

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА И РЕЖИМОВ СОЗРЕВАНИЯ НА ЕГО СВОЙСТВА В СЫРОДЕЛИИ

*Т. И. Шингарева*

Исследованы способы предварительной подготовки молока в сыроделии. Изучено влияние тепловой и термомеханической обработки молока, температурных режимов созревания на химический состав, вязкость, физико-химические и органолептические показатели молока и их изменение в процессе созревания. Установлены факторы, оказывающие существенное влияние на изменение показателей молока при созревании. Определены способы предварительной термообработки, положительно влияющие на сыропригодность молока.

### **Введение**

В сыроделии решающим фактором при производстве сыров являются химический состав, физические свойства и микробиологические показатели перерабатываемого молока. Эти факторы определяют сыропригодность молока, то есть способность к свертыванию, образованию сгустка надлежащей плотности, а также способность к брожению и созданию среды, необходимой для развития и деятельности полезных микроорганизмов и, прежде всего, молочнокислых бактерий. Однако сегодняшний уровень развития производства, современные технологии, новейшее оборудование позволяют повышать сыропригодные свойства молока, что оказывает положительное влияние на качество вырабатываемой продукции [1–3].

Известно, что в сыроделии сразу после приемки молоко подвергают очистке на центробежных очистителях. Традиционно в сыроделии молоко направляется в сыром виде, предварительно очищенное от микроорганизмов центрифужным методом. При этом центробежная очистка молока осуществляется на сепараторах молокоочистителях при температуре от 45 °С до 55 °С, так как в этих условиях осаждение механических загрязнений наиболее эффективно вследствие увеличения скорости движения частиц [4].

Сегодня для очистки молока от клеток и спор микроорганизмов находит применение метод бактофугирования. Наиболее часто его используют в сыроделии для очистки от спор маслянокислых бактерий, вызывающих порок «позднее вспучивание». Принцип метода основан на том, что плотность микроорганизмов несколько превышает плотность молока, поэтому они легко могут оседать под воздействием центробежной силы и удаляться из молока. Однако кроме активного подавления посторонней микрофлоры, при бактофугировании, имеет место изменение качества молочного белка. Установлено, что увеличение размеров мицелл казеина может происходить в результате воздействия гидромеханических сил. При этом движущей силой мицеллообразования казеина в молоке являются гидрофобные взаимодействия между субмицеллами. Последние определяются наличием на поверхности контактирующих субмицелл гидрофобных областей, или «липких» пятен, которые заставляют их «слипаться», чтобы уменьшить общую площадь контакта с водой. Мицеллы казеина разрушаются на фрагменты и субмицеллы, поверхность их разрыхляется и оголяются преимущественно гидрофобные участки. В результате более крупные мицеллы казеина самопроизвольно восстанавливаются. Увеличение средних размеров мицеллярного казеина под воздействием гидромеханических сил, т.е. перегруппировка, приводит к высвобождению некоторого количества ионизированного кальция, который находился в составе мицелл. А всякое изменение концентрации ионов кальция влечет за собой общее изменение коллоидной фазы молока и его солевой системы. Так, увеличение содержания ионов кальция способствует снижению заряда казеиновых комплексов, в результате чего комплексы начинают соединяться в укрупненные агрегаты, т.е. улучшается сыропригодность [5].

На сыропригодность молока влияют режимные параметры созревания и пастеризации молока [6]. При длительном хранении сырого молока может проходить размножение психротрофных микроорганизмов, интенсивность развития которых зависит от температурных режимов. Поэтому для профилактики их развития применяют термизацию молока.

Целью работы явилось установить влияние способов предварительной подготовки молока для выработки сычужных сыров на стабильность молочных белков и, соответственно, сыропригодность молока. В задачи исследования входило изучить характер изменения мицелл казеина и ионов кальция в процессе созревания молока при варьировании способов предварительной обработки молока и температурных режимов созревания.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Объектами исследования явились: молоко сырое, соответствующее СТБ 1598-2006; молоко, после предварительной термомеханической обработки на предприятии; сычужный сгусток; сыворотка подсырная; сыр с низкой температурой второго нагревания, полученный в результате сычужной коагуляции.

Изучению подвергались следующие показатели молока: титруемая кислотность титриметрическим методом [7], активная кислотность потенциометрическим методом [8], вязкость с применением капиллярного вискозиметра [9], органолептическая оценка сенсорным методом, содержание белка модифицированным методом формольного титрования, стабильность белков по этанолу по модифицированной методике на алкогольную пробу, средний размер мицелл казеина методом светорассеивания, содержание ионов кальция методом ионометрии [10]. Схема исследований влияния разных режимов предварительной подготовки молока, включая созревание, на стабильность молочных белков представлена на рисунке 1. В эксперименте в качестве контрольных образцов служило молоко-сырьё, подвергнувшееся созреванию в сыром виде при температуре 6 °С (контроль 1) и 11 °С (контроль 2) с последующей пастеризацией при температуре 72 °С с выдержкой 15 с (рисунок 1).

В опытных образцах варьировали технологическими параметрами термомеханической обработки молока-сырья следующим образом. Проводили три серии опытов. При этом в опытах серии 1 молоко сразу пастеризовали и затем направляли на созревание при температуре 6 °С (опыт 1-1) и 11 °С (опыт 1-2). В опытах серии 2 молоко после термизации (температура 65 °С с выдержкой 15 с) созревало и затем проходило пастеризацию при температуре 72 °С с выдержкой 15 с, при этом в опыте 2-1 созревание проводили при температуре 6 °С, а в опыте 2-2 при 11 °С. В опытах серии 3 молоко созревало уже после предварительной нормализации в потоке, бактофугирования (температура 55 °С) и термизации (температура 65 °С с выдержкой 15 с) и затем проходило пастеризацию при температуре 72 °С с выдержкой 15 с. В опыте 3-1 созревание проводили при 6 °С, а в опыте 3-2 при 11 °С.

В процессе созревания (0, 2, 15 и 24 ч) во всех исследуемых образцах проводили измерения следующих показателей: титруемая кислотность, °Т (рисунок 2); активная кислотность, ед. рН (рисунок 3); термоустойчивость белков по этанолу (рисунок 4); условная вязкость, Па·с (рисунок 5); содержание ионов кальция, мг% (рисунок 6) и средний размер мицелл казеина, нм (рисунок 7).

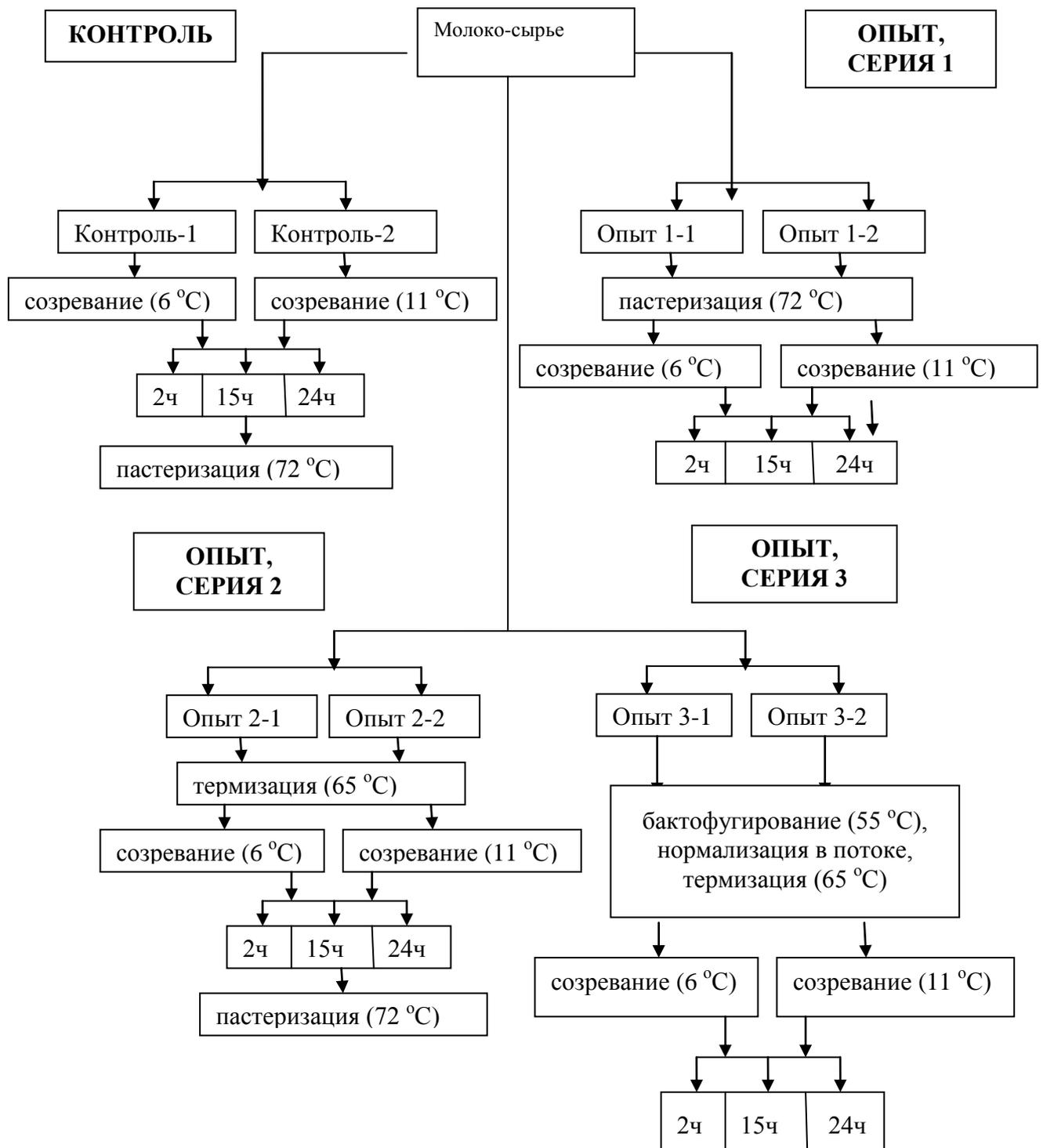


Рисунок 1 – Схема исследований влияния разных режимов предварительной подготовки молока в сырделии на стабильность молочных белков

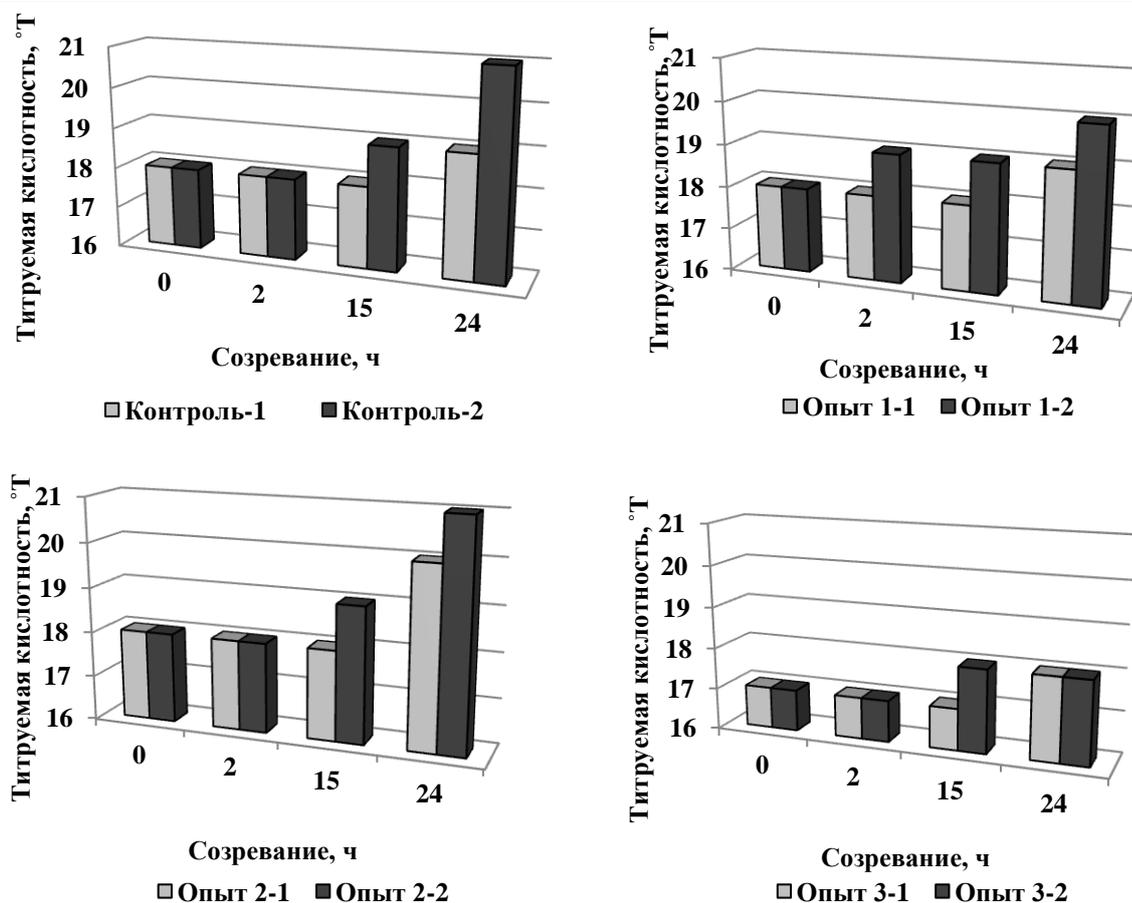


Рисунок 2 – Изменение титруемой кислотности при созревании молока

Как видно из рисунка 2, максимальное увеличение титруемой кислотности наблюдалось в контроль-2 и опыт 2-2, где созревание проходило при 11 °С. Это связано с отсутствием (контроль) или применением мягкой термической обработки (опыт) в виде термизации при температуре 65 °С перед созреванием молока. Такая же закономерность установлена и по активной кислотности (рисунок 3). Это можно объяснить интенсивным развитием остаточной микрофлоры молока, причем с увеличением продолжительности созревания кислотность нарастает. Минимальное отклонение по приросту кислотности молока (титруемой активной) в процессе созревания установлено в серии опытов 3, когда нормализованное молоко перед созреванием проходило бактофугирование и термизацию. В сравнении с другими способами обработки молока этот режим обеспечивает минимальное развитие остаточной микрофлоры при созревании молока. При этом в этих опытах различия по кислотности при разных температурах созревания (от 6 °С до 11 °С) были незначительными. С другой стороны, выявлено, что титруемая кислотность при созревании молока начинает изменяться практически сразу, а показатель активной кислотности (рН) определенный период не изменяется, по причине буферных свойств молока, характеризующихся наличием в нем белков, фосфатов, нитритов. Только при нейтрализации кислотных и амидных групп аминокислот белков наступает резкое изменение активной кислотности.

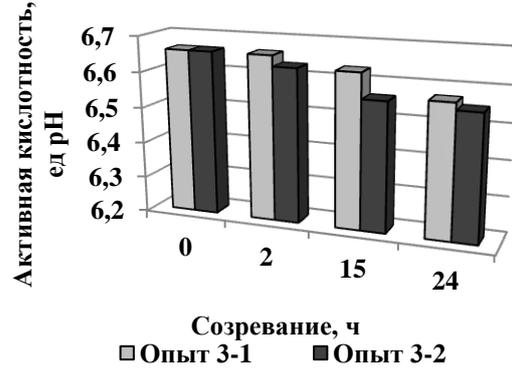
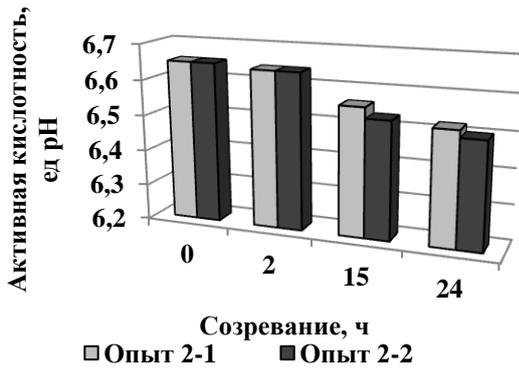
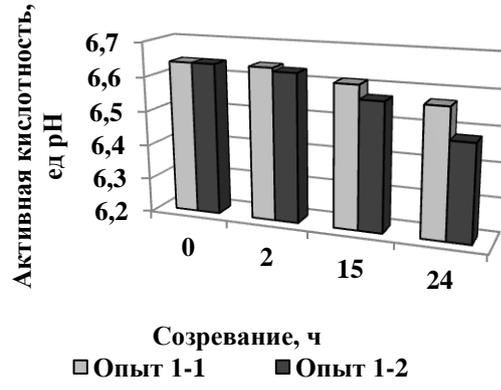
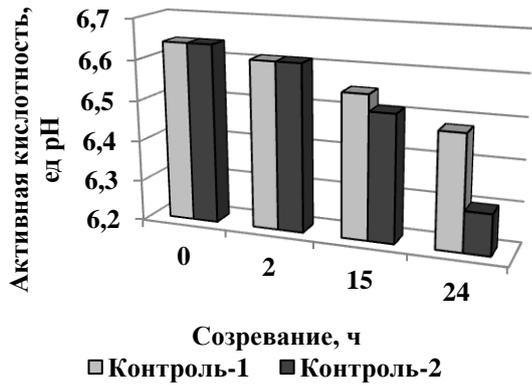


Рисунок 3 – Изменение активной кислотности при созревании молока

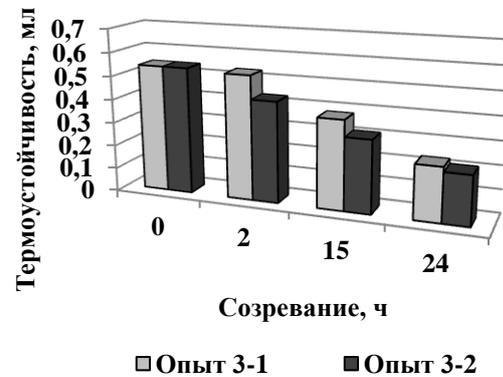
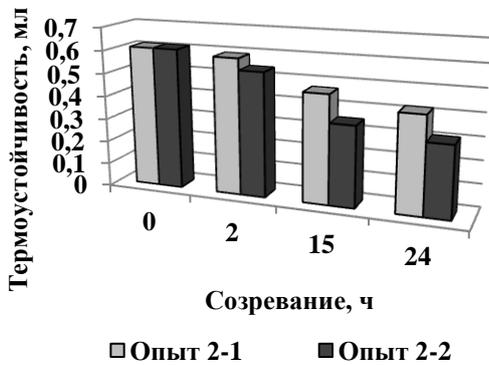
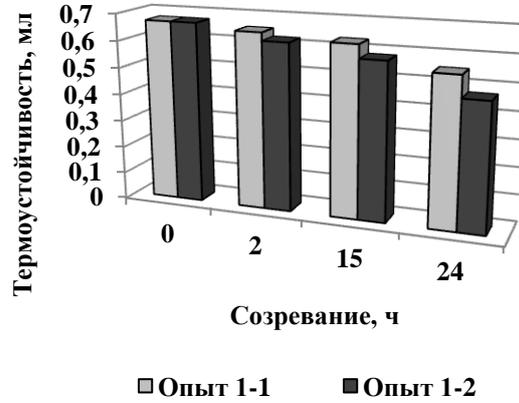
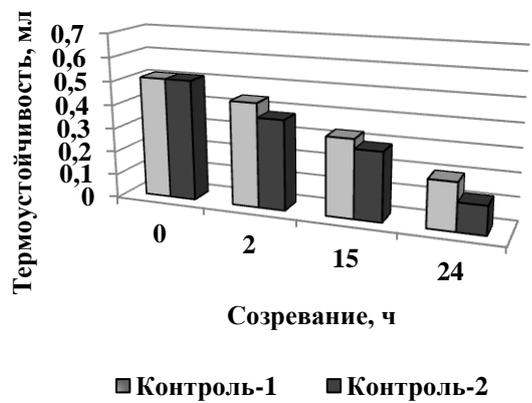


Рисунок 4 – Изменение термоустойчивости при созревании молока по алкогольной пробе

Как видно из рисунка 4, самая высокая термоустойчивость молока и, соответственно, стабильность белков по этанолу (0,67 мл на 0-е сутки и снижение к концу созревания только на 17 %) отмечается, если молоко сразу перед созреванием пастеризовали (опыты серии 1). Это доказывает наличие процесса денатурации сывороточных белков, вызванных достаточно высокими температурами пастеризации. Проведение термизации молока перед созреванием (опыты серии 2) несколько повышает термоустойчивость молока. Что касается созревания сырого молока (контроль), здесь отмечалась минимальная стабильность белков, причем последняя с повышением температуры созревания (контроль-2) падала быстрее. Это можно объяснить ослаблением гидрофобного взаимодействия – основных сил, стабилизирующих мицеллы казеина. Чем больший временной период хранения, тем больше  $\beta$ -казеина, обладающего большей гидрофобностью, переходит в молочную плазму. При этом соотношение между мицеллярной и плазменной формами казеина сдвигается в сторону последней. Превалирование  $\beta$ -казеина в плазме молока повышает способность к агрегации с образованием пространственных структур, резко снижая стабильность белков. С другой стороны, выявлено, что термомеханическая обработка молока, включая бактофугирование и термизацию, предшествующая пастеризации (опыты серии 3), на стабильность белков оказывает практически такое же влияние, как в Контроле, где молоко созревало в сыром виде. Это позволяет заключить, что при применении перед созреванием термомеханической обработки молока происходит изменение компонентного состава молока и, прежде всего, мицеллярной структуры белков, степени дисперсности жира. Это влияет на их взаимодействие между собой и средой, где они находятся, что имеет положительное значение, улучшающее сыропригодность молока.

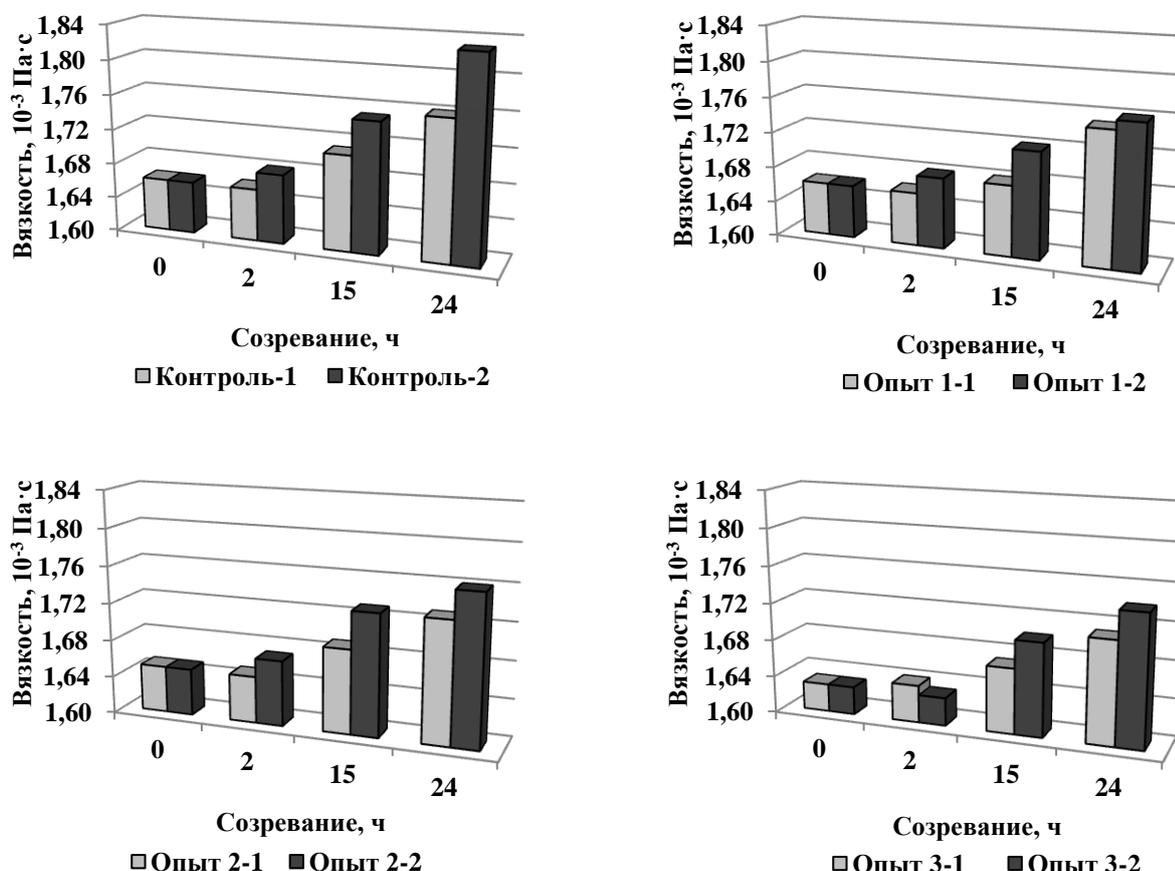


Рисунок 5 – Изменение условной вязкости при созревании молока

Анализ изменения кислотности молока и стабильности белков при созревании позволяет заключить, что из-за активного развития разной микрофлоры следует избегать созревания сырого молока. Более предпочтительно перед созреванием применять современные способы термомеханической обработки, включая бактофугирование и термизацию молока. Это замедляет развитие микрофлоры, в том числе технически вредной, а при этом изменение стабильности белков при созревании протекает достаточно близко к сырому молоку и практически не зависит от температуры созревания.

Изменение вязкости молока при созревании показало увеличение во всех сериях опытов, причем более заметное в сыром молоке (контроль). Максимальное увеличение вязкости наблюдалось у контрольного образца (10 %), минимальное – в опыте 3 (4 %). Это объясняется нарастанием кислотности, укрупнением белковых частиц, адсорбцией белков на поверхности шариков жира и др.

Разные способы подготовки молока влияют также на содержание ионизированного кальция. Как видно из рисунка 6, с увеличением продолжительности созревания его содержание увеличивается.

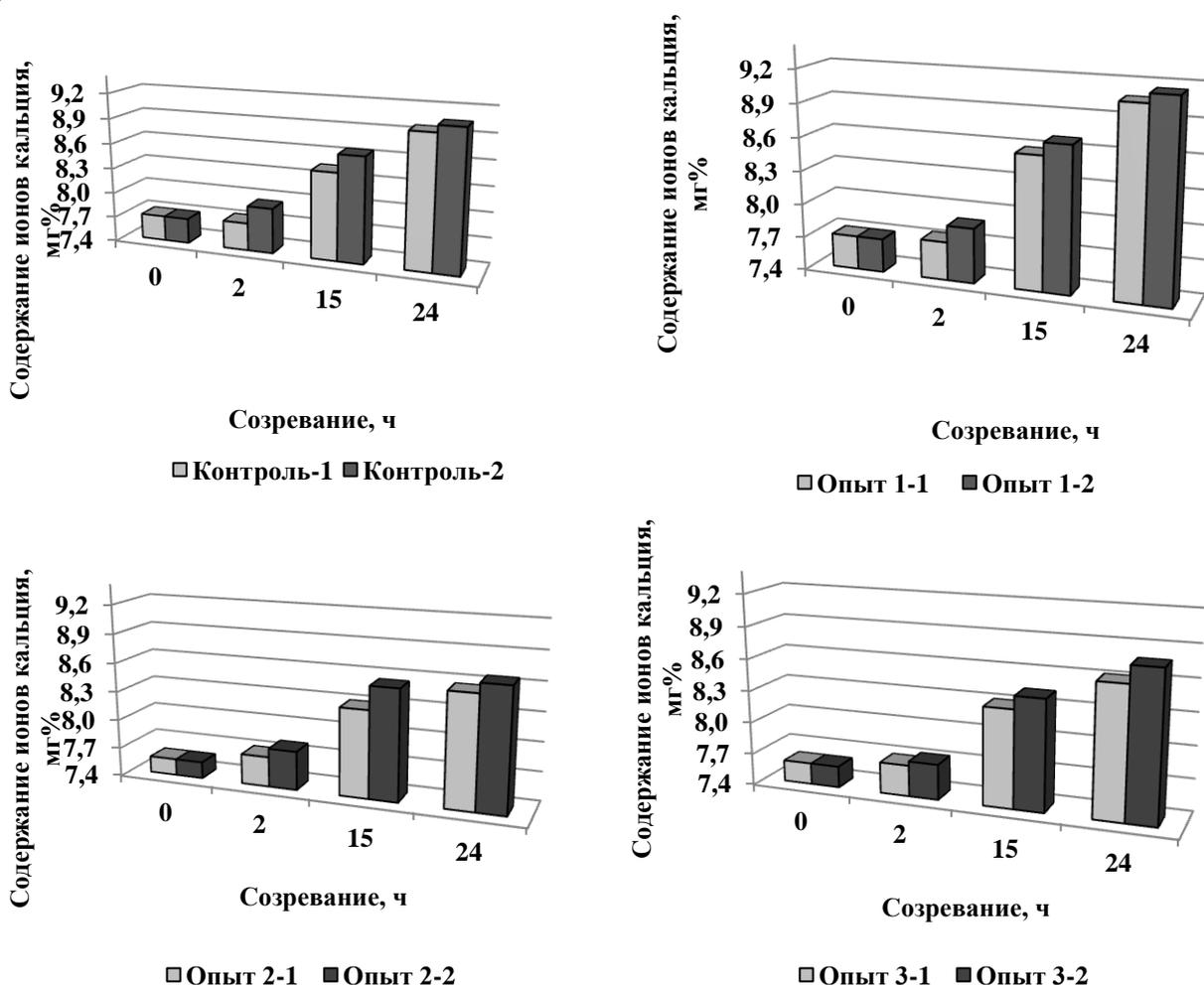


Рисунок 6 – Изменение содержания ионов кальция при созревании молока

В процессе созревания молока происходит выход ионизированного кальция из дестабилизированных мицелл казеина. Известно, что его содержание в молоке снижается после тепловой обработки. Однако установлено, что при пастеризации зрелого молока (контроль) в сравнении с молоком, созревающим после пастеризации (опыты серии 1), происходит снижение содержания ионов кальция. Причём максимальное увеличение содержания ионизированного кальция при созревании (18 %) наблюдается у молока, созревающего после пасте-

ризации при 11 °С, а минимальное (13 %) – в опытах серии 2 и серии 3, созревающих при 6 °С, что обусловлено двойной термической обработкой, или дополнительно и механической обработкой молока.

Изучение размеров мицелл казеина молока в процессе созревания (рисунок 7) показало, что эти изменения носят сложный характер.

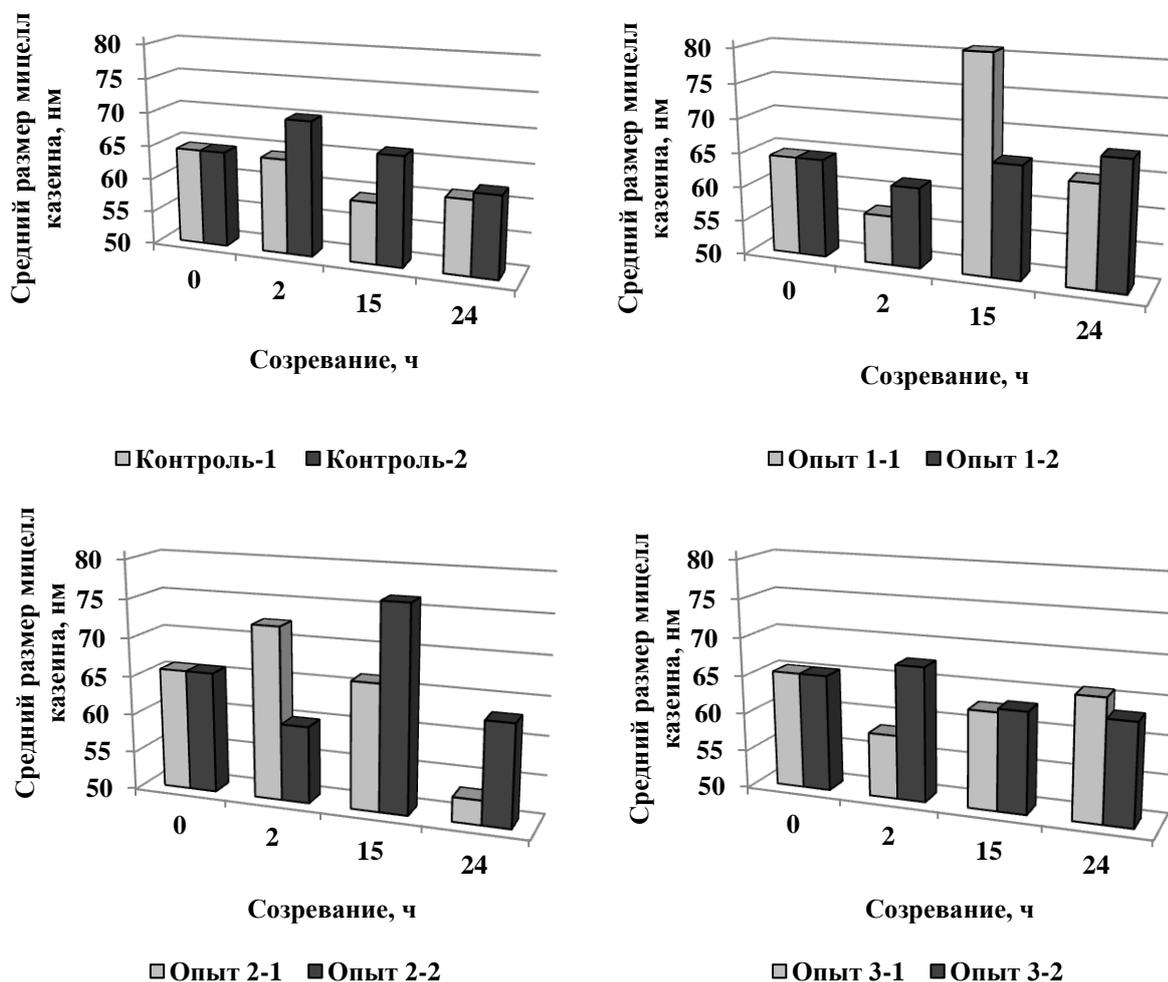


Рисунок 7 – Изменение среднего размера мицелл казеина при созревании молока

Как видно, практически во всех образцах в процессе созревания в какой-то промежуток времени наблюдается укрупнение казеиновых мицелл, а в какой-то – дробление. Это, вероятно, связано не только с термомеханическим воздействием при обработке молока, но физико-химическими и микробиологическими процессами, протекающими при созревании молока.

### Заключение

Установлено, что проведение пастеризации молока перед созреванием, в сравнении с молоком, которое созревало в сыром виде, приводит к снижению развития микрофлоры, о чем свидетельствует меньший прирост титруемой кислотности. В то же время данный процесс зависит от температуры: при 6 °С прирост кислотности значительно ниже, чем при 11 °С. В процессе созревания молока увеличивается содержание ионизированного кальция, причем максимальное увеличение кальция в плазме отмечается в молоке пастеризованном. При этом термоустойчивость находится в прямолинейной зависимости не только от температурного фактора, но и содержания ионизированного кальция. При созревании молока, предварительно прошедшего термизацию, показатели титруемой, активной кислотности и вязкости

близки по значению к показателям молока, которое перед созреванием прошло пастеризацию, причем с ростом температуры созревания этот фактор оказывает более заметное влияние. В сравнении с молоком пастеризованным, здесь отмечается снижение термоустойчивости, что обусловлено большей деминерализацией мицелл казеина и меньшим воздействием температурного фактора на сывороточные белки. Минимальное отклонение кислотности молока в процессе созревания характерно для нормализованного молока, которое перед созреванием проходит бактофугирование и термизацию. Такая же зависимость характерна и по изменению активной кислотности, и вязкости молока при созревании. Изменение мицелл казеина при созревании имеет сложный характер, поскольку здесь параллельно происходит как укрупнение казеиновых мицелл, вызванное действием теплового фактора, так и их диспергирование, связанное с деминерализацией мицелл и потерей при этом гидратного слоя.

Таким образом, в сравнении с термизацией или пастеризацией молока, проведенных перед созреванием, проведение термомеханической обработки молока-сырья перед созреванием, включая бактофугирование и термизацию, с последующей пастеризацией, обеспечивает изменение свойств молока, положительно влияющих на его сыропригодность, при этом зависимость от температурного режима созревания не имеет существенного значения.

### Литература

- 1 Шингарева, Т. Исследование способов предварительной подготовки сырья в сыроделии (монография) / Т. Шингарева, М. Глушаков, С. Красоцкий / LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2015. – 116 с.
- 2 Мординова, В. А. Подготовка молока к выработке сыра / Переработка молока, 2003. – № 4. – С. 34–36.
- 3 Технология и оборудование для производства натурального сыра: учебник / Р. И. Раманаускас, А. А. Майоров, О. Н. Мусина, Т. И. Шингарева, Г. Е. Полищук // СПб.: Изд-во «Лань», 2018. – 508 с.
- 4 Мамаев, А. Сыропригодность молока / Агрорынок, 2007. – № 12. – С. 10–11.
- 5 Фомичев, Ю. П. Повышение сыропригодности молока биотехническим методом / Сыроделие и маслоделие, 2008. – № 1. – С. 42–43.
- 6 Горбатова, К. К. Химия и физика молока: учебник для вузов. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.
- 7 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. Межгосударственный стандарт: ГОСТ 3624-92. – Москва: Стандартинформ, 2009.
- 8 Молоко. Метод измерения рН. Межгосударственный стандарт: ГОСТ 26781-85. – Москва: Стандартинформ, 2009.
- 9 Вискозиметры капиллярные стеклянные. Технические условия: ГОСТ 10028-81. – Введ. 01.01.83. – Минск: Госкомитет по стандартизации Республики Беларусь: Госстандарт, 1983. – 15 с.
- 10 Инихов, Г. С. Методы анализа молока и молочных продуктов / Г. С. Инихов, Н. П. Брио. – М.: Пищепромиздат, 1971. – 281 с.

*Поступила в редакцию 10.12.2018*