

Список использованных источников

1. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / Ф.В. Кармазинов, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцев, С.В. Храменков (ред.) – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. – 392 с.
2. Руководство по проектированию ультрафиолетовых бактерицидных установок для обеззараживания воздушной среды помещений предприятий мясной и молочной промышленности. 69(083.75) Р 84 VI. Пищепромдепартамент Минсельхоза РФ и Департамент Госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2002.

**Крутов А.В., к.т.н., доцент, Ковалев В.А., к.т.н., доцент,
Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Скочек И.И.
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь
ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ
МАСТИТА У КОРОВ**

Известно, что электропроводность молока связана с содержанием в нем ионов натрия, калия, хлора и других химических элементов. При наличии мастита увеличивается содержание солей в молоке и соответственно его удельная электропроводность (в среднем с 0,5 до 1,3 См/м [1,2]). В соответствии с теорией Максвелла в среде, помещенной в электромагнитное поле, возникают два вида тока – проводимости и смещения. Ток проводимости обусловлен ионами Cl^- , Na^+ , K^+ и других, содержащихся в молоке. Ток смещения – обратимые колебательные движения молекул диэлектрической среды, подвергнутых поляризации (белки, жиры, казеин, молочный сахар и др.).

Схема высокочастотного устройства для измерения удельной электропроводности (УЭП) молока приведена на рисунке 1.

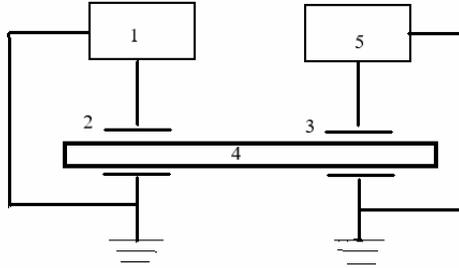


Рисунок 1 – Схема измерения УЭП: 1 – генератор, 2-3 – электроды, 4 –ячейка с молоком, 5 – измерительный блок

Высокочастотный детектор емкостного типа бесконтактный. Ячейка с молоком помещается между электродами конденсатора, подключенного к приборному блоку, и измеряется емкость конденсатора. Зависимость емкости измерительной системы от удельной электропроводности можно установить экспериментально. Система настраивается на подачу звукового и светового сигнала при превышении порогового значения удельной электропроводности молока.

Частота генератора должна быть такой, чтобы обеспечить высокую чувствительность измерения. Это будет иметь место, например, при наибольших диэлектрических потерях. В результате поляризации максимум диэлектрических потерь отмечается, когда $\omega\tau = 1$, где ω – угловая частота ($\omega = 2\pi f$), c^{-1} , τ – время поляризационной релаксации ($10^{-5} \dots 10^{-9}$ с), f – частота генератора электромагнитных излучений. Следовательно, требуемая частота напряженности переменного электрического поля (частота генератора) находится в пределах от 15 кГц до 160 МГц. Предпочтительнее частота 50 МГц. Релаксационную поляризацию в эквивалентной схеме замещения можно учесть, введя понятие удельной комплексной проводимости, $\underline{\gamma}$. Здесь $\underline{\gamma} = \gamma' + j\omega\epsilon_a$, где γ' – прямая омическая удельная проводимость молока, См/м; ϵ_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость молока, Ф/м;

Для описания поляризационных и электрохимических процессов в ячейке может быть использован ряд моделей (Максвелла, Фрумкина-Мелик-Гайказяна, лестничная и др.). Но, учитывая, что

в предлагаемом методе электроды не имеют прямого контакта с измеряемой средой (молоком), стенки измерительной ячейки обладают высоким электрическим сопротивлением, может быть рассмотрена следующая, более простая эквивалентная электрическая схема ячейки емкостного типа, приведенная на рис.2. В этой схеме C_1 характеризует емкость двойного электрического слоя, она остается постоянной (удельная емкость $C_1 \approx 10^{-10}$ Ф/м²), зависит только от площади электродов. В ходе измерения меняется лишь емкость конденсатора C_2 , диэлектриком для которого является молоко. Омическое сопротивление R характеризует ионную проводимость молока. Проводимостью стенок ячейки пренебрегаем, так как она значительно ниже проводимости молока.

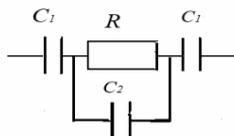


Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема

Импеданс данной схемы в комплексной форме записи имеет вид: $\underline{Z} = Z' + jZ'' = Ze^{j\varphi}$,

$$\text{где } Z' = \frac{R}{R^2\omega^2 C_2^2 + 1}, \quad Z'' = \frac{R^2\omega^2(2C_2^2 + C_1C_2) + 2}{\omega C_1(R^2\omega^2 C_2^2 + 1)}, \quad Z = \sqrt{(Z')^2 + (Z'')^2},$$

$$\varphi - \text{угол сдвига фаз, } \varphi = \arctg \frac{R^2\omega^2(2C_2^2 + C_1C_2) + 2}{\omega C_1 R}.$$

Комплексная проводимость схемы: $\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$. Удельная комплексная электропроводность ячейки с молоком $\underline{\gamma} = \frac{Yl}{S}$, где l и S – соответственно, расстояние между электродами и их площадь поверхности. УЭМ будет определяться как модуль комплексного числа.

Выводы

1. Высокочастотный метод исключает прямой контакт электродов с исследуемой средой, влияние поляризационных процессов в ней на электроды, их загрязнение и позволяет судить об относительном изменении электропроводности молока.

2. Для настройки высокочастотного устройства для работы в режиме детектора необходимо проведение экспериментальных исследований.

Список использованных источников

1. Кирсанов, В.В., Милешина, О.В. Способы и технические средства определения ранней диагностики мастита у коров и отделения аномального молока в потоке при доении на доильных установках//Вестник ВНИТИМЖ – 2020. – № 2. – С. 44–48.

2. Бактериальный мастит у коров /А.И. Краевский, М.В. Рубленко, Г.П. Дюльгер и др. – Сумы: «Сумской национальной аграрный университет», 2014. – 215 с.

3. Импедансная спектроскопия: теория и применение : учеб. пособие / [Ю.В. Емельянова, М.В. Морозова, З.А. Михайловская, Е.С. Буянова ; под общ. ред. Е. С. Буяновой] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 156 с.

**Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Крутов А.В., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь**
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МОЛОКА В НИЗКОЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ**

Метод диэлектрической спектроскопии в широком диапазоне частот является перспективным для разработки высокочувствительных автоматизированных систем диагностики субклинического мастита коров [1]. Поэтому развитие теоретических моделей для описания диэлектрической дисперсии молока является актуальным.

Диэлектрические свойства жидкостей выражаются комплексной относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_r^*(f) = \varepsilon'(f) - j\varepsilon''(f)$ и определяются способностью системы поляризоваться в ответ на внешнее электрическое поле. Полярные жидкости, такие как вода, одноатомные спирты, а также разведенные растворы полярных жидкостей в неполярных растворителях характеризуются одним временем ориентационной релаксации и могут быть описаны уравнениями Дебая [2]. Однако большинство