

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**
The use of luminescent analysis in the study of food quality

К. Д. Кротова, студент

Е. В. Ражина, кандидат биологических наук, доцент
Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Рецензент: Е. С. Смирнова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Аннотация

В данной статье рассматриваются люминесцентные методы анализа. Приводятся теоретические сведения о явлении люминесценции, классификация явления по происхождению, длительности свечения. Раскрываются основы применения люминесцентного анализа в сельском хозяйстве и пищевой промышленности для оценки качества продукции, приводятся примеры применения анализа. Описывается аппаратура для проведения исследований люминесценции, рассказывается о работе с люминескопом «Филин». Подробнее описываются исследования мяса, рыбы, молока, муки с использованием люминесцентных методов анализа.

Ключевые слова: люминесценция, качество продуктов, флюоресценция, качественный анализ, количественный анализ, ультрафиолетовое излучение.

Summary

This article describes the luminescent methods of analysis. Theoretical information about the phenomenon of luminescence, classification of the phenomenon by origin, duration of luminescence are given. The basics of the use of luminescent analysis in agriculture and the food industry for assessing the quality of products are revealed, examples of the use of analysis are given. The equipment for conducting luminescence studies is described, and work with the Filin luminoscope is described. Studies of meat, fish, milk, flour using luminescent analysis methods are described in more detail.

Keywords: luminescence, product quality, fluorescence, qualitative analysis, quantitative analysis, ultraviolet radiation.

Введение

Внедрение новых технологий и научный подход при создании систем контроля качества сырого материала, каждого технологического процесса, а также готового продукта – один из наиболее важных векторов развития таких отраслей, как сельское хозяйство и пищевая промышленность.

Существуют различные методы контроля качества продукции, одними из которых являются физико-химические методы [1]. К физико-химическим методам контроля качества пищевых продуктов относится рассмотренный в настоящей статье люминесцентный анализ.

Цели:

- Изучить явление люминесценции.
- Раскрыть применение люминесцентного анализа в сельском хозяйстве и пищевой промышленности для осуществления контроля качества пищевой промышленности.

Теоретические сведения о люминесценции

Люминесценцией называют нетепловое избыточное свечение продолжительностью в 0,1 нс и более [1]. По длительности излучения различают:

- флюоресценцию - от 0,1 нс до 0,1 мкс;
- фосфоресценцию – от 0,1 мкс до 0,1 с.

Свечение может быть вынужденным (вызванное энергией извне), самостоятельным (при возникновении избытка энергии в теле), рекомбинационным (энергия образуется и передается между частицами вещества).

Разновидности явления определяются разнообразием свойств и происхождением явления. В зависимости от способа перевода вещества в возбужденное состояние люминесценцию делят на фото-, рентгено-, катодо-, электро-, радио-, трибо-, кристалло-, хеми-, био-, соно- и термостимулированную люминесценцию. В аналитической практике преимущественно используются фотолюминесценция (под действием видимого света и ультрафиолета) и хемилюминесценция (в результате химической реакции).

Люминесцентный анализ

В сельском хозяйстве и пищевой промышленности основой люминесцентного анализа является цветовое различие недоброкачественной и доброкачественной продукции, либо собственное свечение отдельных компонентов продукта [2]. В первом случае проводится визуальное наблюдение люминесценции продукта (качественный анализ). Во втором случае определяют количество составляющих в продукции флуоресцентными методами, включающими дифференциацию и очистку компонентов, обработку объекта флуорохромом (красителем, обладающим люминесцентными свойствами), и т. п. (количественный анализ).

Люминесцентный анализ характеризуется высокими абсолютной и относительной чувствительностью. Этот метод контроля является неразрушающим и дает возможность разрабатывать экспресс-методы анализа.

Люминесцентные методы анализа нашли широкое применение в исследованиях пищевой продукции [2]. Установлено, что начало процесса гниения огурцов, бобов, красной и белой капусты определяется по изменению интенсивности и цвета флуоресценции. Анализ позволяет обнаруживать заболевания картофеля и порчу зерна на ранних стадиях, отличать подмороженные клубни с белесовато-голубым свечением в ультрафиолете, обнаруживать личинки гельминтов и кишечную палочку в мясе соответственно по розовой и зеленовато-желтой люминесценции в ультрафиолете. Метод используется для определения белков, свтящихся из-за содержания в них ароматических аминокислот. Флуоресценция яиц, которые в свежем виде дают красное свечение, меняется на голубой при их старении.

По спектральным характеристикам люминесценции идентифицируют жиры, а по смещению положения максимума спектра судят о степени их окисления. Топленые жиры животного происхождения не флуоресцируют, маргарин дает голубое свечение, сливочное масло – канареечно-желтое. Молоко от здоровых коров имеет ярко-желтое свечение, а молоко от коров, больных маститом, молоко с содержанием соды или 15% воды дает бледно-желтую флуоресценцию. Кобылье молоко дает синее свечение.

По цвету свечения устанавливают сорт муки, обнаруживают примеси; чем больше содержание отрубей в муке, тем выше интенсивность синей люминесценции. Качественный и количественный анализ используются при определении нуклеиновых кислот, аминокислот, витаминов (рибофлавина, тиамина, фолиевой кислоты).

Аппаратура для люминесцентного анализа

Люминесцентный анализ включает в себя измерения различных спектрально-люминесцентных характеристик люминофора. К таким характеристикам относятся спектр возбуждения, спектры люминесценции, интенсивность люминесценции и др.

Для качественного и количественного анализа используют различную аппаратуру [2]. В качестве источников возбуждения используют газоразрядные лампы, лампы накаливания и лазеры. Для снятия интегральных характеристик флуоресценции используют флуориметры, для снятия спектральных – спектрофлуориметры. Для проведения качественного анализа методами визуального наблюдения используют люминоскопы.

Люминоскоп «Филин» (рис. 1) предназначен для контроля качества пищевой продукции методом люминесцентного анализа.

Прибор разделен на смотровую и осветительную камеры. Для наблюдений используется бинокляр с вторичным стеклянным фильтром, не пропускающим рассеянное ультрафиолетовое излучение.

В процессе эксплуатации «Филин» не требует специального техобслуживания. К исследованиям приступают после прогрева прибора в течение 2 минут. Образец для исследований помещают в смотровую камеру, и через бинокляр на передней панели наблюдают свечение.



Рис. 1. Люминоскоп «Филин». Общий вид

Методика исследований заключается в помещении продукта в поток ультрафиолетового излучения и наблюдении люминесценции. Отмечается однородность, интенсивность, цвет свечения.

Наблюдение за плотными объектами проводят на фаянсовой тарелке, пластинке из нефлюоресцирующего стекла или черном листе бумаги. Жидкости исследуют в стеклянных нефлюоресцирующих пробирках. Перед анализом заранее проверяют пробирки и реактивы под осветителем на наличие флуоресценции.

Освоение люминесцентных методов анализа начинают с показательных проб, дающих отчетливую и яркую люминесценцию. В этом отношении хорошие результаты получают при сравнении натуральных растительных масел с пробами, имеющими примеси минеральных масел, сравнение сливочного масла с маргарином. Исследуемый образец помещается на расстоянии 5, 10, 15 сантиметров от осветителя. Для исключения ошибок исследования проводят с образцом, содержащим известное количество примеси, или заведомо натуральным продуктом.

Оценка качества мяса

Мясо является скоропортящейся продукцией, поэтому требует постоянного санитарного контроля. Наиболее просто определить вид мяса и степень порчи можно с помощью люминесцентного анализа. Этим методом исследуются непосредственно пробы мяса, а также водные вытяжки из него (табл. 1).

Для проведения анализа кусочки мяса 10x8 см помещают на темную бумагу или фарфоровую тарелку, затем сверху освещают ультрафиолетовым излучением. Для исследований вытяжек из мяса измельченные и помещенные в колбу 0,01 кг продукта заливают дистиллированной водой объемом 50 см³. Далее содержимое колбы настаивается 10 минут, периодически взбалтывается, затем фильтруется. Полученный фильтрат рассматривают в лучах ультрафиолета.

Таблица 1

Показатели свежести говядины

Свежесть продукта	Цвет свечения	
	Мышцы	Вытяжка
Свежий	Бархат	Оттенок желто-зеленого, темный
Начальная стадия порчи	Фон более темный, с единичные вкрапления со свечением	Циан
Несвежий	Неяркий, нерегулярный бордо, с множественными зелеными вкраплениями	Голубой

Начальная стадия порчи мяса характеризуется утратой бархатистости флюоресценции мышечных волокон, более темным фоном свечения, на котором появляются специфические скопления сапрогенных бактерий, дающих свечение. Несвежий продукт дает тусклую люминесценцию цвета бордо с наложением цианового или желто-зеленого цвета.

Люминесцентными методами определяют зараженность мяса некоторыми гельминтами. Финны свиного и бычьего цепней дают флюоресценцию розового цвета.

Анализ молока

Для проведения анализа требуется, чтобы один из исследуемых образцов был гарантированно хорошего качества. Молоко разливают в кюветы (от 1 до 2 десятков см³), далее размещают в смотровой камере люминоскопа (табл. 2).

Оценка качества рыбы

Качество рыбы определяется по совокупности результатов нескольких методов исследований и на основе органолептических данных (табл. 3).

Тело свежей рыбы люминесцирует слабым серо-фиолетовым цветом. Участки с пигментом дают темно-фиолетовое свечение. Лежалая, но пригодная к употреблению в пищу рыба дает интенсивное, напоминающее цвет снега в солнечных лучах, белое свечение с голубова-

тым оттенком. На свежем разрезе рыбы с признаками начальной порчи появляются пятна канареечного цвета, иногда яркая сплошная люминесценция того же цвета, а мере увеличения степени порчи продукта люминесценция становится ярко-желтой.

Спиртовой экстракт из мышц свежего продукта дает бледную желто-голубую люминесценцию.

Таблица 2

Люминесценция молока

Особенности состояния	Цвет люминесценции
Цельное	Желтый
Кипяченое	Желтый, тусклый
Скисающее	Оттенки серого с голубым
Разбавленное H ₂ O	Желтый, меняется с яркого на тусклый

Таблица 3

Люминесценция органов, тканей свежей рыбы

Органы, ткани	Цвет люминесценции
Жабры	Не люминесцируют
Глаза	Не люминесцируют
Мышцы	Тусклый серо-фиолетовый, зеленовато-синий, иногда серо-желтый
Кровь	Темно-коричневый

Оценка качества муки

Люминесцентный анализ используется для распознавания различных сортов и видов муки, определение ее загрязненности спорыньей, зараженности клещами и т. п. По различным свечениям определяется примесь одного вида муки к другому (табл. 4).

Таблица 4

Люминесценция различных видов муки

Вид муки	Цвет люминесценции
Пшеничная	Синий
Ржаная	Светло-синий
Гороховая	Розовый
Ячменная	Белый
Бобовая	Сине-зеленый
Гречневая	Синий
Соевая	Желто-зеленый

Оболочка зерна флюоресцирует более интенсивным синим цветом, чем внутренний слой, поэтому ржаная и пшеничная мука с большим содержанием отрубей дает более яркое синее свечение. Примесь спорыньи обнаруживают по ее фиолетовой мерцающей люминесценции, а отдельные частицы светятся темным желто-оранжевым цветом [2].

Заключение

Индивидуальность спектрально-люминесцентных характеристик исследуемых образцов позволяет успешно применять люминесцентные методы анализа для контроля качества пи-

щевой продукции. Преимущества метода, а также его развитие расширяют возможности по применению люминесцентного анализа в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

Библиографический список

1. *Асфондьярова И. В., Илларионова К.В., Мухутдинов Р.Р.* Физические, химические, физико-химические свойства и методы контроля качества: учебное пособие. СПб.: Троицкий мост, 2023. 184 с.
2. *Лебухов В. И., Окара А. И., Павлюченкова Л. П.* Физико-химические методы исследования: учебник / под ред. А. И. Окара. СПб.: Лань, 2022. 80 с.
3. *Миколайчик И. Н., Морозова Л.А., Субботина Н.А.* Технохимический контроль сельскохозяйственного сырья и продуктов переработки: учебное пособие. СПб.: Лань, 2022. 284 с.
4. *Пустоваров В. А.* Люминесценция твердых тел: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 128 с.
5. *Савостина Т. В., Мижевикина А.С.* Ветеринарно-санитарная экспертиза молока и молочных продуктов: учебник для СПО. СПб.: Лань, 2021. 188 с.
6. *Трубина Н. К., Склярова М. А.* Инструментальные методы исследования: учеб. пособие. Омск: Омский ГАУ, 2018.