

Titova Larisa Anatolyevna, Ph.D. Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Horticulture and Viticulture, Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, e-mail: larisa-titova-1976@mail.ru

Chechen State University named after A.A. Kadyrov,
Russia, Grozny, e-mail: mail@chesu.ru

Abstract: *The digitalization of agriculture at the present stage is designed to increase the efficiency of agricultural production by improving the quality of the technological methods performed and increasing the quality control of their implementation. Digital technologies make it possible to minimize contacts, ensuring the continuity of technological processes and reducing the risks of disruptions in technological operations. In this way, optimal soil-agrotechnical and organizational-territorial conditions are formed that can ensure a significant increase in farming standards.*

Keywords: *digital transformation, process approach, quality management, agricultural production.*

УДК 532.137.7

ОБОСНОВАНИЕ КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Ораевский Савелий Сергеевич, студент Технологического института, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: oraevskiy.ru@gmail.com

Макарова Анна Андреевна, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: a.makarova@rgau-msha.ru

Доня Денис Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: doniadv@rambler.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: реологические свойства характеризуют поведение пищевых масс под действием механических нагрузок со стороны рабочих органов машин и могут быть использованы в качестве контролируемых параметров при создании современных технологических процессов. В работе определены и проанализированы причины малого распространения потоковых реометров,

предложена принципиальная схема работы устройств для отслеживания изменения опосредованных реологических параметров.

Ключевые слова: реология, структурно-механические свойства, реометрия, потоковая реометрия, смесители пищевых сред, качество.

Пищевые среды характеризуются различными реологическими свойствами и текстурными отличительными признаками, обусловленные составом, дисперсным строением и структурой [1]. Структурно-механические свойства и теплофизические характеристики пищевых сред устанавливают закономерности взаимосвязи и взаимозависимости между совокупностью воздействий (механических, гидромеханических, термических, биохимических, коллоидно-химических и др.) рабочих органов машин и аппаратов, составляющих линию, и реакциями на эти воздействия сырья, полуфабрикатов и готовых изделий [2].

Изучение реологических свойств является актуальным, так как данные показатели необходимо учитывать при расчете энергетических затрат на производство, оборудования, а также при изучении структуры сред и законов течения. Однако в настоящий момент измерения реологических характеристик встречаются на пищевых производствах не так часто. По большей части, исследования реологических свойств высоковязких сред, проявляющих неньютоновские свойства, проводятся на ротационных или капиллярных вискозиметрах. Тем не менее использовать полученные таким образом данные в технических расчетах оборудования довольно сложно, так как имеются различия гидродинамических условий, в которых происходит движение среды и от которых зависит вязкость неньютоновских жидкостей [3].

В то же время имеется потребность в отслеживании качества текучих пищевых сред, что является важным шагом к достижению автоматизации и удешевлению производства. Контролирование реологических свойств пищевого сырья и полуфабрикатов позволит повысить устойчивость таких процессов, как перемешивание, формование, нагрев, охлаждение и пр. [4].

Таким образом, основных причин в непопулярности реометрических решений можно выделить две. Первая причина заключается в преимущественно лабораторных методах изучения проявлений вязкостных свойств сырья. Наиболее распространённые на настоящий момент приборы – вискозиметры (ротационные, вибрационные, шариковые, капиллярные) отличаются спецификой изучаемой среды [5]. Для точного получения значений вязкости ($\text{Па}\cdot\text{с}$) необходимо производить измерения в лабораторных условиях. Это накладывает следующее ограничение: нет возможности применить подобные измерительные средства в технологическом потоке. В случае погружных реометров, регулярные измерения не обеспечивают возможность анализировать состояние текущего потока в промышленных масштабах. Измерение вязкости описанных приборов возможно при условии чистого сдвига в зазоре между ротором и статором, что не имеется возможным осуществить в реальных аппаратах [2,5].

Второй причиной считается сложность применения результатов реометрических измерений. Внедрение реометров неизбежно сталкивается с трудностью интерпретации данных, получаемых в результате измерений, так как зависимость изменения реологических параметров от колебания состава пищевого продукта изучена слабо и применение справочников не даёт возможности использовать данные измерений в случаях, когда сырьё является многокомпонентным [5]. Помимо того, для определения эффективной вязкости по имеющимся кривым течения продукта необходимо знать значения градиентов скоростей или касательных напряжений в конкретном аппарате – в большинстве случаев в литературе эта информация также отсутствует.

Был проведен анализ патентов [6-8], в ходе которого можно предложить несколько решений поставленной задачи:

1. отслеживание разницы в реологических параметрах исследуемого сырья в сравнении с эталонной жидкостью (например, вода) на основе расчёта секундного расхода при протекании жидкостей через канал определённого диаметра [6];

2. оценивание потребляемой мощности, которую необходимо развивать напору в потоке, для преодоленного канала [7];

3. искусственное внедрение в систему энергии и оценивание скорости её потери, что позволит получить точные данные [8].

Однако в случае модернизации существующих линий применение эталонной жидкости и внедрение оборудования нагнетания приведёт к излишнему усложнению и удорожанию обслуживания и самого процесса производства.

Совокупное рассмотрение этих решений даёт возможность сделать следующие выводы:

1. Специфика производственной деятельности показывает: связывание итогового качества продукта с колебанием итоговых напряжений позволяет обеспечить своевременное отслеживание изменений в технологических процессах, давая возможность своевременно на них реагировать, увеличивая стабильность производственного процесса;

2. Для точного оценивания итоговых напряжений необходимо создать условия возникновения всех проявлений напряжений (тангенциального и нормального).

Исходя из этого, для реализации метода качественного отслеживания реологических свойств пищевых сред возможны следующие компоновочные аспекты принципиальной схемы моделируемого измерительного прибора:

1. Дестабилизатор потока – элемент, создающий из потоков ламинарного течения с градиентом сдвига напряжений между слоями с разной скоростью новый поток, в котором идёт активное перемешивание струй путём придания струям потока угловых ускорений. Это позволит регистрирующему элементу воспринимать не только граничащие с поверхностью струи, но и вышедшие из середины потока. Сообщение потоку определённой угловой скорости позволит реализовать при контакте струй с принимающей поверхностью проявление как нормального, так и тангенциального напряжения.

2. Принимающая поверхность, которая примет на себя усилие дестабилизированного потока.

3. Регистрирующее устройство, оценивающее качественное изменение напора в зависимости от колеблющегося проявления вязкостных свойств сырья.

Реализация подобного метода отслеживания позволит повысить стабильность качества как самой продукции, так и отрегулировать настройки таких аппаратов как смесители, дозаторы, а также энергопотребление перекачивающих насосов. Это даст больше возможностей управления процессом, точно и своевременно отслеживать и реагировать на возникающие отклонения в свойствах сырья.

Библиографический список

1. Макарова А.А., Лисин П.А., Пасько О.В., Сарбашев К.А. Компьютерное моделирование реологических показателей аналога мясного полуфабриката из соевых продуктов // Мясная индустрия. – 2021. – Т.6. – № 7. – С. 48-52.

2. Коган В. В., Семенова Л. Э. Инженерная реология в пищевой промышленности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 4. – С. 147-156.

3. Тишин В.Б., Федоров А.В., Новоселов А.Г., Федоров А.А., Мамедов Э.Р. Диссипативный метод исследования реологических свойств высоковязких сред // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – №1. – С. 95-101.

4. Хвостов А.А., Магомедов Г.О., Ряжских В.И., Ковалев А.В., Журавлев А.А., Магомедов М.Г. Параметрическая идентификация реологической модели Карро с использованием регуляризации А.Н. Тихонова на основе CFD-модели // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51. – №3. – С. 615-627.

5. Айрапетьянц Г.М. Регулятор вязкости жидких сред // Вестник МГУП. – 2016 – № 1 (20). – С. 71-78.

6. Савин Л. А. Пат. RU 2 517 819 С1 РФ, МПК G01N 11/04(2006.01). Инерционный способ определения вязкости. 2012147160/28, заявл. 2012.11.06, опубл. 2014.05.27.

7. Алашкевич Ю. Д. Пат. 2 441 217 С1 РФ, МПК G01N 11/04(2006.01). Способ измерения вязкости неньютоновских жидкостей. 2010144231/28, заявл. 2010.10.28 опубл. 2012.01.27.

8. Алашкевич Ю. Д. Пат. 2 548 948 С1 РФ, МПК G01N 11/04(2006.01). Способ определения вязкости неньютоновских жидкостей. 2014100747/28, заявл. 2014.01.09, опубл. 2014.01.09.

9. Новиков, Н. Н. Формирование пивоваренных свойств зерна ячменя в зависимости от уровня азотного питания при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве / Н. Н. Новиков, А. Г. Мякинков, Р. В. Сычев // Доклады ТСХА, Москва, 01 января – 31 2010 года. Том Выпуск 283, Часть I. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – С. 452-456.

10. Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / Б. Н. Федоренко, Д. М. Бородулин, М. В. Просин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 115-123. – DOI 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123

11. Иванец, В. Н. Новые конструкции центробежных смесителей непрерывного действия для переработки дисперсных материалов / В. Н. Иванец, И. А. Бакин, Д. М. Бородулин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2003. – № 4(275). – С. 94-97

12. Методика оценки безопасной эвакуации маломобильных граждан из зданий различного функционального назначения посредством уточнения параметров эвакуационного процесса / А. И. Фомин, Д. А. Бесперстов, И. М. Угарова [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2022. – № 4. – С. 52-58

JUSTIFICATION OF INDIRECT METHODS FOR DETERMINING THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FOOD MEDIA

Oraevsky Saveliy Sergeevich, student of the Technological Institute, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: oraevskiy.ru@gmail.com

Makarova Anna Andreevna, Ph.D. tech. Sciences, senior lecturer of the Department of Processes and Processing Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: a.makarova@rgau-msha.ru

Donya Denis Viktorovich, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Processing Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: doniadv@rambler.ru

Abstract: *rheological properties characterize the behavior of food masses under the influence of mechanical loads from the working parts of machines and can be used as controlled parameters in the creation of modern technological processes. The work identifies and analyzes the reasons for the low distribution of flow rheometers, and proposes a principle diagram of the operation of devices for monitoring changes in indirect rheological parameters.*

Key words: *rheology, structural and mechanical properties, rheometry, flow rheometry, food media mixers, quality.*
