



ФГБОУ ВО «Московский государственный университет  
пищевых производств»

# Экспресс-методы определения массовой доли и качества влаги в мясном сырье



Ведущий курса: к.т.н., доцент  
кафедры «Технологии и  
биотехнологии продуктов питания  
животного происхождения»

**Е.В. Литвинова**

# Вода как макрокомпонент мясного сырья

Количество воды в мясе колеблется **от 47 до 78 %** и зависит от возраста и упитанности животного. В мясе молодняка воды содержится больше, чем у взрослых животных. Чем жирнее мясо, тем меньше в нем воды и выше его калорийность.

<b>Содержание влаги в некоторых видах мясного сырья</b>	
<b>Наименование мясного сырья</b>	<b>Массовая доля влаги, %</b>
Говядина, категория В	70,5
Говядина, категория К	74,1
Свинина жирная	47,5
Свинина нежирная	60,9
Баранина	65,8
Телятина	72,8
Мясо кролика	69,3
Мясо птицы	69,8

# Формы связи влаги в мясе (по типу связей)

**Химически связанная влага** – влага гидрата, связанная в виде гидроксильных ионов, и конструкционную воду кристаллогидратов, связанную значительно слабее. Химическое связывание влаги в строго определенных молекулярных соотношениях происходит при химической реакции (гидратации). При кристаллизации из раствора вода входит в структуру кристалла целыми молекулами. Данная форма связи обладает наибольшей энергией).

**Адсорбционно-связанная влага** – влага, которая удерживается за счет сил адсорбции, главным образом белками. Диполи воды фиксируются гидрофильными центрами белков. ВСС белков тем выше, чем больше интервал между рН среды и изоэлектрической точкой, т.е. чем больше групп  $\text{COOH}$  и  $\text{NH}_2$  будет ионизировано и окажется заряженными. Число групп, фиксирующих влагу за счет сил адсорбции, зависит от взаимодействия белков, т.к. при этом происходит взаимная блокировка групп и уменьшение адсорбции, например, при развитии посмертного окоченения, что связано с образованием актомиозина.

**Осмотически связанная влага** – влага, удерживаемая в неразрушенных клетках за счет разности осмотического давления по обе стороны клеточных оболочек (полупроницаемых мембран) и внутриклеточных мембран в межклеточных пространствах, как и в тканях с неклеточной структурой, роль полупроницаемой перегородки выполняет каркас белковых гелей, в ячейках которого удерживается вода. Осмотическая влага частично выходит из мяса при погружении его в раствор с более высоким осмотическим давлением (посол) и при тепловой денатурации белков. Количество осмотической влаги влияет на упругость тканей.

**Капиллярно-связанная** часть воды находится в капиллярах (порах). Ее количество зависит от степени капиллярности материала. В мясе роль капилляров выполняют кровеносные и лимфатические сосуды. Капиллярная влага влияет на объем и сочность продукта: чем выше капиллярное давление, тем прочнее капиллярная влага связана с материалом. Капиллярное давление зависит от диаметра капилляра.

# Формы связи влаги в мясе (по технологическому действию)

**Прочно-связанная влага** – в основном адсорбционная, а также влага микрокапилляров и часть осмотической влаги (при изготовлении колбас должна составлять 1/3 все жидкости, если больше – продукт твердый).

**Слабосвязанная полезная влага** размягчает продукт, создавая благоприятную консистенцию, и способствует усвоению пищи. Слабосвязанная избыточная влага может отделяться в процессе технологической обработки в виде бульона при варке колбас или при размораживании.

**Слабосвязанная избыточная влага** может отделяться в процессе технологической обработки в виде бульона при варке колбас или при размораживании.

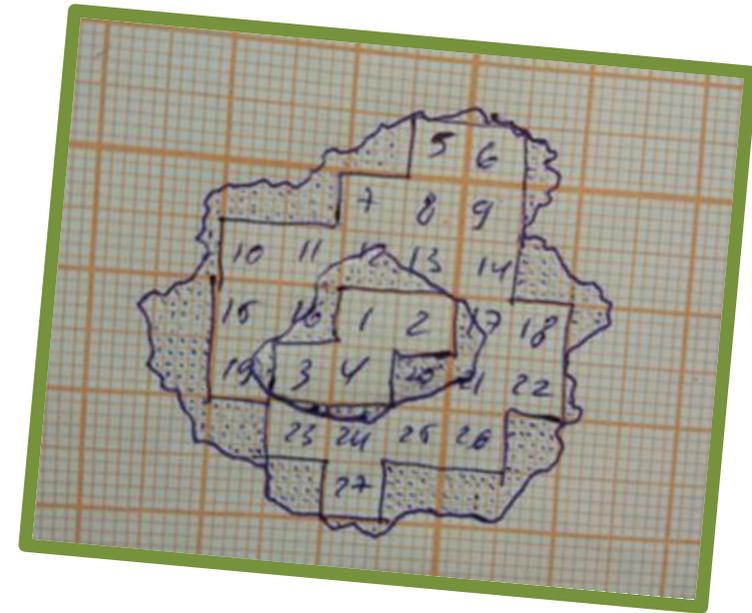
# Метод прессования по Г. Грау и Р. Хамм в модификации В.П. Воловинской и Б.И. Кельман

Образец измельченной мышечной ткани мяса 0,3 грамма помещается на беззольный фильтр между стеклянными пластинами, затем на пластины с образцом устанавливается груз массой 1 кг на 10 минут. После этого очерчивают контур пятна вокруг спрессованного образца, контур влажного пятна вырисовывается сам при высыхании фильтровальной бумаги на воздухе.

Установлено, что 1 см<sup>2</sup> площади влажного пятна фильтра соответствует 8,4 мг воды.

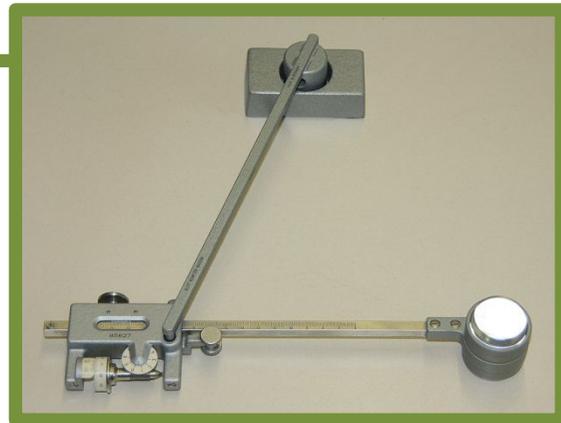
$$X = (M - 8,4S) * 100 / m_0$$

x – массовая доля связанной влаги в образце, % к массе образца, взятого, для исследования; M – общая масса влаги в навеске, мг; S – площадь пятна, образованного адсорбированной влагой (определяется планиметром), см<sup>2</sup>; m<sub>0</sub> – масса навески мяса, мг. Параметр S определяется как разность между общей площадью пятна и площадью пятна, образованного мясом.



# Планиметр

**Планиметр** – прибор, служащий для определения площадей. При этом способе площадь участка определяется механическим или электронным планиметром. Механические планиметры известны довольно давно, и представляют собой систему шарнирно соединенных рычагов: полюсного и обводного. Площадь определяется путем обвода криволинейной границы участка острием обводного рычага планиметра  $O$ . При этом полюсный рычаг  $P$  должен быть закреплен неподвижно так, чтобы при обводе фигуры угол между рычагами  $\beta$  не был больше  $150\frac{1}{2}$  и меньше  $30\frac{1}{2}$ . Колесико  $K$  счетного механизма  $M$  при обводке не должно соскальзывать с листа карты или бумаги.



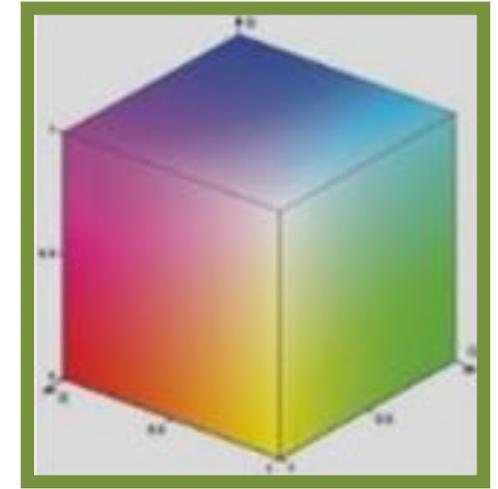
**Планиметры**

**Механический  
(Амслера-Коради)**

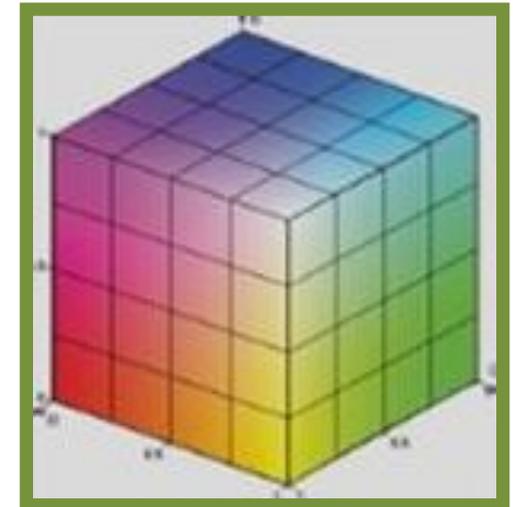
**Электронный  
(Planix7)**

# Методы цифровой обработки (1)

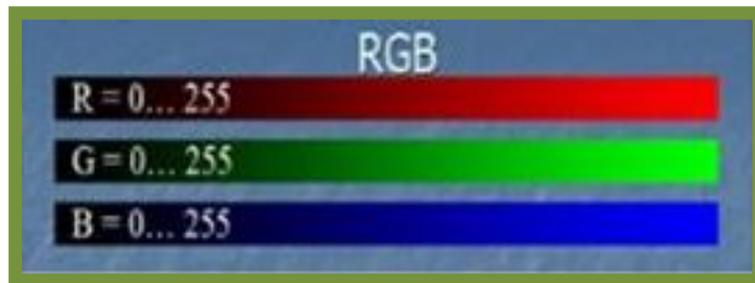
Цветовое пространство модели RGB представляется в виде куба. Каждый цвет в этом кубе задается точкой и определяется как комбинация трех основных цветов: красного, зеленого и синего. Яркость основных цветов изменяется в диапазоне 0–255 от черного цвета до ярко красного/зеленого/синего. Общее количество цветовых оттенков превышает 16 млн. цветов, поэтому при разработке программы было выполнено деление цветового куба на части для уменьшения количества цветовых оттенков. Предварительные исследования показали, что для проводимых исследований достаточно делить стороны на части от 2 до 6, что позволяет определять на изображении 8, 27, 64, 125, 256 цветов. На рисунке 2 в представлено деление одной составляющей куба на 4 части, что дает 64 цвета.



**Цветовой куб**



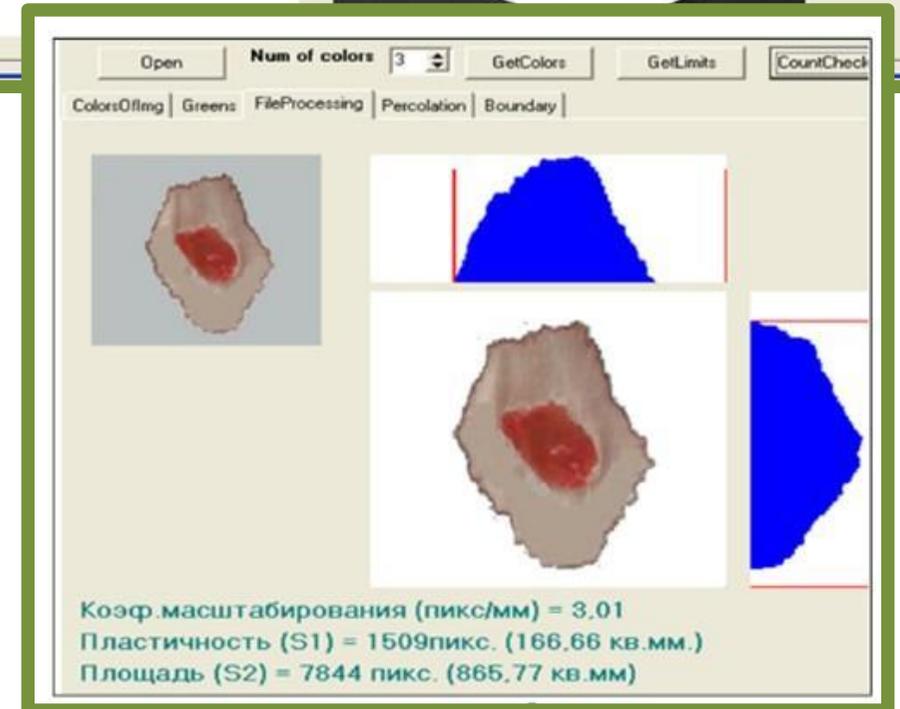
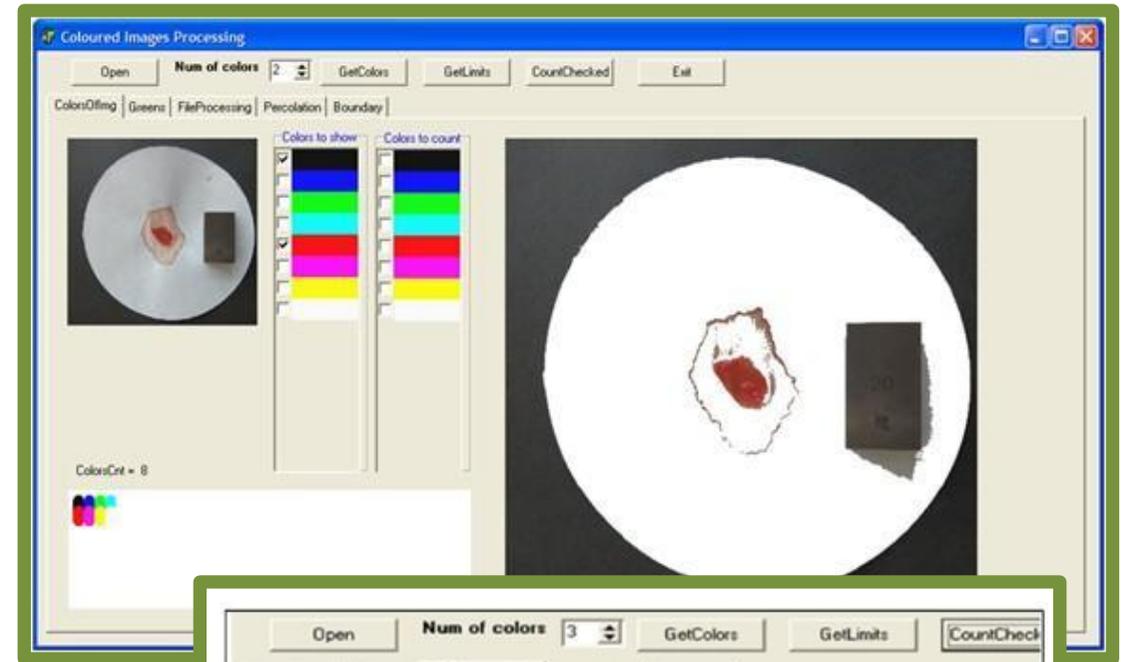
**Градация цветов**



**Основные цвета модели RGB**

## Методы цифровой обработки (2)

При программной обработке снимка устанавливалось количество градаций цветов равное 2 или 3, так как количество цветовых оттенков на изображении было небольшое, то есть на изображении определялось 8 и 27 оттенков, соответственно. В программе в цветовом столбце выбирался цвет пикселей, которые необходимо выделить на изображении. Для перевода пикселей в миллиметры устанавливалась конечная мера длины с размером равным 20 мм. Далее определяется количество пикселей выделенных цветов и отображает их в виде гистограммы (Рис.6). В программе реализовано сохранение данных гистограммы в формате таблицы Excel. На основе этих данных с использованием конечной меры длины вычисляют площади пятен в пикселях и миллиметрах. Коэффициент корреляции равен 0,98.



# Метод Грау и Хамма

## Принцип работы

К образцу фарша массой 0,3 грамма прикладывают постоянную нагрузку величиной 1 кг. Время выдержки нагрузки составляет 10 мин. Программное обеспечение позволяет рассчитать показатель связанной влаги после определения размеров влажного пятна на фильтровальной бумаге.

## Оборудование

- Анализатор текстуры EZ-SX;
- Нагрузочная ячейка 100 Н;
- Комплект компрессионных плит;
- Пакет программного обеспечения Trapezium-X Single.



# Метод определения массовой доли влаги высушиванием в сушильном шкафу при температуре $150 \pm 2$ °С

В бюкс помещают стеклянную палочку длиной немного большей диаметра бюкса (чтобы она не мешала закрывать бюкс крышкой), песок в количестве, примерно в 2–3 раза превышающем навеску продукта и высушивают его в сушильном шкафу в открытом виде в течение 30 мин при температуре  $150 \pm 2$  °С. Затем бюкс закрывают крышкой, помещают в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры, далее проводят взвешивание на аналитических весах. Во взвешенный бюкс с песком вносят навеску продукта массой 3 г, проводят повторное взвешивание с точностью до 0,0001 г и сушат в течение 1 ч в сушильном шкафу в открытом виде при температуре  $150 \pm 2$  °С. Затем бюкс закрывают крышкой, помещают в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры, далее проводят взвешивание на аналитических весах.

$$X = (m_1 - m_2) * 100 / (m_1 - m)$$

X – содержание влаги, %;  $m_1$  – масса навески с бюксой до высушивания, г;  $m_2$  – масса навески с бюксой после высушивания, г; m – масса бюксы, г.



# Метод определения массовой доли влаги высушиванием в сушильном шкафу при температуре $195\pm 5^\circ\text{C}$

Навеску измельченного продукта (20 г) помещают в тарированную алюминиевую чашку размером 80x100x20 мм (без 25 песка), равномерно распределяют шпателем по дну чашки и взвешивают с точностью до 0,01г. Чашку помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до  $195\pm 5^\circ\text{C}$  и проводят высушивание в течение 25-30 мин. После высушивания чашку, не помещая в эксикатор, охлаждают до комнатной температуры, взвешивают с точностью до 0,01 г.

$$X = (m_1 - m_2) * 100 / (m_1 - m)$$

X – содержание влаги, %;  $m_1$  – масса навески с алюминиевой чашкой до высушивания, г;  $m_2$  – масса навески с алюминиевой чашкой после высушивания, г; m – масса алюминиевой чашки, г.



**Естественная  
конвекция**



**Принудительная  
конвекция**

# Метод определения массовой доли влаги высушиванием в аппарате САЛ

Перед началом работы сушильный аппарат САЛ прогревают в течение 10–15 мин при напряжении 150–200В. После прогрева лампы устанавливают напряжение 100–105В, что обеспечивает температуру в зоне сушки 135–140 °С. В бюкс помещают стеклянную палочку длиной немного большей диаметра бюкса (чтобы она не мешала закрывать бюкс крышкой), песок в количестве, примерно в 2–3 раза превышающем навеску продукта и высушивают его в сушильном аппарате САЛ в течение 10 мин при температуре 135–140 °С. Затем бюкс закрывают крышкой, помещают в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры, далее проводят взвешивание на аналитических весах. Во взвешенный бюкс с песком вносят навеску продукта массой 2 г и повторно взвешивают с точностью до 0,0001 г., бюкс помещают в аппарат САЛ и проводят высушивание в течение 20 мин при температуре 135–140 °С с последующим охлаждением в эксикаторе и взвешиванием на аналитических весах.

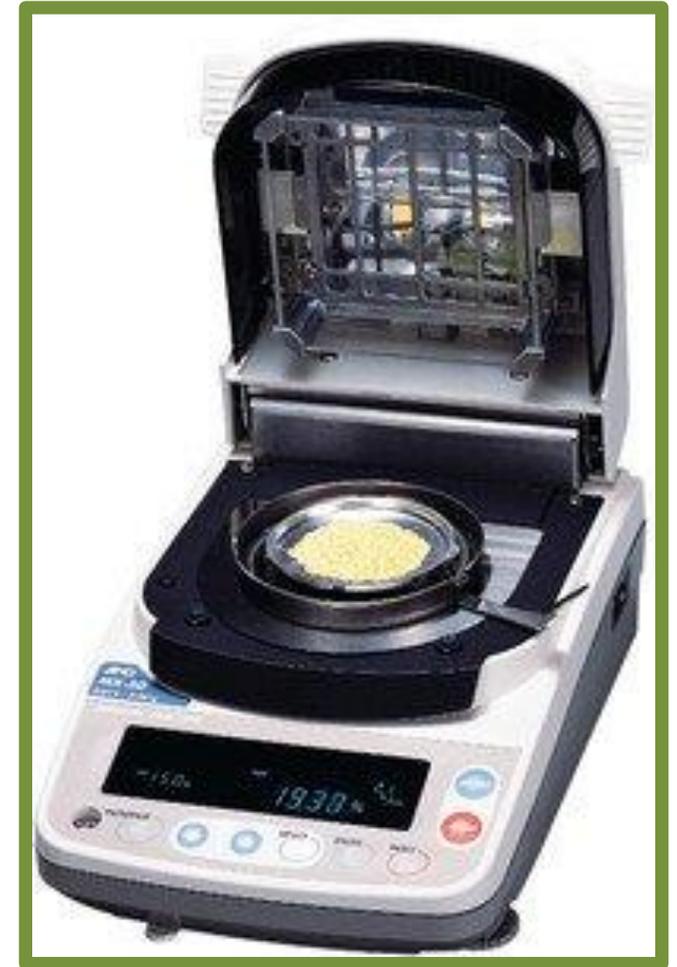
$$X = (m_1 - m_2) * 100 / (m_1 - m)$$

X – содержание влаги, %;  $m_1$  – масса навески с бюксой до высушивания, г;  $m_2$  – масса навески с бюксой после высушивания, г; m – масса бюксы, г.



# Анализатор влажности MF-50 (Япония)

Анализатор для определения влагосодержания в твердых, жидких и парообразных материалах максимальным весом образца 51 г методом нагрева, что позволяет получить точный результат с помощью 10 автоматических программ измерения с погрешностью до 0,05% влажности.



# Анализатор мяса DA-6200



**DA-6200** – передовой прибор для высокоточного анализа всех видов продукции мясных производств. Легко и быстро анализирует влагу, белок и жир.

## **Преимущества:**

- надежная диодная матрица, разработанная Perten Instruments, обеспечивающая быструю работу и точные измерения;
- дизайн, малый вес и работа от аккумулятора позволяют легко перемещать анализатор между точками отбора сырья и различными стадиями производства, повышая гибкость и простоту использования;
- калибровка для широкого спектра сырого мяса, полуфабрикатов и готовых мясных продуктов с использованием современных алгоритмов. DA 6200 – анализатор типа «plug&play» – готовый к немедленному запуску.

# Анализатор влаги Меттлер Толодо



В конструкции влагомера: весовая ячейка Monobloc, автоматическая калибровка встроенными гирями, подвесная чаша, а также электронный контроль уровня.

Сенсорный дисплей влагомера отображает процесс сушки в режиме реального времени: температуру и программу нагрева, кривую сушки, название образца. По завершении анализа результат окрашивается зеленым, желтым или красным цветом в зависимости от допусков, заданных пользователем.

Современный галогенный нагревательный элемент обеспечивает равномерный и быстрый нагрев образца – залог быстрого получения результата.

Подвесная чаша анализатора влажности выполнена таким образом, что просыпанные и пролитые образцы остаются на поддоне, что исключает их попадание внутрь.



# Анализатор влажности Эвлас-2М



Представляет собой компактный, доступный и высокоточный анализатор влажности, который является идеальным для контроля качества продукции, а также для обеспечения входного контроля в отделах приёмки.

Тороидальная форма встроенного в сушильную камеру инфракрасного нагревательного элемента позволяет равномерно высушивать пробу. Инфракрасный нагреватель управляется температурным сенсором, расположенным очень близко к пробе.

В течение 5–15 мин осуществляется сушка, во время которой встроенный микропроцессор подсчитывает все значения, основанные на данных измерения, окончательный результат высвечивается на дисплее.



## Анализатор влажности ViBRA MD



Оснащен самой большой в классе платформой, встроенным микролифтом и карбоновым конвектором с увеличенным сроком службы. Измерение влажности проводится путем сравнения массы исходного образца и после полного его высушивания.

Источником нагрева служит карбоновый конвектор с полимерным напылением.

Этот нагреватель выделяет инфракрасное излучение в 4 раза сильнее, чем галогеновый.

Срок службы конвектора составляет 7 000 ч (более 3-х лет ежедневной работы без замены нагревательного элемента).

Имеется встроенный микролифт, который, поднимая образец для сушки, разгружает весовую ячейку и предотвращает ее нагревание, что продлевает срок службы датчика и улучшает воспроизводимость результатов.



# АКТИВНОСТЬ ВОДЫ

Термин «активность воды» (англ. «water activity» –  $A_w$ ) впервые введен австралийским микробиологом Вильямом Джеймсом Скоттом, который в 1952 г. доказал, что существует зависимость между состоянием воды в продукте и ростом микроорганизмов в нем.

Снижение  $A_w$  от 1 до 0,2 приводит к значительному замедлению химических и ферментативных реакций, кроме процесса окисления липидов и реакции Майяра.

**Американский Институт технологов-пищевиков** на своем 50-летнем юбилее, отметил одним из десяти наиболее значимых нововведений в пищевой промышленности последнего полувека — концепцию активности воды, которая позволяет оценить степень подверженности сушеных продуктов и продуктов с промежуточной влажностью микробиологической и другой порче.



# Автоматический анализатор Roremeter RM-10

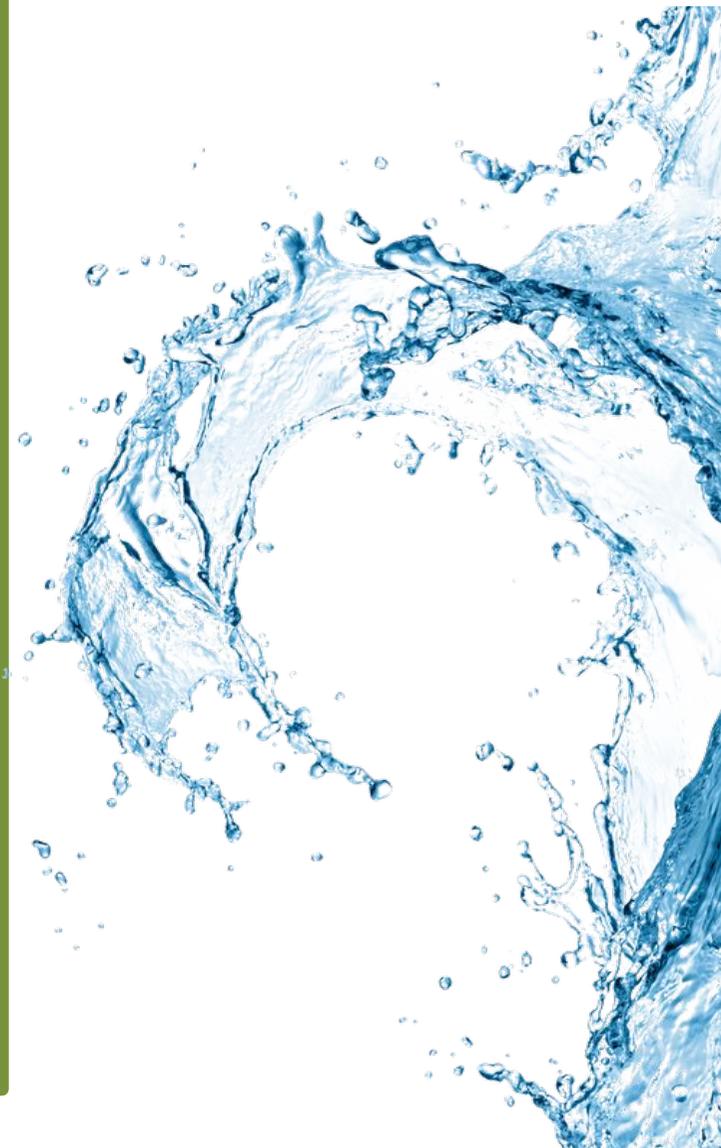
**Прибор состоит** из электронной части и измерительной ячейки. В измерительную ячейку помещается пластиковая кювета, в которой находится исследуемый образец.



**Принцип работы** анализатора основан на измерении точки росы равновесного воздуха. Метод измерения базируется на физической связи между температурой конденсации (точка росы) водяного пара и содержанием водяного пара в воздухе. По результатам измерения точки росы и температуры пробы анализатор вычисляет значение показателя активности воды в исследуемом образце.

**Последовательность работы** Для проведения измерения необходимо поместить в кювету исследуемый образец, который должен быть на 2–4 мм ниже края кюветы. Кювету с образцом помещают в прибор и нажимают кнопку старт, после этого сенсор анализатора просушивается путем нагревания точки росы. Затем зеркало охлаждается до комнатной температуры. Процесс просушки продолжается 30–60 сек, после просушки начинается измерение. На дисплее выводится промежуточный результат активности воды ( $A_w$ ). В течение нескольких минут устанавливается равновесие водяного пара между пробой и воздухом измерительной ячейки.

Численное значение, выводимое на дисплей, растет и падает, вначале быстро, затем медленней. Скорость измерения измеряемой величины выводится в нижнюю строку дисплея в правой ее части. Это значение соответствует измерению текущего значения активности воды в течение одной минуты. Когда скорость измерения измеряемой активности воды становится близкой к нулю, равновесие достигнуто и измерение заканчивается. Анализатор издает звуковой сигнал. На дисплей выводится окончательный результат измерения активности воды в исследуемом образце.





**ФГБОУ ВО «Московский государственный университет  
пищевых производств»**

**Спасибо за внимание!  
Вопросы?**

