



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# DETERMINACION DE LA TASA RESPIRATORIA DE FRUTAS

<b>Apellidos, nombre</b>	Ortolá Ortolá María Dolores (mdortola@tal.upv.es)
<b>Departamento</b>	Tecnología de Alimentos
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València



## 1 Resumen

En este artículo conoceremos qué es la tasa respiratoria de frutas y hortalizas frescas y qué importancia tiene durante la manipulación y conservación de estos productos destinados al consumo en fresco. Además, conoceremos las técnicas analíticas que nos permiten determinar la tasa respiratoria de una fruta u hortaliza, aplicando una de estas técnicas al cálculo de la respiración en una fruta.

## 2 Introducción

Las frutas y hortalizas frescas son productos muy perecederos como consecuencia de su actividad metabólica, que se mantiene incluso cuando son separados de la planta. Como consecuencia de esta actividad, estos productos avanzan hacia la madurez y posterior senescencia (fase en la cual ya no se considera el producto apto para su comercialización, pues sus propiedades organolépticas están muy deterioradas).

Pero no todas las frutas y hortalizas avanzan con la misma velocidad hacia esa última fase, y es por eso que unas fresas tienen muy poca vida útil (días) mientras que unas manzanas su vida útil es mucho más larga (meses).

La velocidad de avance hacia la senescencia está íntimamente relacionada con la velocidad con la que el producto hortofrutícola respira. Por ello, determinar su tasa respiratoria resulta de gran importancia para determinar las mejores condiciones de manipulación y conservación de estos productos y que estos lleguen al consumidor en las mejores condiciones posibles.

## 3 Objetivos

Cuando finalices esta unidad:

- Relacionarás la vida útil de una fruta u hortaliza con su actividad metabólica
- Serás capaz de analizar en el laboratorio la tasa respiratoria de un producto fresco

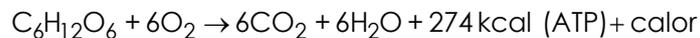
## 4 Desarrollo

### 4.1 Respiración de frutas

El crecimiento y maduración del fruto está asociado a la intensidad respiratoria. De forma esquemática, el proceso de la respiración, que implica un gran número de reacciones metabólicas, comienza a nivel de las hojas, las cuales captan energía solar y a través de la fotosíntesis almacenan compuestos orgánicos.

La respiración **aerobia**, es el proceso por el cual los materiales orgánicos almacenados, carbohidratos, ácidos orgánicos y grasas, son degradados oxidativamente hasta moléculas más simples ( $\text{CO}_2$  y agua) con liberación de energía (ATP y calor) [1]. La glucólisis, el ciclo de los ácidos tricarbóxicos (ciclo de Krebs), y la cadena de transporte de electrones son las rutas metabólicas de la respiración aeróbica [2].

Así, si el material orgánico degradado es una molécula de glucosa, el proceso podría representarse como:



La oxidación de cada molécula de glucosa produce 36 moléculas de ATP que suponen 274 kcal. Teóricamente, la oxidación de una molécula de glucosa supone 686 kcal, lo que indica que únicamente el 40% de la energía liberada se utiliza bioquímicamente y el 60% restante es liberado en forma de calor.

*¿Pero qué pasa cuando el fruto es separado del árbol?*

*¿Por qué continúa metabólicamente activo?*

Una vez el fruto ha sido recolectado, continua vivo a expensas de las reservas, las cuales, a través de la glicólisis y el ciclo de Krebs, son transformadas mediante oxidación enzimática en productos primarios necesarios para la síntesis de nueva materia viva y energía.

Fíjate de nuevo en la ecuación que representa la respiración. Si la respiración consume reservas orgánicas, la velocidad a la cual transcurre la reacción condicionará la **vida útil** de la fruta y el **avance de la maduración** tras la recolección.

Ahora seguro que podrás responder a esta pregunta:

*¿Por qué cuando compramos unas fresas hay que consumirlas en pocos días, mientras que una manzana podemos tenerla en casa durante semanas?*

Si tu respuesta ha sido "Porque cada fruta respira con diferente velocidad" puedes continuar.

Por tanto, analizar la velocidad de la reacción es muy importante para establecer la vida útil de una fruta.

## 4.2 Tasa respiratoria

Se define la **tasa respiratoria (TR)** como la cantidad de anhídrido carbónico emitido o de oxígeno consumido por kg de fruta y por hora.

Esta tasa depende de numerosos factores, tales como:

- El estado de desarrollo: los frutos se caracterizan por tener una alta actividad respiratoria en estados jóvenes que disminuye en estados posteriores, con la excepción de los frutos climatéricos, que, al madurar, presentan de nuevo un aumento en la respiración.
- Tamaño del producto: a mayor relación superficie/volumen del fruto, mayor actividad respiratoria.
- Temperatura: tiene un efecto directo en la velocidad de la actividad respiratoria. A mayor temperatura, mayor actividad respiratoria, lo que acelera el proceso de maduración, mientras que a bajas temperaturas, la velocidad disminuye [3].
- Composición atmosférica: las concentraciones  $O_2$  y  $CO_2$  ambientales modifican la velocidad de la actividad respiratoria. Así, si los niveles de oxígeno son más bajos (< 21%) y los de dióxido de carbono más altos (> 0.03%) que los del aire

ambiente, la respiración se reduce y consecuentemente se prolonga la vida de almacenamiento.

- Presencia de etileno: estimula la respiración de tejidos y órganos vegetales.
- Daños mecánicos y microorganismos: provocan un aumento en la actividad respiratoria [4]. La intensidad de la respuesta depende en gran parte de la severidad de los daños y de la variedad de los frutos (probablemente debida también al desencadenamiento de la producción de etileno).
- Nivel de corte: muy importante en productos de VI gama. La tasa respiratoria de frutas y vegetales cortados es mayor a la de los productos enteros. Este aumento está asociado a una aceleración de su metabolismo por el estrés inducido debido a las heridas provocadas, lo que hace que la vida se acorte.

En definitiva, el conocimiento de la pauta respiratoria de los productos hortofrutícolas en función de los procesos a los que hayan sido sometidos, será de gran ayuda para elegir las condiciones de almacenamiento, envasado y distribución adecuadas para prolongar la vida útil.

Por otra parte, se define el **cociente respiratorio (CR)** como la relación entre la tasa de  $\text{CO}_2$  producido y la de  $\text{O}_2$  consumido, lo que puede ser útil para indicar la presencia de respiración anaerobia (fermentación) y el tipo de sustrato utilizado por los tejidos. Por lo general, cuando los sustratos oxidados son carbohidratos, el valor de CR es cercano a la unidad. Si, por el contrario, el compuesto oxidado es un ácido graso el CR será menor que 1, y, si los sustratos respiratorios son ácidos orgánicos, el valor de CR tendrá un valor mayor que la unidad porque el grado de oxidación de estos compuestos es mayor que el de los azúcares. Los valores del CR en condiciones aerobias abarcan un rango entre 0,7 y 1,5. Por el contrario, el cociente respiratorio es mucho mayor que 1,0 cuando la respiración es anaerobia.

### 4.3 Métodos de análisis de tasas respiratorias

Entre los métodos experimentales más utilizados para medir la tasa respiratoria podemos destacar tres:

#### Método estático

La tasa respiratoria se determina colocando el producto en un recipiente impermeable y cerrado (normalmente de vidrio) con una concentración de aire inicial conocida. Periódicamente se analiza la concentración de gases en el espacio de cabeza, determinándose, así, la cantidad de  $\text{O}_2$  consumido por el fruto o la cantidad de  $\text{CO}_2$  desprendido (Figura 1).

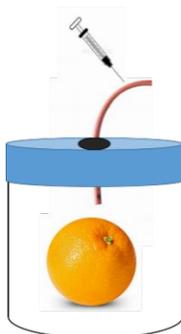


Figura 1: sistema estático para análisis de tasas respiratorias

### **Método dinámico**

Consiste en hacer pasar un flujo de aire, de concentración conocida en  $O_2$  y  $CO_2$ , a través de un recipiente hermético que contiene el fruto (Figura 2). La tasa de respiración se calcula midiendo la diferencia de concentración de  $O_2$  y/o  $CO_2$  entre los conductos de entrada y salida.

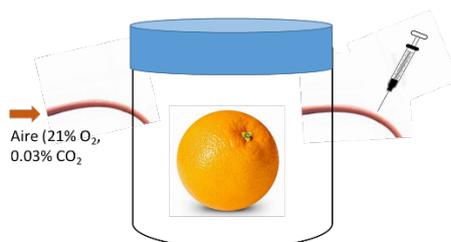


Figura 2: sistema dinámico para análisis de tasas respiratorias

### **Método permeable o estacionario**

Este método es similar al método estático con la diferencia de que se utiliza un envase semipermeable en vez de un recipiente impermeable. Tiene la ventaja de que mantiene el entorno experimentado por los frutos cuando están envasados. Es un sistema dinámico en el que las concentraciones de  $O_2$  y  $CO_2$  cambian con el tiempo antes de que se alcance el equilibrio en la atmósfera interna. En este caso, el análisis de la atmósfera interna permite determinar la tasa respiratoria del fruto teniendo en cuenta la permeabilidad del material a los gases.

## **4.4 Cuantificación de TR por método estático**

Tal y como hemos visto en el apartado anterior, mediante un método estático podemos determinar experimentalmente la tasa respiratoria. Para ello, podemos utilizar un analizador de gases del espacio de cabeza que periódicamente muestree el gas y nos indique la concentración de  $O_2$  y  $CO_2$  en el mismo. En la Figura 3 puedes observar un analizador de gases de espacio de cabeza conectado a un sistema estático.



Figura 3: Analizador de gases de espacio de cabeza Dansensor® y sistema estático para análisis de tasas respiratorias en rodajas de caqui



La tasa respiratoria experimental (expresada en términos de consumo de  $O_2$  o emisión de  $CO_2$ ) se puede calcular teniendo en cuenta la variación de la concentración de gas analizada con el tiempo (Ec. 1 y 2):

$$TR_{O_2} = \left[ \frac{(G_{O_2})_t - (G_{O_2})_{t+1}}{\Delta t} \right] \cdot \frac{V_a}{M} \quad (1)$$

$$TR_{CO_2} = \left[ \frac{(G_{CO_2})_{t+1} - (G_{CO_2})_t}{\Delta t} \right] \cdot \frac{V_a}{M} \quad (2)$$

donde  $TR_{O_2}$  y  $TR_{CO_2}$  son las tasas respiratorias de  $O_2$  ( $mLO_2 \text{ kg}^{-1}h^{-1}$ ) y de  $CO_2$  ( $mLCO_2 \text{ kg}^{-1}h^{-1}$ ) respectivamente,  $G_{O_2}$  y  $G_{CO_2}$  son las concentraciones de gases en el espacio de cabeza ( $mL/mL$  aire),  $t$  el tiempo (h),  $V_a$  el volumen de aire en el recipiente (mL) y  $M$  el peso de la muestra (kg).

Fíjate en los datos que hemos obtenido colocando 127,78 g de fresas en un recipiente de vidrio de 940 mL de capacidad (Figura 4) y analizando periódicamente la composición del gas de cabeza durante 8 horas.

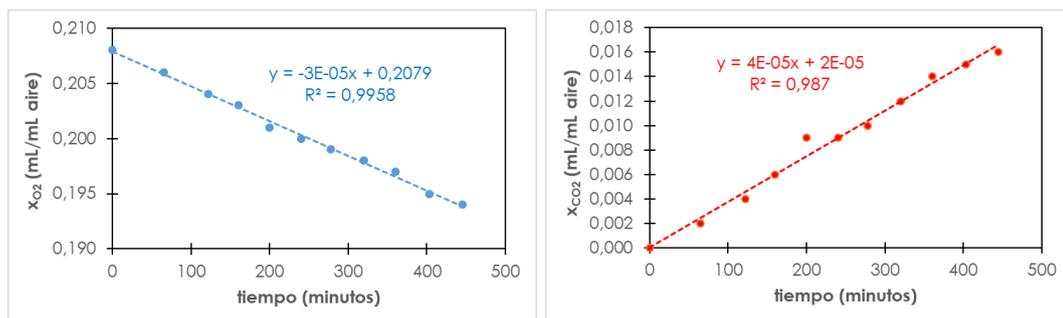


Figura 4: registro de la variación de la concentración de gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) en el espacio de cabeza

Observa que la variación de los gases en el espacio de cabeza disminuye ( $O_2$ ) o aumenta ( $CO_2$ ) linealmente con el tiempo. Esto solo ocurre cuando la variación en la concentración de gases en el espacio de cabeza no influye sobre la velocidad de respiración. En estos casos, la TR permanece constante con el tiempo, y, por lo tanto, esta puede calcularse a partir de la pendiente de la recta obtenida (Ec. 3).

$$TR_i = \frac{dG_i}{dt} \cdot \frac{V_a}{M} \quad (3)$$

siendo  $dG_i/dt$  la pendiente del ajuste lineal de la variación de la concentración del gas  $i$  ( $O_2$  o  $CO_2$ ) con el tiempo.

En nuestro ejemplo, teniendo en cuenta la masa de producto dentro del envase, y el volumen de aire en el espacio de cabeza (que calcularemos considerando el volumen total del bote menos el volumen ocupado por el producto),

*¿puedes calcular la tasa respiratoria de nuestras fresas?*



Los datos de que disponemos son:

$M_F$ : masa fresas (g)	127,78
$V_B$ : volumen total del bote (mL)	940
$\rho_F$ : densidad de la fresa (g/mL)	0,942
Pendiente recta $O_2$ (mL $O_2$ /mL aire minuto)	-3,14E-05
Pendiente recta $CO_2$ (mL $CO_2$ /mL aire minuto)	3,73E-05

Necesitamos calcular el volumen de aire en el bote ( $V_a$ ), a partir del volumen total del bote ( $V_B$ ) y el volumen ocupado por las fresas ( $V_F$ ) (Ec. 4):

$$V_a = V_B - V_F = V_B - \frac{M_F}{\rho_F} = 804,35 \text{ mL} \quad (4)$$

Por tanto:

$$TR_{O_2} = -11,86 \text{ mL}O_2/\text{kg h}$$

$$TR_{CO_2} = 14,10 \text{ mL}CO_2/\text{kg h}$$

$$CR = 1,19$$

Fíjate que el signo negativo de la  $TR_{O_2}$  indica el consumo de  $O_2$ . Habitualmente, las TR se indican con **valores absolutos**, hablándose de **Tasa respiratoria de consumo de  $O_2$**  y **Tasa respiratoria de emisión de  $CO_2$** .

## 5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto:

- porqué unas frutas u hortalizas son más perecederas que otras
- que la velocidad de respiración de los productos hortofrutícolas frescos condiciona su vida útil
- que pueden utilizarse tres métodos analíticos para determinar tasas respiratorias en productos frescos: método estático, método dinámico y método semipermeable
- cómo calcular, a partir de datos obtenidos en laboratorio, la tasa respiratoria de unas fresas por el método estático

## 6 Bibliografía

[1] Mangaraj, S., Goswami, T. K. (2011). Modeling of respiration rate of litchi fruit under aerobic conditions. Food and Bioprocess Technology, 4(2), 272.

[2] Fonseca, S.C.; Oliveira, F.R.A.; Brecht, J.K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. A review. Journal of Food Engineering nº 52, 99-119.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

[3] E. Torrieri, N. Perone, S. Cavella, P. Masi (2010) Modelling the respiration rate of minimally processed broccoli (*Brassica rapa* var. *sylvestris*) for modified atmosphere package design. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 45, pp. 2186-2193.

[4] Scherrer-Montero, C. R., Dos Santos, L. C., Andreatza, C. S., Getz, B. M., Bender, R. J. (2011). Mechanical damages increase respiratory rates of citrus fruit. *International journal of fruit science*, 11 (3), 256-263.