

Определение интенсивности дыхания растительной продукции в зависимости от содержания CO₂ в окружающей ее газовой среде

С. В. МУРАШЕВ, Е. А. КОЛОМИЧЕВА

s.murashev@mail.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

В данной работе предложен метод определения интенсивности выделения углекислого газа растительной продукцией в зависимости от содержания этого компонента в окружающей газовой среде. Данный метод основан на герметизации образцов растительной продукции в измерительной системе и регистрации изменения содержания углекислого газа в ее газовой среде с помощью ИК-спектроскопии.

Ключевые слова: дыхание, растительная продукция, ИК-спектроскопия, углекислый газ.

Determination of the respiration rate of plant products depending on the content of CO₂ in the gas environment surrounding it

S. V. MURASHEV, E. A. KOLOMICHEVA

*National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
Institute of Refrigeration and Biotechnologies
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

In this work the method of determination of intensity of carbon dioxide allocation by vegetative production depending on the maintenance of this component in the surrounding gas environment is offered. This method is based on sealing of samples of vegetative production in measuring system and registration of change of the content of carbon dioxide in its gas environment by means of IR-spektroskopy.

Keywords: respiration, plant products, IR-spectroscopy, carbon dioxide.

Дыхание и особенности взаимодействия растительной продукции с окружающей газовой средой имеют первостепенное значение для ее хранения. Выделение CO₂ при хранении растительной продукции сопровождается потерей питательных веществ и физиологическим тепловыделением, которое стимулирует испарение воды. Интенсивность выделения углекислого газа зависит от состава газовой среды, окружающей растительную продукцию. Увеличение концентрации CO₂ в окружающей растительную продукцию газовой среде, по принципу отрицательной обратной связи вызывает подавление образования в процессе дыхания диоксида углерода. Одновременно с ростом концентрации CO₂ в окружающей среде уменьшается содержание другого важнейшего газообразного участника процесса дыхания – кислорода.

Таким образом, учитывая ингибирующее действие CO₂ на процесс дыхания возникает потребность в определении скорости выделения углекислого газа растительной продукцией в зависимости от содержания этого

компонента в окружающей газовой среде. В связи с этим целью данной работы является разработка метода определения интенсивности выделения CO_2 растительным сырьем в зависимости от содержания CO_2 в газовой среде, в которой оно хранится.

Условия взаимодействия растительной продукции с окружающей газовой средой и интенсивность дыхания зависят от особенностей ее хранения, так как именно особенности хранения определяют состав газовой фазы. Поэтому потребность в разработке нового метода определения интенсивности выделения углекислого газа, заключается еще и в том, что если измерение требует изменения состава газовой среды при перемещении растительного сырья из условий хранилища в среду измерительной системы, то неизбежно возникнут адаптационные процессы, влияющие на интенсивность дыхания.

Объекты и методы

Для определения скорости выделения CO_2 в зависимости от концентрации этого компонента в газовой среде окружающей образцы растительной продукции осуществляется герметизация растительного материала в изолированном объеме, в котором предусмотрена возможность контроля за изменением содержания углекислого газа с помощью ИК-спектроскопии. Содержание CO_2 может регистрироваться по полосам поглощения с различной интенсивностью. Это может быть полоса с очень сильной интенсивностью: $2349,3 \text{ см}^{-1}$, или полосы с иной интенсивностью поглощения, например, $720,5$ или $667,3 \text{ см}^{-1}$.

Выбор полосы определяется интенсивностью поглощения способной обеспечить определение содержания CO_2 в газовой среде формируемой растительным материалом. По калибровочному графику из оптической плотности, получаемой с помощью спектрофотометра, определяется концентрация CO_2 . Для построения калибровочного графика в герметичный объем без растительного материала поочередно вводятся газовые среды с различным содержанием CO_2 .

Зная объем герметизируемой измерительной системы и объем занимаемый в ней растительной продукцией (рассчитывается по массе и плотности растительной продукции) определяется масса CO_2 , выделяемая растительным материалом.

В данной работе получает дальнейшее развитие метод исследования интенсивности дыхания и взаимодействия растительного материала с окружающей газовой средой с помощью ИК-спектроскопии представленный в работе [1].

Результаты и их обсуждение

После герметизации растительной продукции в измерительной системе, содержащей исходную нормальную атмосферу, с помощью ИК-спектроскопии осуществляется контроль за содержанием CO_2 и определяется изменение массы углекислого газа накапливающегося с момента герметизации в измерительной системе (рис. 1).

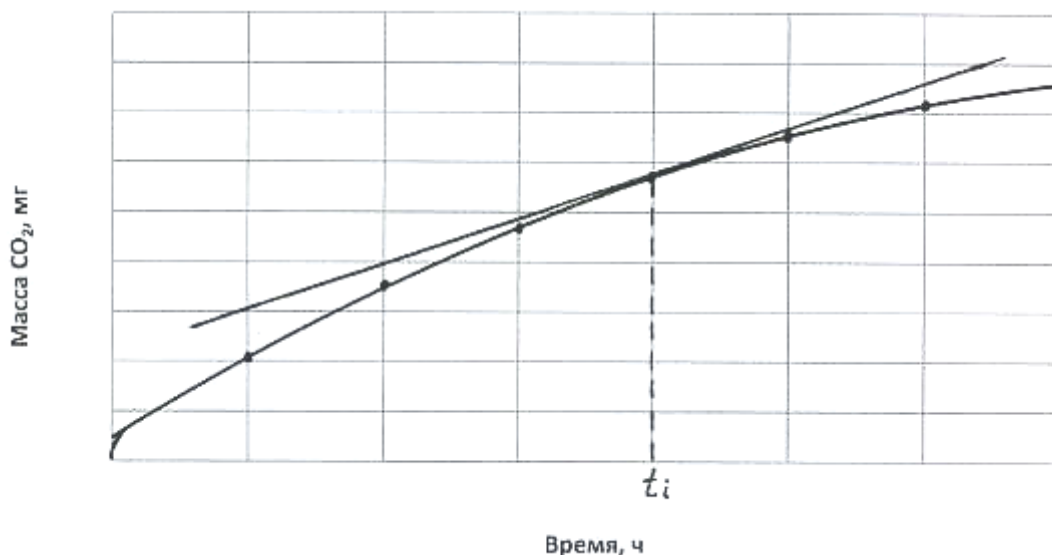


Рис. 1. Изменение массы CO_2 в измерительной системе после герметизации растительного материала

Далее для зависимости изменения массы CO_2 от времени в герметичной системе с растительным сырьем (рис. 1) необходимо найти функциональное выражение. Математическое выражение удобно получить в форме полинома. В результате получаем:

$$m\text{CO}_2 = (1/M) \cdot (a + b \cdot t + c \cdot t^2 + \dots + i \cdot t^n) \quad (1)$$

где: $m\text{CO}_2$ – содержание углекислого газа в герметизированной газовой среде, окружающей растительное сырье, мг; t – время, прошедшее с момента герметизации, ч; M – масса герметизированного растительного материала, кг; a , b , c , i , – коэффициенты полинома; n – степень полинома.

Коэффициент $(1/M)$ в выражении (1) необходим для приведения, полученного выражения, к единице массы растительного материала. Степень полинома не должна быть слишком большой.

В герметичном объеме, исключая обмен с окружающей средой, интенсивность дыхания растительного материала равна скорости накопления CO_2 в газовой среде этого объема. Она изменяется с течением времени по мере накопления CO_2 . Поскольку интенсивность дыхания имеет размерность скорости $\text{мгCO}_2/(\text{кг}\cdot\text{ч})$, то для того чтобы получить выражение для изменения интенсивности дыхания растительного материала в изолированном объеме от времени необходимо продифференцировать уравнение (1). После дифференцирования полинома получаем выражение:

$$dm\text{CO}_2/dt = (1/M) \cdot (b + 2 \cdot c \cdot t + \dots + n \cdot i \cdot t^{n-1}) \quad (2)$$

Подставив в (2) любое время t_i (рис. 1) получаем значение интенсивности выделения CO_2 для данного момента времени. Определив, таким образом,

значения интенсивности выделения CO_2 через определенные промежутки времени и зная для этих же значений t концентрацию CO_2 (определяется по калибровочной прямой) получаем зависимость интенсивности выделения CO_2 от концентрации этого компонента в окружающей растительный материал газовой среде (рис. 2).

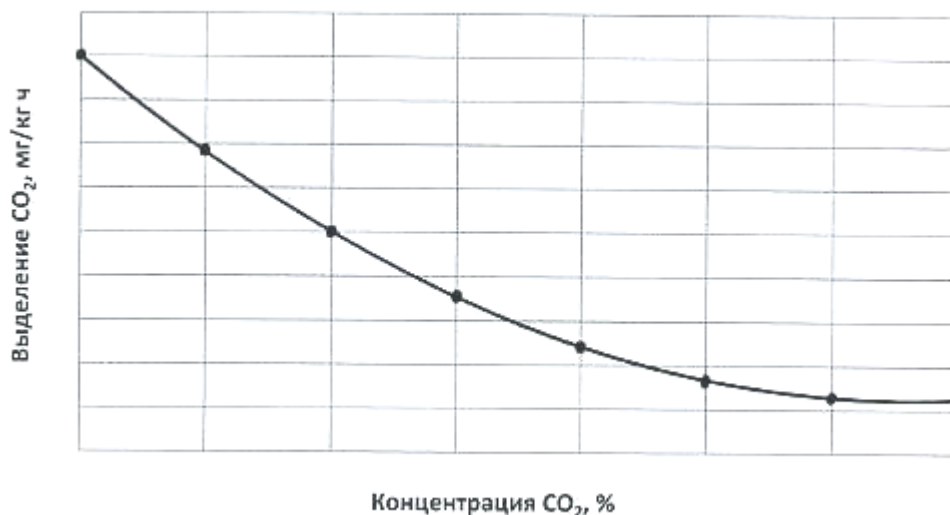


Рис. 2. Зависимость интенсивности дыхания растительного сырья от концентрации CO_2 в окружающей его газовой среде.

Зависимость интенсивности дыхания растительного сырья от концентрации CO_2 в окружающей его газовой среде значительно упрощает процедуру определения интенсивности дыхания при изменении состава окружающей газовой среды. Особенности влияния содержания CO_2 в газовой среде на интенсивность дыхания характеризуют адаптационные способности растительного сырья.

В момент герметизации растительного сырья газовая среда в измерительной системе по своему составу в точности соответствует окружающему атмосферному воздуху. Поэтому определив интенсивность дыхания в момент герметизации (рис.3), получим дыхание растительных организмов в среде атмосферного воздуха при условии свободного газообмена с окружающей средой. Для этого необходимо определить предел первой производной (2) при $t \rightarrow 0$:

$$\lim_{t \rightarrow 0} (dm \text{CO}_2/dt) = (1/M) \cdot \lim_{t \rightarrow 0} (b + 2 \cdot c \cdot t + \dots + n \cdot i \cdot t^{n-1}) = (1/M) \cdot b \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что интенсивность выделения CO_2 растительным материалом при свободном газообмене с окружающей атмосферой и условия, что выражение для изменения содержания CO_2 имеет форму полинома, равна коэффициенту b , приведенному к единице массы

растительного материала. Результат, полученный в выражении (3), значительно упрощает порядок расчета, так как после аппроксимации из полинома необходимо взять только коэффициент b .

Интенсивность дыхания растительной продукции в условиях свободного газообмена с окружающей средой является ее индивидуальным свойством, и поэтому данный параметр следует использовать в качестве характеристики растительной продукции.

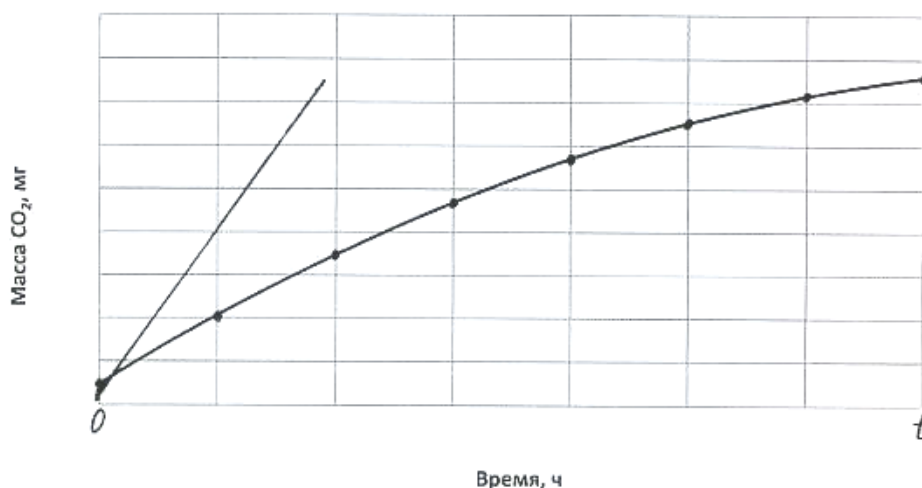


Рис. 3. Определение интенсивности дыхания в момент герметизации растительного сырья в измерительной системе, когда газовая среда в ней соответствует окружающему атмосферному воздуху.

Выводы

Показано, что использование ИК-спектроскопии в совокупности с применением метода герметизации растительного материала позволяют расширить возможности исследования взаимодействия растительной продукции с окружающей ее газовой средой и получить принципиально новые результаты. Зависимости интенсивности выделения CO_2 от его содержания в газовой среде могут быть использованы для характеристики адаптационных способностей растительных организмов. Кроме того, они позволяют определять интенсивность дыхания в зависимости от концентрации CO_2 в окружающей газовой среде. Значения интенсивности выделения CO_2 при свободном газообмене с окружающей атмосферой могут быть использованы в качестве характеристики растительных продуктов.

Список литературы

1. *Мурашев С.В.* Определение интенсивности дыхания растительной продукции с помощью ИК-спектроскопии // Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – С.368-372.