужный фермент . . . . .	26
Температура второго нагревания . . . . .	29
Температура созревания . . . . .	31
Влажность сыра . . . . .	33
Активная кислотность сыра . . . . .	35
Окислительно-восстановительный потенциал . . . . .	42
Содержание поваренной соли . . . . .	51
<b>Пути ускорения созревания сыра</b> . . . . .	<b>53</b>
Увеличение объема действующей в сыре микрофлоры . . . . .	53
Использование биохимически активных видов и штаммов молочнокислых бактерий . . . . .	58
Использование других видов микрофлоры . . . . .	60
Использование дрожжей . . . . .	61
Использование биологических препаратов, содержащих бактериальные ферменты и продукты гидролиза белковых веществ . . . . .	64
Применение ферментов животного и растительного происхождения . . . . .	71
Другие способы ускорения созревания сыров . . . . .	73
<b>Заключение</b> . . . . .	<b>73</b>
<b>Литература</b> . . . . .	<b>76</b>

Ответственные за выпуск: *В. В. Долговский, В. В. Анисимова*

Литературный редактор *П. А. Вербова*

Технический редактор *Е. С. Манвелова* Корректор *В. В. Симоновская*

Адрес ЦИНТИПИЩЕПРОМа: Москва, К-31, Кузнецкий мост, 12

---

Сдано в набор 9/III-63 г. Подписано к печати 24/IV-63 г. Л62360

Формат 60×90<sup>1/16</sup> Объем п. л. 5 Уч.-изд. л. 4,82

Тираж 3000 экз. Цена 92 коп. Изд. № 507 Зак. 510

---

Малоярославецкая типография облполиграфиздата управления культуры