“Implementación de un método para cuantificar la respiración de frutas”

Aldo Francisco Guillade Valle
Msc. Priscila Castillo
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
aldoguilladevalle@yahoo.com
pcastil@hotmail.com

Resumen

Las reacciones bioquímicas de frutos se mantienen aun después de ser cosechadas, reacciones tales como la respiración, conversión de almidones en azucares e incremento de producción y disminución de pigmentos y aromas, que conducen a procesos deseables e indeseables de la maduración, La respiración produce Dióxido de Carbono, agua y calor, partiendo del consumo de Oxígeno. Este trabajo tuvo como objetivo diseñar, construir un prototipo de respirómetro de circulación continua de aire y así mismo, verificar el método adecuado para confirmar la velocidad de respiración de frutos. Las pruebas experimentales se realizaron en frutos climatéricos y no climatéricos. El diseño propuesto fue un sistema continuo de circulación de aire, el cual alimento un envase que contenía almacenada la fruta en condiciones controladas. El aire de salida tuvo gases volátiles y Dióxido de Carbono producidos durante la respiración, el cual fue retenido en un recipiente con solución de Fosfato monosódico que por medio de una serie de reacciones ayudo a transformar el CO_2 gaseoso en ácido carbónico, ayudando con esto a su solubilización y posteriormente a una fijación continua, luego por medio de una titulación se determino la cantidad de Dióxido de Carbono presente en la muestra.

Palabras Claves: Dióxido de carbono, respirómetro, circulación, continua, aire, fosfato monosódico.

Abstract

The biochemical reactions of fruits are kept even after being harvested, such reactions as the breathing, conversion of starches in sweeten and increase of production and decrease of pigments and aromas, which they lead to desirable and undesirable processes of the ripeness, The breathing produces Carbon dioxide, water and heat, departing from the consumption of Oxygen. This work had as aim design, construct a prototype of respirómetro of constant traffic of air and likewise, to check the method adapted to confirm the speed of breathing fruit. The experimental tests were realized in climateric and not climateric fruits. The proposed design was a constant system of air traffic, which I feed a packing that was containing stored the fruit in controlled conditions. The air of exit had volatile gases and carbon dioxide produced during the breathing, which was retained in a container by solution of monosodium Phosphate that by means of a series of reactions I help to transform the gaseous CO_2 into carbonic acid, helping with this his solubilización and later to a constant fixation, then by means of a qualifications I determine the quantity of present Carbon dioxide in the sample.

Keywords: *Carbon dioxide, respirómetro, constant, traffic, air, monosodium phosphate.*

1.-Introducción

El presente estudio midió la velocidad de respiración del banano (Cavendish Valery) y mandarina (Clementinas clemenules) , por el método continuo de circulación de aire, sin renovación. A partir de la construcción de un prototipo de respriómetro que utilizó una solución de fosfato monosódico como solución fijadora de CO_2. El realizar investigaciones sobre la respiración de los frutos ecuatorianos no tradicionales aportará a evitar pérdidas económicas relacionadas con la conservación de los frutos a diferentes temperaturas. Actualmente existen instrumentos para determinar las cantidades de dióxido de carbono producido por frutas y hortalizas, pero estos son de un costo elevado, por lo tanto es necesario realizar investigaciones para encontrar nuevos métodos que ayuden a determinar la producción de CO_2, de manera confiable y económica. Estudios anteriores como los llevados a cabo por Warburg en el año de 1926, utilizaron un sistema cerrado, y posteriormente se llevaron a cabo estudios con respiróemtros de flujo continuo absorbiendo al dióxido de carbono con hidróxido de sodio, debido a su fuerte alcalinidad favoreciendo su solubilidad en este tipo de soluciones. Este método se conoce como alcalímetro y posteriormente se realiza una titulación para determinar la cantidad presente de dióxido de carbono en la alícuota. Lo que se toma en cuenta en este trabajo es reemplazar el hidróxido de sodio por una solución de fosfato monosódico que pueda absorber el dióxido de carbono generado por frutas y hortalizas, con un buen rendimiento. A partir de la experimentación con dos concentraciones 0.023 N y 0.043 N, considerando las distintas reacciones que se llevan a cabo para su absorción, la primera reacción se lleva a cabo con el hidróxido de sodio en la primera titulación para obtener fosfato disódico el cual reacciona con el dióxido de carbono para formar el carbonato ácido de sodio y regenerar a fosfato monosódico.

2.-Materiales y Métodos

El banano utilizado pertenece al orden Zingiberales, familia Musaceae y género Musa (Soto 1985). Las especies más destacadas son: la Musa Acuminata Colla que ha dado origen a las variedades comerciales, Musa balbisiana Colla y Musa acuminata diploide (Sierra, 1993). El producto vegetal (bananos) de la variedad Cavendish Valery, fue obtenido en el Mercado Municipal Caraguay de la ciudad de Guayaquil. Los bananos se seleccionaron en tamaño, forma y maduración aparente. La longitud de la curvatura exterior del banano medida desde el extremo distal hasta el extremo proximal, donde se considera que termina la pulpa fue de 23.3 +/- 1.13 cm. Los diámetros externos a 25.5 y 75% de la longitud de la curvatura fueron de 3.4 +/- 0.2 cm , 3.6 +/- 0.23 cm y 3.4 +/- 0.19 cm respectivamente. .La temperatura óptima es de (13 a 14)º C para el almacenamiento y transporte, y para la maduración es de (15 a 20) ºC, con una humedad relativa entre el 90% y 95%. En la figura 1 se pueden ver los diferentes estados de madurez del banano, cuando se realizaron los experimentos con banano verde el estado fue el número dos con el color verde claro, y las pruebas que se realizaron con banano maduro correspondieron al estado que se muestra con el número 5.

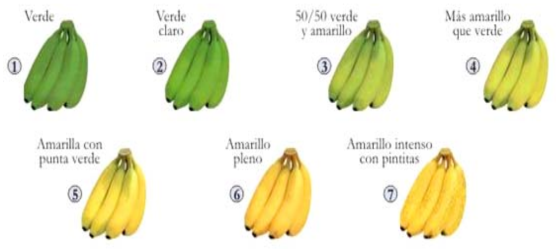

Figura 1.-Estados de madurez del banano

En lo que respecta a la mandarina su nombre científico es citrus reticulata y existen diversas variedades según la época del año, pero se utilizó las Clementinas (clemenules) las cuales son más tardías, de menor tamaño, mejor calidad gustativa y semilladas. El momento optimo de recolección es cuando se alcanza con un color (amarillo, anaranjado y/o rojo) cubre un 75% de la superficie de la fruta, y un cociente de sólidos solubles/acidez igual o mayor a 6.5. Cuyo tamaño correspondió al mediano con un diámetro de (60-70) mm y un peso de (100-160) gramos. La temperatura óptima para la maduración de la mandarina es de (5 a 8) º C y de (90 a 95)% de humedad relativa. Con una velocidad de producción de Etileno menor a 0.1 µl/kg·hr at 20°C. El estado de madurez de los experimentos fueron realizados con mandarina en el estado 1 (ver figura 2) con una cantidad menor a 9 ºBrix, de color verde en la cáscara con mezcla de amarillo, de sabor ácido, poca presencia de olor característico y de textura firme. Mientras que el otro grupo de experimentos se realizó con mandarina en el estado 2 (ver figura 2) con 9 o mayor a nueve ºBrix, con fuerte olor característico, de color naranja, de textura suave.

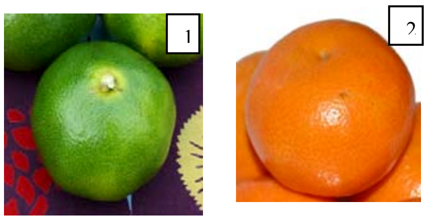

Figura 2.-Estados de madurez de la mandarina

El sistema diseñado (ver figura 3, cada una de las partes) opera enviando aire a presión de 1 Atm, por un compresor (4) por la manguera de vinil hasta el filtro de silicagel (6) para remover el exceso de humedad del aire. Luego, ingresa al respirómetro (11 y 12) por su parte inferior con el fin de tener suficiente empuje para arrastrar el dióxido de carbono producido por las frutas y conducirlo hasta los reactorers (13 y 14) que

consiste en una fiola con solución de fosfato monosódico la cual por su alcalinidad fijará al dióxido de carbono en la solución en su forma carbónica produciéndose carbonato de sodio. Luego por medio de una doble
titulación con hidróxido de sodio 0.1 N se determinará la cantidad presente de dióxido de carbono, en la primera titulación el fosfato monosódico es transformado en fosfato disódico, luego en la segunda titulación la solución es saturada con dióxido de carbono para formar el carbonato ácido de sodio y el fosfato de sodio.

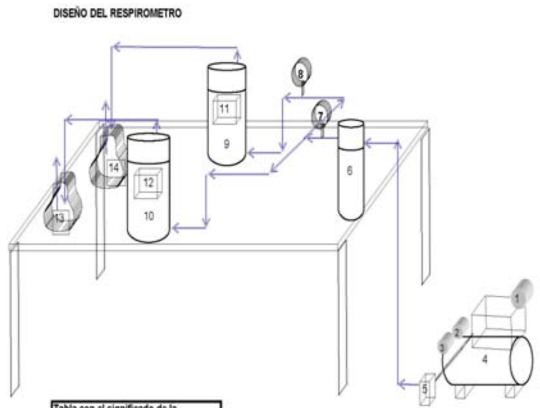

Tabla con el significado de la Numeración	
1	Entrada de aire
2	Manómetro 1
3	Manómetro 2
4	Tanque de Compresión
5	Filtro de Aceite
6	Filtro de Silicagel
7	Manómetro 3
8	Manómetro 4
9	Respirómetro
10	Respirómetro
11	Predictor del Clima
12	Predictor del Clima
13	Reactor
14	Reactor

Figura 3.-Diseño del respirómetro.

2.1.-Procedimiento de Operación del Sistema.

Antes de empezar el experimento es necesario realizar lo siguiente:
a.-Preparación del sistema de compresión.
Cambio de aceite.Purga del tanque de compresión (ver figura 3 el número 4). Verificación de la presión de trabajo (90-120) Psig (ver figura 3 el número 2 y 3). Limpieza del filtro de aceite (ver figura 3 el número 5).

b.- Preparación de la solución.
El **pesado** de los gramos de fosfato monosódico en 1.25 Lt, en la balanza digital, cuando se realicen las pruebas con 0.023 N se pesan 3.5 gramos y para las pruebas con 0.046 N se pesan 6.5 gramos. Por que 250 ml, se utilizarán para un blanco. La **limpieza** de las fiolas con agua destilada. La **medición** de los 1.25 Lt.
La **disolución** del fosfato monosódico en agua destilada. El **pesado de la materia prima** a utilizar (mandarina o banano), aproximadamente 1 Kg por cada respirómetro. El uso de la balanza digital de capacidad 10 Kg. La **colocación** de la materia prima en los respirómetros. **La conexión** de las mangueras y sellado de los respirómetros con cinta aislante.
El **cerrado de las válvulas de paso**, antes de los respirómetros. La **colocación del silicagel** (ver figura 3 el número 6), en el interior del filtro y cerrado del mismo.

c.- Encendido del compresor y apertura de la válvula de paso del aire. La **apertura de las válvulas de paso** del aire hasta llegar a las fiolas con la solución de fosfato monosódico y verificar la presencia de burbujeo. El **comprobar la ausencia de fugas** en el respirómetro y corregir con cinta aislante y silicón.

2.2.-Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos escogido tuvo como objetivo obtener la mayor cantidad de información posible, tomando en consideración distintas variables de la investigación. Las variables escogidas fueron:

Temperatura

Temperatura de refrigeración (5-15) ºC
Temperatura ambiente (>25ºC)

Tipo de Fruto

Fruto Climatérico (Banano, Zingiberales, familia Musaceae y género Musa (Soto 1985))
Fruto No Climatérico (Mandarina, Citrus Reticulata Clementinas ,Clemenules)

Madurez de los frutos

Fruto Climatérico Maduro (Banano con sólidos solubles mayor a 22ºBrix).
Fruto Climatérico Inmaduro (Banano con sólidos solubles menor a 22ºBrix).
Fruto no climatérico Maduro (Mandarina con sólidos solubles mayor a 9 ºBrix).
Fruto no climatérico Inmaduro (Mandarina con sólidos solubles menor a 9 ºBrix).

Concentración de la solución

Mayor concentración de la solución de fosfato monobásico de sodio es decir 0.043N.
Menor concentración de la solución de fosfato monobásico de sodio con 0.023 N. Con estas cuatro variables se escogió el diseño de experimentos 2^k, lo que indica que se realizarían 16 experimentos, los cuales se detallan en la tabla 2.

Tabla 2.-Corridas experimentales del diseño 2^4.

Tipo de fruto	Madurez (º brix)	Conc. Solucion	Temperatura
Mandarina	< 9	0.023 N	(5-15)º C
Banano	≥22	0.023 N	(>20 º C)
Banano	≥22	0.023 N	(5-15)º C
Mandarina	≥9	0.023 N	(>20 º C)
Mandarina	≥9	0.043 N	(>20 º C)
Mandarina	< 9	0.043 N	(5-15)º C
Banano	≥22	0.043 N	(5-15)º C
Banano	<22	0.043 N	(5-15)º C
Mandarina	≥9	0.023 N	(5-15)º C
Banano	<22	0.023 N	(5-15)º C
Banano	<22	0.043 N	(>20 º C)
Mandarina	< 9	0.023 N	(>20) º C
Mandarina	≥9	0.043 N	(5-15)º C
Mandarina	< 9	0.043 N	(>20) º C)
Banano	≥22	0.043 N	(>20) º C)
Banano	<22	0.023 N	(>20) º C)

.

Fuente: Aldo Guillade

3.-Resultados

La solución de fosfato monosódico tanto al 0.023 N como 0.043 N, dieron rendimientos de absorción, que se pueden apreciar en las tablas 3 y 4. En la tabla 3 correspondiente a banano, a 13 º C la producción de CO_2 según **[B 16]** fue de 38 mg/kg h, y la producción en la práctica fue de 42 mg/kg h, esto fue por que el banano que se escogió se encontraba en el estado de maduración número 4 según la figura 1, por lo tanto muy cercana al estado de maduración comercial número 6, el rendimiento de absorción fue del 100%. A una temperatura de 20 º C con un estado de maduración de 6 según la figura 1, la producción de CO_2 (mg/kg h) fue de 57.5 y la reportada según [16], es de 57 mg/ kg h, el rendimiento de absorción fue del 100%. A una temperatura de 20 ºC con un estado de maduración avanzado la producción de CO_2 es de 85.5 mg/kg h, mientras que en los experimentos fue de 66 mg/kg h, el rendimiento de absorción fue de 77%, y a 20 ºC con un estado de maduración avanzado la producción de CO_2 es de 133 mg/kg h según [B16], en el experimento la producción de CO_2 fue de 79.5 mg/kg h y el rendimiento de absorción de 59.7%. El rendimiento de absorción de la solución de fosfato monosódico tomando en consideración todos los valores de la tabla 3 fueron altos a temperaturas de refrigeración, mientras que a una temperatura de 20º C disminuye un poco por que el poder de captación del CO_2 con las soluciones de fosfato monosódico 0.023 N y 0.043 N, según los datos no es tan

Tabla 3.-Rendimiento de absorción para banano en estado de maduración 3 y 5 . [B 17]

Fruto Banano	Producción de dióxido de carbono en mg/kg*h.	Producción experimental de dióxido de carbono mg /kg*h	Rendimiento de absorci-ón
Verde a 13 º C	38	42	100
Maduro a 13º C	57	57.5	100
Verde a 20 º C	85.5	66	77
Maduro a 20 º C	133	79.5	59.7

Fuente: [B,16]

alto, bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el experimento.

Tabla 4.-Rendimiento de absorción de la mandarina en estado de maduración 1 y 2 , a 14ºC y 20 º C.

Fruto Mandarina	Producción de dióxido de carbono en mg/kg*h.	Producci-ón experimental de dióxido de carbono mg /kg*h	Rendimie-nto de absorción
Verde a 14 º C	15.2	17.6	100
Madura a 14 º C	30.324	26.4	87
Verde a 20 º C	23.75	17.6	74.1
Madura a 20 º C	43.32	39.6	91.4

Fuente: [B,17], [B, 20], Aldo Guillade Valle

En la tabla 4 se puede apreciar la producción de CO_2 a temperatura de refrigeración por parte de la mandarina en estado de maduración 1 ver figura 2 y según [B17] la producción de CO_2 (mg/kg h) es de 15.2 mientras que la experimental fue de 17.6 mg/kg h, con un rendimiento de absorción del 100%. Con mandarina en

estado de maduración 2 según la figura 2, la producción según [B 17], es de 30.324 mg/kg h esto resulto de una aproximación con una relación lineal , y la experimental fue de 26.4 mg/kg h, el rendimiento de absorción fue del 87%. A una temperatura de 20º C según [B ,17] la producción de CO_2 (mg/kg h) es de 23.75 y la experimental de 17.6 mg/kg h con lo cual el rendimiento de absorción fue del 74.1%, en tanto que con mandarina en el estado 2 de madurez según la grafica 20, a 20 º C según [B, 18] la producción teórica de CO_2 (mg/kg h) es de 43.32, y al experimental de 39.6 mg/kg h, y el rendimiento de absorción de 91.4. Revisando los rendimientos de absorción obtenidos en las soluciones 0.023 N y 0.043 N para la mandarina se puede indicar que su promedio fue del 88.125%, y fue alto en todas las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento.
Luego de haber realizado el análisis de regresión con los resultados de los experimentos, y notar la influencia de la temperatura en la producción de CO_2, con el análisis de varianza se realizó el estudio de cada una de las variables del experimento las cuales se muestran en la tabla 5, junto con su respectiva asignación de letra para mayor comprensión de la tabla ANOVA que se muestra en la tabla 6.

Tabla 5.-Descripción de los términos usados en el análisis de varianza.

	SIGNIFICADO
A	CONCENTRACION DE LA SOLUCION DE MONOFOSFATO DISÓDICO (0,023 O 0,04)
B	TIPO DE FRUTO (BANANO O MANDARINA)
C	MADUREZ (MADURO O INMADURO)
D	TEMPERATURA (AMBIENTE O REFRIGERACIÓN)

Fuente: Aldo Guillade Valle

En la tabla 6, se puede ver el valor F para el tipo de fruto, el cual correspondió a 21.53, lo que quiere decir que el hacer el experimento con un fruto climatérico (banano) y no climatérico (mandarina), ejerce una diferencia significativa sobre el experimento. La concentración de la solución también ejerce una influencia pero no tan significativa sobre los resultados de los experimentos, trabajar a una concentración de 0.023 N y 0.043 N, ejerce una cierta influencia sobre la producción de CO_2, mientras que trabajar con un fruto maduro o inmaduro no ejerció una diferencia significativa al igual que trabajar en temperatura de refrigeración o temperatura ambiente. Esto se debe a que la capacidad de absorción del respirómetro disminuye con la temperatura y en especial con una gran producción de CO_2.

Tabla 6. Análisis de Varianza del diseño experimental, usando la tabla Anova, para los 4 factores y 2 niveles, en 16 experimentos.

	DF	SS	MS	F	P
C. Monofosfato disódico	1	392	392	2.58	0.169
Tipo de Fruto	1	3271	3271	21.53	0.006
Madurez	1	4.8	4.8	0.03	0.865
Temperatura	1	121	121	0.8	0.413
A*B	1	0	0	0	1
A*C	1	43.6	43.6	0.29	0.615
A*D	1	43.6	43.6	0.29	0.615
B*C	1	19.4	19.4	0.13	0.736
B*D	1	174.2	174.2	1.15	0.333
C*D	1	43.6	43.6	0.29	0.615
Error	5	759.9	152		
Total	15	4873.9			

Fuente: Programa Minitab versión 13.2

La frecuencia de los residuales, se muestra en la gráfica 4, y con un 25% de probabilidad no existe variación de la producción de CO_2 del modelo y de la misma manera con una probabilidad de 25% los resultados tienen una variabilidad de -5 mg/ kg h, con probabilidad de 18.75% valores de 5 mg/kg h mayores y con una probabilidad de 18.75% una variabilidad de 10 mg/kg h.

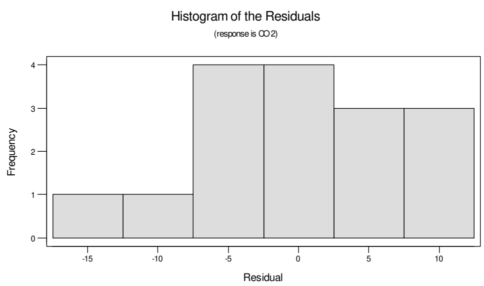

Figura 4.-Grafico de la frecuencia de los residuales de los experimentos.

Fuente: Programa Minitab 13.2

La figura 5 muestra la tendencia de los residuales con respecto a su probabilidad normal, que en este caso es cercana a una línea recta, cabe indicar que es una distribución acumulativa.

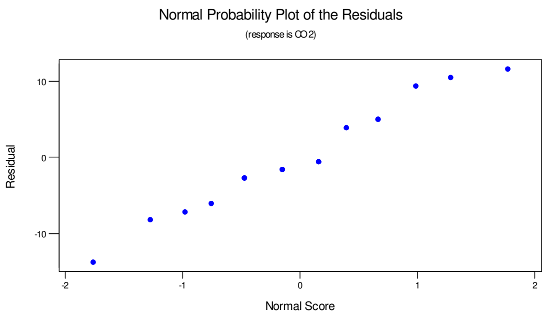

Figura 5.-Grafico de la probabilidad normal de los residuales de los experimentos

Fuente: Programa Minitab 13.2.

La figura 6 muestra, como varían los residuales con respecto a los valores ajustados, hay una concentración de puntos entre 30 y 70, lo que representa que la producción de dióxido de carbono se concentró entre estos valores.

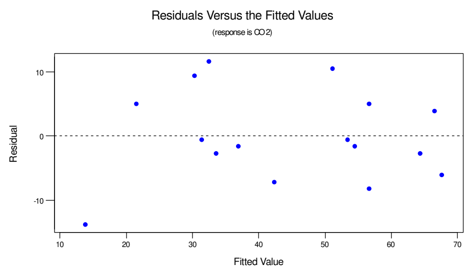

Figura 6.-Grafico de la variabilidad de los residuales.

Fuente: Programa Minitab 13.2

Según el orden de los resultados existe cierta variabilidad alrededor de la línea central, lo que esta deacuerdo a lo esperado, que los valores no dependan de la secuencia de los experimentos, sino que los resultados dependan del azar, esto se puede observar en la figura 7.

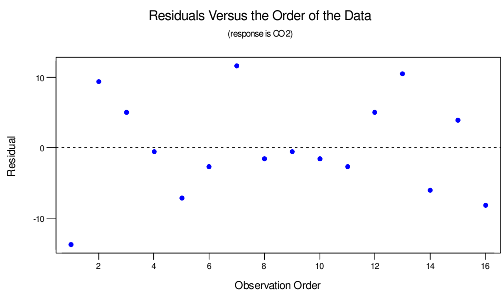

Figura 7.-Grafico de los residuales de los experimentos versus el orden de los datos

Fuente: Programa Minitab 13.2

3.1.-Resultados de los fenómenos de Transferencia de Calor y Masa.

Los valores obtenidos se pueden apreciar en la tabla 7, la cual adjunto.

Tabla 7.-Resumen de datos obtenidos para el cálculo de los coeficientes de transferencia de masa

	Temperatura Ambiente	Temperatura refrigeración
Diámetro de partícula (m)	0,005647	0,003975
Densidad del gas (Kg/m^3)	1190.78	1244.98
Velocidad (m/s) V_g	0,005178	0,005158
V_g/V_s	0.15	0.15
V_s (m/s)	0,034386	0,034386
d_p (m)	0.0049	0.00483
φ_g	0,150555	0,150003
A m^2/m^3	158,8643	224,7968
ºC	25.4	12.43
D_L (m^2/s) *10^{-9}	1.859	1.244
μ Kg/m*s	0.000913	0.001305
Sc	589.388	842.282
Re	2217.22	1621.81
Sh_L	112.62	110.040
F kmol/m^2*s	0.00288	0.001329

Fuente: Aldo Guillade Valle

Coeficientes de Transferencia de masa local y global.

Una vez encontrados los coeficientes de transferencia de masa global 0,00288 kmol/m^2*s a temperatura ambiente y 0,001329 kmol/m^2*s y a temperatura de refrigeración, los cuales fueron calculados en base a los promedios de las temperaturas obtenidas tanto para las pruebas con banano y mandarina, para encontrar una relación con la temperatura. El valor del coeficiente de transferencia de masa global a temperatura ambiental es superior al obtenido a temperatura de refrigeración, por una razón fundamental debido a que las moléculas de los gases están bastante separadas entre sí y las fuerzas intermoléculares se consideran insignificantes, la resistencia al movimiento relativo surge debido al intercambio de cantidad de movimiento de las moléculas del gas entre capas adecentes. A medida que las moléculas son transportadas por el movimiento aleatorio desde una región de baja velocidad volumétrica hasta mezclarse con moléculas de una región de velocidad volumétrica más alta (y viceversa), existe un intercambio efectivo de cantidad de movimiento que resiste al movimiento relativo entre las capas. A medida que aumenta la temperatura del gas la actividad molecular aleatoria crece con un incremento correspondiente de la viscosidad. Lo cual influye en el calculo del número de Reynolds, el que indica en que estado se encuentra el fluido con respecto al movimiento cinético de sus moléculas, en el caso de refrigeración su valor fue de 1621.81 un valor inferior al encontrado a temperatura ambiental el cual correspondió a 2217.22.

4.-Conclusiones

El rendimiento de absorción alcanzado durante los experimentos con banano está alrededor del 84.17%, tanto en las experiencias en temperaturas de refrigeración y ambiente. Los valores más altos de absorción se obtuvieron cuando las experiencias se realizaron a temperatura de refrigeración sin importar la concentración de sólidos solubles. En cambio en las experiencias con mandarina tanto a temperatura de refrigeración como temperatura ambiente el rendimiento de absorción fue de 88.12%. En las dos frutas disminuye el rendimiento de absorción cuando se incrementa la temperatura, debido a que producen mayor cantidad de CO_2 pero el respirómetro no puede absorber cantidades mayores 79.5 mg/kg h de CO_2, en las condiciones en las cuales se llevaron a cabo los experimentos.

El análisis de varianza muestra una influencia entre el tipo de fruto con que se experimento. Hay diferencia significativa cuando se trabaja con banano y mandarina. Hay cierta variabilidad cuando se trabajó con las soluciones 0.023 N y 0.043 N, es decir aumenta la capacidad de absorción cuando se trabaja con mayor concentración de fosfato monosódico. . La temperatura no tuvo una influencia en los resultados, al igual que el grado de madurez para los experimentos realizados con las especies que se trabajaron tanto de banano (Zingiberales, família Musaceae, género Musa Acuminata Colla) como de mandarina(Citrus Reticulata Clementinas Clemenules). Debido a que cuando se encuentran los frutos a mayor concentración de sólidos solubles su producción de CO_2 es mayor y la capacidad de absorción del respirómetro tiene un límite de 79.5 mg/kg h.

Con respecto a los coeficientes de transferencia de masa el de temperatura ambiental (25.4ºC) fue superior con un factor de 2.16 al de temperatura refrigeración (12.43ºC). Debido a que el número de Reynolds a temperatura ambiente es mayor que el obtenido en refrigeración 2217 y 1621, respectivamente.

En especial la difusividad del CO_2 en el líquido es superior a temperatura ambiente a la de refrigeración con un factor de 1.5.

5.-Recomendaciones

Durante las experiencias que se realizaron en el laboratorio encontré que una mayor cantidad de solución captadora de CO_2, daba un mayor resultado que una pequeña cantidad debido a que el gas necesita ser retenido el mayor tiempo posible para un mayor efecto de absorción, la inclusión de una fiola de 1 litro de capacidad aumentaría los resultados, adicionalmente se puede adaptar un agitador mecánico para que ayude a la dispersión del gas, lo que lo haría muy parecido a un tanque reactor.
El prototipo puede mejorar con la adición de Hidróxido de potasio como un paso antes de ingresar al filtro de silicagel con la finalidad de captar el Dióxido de Carbono presente en el aire, posteriormente el filtro de silicagel compensará con la absorción de humedad.

Además el ingreso del aire por el filtro de silicagel puede cambiarse a la parte inferior para que pase por el silicagel con mayor contacto, de esta manera disminuirá el contenido de humedad del aire, hasta valores más aceptables, aunque incremente un poco más la presión de trabajo del compresor, se puede considerar que estará dentro de lo que se requeriría, ya que la mayor presión se ejerce en el reactor, debido a la presión de la columna de agua.

6.-Bibliografía

1.-Fisiologia y manipulacion de frutas y hortalizas post recoleccion. R.h.h. Wills , T.H. Lee, W.B. Mc Glacson .Editorial Acribia.. Zaragoza. España. 1977**.**

2.-Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. J.b.s Braverman. Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V. México d.f.1980. Segunda edición.
Pag:292-316.

3.- http://es.wikipedia.org/wiki/gluc%c3%b3lisis
Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. Todo el texto de Wikipedia está disponible para ser reutilizado bajo los términos de la licencia creative commons-atribución-compartir igual 3.0 (cc-by-sa). La mayoría del contenido también está disponible bajo la licencia de documentación libre de gnu (gfdl). Los derechos de autor sobre las contribuciones permanecen como propiedad de sus creadores y editores.

4.- http://es.wikipedia.org/wiki/ciclo_de_krebs
Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. Todo el texto de Wikipedia está disponible para ser reutilizado bajo los términos de la licencia creative commons-atribución-compartir igual 3.0 (cc-by-sa). La mayoría

del contenido también está disponible bajo la licencia de documentación libre de gnu (gfdl). Los derechos de autor sobre las contribuciones permanecen como propiedad de sus creadores y editores.

5.-Microbiología de los Alimentos. W.c. Frazier. Segunda edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.1993.

6.-Microbiología moderna de los alimentos. Jay james. Segunda Edicion. Editorial Acribia.1978.

7.-Quimica. Michell J. Sienko, Roberty a. Plane. Septima Edicion. Editorial Coleccion Ciencia y Tecnica – Aguilar.Madrid, España. Paginas: 487-490, 358-363, 523-529

8.-Principios de Analisis Instrumental. Quinta edicion. Douglas a. Skoog, f. James Holler, Timothy a. Nieman. Editorial Mcgraw-hill/ interamericana de España, S.A. U. Madrid, España. 2001.
Paginas:416-434

9.http://www.drcalderonlabs.com/metodos/analisis_de_aguas/determinacion_dbo5_metodo_respirometrico.htm
Fuente: Dterminacion de la demanda bioquimica de oxigeno dbo5 metodo respirometrico por: Flipe Clderón Senz y Margarita Pavlova, Bogotá, enero 15 de 2001; rev. Enero31/2001; rev. Septiembre 22 de 2004; oct 21 De 2005; mayo 9 de 2007.dr. Calderón laboratorios.www.drcalderonlabs.com

10.-Operaciones de Transferencia de Masa. Robert E. Treybal. Segunda Edición. Editorial Mc Graw Hill. Traducido en Mexico. Pagina 158-165.

11.-http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442003001000008&script=sci_arttext

Fuente: Interciencia ISSN 0378-1844 versión impresa. Inci v.28 n.10 caracas oct. 2003. tasas de respiración en cuatro híbridos de pimentón (Capsicum Annum l.)Mercedes Angueira, Aleida j. Sandoval y José a. Barreiro

12.http://interletras.com/manualcci/frutas/platano/calidad01.htm#top
Fuente: Manual del Exportador de Frutas, Hortalizas y Tubérculos en Colombia. 2000, realizado por el ministerio de agricultura y desarrollo rural – Madr.

13.-http://www.plataneros.net/documents Nmx_029_scfi-2010.pdf
Fuente: Norma Mexicana NMX-ff-029-scfi-2010 productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca – plátano o banano (*musa* aaa, subgrupo cavendish) - Especificaciones y Métodos de ensayo (cancela a la nmx-ff-029-scfi-1995)
Pag: 14

14.http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4252/1/6772.pdf
Fuente: Tesis de grado prévio a la obtención del título de: ingeniero de alimentos presentada por: Arturo Gabriel Ordoñez. 2005.
Pag: 15 y 16.

15.http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/page/covecainicio/imagenes/archivospdf/archivosdifusion/tab4003236/monograf%cda%20de%20mandarina.pdf
Pag: 5

16.**http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Banano.shtml**
Fuente: Postharvest Technology. U.C. Davis. Adel a. Kader. Department of pomology, university of california, davis, ca 95616.traducido por clara pelayo. Depto. Biotecnología. Cbs. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Consejo nacional de ciencia y tecnología. México, D.F.

17.**http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/espanol/mandarina.shtml**
Fuente: Postharvest technology. U.C. Davis. Adel a. Kader. Department of Pomology, University of California, Davis, ca 95616Traducido por clara pelayo. Depto. Biotecnología. Cbs. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.

18.http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20limon.pdf
Fuente: Manejo postcosecha y evaluacion de la calidad para la naranja (citrus sinences), Limón (citrus aurantifolia) y mandarina (citrus reticulata) que se comercializa en la ciudad de Neiva.
Investigador Principal: Ing. Carlos Emilio Reina G.

19.-Probabilidad y Estadistica para Ingenieros de Miller y Freund. Richard a. Johnson. Quinta Edicion. Prentice –Hall Hispanoamericana, S.A. Mexico. 1997
Pag: 465-474.

20.-http://www.iesnicolascopernico.org/fq/3eso/apmezsp.pdf
Fuente: I.E.S. Nicolas Copérnico, Física y Química, Departamento de Física y Química. Profesor: Rafaél González Farfán. Pag: 15

21.-Ingenieria de la Cinetica Quimica. J.m. Smith. Sexta Reimpresion. Compañía Editorial continental, S.A. De C.V. Mexico d.f. 1991. Paginas:69-77