

## DETERMINACIÓN DEL CALOR DE RESPIRACIÓN DE FRUTAS POR EL MÉTODO DE TITULACIÓN

**Juana Montes; Segundo Arévalo**

Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNAP, Iquitos, Perú  
[jemonda@hotmail.com](mailto:jemonda@hotmail.com)

---

### **ABSTRACT**

*The respiration heating of fruits, specially in apples, was the principal objective of the present work by starting with a titration method. An alkaline solution of titration is used by this method where air exempt of CO<sub>2</sub> is circulating through a drier to hold the fruit to be studied at a determined temperature. Then, it is bubbled by an alkaline solution where the absorption of the present CO<sub>2</sub> happens. A decreasing about the equivalence number (EN) of the solution occurs in the reaction of CO<sub>2</sub> with the alkaline solution and this variation is equal to the equivalent number of CO<sub>2</sub> that had such reaction. This equality permits to quantify the CO<sub>2</sub> absorbed into a determined period of time.*

*A system was necessary to build in order to get the mentioned objective. And such system consisted in setting the product in a drier which at the same time was installed into a small respiratory chamber where air circulates at a established temperature activated by a thermostat. A vacuum pump was used to renovate continually the existent air at the interior of the drier. The humidifying air is conducted through the drier and later bubbled in the pipes that are connected in series, containing the alkaline solution.*

*A leak air test in the critic points of the equipment was done to measure about its veridical results as well as its grade of confidence. The test consists in simulating a defined quantity of CO<sub>2</sub> into the drier and in verifying its recovery through the equivalent number of the basic solution between two titration—the recovered CO<sub>2</sub> was about 91,2%.*

*The heating respiratory values of the apples at room temperature were determined with the system while it was working properly, and the results of the first test were: 2483,8 kcal/(tn).(24h) to 26,55°C, the second: 2586,0 kcal/(tn). (24h) to 26,68°C and in the last test the value was: 2862,9kcal/(tn). (24h) to 26,73°C.*

*The results indicate that as soon as the temperature augments, the heating respiratory value of the studied fruit also increases while the fruit is between the ripe time and senescence moment; therefore a temperature reduction implies less fruit respiration, and that augments in such a way its storage time(useful life).*

**Key Words:** Respiration heat; CO<sub>2</sub>; NaOH; Equivalent Number; Fruits; Apple.

---

## **RESUMEN**

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar el calor de respiración de frutas (manzanas) empleando el método de titulación. Este método emplea la titulación de solución alcalina, donde el aire exento de CO<sub>2</sub> es circulado a través del desecador conteniendo la fruta a ser estudiada a una determinada temperatura. Enseguida es burbujeado a una solución alcalina donde ocurre la absorción de CO<sub>2</sub> presente. En la reacción del CO<sub>2</sub> con la solución alcalina, ocurre un decrecimiento del número equivalente (NE) de la solución, esta variación es igual al número equivalente al CO<sub>2</sub> que reaccionó. La igualdad permite cuantificar el CO<sub>2</sub> absorbido en un determinado período de tiempo.

Para conseguir el objetivo en mención se construyó un sistema, donde el producto es colocado en un desecador y éste a su vez es instalado en el interior de una pequeña cámara de respiración, donde el aire circula a una temperatura establecida por la acción de un termostato. Para renovar continuamente el aire existente en el interior del desecador se utilizó una bomba de vacío. El aire humidificado es conducido a través del desecador y posteriormente burbujeado en los tubos conectados en serie conteniendo la solución alcalina.

Para medir el grado de confiabilidad del equipo y la veracidad de los resultados, se realizó una prueba de fuga de aire en los puntos críticos del equipo. Esta prueba consiste en simular una cantidad definida de CO<sub>2</sub> interno en el desecador y verificar su recuperación a través de la variación del número equivalente de la solución básica entre dos titulaciones. El CO<sub>2</sub> recuperado fue del 91.2%.

Con el sistema en funcionamiento fueron determinados los valores del calor de respiración de manzanas a temperatura ambiente, teniendo como resultado del primer ensayo 2483.8 kcal/tn.24h a 26.55°C; del segundo 2586.0 kcal/tn.24h a 26.68°C y del último ensayo se tuvo un valor de 2852.9 kcal/tn.24h a 26.73°C.

Los resultados indican que conforme aumenta la temperatura, aumenta también el valor del calor de respiración de la fruta estudiada, estando la fruta entre la madurez y la senescencia, por tanto, una reducción de la temperatura implica una disminución de la respiración de la fruta aumentando así su tiempo de almacenamiento (vida útil).

**Palabras Claves:** Calor de respiración; CO<sub>2</sub>; NaOH; Número Equivalente; Frutas; Manzana.

---

## **1. INTRODUCCIÓN**

La tasa de respiración es un excelente indicador de la actividad metabólica del tejido y por tanto, es muy útil la precisión del potencial de almacenamiento del producto. La fórmula general para la respiración es  $(CH_2O)_n + nO_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O + \text{energía}$ .

Según Neves Filho (1991), en el proceso de la respiración ocurre una pérdida de sustrato que en frutas y hortalizas cogidas, no son repuestos, dando inicio el proceso de deterioro del producto. La respiración que

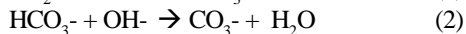
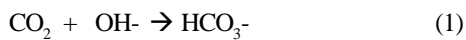
ocurre en presencia de oxígeno es un excelente indicador de la actividad metabólica del tejido, por tanto puede ser usada como guía de la vida útil del producto. La respiración es un proceso complejo, afectado por un gran número de factores. En el caso de frutos tropicales los factores ambientales son los más importantes, desde el punto de vista de su tecnología post-cosecha.

En la actualidad la existencia de estudios sobre equipos que determinen el calor de

respiración de frutas y hortalizas tropicales, en nuestra zona, es muy escasa existiendo solamente una adaptación de un respirómetro en el laboratorio de Fisiología Vegetal - UNAP (Rovalo y Rojas, 1993). La mayor parte de los métodos empleados para medir la intensidad de la respiración requieren determinaciones cuantitativas del CO<sub>2</sub> producido o del oxígeno consumido (Devlin, 1982).

Para las determinaciones cuantitativas de la tasa de respiración existen métodos de medida tipo sistema abierto y los métodos de medida tipo sistema cerrado. En los métodos de medida de tasas de respiración tipo sistema abierto, en los cuales el aire exento de CO<sub>2</sub> pasa a través de una cámara de respiración donde se encuentra el producto, la posibilidad de error aumenta.

Los métodos de medida de tasas de respiración tipo sistemas cerrados, en el cual el CO<sub>2</sub> producido es absorbido por una solución y el O<sub>2</sub> es circulado por todo el sistema, tienen la ventaja de dar la medida de O<sub>2</sub> consumido paralelo a la producción de CO<sub>2</sub>. Uno de los métodos de medida tipo sistema cerrado, es el método por titulación. Este método emplea la titulación de solución alcalina, donde el aire exento de CO<sub>2</sub> es circulado a través del desecador conteniendo el vegetal a ser estudiado a una determinada temperatura. Enseguida es burbujeado en una solución alcalina donde ocurre absorción de CO<sub>2</sub> presente, que es convertido a ión carbónico conforme las reacciones:



Un pH elevado de la solución alcalina garantiza que todo el CO<sub>2</sub> sea capturado conforme la reacción anterior, pues un alto pH indica alta concentración de iones OH<sup>-</sup> haciendo que la reacción se desplace hacia la derecha. En la reacción de CO<sub>2</sub> con la solución alcalina ocurre un decrecimiento del número equivalente de la solución, siendo esta variación igual al número de equivalente de CO<sub>2</sub> que

reaccionó. La igualdad permite cuantificar el CO<sub>2</sub> absorbido en un determinado periodo de tiempo.

La temperatura está íntimamente relacionada con la intensidad respiratoria después de la cosecha. La temperatura puede interferir directamente en la velocidad de reacción de los procesos metabólicos, en el tiempo de almacenamiento, causando disturbios fisiológicos (daños por el frío) en estos productos (Monteiro Sigríst, 1988). Cuanto más elevada sea la temperatura, más intensa es la respiración. Asimismo la crisis climática es muy acentuada y coincide con la maduración gustativa (Herrero y Guardia, 1992).

Como la respiración es una combinación de muchas reacciones químicas, se puede esperar una relación matemática existente entre la tasa de respiración del producto a dos diferentes temperaturas. Tal relación puede ser expresada de la siguiente forma:

$$\log K_1 = \log K_0 + a\Delta T \quad (3)$$

donde K<sub>1</sub> y K<sub>0</sub> son las intensidades respiratorias a las temperatura T<sub>1</sub> y T<sub>0</sub> respectivamente, "a" es una constante igual a 0.0376 y ΔT es la diferencia de temperatura (T<sub>1</sub> - T<sub>0</sub>). Si se expresa la relación entre las dos Intensidades Respiratorias a diferentes temperaturas, de forma que ΔT sea igual a 10, se obtiene:

$$\quad (4)$$

Al incrementar la temperatura en 10 °C, se incrementa la intensidad respiratoria en 2.38 veces. En general Q<sub>10</sub> (cociente de temperatura) varía entre 2 - 2.25 (Herrero y Guardia, 1992).

Con base, en la preocupación existente, el principal objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el calor de respiración de frutas utilizando un método de titulación. A través de su utilización y el mis-

mo conocimiento de parámetros de la materia prima a estudiar, existe la posibilidad de determinar su tiempo de almacenamiento y por consiguiente la conservación de las diversas frutas en estado natural.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materia prima

Para el desarrollo del presente estudio, se utilizó como materia prima manzanas (*Malus comunis*) de la variedad "delicious", procedente de los cultivos de la costa peruana, y adquiridos en las fruterías de la ciudad de Iquitos.

La manzana fue de coloración jaspeada rojiza con tonos amarillentos, de textura firme. Fue estudiada debido a que este fruto es uno de los más consumidos en la región amazónica peruana. Antes de la realización del estudio las manzanas procedentes de la costa peruana fueron almacenadas en conservadores a 5°C de temperatura. Otra de las razones por la que se tomó este fruto, fue que en estudios o investigaciones realizadas del calor de respiración, utilizan manzanas que a una temperatura de 20°C tiene valores entre 1209 - 2520 kcal/tn/ 24h (Neves Filho, 1983).

La temperatura interna de la cámara de respiración fue controlada por un termómetro de escala 0°C - 50°C, el cual fue instalado dentro de la cámara lo que permitió la lectura de las temperaturas por el visor de vidrio instalado en la puerta de la cámara. Su sensibilidad y precisión es menor que la del termómetro y más seguro en caso de algún daño causado por el corte de energía eléctrica.

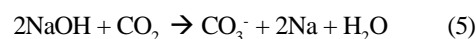
### 2.2 Reactivos

Para la determinación del calor de respiración se usaron los siguientes hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, cloruro de bario, carbonato de sodio, carbonato de calcio, biftalato de potasio, agua destilada y los

indicadores: fenolftaleína y anaranjado de metilo.

### 2.3 Método

El método usado para la determinación de calor de respiración en el presente trabajo, se basa en la capacidad de reacción de soluciones básicas (NaOH) con dióxido de carbono, haciendo la reacción de esta solución en forma de ión carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>). La reacción global es:



Para esto, el aire conteniendo CO<sub>2</sub> es burbujeadado en un recipiente conteniendo un volumen conocido de solución de hidróxido de sodio 1N. A través de titulaciones de esta solución con HCl 0.1N valorado, se puede saber el número equivalente de solución de hidróxido de sodio, usando como indicador la fenolftaleína (Kolthof *et al.*, 1969).

Una alícuota de solución alcalina colectada para la titulación con HCL valorado contiene iones carbónicos. Puesto que la reacción del CO<sub>2</sub> con NaOH es reversible, puede haber desprendimiento de gas que llevará a resultados irreales posteriores. Por ello, después de retirada una alícuota para la titulación, debe ser inmediatamente añadido el cloruro de bario, cuya función es la formación de carbonato de bario, que precipita evitando la salida del CO<sub>2</sub>:



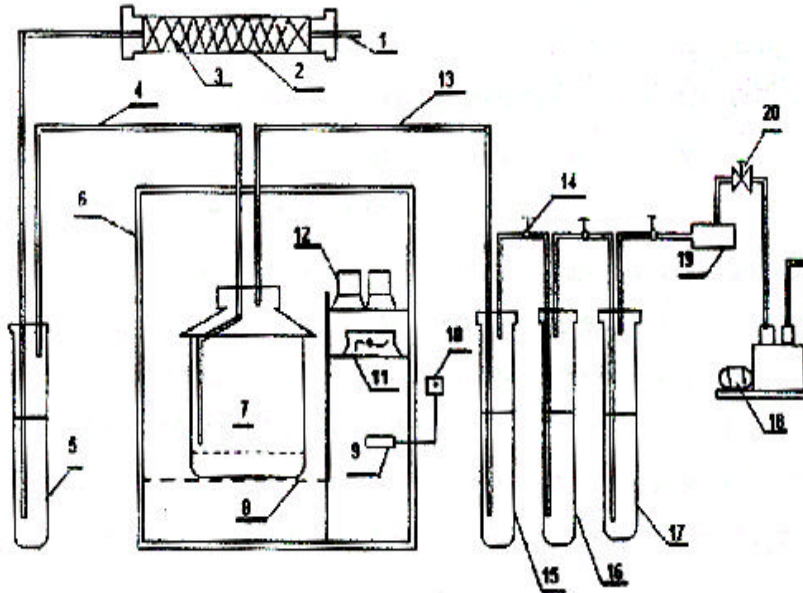
Es usado un exceso de sal para que la reacción (6) siga en el sentido de precipitar todo ión carbonatado (CO<sub>3</sub>) en forma de BaCO<sub>3</sub>. La adición de 15 mL de BaCl<sub>2</sub> en cada alícuota de 2 mL de NaOH garantiza este exceso.

### 2.4 Procedimiento experimental

Basado en Montes (1998), la Figura 1 diagrama la unidad experimental de la Figura 2, y

muestra el recorrido del aire por todo el sistema. La entrada de aire es por el filtro, para después entrar al primer tubo que contiene

solución alcalina, la cual va a absorber el CO<sub>2</sub> del aire y permitir de esta manera la entrada de aire exento de CO<sub>2</sub> al desecador.



**Figura 1:** Diagrama del equipo para la determinación del calor de respiración de frutas y hortalizas.

1. Entrada de aire 2. Tubo de vidrio 3. Lana de vidrio embebida con NaOH 4. Manguera para acceso de aire al desecador 5. Tubo de vidrio pirex, conteniendo NaOH 1N 6. Caja de madera con aislamiento de poli estireno expandido 7. Desecador, conteniendo el vegetal a ser estudiado. 8. Soporte de madera 9. Bulbo del termostato 10. Termostato 11. Micro ventilador 12. Lámparas para calentamiento 13. Manguera para acceso de aire que sale del desecador al tubo de vidrio 14. Placas de Hoffman para control de salida del aire. 15. Tubo de vidrio conteniendo solución deshumidificante de aire - HCL 16. Tubo de vidrio conteniendo solución NaOH 1N, para absorber CO<sub>2</sub> 18. Bomba de vacío para permitir que el aire circule por todo el sistema 19. Recipiente de seguridad para cuantificar la solución. 20. Válvula de control manual de flujo de aire.

El aire aspirado del desecador conteniendo CO<sub>2</sub> y alta humedad, que son productos de la respiración del vegetal, es burbujeado en serie en las siguientes soluciones:

a) Solución de ácido clorhídrico 1N, cuya función es retirar la humedad sin absorber el CO<sub>2</sub> presente, pues debido al medio ácido no dispone de hidróxido (-OH) para reaccionar con el CO<sub>2</sub>, el volumen a usar es 150 mL.

b) Solución de hidróxido de sodio 1N; cuya función es absorber todo el CO<sub>2</sub> pre-

sente en el aire, el volumen usado es 150 mL.

c) Solución de hidróxido de sodio 1N; utilizada con la finalidad de absorber, en caso haya residuos de CO<sub>2</sub> del aire, el volumen usado es de 150 mL.

Para retirar una alícuota de 2 mL de las soluciones que absorben el CO<sub>2</sub> del aire aspirado del desecador, y en los cuales el gas será cuantificado, se sigue el procedimiento:

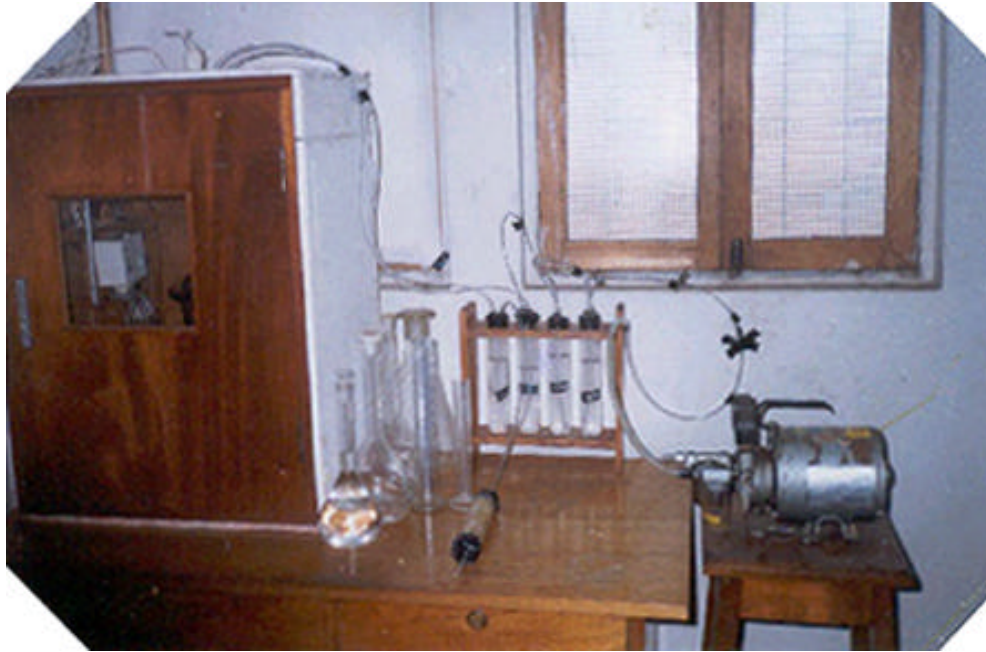
a) El cerrado de las válvulas (pinzas de Hoffman), que permiten la llegada y salida del aire en el tubo.

b) Se desconecta la bomba aspiradora interrumpiendo el flujo de aire.

c) Se retira con cuidado la cinta del cerrado entre la embocadura del tubo y el tapón, lo que permite la retirada del tapón que también debe ser realizada con cuidado para no quebrar los tubos.

d) Se colecta una alícuota con pipeta volumétrica de 2 mL

El procedimiento para retomar el funcionamiento debe realizarse obedeciendo el orden inverso de lo mencionado líneas arriba (a, b, c, y d ). La regulación del flujo de aire debe ser realizada como se indicó anteriormente.



**Figura 2:** Equipo para la determinación del calor de respiración de frutas y hortalizas (Montes, 1998)

Fue necesario determinar posibles fugas de aire en el equipo experimental, lo que permitió tener seguridad en la obtención de los datos, para la posterior determinación del calor de respiración del vegetal. Durante el funcionamiento del sistema, el  $\text{CO}_2$  liberado por la respiración del vegetal debe ser recuperado a través de la bomba de aspiración y conducido por tubos hasta una solución básica absorbente. Esta prueba consiste en simular una cantidad definida de  $\text{CO}_2$  interna en el desecador y verificar su recuperación a través de la diferencia de NE (número equivalente ) de la solución básica entre dos

titulaciones. Con esta finalidad, fue colocado dentro del desecador un vaso de precipitado conteniendo 0.4082g de  $\text{CaCO}_3$ , cerrando luego cuidadosamente el sistema en puntos posibles de fuga. Se detalla a continuación estos puntos posibles de fuga:

a) Las conexiones de los tubos con el tapón, hechas con silicona y cinta adhesiva.

b) La conexión entre la embocadura del desecador y los tubos, en el cual fue colocada la silicona.

c) En la tapa del desecador donde fue colocada vaselina.

Los ensayos, para la determinación del

calor de respiración fueron realizados en triplicado en un solo sistema, que estuvo funcionando a una temperatura promedio de 26.65 °C. Para el primer ensayo se colocaron 3 manzanas con un peso global de 274.5 g en el desecador, realizándose tres determinaciones del calor de respiración y el resultado final fue la media del mismo, la temperatura promedio durante el tiempo que estuvo funcionando para este ensayo fue de 26.55°C. Para el segundo ensayo se colocaron en el desecador 3 manzanas con un peso de 271g, efectuándose cuatro determinaciones del calor de respiración y el resultado también fue la media de los mismos, con una temperatura promedio de 26.68°C. Para el último ensayo se colocó dentro del desecador 3 manzanas con peso global de 260.5 g, realizando en este ensayo 5 determinaciones y el resultado final fue expresado por la media aritmética de las lecturas tomadas, y con un promedio de temperatura de 26.73°C.

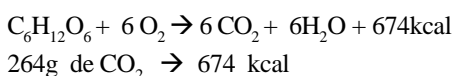
### 2.5 Metodología de cálculo del calor de respiración

Primero es preciso calcular la masa de CO<sub>2</sub> absorbida por la solución alcalina que se detalla en el ítem 3.1. El resultado obtenido

se divide por el tiempo y por la masa de la fruta presente en el desecador, obteniéndose la masa de CO<sub>2</sub> por hora de proceso y por kilogramo de fruta (mg/h.kg) :

$$\text{Producción de calor} = \text{mg CO}_2/\text{h.kg}; \text{ y}$$

Según Neves Filho (1983) el proceso de respiración es:



Esto es, por cada 264g de dióxido de carbono absorbido se produce 674 kcal. Detalles de los cálculos se observan en Montes (1998).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Determinación de fuga en la unidad experimental

La masa total de CO<sub>2</sub> absorbida es la suma de la masa calculada para cada uno de los tubos 3 y 4 de la Figura 1; por tanto, tal como se observa en la Tabla 1, la masa total de CO<sub>2</sub> es igual a 0.1632g.

**Tabla 1:** Determinación de fuga de aire dentro de la cámara de respiración

Colectores	NE inicial (x10 <sup>-3</sup> )	NE final (x10 <sup>-3</sup> )	ΔNE (x10 <sup>-3</sup> ) (g)	Masa de CO <sub>2</sub>
Tubo3	160.33	157.300	3.030	0.0667
Tubo4	204.40	200.015	4.385	0.0965
Total			0.1632	

Considerando que la cantidad de CaCO<sub>3</sub> colocada dentro del desecador fue de 0.408 g, el porcentaje de recuperación fue de:

$$\frac{\text{Masa recuperada}}{\text{Masa liberada}} \times 100 = \frac{(0.1632)(100)}{0.179} = 91.17 \%$$

El CO<sub>2</sub> que se espera recolectar, considerando que en el vaso se tiene 0.408g de CaCO<sub>3</sub>, es 100.09g, equivalente a 44g de CO<sub>2</sub>, luego por regla de tres se tiene que 0.408g de CaCO<sub>3</sub> equivale a 0.179g de CO<sub>2</sub> (Montes, 1998). Este resultado puede llevar a concluir que todo el CO<sub>2</sub> presente en el desecador será capturado por la solución básica, sin embargo la recuperación puede no haber sido total en esta prueba debido a:

a) La reacción del CaCO<sub>3</sub> con HCl no ha sido total. En este caso mínimas cantidades de CaCO<sub>3</sub> que no reaccionan llevan a variaciones sensibles en el resultado.

b) El tiempo de captura del CO<sub>2</sub> liberado no fue suficiente, asimismo una pequeña cantidad de CO<sub>2</sub> puede haber quedado retenido en el desecador o en el tubo flexible que da acceso a la solución absorbente.

Basado en los resultados de captura casi total de CO<sub>2</sub> en el equipo, éste puede ser considerado adecuado para operaciones que envuelven captura de CO<sub>2</sub> interno en el desecador por la solución básica, donde el acceso es realizado por tubos y conexiones; sin embargo se debe reconocer los puntos críticos de fuga y trabajar con mucho cuidado para que ello no ocurra.

### 3.2 Determinación del calor de respiración para la manzana

En cada caso el resultado expresado es la media de 3 controles de temperaturas tomadas al inicio, intermedio y final de las titulaciones entre las determinaciones.

Al igual que todas las reacciones químicas, las reacciones bioquímicas de la respiración son sensibles a los cambios de temperatura. Puesto que las reacciones de respiración están reguladas por enzimas, los límites de temperatura dentro de los cuales pueden tener lugar son muy estrechos. A temperaturas próximas a 0°C, la intensidad de la respiración va aumentando hasta que se alcanzan temperaturas destructoras de la actividad de las enzimas, esto se comprobó con el equipo a temperatura ambiente (27°C), el calor de respiración del vegetal estaba aumentando a medida que la temperatura ascendía, además que el fruto estaba entre la madurez y la senescencia. Asimismo hay que tener en cuenta el factor tiempo cuando se estudia el efecto de la temperatura sobre la respiración.

En general, cuanto más elevada es la temperatura, más corto es el período de tiempo

**Tabla 2:** Calor de respiración de 274.5g de manzanas a 26.55°C

Determinaciones	mgCO <sub>2</sub>	Horas	mgCO <sub>2</sub> /(h) (k)g	cal/(h)(k)g
A	265.43	30.20	32.02	81.74
B	217.25	18.22	43.44	110.90
C	292.05	23.05	46.16	117.85
Media				103.49

Se observa una media de 103.49 cal/h.kg que representa 2472 kcal/día.tn, dentro del rango de los 1209 a 2520 kcal/día.tn reportado por Neves Filho (1983) para las manzanas tipo precoz. La pérdida de peso del produc-

to durante el periodo en que estuvo siendo estudiado fue de 0.546%.

En la Tabla 3 se observa los resultados del segundo ensayo con 271g de manzanas a 26.68°C.



necesario para que la intensidad de la respiración se anule; por consiguiente menor tiempo de duración en almacenaje y conservación del vegetal.

Los resultados obtenidos en los tres ensayos se muestran en las Tablas 2, 3 y 4, correspondiente a los ensayos 1, 2 y 3, respectivamente.

**Tabla 3:** Calor de respiración de 271g de manzanas a 26.68°C

Determinaciones	mgCO <sub>2</sub>	Horas	mgCO <sub>2</sub> /(h) (kg)	cal/(h)(kg)
B	159.92	22.45	26.29	67.12
C	338.80	27.20	45.96	117.34
D	316.00	21.45	54.36	138.78
Media				107.75

Se observa una media de 107.75 cal/h.kg que representa 2586 kcal/día.tn, fuera del rango de los 1209 a 2520 kcal/día.tn reportado por Neves Filho (1983) para las manzanas tipo precoz, pero en un porcentaje sumamente pequeño. La pérdida de peso del producto durante el periodo en que estuvo siendo estudiado fue de 0.369%.

En este ensayo fueron observadas gotas de agua en la pared interna del desecador lo que revela alta humedad relativa interna.

En la Tabla 4 se observa los resultados del tercer ensayo con 260.5g de manzanas a 26.73°C.

**Tabla 4:** Calor de respiración de 260.5g de manzanas a 26.73°C

Determinaciones	mgCO <sub>2</sub>	Horas	mgCO <sub>2</sub> /(h)(kg)	cal/(h)(kg)
A	241.71	23.30	39.82	101.66
B	286.11	22.40	49.03	125.17
C	307.89	23.25	50.84	129.79
E	857.56	16.25	202.58	517.19
Media				118.87

Se observa una media de 118.87 cal/h.kg que representa 2853 kcal/día.tn, fuera del rango de los 1209 a 2520 kcal/día.tn reportado por Neves Filho (1983) para las manzanas tipo precoz. La pérdida de peso del producto durante el periodo en que estuvo siendo estudiado fue de 0.883%.

un 3% de pérdida de peso como consecuencia de la humedad relativa. Además se nota una coloración uniforme del fruto, indicando que no hay alteraciones significativas.

Nuevamente la alta humedad interna al desecador es responsable de la pérdida de peso del vegetal. Esta pérdida de peso por evaporación de agua, aunque es mayor que en el segundo ensayo, es pequeña, pues según Meléndez (1990) es aceptable hasta

Probablemente el incremento también esté presente el efecto de la acumulación de CO<sub>2</sub> interno en el desecador, lo que sugiere que después de tres o más determinaciones es necesario realizar una limpieza del sistema. Al comparar los resultados con los reportados por Neves Filho (1983), es razonable afirmar que los mismos son comparables entre sí.

#### 4. CONCLUSIONES

El aumento de la temperatura de almacenamiento provoca un aumento en la tasa de respiración de la manzana. Según la literatura, para cada aumento de 5°C entre 0°C y 5°C, ocasiona un crecimiento de aproximadamente 1.6 veces el valor del calor de respiración. Este crecimiento observado es consecuencia del aumento de la actividad metabólica de la fruta, llevando asimismo a un aumento de la velocidad de maduración, por consiguiente disminución en el periodo de almacenaje y comercialización del producto. Este factor es bien notado a través de un análisis de los datos colectados en la determinación del calor de respiración del primer ensayo, para la manzana a 26.55 °C. Se aprecia un incremento de los valores en consecuencia de la evolución del proceso de maduración por influencia de una alta temperatura.

La manzana fue mantenida en ambiente con alta humedad, lo que permitió que la textura se mantuviese firme y la disminución del peso por la pérdida de agua por el producto se mantuviese a niveles insignificantes. Las condiciones de estudio permitieron que el producto se mantuviese visualmente atractivo, con textura firme tanto interna como externamente. Por lo tanto un factor extremadamente importante es que la atmósfera que envuelve al producto, durante el almacenamiento, tenga una alta humedad relativa. En un sistema frigorífico donde se tiene aire circulando por el evaporador, ocurre una condensación y consecuentemente disminución de la humedad relativa de la atmósfera de almacenamiento.

Debido a la diferencia de humedad entre el aire y la superficie del vegetal ocurre transferencia del agua del segundo para el primero. La consecuencia es la pérdida de textura, peso y calidad visual del producto, factores que ocasionan su rechazo por el consumidor. Asimismo la reposición del agua condensada y la manutención de la atmósfera

con alta humedad relativa propician diferencias pequeñas de humedad entre el aire y la superficie del vegetal, lo que impide la transferencia de agua.

En las manzanas el calor de respiración corresponde del 34% de la carga térmica al ser retirada la temperatura de almacenamiento a 0°C. Asimismo el levantamiento de la carga térmica durante el almacenaje de la fruta a 0°C fue calculado usando el calor de respiración a temperatura de 5°C. El porcentaje del calor de respiración pasa a 45 % acarreado mayor inversión con equipamiento de mayor potencia, aumentando el consumo de energía y la operación del sistema frigorífico con capacidad ociosa.

No se observaron fugas de CO<sub>2</sub> liberado por el vegetal dentro del desecador. El mismo es totalmente absorbido por la solución alcalina. Suponiendo que ocurre el mismo porcentaje de captura de CO<sub>2</sub> liberado durante la determinación del calor de respiración de frutas, se puede acrecentar al valor final un porcentaje en torno al 9%, lo que permite un margen de seguridad en los cálculos de dimensionamiento de carga térmica durante el almacenaje de vegetales.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calzada Benza, J. Algunos frutales nativos de la selva amazónica de interés para la industria. IICA, Publicaciones Misceláneas, Lima (1985)
- Devlin R.M. Fisiología vegetal. 4ta. Edición, Ediciones Omega S.A., Barcelona (1982)
- Herrero A.; Guardia J. Conservación de frutos. Manual Técnico, Editorial Mundi – Prensa, Madrid (1992)
- Kolthoff I.M.; Sandell E.B.; Meehan E.V. Quantitative chemical analyses. Mac Millan Limited, London (1969)
- Meléndez F. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas. Editorial. Mundi – Prensa, Madrid (1990)
- Monteiro Sigríst J.M. et al. Tecnología de post-colheita de frutas tropicais.

- Instituto de Tecnología de Alimentos, Campinas, SP, Brasil (1988)
- Montes D.J.E. Determinación del calor de respiración de frutas por el método de titulación. Trabajo de Fin de Carrera, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, Perú (1998)
- Neves Filho L.C. Armazenamento de géneros e produtos alimentícios. Governo do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Indústria e Comercio, São Paulo, Brasil (1983)
- Neves Filho L.C. Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos. Ibf-Abrava – Sindratar, São Paulo, Brasil (1991)
- Rovalo M.M.; Rojas G. M. Fisiología vegetal experimental: Prácticas de laboratorio. Editorial Limusa S. A., México D.F. (1993)