

# CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE CAMOTE ANARANJADO (*Ipomea batata*) VARIEDAD JONHATAN ALMACENADO A REFRIGERACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Mg. Danton Miranda Cabrera

## Resumen

*Los Camotes amarillos de la variedad comercial "Jonhatan" se almacenaron en dos condiciones: a medio ambiente ( $T = 18.16^{\circ}\text{C}$ ,  $H.R. = 79.33\%$ ) y en refrigeración ( $T = 13.5^{\circ}\text{C}$ ,  $H.R. = 87.5\%$ ) durante 4 semanas. Se observó que los camotes disminuyeron en peso, volumen y humedad para ambas condiciones de almacenamiento; alcanzando una mayor velocidad de disminución los camotes almacenados al medio ambiente. Los camotes aumentaron en grosor de la piel y penetración sucediendo este incremento con mayor intensidad en los camotes a medio ambiente; sin embargo el aumento de pH es igual en ambas condiciones de almacenamiento.*

*Los camotes tuvieron pérdidas de sólidos insolubles en alcohol, almidón y ácido ascórbico, obteniéndose mayores pérdidas en los camotes almacenados a medio ambiente. Se observó que hubo un aumento en azúcares totales y b - caroteno, siendo este más pronunciado en los camotes a medio ambiente.*

**Palabras clave:** Suberización, transpiración, respiración, sólidos solubles en alcohol, índice de determinación.

## Abstract

*The yellow Yams of the commercial variety "Jonhatan" was stored under two conditions: to environment ( $T = 18.16^{\circ}\text{C}$ ,  $H.R. = 79.33\%$ ) and in refrigeration ( $T = 13.5^{\circ}\text{C}$ ,  $H.R. = 87.5\%$ ) during 4 weeks.*

*It was observed that the yams diminished in weight, volume and humidity for you loved storage conditions; reaching to bigger decrease speed the yams stored to the environment. The yams increased in grosor of the skin and penetration happening this increment to intensity lives in the yams to half ambient; however the pH increase is same under both storage conditions.*

*The yams had losses of insoluble solids in alcohol, starch and ascorbic acid, being obtained bigger losses in the yams stored to environment. one observes that there was an increase in you sugar total and (- carotene, being this lives marked one in the yams to environment.*

## I. INTRODUCCIÓN

Woolfe (1992), con respeto al almacenamiento considera que las condiciones de almacenamiento debe mantener a los tubérculos en su estado más comestible y comercializable previniendo grandes pérdidas de humedad, putrefacción por patógenos, ataque por insectos animales y crecimiento de brotes; También debería aspirar a prolongar el período de letargo de las raíces de la cosecha y retraso del brote

Durante la suberización de superficies heridas, las células y espacios intercelulares justo al fondo

de la herida, llegan a ser cubiertas con savia y hay formación de ácidos grasos insaturados, la cual combinada con el oxígeno del aire forman la suberina, un compuesto protector contra la pérdida de agua y ataque microbiano.

La función protectora de la capa suberizada es solamente efectiva por costo tiempo, por lo que una capa epidérmica más permanente se desarrolla pronto cuando ciertas células justo a la espalda de la capa suberizada pierden sus grandes vacuolas y asumen la función de células meristemáticas, las cuales son llamadas heridas de cambium o heridas

de felógeno. Estas células se dividen tangencialmente y las paredes de las células hijas finalmente llegan a ser impregnados con suberina, tiamina y otros materiales resistentes al agua y hongos llamados tapón de herida Edmond y Ammerman (1971).

Chien et al. (1988) refiere que la temperatura de almacenamiento está entre 13 y 16 °C y la H.R. entre 80 a 90% mientras que Montaldo (1991), recomienda entre 13 a 15 °C y una HR. de 85 a 90% para un buen almacenamiento de la raíz.

Las condiciones en que se realiza la cosecha es muy importante, pues se debe evitar golpes y heridas en el camote. Estos, cuando son cosechados, son muy susceptibles a las magulladuras arañazos que alteran su presentación comercial y lo predisponen a mayores ataques de hongos y pudriciones durante el almacenamiento.

La transpiración es la pérdida de humedad de la superficie del producto sin empacar por la evaporación del agua. Es decir, la raíz pierde peso, se deseca trayendo consigo el marchitamiento y arrugamiento pierden peso y vitaminas. La desecación ocurre siempre y cuando la presión de vapor del producto sea mayor que la presión de vapor del aire de los alrededores; la rapidez de la pérdida de humedad del producto es proporcional a la diferencia entre las presiones de vapor y el área de superficie expuesta del producto; esta diferencia de presiones está en la función de la humedad relativa y de la velocidad del aire en el espacio de almacenamiento. Para una pérdida mínima se recomienda una alta humedad, baja velocidad del aire y una buena circulación de aire para evitar el crecimiento de microorganismos en la superficie; eso es lo que se pretende hacer en la refrigeración. Dossat (1980). Al respecto, Caldiz (1986), indica que los aumentos en temperatura producen una mayor evaporación, pues incrementan la energía de las moléculas y el escape hacia el aire es muy rápido, hasta alcanzar un equilibrio con el medio que lo rodea mientras que Chien, et al. (1988), menciona que la transpiración prolongada varía la textura, causa pérdidas de peso y vitamina C.

Por otro lado, Caldiz (1986), refiere que la respiración es un proceso en el cual se consume oxígeno del medio y se genera agua, CO<sub>2</sub> y energía

en forma de calor. Esta agua deberá ser removida para evitar crecimiento de microorganismos en la superficie al condensarse, un aumento desmedido de CO<sub>2</sub> podría provocar la fermentación del camote, por ello, exige su circulación, así también debe ser removido el calor del medio circundante porque podría inducir al brotamiento. La respiración origina pérdidas de materia seca al hacer uso de almidones y azúcares de la raíz en forma de glucosa, Padmata (1990). Asimismo Chien, et al. (1988) señala que la velocidad de respiración depende de la temperatura, dado que una alta temperatura acelera las reacciones químicas, el metabolismo y optimiza la actividad de las enzimas. Esto determina el tiempo de vida del tubérculo en almacenamiento.

Busher, citado por Data et al. (1987), refiere que en Filipinas, camotes almacenados en arena húmeda, aserrín húmedo y a medio ambiente tuvieron como resultado una pérdida de peso de 11.4, 9.88 y 40.71% respectivamente después de 6 semanas de almacenamiento.

Las pérdidas de peso son mayores entre 21 y 20 °C que entre 12.4 y 16.8 °C y además es más acentuada durante los primeros días de almacenamiento. Chien et al. (1988).

Por otro lado, Padmata (1990) menciona que temperaturas sobre los 15.5 °C aceleran el desarrollo de los espacios intercelulares que determinan la variación de volumen, esta variación no es proporcional con el cambio en peso de la tuberosa, no tiene efecto en la calidad culinaria y depende de la variedad del camote.

A la cosecha el camote tiene de 5 a 10% de espacio intercelular un incremento en el espacio intercelular fueron asociados con incremento de pérdidas de materia seca; sin embargo, a altas temperaturas mayores de 15.5 °C y encima de 97 de H. R. Algunas raíces aumentan de volumen. Anonimo (1980).

Ryall y Lipton, citados por Ojijo (1992), afirman que las áreas suberosas desarrollan más si las temperaturas son mayores de 15.5 °C, indica también que la refrigeración causa: Pérdidas de vitamina C, incrementa el ácido clorogénico, un cambio de acidez hace que la síntesis del caroteno

sea lenta, aumente el contenido de sacarosa y fructuosa pero reduzca el contenido de glucosa. Anónimo (1980) señala que las pérdidas de almacenamiento de camotes no curados a 23 °C podrían ser el triple de los camotes curados.

Durante almacenamiento las pérdidas de materia seca por respiración pueden resultar de una significativa reducción del valor energético de la raíz; pero estas pérdidas de materia seca son pequeñas bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, y elevadas a altas temperaturas ambientales ya que la alta temperatura alienta una máxima respiración y la ocurrencia de brotamiento. En las Filipinas bajo condiciones ambientales las pérdidas de agua llegan a 45.2% de los cuales la tercera parte de esta pérdida fue materia seca, esto sucedió a los 17 días de almacenamiento; esta pérdida fue similar a almacenamiento bajo condiciones controladas por 4 meses (Woolfe, 1989).

Edmond y Ammerman (1971), indican que el decrecimiento en materia seca se determina por la variedad que señala diferentes cantidades de respiración o grados de formación de peridermas.

Los efectos combinados de pérdida de humedad y materia seca, respiración y actividad de las enzimas amilasas durante curado y almacenado influyen en la variación del contenido de carbohidratos y ésta a su vez origina cambios durante el cocinado (Woolfe, 1992).

Por otro lado, Edmond y Ammerman (1971) mencionan que algunos estudios afirman que hay un decrecimiento en almidón y un correspondiente incremento en azúcares. Esta acumulación de azúcares depende de una mayor rapidez de hidrólisis de almidón en azúcar que la descomposición por respiración en dióxido de carbono y agua. Según Ojijo (1992), la sacarosa es el principal azúcar durante almacenamiento, pero con constantes aumentos pequeños de glucosa y fructuosa; esto explica porque los camotes almacenados son más dulces que los camotes frescos.

Al respecto, Picha (1987), refiere que la maltosa es el mayor azúcar en la cosecha, decreciendo durante curado y almacenamiento en cambio la sacarosa es escasa en la cosecha,

aumentando en el curado y posterior almacenamiento.

Chang, citado por Ojijo (1992), afirma que la transformación de almidón en sacarosa durante almacenamiento depende del tiempo y temperatura; Por encima de los 15 °C, aumenta esta conversión y hay una baja conversión debajo de los 13 °C; añade además que la acumulación de sacarosa a bajas temperaturas es reportada debido a la represión de enzimas glicolíticas y que una mejor vía sea la sacarosa phosphato sintetaza que la sacarosa sintetaza. La transformación de almidón primeramente es hacia azúcares reductores y dextrina, siendo luego sintetizada la sacarosa de los azúcares reductores. Sin embargo, Picha (1987) refiere que los azúcares reductores no podrían incrementarse y los no reductores podrían no crecer, dependiendo de las condiciones de almacenamiento.

Picha (1987) comprobó en 6 cultivares que la fructuosa y glucosa aumentaron durante curado (T = 32 °C; HR. = 90% y almacenado (T = 15.6%; H.R. = 90%); la mayor parte del incremento ocurre entre 4 y 14 semanas de almacenamiento. Sostiene además, que el almidón fue probablemente degradado por la fosforilasa e igualmente fue detectado un aumento en 4 cultivares, de sacarosa en el período de almacenamiento. El concluye que el incremento en glucosa y fructuosa es debido a la degradación del almidón y subsecuente síntesis de glucosa a fructuosa y no hidrólisis de sacarosa.

Se entiende por sólidos insolubles en alcohol a la fracción formada por fibra, almidón y proteínas (Costell Y Durand, 1976). Picha (1987), encontró que los sólidos insolubles en alcohol disminuyen durante almacenamiento en los camotes carnosos naranja. Al respecto Sistrunk (1977) observó que para períodos largos de almacenamiento (6 meses a más) la hemicelulosa y celulosa decrecen.

Cuando los camotes son sujetos a almacenamiento los cambios en las vitaminas son inevitables, dependiendo de la variedad, duración y condiciones de almacenamiento.

El B - caroteno en camote se incrementa óptimamente el primer mes de almacenamiento para luego decrecer a los 4 meses (Pantastico, 1975).

Según Woolfe (1992) estos cambios se pueden observar en términos del color del camote; debido a que la síntesis del caroteno (Vitamina A), prosigue después de cosecha y posterior almacenamiento, encontró además que el incremento es más rápido a 20 °C que a 15.5 °C; sin embargo, se puede inhabilitar su síntesis a bajas temperaturas (menores que 10 °C) por daños por temperatura. Bradbury y Holloway, citados por Ojijo (1992), reportan un 18% de pérdidas de B-caroteno; cuando los camotes son almacenados a 24 °C por 4 meses.

Por otro lado, Pantastico (1975) menciona que el decrecimiento de la vitamina C es más rápido a altas temperaturas y que estas pérdidas se deben a la oxidación del ácido ascórbico. Se han reportado pérdidas de 12 a 41% durante el curado y se afirma que los cultivares con alto porcentaje de vitamina C, experimentan altas pérdidas durante almacenamiento. Al respecto, Ojijo (1992) reporta pérdidas totales de vitamina C a 15 y 25 °C de 16 y 17% respectivamente, en 28 días de almacenamiento previo curado.

Sin embargo, Woolfe (1992) refiere que se encontró una pérdida de 70% por las condiciones tropicales de almacenamiento; indica además, que se cuenta con información de transformación de ácido ascórbico reducido a la forma de hidro que es activada por otros cambios nutricionales (como desecación del camote). Asimismo, señala que las infecciones y el marketing aceleran la pérdida de vitamina C; reporta además que en la India se encontró que la pérdida de ácido ascórbico reducido durante 24 horas fue de 35%, usando una casa como ambiente de almacenamiento comparado con 14% en refrigeración a 4 °C.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de Análisis Físicoquímico y de Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Agrarias, Alimentarias y Pesqueras; en el laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

### 2.1 Materia Prima e Insumos

Se empleó como materia prima el camote

amarillo (*Ipomea batata*), variedad comercial Jonhatan, procedente del valle de Cañete y adquirida en el Mercado Mayorista N° 1.

### 2.2. Materiales y Equipos

Balanza Analítica y de precisión

Mortero tipo RLM

Ph metro Grison A - 505

Bañomaría

Materiales de vidrio y reactivos para los análisis físicos y químicos respectivos.

Estufa Menfer Hv 40923011

Recipientes plásticos

Penetrómetro tipo OB - 204

Micrómetro Mauser

Anaqueles

Cajas de cartón y de plástico

Cámara de refrigeración

Espectrofotómetro

### 2.3. Ambientes del Almacenamiento

Los ambientes utilizados para almacenar los camotes por 4 semanas fueron el almacén de la panadería de la Universidad (en donde se controlaron la temperatura y humedad relativa del medio) y la cámara de refrigeración del Centro Internacional de la papa (C. I. P.), apropiado para almacenar camotes, en las condiciones siguientes: T = 12 a 15 °C Y H. R. = 85 a 90%.

### 2.4. Análisis del camote

Se realizaron semanalmente los siguientes análisis, excepto la prueba de B-caroteno que solamente se determinó al inicio y final del almacenamiento.

#### 2.4.1 Análisis Físicos

Peso (gr): Se halló utilizando una balanza de precisión con aproximación al décimo.

Volumen (cc): Se determinó por la ley de Arquímedes que consiste en medir el volumen de agua desplazado al introducir el camote en un recipiente con un volumen conocido de agua.

Grosor de la piel (mm): Se realizó haciendo uso del micrómetro para medir el grosor del pelado del camote.

Textura (mm): Se determinó haciendo uso del penetrómetro para un tiempo de 5 segundos y un cono de 52.51 gramos (AOAC 1984).

pH: Se efectuó según la AOAC (1984).

Humedad: Se determinó por el método de la estufa (Pearson, 1976).

Estos dos últimos análisis se hicieron incluyendo la piel del camote.

#### 2.4.2. Análisis Químicos

Todos los análisis se realizaron en camote entero.

Azúcares totales: : Se determinó haciendo uso del método volumétrico de Lane Eyron. Pearson (1976).

Almidón: Se halló hidrolizando con ácido, para luego determinar la cantidad por el método volumétrico de Lane Eyron, utilizando el factor 0.9 para la conversión a almidón (AOAC, 1984).

Ácido ascórbico: Se efectuó según la AOAC (1984).

Caroteno: Se halló según AOAC (1984).

Sólidos Insolubles en Alcohol: Método AOAC (1984).

#### 2.4.3 Análisis Estadísticos

Los análisis físicos y químicos a excepción de la prueba del B - caroteno que sólo se reportan fueron sometidos a un análisis de regresión, encontrándose el modelo matemático y la curva correspondiente. Esto se efectuó haciendo uso del paquete estadístico Statgraphics Statistical hics System Educational Institution Edition Ver. 3, donde se tuvo en cuenta el diagrama de dispersión de las observaciones para cada análisis que nos permitirá plantear la ecuación con respecto al tiempo de almacenamiento, tomando como un índice de determinación aceptable ante el análisis desarrollado y el tiempo, un valor mayor/igual a 0.80 ( $r^2 \leq 0.80$ ). Calzada (1966), indica que la correlación mide la relación entre dos características que están afectadas por una causa ajena a ellas. La correlación implica asociación y su índice nos dirá algo sobre esta asociación a través de una tercera variable.

El índice de determinación es el cuadrado del índice de correlación, mide la proporción de la variable dependiente que es atribuible a la variable independiente y el resto son variaciones, debido a fuerzas no conocidas, que son los que sitúan los puntos fuera de la línea de regresión. El índice de correlación sólo mide la relación rectilínea entre una regresión curvilínea, usándose entonces el  $r^2$

como indicador. El valor de coeficiente de correlación o índice ( $r$ ) está entre -1 y 1 ; por lo tanto,  $r^2$  estará entre 0 y 1.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los camotes fueron almacenados durante 4 semanas al medio ambiente y en refrigeración . se observó que algunos camotes almacenados al medio ambiente presentaron pudriciones negras en la tercera semana, debido al desarrollo de microorganismos, estapodredumbre probablemente es causada por Rhizopus (Chien. et al. 1988). También se notó olores indeseables, debido probablemente a descomposiciones internas: este tipo de deterioro coincide con las investigaciones realizadas en almacenamiento de camote por Ojijo (s1992).

Otros de los daños importantes en los camotes fue la desecación de estos, a causas de las condiciones de almacenamiento de temperatura y humedad relativa como lo menciona Dossat (1980). Los daños antes mencionados se fueron generalizando en la cuarta semana, donde los camotes eran no aptos para consumo humano.

Por otro lado, en los camotes almacenados en refrigeración, los daños observados fueron en menor grado y similares síntomas a los encontrados en almacenamiento al medio ambiente, pues también hubieron camotes con pudrición negra y cierta desecación en la 4ta semana de almacenamiento. Lo cual permite afirmar que con refrigeración se minimiza las pérdidas; debido a que la baja temperatura de 13.5 C evita el crecimiento de microorganismos en la superficie del camote y baja el ritmo de respiración. Además, se controla la desecación, a causa de la alta HR (87.5% HR) evitándose pérdidas de agua por transpiración (Chien et al .1988 y Dossat 1,1980)

Las condiciones de temperatura y humedad relativa en promedio hallados para los dos tipos de almacenamiento, se muestran en el cuadro 1. donde se puede observar que la humedad relativa promedio de almacenamiento al medio ambiente es menor (79.33%) que en refrigeración (87.5%) y con respecto a la temperatura, ésta en promedio es mayor a medio ambiente (18.16 C) que la temperatura de refrigeración (13.5 C).

### 3.1 Análisis Físicos del Camote.

Las determinaciones físicas del camote son mostradas en el cuadro 2.

Con respecto al peso (cuadro 2), se puede observar que los camotes almacenados al medio ambiente presentan una tendencia a disminuir al igual que en el caso de los camotes almacenados en refrigeración, teniendo los camotes almacenados al medio ambiente mayor velocidad de incremento en promedio de pérdida de peso (6.01 gr./día) que en refrigeración (2.81 gr./día).

Los camotes al medio ambiente al final del almacenamiento exhibieron una pérdida de peso igual a 41.7% valor similar a lo reportado por Ojijo (1992), mientras que los camotes refrigerados tuvieron pérdidas de 19.4% durante el mismo periodo. Estas diferencias confirman lo reportado por Chien et al. (1988) quien indica que las pérdidas de peso en camotes son menores cuando son almacenados en refrigeración. Entre los factores de velocidad de pérdida de peso que se podrían considerar a la temperatura y humedad relativa. Pues están directamente relacionadas con las funciones fisiológicas de respiración y transpiración de la raíz (Chien, et al, 1988). En las condiciones ambientales los camotes soportan un alto grado de variación de humedad relativa (62.14% a 96.14%), con un promedio semanal de 79.33%; mientras que en refrigeración la variación de HR. es menor (85% a 90%), con un promedio semanal de 87.5%, valor que corresponde a las condiciones óptimas de almacenamiento del camote.

Con respecto a la temperatura los camotes en refrigeración son favorecidos por la temperatura de refrigeración (13.5 °C) que en condiciones de medio ambiente (18.16 °C). Por lo tanto, las condiciones de refrigeración (humedad relativa y temperatura) bajan el ritmo de respiración y evitan la desecación por pérdidas de agua por transpiración.

Con el fin de establecer una relación matemática de la variación de peso durante el tiempo de almacenamiento se encontró las curvas de regresión (Fig. 1) de la pérdida de peso de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración.

Donde se observa que los índices de determinación ( $r^2$ ) son aceptables indicándonos esto que los gráficos se ajustan a los diagramas de dispersión de los datos hallados; asimismo, nos señala que el 0.99 de la pérdida de peso se le atribuye al tiempo de almacenamiento de las raíces.

Respecto al volumen el cuadro 2, muestra que los camotes almacenados en ambas condiciones presentaron tendencias a disminuir de volumen, teniendo los camotes almacenados al medio ambiente mayor velocidad de disminución de volumen en promedio (5.49 cc./día), que en refrigeración (3.21 cc./día); lo cual condujo a que los camotes al medio ambiente obtuvieran una disminución de su volumen igual a 40.4%, después de semanas, mientras que los camotes refrigerados obtuvieron una disminución de 23.22% para el mismo periodo. La alta disminución en volumen de los camotes almacenados al medio ambiente, se puede explicar debido al defecto de la temperatura (18.16 °C) que acelera el desarrollo de los espacios intercelulares que determina la variación de volumen en una mayor proporción (Padmata, 1970) este incremento de espacio intercelular están asociados con pérdidas de materia seca (almidón) por el proceso de respiración (Anónimo, 1980).

**CUADRO 1. Temperatura y Humedad Relativa promedio de las condiciones de almacenamiento (refrigeración y ambiente) de Camote fresco (variedad Jonathan)**

| Semana | Medio Ambiente       |        |          |                  |        |          | Refrigeración        |        |          |                  |        |          |
|--------|----------------------|--------|----------|------------------|--------|----------|----------------------|--------|----------|------------------|--------|----------|
|        | Humedad relativa (%) |        |          | Temperatura (°C) |        |          | Humedad relativa (%) |        |          | Temperatura (°C) |        |          |
|        | Máxima               | Mínima | Promedio | Máxima           | Mínima | Promedio | Máxima               | Mínima | Promedio | Máxima           | Mínima | Promedio |
| 1      | 96.14                | 66.42  | 81.28    | 20.62            | 16.22  | 18.42    | 90                   | 85     | 87.5     | 15               | 12     | 13.5     |
| 2      | 94.00                | 64.00  | 79.00    | 20.51            | 15.64  | 18.07    | 90                   | 85     | 87.5     | 15               | 12     | 13.5     |
| 3      | 93.57                | 66.14  | 79.85    | 20.55            | 14.64  | 17.61    | 90                   | 85     | 87.5     | 15               | 12     | 13.5     |
| 4      | 92.28                | 64.14  | 77.21    | 21.65            | 15.48  | 18.56    | 90                   | 85     | 87.5     | 15               | 12     | 13.5     |

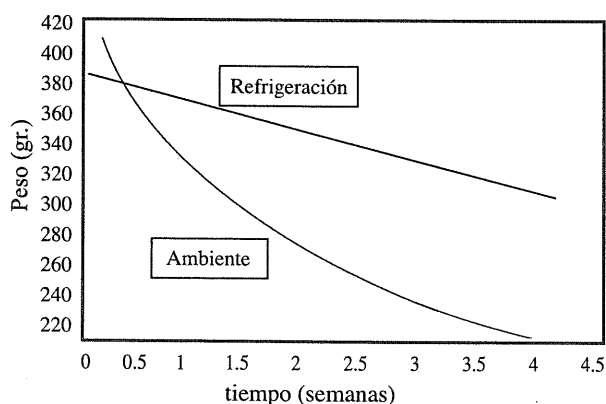
**CUADRO 2. \* Variación de las propiedades físicas del camote (Var. Jonhatan) durante su almacenamiento**

| Semana | Peso (gr.) |       | Volumen (cc) |       | Grosor de la piel (mm) |      | Penetración (mm) |     | pH  |     | Humedad (%) |       |
|--------|------------|-------|--------------|-------|------------------------|------|------------------|-----|-----|-----|-------------|-------|
|        | A          | R     | A            | R     | A                      | R    | A                | R   | A   | R   | A           | R     |
|        | 0          | 403.3 | 395.2        | 384.3 | 387.5                  | 0.83 | 0.83             | 0.3 | 0.3 | 6.2 | 6.2         | 70.53 |
| 1      | 334.3      | 370.0 | 328.3        | 387.5 | 1.10                   | 0.95 | 0.7              | 0.5 | 6.8 | 7.1 | 67.83       | 69.14 |
| 2      | 292.2      | 351.5 | 273.3        | 337.5 | 1.26                   | 1.18 | 0.8              | 0.8 | 6.9 | 7.0 | 67.79       | 68.90 |
| 3      | 258.6      | 332.2 | 247.6        | 315.6 | 1.35                   | 1.24 | 1.2              | 1.0 | 6.8 | 6.7 | 64.14       | 67.95 |
| 4      | 235.0      | 316.3 | 230.4        | 297.6 | 1.40                   | 1.32 | 1.3              | 1.1 | 6.5 | 6.5 | 63.62       | 66.80 |

Nota: (A) Medio Ambiente  
(B) En refrigeración

\*Los resultados son promedios de tres mediciones.

**Fig.1. Pérdidas de peso de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión**



Ecuaciones

Ambiente:  $402.98 - 81.48t + 15.48t^2 - 1.41t^3$   $r^2=0.99$

Refrigeración:  $395.03 - 27.01t + 2.92t^2 - 0.27t^3$   $r^2=0.99$

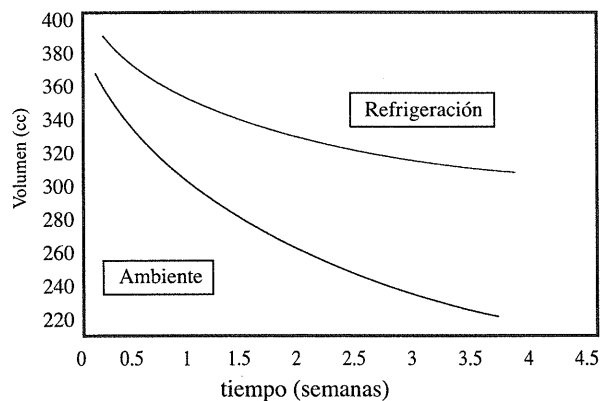
El encogimiento de la raíz a causa de la transpiración (Chien et al. 1988) probablemente contribuiría a la disminución del volumen. La relación matemática de las pérdidas de volumen durante el tiempo de almacenamiento se determinó mediante las curvas de regresión (Fig. 2) de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración.

Observándose que los índices de determinación ( $r^2$ ) son aceptables señalándonos esto que los gráficos se ajustan a los diagramas de dispersión de los datos hallados; así mismo, nos señala que el 0.99 de la disminución del volumen se le atribuye al tiempo de almacenamiento de las raíces.

El cuadro 2 muestra que existe aumento en el grosor de la piel de los camotes en las dos

condiciones de almacenamiento, teniendo los camotes almacenados al medio ambiente mayor velocidad de incremento en promedio del grosor de la piel (0.02 mm./día), que en refrigeración.

**Fig. 2. Disminución de volumen de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión**



Ecuaciones :

Ambiente:  $384.99 - 64.18t + 3.99t^2 + 0.6084t^3$   $r^2=0.99$

Refrigeración:  $387.47 - 26.41t + 0.37t^2 + 0.15t^3$   $r^2=0.99$

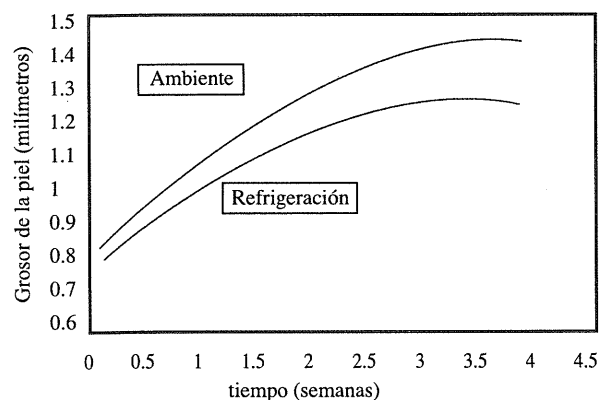
(0.017 mm/día); por lo que se puede afirmar que durante el almacenamiento las áreas suberosas se agrandan (Caldiz, 1980) y se desarrollan más si las temperaturas son altas (Lyall y Lipton) citados por Ojijo, (1992). Este aumento de grosor de la piel en los camotes almacenados al medio ambiente por 4 semanas fue del 68.67% y para los camotes su refrigeración fue de 59.03% para el mismo periodo de almacenamiento.

En el mismo cuadro 2, también se puede observar que en la primera semana de almacenamiento a medio ambiente, los camotes tuvieron una mayor velocidad de incremento (0.038 mm / días) de grosor de la piel y dicha velocidad tiende a disminuir en las posteriores semanas de almacenamiento. En los camotes en refrigeración el mayor incremento en velocidad de engrosamiento (0.32 mm / día) de la cáscara se experimento en la segunda semana para luego descender y tender a mantenerse constante en la cuarta semana; probablemente estas variaciones se deban a la disposición de oxígeno que tenga la raíz para formar la suberina y a la velocidad de secreción de las

células vegetales (Edmond y Ammerman, 1971). La relación matemática del aumento del grosor de la piel del camote durante el tiempo de almacenamiento se determino mediante las curvas de regresión (Fig. 3) de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración.

Observándose que los índices de determinación son aceptables. En los camotes al medio ambiente el 0.99 del aumento de grosor de la piel se le atribuye al tiempo de almacenamiento; mientras que en los camotes en refrigeración la proporción es de 0.98.

**Fig. 3. Aumento de grosor de la piel de los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión**



Ecuación:

Ambiente:  $0.83 + 0.335t - 0.0714t^2 + 0.00584t^3$   $r^2=0.99$

Refrigeración:  $0.8233 + 0.13396t + 0.027t^2 - 0.0075t^3$   $r^2=0.98$

Con respecto a la textura tanto al medio ambiente y refrigeración presentan un tendencia a aumentar la penetración como se muestra en el cuadro 2, teniendo los camotes al medio ambiente mayor velocidad de incremento en promedio de penetración (0.035 mm / día) que en la refrigeración (0.028 mm / día). Esta diferencia entre la velocidad de aumento de penetración es confirmada por Ojijo (1992), siendo las condiciones de temperatura similares a las encontradas en este presente trabajo.

Este incremento en penetración o disminución de la resistencia de los tejidos de la pulpa de camote se puede explicar que sea debido a la desintegración de la célula durante la maduración, respiración y pudrición (Ojijo, 1992) y (Costell y Durand, 1976).



Estos procesos son de mayor velocidad en camotes almacenados al medio ambiente que en refrigeración, pues al final del almacenamiento (4 semanas) en refrigeración la penetración fue de 1.1 mm mientras que al medio ambiente fue de 1.3 mm.

Con el fin de establecer una relación matemática de la variación de la textura durante el tiempo de almacenamiento, se encontraron las curvas de regresión (Fig. 4) correspondiente

Donde se observa que los índices de determinación ( $r^2$ ) son aceptables. En los camotes al medio ambiente el 0.98 del aumento de penetración está en función del tiempo de almacenamiento, mientras que en los camotes refrigerados esta proporción es de 0.99.

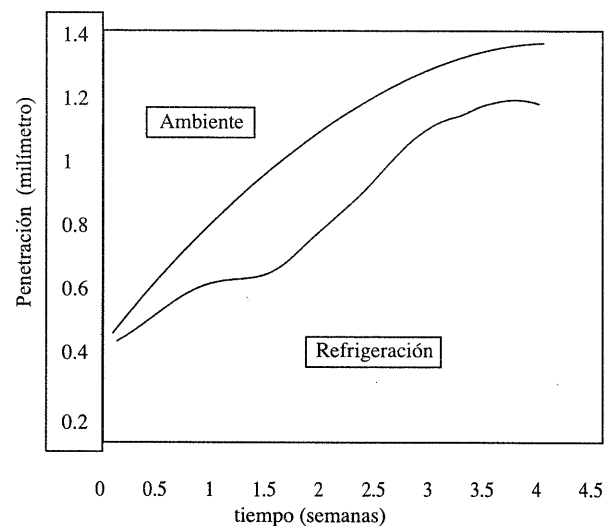
En lo referente al pH; se observó que en ambas formas de almacenamiento (ambiente y refrigeración) el pH en las 2 primeras semanas aumenta y luego disminuye en las 2 últimas semanas alcanzando el valor de 6.5 para ambas formas de almacenamiento; estos resultados no coinciden con lo reportado por Kushman (1965), quien encontró que el pH en los camotes curados bajo las 2 primeras semanas, para luego subir bajo una temperatura de 16 °C. Probablemente la variación de pH encontrados en los camotes almacenados se deban a la disminución y aumento de los ácidos orgánicos y del camote como consecuencia de los cambios fisiológicos. Entre estos ácidos se pueden mencionar a los ácidos ascórbico, clorogénico, cítricos y carbónicos; sin embargo Woolfe (1992) se refiere que aun no se ha estudiado si el pH está relacionada con otros cambios fisiológicos del camote.

La relación matemática de las variaciones del pH durante el tiempo de almacenamiento se determinó mediante las curvas de regresión (Fig. 5) de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración. Observándose que los índices de determinación son aceptables ( $r^2$ ) indicándonos esto que los gráficos se ajustan al diagrama de dispersión de los datos hallados; así mismo, nos señala que el 0.99 de la variancia del pH se le atribuye al tiempo de almacenamiento de las raíces.

Respecto a la humedad, la tendencia de los camotes almacenados al medio ambiente como de

los camotes refrigerados es la de disminuir, como se observa en el cuadro 2. Teniendo una mayor velocidad de disminución los camotes almacenados al medio ambiente en promedio (0.25% / día) y en refrigeración (0.14% / día). En las 4 semanas de almacenamiento los camotes al medio ambiente perdieron 7% de humedad; mientras que los camotes en refrigeración exhibieron una pérdida de 4% durante el mismo período. Estas diferencias confirman lo reportado por Ojijo (1992), quien afirma que la disminución de humedad a altas temperaturas (> 15 °C) es más notoria. Este fenómeno de pérdida de humedad se debe que existe una mayor velocidad de pérdida de agua por transpiración del agua que a la pérdida de materia seca por respiración. Chien et al. (1980) Ojijo (1992), aumentando la proporción de materia seca. Se debe subrayar que el agua producida por respiración también se pierde por transpiración.

**Fig. 4. Aumento de penetración en los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión**

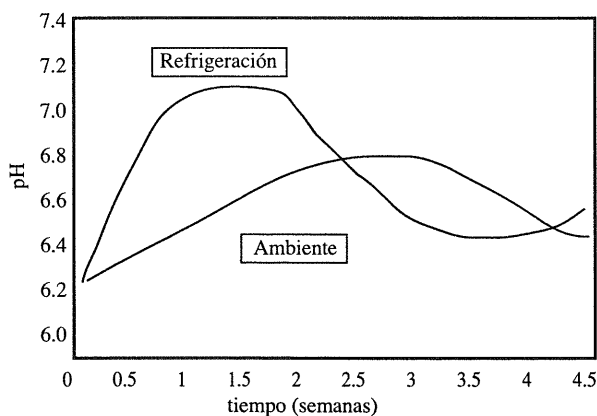


Ecuaciones:

Ambiente:  $0.31+0.3584t-0.00002t^2-0.00833t^3$   $r^2=0.98$

Refrigeración:  $0.297+0.1524t+0.0785t^2-0.0166t^3$   $r^2=0.99$

**Fig. 5. Variación del pH de los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión.**

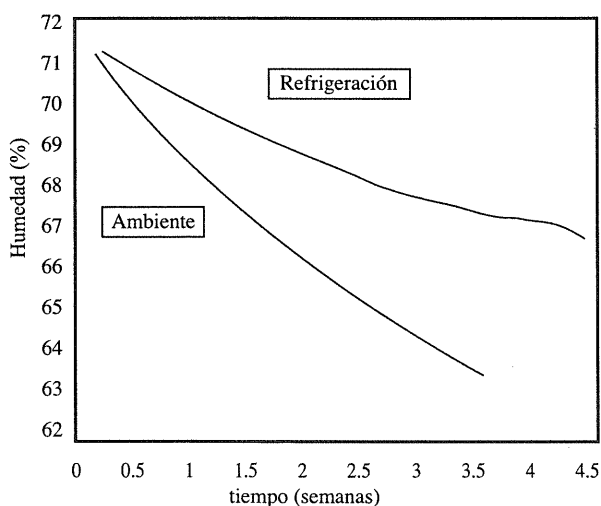


Ecuaciones :

Ambiente :  $6.204+0.846t-0.293t^2+0.025t^3$   $r^2=0.9$   
 Refrigeración :  $6.207+1.494t-0.72t^2+0.0916t^3$   $r^2=0.99$

La relación matemática de la pérdida de humedad durante el tiempo de almacenamiento se determinó las curvas de regresión correspondiente (Fig. 6), notándose que los índices de determinación ( $r^2$ ) son aceptables. En los camotes al medio ambiente el 0.92 de la pérdida de humedad se le atribuye al tiempo de almacenamiento mientras que el camote, refrigerados está en proporción de 0.98.

**Fig. 6 Pérdida de humedad de los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión**



Ecuaciones:

Ambiente:  $70.3-1.65t-0.16t^2+0.035t^3$   $r^2=0.92$   
 Refrigeración  $70.5-1.76t+0.6585t^2-0.1t^3$   $r^2=0.98$

### 3.2 Análisis Químicos del Camote

Los resultados de los análisis químicos de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración se muestran en el Cuadro 3.

La cantidad de sólidos insolubles en alcohol (SIA), depende del contenido de almidón, fibra y proteína (Costell y Durand, 1976) y probablemente de la tuberización.

Asimismo los SIA pueden variar de acuerdo a las condiciones de almacenamiento del camote como consecuencia de la variación del almidón, fibra y proteínas, el cual es más intenso el medio ambiente que en refrigeración, como se observa en el cuadro 3; teniendo los camotes almacenados al medio ambiente mayor velocidad en promedio de pérdidas que SIA (0.12 % en materia seca / día) que en refrigeración (0.10 % en materia seca /día).

A las 4 semanas de almacenamiento las disminuciones en SIA fueron de 3.5 % en materia seca y 2.8 % en materia seca para los camotes almacenados al medio ambiente y los camotes refrigerados, respectivamente. Este comportamiento decreciente es confirmado por PICHÁ (1987), quien encontró que los SIA disminuyen a las 4 semanas de almacenamiento en camotes naranja, curados y refrigerados a 15 °C; siendo aproximadamente la pérdida del 2%. Por otro lado, esta diferencia de pérdida de SIA entre camotes al medio ambiente y camotes refrigerados probablemente se deba a la mayor hidrólisis de almidón y proteínas por parte de los camotes al medio ambiente que tiene un mayor ritmo de respiración por estar a temperatura promedio más alta (18.16 °C) que los camotes en refrigeración (13.5 °C).

En el mismo Cuadro 3, también se puede observar que la velocidad de pérdida de SIA fue mayor la primera semana de almacenamiento de camote, tanto al medio ambiente (1.83%) como en refrigeración (1.25%), para luego disminuir las demás semanas de almacenamiento; esto tiene que ver con una mayor velocidad de respiración de la raíz los primeros días que hace que el almidón se hidrolice más rápidamente, no solamente para este uso sino para otros procesos metabólicos que en estos momentos tienen mayor velocidad de realización como lo indica (Woolfe, 1992).

La relación matemática de las pérdidas de sólidos insolubles en alcohol durante el tiempo de almacenamiento se determinó mediante las curvas de regresión correspondientes (Fig. 7)

Donde se observa que los índices de de terminación ( $r^2$ ) son aceptable. En los camotes al medio ambiente el 0.99 de la pérdida de S.I.A se le atribuye al tiempo de almacenamiento ;

Esta proporción es de 0.98 en los camotes refrigerados.refrigeración.

En cuanto al almidón, existe una disminución tanto para lo camotes al medio ambiente como los camotes en refrigeración (cuadro 3), teniendo una mayor pérdida en almidón los camotes al medio ambiente (7.7% en materia seca) que en refrigeración (5.8% en materia seca) resultados que

coinciden por lo afirmado por Chang, citado por Ojijo (1992) quien sostiene que la transformación de almidón depende de la temperatura; por encima de los 15 °C, aumenta esta transformación y por debajo de los 13 °C hay una baja conversión en azúcares. Por otro lado, los porcentajes de pérdida hallados son similares a los encontrados por Woolfe (1992), quien reporta pérdidas de almidón de 5% en materia seca en camotes curados y almacenados por 4 semanas a 15 °C y 72% de HR. En el cuadro 3, se puede observar que en camotes almacenados a medio ambiente, el almidón disminuye con mayor velocidad la primera semana (3.55%) para luego tender a disminuir las posteriores semanas de almacenamiento, debido probablemente a una mayor velocidad tanto de hidrólisis a azúcares reductores como de respiración de la raíz la primera semana.

**CUADRO 3. \*Variación de las propiedades Químicas del camote (Var. Jonhatan) Durante su almacenamiento (% Materia seca)**

| Semana | Sólido Insol. Alcohol |       | Almidón |       | Azúcares Totales |       | Ácido ascórbico ++ |       | B-caroteno ++ |      |
|--------|-----------------------|-------|---------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|---------------|------|
|        | A                     | R     | A       | R     | A                | R     | A                  | R     | A             | R    |
| 0      | 85.68                 | 85.68 | 73.46   | 73.46 | 10.74            | 10.74 | 18.18              | 18.18 | 0.24          | 0.24 |
| 1      | 83.85                 | 84.43 | 69.91   | 71.84 | 16.89            | 13.49 | 10.60              | 15.10 | -             | -    |
| 2      | 83.22                 | 84.06 | 67.04   | 70.34 | 17.23            | 13.96 | 9.09               | 10.60 | -             | -    |
| 3      | 83.02                 | 83.23 | 66.62   | 69.81 | 16.75            | 13.59 | 7.12               | 8.06  | -             | -    |
| 4      | 82.20                 | 82.84 | 65.69   | 67.66 | 17.23            | 14.14 | 5.54               | 6.06  | 0.47          | 0.32 |

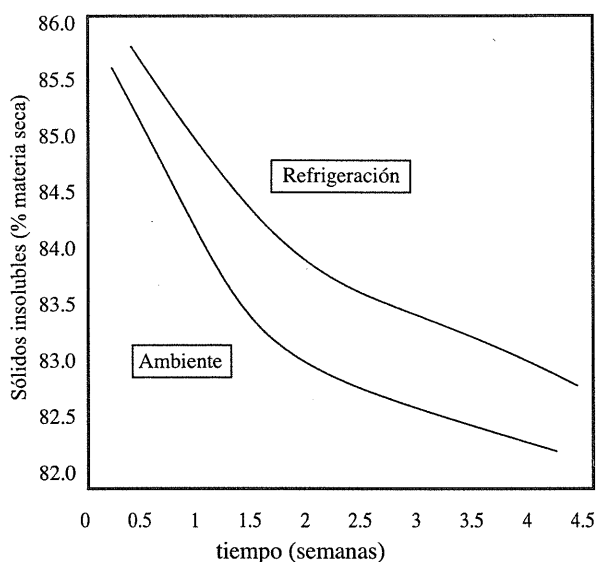
Nota: A = Medio Ambiente

B = Refrigeración.

\* = Resultado por duplicado.

++ = mgr/100gr materia húmeda

**Fig. 7. Pérdida de sólidos insolubles en alcohol de los camotes almacenados al medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión.**



Ecuaciones:

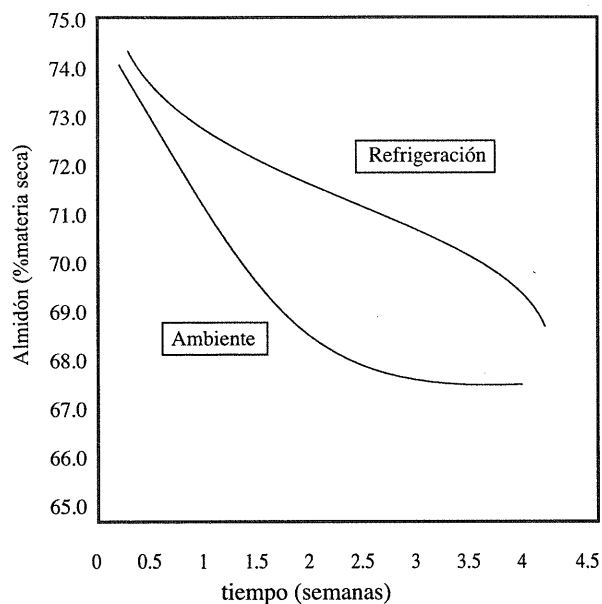
Ambiente:  $85.685 - 2.8t + 1.103t^2 - 0.1558t^3$   $r^2=0.99$

Refrigeración:  $85.648 - 1.36t + 0.31t^2 - 0.0366t^3$   $r^2=0.9$

En los camotes refrigeración se encontró una mayor velocidad de hidrólisis de almidón a azúcares reductores ocurre la cuarta semana de almacenamiento (2.15%).

Con el fin de establecer una relación matemática de la variación de almidón durante el tiempo de almacenamiento, se encontró las curvas de regresión (Fig. 8) Observándose que ( $r^2$ ) son aceptable; indicándonos esto que los gráficos se ajustan a los diagramas de dispersión de los datos hallados; así mismo, nos señala que el 0.99 de la pérdida de almidón se le atribuye al tiempo de almacenamiento de las raíces.

**Fig. 8. Pérdida de almidón de los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión.**



Ecuaciones:

Ambiente:  $73.52 - 4.93t + 1.14t^2 - 0.099t^3$   $r^2=0.99$

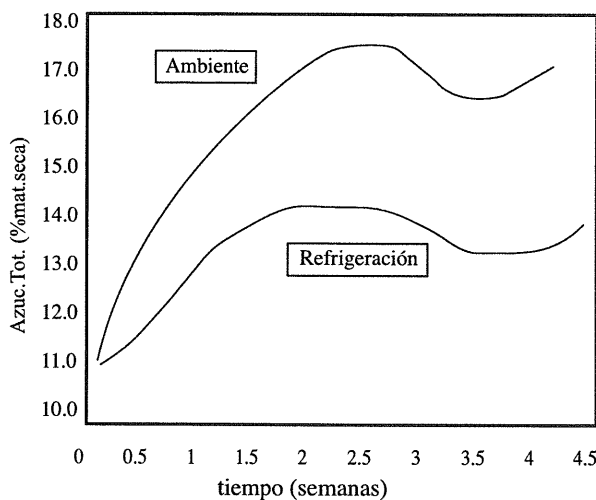
Refrigeración:  $73.51 - 2.53t + 0.86t^2 - 0.145t^3$   $r^2=0.99$

En cuanto a los azúcares totales; estos aumentan tanto en los camotes al medio ambiente como en refrigeración (cuadro 3), obteniéndose al término de la cuarta semana de almacenamiento un mayor incremento en los camotes al medio ambiente (6.49% en materia seca), que en refrigeración (3.4% en materia seca). Al respecto Chang y Kays citados por Ojijo (1992), refieren que a partir de los azúcares reductores se sintetiza la sacarosa; por su parte Picha (1987) señala que probablemente el sustrato de la sacarosa sea el almidón. Este aumento de azúcares totales en naranjas es confirmado por su investigación.

Los incrementos y disminuciones de azúcares totales, tanto en los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración probablemente se deban a cambios fisiológico en los tejidos de los camotes, debido a la temperatura y tiempo de almacenamiento. Asimismo, se especula que tanto el almidón como azúcares reductores y totales están relacionados con otras vías metabólicas del camote (Woolfe, 1992).

Con el fin de establecer una relación matemática de la variación de azúcares totales durante el tiempo de almacenamiento, se halló las curvas de regresión (Fig. 9). Observándose que los  $r^2$  son aceptables; indicándonos esto que los gráficos se ajustan a los diagrama de dispersión de los datos hallados; así mismo, nos señala que el 0.99 del aumento de azúcares totales se le atribuye al tiempo de almacenamiento raíces.

**Fig. 9. Aumento de azúcares totales de los camotes almacenados a medio ambiente en refrigeración en base al análisis de regresión.**

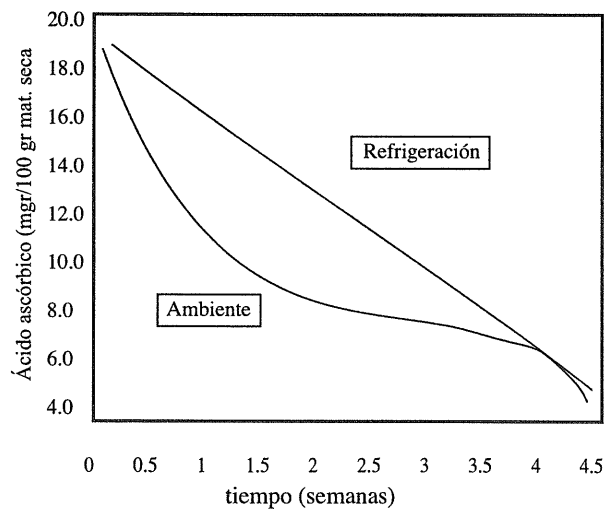


Ecuaciones:  
 Ambiente:  $10.78+9.61t-4.25t^2+0.564t^3$   $r^2=0.99$   
 Refrigeración:  $10.735+4.48t-1.974t^2+0.266t^3$   $r^2=0.99$

Respecto al ácido ascórbico reducido; se observa en el cuadro 3, un decrecimiento tanto en camotes almacenados en refrigeración como al medio ambiente, siendo la disminución mayor en los camotes al medio ambiente (69.52%) que los camotes en refrigeración (66.6%). Este resultado es corroborado por Pantastico (1975), quien afirma que el decrecimiento de la vitamina C en camotes es más rápido a altas temperatura (>15.5 °C). Al respecto, Woolfe (1992) afirma que es debido a la transpiración de oxígeno para la oxidación que se pierde el ácido ascórbico. En camotes a medio ambiente la pérdida de ácido ascórbico es mayor la primera semana (1.08 mgr/día) disminuyendo progresivamente las siguientes semanas. Esto se debe a una mayor transpiración de oxígeno del medio ambiente en la primera semana que va luego

disminuyendo conforme pasa el tiempo. En camotes en refrigeración hay una pérdida de ácido ascórbico, en forma más pronunciada la segunda semana, presumiblemente debido a una mayor transpiración (0.64 mg/día). También la oxidación del ácido ascórbico es favorecida por valores de pH mayores a 4 (Coocke citado por Ojijo 1992), que para ambas condiciones de almacenamiento fue mayor de 4. La relación matemática de la pérdida de ácido ascórbico durante el tiempo de almacenamiento se determinó mediante las curvas de regresión (Fig. 10), donde se observa que los  $r^2$  son aceptables, señalándonos esto que los gráficos se ajustan a los diagramas de dispersión de los datos hallados; asimismo, nos indica que el 0.99 de la pérdida de ácido ascórbico se le atribuye al tiempo de almacenamiento de las raíces.

**Fig.10. Pérdida de Ácido ascórbico de los camotes almacenados a medio ambiente y en refrigeración en base al análisis de regresión.**



Ecuaciones:  
 Ambiente:  $18.07-10.24t+3.6t^2-0.47t^3$   $r^2=0.99$   
 Refrigeración:  $18.25-2.89t-0.69t^2+0.163$   $r^2=0.99$

El aumento de la cantidad de  $\beta$ -caroteno se anota en el cuadro 3. como se observa hay un mayor aumento de esta pro-vitamina en camotes al medio ambiente (95.83%) que en camotes refrigerados (33.3%) a las 4 semanas de almacenamiento. Al respecto Woolfe (1992), nos indica que el incremento de  $\beta$ -caroteno es mayor a 20 °C que a 15 °C, confirmado nuestros resultados.

Por otro lado, Fennema (1982), indica que hay un mayor aumento de  $\beta$ -caroteno en las raíces en condiciones de alta temperatura y disponibilidad de oxígeno como sucede en nuestro caso para los camotes al medio ambiente. El contenido de  $\beta$ -caroteno en los camotes tanto en refrigeración como al medio ambiente permiten afirmar que el camote es buena fuente de esta pro-vitamina A.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Los camotes almacenados en refrigeración durante 4 semanas disminuyeron en peso, volumen y humedad, mientras que al medio ambiente para el mismo periodo la disminución de peso, volumen y humedad fue más veloz que en el primer caso.

2. Los camotes almacenados en refrigeración durante 4 semanas aumentaron en grosor de la piel y penetración mientras que el aumento del grosor de la piel y penetración al medio ambiente para el mismo periodo fue más pronunciado. Siendo el aumento de pH similar para ambos casos.

3. Los camotes almacenados en refrigeración y al medio ambiente durante 4 semanas tuvieron pérdidas de sólidos insolubles en alcohol, almidón y ácido ascórbico ocurriendo estas pérdidas con mayor velocidad en los camotes almacenados a medio ambiente.

4. Los camotes almacenados en refrigeración y a medio ambiente durante 4 semanas tuvieron aumento de azúcares totales y  $\beta$ - caroteno ocurriendo este aumento con mayor velocidad en los camotes al medio ambiente.

#### V. RECOMENDACIONES

1. Determinar el efecto del almacenamiento en las variedades blancas de camote.

2. Investigar el efecto de otros tipos de almacenamiento sobre el camote

3. Hallar el efecto del almacenamiento de camote en los diferentes procesados donde intervenga este alimento.

#### REFERENCIAS

- Anónimo (1980). The S-101 Technical Comité Horticultural Crops Laboratory. Rusell Research Center. USDA- SEA-AR Box 5677 Athens: GA 30613
- A.O.A.C. (1980). *Official Methods of Analysis of the Asociation of official Analitical Chemits*. Edited by Sidney Williams. Fourteenet. Virginia . USA
- Bradbury, J. y Holloway, W. (1988). Effects of Cooking on Nutrients in Sweet Potatoe , Taro, Yamm and Cassava . ACIAR Monograph. Series Australian. Centre for International Agricultural Research, N° 6. pp 91-93
- Caldiz, Daniel (1986). *Fisiología de los Tubérculos de papa durante cultivo y almacenamiento*. Frigopapa. Buenos Aires . Argentina.
- Calzada, José (1966). *Estadística general*. Editorial Jurídica. 1era edición. Lima Perú
- Chien, Y; Alley, E; Robert, E. (1988) *Almacenamiento Comercial de Frutas y Legumbres*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Costell, E. y Duran, L. (1976). Medida de la Textura de los Alimentos. *Revista de agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol. 16 N° 1. Marzo. Valencia. España
- Data, E; Diamante, J. y Eronico, P. (1987). Post harvest handling and storage of sweet potatoe roots. En Mackay, K. T. Palomar, M. K. Sanico, R.T. (eds). *Sweet potatoe research and development for smallfarmers*. Philippines 1989 .pp169- 182
- Edmond, J. y Ammerman, G. (1971). *Harvesting, Curing and Storing of sweet potatoes*. Connecticut (USA) A VI Publishing . pp. 208- 246
- Fennema Owen (1982). *Introducción a la Ciencia de los Alimentos*. Editorial Reverte. S.A. Barcelona España.
- Montaldo, A. (1990) *Cultivo de Raices y Tuberculos Tropicales*. Servicio editorial IICA, San José, Costa Rica.

- Ojijo, M. (1992) *Objective evaluation of quality changes in stored sweet potatoes*. Thesis (M sc.) University of Nairobi. Kenya. p. 194
- Padmata, G. (1990) *Storage of sweet potato*. CIP Región V. Second International Training Course on sweet potato. India. pp 156-166
- Pantastico, E. (1975) *Post harvest physiology, handling and utilization of tropical and Subtropical fruit and vegetables Westport*. Connecticut. USA
- Picha, D. (1987) Carbohydrate changes in sweet potatoes during curing and storage. *Journal of the American Society for horticultural science*. USA. V112(1): 89-92
- Sistrunk, W. (1977) Relationship of storage handling methods to color hardcore tissue and carbohydrate composition in sweet potato. *Journal of the American Society for horticultural science* 102(4): 381- 384
- Woolfe, J. A. (1992). *Sweet Potato; An untapped food resource*. Cambridge University Press. 643 p.