

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ПРОДУКТА ПРИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРАХ

Усачёв Д.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Усачёв Дмитрий Алексеевич - студент, ФГБОУ ВО «Пензенский  
государственный университет»  
Пенза, Российская Федерация

**Аннотация:** вопросы питания занимают сейчас ведущее место во всех научных и медицинских трудах. Ведь продукты, которые человек ест, сильно влияют на его здоровье. В настоящее время все больше людей страдают от нарушения обмена веществ, вызванного неправильным питанием. Это приводит к появлению нервных и психических заболеваний, авитаминозов, болезней печени и крови. Нарушение правил рационального питания ведет к снижению работоспособности, сопротивляемости болезням и продолжительности жизни.

**Ключевые слова:** анализ объекта исследования, состава продукта, калорийность пищи, физико-химический анализ, оценивание качества продукта, химический состав.

## ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE COMPOSITION OF THE PRODUCT UNDER PHYSICO-CHEMICAL FACTORS

Usachev D.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Usachev Dmitry Alekseevich - student, «Penza state University»  
Penza, Russian Federation

**Abstract:** nutrition issues now occupy a leading place in all scientific and medical works. After all, the foods that a person eats greatly affect his health. Currently, more and more people are suffering from metabolic disorders caused by improper nutrition. This leads to the appearance of nervous and mental diseases, vitamin deficiency, liver and blood diseases. Violation of the rules of rational nutrition leads to a decrease in working capacity, resistance to diseases and life expectancy.

**Keywords:** analysis of the research object, product composition, caloric content of food, physico-chemical analysis, product quality assessment, chemical composition.

Для определения состава продукта используют различные методы. Так, количество белков определяют по белковому азоту (продукт в присутствии катализатора сжигают с серной кислотой и измеряют объем выделившегося аммиака). Сахара извлекают этиловым спиртом. Крахмалы растворяют в воде или в солевом растворе. Содержание воды определяют путем выпаривания

Для определения количества используют метод Гербера, который основан на разрушении белков исследуемого продукта концентрированной серной кислотой и растворении жира в изоамиловом спирте. При добавлении изоамилового спирта понижается поверхностное натяжение жировых шариков. Полученную смесь центрифугируют в жиромерах (бутирометрах). После центрифугирования жир выделяется в виде сплошного слоя, объем которого измеряют в градуированной части жиромера. Для определения содержания микроэлементов в пище используют различные физико-химические методы. Зная же химический состав и массу основных составляющих продукта, достаточно легко вычислить его калорийность.

Рассмотрим наиболее распространенные методы, используемые в пищевой промышленности для оценивания качества продукта. К числу наиболее распространенных методов следует отнести следующие:

- хемилюминесцентный, основанный на излучении раствором световой энергии в результате химической реакцией;
- поляриметрический, основанный на свойстве некоторых (оптически активных) веществ поворачивать плоскость поляризации проходящего через них поляризованного света;
- методы пламенной фотометрии (атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная), основанные на исследовании образцов распыленных в пламени.

***Хемилюминесцентные методы и средства.*** Особое место в физико-химическом анализе занимают хемилюминесцентные методы, при которых происходит возбуждение молекул продуктов реакции и выделение световой энергии. При его использовании оценивается энергия свечения пробы или объекта. Оно

появляется обычно вследствие реакции окисления, в ходе которой происходит возбуждение молекул продуктов реакции и выделение световой энергии, при возвращении их в основное состояние.

Отсутствие контакта с анализируемым объектом, практическая безинерционность светового луча, как возбуждающего света, так и света люминесценции, относительная простота измерительного устройства, возможность автоматизации измерений, высокая чувствительность, точность и специфичность – весь это комплекс характеристик спектральных люминесцентных методов анализа создает возможность использования их в самых разнообразных направлениях, связанных с экспресс-контролем качества пищевых продуктов. Наиболее эффективно хемилюминесцентные вещества используются в качестве индикаторов. При титровании окрашенных и мутных сред их преимущество по сравнению с флуоресцентными индикаторами заключается в том, что нет необходимости прибегать к формированию светового потока возбуждения.

В аналитической практике нашли наибольшее применение такие хемилюминесцентные индикаторы, как люминол, люцегитин, лафин и силаксен. Частный случай хемилюминесценции – биолюминесценция, имеющая биологическую природу свечения. При биолюминесценции выделение световой энергии излучения происходит в результате окислительного процесса, катализируемого ферментами – люциферазами. Эти ферменты получают из биологических систем. Наиболее широко известны два типа люциферазы: светлячковая и бактериальная [1]. По существу, хемилюминометр – это измеритель светового излучения и его изменения в течение времени. Внешний вид флуориметра приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Хемилюминесцентный анализатор Maglumi 600 для контроля качества пищевых продуктов фирмы DiaSystem Scandinavia (Швеция)

**Поляриметрические методы и средства.** При прохождении плоско поляризованного света через некоторые вещества (оптически активные) плоскость поляризации поворачивается. Именно этот эффект положен в основу поляриметрического анализа. Естественная оптическая активность обусловлена особым (асимметричным) строением молекул или кристаллической решетки, преимущественно органических соединений. Различают вещества с правым и левым вращением. Вещество имеет правое вращение, если плоскость поляризации поворачивается по часовой стрелке, и левое вращение – если против часовой стрелки (при рассмотрении в направлении источника света) [2].

Поляриметрия относится к старейшим методам количественного анализа и применяется для определения концентрации и идентификации оптически активных веществ, например, глюкозы.

Обобщенная структурная схема поляриметра показан на рисунке 2.

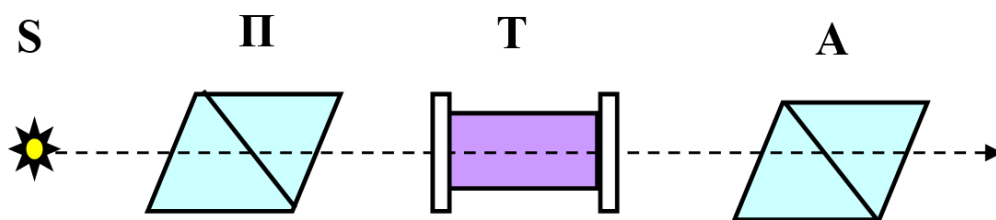


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема поляриметра

Шкалы большинства поляриметров градуируются в угловых градусах. Поляриметр (рисунок 2) состоит из источника монохроматического света  $S$ , двух призм Николя – поляризатора  $П$  и анализатора  $A$  и трубки (кюветы) с ис-

следуемым раствором. Пусть при отсутствии раствора в трубке анализатор повернут так, чтобы свет полностью гасился (призмы Николя скрещены). Если трубку  $T$  наполнить раствором активного вещества, то вследствие вращения плоскости колебаний наступит просветление поля зрения. Угол, на который нужно повернуть анализатор для полного затемнения равен углу вращения плоскости колебаний вектора  $E$ . Величина  $\alpha_0$  зависит от температуры, для большинства веществ она уменьшается на  $0,001 \alpha_0$  при повышении температуры на  $1^\circ\text{C}$ . Кроме того, удельное вращение раствора  $\alpha_0$  зависит от длины световой волны источника (вращательная дисперсия). Поэтому при освещении белым светом вращение анализатора не приводит к полному погашению поля, а лишь изменяет цвет пропускаемых лучей. На практике для получения полного затемнения применяют светофильтры. Определение угла поворота плоскости поляризации с помощью двух установок на темноту без активного вещества и с ним довольно неточно и обычно заменяется специальным оптическим устройством – полутеневым анализатором (устанавливают вместо второго Николя) [3].

Поляризация света осуществляется с помощью специальных оптических элементов, называемых поляризаторами. Для измерения угла, на который анализируемое вещество повернет плоскость поляризации, на пути светового потока после кюветы с анализируемым веществом ставится второй поляризатор, называемый анализатором. Анализатор аналогично первому поляризатору будет пропускать только ту часть светового потока, которая ориентирована в плоскости его поляризации. Если на пути светового потока нет оптически активного вещества, а оба поляризатора взаимно перпендикулярны, то световой поток полностью гасится.

При введении в систему оптически активного вещества можно, поворачивая анализатор, найти положение, при котором получается равномерная яркость поля зрения у визуальных поляриметров или максимальная разница значений сигналов у фотоэлектрических поляриметров. Угол поворота анализатора, соответствующий углу вращения плоскости поляризации света анализируемым веществом, измеряется по шкале угломерного устройства, связанного с анализато-

ром.

Классический поляриметр состоит из нескольких базовых элементов. К ним относятся: источник излучения, светофильтр, поляризаторы, пластины-компенсаторы, измерительное устройство.

В виде светисточника обычно используются натриевые элементы или лампы накаливания с защитным экраном, не допускающим попадание ИК излучения на образец. Для повышения объективности замеров в конструкцию вводится матовое стекло, обеспечивающее равномерную подачу луча на анализируемую область.

Фильтр необходим для выделения определенного участка в спектре, поскольку данный метод исследования основан на монохроматическом свечении. Обычно с этой целью используется призма либо фильтрующая пластина.

**Методы и средства пламенной фотометрии.** Пламенная фотометрия чаще всего используется для количественного определения элементов, входящих в состав твердых веществ. Существуют два метода пламенной фотометрии: атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная [4].

При атомно-эмиссионной пламенной фотометрии исследуемый образец вводится в пламя (рисунок 3). В пламенных фотометрах используется несколько типов топлива. В настоящее время обычно используется смесь пропана или природного газа со сжатым воздухом. Образец испаряется в пламени, оставляя микроскопические частички образца, которые распадаются на атомы. Лишь небольшая часть этих атомов (около 1%) переходит в возбужденное состояние. Когда атомы возвращаются в основное состояние, они испускают энергию в виде электромагнитных волн на характеристических частотах.

Простая оптическая схема, включающая только фильтр и линзу, фокусирующую световой луч на детекторе, обычно используется при определении  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Для других измерений требуется более сложная оптическая схема, включающая монохроматор.

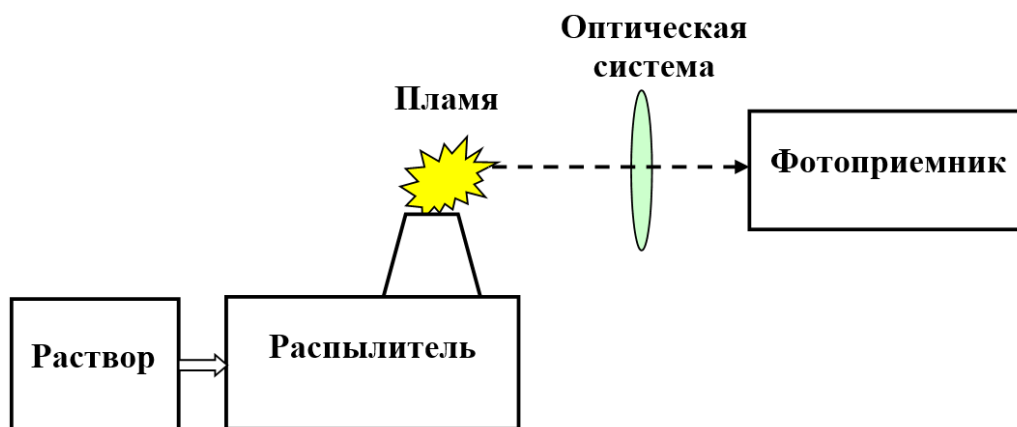


Рисунок 3 – Обобщенная схема пламенного фотометра

Многие современные атомно-эмиссионные пламенные фотометры рассчитаны на использование внутреннего стандарта, предназначенного для компенсации отклонений в скорости подачи раствора, эффективности образования аэрозоля и в характеристиках пламени. Для этой цели используются ионы лития ( $\text{Li}^+$ ). Эти ионы в норме отсутствуют в биологических образцах, имеют высокую интенсивность излучения, а их линия испускания значительно отличается по длине волны от линий натрия и калия. В образец добавляется точно отмеренное количество соли  $\text{Li}^+$ . Отдельный оптический канал предоставляется для измерения интенсивности излучения  $\text{Li}^+$ , и эта величина, вместе с известным значением концентрации  $\text{Li}^+$ , используется для ввода поправки, компенсирующей приборные отклонения, в определение  $\text{Na}^+$  или  $\text{K}^+$ . В действительности, в большинстве случаев определение  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Li}^+$  осуществляется параллельно.

Атомно-абсорбционная методика используется для точного измерения концентраций целого ряда элементов, включая кальций, свинец, медь, цинк, железо и магний. Она основана на том, что подавляющее большинство атомов в пламени поглощает электромагнитную энергию на характеристических частотах. Используется специальный источник излучения на характеристической частоте атома, концентрация которого определяется. Этим источником является лампа с полым катодом. Такие лампы изготавливаются именно из того металла, ионы которого с их помощью определяются, либо на них наносится покрытие из этого металла. В большинстве случаев, для определения каждого металла требуется

отдельная лампа, но особые свойства некоторых металлов допускают использование одной и той же лампы для определения двух или трех из них. Катод помещается в атмосферу инертного газа. Когда катод нагревается, атомы материала катода покидают его поверхность и заполняют полость катода в виде атомизированного пара. Эти атомы переходят в возбужденное состояние в результате соударений с электронами и ионами и, возвращаясь в основное состояние, излучают электромагнитную энергию на своей характеристической частоте, как уже обсуждалось выше. Этот поток энергии направляется сквозь пламя (рисунок 4), интенсивность его поглощения в пламени пропорциональна количеству присутствующих в нем атомов определяемого вещества [4].

Как правило, атомно-абсорбционные пламенные фотометры требуют наличия монохроматора и использования фотоумножителя в качестве фотоприемника. Дополнительной особенностью этих устройств является то, что, поскольку атомы в пламени как излучают, так и поглощают электромагнитную энергию на характеристической частоте, необходимо иметь возможность разделить потоки энергии, идущие на детектор от этих двух источников.

Это достигается путем использования импульсного источника излучения. Обычно для этой цели используется вращающийся диск с секторной прорезью между источником излучения и пламенем. Электронная схема детектора (фотоприемника) включает в себя фазочувствительный демодулятор, убирающий постоянную составляющую и регистрирующий только сигнал переменного тока [4].

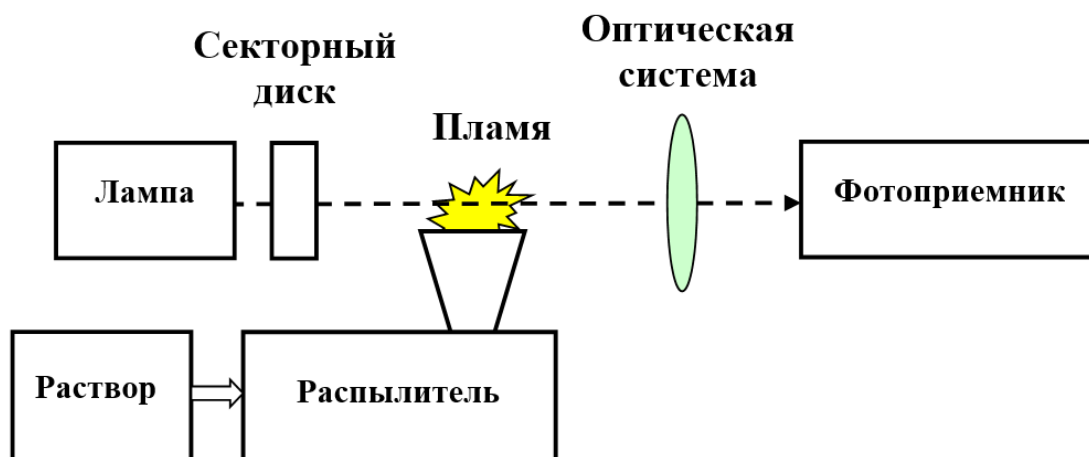




Рисунок 4 – Обобщенная структурная схема атомно-абсорбционного пламенного фотометра

Таким образом, проведенный анализ методов измерения калорий и состава пищевых продуктов показал, что наиболее целесообразно использовать методы, позволяющие вызвать возбуждение атомов исследуемого продукта, разделить их на фракции в виде белков, жиров, углеводов, воды. Зная вес продукта, можно посчитать калории.

### **Анализ возможности использования СВЧ-излучения для определения состава продукта**

Принцип анализатора калорий и состава продукта приведен на рисунке 5.

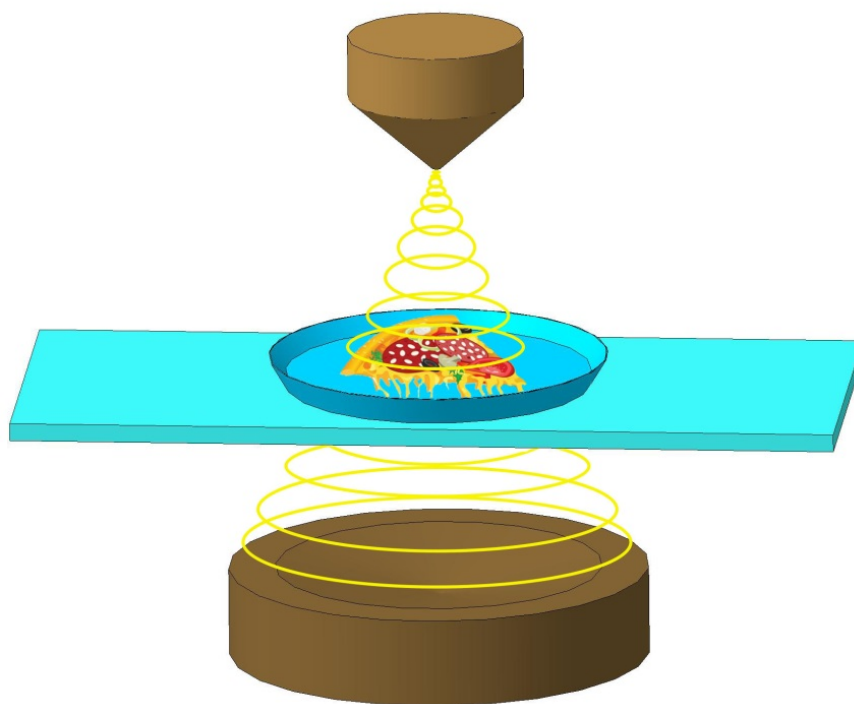


Рисунок 5 – Принцип работы анализатора калорий и состава пищи

Анализатор работает следующим образом. Перед измерением необходимо взвесить продукт. Для анализа исследуемый продукт помещается между облучателем и приемником излучения. Изменяя частоту излучения, можно получать различные отклики прошедшего через продукт излучения. Измеряя интенсивность прошедшего через материал излучения, можно определить содержание различных фракций пищи.

Так, разработчики компании General Electric (США) представили в свет свою новую разработку — микроволновую печь, позволяющую определять калории любой еды, помещенной в неё. Для определения показателей, позволяющих измерить калории, используются микроволновое излучение.

Идея разработки принадлежит одному разработчику General Electric после того, как он сделал своей жене подарок – трекер активности [4]. Жена отказалась носить браслет до тех пор, пока помимо измерения сжигаемых калорий не будет устройства, способного показывать калории в потребляемой еде. В свободное время мужчина начал работать над новой идеей. В качестве сканера он решил использовать микроволновой модуль, излучающий электромагнитные волны определенной длины. Таким образом, стало возможным определять основные параметры еды. В ходе исследований было проанализировано более 6500 продуктов и смесей, после чего разработчики (которых набралась уже целая команда) начали работать над прототипом.

#### *Список литературы*

1. Крейцер А.Г. Руководство по эксплуатации медицинских измерительных приборов. – Л.: Медицина, 2013. – 234 с.
2. Медицинские приборы. Разработка и применение. – М.: Медицинская книга, 2014. – 560 с.
3. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Учебное пособие для вузов.– Л.: Энергоатомиздат, 2013. – 340 с.
4. Клинико-лабораторные аналитические технологии и оборудование. Под. ред. В.В. Меньшикова. М.: Издательский дом «Академия», 2014 – 560 с.