

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МАСЛОДЕЛЬНОЙ И СЫРОДЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТРУДЫ

ВЫПУСК 5

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА
СЛИВОЧНОГО МАСЛА

ПИЩЕПРОМИЗДАТ

ТРУДЫ

ВЫПУСК 5

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

Под редакцией
канд. хим. наук А. П. БЕЛОУСОВА



ПИЩЕПРОМИЗДАТ

Москва • 1960

В пятом выпуске трудов описаны результаты работ Всесоюзного научно-исследовательского института маслодельной и сыродельной промышленности (в настоящее время ЦНИИМС) по усовершенствованию технологии и оборудования для поточного производства масла. В результате изучения процесса маслообразования в аппаратах цилиндрического типа установлены оптимальные режимы работы двух-, трех- и четырехцилиндровых маслообразователей. Исследованы процессы кристаллизации молочного жира, имеющие важное значение для получения нормальной консистенции масла. Приведены материалы по модернизации существующей поточной линии и поточным линиям производительностью 500 и 1000 кг масла в час. Разработана технология консервированного масла и уточнена технология поточного производства кисломолочного масла с применением дозаторов для заквасок. Обобщены результаты наблюдений за качеством и стойкостью масла.

Пятый выпуск трудов предназначен для специалистов молочной промышленности — технологов, механиков, химиков и микробиологов, работающих в области маслоделия, а также научных работников вузов и научно-исследовательских институтов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

На основе решений XXI съезда КПСС и июньского Пленума ЦК КПСС (1959 г.) предусмотрено широкое внедрение в маслодельной промышленности поточного способа производства сливочного масла как более прогрессивного.

В 1959 г. на поточных линиях было выработано 212,3 тыс. т масла. Особенно большие успехи достигнуты на предприятиях Украинской ССР, где установлено около 600 поточных линий, а количество масла, полученного поточным методом, составляет 57 %.

Внедрение поточного способа позволило увеличить производственные мощности действующих маслозаводов. При поточном способе производства масла высших сортов в среднем получают на 15—20 % больше, чем при обычном, а в ряде совнархозов все масло, выработанное этим способом, оценено высшим сортом.

Практика работы маслодельной промышленности показала высокую экономическую эффективность поточного способа производства масла.

По обобщенным ВНИИМСом данным, при переходе маслозаводов на выработку масла поточным способом даже при неполном использовании производительности линий стоимость оборудования на 1 т масла уменьшилась на 16 %, выработка масла на 1 м² используемой площади маслодельного цеха увеличилась больше чем в 2 раза, производительность труда повысилась на 60 % и себестоимость 1 т масла снизилась примерно на 600 руб.

Однако при поточном методе получения масла выявился ряд недостатков как в технологии, так и в используемом оборудовании. Основными из них являются пороки консистенции масла (крошливость, слоистость, легкоплавкость) и низкая производительность поточной линии с двухцилиндровым маслообразователем.

Всесоюзный научно-исследовательский институт маслодельной и сыродельной промышленности (переименованный в 1959 г. в ЦНИИМС) провел в последние годы ряд исследовательских работ по усовершенствованию технологии и оборудования для поточного производства масла (до половины 1957 г. общее руководство этими работами осуществлял канд. техн. наук В. И. Сирик). В настоящем выпуске помещены работы, выполненные в 1956—1958 гг.

В двух первых статьях изложены результаты изучения технологического процесса получения масла в аппаратах цилиндрического типа. На основании этих исследований установлены оптимальные технологические режимы работы двух-, трех- и четырехцилиндровых маслообразователей, обеспечивающие получение масла с нормальной консистенцией, и даны рекомендации по повышению их производительности.

В третьей статье приведены материалы по модернизации серийной линии, а также данные по испытаниям отдельных аппаратов для поточных линий производительностью 500 и 1000 кг масла в час и комплектованных линий, разработанных научными сотрудниками ВНИИМСа в содружестве с рабочими и инженерно-техническим персоналом Московского завода «Молмашстрой».

Поскольку консистенция сливочного масла определяется процессами кристаллизации молочного жира, ВНИИМСом проведены исследования этих процессов, включая явление полиморфизма, с помощью современных физико-химических методов. В одной из статей сборника приведены результаты изучения полиморфизма высокоплавких фракций молочного жира при различных режимах охлаждения.

Для выяснения сезонных колебаний в свойствах молочного жира и изучения его констант исследовали молоко, поступавшее на опытный завод института (Ярославская область), а также на предприятия ряда областей Советского Союза.

Описан разработанный ВНИИМСом технологический процесс получения консервированного сливочного масла, основанный на стерилизации в потоке высокожирных сливок, обработке их в маслообразователе и последующей закатке продукта в предварительно стерилизованные банки.

Приведены материалы по уточнению технологического процесса поточного производства кисломолочного масла в связи с задачей получения продукта с выраженным ароматом.

Освещены результаты двухлетних наблюдений за качеством масла и стойкостью его против плесневения, проведенных в молочно-испытательных лабораториях ряда областей Советского Союза. Описан опыт применения антиокислителей, стрептококков-антагонистов и дрожжей для повышения стойкости масла, выработанного поточным способом.

ЦНИИМС надеется, что материалы сборника помогут работникам маслодельной промышленности в дальнейшем совершенствовании поточного способа производства и улучшении качества вырабатываемого сливочного масла.

УЛУЧШЕНИЕ КОНСИСТЕНЦИИ СЛИВОЧНОГО МАСЛА, ВЫРАБОТАННОГО ПОТОЧНЫМ СПОСОБОМ

П. В НИКУЛИЧЕВ, Ф А ВЫШЕМИРСКИЙ

Качество масла определяется вкусовыми достоинствами и консистенцией (степенью твердости, вязкости, упругости и способностью к формованию, разрезанию и намазыванию).

В 1956 г. на холодильниках были установлены многочисленные случаи поступления масла, выработанного на поточных линиях, с грубой, крошливой, колющейся консистенцией, затрудняющей его реализацию.

В зарубежной печати [1, 2, 3, 4, 5] указывается на выработку крошливого масла в Дании, Германии, Швеции, Америке, Франции и уделяется много внимания консистенции, как фактору, определяющему товарное качество масла.

Пороки консистенции сильнее проявляются в зимний период, а также в масле, выработанном на поточных линиях.

В связи с этим возникла необходимость изучить вопрос консистенции масла, полученного поточным способом, и наметить пути по улучшению ее. Для выявления причин пороков консистенции масла лабораторией маслоделия ВНИИМСа были обобщены данные о работе поточных линий на маслозаводах, расположенных в различных географических зонах страны. Наблюдения за консистенцией масла проводились на маслозаводах Курганской, Новосибирской, Вологодской, Воронежской, Одесской областей, а также на некоторых заводах в Белорусской и Латвийской ССР при непосредственном участии работников областных и республиканских молочных лабораторий.

Наряду с этим проведена экспертиза масла, хранившегося на холодильниках Москвы, Киева, Полтавы, Воронежа, Риги, Тарту, Рыбинска.

Недостатки консистенции во время приемки масла от заводов обычно не обнаруживаются; так как масло, поступающее на базу, в летний период имеет относительно высокую температуру (18—20°), а зимой пробы масла перед экспертизой нагреваются до комнатной температуры, поэтому недостатки консистенции мало заметны. Наблюдениями установлено, что после охлаждения масла до минусовых температур и последующей дефростации в ряде образцов проявляется крошливая консистенция, причем в большей степени в масле поточной выработки.

Консистенция масла, выработанного в 1956 г. заводами, находящимися под контролем областных молочных лабораторий, после хранения в холодильниках характеризуется следующими данными (табл. 1).

Таблица 1

Способ производства	Консистенция масла в %		
	нормальная	слегка крошливая	крошливая
На поточных линиях (107 партий)	29,0	37,2	33,8
На маслоизготовителях (71 партия)	39,4	39,4	21,2

При экспертизе масла поточной выработки, полученного ассортиментным кабинетом с заводов разных зон страны, образцы с хорошей консистенцией составляли 18,2, с удовлетворительной — 48,5, с крошливой — 33,3%.

Консистенция масла зависит от химического состава молочного жира и технологии его получения. Химический состав жира, обусловленный кормлением, породой скота, периодом лактации и состоянием здоровья животных, в данной работе не освещается. Решающее значение для консистенции масла имеют условия обработки высокожирных сливок. Эти условия регулируют образование кристаллической основы масла, обращение фаз, тиксотропные изменения.

При поточном способе производства процесс структурообразования масла протекает иначе, чем при сбивании.

При выработке масла способом сбивания жир кристаллизуется в сливках во время их длительного охлаждения. В этом случае рост кристаллов ограничивается размерами жировых шариков, величина которых колеблется от 0,5 до 10 μ [6]. Кристаллы жира, разделенные липидопротеиновыми оболочками и плазмой, не могут увеличиваться и образовывать каркас из кристаллических элементов. Во время сбивания масла большая часть жировых шариков теряет адсорбционные оболочки и соединяется в масляные зерна. При обработке масла кристаллы жира перемешиваются с жидкой фракцией, образуя мелкокристаллическую структуру. Все это создает необходимые условия для выработки масла с хорошей консистенцией.

При поточном производстве в отличие от способа сбивания жир концентрируется до определенных (необходимых для масла) пределов при высокой температуре (85—95°). В маслообразователе на первой стадии охлаждения (с 60—70° до 22—23°) жир также остается жидким и сохраняет в основном адсорбционные оболочки и только при дальнейшем охлаждении и перемешивании происходит дестабилизация жира. В это же время в переохлажденном жире возникают зародыши кристаллов и начинается процесс кристаллизации в преимущественно непрерывной жировой фазе, при отсутствии ограничений для роста и объединения кристаллов. Перемешивание продукта ножами барабанов ускоряет обращение фаз и диспергирование влаги, улучшает распределение твердой и жидкой фракции жира и, в то же время, затрудняет образование сростков кристаллов. От того, как будет направлен технологический процесс в маслообразователе, в значительной мере зависит структура и консистенция масла.

В инструкции по производству масла поточным способом¹, разработанной ВНИМИ в 1955 г., для регулирования обработки масла рекомендуется лишь поддерживать температуру продукта, выходящего из маслообразователя, в пределах 15—16°.

В Швеции и Германии при поточном производстве масла применяют иные параметры технологического процесса. При выработке масла способом «Альфа» высокожирные сливки во втором цилиндре трансмутатора охлаждают до 10°, а затем в третьем цилиндре температуру высокожирных сливок повышают до 15°; скорость охлаждения незначительна и производительность аппарата не превышает 250 кг в час [7]. В США при выработке масла способом Черри-Баррелл масло, обрабатываемое в мутаторе, охлаждают до 4,5°, затем оно проходит стадию кристаллизации в текстураторе [4]. Однако оборудование для поточного производства масла, применяемое в СССР, значительно отличается от используемого в зарубежных странах, вследствие чего эти режимы работы у нас не применимы.

¹ Сборник инструкций по производству коровьего масла, изд. 6 Министерства промышленности мясных и молочных продуктов СССР, 1955

Необходимо было изучить работу поточной линии серийного выпуска (с двухцилиндровым маслообразователем), установленной в 1956 г. на 600 заводах маслодельной промышленности, и применительно к ней изыскать пути для регулирования технологического процесса и улучшения консистенции масла.

Масло вырабатывали на опытном маслосыродельном заводе ВНИИМСа из сливок, поступавших с сепараторных отделений двух районов. При этом наряду с двухцилиндровыми маслообразователями серийных поточных линий, выпущенных промышленностью в 1954 и 1955 гг., применяли одноцилиндровый охладитель Молмашзавода и экспериментальные двухсекционный и пластинчатый маслообразователи, изготовленные в механической мастерской института.

Температурный режим на продуктовой и охладительной линиях контролировали выверенными термометрами, установленными у каждого цилиндра. Производительность сепаратора и маслообразователя определяли по времени (в сек.) заполнения литровой кружки. Время пребывания высокожирных сливок в маслообразователях рассчитывали на основании производительности маслообразователя и емкости рабочего пространства его цилиндров (23,5 кг для обоих цилиндров серийной линии, 3,4 кг для двухсекционного и 2,9 кг для пластинчатого).

Масло (образцы весом в 350 г) хранили в течение суток при температуре 10—12°, затем помещали на 1 сутки в камеру с температурой минус 10—14°, после чего определяли консистенцию дефростированного масла «на срез», эффективную вязкость при температуре 12° (при помощи консистометра Гепллера при скорости погружения большого шарика 0,01 см/сек) и скорость плесневения масла в эксикаторе с водой при температуре 20° (время до появления следов плесени).

Периодически определяли: количество жидкой фракции жира, выделявшейся на фильтровальную бумагу из кубика масла с ребром, равным 3 см, при 25° в течение 24 часов; термоустойчивость масла путем помещения кубика масла таких же размеров в термостат на 24 часа при температуре 25°; содержание воздуха в масле в мл/100 г; структуру масла при помощи поляризационного микроскопа (отдельные препараты масла фотографировали).

Работа в основном (за исключением опытов с выдержкой сливок) проведена в 1956 г.¹

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОНСИСТЕНЦИЮ МАСЛА

Температура масла при выходе из маслообразователя

При выработке масла на поточных линиях с двухцилиндровыми маслообразователями (серийного выпуска) на предприятиях маслодельной промышленности в 1956 г. применялась разная температура охлаждения масла при выходе из маслообразователя, что видно из следующих данных.

Температура масла при выходе из маслообразователя в °С . . .	19	18	17	16	15	14	13	12	11
Количество (в %) маслозаводов, работающих при указанном температурном режиме	3	3	14	30	20	10	11	7	2

¹ В работе принимали участие инженер-технолог И. Ф. Владимиров и лаборанты Б. Г. Гришина и Ф. Н. Борисова.

Такое разнообразие в температурном режиме выработки масла не может быть оправдано изменениями химического состава жира молока, полученного в разных зонах страны, и неизбежно должно влиять на качество продукта, его структуру и консистенцию.

Для изучения влияния температурного режима обработки масла на его консистенцию были проведены опытные выработки на двухцилиндровых маслообразователях (серийного выпуска с уголковыми ножами) при различной температуре масла, выходящего из аппарата. В одном случае это достигалось регулированием подачи хладагента (производительность оставалась неизменной), в другом — регулированием производительности (хладагент оставался неизменным). Независимо от способа регулирования охлаждения, в обоих случаях изменение температурного режима обработки масла оказывало существенное влияние на консистенцию масла.

При понижении температуры масла с 16 до 12° уменьшалась твердость его и соответственно величина эффективной вязкости с 29,8 до $20,6 \cdot 10^4$ пуаз (рис. 1). Масло становилось более плотным, и стойкость его против плесневения увеличивалась (плесень появлялась не на 12-й, а на 21-й день).

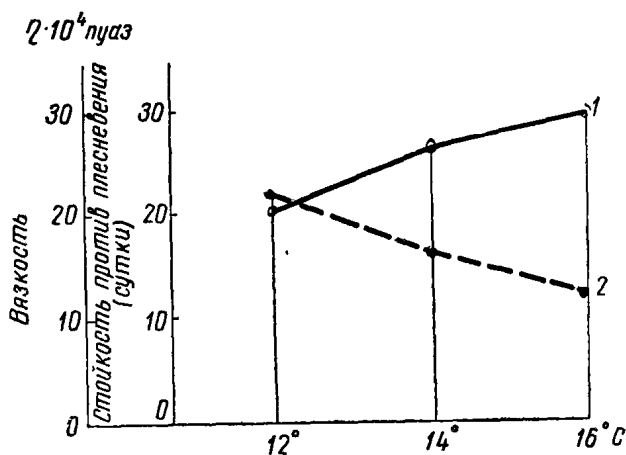


Рис 1. Влияние температуры масла на выходе из маслообразователя на его эффективную вязкость (1) и стойкость против плесневения (2).

Консистенция масла, выработанного при температуре 16°, грубая, крошливая. С понижением температуры обработки масло становится более мягким; при 14° количество крошливого масла уменьшается до 43%, а при 12° — до 0. Полученные результаты могут быть объяснены различными условиями кристаллизации молочного жира.

По данным М. М. Казанского [8] отвердевание отдельных групп глицеридов молочного жира при охлаждении происходит в двух точках: при 20—22° и 10—12°, по данным Г. В. Твердохлеб [9] — в четырех: 20—23°, 12—14°, 4—6° и минус 3—5°. По нашим наблюдениям, большая часть жира отвердевает в пределах от 6 до 22°.

При понижении температуры масла до 12° в переохлажденном состоянии оказывается большее количество глицеридов, чем при охлаждении до 16°, и, таким образом, используется более значительная часть зоны кристаллизации различных фракций молочного жира. В этом случае процесс кристаллизации в большей мере может протекать в аппарате и дальнейшее изменение структуры масла при холодильном хранении будет менее значительно.

Этому будет содействовать еще то обстоятельство, что при понижении температуры продукта на выходе из маслообразователя увеличи-

вается также продолжительность пребывания его в аппарате в зоне температур ниже 22° , которая называется нами в дальнейшем зоной кристаллизации молочного жира (рис. 2).

При охлаждении продукта до 12° часть первого цилиндра маслообразователя и весь второй используются как кристаллизаторы. При охлаждении же до 16° сливки попадают в температурную зону кристаллизации жира лишь во втором цилиндре, что оказывается недостаточным для завершения процесса структурообразования.

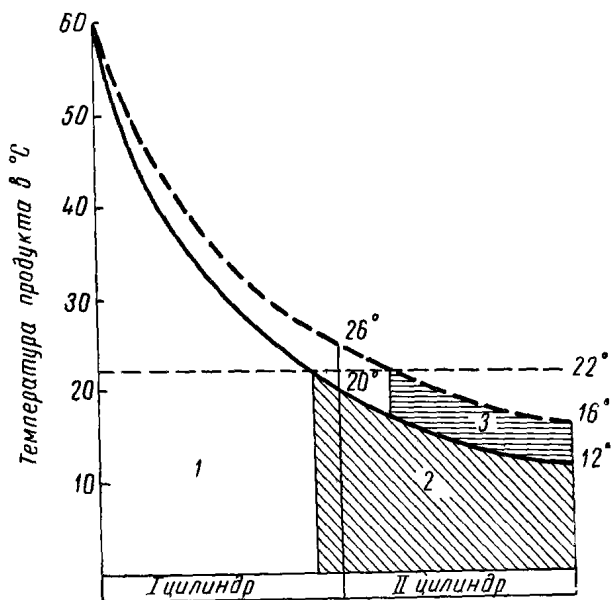


Рис. 2 Изменение зоны кристаллизации молочного жира в двухцилиндровом маслообразователе в зависимости от температуры масла при выходе из аппарата

1 — охлаждение до начала кристаллизации; 2, 3 — кристаллизация молочного жира

В маслообразователь поступают высокожирные сливки с различной температурой в пределах $75-40^{\circ}$, а для получения продукта с однородной консистенцией необходим стабильный процесс маслообразования. Вследствие этого определенной должна быть не только температура масла при выходе из аппарата, но и температура продукта после выхода из первого цилиндра. Из рис. 2 видно, что чем ниже эта температура, тем больше зона кристаллизации глицеридов и пластичнее масло.

В обычных заводских условиях одновременно с понижением температуры масла при выходе из маслообразователя уменьшается и его производительность. В этом случае продукт более продолжительное время находится в аппарате и значительно увеличивается зона кристаллизации молочного жира. В наших опытах при понижении температуры масла, выходящего из аппарата, с 16 до 12° (при неизменном хладагенте) продолжительность пребывания продукта в зоне кристаллизации увеличилась с 81 до 205 сек. Таким образом, на продукт воздействуют два фактора: более глубокое охлаждение и более длительное перемешивание, в результате этого повышается пластичность консистенции масла.

Были также проведены опыты с понижением температуры масла при выходе из маслообразователя до 8° , но разница в консистенции масла была незначительной. Кроме того, увеличение вязкости продукта затрудняло его обработку, так как уголки ножи отгибались и плохо перемешивали масло

В масле, выработанном при температуре 17—18°, очень часто появлялся порок «мучнистое», который резко понижал товарные качества масла

Влияние на консистенцию масла температуры его при выходе из маслообразователя наглядно проявляется на характере срезов масла. Масло, выработанное при температуре 12°, образует плотную пластинку с гладкой поверхностью, при 14° — менее плотную, а при 16° — крошливую пластинку, распадающуюся на дольки при отрезании (рис. 6, а, б, в).

Температура хладагента

На предприятиях маслодельной промышленности для охлаждения цилиндров маслообразователя используются вода и рассол, при этом с весьма различной температурой.

Распределение маслозаводов по температуре используемого хладагента (по 100 заводам) за 1956 г. было следующее.

Температура хладагента в верхнем цилиндре в °С	—12—18	—6—11	—2—4	0+4	+6+8
Количество маслозаводов (в %) .	7	32	27	19	15

Для изучения влияния температуры хладагента на консистенцию масла были проведены опыты в лабораторных и заводских условиях в двух вариантах. В первом использовался рассол с температурой минус 12—15°, во втором — вода с температурой 3°. Температура масла при выходе из маслообразователя была 12, 14 и 16° (рис. 3).

При использовании хладагента с низкой температурой в маслообразователях (серийного выпуска с уголковыми ножами) во всех случаях масло было с высокой эффективной вязкостью (30,1—43,7 · 10⁴ пуаз), консистенция его была твердой, крошливой. В случае повышения температуры хладагента при той же степени охлаждения (температура на выходе) консистенция масла была более мягкой.

При использовании хладагента с низкой температурой (ниже минус 5°) вязкость продукта в пристенном слое быстро возрастает и ножи не в состоянии равномерно перемешивать его с остальным маслом. Поэтому в ящики попадал продукт с разнородной степенью отвердевания, и по выходе из аппарата продолжался интенсивный процесс кристаллизации жидкой фракции молочного жира, о чем можно судить по повышению температуры масла до 4—6°. При этом в масле образовалась грубо кристаллическая структура и оно приобретало крошливую консистенцию.

Кроме того, применение хладагента с низкой температурой затрудняет работу на аппарате с уголковыми ножами, так как, соприкасаясь с переохлажденной стенкой цилиндра, масло застывает на ней тонким

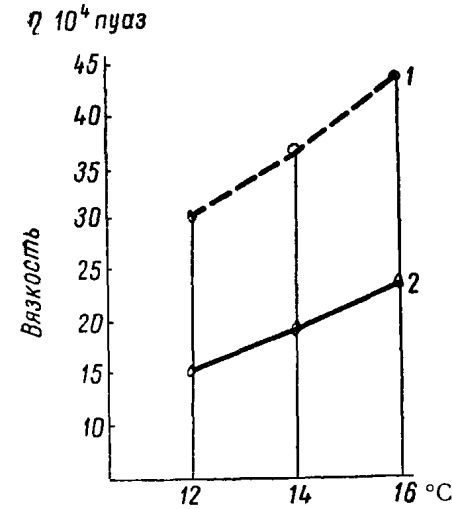


Рис 3 Влияние температуры хладагента на эффективную вязкость масла при различной температуре его при выходе из маслообразователя
1 — рассол температурой минус 12—15°С,
2 — вода температурой 3°С

слоем, который постепенно увеличивается, в результате ножи барабана отжимаются этим слоем и скользят, не снимая его (установлено нами экспериментально). При этом теплопроводность стенки цилиндра резко уменьшается, обработка высокожирных сливок ухудшается, и консистенция масла получается крошливой. Мастера на маслозаводах нередко вынуждены выключать подачу хладагента и обогревать цилиндр, чтобы удалить застывший слой масла.

С повышением температуры хладагента уголкового ножи барабанов более равномерно перемешивают продукт и масло приобретает пластичную консистенцию. Однако применение хладагента с высокой температурой резко снижает производительность маслообразователя, а поэтому нерационально. Нашими опытами установлено, что для маслообразователей серийного выпуска с уголковыми ножами наиболее приемлем хладагент с температурой от -5 до $+3^{\circ}$, подаваемый в таком количестве, чтобы температура его при прохождении через аппарат повышалась не более чем на 3° .

Опыты, проведенные в лаборатории маслоделия в 1956 г. с применением различных хладагентов, показали, что уголковые ножи плохо перемешивают охлаждаемый продукт и не обеспечивают стабильной работы маслообразователя. Значительно лучше снимают масло с поверхности цилиндра и перемешивают его плоские ножи¹, которые обеспечивают устойчивую работу аппарата даже при использовании хладагента с отрицательной температурой. В процессе опытов также выявлена неудовлетворительная работа насоса ОЦН-1, используемого для подачи высокожирных сливок в маслообразователь. Он не создавал напора более $0.2-0.5$ атм и не обеспечивал при повышении вязкости сливок бесперебойную подачу их в аппарат. Учитывая это, были даны рекомендации заменить уголковые ножи на плоские и включить в линию насос, обеспечивающий напор $1.5-2$ атм.

Механическая обработка сливок

Для превращения высокожирных сливок в масло необходимо не только охлаждение, но и перемешивание. При перемешивании раньше начинается дестабилизация жира и интенсивнее идет процесс кристаллизации глицеридов.

По теории Ребиндера [10] в молочном жире могут возникать два типа структур: кристаллизационные и коагуляционные. Первые образуются в результате кристаллизации жира, не сопровождающейся механическим воздействием, и обладают значительной прочностью, хрупкостью и способностью к необратимому разрушению. Эти структуры образованы сеткой сросшихся или «переплетенных» между собой кристаллов. Коагуляционные структуры в чистом виде образуются в результате полного разрушения кристаллизационных структур. Они обладают совершенной тиксотропией, и отдельные частицы в них соединены между собой слабыми межмолекулярными связями.

Масло с хорошей консистенцией должно обладать преимущественно коагуляционной структурой, образующейся лишь при механическом воздействии перемешивания на кристаллизующийся жир.

В маслообразователе механическое воздействие на жир возрастает пропорционально времени нахождения сливок в аппарате, что, в свою очередь, зависит от количества сливок, пропускаемых через аппарат. С увеличением производительности аппарата сливки быстрее проходят через маслообразователь и подвергаются меньшей механической обра-

¹ Результаты изложены в статье П. В. Никуличева и Ф. А. Вышемирского «Повышение производительности цилиндрических маслообразователей и установление оптимальных технологических режимов работы», напечатанной в настоящем сборнике

ботке. Для получения однородной структуры и консистенции масла необходимо стабилизировать процесс механической обработки. Однако многие заводы в 1956 г. не поддерживали оптимальный режим в маслообразователях и работали на аппаратах серийной конструкции при производительности от 200 до 500 кг в час.

Ниже приведено распределение маслозаводов по группам в зависимости от производительности.

Производительность в кг/час	200	250	300	350	400 и выше
Средняя продолжительность пребывания продукта в аппарате в сек	422	338	282	242	Менее 212
Количество заводов в %	7	16	25	17	35

При такой разнородной обработке консистенция масла была различной

С целью изыскания оптимальных режимов обработки масла был проведен ряд опытов.

Продолжительность механической обработки сливок. Опытные выработки масла проводились на двухцилиндровом маслообразователе серийного выпуска с уголковыми ножами, при одинаковой производительности аппарата (300 кг/час) и температуре масла при выходе его из маслообразователя (13°), но продолжительность обработки в зоне кристаллизации была различной.

Консистенция масла при различной продолжительности механической обработки (среднее из 6 опытов) характеризовалась данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Температура сливок в °С		Продолжительность пребывания сливок в аппарате в сек	В том числе продолжительность обработки в зоне кристаллизации в сек	Консистенция масла	Эффективная вязкость масла в 10 ⁴ пуаз
при входе в аппарат	после выхода из 1 цилиндра				
58,0	26,3	282	97	Крошливая	34,2
58,6	18,3	282	157	Нормальная	25,8

Несмотря на то что высокожирные сливки в обоих вариантах опытов подвергались в маслообразователе механическому воздействию мешалок одинаковое время (282 сек.) и охлаждались до одинаковой конечной температуры, консистенция масла в первом варианте была крошливой, во втором нормальной. Это объясняется тем, что во втором варианте, вследствие интенсивного охлаждения высокожирных сливок в нижнем цилиндре аппарата, кристаллизация глицеридов начиналась уже в этом цилиндре, и перемешивание кристаллизующейся массы продолжалось 157 сек., тогда как в первом варианте — только 97 сек (рис. 4). Таким образом, решающим для структурообразования в масле является продолжительность механического воздействия мешалок на продукт во время массовой кристаллизации молочного жира.

Однако в практической работе маслозаводов процесс получения масла трудно контролировать по времени обработки кристаллизую-

щейся массы, и поэтому необходимо было установить оптимальную производительность маслообразователя, используемого промышленностью, при которой механическая обработка отвердевающего жира была бы достаточной. Для этой цели были проведены опыты по выработке масла при производительности маслообразователя 400 и 200 кг/час и различной температуре масла при выходе из маслообразователя. Полученные результаты приведены в табл. 3.

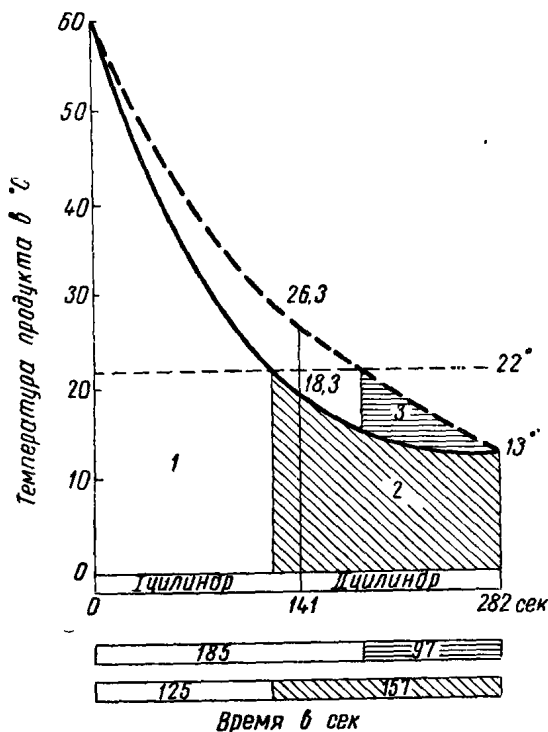


Рис 4 Влияние степени охлаждения сливок в нижнем цилиндре маслообразователя на производительность обработки в зоне кристаллизации молочного жира

1 — охлаждение до начала кристаллизации, 2 и 3 — кристаллизация

В первом варианте (при производительности маслообразователя 400 кг/час) высокожирные сливки подвергались механическому воздействию мешалок 207—226 сек., причем на обработку кристаллизующейся массы затрачивалось менее половины этого времени. За такой короткий период процесс кристаллизации в должной мере не проходил, и в ящики попадал продукт еще в стадии интенсивной кристаллизации глицеридов. Такое масло при холодильном хранении приобретало грубую, крошливую и колющую консистенцию. Это особенно сильно выражено при температуре масла на выходе 16°, так как в этом случае меньшее количество жира могло закристаллизоваться и период механической обработки кристаллизующейся массы был более коротким.

Во втором варианте (при производительности маслообразователя 200 кг/час) высокожирные сливки подвергались механическому воздействию мешалок в течение 414—422 сек., в том числе около 200 сек. в период формирования структуры масла. Образование основной массы кристаллов в потоке обеспечивало равномерное распределение их в жидкой фракции жира и затрудняло упрочнение структуры при последующем хранении масла. Консистенция масла, выработанного по второму

Таблица 3

Варианты	Производительность маслообразователя в кг/час	Продолжительность пребывания сливок в аппарате в сек	Температура масла при выходе из аппарата в °С	Консистенция масла, количество проб	Эффективная вязкость 10 ⁴ пуаз	Через сколько суток появилась плесень
1	407	207	16	Крошливая, колющаяся, 100 %	24,9	11
2	204	414	16	Нормальная, 33 %	19,1	16,5
				Слегка крошливая, 33 %		
				Крошливая, 34 %		
1	378	226	12	Слегка крошливая, 67 %	21,6	13
				Нормальная, 33 %		
2	200	422	12	Нормальная, 100 %	17,9	21,6

варианту, особенно при температуре на выходе 12°, была пластичной; масло имело меньшую эффективную вязкость, хорошо растекалось и заполняло тару, было более стойким против плесневения.

При дальнейшем увеличении времени обработки высокожирных сливок масло, даже при тугоплавком зимнем жире (йодное число 33—35), становилось излишне мягким, расплывающимся при комнатной (18—20°) температуре.

О влиянии на консистенцию масла продолжительности механической обработки высокожирных сливок в маслообразователе можно судить по данным, приведенным в табл. 4.

Для изготовления опытных образцов маслообразователь был отрегулирован так, что высокожирные сливки находились в нем в течение

Таблица 4

Продолжительность пребывания сливок в маслообразователе в сек	В том числе продолжительность обработки в зоне кристаллизации в сек	Температура масла при выходе из маслообразователя в °С	Проба на термостойкость	Консистенция масла
180	60	16	Сохраняет форму	Крошливая, ломкая
360	180	16	То же	Нормальная
540	360	16	Расплывается	Мягкая
720	540	16	Быстро расплывается	Очень мягкая, вазелинообразная

180 сек. и за это время охлаждались до 16°. После отбора пробы производительность маслообразователя и поступление хладагента снижали с расчетом охлаждения продукта до 16° в течение 360 сек.; после чего отбирали вторую пробу, затем прекращали поступление хладагента, закрывали вентиль на выпуске продукта и обработку продолжали дополнительно 180 сек.; затем вновь отбирали пробу и продолжали обработку еще 180 сек.

Проведенные опыты показывают, что двухцилиндровый маслообразователь серийного выпуска обеспечивает необходимую обработку масла при производительности 200—300 кг/час, когда перемешивание кристаллизующейся массы продолжается 150—200 сек. Опытами, проведенными в разные периоды года, установлено, что в пастбищный период, при повышенном содержании в молоке легкоплавкого молочного жира (йодное число 41—42), необходима менее длительная обработка масла — около 150 сек, а в зимний период, при преобладании тугоплавкого жира с пониженным содержанием ненасыщенных жирных кислот (йодное число 33—36), она составляет около 200 сек.

Скорость вращения мешалки маслообразователя. Интенсивность механического воздействия может быть увеличена повышением скорости вращения мешалки маслообразователя. Для выяснения возможного влияния скорости вращения мешалки маслообразователя на консистенцию масла были проведены опыты на аппаратах разных типов: экспериментальном двухсекционном маслообразователе (первую секцию которого охлаждали водой, а вторую — рассолом); одноцилиндровом со стандартными размерами барабана и экспериментальном пластинчатом аппарате.

Консистенция масла, полученного при разном числе оборотов мешалки маслообразователя, приведена в табл. 5.

Таблица 5

Число оборотов мешалки в минуту	Температура масла на выходе в °С	Производительность маслообразователя в кг/час	Продолжительность пребывания сликов в аппарате в сек.	Температура хладагента в °С	Эффективная вязкость продукта 10 ⁴ пуаз	Количество вытекшего жира в %	Через сколько суток появилась плесень	Консистенция масла
Экспериментальный двухсекционный маслообразователь								
340	16	78	157	+4	30,0	3,6	23	Слегка крошливая
				-5				
450	16	110	111	+4	22,5	4,6	30	Нормальная
				-5				
Пластинчатый маслообразователь								
285	16	108	97	-6	31,0	3,0	13	Крошливая
390	16	140	75	-5	22,5	3,4	26	Нормальная
285	14	88	119	-6	22,5	3,4	33	Слегка крошливая
390	14	120	87	-5	19,2	4,2	33	Нормальная
Одноцилиндровый маслообразователь								
150	16	190	222	+1	—	—	—	Крошливая
250	16	300	141	+1	—	—	—	Слегка крошливая
150	14	130	325	+1	—	—	—	Нормальная
250	14	162	261	+1	—	—	—	Нормальная

Во всех опытах с увеличением числа оборотов ножи маслообразователей интенсивнее перемешивают кристаллизующиеся высокожирные сливки, улучшается теплообмен и охлаждение, раньше начинается кристаллизация молочного жира, а следовательно, увеличивается зона обработки высокожирных сливок и масло получается с более мягкой консистенцией. При этом производительность маслообразователя повышается на 20—30%. Однако следует отметить, что увеличение числа оборотов мешалки на 30% повышает затрату энергии почти в 2 раза и усиливает опасность перехода металла с трущихся частей в масло.

Дополнительная механическая обработка. Для дополнительной обработки масла, выходящего из маслообразователя при температуре 16° и производительности 500 кг/час, применяли волчок, насос и обработник маслоизготовителя непрерывного действия (Фритца).

В опытах с применением насоса производительностью 1000 кг/час вместе с маслом засасывался воздух и продукт получался рыхлый.

В следующем опыте струю недостаточно обработанного масла направляли в волчок, делающий 130 оборотов в минуту. Масло захватывалось шнеком и продавливалось через решетку с отверстиями диаметром 3 мм. Вторую порцию масла по выходе из маслообразователя выдерживали в течение 3 минут и затем направляли в волчок, третью порцию выдерживали в течение 6 минут и также направляли в волчок.

Влияние на консистенцию масла дополнительной обработки в волчке показано в табл. 6.

Таблица 6

В а р и а н т ы	Эффективная вязкость 10 ⁴ пуаз	Консистенция масла
Контроль (без дополнительной обработки)	41,2	Очень крошливая
Обработка при выходе из маслообразователя	40,0	Крошливая, рыхлая
Обработка после выхода из маслообразователя.		
через 3 мин.	30,0	Удовлетворительная
через 6 мин.	22,5	Хорошая

Дополнительная механическая обработка масла сразу после выхода его из маслообразователя незначительно изменяла консистенцию продукта. Но если такую обработку проводили после 3—6-минутной выдержки масла, эффективная вязкость значительно понижалась и масло становилось пластичным. Это можно объяснить тем, что во время выдержки в масле продолжался процесс кристаллизации жира и создавалась грубая кристаллизационная структура. Затем под действием шнека и продавливания масла через решетку волчка эта структура в значительной мере разрушалась, происходило перемешивание твердой и жидкой фракций жира с образованием преимущественно коагуляционной структуры, обладающей пластическими свойствами. Вследствие этого масло приобретало мягкую консистенцию.

Результаты этих опытов позволяют сделать вывод, что производительность существующих маслообразователей может быть повышена или путем увеличения емкости рабочего пространства второго цилиндра маслообразователя, или применением дополнительного устройства, в котором бы завершалась основная стадия кристаллизации жира и масло подвергалось дополнительной механической обработке. Таким устройством может быть третий цилиндр маслообразователя или текстуратор (цилиндр с 1—2 решетками). В обоих случаях удлиняется срок пребывания масла в маслообразователе, что дает возможность полнее осуще-