

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ПРИ ЭЛЕКТРООБРАБОТКЕ

Кривовязенко Д.И., Дубодел И. Б., Орлова А.В.,

УО “Белорусский государственный аграрный технический университет”, г. Минск

Ежегодно в Беларуси производится около 900 тыс. тонн молочной сыворотки. Промышленной переработке подвергается не более 20%. Использование белка сыворотки могло бы дать народному хозяйству до 9 тыс. тонн высокоценного белка, снизить отрицательное воздействие сточных вод молочных предприятий на окружающую среду. Одним из перспективных способов выделения белка является электрокоагуляция. Реализация способа требует изучения физических характеристик молочной сыворотки.

В работе исследована молочная сыворотка с содержанием сухих веществ 6-7%, начальным рН 4,8 – 5, произведенная на разных перерабатывающих предприятиях Беларуси. Измерения проводили в специальных ячейках, наиболее соответствующих технологии обработки молочной сыворотки. Измерительная ячейка представляла собой камеру прямоугольной формы из диэлектрического материала с плоскопараллельными электродами из графита, разделенную полиамидной мембранной перегородкой. Удельную электрическую проводимость молочной сыворотки определяли при температуре 15...60 °С и напряженности электрического поля  $7,5 \cdot 10^2$  В·м<sup>-1</sup> с контролем рН среды. Экспериментальная установка состояла из автотрансформатора АОМН-40-220-75У4, измерительной ячейки, потенциометра ПП – 63 и кондуктометра DIST – 4. Диэлектрическую проводимость и тангенс угла диэлектрических потерь определяли диэлькометрическим методом с помощью измерителя иммитанса Е7 – 14 и Е7 – 12. Для измерения температуры использовали потенциометр ПП – 63; водородного показателя – рН-метр НН 8314. Теплопроводность находили с помощью измерителя теплопроводности ИТ – 2; теплоемкость определяли измерителем теплоемкости ИТ – С – 400, методом динамического С – калориметра.

Проводимость зависит от водородного показателя молочной сыворотки. В анодной и катодной зоне она снижается (рис. 1), это является, по нашему мнению, следствием протекания коагуляционных процессов и появления в сыворотке взвешенных частиц белка.

Зависимость изменения удельной электрической проводимости молочной сыворотки от  $pH$  получили по экспериментальным данным методом парного линейного регрессионного анализа [2]:

$$\gamma_{pH} = 0,0088 + 0,0253pH - 0,0019pH^2 . \quad [1]$$

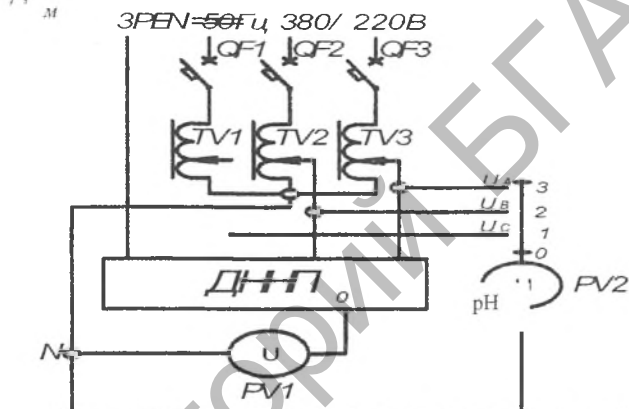


Рис. 1. зависимость проводимости молочной сыворотки от  $pH$ :

— экспериментальная, - - - - - расчетная, - - - - - исходный  $pH$ .

Диапазон изменения температуры, в котором исследовали диэлькометрические свойства, показан на рис. 2.

Наиболее вероятное значение удельной проводимости молочной сыворотки при  $20^{\circ}C$ ,  $\gamma_{20}=0,089Cm/m$ . Температурная характеристика удельной электрической проводимости сыворотки описывается общей зависимостью для проводников второго рода:

$$\gamma_t = 0,089[1 + 4 \cdot 10^{-3}(t - 20)]. \quad [2]$$

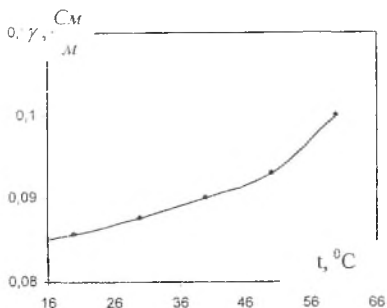
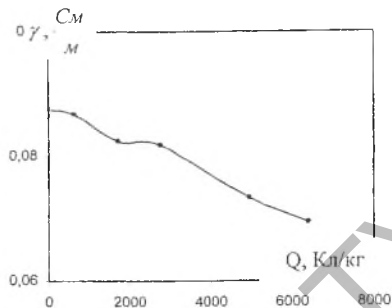


Рис. 2. Температурная характеристика удельной проводимости молочной сыворотки.



молочной сыворотки от количества электричества

С увеличением количества электричества, пропущенного через сыворотку, проводимость снижается в результате изменения рН (рис. 3).

Для определения диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  принят диэлькометрический метод. Изменение диэлькометрических свойств в процессе изменения частоты показано в табл. 1.

Диэлектрическая проницаемость молочной сыворотки увеличивается с ростом частоты электрического поля (таблица 1) под действием поляризационных явлений [1].

#### 1. Изменение параметров диэлькометрических характеристик сыворотки

Содержание в сыворотке белков, %	Измеряемый параметр	Частота, кГц			
		0,1	1	10	1000
2	$\epsilon$	61,7	45	11,2	39,76
	$\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-3}$	5	557,8	55,8	53
4	$\epsilon$	12,08	5,76	1,73	12,16
	$\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-3}$	675,5	186,9	39	44

Резкое снижение  $\epsilon$  на частоте 10 кГц объясняется краевым эффектом на электродах ячейки.

Теплопроводность определяли методом монотонного разогрева образца внешним односторонним проходящим тепловым потоком  $\lambda=0,627$  Вт/м $^{\circ}$ С.

Удельную теплоемкость определяли методом динамического С-калориметра  $C=4124 \text{ Дж/кг}\cdot\text{С}$ .

Заключение:

1. Удельная электрическая проводимость молочной сыворотки при  $20^\circ\text{С}$  составляет  $0,089 \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ , изменяется в зависимости от места производства на 6%, температуры - 15-20 %. Зависимость удельной электрической проводимости от pH определяется формулой [1]. Удельная теплопроводность и теплоемкость составляют соответственно  $0,627 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  и  $4124 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ . Изменение диэлектрических свойств показано в таблице 1.

2. Исследованные кондукто - и диэлектрических свойства молочной сыворотки позволяют классифицировать ее как проводник второго рода.

3. Полученные результаты исследования физических свойств сыворотки позволяют описать механизм воздействия электрического тока на коагуляцию белка, обосновать конструкцию установки.

Литература

1. Надь Ш.Б. Диэлектрометрия. - М.: Энергия, 1976. - 200с.
2. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1982. - 224с.
3. Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справочник.- М.: Агропромиздат, 1990. - 287с.

## **ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД МАШИННЫХ ДВОРОВ ПРОДУКТАМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ**

Крутов А.В., Бойко М.А.,

УО "Белорусский государственный аграрный технический университет", г. Минск

Одним из наиболее распространенных и опасных загрязнителей водных ресурсов являются нефтепродукты. Этому способствует широкое использование нефти и ее продуктов в различных отраслях экономики, в том числе и в