

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 664.3

**А.Н. Остриков,
А.А. Смирных,
А.В. Горбатова**

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПРЕДА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Ключевые слова: спред, температура, градиент скорости, эффективная вязкость, термостатирование, цилиндр, жирнокислотный состав, функциональный, трансизомеры, полиненасыщенные жирные кислоты.

Введение

Режим работы технологического оборудования, используемого при производстве спредов, зависит от реологических характеристик обрабатываемого продукта. В процессе производства спреда подвергаются различным видам обработки, таким как нагревание, перемешивание, охлаждение, транспортирование по трубопроводам, нагнетание и истечение из дозирующего устройства и др.

Спреды относятся к структурированным дисперсным системам. Их обработка сопровождается разрушением дисперсной системы, вследствие чего изменяются структурно-механические свойства продукта. Эти изменения оказывают влияние на режим работы аппаратов [1].

Реологические свойства спредов изменяются не только при изменении температуры, но и при различных скоростях градиента

скорости сдвига. Среди основных реологических свойств наиболее существенное влияние на гидромеханические процессы при выработке спредов оказывают их вязкостные свойства [2].

Цель и задачи: исследовать реологические свойства спреда функциональной направленности; изучить влияние модифицирующего действия эмульгатора на технологические параметры процесса.

Объекты и методы

Был разработан функциональный спред с пониженным содержанием трансизомеров жирных кислот. Отличительной особенностью растительно-жировых спредов является высокое содержание жизненно необходимой линолевой кислоты, которая не синтезируется в организме [3].

Жирнокислотный состав разрабатываемого продукта был оптимизирован за счет использования композиции растительных масел (37,5% льняное масло, 37,5% арахисовое масло, 25% кукурузное масло). В результате исследований жирнокислотного состава полученного спреда установлено, что 100 г продукта полностью удовлетво-

ряют суточную потребность в полиненасыщенных жирных кислотах (ПНЖК), в т. ч. в ω -3 и ω -6 жирных кислотах. В готовом продукте содержание трансизомеров составило 3,9%. ГОСТ Р 52100-2003 регламентирует содержание трансизомеров в спредах не более 8%. Полученный продукт имеет слабовыраженный сладко-сливочный запах; белый, бежевый желтоватый цвет, обладает кремовой текстурой.

Физико-химические показатели спреда: кислотное число готового спреда составило $KЧ = 0,82$ мгКОН/г, перекисное число – $ПЧ = 2,98$ ммоль акт.О/г.

По структурно-реологическим показателям разработанный спред оказался мягким, пластичным при 12°C . Его коэффициент термоустойчивости составил 0,85, что является удовлетворительным результатом.

Исследования проводили на ротационном вискозиметре «Реотест-2» с использованием термостата и самописца. Благодаря использованию в вискозиметре системы соосных цилиндров – наружного и внутреннего – при проведении исследований была обеспечена высокая точность измерений. Погрешность измерений прибора при определении эффективной вязкости не превышала $\pm 4\%$.

Исследуемый спред имеет следующий состав: арахисовое масло, льняное масло, кукурузное масло, обезжиренное молоко, сливки, эмульгатор Dimodan НР. Энергетическая ценность 100 г продукта составляла 362,88 ккал.

Экспериментальная часть

Перед началом измерений проба продукта термостатировалась при заданной температуре, после чего проводили измерения эффективной вязкости при возрастающих значениях частоты вращения цилиндра.

Порция исследуемого спреда помещалась в зазор между рабочими цилиндрами вискозиметра. При каждой очередной температуре использовалась новая порция продукта. Привод вискозиметра позволял устанавливать 24 различные частоты вращения цилиндра. В опытах использовали цилиндр, с помощью которого выполнялись измерения эффективной вязкости спреда в диапазоне градиента скорости от $5,4$ до $145,8 \text{ c}^{-1}$. Цилиндр подбирали согласно рекомендациям по обслуживанию вискозиметра с таким расчётом, чтобы градиентный слой распространялся на всю толщину спреда, размещённого в кольцевом зазоре измерительного устройства вискозиметра.

Результаты и их обсуждение

Эффективная вязкость продукта оказывает наиболее существенное влияние на гидродинамические и тепловые процессы. Результаты экспериментальных данных были обработаны и представлены в виде графиков. График зависимости эффективной вязкости спреда в зависимости от градиента скорости показан на рисунке 1. График зависимости эффективной вязкости от касательного напряжения представлен на рисунке 2, график зависимости касательных напряжений от градиента скорости сдвига – на рисунке 3.

Спред исследовали при следующих температурах: $22, 35, 50, 65^{\circ}\text{C}$.

В результате исследований установлено заметное уменьшение эффективной вязкости продукта при увеличении градиента скорости. Например, при температуре спреда 22°C и возрастания градиента скорости от $5,4$ до $16,2 \text{ c}^{-1}$, т. е. почти в два раза, эффективная вязкость первого образца уменьшается от $24,45$ до $47,46 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

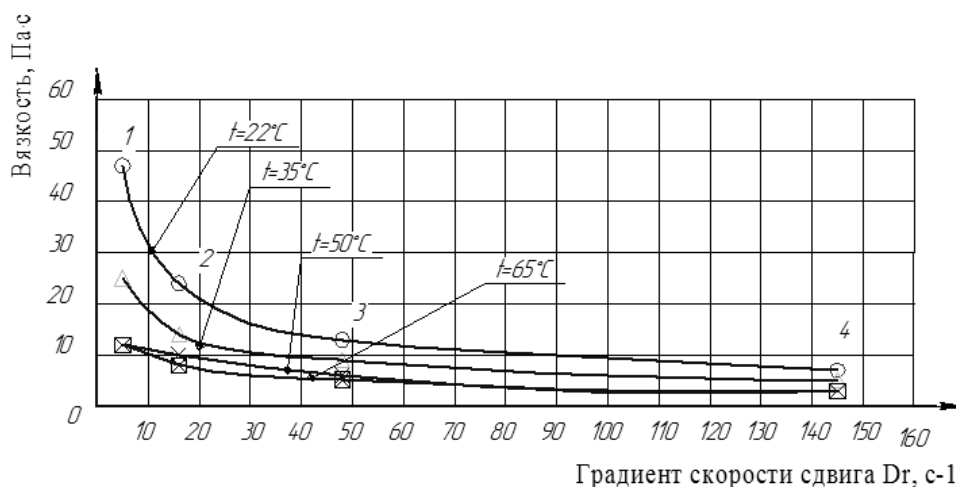


Рис. 1. График зависимости эффективной вязкости от градиента скорости сдвига

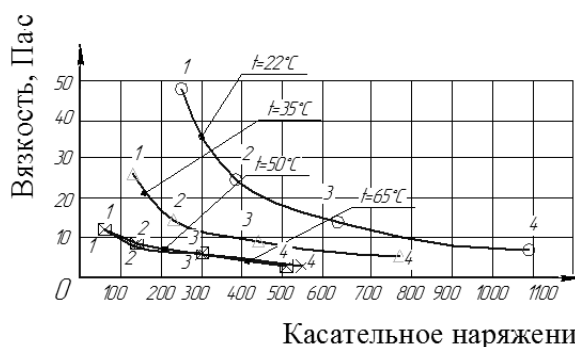


Рис. 2. График зависимости эффективной вязкости от касательных напряжений

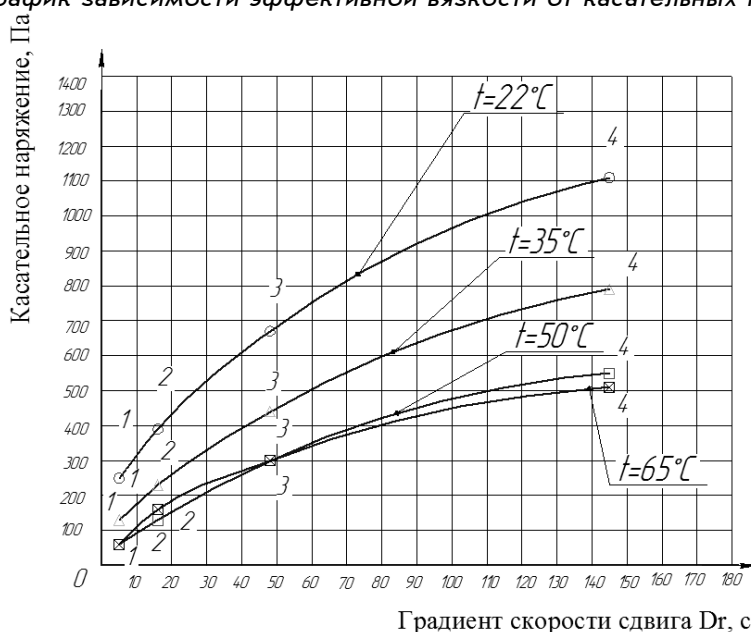


Рис. 3. График зависимости касательных напряжений от градиента скорости сдвига

С повышением температуры спреда влияние градиента скорости сдвига на величину касательных напряжений увеличивается. Например, при температуре 35°C и возрастании скорости сдвига с 5,4 до 145,8 с⁻¹ касательные напряжения увеличиваются от 139,8 до 792,2 Па·с, т. е. более чем в 5 раз. При дальнейшем возрастании температуры спреда до 50°C влияние градиента скорости сдвига на величину касательных напряжений становится еще более значительным: при возрастании скорости сдвига с 5,4 до 145,8 с⁻¹ касательные напряжения увеличиваются от 69,9 до 559,2 Па·с, т.е. более чем в 8 раз.

Наиболее высокие значения эффективной вязкости наблюдаются при температурах 22, 35°C. Установлено, что в этом интервале температур эффективная вязкость продукта существенно изменяется в зависимости от градиента скорости сдвига. Например, при температуре 35°C и возрастании градиента скорости сдвига от 5,4 до 145,8 с⁻¹ эффективная вязкость спреда уменьшается от 25,89 до 5,43 Па·с. Это необходимо учитывать как при гидродинамических, так и при тепловых расчетах оборудова-

ования, а также при транспортировании спреда по трубопроводам.

На рисунке 3 представлена зависимость касательного напряжения от градиента скорости сдвига. Характер кривой говорит о том, что исследуемая жидкость является псевдопластичной. Для таких жидкостей касательные напряжения определяются степенным законом реологии:

$$\tau = k \left(\frac{du}{dn} \right)^m,$$

где k и m – постоянные; k зависит от консистенции жидкости и увеличивается с ростом вязкости. Величины k и m находятся экспериментально.

Для псевдопластических жидкостей показатель степени $m < 1$, их вязкость уменьшается с увеличением градиента скорости du/dn . Это объясняется ориентированием частиц в движущейся жидкости и ослаблением взаимодействия между ними с ростом du/dn . Такое поведение характерно для растворов и суспензий, содержащих несимметричные частицы.

Анализ полученных результатов исследований реологических характеристик спреда показал, что влияние градиента скорости

сдвига на эффективную вязкость продукта уменьшается при повышении его температуры. Это видно, когда спред имеет температуру 50-65°C. Объясняется тем, что при высоких температурах структурная сетка спреда ослаблена.

Заключение

Полученные данные позволяют обоснованно решать вопросы интенсификации тепловых и гидромеханических процессов при производстве спредов функциональной направленности, проводя их при такой частоте вращения перемешивающих устройств, при которой будет достигаться максимально возможное сохранение структуры производимого продукта.



УДК 534.2.26:620.22:677.017

А.Ф. Костюков

МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОЛОКОН С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

Ключевые слова: волокно, зрелость, контроль, ультразвук, технологические параметры, характеристики, устройства.

Как известно, в себестоимости продукции текстильного производства основную долю составляет стоимость сырья. На перерабатывающих предприятиях практически всегда производится так называемая сортировка сырья, когда в исходное волокно, например, отборного или первого промышленного сорта, добавляется строго дозированное количество волокон более низких промышленных сортов, с целью существенного снижения себестоимости конечного продукта при незначительном ухудшении его метрологических параметров. При существующих методах контроля это делается, практически, «на глазок».

Сельскохозяйственное волоконное сырье не может быть равномерным по степени созревания, вследствие существенных отличий почв, освещенности, места произрастания, сроков посева, уборки и прочих факторов. Поэтому объективные контролируемые параметры по партии волокна могут быть получены лишь статистически. Только на основе метрологических показателей, полученных статистически, данный селекционный сорт волокон может быть отнесен к тому или иному промышленному сорту. Ошибка в оценке на одну градацию промышленного сорта дает разницу стоимости

Библиографический список

1. Горбатов А.В., Маслов А.М., Мачихин Ю.А. и др. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов; под ред. А. В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Арет В.А., Николаев Л.К., Николаев Б.Л. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с
3. Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Хуршудян С.А., Шубина О.Г. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии. – М.: ДеЛи-принт, 2009. – 288 с.

партии волокна в 10-30% (без учета качественных потерь конечного продукта).

Автором разработан новый метод контроля технологических параметров волокон в массе, позволяющий метрологически оценить эти параметры с использованием статистических приемов обработки результатов контроля в приемлемые для производства сроки.

Идея нового метода состоит в нахождении такого инструмента контроля, который бы давал возможность регистрировать количество волокон в образце заданного веса, что позволяет определить средний вес единичных волокон в заданной навеске и, соответственно, зрелость, разрывную прочность (для каждого селекционного сорта) волокон.

После анализа существующих методов неразрушающего контроля выявлено, что наиболее приемлемым инструментом являются акустические колебания, а именно, регистрация изменения амплитуды и фазы акустических (ультразвуковых) колебаний, прошедших через отформатированную волоконную массу [1].

Целью работы является оценка принципиальной возможности оперативного неразрушающего контроля метрологических свойств волокон в массе на момент сбора урожая, а также при приемке волоконного сырья предприятиями текстильной промышленности.