

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ СЛИВОЧНОГО СЫРА И СПОСОБ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Кудряшова Екатерина Анатольевна, магистрант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке-хана, 5

Ханжаров Нурлан Серикбаевич, к.т.н., доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке-хана, 5, e-mail: khanzharov_n@mail.ru

Габрильянц Элеонора Арутюновна, преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке-хана, 5, e-mail: gabrilyants@mail.ru

В статье предлагается технологическая схема производства сливочного сыра методом кислотно-сычужного свёртывания пастеризованного обезжиренного молока, подобранная на основе патентного обзора. Исследованы температурные режимы тепловой обработки и отличительные особенности технологии мягких сыров: температура пастеризации молока от 76-82 °С выдержкой 20-25 с; внесение в молоко высоких доз (от 1,5 до 2,5%) бактериальных культур из кислото- и ароматообразующих штаммов молочнокислых стрептококков; повышенная зрелость и кислотность молока до коагуляции; получение более прочного сгустка; отсутствие второго нагревания. Опытная партия сливочного сыра имела тонкую, мягкую текстуру.

На основе анализа результатов расчета циклов холодильных машин, работающих на R-717, R-22, R-12, для системы холодоснабжения процессов низкотемпературной обработки и хранения сливочного сыра выбрана непосредственная система охлаждения на базе фреоновой холодильной машины, работающей на R-22, который инертен к молочным продуктам и у которого выше значение удельной массовой холодопроизводительности и холодильный коэффициент по сравнению с другими агентами.

Ключевые слова: холодильное оборудование, процесс, низкотемпературная обработка, мягкий сыр, сливочный сыр, брожение, тепловой расчет

OPTIMUM MODES OF LOW-TEMPERATURE TREATMENT OF CREAM CHEESE AND METHOD OF PRODUCTION

Kudryashova Yekaterina A., master student, M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke-khan av., 5

Hanzharov Nurlan S., Ph.D, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke-khan av., 5, e-mail: khanzharov_n@mail.ru

Gabrilyants Eleonora A., teacher, M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke-khan av., 5, e-mail: gabrilyants@mail.ru

In this article selected based on the patent review technological scheme of production of cream cheese by rennet method-acid fermentation pasteurized skim milk are presented. The temperature regimes of thermal processes and distinctive features of technology of soft cheese are studied: the milk pasteurization temperature of 76-82°C shutter speed 20-25 s; adding to the milk of high doses of bacterial cultures (1.5 to 2.5%) of strains of lactic streptococci and aroma-forming; increased the maturity and acidity of the milk before coagulation; getting more durable clot; the lack of the second heating. Made an experimental batch of cream cheese had a delicate, soft texture.

Based on the analysis of the results of calculation cycles of refrigerating machines operating on R-717, R-22, R-12 for refrigeration systems processes of low-temperature processing and storage of cream cheese selected direct cooling system based on freon refrigeration machine, operating on R-22, which is inert to dairy products and which is above the value of the specific mass cooling capacity and coefficient of performance compared with other agents.

Keywords: refrigeration, process, low-temperature processing, soft cheese, cream cheese, fermentation, thermal calculation.

Анализ ситуации, сложившейся в молочной отрасли, показывает, что в настоящее время актуальными являются научные исследования по комплексному безотходному использованию молочного сырья, разработке новых технологических производств, в которых низкотемпературная обработка и холодильное хранение играют важную роль. При этом особое место среди широкого ассортимента молочных продуктов занимают сыры, входящие в «десятку» наиболее часто употребляемых казахстанцами продуктов. Привычными для населения считаются сыры твердых и плавленых сортов, а производство сливочного сыра совсем невелико, что является перспективным направлением для исследований, разработки и совершенствования технологий.

Сливочный сыр относится к мягким сычужным сырам с низкой температурой второго нагревания. В сливочных сырах содержится максимальное количество *минералов и витаминов*. Сыр содержит большое количество белка, витамины А, С и группы В. Также в сливочном сыре в большом количестве находится натрий, который поддерживает водный баланс в организме. Есть в этом продукте холин, который снижает уровень холестерина в крови, а также выводит из организма вредные вещества. Входит в состав такого сыра калий, который благоприятно сказывается на деятельности сердечно-сосудистой системы. Есть в этом продукте фосфор и кальций, который укрепляет кости и помогает быстрее восстановиться после переломов. Высокое содержание ароматических веществ в сыре способствует отделению пищеварительных соков, поэтому сыр помимо высокой усвояемости, обладает лечебными и диетическими свойствами. Для разнообразия в сыр могут добавляться наполнители.

Традиционно сливочный сыр представляет собой мягкий, неострый, коагулированный кислотой неконсервированный сыр, приготовленный из смеси молока и сливок, имеющий однородное тело, похожее на сливочное масло. Как правило, содержание жира в сухом веществе – 45% или 50%. Внешний вид – эластичная корка от желто-коричневого до красноватого цвета. Сырное тесто – желтоватого цвета. Консистенция – мягкая, равномерно созревшая по всей массе сыра. Структура – мягкая, эластичная, непастообразная, нерасплывающаяся. Вкус и аромат – мягкий и слегка кисловатый. Сыр хранится в режиме охлаждения. Текстура и тело сливочного сыра в режиме охлаждения являются такими, что сливочный сыр можно нарезать тонкими ломтиками и намазать.

Обычно молоко в натуральных сырах створаживают коагулирующим агентом или развитием кислотности до изоэлектрической точки белка. Различные модификации этого способа предложены, например, в патентах 2387276; 4597971; 5656320; 5079024; 5180604; 6419975; 6406736; 6558716; 6416797.

Например, патент США 6419975 раскрывает способ получения сливочно-сырных продуктов, не содержащих казеин, в котором используют неказеиновые белки, такие как белок молочной сыворотки. В добавление к вышеупомянутым преимуществам введения белка молочной сыворотки в пищевые продукты этот способ имеет преимущество, заключающееся в том, что не требуются стадии коагуляции или ферментации, поскольку процесс начинается с белка молочной сыворотки, а не с образования сгустка из молока. Следовательно, процесс можно выполнить за более короткий промежуток времени. Дополнительным преимуществом введения значительных количеств белка молочной сыворотки в пищевые продукты является то, что они обладают высокой питательной

ценностью. В действительности аминокислотная композиция белка молочной сыворотки близка к профилю идеальной композиции в рационе питания.

По действующим стандартам необходимо, чтобы сливочный сыр содержал по меньшей мере 33% вес жира и не более 55 вес.% воды. Обычно сливочные сыры с пониженным содержанием жира имеют соответственно повышенное влагосодержание из-за уменьшения содержания жира. Например, инструкции министерства сельского хозяйства США для легких сливочных сыров и сливочных сыров с пониженным содержанием жира допускают влажность до 70 вес.%.

В целом ряде патентов были предприняты попытки получить сыры с низким содержанием жира и со значительным количеством белка молочной сыворотки. Например, патент США 5356639 (Jameson) раскрывает способ получения ферментированного концентрата из цельного молока, обезжиренного молока или молока с добавленными молочными компонентами. Способ включает стадии избирательного концентрирования молока; предотвращения образования коагулята как во время, так и после ферментации; ферментирования концентрата производящими молочную кислоту бактериями и удаления воды из ферментированного жидкого концентрата. Готовый продукт включает все белки молочной сыворотки, изначально присутствующие в молоке. Однако в патенте, представленном Джемесоном, соотношение казеина к сыворотке все еще составляет около 80:20, а также требуется значительно больший промежуток времени для получения конечного продукта, так как необходима стадия ферментации.

Guinee и др. (Int. Dairy Journal) рассмотрели высокотемпературную термообработку молока после того, как оно было створожено с образованием полутвердых сыров. Действительно этот способ делает возможным получение сыров, имеющих более высокое содержание белка молочной сыворотки. Однако это ухудшает сычужную коагуляцию, синерезис сгустка, структуру и текстуру сгустка и способность полученных сыров к плавлению и растягиванию. Также наблюдается плохое сплавление сырного зерна и более низкий предел текучести (ломкость) при созревании.

В патенте США 6558716 (Kent) описаны способы увеличения белка молочной сыворотки в сыре путем обеспечения «функционально усиленного» белка молочной сыворотки. В этом патенте раскрыт способ включения белка молочной сыворотки в сырные продукты, но не описан способ прямого замещения казеина белком молочной сыворотки. В этом способе также требуется стадия ферментации для получения стабильного сыра, имеющего значительный уровень сырного белка.

В патентах США 6419975 и 6406736 (Han) описано получение сыра, не содержащего казеин. В соответствии с этими способами неказеиновый белок смешивают с горячей водой и расплавленным жиром с получением эмульсии. Эмульсию затем подвергают гомогенизации и нагреванию. pH полученного материала регулируют до уровня от около 4 до около 6 и затем подвергают вторичной гомогенизации с образованием сливочно-сырного продукта.

В патенте США 6303160 (Laye) сделана попытка решить проблемы с текстурой путем приготовления сливочного сыра с высоким влагосодержанием с повышенной плотностью путем поддержания влагосодержания при производстве на уровнях ниже конечного заданного влагосодержания готового сливочно-сырного продукта. Однако этот способ требует стадии ферментации и более продолжительного времени производства.

В заявке США 2004/0219273 A1 (Cha) раскрыто использование кислой сыворотки (pH 3,5÷5,5, предпочтительно 4,6÷5,2) для производства сливочно-сырных продуктов. Однако Cha не раскрывает, начиная с сывороточного материала со значительной кислотностью, получение желаемой плотности и текстуры по изобретению.

В патенте США 6261624 (Hudson) раскрыт гидролиз препарата белка молочной сыворотки в кислоту и нагревание с образованием слабого геля, который высушивают и размалывают в порошок, который можно использовать как загуститель в пищевых

продуктах. Hudson не описывает производство сливочного сыра с высоким влагосодержанием и низким содержанием жира с повышенной плотностью и свойствами текстуры.

Канадский патент 2442387 (Wolfschoon) описывает способ включения белка молочной сыворотки в пищевые продукты с получением соотношения казеина к белку вплоть до 20:80 путем подкисления водного раствора одного или нескольких белков молочной сыворотки, перемешивания с жиром для создания подкисленной сывороточной белково-жировой эмульсии и перемешивания эмульсии с пищевыми продуктами. Не описан сливочно-сырный продукт с желаемым пределом текучести и деформацией по изобретению.

Цель данной работы – выбрать способ производства сливочного сыра и оптимальный режим низкотемпературной обработки сливочного сыра.

В связи с этим, на основе проведенного анализа выбран способ производства сливочного сыра, вырабатываемого на поточной механизированной линии путём сычужно-кислотного свёртывания обезжиренного пастеризованного молока. Этот способ имеет следующие особенности: применение высокой температуры пастеризации молока ($76\div 82\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой $20\div 25\text{ с}$); внесение в пастеризованное молоко повышенных доз бактериальных заквасок ($1,5\div 2,5\%$), состоящих в основном из штаммов молочнокислых и ароматобразующих стрептококков; повышенная зрелость и кислотность молока перед свёртыванием и получение более прочного сгустка; дробление сгустка крупными кусками; отсутствие второго нагревания.

Технология производства сливочного сыра сводится к следующему. Цельное молоко, кислотностью не выше $19\text{ }^{\circ}\text{T}$ из резервуара для хранения молока подается в пастеризатор для нагревания, а затем в сепаратор. Обезжиренное молоко в потоке нагревается до $75\div 76\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении $20\div 25\text{ с}$, а затем охлаждается до $30\div 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ и направляется в сыроизготовитель для свёртывания. Для свёртывания молока применяются мококосвёртывающие ферменты животного происхождения: сычужный фермент и пепсин, а также ферментные препараты на их основе. Промышленный препарат сычужного фермента в виде порошка содержит $30\div 40\%$ пепсина. Важным условием для действия сычужного фермента является кислотность и температура молока. Оптимальная кислотность соответствует $\text{pH} - 6\div 3$.

Бактериальная закваска из молочнокислых и ароматобразующих стрептококков (в количестве - $1\div 1,5\%$) вносится в начале заполнения сыроизготовителя. По заполнении сыроизготовителя добавляется водный 40% -ый раствор хлористого кальция из расчёта $200\div 300\text{ г}$ безводной соли на 1 т молока и раствор сычужного порошка из расчёта $1\div 1,2\text{ г}$ активностью 100 тыс.ед. на 1 т молока. Молоко перемешивается $10\div 15\text{ мин.}$ Добавление в пастеризованное молоко хлорида кальция является обязательной операцией, так как пастеризованное молоко медленно свёртывается под действием мококосвёртывающих ферментов и не образует плотного сгустка, плохо отделяется сыворотка из сырного зерна. Хлорид кальция восстанавливает исходный солевой состав молока, нарушенный во время пастеризации, и улучшает сычужную свёртываемость молока. Из сепаратора сливки поступают в промежуточную ванну, откуда их подают в пастеризатор, где они нагреваются до $84\div 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, охлаждаются до $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ и направляются в ванны для смешивания их с сухим молоком и сахарным сиропом и охлаждения смеси до $18\div 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура заквашивания и сквашивания молока устанавливается в пределах $28\div 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Продолжительность сквашивания молока - $10\div 12\text{ ч.}$ в зависимости от его качества и активности бактериальной закваски. Конец сквашивания и готовность сгустка определяется по активной кислотности, которая должна быть в пределах $\text{pH } 4,5\div 4,35$. Титруемая кислотность сыворотки - не менее $60\text{ }^{\circ}\text{T}$, а сгустка - не менее $90\text{ }^{\circ}\text{T}$.

Полученный в сыроизготовителе сгусток требуемой кислотности $10\div 15\text{ мин.}$ дробится до получения однородной массы. В результате получают столбики квадратного сечения. Чем мельче зерно, тем больше общая суммарная поверхность для синерезиса, тем быстрее обезвоживается сырное зерно, и наоборот, чем крупнее зерно, тем медленнее оно

обезвоживается. Поэтому для сливочного сыра получают зерно определённого размера - $20 \div 30$ мм. В сепараторе часть сыворотки отделяется для получения белковой части, которая направляется в охладитель для охлаждения до $8 \div 10$ °С и затем смешивается в ванне-смесителе со сливками и наполнителями.

Формирование структуры сырной массы осуществляется наливом. Если сыворотки подаётся в достаточном количестве и уплотнение зерна в форме происходит под слоем сыворотки, то получается плотная, не насыщенная воздухом сырная масса. В противном случае сырные зерна неплотно прилегают одно к другому и между ними остаются промежутки, которые заполняются воздухом, который не удаляется из сырной массы даже при самопрессовании. Пустоты - причина образования рыхлой, пористой, структуры и пустотного рисунка сырного теста.

В процессе самопрессования продолжает развиваться молочнокислое брожение в сырной массе, происходит её дальнейшее обезвоживание. Давление в головке сыра увеличивается от верхнего слоя к нижнему. Для равномерного уплотнения всей массы сыра его переворачивают через $15 \div 30$ мин., а затем реже - через $1 \div 1,5$ часа. Уплотнение сырной массы длится от 3 до 24 ч. Необходимое условие самопрессования - поддержание температуры сырной массы при температуре воздуха в помещении $15 \div 20$ °С. Окончанием самопрессования является прекращение выделения сыворотки, достаточное уплотнение сырной массы, приобретение сыром требуемой формы и достижение необходимого для сливочного сыра уровня pH.

Готовая сырная масса с температурой $16 \div 18$ °С направляется на гомогенизацию, затем на фасовку и, наконец, в камеры для охлаждения до $3 \div 5$ °С.

Сливочный сыр расфасовывают массой $125 \div 250$ г, которые направляются в холодильную камеру с температурой $2 \div 5$ °С. Здесь их в течение 3-4 ч. охлаждают до $5 \div 8$ °С. Для интенсивного охлаждения продукта и лучшей циркуляции воздуха в холодильных камерах устанавливают воздухоохладители. Охлаждённый сливочный сыр упаковывается в картонные или пластмассовые короба или ящики массой нетто 12,5 кг (100 шт. массой 125 и по 50 шт. массой 250 г). На тару наносят маркировку согласно ГОСТ. Хранят сливочный сыр в холодильных камерах торговой сети и на предприятиях общественного питания при температуре $2 \div 5$ °С.

По этой технологии была произведена экспериментальная партия сливочного сыра, которая имела нежную, мягкую консистенцию готового продукта.

На основе проведенного патентного обзора выбран интервал температур, при которых рекомендуется осуществлять низкотемпературную обработку и хранение сливочного сыра: охлаждение воздухом, имеющим температуру $2 \div 5$ °С, хранение сыра, расфасованного массой $125 \div 250$ г, при температуре до $5 \div 8$ °С, хранение сыра в холодильных камерах торговой сети и на предприятиях общественного питания при $2 \div 5$ °С.

Для обеспечения этих процессов низкопотенциальной теплотой была выбрана система охлаждения процессов низкотемпературной обработки и холодильного хранения сливочного сыра. Выбор системы холодоснабжения для процессов низкотемпературной обработки сливочного сыра был осуществлен на основе обзора литературных данных [1÷7]. Для процессов охлаждения и холодильного хранения сливочного сыра выбрана непосредственная система охлаждения.

С целью выбора оптимального холодильного агента выполнен тепловой расчет циклов холодильных машин. Расчеты выполнены для одноступенчатых холодильных машин, работающих на холодильных агентах R-717, R-22 и R-12. В процессе расчетов для каждого холодильного агента определены: удельная массовая холодопроизводительность холодильной машины q_0 ; удельная тепловая нагрузка на конденсатор q_k , регенеративный теплообменник $q_{рт}$ и переохладитель $q_{по}$; удельная работа цикла $l_{ц}$ и холодильный коэффициент ε . Результаты расчета приведены в таблице 1.

На основе анализа результатов расчета циклов холодильных машин, работающих на R-717, R-22, R-12, а также учитывая стоимость холодильных агентов, сделан вывод о том, что наиболее эффективным является холодильная машина, работающая на R-717. Однако учитывая, что современные технологии рекомендуют использовать непосредственную систему охлаждения, применение аммиака при переработке молока и молочных продуктов не рекомендуется.

Таблица 1

Результаты теплового расчета циклов холодильных машин

Хладагент / рассчитываемый параметр	q_0 , кДж/кг	q_k , кДж/кг	$q_{по}/q_{рт}$, кДж/кг	$I_{ц}$, кДж/кг	ε
R-717	1138	1330	26	192	5.93
R-22	189	221	20	35	5.4
R-12	135	156	17	25	5.4

В связи с этим для системы холодоснабжения процессов низкотемпературной обработки и хранения сливочного сыра необходимо использовать холодильные машины, работающие на фреонах, которые являются инертными по отношению к молочным продуктам. Поэтому из R-22 и R-12 выбран холодильный агент R-22, у которого значения удельной массовой холодопроизводительности и холодильный коэффициент выше.

Таким образом, на основе проведенного патентного обзора изучена и выбрана технологическая схема производства сливочного сыра способом сычужно-кислотного сквашивания (свёртывания) обезжиренного пастеризованного молока. Изучены температурные режимы тепловых процессов; отличительные особенности технологии мягких сыров: применение высокой температуры пастеризации молока (76-82 °С с выдержкой 20-25 с); внесение в пастеризованное молоко повышенных доз бактериальных заквасок (1,5-2,5%), состоящих в основном из штаммов молочнокислых и ароматобразующих стрептококков; повышенная зрелость и кислотность молока перед свёртыванием и получение более прочного сгустка; дробление сгустка крупными кусками; отсутствие второго нагревания. Экспериментальная партия произведенного сыра имела нежную, мягкую консистенцию и повышенное содержание влаги в период созревания и в готовом продукте.

Выводы: На основе анализа результатов расчета циклов холодильных машин, работающих на R-717, R-22, R-12, для системы холодоснабжения процессов низкотемпературной обработки и хранения сливочного сыра выбрана непосредственная система охлаждения на базе фреоновой холодильной машины, работающей на R-22, который инертен к молочным продуктам и у которого значение удельной массовой холодопроизводительности и холодильный коэффициент по сравнению с другими агентами выше.

Список литературы

1. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А. В. Гудков. – М.: Делипринт, 2003. – 800 с.
2. Доля продукции отечественных компаний в общем объеме реализуемых в Казахстане молочных продуктов // Режим доступа: <http://thenews.kz>
3. Румянцев Ю.Д. Холодильная техника / Ю.Д. Румянцев, В.С. Калюнов. – М.: Профессия, 2003. – 360 с.
4. Edition©/Springer Science+Business Media, LLC 2011 – 510 p.
5. Food Processing Handbook / Edited by James G. Brennan and Alistair S. Grandison. Volume 1, 2012 Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA.