

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

Потороко И.Ю., potoroko@susu.ac.ru

Южно-Уральский государственный университет

Забодалова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

Для молочной отрасли проблемы сырья с точки зрения его достаточности и качества не утрачивают своей актуальности. В настоящее время установлено, что различные способы воздействия на многокомпонентные пищевые системы позволяют интенсифицировать ведение отдельных этапов технологии пищевых производств.

Изучение влияния электрофизических методов воздействия на компоненты молока дает возможность установить динамику изменения технологических свойств молока.

Ключевые слова: электрофизические воздействия, технологические свойства молока

Современная промышленная переработка молока представляет собой сложный комплекс последовательно выполняемых взаимосвязанных химических, физико-химических, микробиологических, биохимических, биотехнологических, теплофизических и других трудоемких и специфических технологических процессов. Как правило, эти процессы направлены на выработку молочных продуктов, содержащих либо все компоненты молока, либо их часть.

Большой интерес представляют нетрадиционные методы обработки сырья, позволяющие внедрять ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии. К ним относятся электрофизические и электротехнические методы обработки в технологии молока и молочных продуктов: сверхвысокочастотная энергия в непрерывном и импульсном режимах, инфракрасное излучение, электроактивация, акустические колебания, ультрафиолетовое излучение (2).

Однако эти методы оказывают не общее, а избирательное положительное влияние на те или иные компоненты, а также влекут за собой изменение химических и физических свойств молока, что ограничивает возможности его переработки. Разрушая определённые химические связи, можно влиять на качество молока, кисломолочных продуктов, например, на влагоудерживающую способность белковых сгустков, продолжительность сквашивания, что весьма важно при производстве данных групп молочных продуктов. При этом важно обеспечить максимальную сохранность и

полноценность макро- и микронутриентов, прежде всего жиров, белков, витаминов и микроэлементов (3,6).

В настоящее время рядом исследователей (Тихомировой Н.А., Шестаковым С. Д., Шлыковым С.Н., Фиалковой Е.А., Хмелевым В.Н., Поповой О.В., Дунаевым С.А.и др.) установлено, что электрофизические методы воздействия на многокомпонентные пищевые системы позволяют интенсифицировать отдельные технологии пищевых производств. В основе большинства предлагаемых процессов обработки молочного сырья лежат законы гидродинамики, однако, молоко как неоднородная гетерогенная среда при таком воздействии может подвергаться разнообразным преобразованиям. По мнению учёных, использование высокочастотных звуковых волн дает возможность не только понизить себестоимость переработки, но и создать продукты с новыми свойствами.

Биополимеры пищевого сырья могут изменять свои свойства под влиянием концентрированных потоков высокой энергии (потоки быстро движущихся элементарных частиц, а также коротковолновое электромагнитное излучение), что составляет определенный интерес. Установлено, что взаимодействие излучений высокой энергии с полимерными материалами приводит к химическим изменениям – сшиванию или деструкции. Сшивание характеризуется образованием химических связей между макромолекулами, газовыделением, окислительной деструкцией, образованием двойных связей. При этом наблюдается изменение как физических свойств – вязкости, растворимости, светопрозрачности, электропроводности, так и механических – прочности, жесткости, деформируемости (1,6).

В результате исследований было установлено, что высокочастотные волны могут влиять на размер и форму составных частей молока. При проведении ультразвука через жидкость провоцируется серия химических и физических реакций, начиная с микропузырьков, в результате циркуляции которых возникают нагревающиеся зоны. Ультразвук также обуславливает реакцию среди атомов и молекул жидкости, процесс обладает значительным потенциалом в том, что касается изменения структуры молекул и химических реакций, возникающих в жидкостях, есть мнение о влиянии этой технологии на молочный белок.

Экспериментальные данные, полученные в ходе проведения исследований в этом направлении, отражают явное влияние ультразвукового воздействия на основные показатели качества молока. Проведенный регрессионный анализ полученных экспериментальных данных позволил вывести уравнения (1,2,3), описывающие зависимость показателей химического состава молока – СОМО (y), массовая доля белка (y_1), массовая доля жира (y_2), от экспозиции (x_1) и мощности воздействия (x_2):

$$y = 8,53 + 0,07x_1 + 0,23 x_2 - 0,07x_1^2 - 0,06 x_2^2 + 0,16 x_1 x_2; \quad (1)$$

$$y_1 = 2,69 - 0,33x_1 - 0,13 x_2 + 0,06x_1^2 + 0,06 x_2^2 - 0,02 x_1 x_2; \quad (2)$$

$$y_2 = 4,34 - 0,11x_1 - 0,13 x_2 - 0,08x_1^2 - 0,03 x_2^2 - 0,13 x_1 x_2. \quad (3)$$

Наиболее высокие показатели качества достигаются при ультразвуковом воздействии с частотой $22 \pm 1,65$ кГц в течение не более 180 секунд и мощности

в диапазоне 30...35%. Наблюдается оптимальное сохранение компонентов, а особый интерес составляет их качественные преобразования.

Вместе с тем дисперсный анализ молока разной жирности до и после ультразвукового воздействия показал, что после обработки образцы молока имели разный фракционный состав:

в образцах молока жирностью 4,52% присутствуют частицы двух размеров – 48,9 % размером 4230nm и 51,1% размером 152nm;

в образцах молока жирностью 2,66% присутствуют частицы трех размеров – 5,9 % размером 5510nm, 3,7% размером 1095 nm и 90,4% размером 172nm;

в образцах молока жирностью 3,67% также присутствуют частицы трех размеров в следующем соотношении – 59,1 % размером 2580nm, 27% размером 358 nm, 13,9% размером 130,7 nm.

Следовательно, для молока, различающегося по массовой доле жира необходимо определять свой режим обработки.

При проведении исследований применяли также обработку молока воздействием наносекундных электромагнитных импульсов (НЭМИ).

Характерной особенностью наносекундного электромагнитного поля является использование однополярных импульсов тока, что приводит к отсутствию осциллирующих колебаний в излучаемом поле. Следствием этого является наличие характерного пространственно-временного направления действия силы за время одного импульса.

Техника генерирования наносекундных импульсов в настоящее время достигла следующих параметров: длительность импульсов по уровню половины амплитуды $\tau = 10^{-9}$ с, амплитуда импульсов – более 7 кВ, частота повторения импульсов до 1000 Гц. В расчете на нагрузку 50 Ом мощность одного импульса составляет порядка 1 МВт, при этом генерируемая энергия за 1 с равна 0,1 Дж. Напряженность полей пропорциональна временным и пространственным производным. Приведенные параметры свидетельствуют об энергетических характеристиках наносекундных электромагнитных излучений, позволяющих создать условия для целенаправленного воздействия на физико-химические свойства веществ. При этом следует учитывать специфику НЭМИ, которые образуют локальные поля высокой мощности 1–7 МВт. Эти поля характеризуются направленным действием электромагнитных сил, способных целенаправленно влиять на структуру и свойства веществ (4).

Предложение об использовании НЭМИ для активации водных и коллоидных растворов впервые было сделано профессором Южно-Уральского государственного университета В.В. Крымским (7). В его работах приведены основные теоретические предпосылки и некоторые экспериментальные результаты. Для экспериментальных исследований жидкостей применялись следующие типы излучателей.

Излучатель 1 представляет собой рупор с раскрывом 60×60 мм длиной 90 мм. Рупор изготовлен из треугольных пластин фольгированного стеклотекстолита, которые покрыты изолирующим лаком. Питание рупора несимметричное непосредственно от кабеля. Для проведения облучения жидкости рупор погружается в неё. Это излучатель поверхностного типа.

Излучатель 2 представляет собой рупор с раскрывом 90×120 мм длиной 240 мм. Рупор изготовлен из пластин фольгированного стеклотекстолита. Питание рупора несимметричное непосредственно от кабеля.

Облучаемые растворы в стеклянных емкостях помещаются внутрь излучателя между его обкладками. Это излучатель поверхностного типа.

Излучатель 3 («стержень в стакане») представляет собой круглый стержень из меди или стержень с серебряным покрытием. Этот стержень погружается в стакан с жидкостью непосредственно или в изолирующей пробирке. Со стержнем соединяется вывод центральной жилы кабеля. Вывод оплетки кабеля соединяется со стаканом, если он изготовлен из металла. Если стакан из стекла, то он помещается в экран из медной фольги или сетки. С этим экраном соединяется вывод от оплетки кабеля. Для более эффективной работы диаметры стержня и стакана должны находиться в определенной пропорции, которая зависит от свойств обрабатываемой жидкости. Этот излучатель подобен коаксиальной линии.

Использование генераторов наносекундных электромагнитных излучений представляется экономически обоснованным и соответствующим требованиям экологической безопасности при соблюдении определенных условий. Генераторы НЭМИ малогабаритны, потребляют из сети относительно небольшую мощность в пределах 10–100Вт. Для больших количеств жидкости используется установка проточного типа, в опытной макете установки скорость обработки жидкостей составила 4 л/мин (5).

Наносекундные электромагнитные колебания способствуют дезинтеграции сложных химических комплексов, образуется сверхпроводящая (сверхтекучая) активная среда и в ней зарождаются магнитные частицы, которые приводят к распаду ядер и являются катализаторами других процессов. Образующиеся в среде активные центры в виде полых сфер и цилиндров являются накопителями магнитных частиц и в них происходят ядерные реакции (4).

Согласно гипотезе С.К. Шардыко теоретически показано, что мощные потоки электронов высокой энергии индуцируют в ядрах некоторых веществ когерентный (самосогласованный на квантовом уровне) распад части нейтронов на протоны и электроны. Высокая плотность выделяемой при этом энергии позволяет говорить о возможности создания компактных, экологически чистых ядерных реакторов принципиально нового типа с регулируемой в широком диапазоне мощностью, не производящих радиоактивных отходов, ядерно- и радиационно безопасных.

В серии опытов подтверждалось наблюдение изменения химического состава после воздействия НЭМИ, отмечалось изменение вязкостных характеристик среды, уменьшение размеров и формы частиц. Это позволяет, по мнению В.А. Чантурия, И.Ж. Бунина, А.Т. Ковалева, за счет образования каналов электрического пробоя и микротрещин изменить дисперсную систему, что характерно и для ультразвукового воздействия.

Для решения задач исследования была проведена обработка молока НЭМИ, в качестве источника наносекундных электромагнитных импульсов применялся специальный генератор ГНИ-01-1-6, изготовленный Южно-

Уральским государственным университетом. Длительность обработки составляла 5, 10 и 15 минут, после чего молоко оставляли в покое на 15 минут для разделения дисперсной системы, т.е. ее фракционного съема, для целей установления влияния НЭМИ на дисперсный состав среды (рис.1).

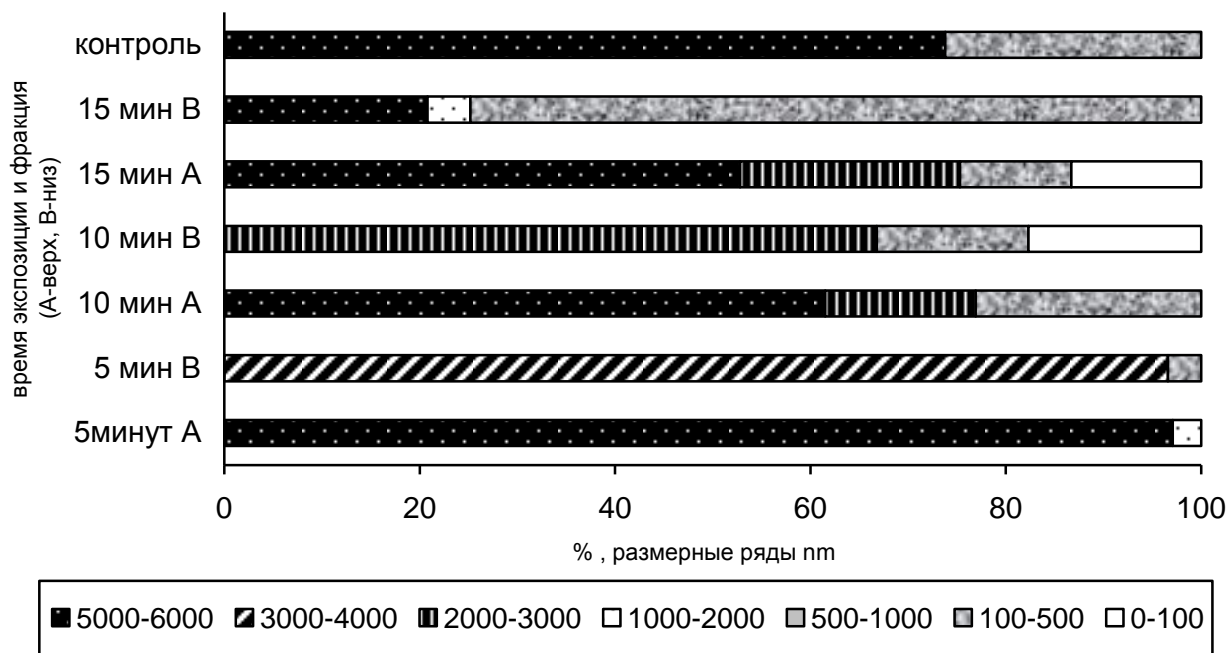


Рис.1 Размер дисперсных частиц и их объемное распределение во фракциях молока, обработанного НЭМИ с разной экспозицией, nm %

Можно отметить, что в представленных распределениях наблюдается изменение не только размерных параметров частиц, но и их фракционного состава. Если в контрольном образце молока модус кривой распределения включает три значения –5630 nm; 325 nm; 121,8 nm, то после обработки наносекундным электромагнитным излучением наблюдается уменьшение фракции частиц с размерным рядом более 5000 nm и увеличение доли частиц в размерном ряду от 90 до 300 nm.

Изучая динамику преобразований дисперсной среды молока с учетом длительности воздействия НЭМИ, наблюдали присутствие более крупных частиц в пробах молока при экспозиции воздействия 5 минут и уменьшение их размеров по мере увеличения длительности воздействия. Сопоставляя данные по дисперсности частиц в пробах верхней и нижней фракций, отмечали их различие в пиках кривой дисперсности, что позволяет судить о влиянии наносекундных электромагнитных импульсов на дисперсное состояние системы. Наиболее эффективным по воздействию на дисперсию молока можно считать экспозицию 10 и более минут.

Экспериментальные данные оценки электропроводности до и после воздействия НЭМИ на коллоидную систему молока иллюстрируют изменение данного параметра. Наблюдается его снижение на первых минутах воздействия, а затем некоторый рост на 0,5 См/м. Несколько иная картина вырисовывается

по данным послойного исследования обработанного продукта: зафиксированы снижение, последующий рост и вновь снижение значения показателя электропроводности.

Выявленные тенденции можно связать с изменением состояния коллоидной системы молока после воздействия электромагнитного поля. Исследования электрических свойств коллоидных систем, проведенные Духиным С.С., Дерягиным Б.В., Шиловым В.Н. показали, что данные характеристики несут информацию о процессах, протекающих в стабилизирующих оболочках, о размере и форме частиц, процессах структурирования.

Поэтому по существу имеются объективные предпосылки для разработки новых, высокотехнологичных, относительно дешевых и безопасных способов электроимпульсной обработки жидких сред используемых в производстве пищевых продуктов, а также различных истинных и коллоидных природных растворов.

Список литературы

1. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. Пер. с нем., 2 изд. М.: 1957.- 368с.
2. Голубева Л.В. Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока /Л.В. Голубева, А.Н. Пономарева – М: Дели Принт, 2004.- 179с.
3. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов /К.К. Горбатова – СПб: ГИОРД, 2003.- 346с.
4. Крымский, В.В. Исследование влияния мощных наносекундных электромагнитных импульсов на химическое вещество и биологические объекты /Крымский В. В. и др. Челябинск, ЧГТУ, 2001. – 51 с.
5. Крымский, В.В. Наносекундные электромагнитные импульсы и их применение / В. С. Белкин, В. А. Бухарин и др. / Под ред. В. В. Крымского. – Челябинск, 2000. – 110с.
6. Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1989.- 272с.
7. Пат. RU 2181106 С2 7 С02F1/46, С02F1/48 Способ электрохимической обработки водосодержащих сред и устройство для его осуществления / Плитман В.Л.; Крымский В.В.; Смолко В.А.; Шатин А.Ю. – Опубл. 2002.04.10

Electrophysical Methods of Influence in Dairy Processing Technologies

I.Potoroko, potoroko@susu.ac.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

L.Zabodalova,

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food engineering

The urgency of the raw materials problem from the materials quantity and quality point of view has not declined. Nowadays, it is determined that various influence methods used with complex products allow to intensify particular stages of food production. Analysis of effects of electrophysical methods of influence on dairy components allows to determine the dynamics of technological properties of milk.

Key words: electrophysical influence, technological properties of milk