

УДК [665.334.94+637.2]

А.В. Терещук, И.Д. Савельев

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОГО СПРЕДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЗОДОРИРОВАННОГО РАПСОВОГО МАСЛА

Обоснованы технологические параметры производства сливочно-растительного спреда: температура и метод диспергирования, скорость механической обработки в процессе охлаждения и кристаллизации.

Кристаллизация, маслообразование, полиморфизм, эмульгирование, содержание твердого жира.

Введение

Основными физико-химическими процессами преобразования молочно-жировой дисперсии в спред является кристаллизация глицеридов, проходящая сначала в жировых шариках, а затем в расплаве жира с последующим образованием спреда путем обращения фаз и его структурированием. Это связанные и взаимообусловленные процессы, протекающие в короткие промежутки времени и обеспечивающие формирование структуры спреда с определенными реологическими характеристиками.

Для получения оптимальных структур спредов возможно использование широкого набора жиров и масел с различным содержанием твердых глицеридов. Важно отметить, что режимы охлаждения и механической обработки в значительной степени определяют характер и тип структуры в олеофильных дисперсных системах.

Механические свойства твердых тел обусловлены их кристаллическим строением и действующими в них силами сцепления. В связи с этим различают конденсационно-кристаллизационные и коагуляционные структуры. Конденсационно-кристаллизационные структуры возникают при образовании нескольких кристаллов из одного или непосредственным срастанием кристаллов возникающей новой фазы. Эти структуры обладают высокой прочностью и принципиально необратимым характером разрушения и после механического разрушения не восстанавливаются.

Коагуляционная структура образуется путем сцепления кристаллов слабыми силами Ван-дер-Ваальса через тонкие прослойки дисперсионной среды. Такие прослойки среды в местах контакта между частицами коагуляционной структуры определяют ее низкую прочность, пластичность и специфическое свойство – тиксотропию, т.е. способность самопроизвольно восстанавливаться, при этом прочность их возрастает. Чем меньше прослойка жидкой среды, тем больше молекулярные силы взаимодействия и тем прочнее структура. В смешанных коагуляционно-кристаллизационных структурах пластические и тиксотропные свойства определяются соотношением между коагуляционной и кристаллизационной структурами. Технологический режим должен обеспечить оптимальное соотношение между твердой и жидкой фазами, определенную дисперсность кристаллического жира, такой характер связи между дисперсными частицами, которой

сообщал бы продукту хорошие пластические свойства. Важнейшим критерием качества спредов является способность сохранять в течение длительного времени мелкокристаллическую структуру и однородную пластичную консистенцию в широком диапазоне температур. Для получения пластичной консистенции продукта необходимо иметь жировую основу, содержащую широкую гамму глицеридов, что достигается оптимальным соотношением молочно-жирового и растительных масел [1].

Преобразование дисперсии высокожирных сливок (или расплавленного сливочного масла) с растительными маслами в плотную и пластичную структуру спреда происходит в условиях охлаждения и интенсивной механической обработки. Среди явлений, происходящих при кристаллизации спреда, важное значение имеет способность входящих в его состав глицеридов к полиморфным превращениям. Полиморфизм – это свойство некоторых веществ кристаллизоваться в нескольких различных по кристаллографическим постоянным формам, т.е. в различных кристаллических решетках. В нашей стране вопросы полиморфизма молочно-жирового сырья фундаментально исследовали А.П. Белоусов, Г.В. Твердохлеб и др. [2, 3].

Таким образом, одним из основных технологических процессов в производстве спредов является кристаллизация. Именно этот процесс является характерным признаком качества работы основных технологических потоков, связанных с хранением и транспортировкой, нагревом и охлаждением, структурообразованием и фасовкой [4]. В связи с этим процессу кристаллизации пищевого жирового сырья уделяется значительное внимание при производстве водно- и молочно-жировых эмульсий.

Методы и материалы

Определение содержания твердой фазы проводили дилатометрически и на спектрометре ЯМР – minispec NMS 100 Series Bruker (Германия). Метод ядерно-магнитного резонанса применяется для определения соотношения жидкой и твердой фазы в различных жирах, маслах, спредах. Метод применим для твердых триглицеридов в интервале от 5 до 50 %. При наличии в жире влаги вносится поправка на содержание воды в жидкой фазе.

Для определения полиморфной формы использовался рентгеноструктурный метод, состоящий в измерении угла дифракции рентгеновских лучей,

направленных на образец твердого жира. Идентификация полиморфных форм производилась по спектрам малых интервалов триглицеридов.

Для получения, использования и регистрации рентгеновских лучей при ионизационном методе регистрации применяли рентгеновский дифрактометр УРС-50И, представляющий собой рентгеновскую установку с ионизационной регистрацией рентгеновских спектров, автоматической записью рентгенограмм и непосредственно отсчетом углов дифракции на линейной диаграмме самописца. Установка укомплектована электронным самопишущим потенциометром ЭПП-09.

Органолептическую оценку спредов проводили по 20-балльной шкале, в том числе при максимальной оценке вкуса и запаха 10 баллов, консистенции – 5 баллов, цвета – 3 балла, упаковки и маркировки – 2 балла.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ 5867-90.

Температуру плавления жира, выделенного из масла, определяли по ГОСТ Р 52179-2003.

Результаты и их обсуждение

Основу технологии производства сливочно-растительных спредов, в том числе с пониженным содержанием жира (массовая доля жира 40–50 %), составляет получение высокодисперсной молочно-жировой эмульсии посредством эмульгирования смеси растительных масел и жиров с молочным сырьем (молоко, сливки, сливочное масло) таким образом, чтобы не только обогатить липидный комплекс продукта эссенциальными составляющими – полиненасыщенными жирными кислотами и жирорастворимыми витаминами, но и повысить усвояемость его жировой части благодаря высокой степени эмульгирования растительного масла. Для получения спреда использовалось рапсовое масло низкого сорта, которое в настоящее время широко используется в производстве масложировой продукции. При разработке эмульсионных продуктов особое значение придается присутствию эссенциальных (незаменимых) ненасыщенных жирных кислот, к которым в первую очередь следует отнести линолевую ω -6 и линоленовую ω -3 (в рапсовом масле их суммарное содержание составляет 22–40 %).

При этом необходимо учитывать, что спред должен характеризоваться однородной, пластичной, плотной консистенцией, чистым выраженным вкусом или вкусом используемого наполнителя. В случае присутствия в продукте свободного растительного масла или влаги ухудшаются не только его органолептические и потребительские характеристики, но и понижается стойкость продукта в процессе хранения. Стойкость эмульсии, т.е. способность не разрушаться под действием ряда факторов, в частности под механическим и температурным воздействием, определяется свойствами тончайшего поверхностного адсорбционного слоя, окружающего капельки дисперсной фазы.

На начальных стадиях разработки технологии концентрированных молочно-жировых эмульсий со смешанным жировым составом комбинированной жировой фазой использовался метод простого меха-

нического смешения молочных сливок и жидкого растительного масла, последнее вносили в сливки в соответствующем для каждого вида молочно-жирового продукта количестве. Результаты экспериментальных выработок выявили недостатки такой технологии. Во-первых, такая технология не позволяла равномерно распределять жиры; во-вторых, молочно-растительные сливки отличались неудовлетворительным состоянием эмульсии. При их созревании наблюдалась отстой свободного жира, т.е. часть внесенного в сливки растительного масла находилась в свободном, неэмульгированном состоянии. Это обуславливается тем, что в плазме исходных сливок недостаточно природных эмульгаторов (белков, фосфолипидов) для эмульгирования всего количества вносимого растительного масла.

Для получения молочно-жировой эмульсии с однородными по глицеридному составу жировыми шариками, полностью защищенными липопротеиновой оболочкой, предложен метод внесения растительного масла в нормализованное по молочному жиру сырое молоко с последующим сепарированием этой смеси. Данный способ был апробирован в технологических схемах при производстве многих молочно-жировых продуктов.

Другим способом получения эмульсий является диспергирование жиров в различных эмульсаторах и гомогенизаторах. Применение гомогенизатора для эмульгирования позволяет в широких пределах изменять дисперсность жировой фазы эмульсии, кроме того, увеличить общее количество жировых шариков, уменьшить их средний диаметр и увеличить общую поверхность жировой фазы.

Под действием различных факторов (механического, температурного и др.) возможна утрата стабилизирующей способности эмульсии. В связи с этим из-за избытка свободной энергии на межфазной поверхности эмульсии становятся агрегативно неустойчивы, что проявляется в самопроизвольной коалесценции отдельных капелек жидкости друг с другом. На практике это приводит к полному разрушению и разделению эмульсии на два слоя.

Систематизация и анализ имеющихся данных показывают, что качество сливочно-растительных спредов определяется не только химическим составом молочно-жировых композиций, но и технологическими факторами проведения процесса. Производство данного вида продукции включает следующие технологические операции: подготовку сырьевых компонентов, получение молочно-жировой дисперсии, ее охлаждение и механическую обработку.

Технологические факторы во многом обуславливают физические явления процесса маслообразования – кристаллизацию глицеридов, обращение фаз, формирование структуры и др. В связи с этим целесообразно выделить два аспекта, обуславливающих комплекс свойств продукта, – температурный и механический.

Для направленного регулирования процесса маслообразования и формирования структуры в ходе исследования были изучены следующие технологические факторы: условия диспергирования молочно-жировой фазы; температурные условия диспергиро-

вания; скорость механической обработки в процессе охлаждения и кристаллизации.

Первой стадией технологического процесса производства спредов является диспергирование рецептурных компонентов. Так как в жировую основу, помимо сливочного масла, входит дезодорированное рапсовое масло, то одной из задач технологии является оптимизация режимов его диспергирования. С одной стороны, присутствие жидкого растительного масла в свободном неэмульгированном состоянии может негативно отразиться на формировании структуры продукта и привести к расслоению эмульсии или излишне мягкой консистенции спреда. С другой стороны, процессы кристаллизации глицеридов в высокодисперсном состоянии требуют более низкой температуры и, следовательно, более значительного переохлаждения, при этом процесс выделения твердой фазы осуществляется медленнее и требует большего времени для его завершения.

Для корректировки режимов диспергирования была проведена серия опытов, в ходе которых смешивали и диспергировали расплавленное сливочное масло (массовая доля жира 72,5 %) с рапсовым маслом (10 % от рецептурного количества) при обязательном использовании эмульгатора. В качестве эмульгатора использовали смесь дистиллированных моно- и диглицеридов (E 471) фирмы Palsgaard в количестве 0,6 %.

Поставленная задача получения молочно-жировой дисперсии решалась путем: 1) смешения; 2) гомогенирования.

По первому варианту перемешивание жировых и молочных компонентов осуществлялось в смесителе, оборудованном мешалкой специальной конструкции (анкерного типа). Частота вращения мешалки варьировалась в двух режимах: 80–100, 280–300 об/мин.

По второму варианту композиционная смесь сливок с растительным маслом и эмульгатором подвергалась гомогенизации с последующим охлаждением и механической обработкой. Применение гомогенизатора для эмульгирования позволяет в широких пределах изменять дисперсность жировой фазы эмульсии, кроме того, увеличить общее количество жировых шариков, уменьшить их средний диаметр и увеличить общую поверхность жировой фазы.

Изучали влияние условий диспергирования молочно-жировой фазы на показатели качества: консистенцию и содержание твердого жира (рис. 1).

Частичное эмульгирование растительного масла в условиях механического перемешивания при частоте вращения мешалки 80–100 об/мин позволило получить грубую дисперсию с размером жировых шариков 30 мкм. Условия диспергирования в смесителе до 300 об/мин изменяют дисперсность жировой фазы, и величина частиц составила 10 мкм.

Гомогенизация позволила достичь тонкодиспергированного состояния жировой фазы, при этом размер жировых шариков достиг 2–3 мкм.

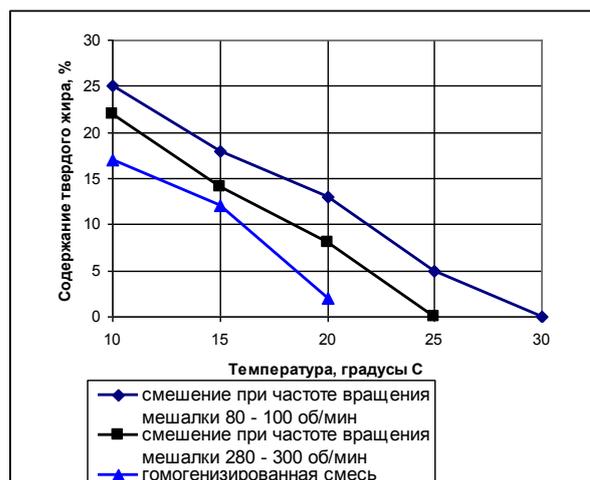


Рис. 1. Влияние условий диспергирования молочно-жировой фазы на содержание твердого жира

Анализируя влияние дисперсности на консистенцию, следует отметить, что процессы кристаллизации и формирования структуры масла определяются степенью предварительного эмульгирования: чем выше дисперсность жировой фазы, тем более низкие температуры требуются для ее переохлаждения. Вместе с тем недостаточное эмульгирование приведет к отстою свободного жира, где часть внесенного в сливочное масло растительного масла находится в неэмульгированном виде, что в конечном итоге обуславливает и неудовлетворительную консистенцию готового продукта.

Представленная на рис. 1 зависимость показывает, что степень переохлаждения, необходимая для начала кристаллизации жира в дисперсном состоянии (10 мкм), составила 25 °C, а для гомогенизированной композиции 20 °C. Количество твердого жира в пределах температур охлаждения от 20 до 10 °C в гомогенизированном продукте значительно ниже, чем в диспергированном до 30 мкм.

Так, количество твердых изомеров при температуре 15 °C в гомогенизированном продукте составляет 12 %, а в смеси, полученной при перемешивании в условиях 80–100 об/мин, количество твердой фракции составляет 18 %.

Таким образом, чем меньше размер жировых шариков, тем большая степень переохлаждения требуется для достижения необходимой структуры продукта.

На следующем этапе изучали влияние температурных условий диспергирования на температуру плавления жира, выделенного из готового продукта.

Диспергирование проводили в интервале температур от 30 до 90 °C. Повышение температуры нагревания смеси до 80–100 °C способствует расслаиванию эмульсии, что обуславливает пороки структуры в процессе маслообразования. Кроме этого, резкий перепад температурных режимов, который возможен на следующей стадии технологического процесса, увеличивает скорость охлаждения. Кристаллизация глицеридов жиров – сложный экзотермический процесс. Он зависит от скорости и конечной температуры охлаждения, химического состава

жира и продолжительности его выдерживания в охлажденном состоянии.

Кристаллизация жиров и масел, а также их композиционных смесей – один из важнейших процессов в технологии спредов. Именно содержание твердой фазы жира наряду с его глицеридным составом определяет свойства готового продукта, в том числе структуру и консистенцию.

Триглицериды могут кристаллизоваться в различных полиморфных модификациях.

Образование той или другой полиморфной модификации зависит от ряда факторов: состава и чистоты соединения, температуры нагревания и охлаждения, способа и скорости кристаллизации и др.

В основу классификации по Т. Малкину положена температура плавления глицеридов: α – наиболее низкоплавкая (неустойчивая) форма, β' – промежуточная, β – наиболее высокоплавкая форма (устойчивая). Выделяется также полиморфная, малоустойчивая, самая низкоплавкая форма, образующаяся в результате охлаждения α -формы и называемая суб- α или γ -форма.

Полиморфные формы обладают способностью переходить одна в другую. Однако этот процесс необратим, т.е. идет только в направлении от низкоплавких и менее стабильных форм к высокоплавким стабильным.

Быстрое охлаждение расплава триглицерида приводит к образованию γ -формы и появлению зародышей α -формы. При очень медленном охлаждении расплава первой может образовываться β -модификация. Полиморфная форма β' получается путем перекристаллизации из α -формы при соответствующих температурах. Стабильная β -форма может быть также образована при кристаллизации глицеридов из растворов или перекристаллизацией из нестабильных форм.

Скорость перехода одной модификации в другую зависит от скорости охлаждения расплава и длины углеводородного радикала ацилов кислот глицеридов.

В глицеридах жирных кислот с нечетным числом атомов углерода превращения полиморфных модификаций протекают медленнее, чем в глицеридах жирных кислот с четным числом атомов углерода. Стабильность α -модификаций увеличивается с увеличением молекулярной массы жирных кислот глицеридов.

При значительном увеличении скорости охлаждения образуется неустойчивая кристаллическая α -модификация, для которой характерна более низкая температура плавления.

Нагревание смеси до 85 °С и последующее ее охлаждение до 13–15 °С позволяют получить продукт с температурой плавления жировой фазы 24,5 °С (α -полиморфная модификация). Снижение температуры диспергирования до 35–40 °С позволяет вырабатывать продукт с температурой плавления 27,0–27,5 °С и достаточно плотной, пластичной консистенцией, что обусловлено β' -полиморфной формой.

Следующий этап технологии производства комбинированного масла заключается в том, что жидкую молочно-растительную дисперсию охлаждают и кристаллизуют. Режим и условия кристаллизации

определяют структуру жировой основы, а следовательно и свойства готового масла.

Формирование кристаллической структуры масла зависит от температуры охлаждения и скорости механического воздействия.

Отвердевание глицеридов рассматривали в аспекте образования твердой фазы в двух режимах: частота вращения вала 150–180 об/мин (условия проведения процесса в маслообразователе) и 500 об/мин (условия проведения процесса в переохладителе). Данные исследования представлены на рис. 2. Кристаллизация глицеридов с увеличением скорости механического воздействия начинается при меньшей степени переохладения. Динамика изменения содержания твердого жира в масле от условий механического воздействия (см. рис. 2) показывает, что количество твердой фазы в варианте 1 в равных температурных условиях выше, чем в варианте 2. Так, при температуре 15 °С количество твердой фракции (вариант 1) составляет 18 %, а в варианте 2 соответственно 20 %. Вместе с тем увеличение скорости механического воздействия сокращает время кристаллизации глицеридов за счет ускорения полиморфных превращений в жире. В случае условий проведения процесса в маслообразователе (150–180 об/мин) процесс кристаллизации длится 8–10 мин, при вращении вала 500 об/мин скорость отвердевания жира увеличивается и время процесса сокращается до 3–5 мин. Вместе с тем интенсивное механическое воздействие обуславливает диспергирование твердой фазы, вследствие чего увеличивается количество центров кристаллизации и межфазная поверхность дисперсной системы, что обуславливает образование прочных коагуляционных пространственных структур, исключая процесс расщепления готового масла.

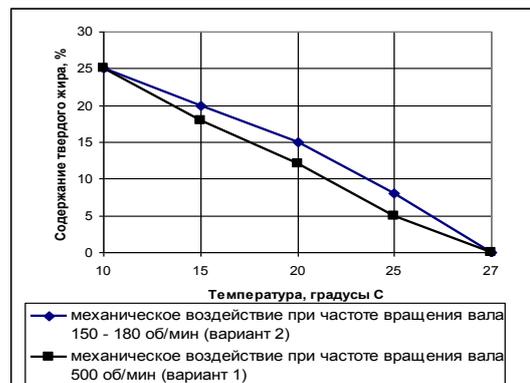


Рис. 2. Влияние скорости механического воздействия при охлаждении на содержание твердого жира

Таким образом, помимо триглицеридного состава жировой основы, на пластичность и консистенцию спреда существенное влияние оказывают режим и условия охлаждения молочно-растительной дисперсии.

Для получения высококачественного сливочно-растительного спреда с дезодорированным рапсовым маслом (10 % в жировой фазе) при использовании в качестве эмульгатора моноглицеридов (0,6 %) рекомендованы следующие технологические режимы.

1. Диспергирование молочно-жировой фазы (высокожирные сливки: растительное масло) осуществлять до получения «грубой» эмульсии с размером жировых шариков 25–30 мкм, что осуществляется в условиях механического перемешивания в смесителе при частоте вращения мешалки анкерного типа 80–100 об/мин.

2. Диспергирование проводить при температуре 40 °С, что позволяет при последующем охлаждении до 13–15 °С получить устойчивую β'-модификацию с температурой плавления 27,0–27,5 °С, характеризующуюся плотной, пластичной консистенцией.

3. Оптимальные условия отвердевания глицеридов сливочно-растительного спреда достигаются в переохладителе. Температура на выходе – 13–15 °С, частота вращения вала 500 об/мин.

Обобщая данные по изучению влияния технологических параметров на свойства вырабатываемых спредов, следует отметить, что диспергирование и охлаждение – основные процессы технологии спредов и от режимов их выполнения в значительной степени зависит качество готового продукта – его структура и пластические свойства.

Список литературы

1. Вышемирский, Ф.А. Маслоделие в России (история, состояние, перспективы). – Углич, 1998. – 590 с.
2. Белоусов, А.П. Принцип сокристаллизации триглицеридов молочного жира и образование групп смешанных кристаллов // Труды УкрНИИмясомолпрома. – Киев, 1981. – С. 92–113.
3. Твердохлеб, Г.В. Закономерности отвердевания молочного жира // Научно-техническая информация. Серия: Молочная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ мясомолпром, 1971. – Вып. 11. – С. 23–33.
4. Терещук, Л.В. Молочно-жировые композиции: аспекты конструирования и использования: монография / Л.В. Терещук, М.С. Уманский; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2006. – 209 с.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел./факс: (3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

L.V. Terechuk, I.D. Saveljev

Substantiation of Technological Parameters of Creamy Vegetable Spreads Manufacture Using Deodorized Rape Oil

Technological parameter of creamy vegetable spreads manufacture such as: temperature and the method of dispersion, the rate of processing in the course of cooling and crystallization have been proved.

Crystallization, butter formation, polymorphism, emulsification, the content of hard fat.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

