

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Акулинин Илья Владимирович

аспирант

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»
г. Кемерово, Кемеровская область

ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ В РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ СУХОГО МОЛОКА

Аннотация: статья посвящена возможности использования и применения оптических систем ближнего инфракрасного диапазона излучения в исследовании молокосодержащих растворов. Автором приведены и рассмотрены результаты такого исследования некоторых образцов растворов на основе сухого молока.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, оптический показатель поглощения, оптический показатель рассеяния, операционный усилитель, турбидиметрический метод, нефелометрический метод.

Статья является частью работы об исследовании потенциальной возможности применения оптических средств анализа молока и сырья на его основе и представляет интерес для студентов, аспирантов научных работников, занимающихся исследованиями в данной области либо разработками в данной сфере.

Из оптических методов химического анализа молочных продуктов наиболее часто встречаются следующие: спектральный метод, турбидиметрический, нефелометрический, рефрактометрический и поляриметрический. В данной статье описывается анализ оптических показателей на основе турбодиметрического и нефелометрического методов. Оба метода применимы при анализе состава сырья, оценке технологических процессов, анализе содержания жира в веществах, исследовании процесса свертывания молока и др.

Сухое молоко – это продукт, в состав которого входят белки, углеводы, жиры, витамины и минералы, оставшиеся после сушки цельного молока, полученного от животных. Биологическая ценность сухого молока остается на высоком уровне и позволяет сохранять основную массу питательных веществ, необходимых для поддержания энергетического баланса у человека. Сухое молоко применяется в спортивном и детском питании, в пищевой промышленности, а также при кормлении молодых телят в сельском хозяйстве.

В свою очередь заменители сухого молока на растительной основе представляют не меньшую ценность, нежели цельное сухое молоко, поскольку зачастую на практике в составе такого заменителя преобладают углеводы (порядка 40–60 г на 100 г продукта) по сравнению с содержанием белка (около 3–20 г на 100 г). Подобный факт может, являясь основополагающим при выборе покупателя, так как известно, что людям, страдающими нарушением обмена веществ или ожирением, противопоказаны подобные виды продуктов. Однако заменители на основе растительного сырья активно применяются при производстве различных десертов в молочной промышленности и в кондитерской. Растительные заменители являются альтернативой для людей страдающими аллергией на молочный сахар – лактозу.

На сегодняшний день ассортимент сухого молока, продуктов на их основе и заменителей весьма обширен. Различить вид продукта можно только по составу, указанному на упаковке с товаром. Однако не редкостью являются случаи фальсификации сухого молока. В связи с этим химический анализ и анализ качества сухого молока из животного или растительного сырья остаётся важной и актуальной проблемой.

В данной статье речь пойдет о применении турбидиметрического и нефелометрического методов для экспресс-анализа растворов на основе сухого молока.

В исследовании использовались семь образцов растворов сухого молока в дистиллированной воде при соотношении 0.05 г сухого вещества на 10 мл воды. Однаковая массовая концентрация сухого вещества образцов выбрана с целью обеспечения идентичности проб.

Достоверно известно, что образцы 1 и 3 – сухое молоко на основе цельного, образцы 4, 5 и 7 – заменитель сухого молока растительного происхождения, 2 и 6 – образцы неизвестного происхождения (взяты на анализ).

Исследуемые образцы указаны в таблице 1.

Таблица 1

Состав исследуемых образцов молока на 100 г сухого продукта

№ п/п	Наименование	Состав			
		Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Минеральные в-ва, г
1	Сухое молоко ГОСТ	26	25	37	6
2	Молоко сухое цельное	32	25	39.4	–/–
3	Заменитель сухого цель- ного молока	15	25	50	–/–
4	Заменитель сливок на рас- тительной основе	1	20	76.5	–/–
5	Сливки быстрораствори- мые	3	35	62	–/–
6	Молоко сухое распыли- тельной сушки	26	26	37.5	–/–
7	Соевое сухое молоко	2.2	35	57.5	1.8

Опыты проводились с каждой пробой в течение пяти минут. На протяжении временного интервала показания снимались при помощи вольтметра через каждую минуту. Предел времени выбран исходя из соображений оптимизации скорости экспресс анализа, поскольку более длительный интервал времени не целесообразен в данном случае, а меньший интервал не способствует стабилизации показаний прибора.

В качестве измерительной применялась система из двух фотодиодов BPD-RQ09DV-1 (предельная чувствительность при длине волны падающего света $\lambda = 880$ нм) и светодиода диаметром 5 мм L-53SF4C ($\lambda = 880$ нм). Схема подключения детекторов показана на рисунке 1.

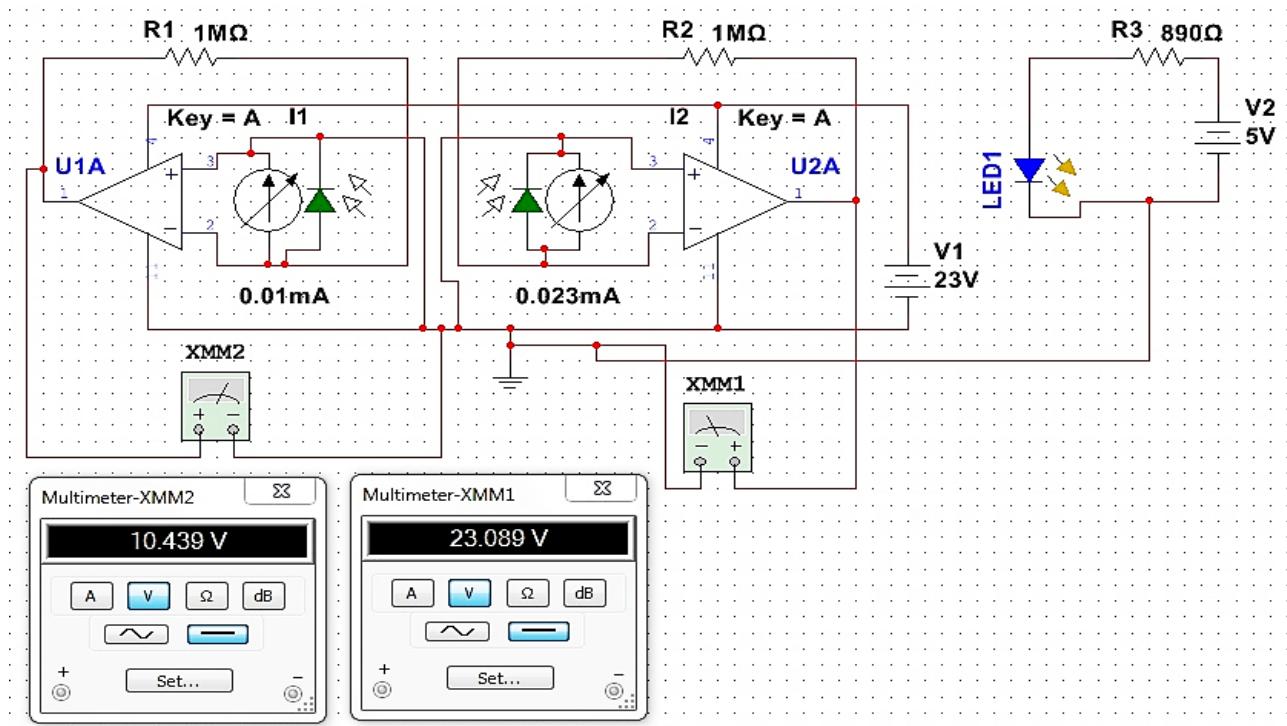


Рис. 1. Виртуальная схема подключения фотоприемников в среде NI Multisim

Где XMM1, XMM2 – виртуальные мультиметры в режиме измерения постоянного напряжения; U1A, U2A – операционные усилители в составе микросхемы lm324; I1, I2 – виртуальный источник тока; LED1 – инфракрасный светодиод L-53SF4C.

Схема работает как преобразователь ток-напряжение. Фотодиоды (I1, I2 – идеализированные модели фотодиодов) являются источниками тока. Токовый сигнал с фотодиода поступает на входы операционного усилителя (U1A или U2A) и преобразуется согласно формуле 1.1

$$U_{\text{вых}} = IR_{\text{OC}}, \quad (1.1)$$

У_{вых} – величина выходного напряжения, I – ток через фотодиод, R_{OC} – асопротивление обратной связи.

Сопротивление R3 светодиода подобрано таким образом, чтобы предельный ток не превышал 30 мА и при отсутствии кюветы с образцом на оси светодиода максимальный сигнал на усилителе турбидиметрического детектора был близок к верхнему пределу усиления ($\approx U_{\text{пит}}$).

Схема испытательного стенда приведена на рисунке 2.

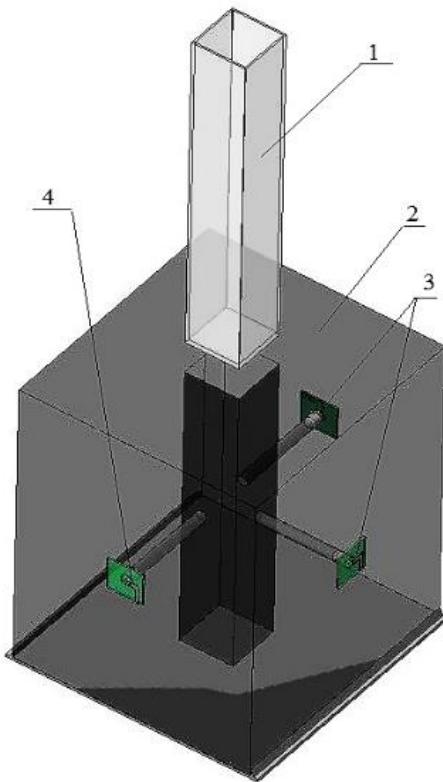


Рис. 2. Кюветодержатель с детекторами из непрозрачного материала

Первый фотодиод (3) располагается на одной оси со светодиодом (4) напротив кюветы с образцом (1), а второй фотодиод (3) под углом 90° к стенке кюветы (1).

Эксперименты проводились по следующей схеме. На светодиод подавалось постоянное напряжение 5 В. Измерительная схема с фотодиодами подключалась к напряжению питания 24 В. Далее сигнал напряжения снимался с усилителя турбидиметрического детектора, а затем с выхода усилителя нефелометрического детектора. В идеальных условиях весь световой поток должен попадать на светодиод турбидиметра и практически не поступать на нефелометрический детектор, т.е. детектор прямого светового потока должен иметь максимальный сигнал напряжения приблизительно равный $U_{\text{пит}}$, а на выходе детектора бокового рассеяния практически не должно быть сигнала. Однако в действительности часть светового потока, попадая на противоположную стенку, освещает ареал определенного диаметра, что приводит к отражению потока в различные направления и на нефелометрическом детекторе появляется значительный сигнал напряжения. В нашем случае величина выходного напряжения, без кюветы с

образцом, турбидиметрического детектора составляла 23.1 вольт, а нефелометрического 3.31 вольта.

После фиксации показаний в кюветодержатель помещалась эталонная чистая кювета без образца, далее показания так же фиксировались, величина напряжений составляла 23.1 вольта у турбидиметрического, и 3 вольта у нефелометрического. Затем в кюветодержатель помещалась чистая пустая кювета и показания сравнивались с предыдущими результатами, в случае отсутствия разброса по характеристикам в нее заливалась дистиллированная вода объёмом 10 мл. Показания с водой составляли 23.1 вольта у турбидиметрического, а нефелометрического 0.572 вольта, что указывало на прохождение основной части светового потока в прямом направлении и незначительной части на рассеяние.

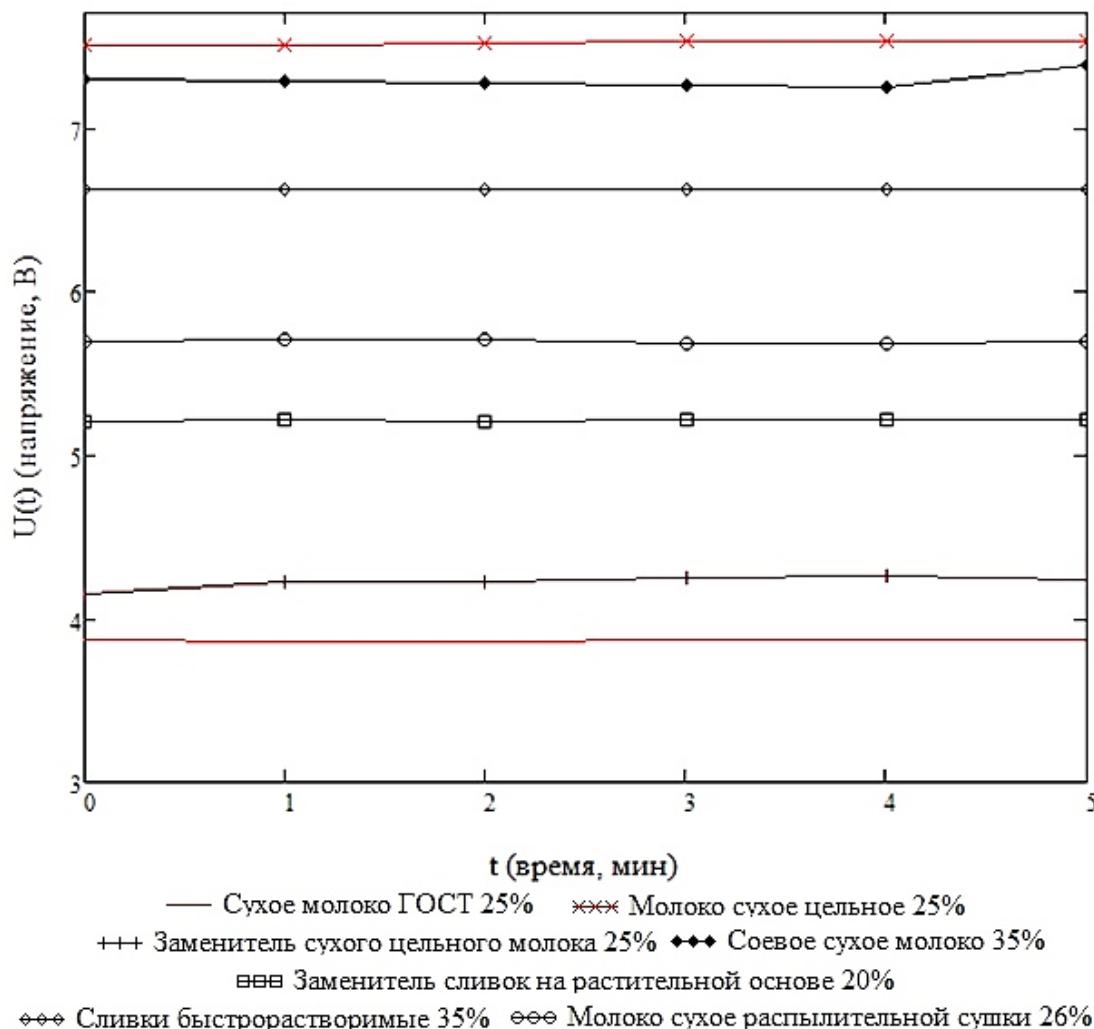


Рис. 3. График зависимости выходного напряжения турбидиметрического детектора от времени

Снятые выше величины служили отправной точкой для наших опытов и в ходе всего эксперимента калибровочные показания снимались вновь после смены исследуемых образцов.

На рис.3 изображены графики зависимостей выходного напряжения турбидиметрического детектора от времени. Как видно из графика, даже при относительно малых соотношениях растворов (0.05 г на 10 мл воды) виден разброс показателей у исследуемых образцов. Несмотря на схожие составы у образцов 1, 2 и 6 (таблица 1), можно видеть существенные различия в интенсивности проходящего светового потока. Так у образца под номером 1 – сухое молоко ГОСТ 25% величина пропускаемого потока ниже (выходное напряжение 3.87 В), чем у образцов под номерами 2 и 6 (7.52 В и 5.69 В соответственно). При этом все 3 образца имеют схожий процент жирности и белка. Кроме того, если судить по схожести состава, то образцы 1 и 6 наиболее близки друг к другу, однако из графика видно существенное отличие в показаниях.

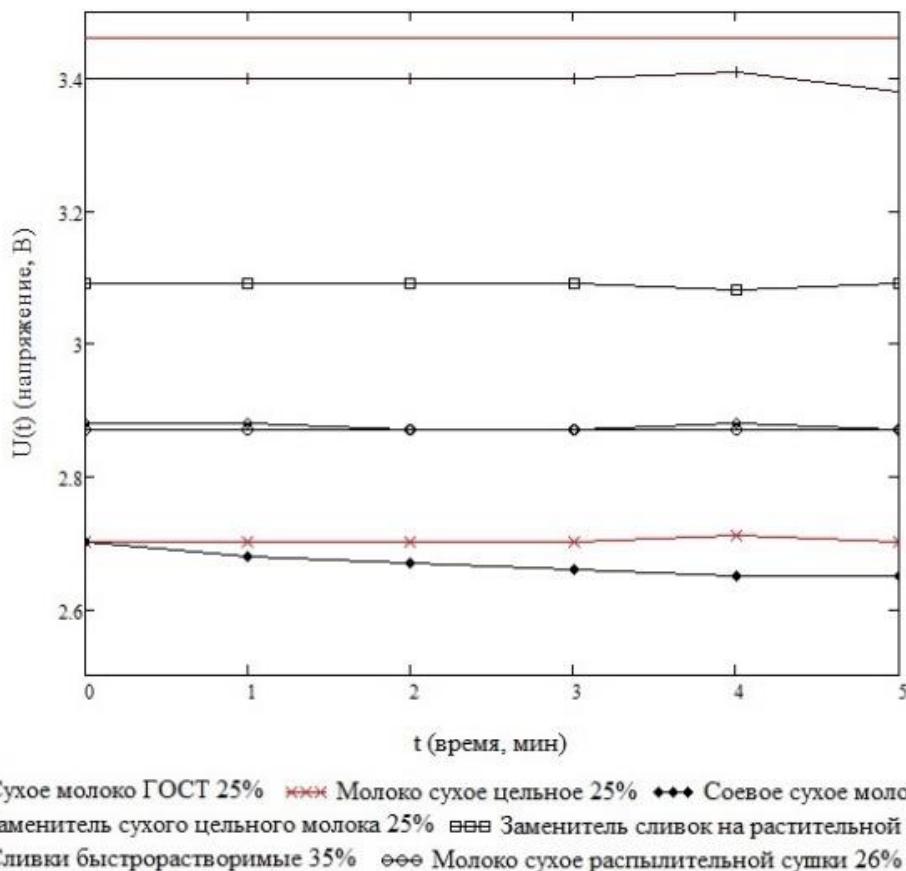


Рис. 4. График зависимости выходного напряжения нефелометрического детектора от времени

В случае с нефелометрическим детектором (рис. 4) мы наблюдали обратную зависимость. Образцы с наибольшим световым пропусканием имели наименьший показатель светового рассеяния. Так при анализе образцов под номерами 2 и 7 выходное напряжение, снимаемое с операционного усилителя, составляло 2.7 В и 2.67 В соответственно. Однако, несмотря на существенные различия в величинах сигналов у образцов, нельзя судить о составе веществ или об их происхождении. В первую очередь это связано с близкими показателями.

Следует отметить, что образцы под номерами 1 и 3 оказались наиболее близкими по показателям светового поглощения (3.87 В и 4.2 В) и светорассеяния (3.46 В и 3.4 В). Данный факт является показателем наибольшей приближенности образцов к молоку животного происхождения. Для неизвестных образцов 2 и 6, взятых на анализ, мы имеем следующие величины выходных сигналов. При прямом световом поглощении 7.52 В для образца 2 и 5.69 для образца 6. При боковом светорассеянии для 2 образца 2.7 В и 3.09 для 6. Полученные результаты могут указывать на то, что данные образцы состоят из растительного сырья.

Список литературы

1. Вайсбурд, Ф.И. Электронные приборы и усилители / Ф.И. Вайсбурд, Г.А. Панаев, Б.Н. Савелбев. – Изд. 4-е, стереотипное. – М.: КомКнига, 2007. – 480 с.
2. Крусь, Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А.М. Шалыгина, З.В. Волокитина; под общ. ред. А.М. Шалыгиной. – М.: Колос, 2000. – 368 с.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: Пер. с англ. / П. Хоровиц, У. Хилл. – Изд.7-е. – М.: Издательство БИНОМ, 2012. – 704 с.
4. Шалыгина, А.М. Общая технология молока и молочных продуктов / А.М. Шалыгина, Л.В. Калинина. – М.: КолосС, 2004. – 199 с.