

CARACTERIZACION DE LA MADURACION DEL FRUTO DE PIÑA NATIVA (*Ananas comosus* L. Merrill) CV. INDIA

Characterization of the ripening of pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) cv. India fruit¹

Madelaide Morales², Maria Soledad Hernández², Marco Cabezas³, Jaime Barrera⁴ y Orlando Martínez⁵

RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito caracterizar física, química y fisiológicamente el desarrollo de la maduración del fruto de piña nativa cv. India, conservado en fresco a 20°C. Durante el periodo de maduración del fruto, se encontró que la intensidad respiratoria no tuvo ningún incremento, lo que permitió clasificar al fruto como no climatérico. Este comportamiento estuvo acompañado por pérdida de peso, disminución de la consistencia del mesocarpio del fruto, aumento en ácidos orgánicos, acidez, azúcares y disminución en los sólidos solubles y pH. El análisis de calidad mostró el detrimento de las características organolépticas que hacen apetecible el fruto, como son apariencia, sabor, color y aroma.

Palabras claves: Firmeza, sólidos solubles, respiración, acidez, calidad.

SUMMARY

This study was conducted to characterize physical, chemical and physiologically the development of maturation of fruit native pineapple cv. India, kept fresh at 20°C. During the fruit maturation, the respiratory intensity did not have any increase, which allowed to classify the fruit as non climacteric. This behavior was accompanied by loss of weight, decrease of consistency of edible fruit portion, increase in organic acids, acidity and sugars and decrease in soluble solids and pH. The quality analysis showed loss of organoleptic characteristics that make desirable the fruit, like appearance, flavor and color.

Key words: Firmness, respiration, soluble solids, acidity, quality.

INTRODUCCION

La piña (*Ananas comosus* L. Merrill) fue domesticada en América Tropical, se atribuye su origen al sureste de Brasil y Paraguay, pertenece al género *Ananas* y a la familia de las Bromeliáceas de las cuales se diferencia por su fruto sincárpico

fusionado (León, 1987; Paull, 1997; Renteria, 1996; Saavedra, 1987; Serna, 1998). La piña es producida en todo el mundo en zonas tropicales y subtropicales, las mayores producciones se tienen en Hawai, Costa Rica, Malasia, India, Filipinas y Costa de Marfil (Paull y Chen, 2000).

La cosecha del fruto de piña se inicia normalmente después de los 160 días de la inducción de la floración y depende de la época del año en que se desarrolla el fruto, pudiendo acortarse si las condiciones de temperatura se mantienen de 32°-36°C durante su formación y crecimiento (Nakasone y Paull, 1998; Pulido, 2000, Pulido *et al.*, 2000).

El fruto de piña presenta un patrón respiratorio de tipo no climatérico caracterizado por una baja producción de etileno (0.1 – 1 ml/Kg- hr) y ausencia de una crisis respiratoria durante la maduración (Dull *et al.*, 1967; Paull, 1997; Seymour *et al.*, 1993). El pH del jugo de la piña disminuye a medida que se acerca el estado de madurez total; los dos ácidos orgánicos predominantes son el cítrico y el málico (Bartholomew y Paull, 1986; Seymour *et al.*, 1993). Los niveles de ácido ascórbico cambian con la variedad y no contribuye de manera sustancial a la acidez total titulable (Paull, 1997; Seymour *et al.*, 1993). En el fruto de piña los sólidos solubles totales (SST) se incrementan gradualmente hasta el momento de consumo (Biale y Young, 1981; Paull, 1997; Seymour *et al.*, 1993).

La mayor parte de la producción de piña es enlatada, en rebanadas, trozos y cubos. Del jugo de la fruta se puede extraer jarabe de azúcar, alcohol, vino de piña, vinagre, ácido cítrico y algunos productos farmacéuticos (HICA, 1989; Paull, 1997; Samson, 1991). El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el comportamiento fisiológico y fisicoquímico de la piña caqueteña, cultivar India, durante su proceso de maduración a 20°C.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal:

Los frutos de piña cv. India en estado I (verde-maduro) (Pulido, 2000), fueron cosechados en la Vereda Sebastopol, Corregimiento El Caraño, Municipio de Florencia en el depar-

¹ Convenio Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Universidad de la Amazonía. Cofinanciación PRONATTA.

² Universidad Nacional de Colombia. Departamento Fisiología de cultivos. E-mail: made28@mixmail.com

³ Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. E-mail: cocona@colomsat.net.co

⁴ Profesor ocasional. Universidad Nacional de Colombia. E-mail: mcgutier@hotmail.com

⁵ Instituto de Genética. Universidad de los Andes. Bogotá.

tamento del Caquetá. Las características físicas fueron peso promedio de 1600 a 2000 g, longitud media de 19 cm desde la base hasta donde comienza la corona y diámetro transversal de aproximadamente 13 cm, se empacaron en canastillas plásticas y se enviaron por vía terrestre a Bogotá, en un recorrido que se prolongó por 14 horas, la secuencia de operaciones de acondicionamiento se presenta en la figura 1. Los frutos fueron almacenados en fresco en el Laboratorio de Fisiología de Cultivos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia en una cámara, hecha en madera e instalada como prototipo, con una temperatura de $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y una H.R. del 85%, condición apropiada para el proceso de maduración (Paull y Chen, 2000).

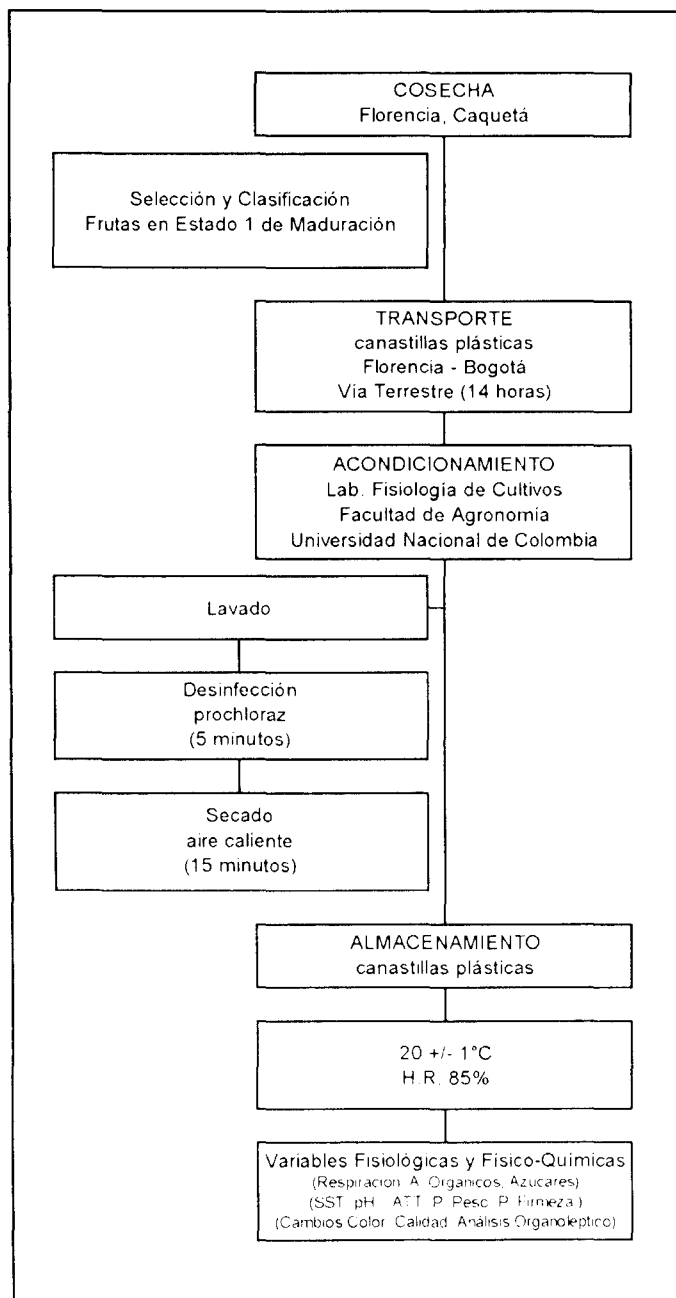


Figura 1. Diagrama de flujo para la adecuación de la fruta

Análisis fisiológico y físico-químico

La respiración fue evaluada cada tercer día, por el método volumétrico de Warburg con desprendimiento de CO_2 y captura en $\text{Ba}(\text{OH})_2$ como BaCO_3 , con dos repeticiones por tratamiento.

Se evaluó la evolución de los cambios físico-químicos cada cinco días tomando cuatro repeticiones por variable. La Pérdida de Peso se evaluó utilizando una balanza de precisión de 0.01 g marca Sartorius AG Göttingen, Alemania, modelo PMA 7200-000V1, la Pérdida de Firmeza (Nuevaton) se estimó con un penetrómetro Magness Taylor, el muestreo se efectuó sobre la parte ecuatorial del fruto (con y sin epicarpio), los valores dados por el penetrómetro en Kg-f se multiplicaron por 9,8 para obtener los datos en N.

Los Sólidos Solubles Totales (SST) se midieron con un refractómetro marca Atago, modelo 8993 (AOAC, 1980); la Acidez Total Titulable (ATT) fue medida mediante titulación, neutralizando la acidez libre con una solución de hidróxido de sodio (NaOH , 0.1N), este valor se expresó como porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 1980); el pH se determinó con un potenciómetro SCHOTT GERÄTE CG 818, electrodo N 48A Postfach 1130, Mainz Alemania (AOAC, 1980); los Azúcares se determinaron por el método de Lane-Eynon, según la metodología propuesta por la AOAC (1980).

Los Ácidos Orgánicos fueron determinados por HPLC, se homogenizaron 5 g de pulpa en 50 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4 , 4 mM). La extracción de los ácidos se realizó mediante la homogenización de los 50 mL de la solución en una centrifuga a 2251 g durante 5 minutos. La muestra se filtró empleando una membrana de 0,45 mm, una alícuota de la muestra fue analizada usando un equipo de HPLC Jasco PU-980 con detector UV/VIS UV-9757, equipado con una columna Metacarb 87 H (Metachem) (CA, USA).

Finalmente, la Calidad fue juzgada atendiendo los siguientes criterios: Pudrición {0: sana, sin signos de daño, 5: completamente descompuesta}. Escaldaduras {0: sin escaldaduras, corteza sana, 5: presencia de escaldaduras > 75%}. Deshidratación {0: fruta fresca, corteza humectada, 5: completamente deshidratada, brácteas quebradizas, secas}.

En el Análisis Organoléptico se utilizaron muestras de las frutas almacenadas para las fechas 8, 13 y 18 días. El panel sensorial estuvo compuesto por 10 panelistas. Se empleó una prueba de puntajes o scores en donde se evaluaron: Apariencia, Color, Aroma y Sabor y Textura (Mahecha, 1985).

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de Varianza por medio del programa SAS (6.2). Para ello se propuso un modelo de dos factores sin interacción. El primer factor fue el Tiempo de Almacenamiento y el segundo la Madurez Complementaria (Steel y Torrie, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

Firmeza: Durante todo el periodo de maduración la consistencia del epicarpio no presentó diferencias significativas, presentando un valor promedio de 98 N. Este comportamiento podría estar relacionado con la elasticidad que adquieren las células parenquimáticas cuando cesan su división celular dando paso a

la formación de tejido esclerenquimático, lo que ocasiona que las células se tornen más plásticas y por lo tanto conserven su resistencia a la penetración (Dull y Leeper, 1980; Restrepo, comunicación personal; Sterling, 1980). A diferencia de la epicarpio, la consistencia de la mesocarpio presentó diferencias significativas (tabla 1). Durante los primeros 5 días del proceso de maduración se observó un incremento de la firmeza, pasando de valores de 40,4 N en el día 0 a valores de 53,9 N en el día 5, este incremento pudo deberse a un error de muestreo. A partir de este instante se observó una disminución progresiva de la consistencia del mesocarpio del fruto, hasta alcanzar valores de 24,5 N a los 15 días, advirtiéndose el efecto del tiempo sobre esta variable (figura 2).

Tabla 1. Análisis de varianza para las variables físicas y fisiológicas en el fruto de piña nativa c.v. India

F de V	GL	Intensidad Respirator.	Firmeza Epicarp.	Firmeza Mesocarp.	Pérdida Peso
Tiempo	3	2.80 n.s.	6.0 n.s.	1581.6**	16756.5*
MC	1	0.14 n.s.	3.0 n.s.	0.00 n.s.	2725.2 n.s.
Error	24	9.91	8.50	103.04	225344.6

Tiempo: Días de Almacenamiento MC: Maduración Complementaria

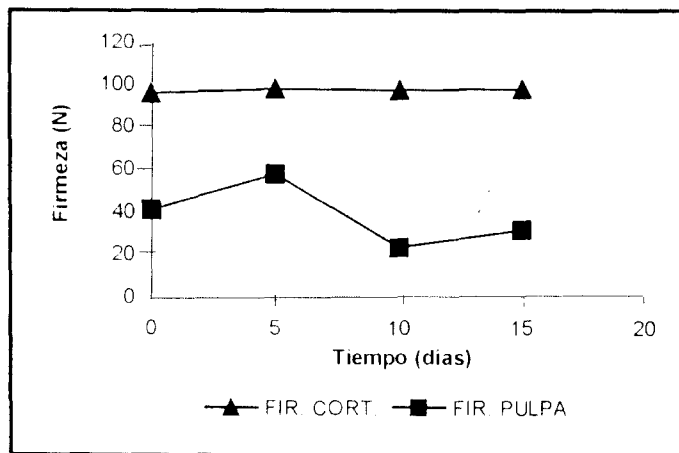


Figura 2. Resistencia del fruto a la penetración

Este comportamiento es producto de la degradación de los hidratos de carbono poliméricos, especialmente de las sustancias pécticas y hemicelulosas que reduce las fuerzas cohesivas que mantienen unidas células a las otras, debilitando las paredes celulares. Durante el crecimiento del fruto se da la síntesis activa de las protopectinas responsables de la formación de la lamina media de la pared celular, posteriormente durante la maduración la protopectina va gradualmente degradándose a fracciones de peso molecular más bajo que son más solubles en agua y conducen al ablandamiento del fruto. Estos cambios citológicos conducen al ablandamiento del fruto. Así como a la síntesis de enzimática, especialmente de hidrolasas y decarboxilasas, las cuales degradan las sustancias pécticas y las glucoproteínas de la pared celular (M. Cabezas, comunicación personal; Herrero y Guardia, 1992; Pantástico, 1984; Saborio y Camacho, 1993; Wills *et al.*, 1990). Los cambios en la firmeza

de los tejidos del mesocarpio son producto de la actividad de la pectinesterasa y la poligalacturonasa (Pantástico, 1984).

Pérdida de peso: Los frutos de piña nativa cv. India perdieron peso durante el transcurso del periodo de maduración. Inicialmente los frutos presentaron un peso promedio de 1809,9 g, el cual disminuyó progresivamente hasta 1519,6 g en el día 18, presentando una pérdida del 12% en su peso inicial. El margen de pérdida de peso para frutos grandes, como la piña, se encuentra entre el 10 y el 15%, de acuerdo con esto, las pérdidas de peso en la piña nativa, incluso conservada a temperaturas de maduración, se encuentran dentro del rango que permite su comercialización. El análisis estadístico mostró diferencias significativas en la pérdida de peso en los frutos de piña almacenados a 20°C con el transcurso de la maduración (tabla 1).

La disminución en el peso es la suma de la transpiración y la respiración; temperaturas de almacenamiento más altas traen como consecuencia una aceleración en el metabolismo del fruto, aumentando las tasas de transpiración que promueven la pérdida de peso (FAO, 1987; Guarinoni, 2000; Landwehr y Torres, 1995; Letang, 1997; Saborio y Camacho, 1993; Téllez *et al.*, 1999). Las pérdidas de peso incluyen, además de la pérdida de agua, el consumo de las reservas necesarias para la supervivencia del órgano vegetal que desprende CO₂ y H₂O al respirar (Letang, 1997).

Intensidad Respiratoria: Durante la maduración del fruto de piña nativa, la intensidad respiratoria, no arroja diferencias significativas en el transcurso del tiempo (tabla 1, figura 3). Se presentaron dos leves aumentos en la producción de CO₂, los cuales alcanzaron valores de 9,66 mg CO₂/Kg-hr el día 3 y de 10,41 mg CO₂/Kg-hr el día 10, similares a los que ocurren en frutos climatéricos. Hacia el final del periodo de maduración, disminuye la producción de CO₂ del fruto, alcanzando un valor de 4,75 mg CO₂/Kg-hr, lo cual permite clasificar a la piña nativa como un fruto no climatérico (Dull *et al.*, 1967). Los valores de intensidad respiratoria encontrados, son similares a los reportados en otros estudios de piña, en los cuales la producción de CO₂ varía entre 4 - 16 mg CO₂/Kg-hr (Paull y Chen, 2000). Sin embargo, debido a que el fruto de piña es una asociación de frutos (Becerra y Chaparro, 1999; García-Luis *et al.*, 1988; León, 1987), los ligeros aumentos registrados podrían significar que este fruto de piña nativa se encuentra en un punto intermedio entre los patrones climatérico y no climatérico de la respiración, como ha sido señalado por Azcon-Bieto (1993), Biale y Young (1981) y Pantástico (1984).

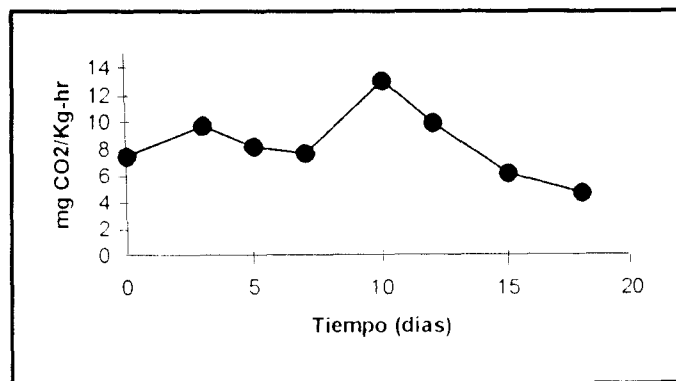


Figura 3. Intensidad respiratoria del fruto de piña nativa c.v. India

pH y Acidez Total Titulable (ATT): En la piña, se encontró un valor de ATT del 0,46%, expresado como porcentaje de ácido cítrico el día 5, para luego aumentar a un valor de 0,70% en el día 10, lográndose la máxima ATT de 0,71% a los 18 días. Este comportamiento concuerda con el estudio realizado por Castro *et al.* (1993) en el cual encontraron que la ATT de las variedades de piña Cayena Lisa y Manzana almacenadas a 27°C aumentó desde 0,28% al inicio del almacenamiento, hasta alcanzar un valor de 0,95% al final del periodo de evaluación. Por su parte, el comportamiento del pH fue inverso, es decir que, cuando los valores en pH eran mayores los valores en la ATT del fruto eran los menores. Así el valor de pH de 4,03 corresponde al día 5, en tanto que disminuye a 3,85 el día 10, manteniendo la tendencia constante con valores de 3,83 hasta el día 18. Sin embargo, los resultados estadísticos no arrojaron diferencias significativas que puedan dar una idea del efecto de la maduración en estas dos variables (tabla 2). Las variaciones en pH y ATT son representadas en la figura 4.

El comportamiento de estas variables se ajusta a lo expuesto por Bartholomew y Paull (1986) y Seymour *et al.* (1993), quienes

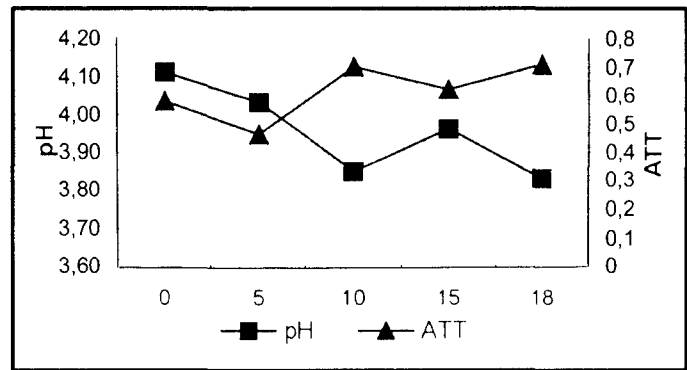


Figura 4. Comportamiento del pH y la ATT en la maduración de piña nativa

sostienen que el pH declina de 3,9 a 3,7 y la ATT aumenta a medida que el fruto se acerca al estado de madurez total. Este comportamiento podría deberse a que en los frutos tropicales ácidos, como es el caso de la piña, los ácidos orgánicos se sintetizan en mayores cantidades hasta llegar al punto óptimo de sazón (Barrera, 2000).

Tabla 2. Análisis de varianza para las variables químicas en el fruto de piña nativa c.v. India

F de V	GL	pH	ATT	SST/ATT	Vitamina C	Acido Cítrico	Acido Propiónico
Tiempo	3	0,08 n.s.	0,008 n.s.	181,14 n.s.	71,44**	0,0001 n.s.	1,73 n.s.
MC	1	0,0005 n.s.	0,0007 n.s.	43,13 n.s.	5,27 n.s.	0,00 n.s.	0,045 n.s.
Error	18	0,085	0,052	76,095	11,342	0,0001	5,91

Tiempo: Días de Almacenamiento, MC: Maduración Complementaria

Ácidos orgánicos: Durante la maduración de la piña nativa se identificaron los ácidos orgánicos cítrico, málico, succínico y propiónico. El ácido cítrico aumenta a medida que transcurre el tiempo, presentando su punto máximo el día 10, el ácido málico presenta leves disminuciones a partir del día 5 hasta el día 15 y el ácido succínico se mantiene relativamente constante durante el proceso de maduración. Por su parte, el ácido propiónico aparece en las frutas a partir del día 5 y muestra permanentes aumentos hasta el final de la maduración, en donde alcanza valores promedio de 2,73 ppm. Este último, está relacionado con los procesos de degradación de los frutos. En la figura 5, se observa el comportamiento de los ácidos orgánicos en los frutos de piña nativa. El análisis estadístico no mostró el efecto del tiempo sobre la acumulación de los ácidos orgánicos en los frutos (tabla 2).

Durante la maduración los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares, permaneciendo como una reserva energética de la fruta, es de esperarse que su contenido decline en el periodo de máxima actividad metabólica. No obstante, se presentan algunas excepciones, en los que alcanzan sus tasas más elevadas durante el desarrollo de la maduración, como en el caso de los plátanos y las piñas (Azcon-Bieto y Talón, 1993; Wills *et al.*, 1990).

Asimismo, el comportamiento de la acidez en el fruto de piña nativa cv. India concuerda con el metabolismo ácido de las crasuláceas, el cual se caracteriza por la acumulación de nocturna

de ácidos orgánicos en las vacuolas de las células parenquimáticas. La acidificación producida por la acumulación de malato es la causa de que las plantas CAM se presenten "agrias" por la mañana y dulces al final del día, luego de que la fotosíntesis ha convertido los ácidos en azúcares (Azcon-Bieto y Talón, 1993; Gil, 1994; Vickery, 1991). Debido a que los frutos son cosechados generalmente en horas de la mañana, es posible que esto haya contribuido con el contenido de ácidos en los frutos evaluados.

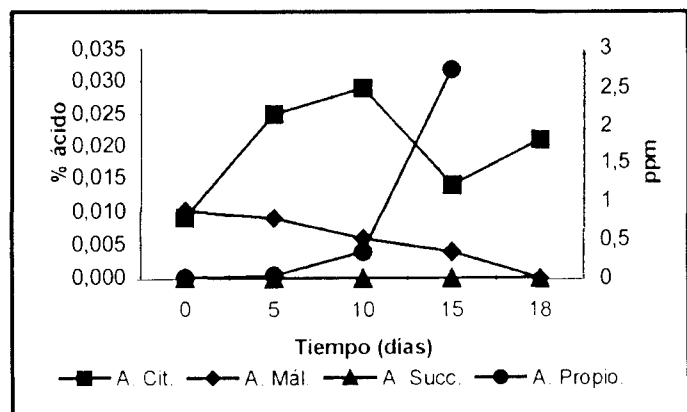


Figura 5. Ácidos orgánicos presentes en la maduración del fruto de piña nativa c.v. India

Azúcares y °Brix (SST) : Durante la maduración del fruto de piña nativa se observó un aumento progresivo en los SST alcanzando valores promedio de 14,6% el día 5, después de lo cual disminuyó hasta estabilizarse con un valor de 10,57% el día 15. El análisis estadístico (tabla 3), revela el efecto del tiempo sobre la acumulación de los SST indicando la disminución progresiva de estos a través del periodo de maduración. Tanto los azúcares totales como los reductores presentan un aumento progresivo a medida que transcurren los días de maduración, iniciando con valores de 5,09% para los azúcares totales y 3,23% para los azúcares reductores, los cuales aumentan hasta 6,22% y 3,17%, respectivamente, en el día 18 (figura 6). Sin embargo, el tiempo de maduración no ejerce ninguna influencia sobre la acumulación de estos (tabla 3), exceptuando la sacarosa la cual después de presentar una disminución en el día 10 continúa su aumento hasta el final del almacenamiento.

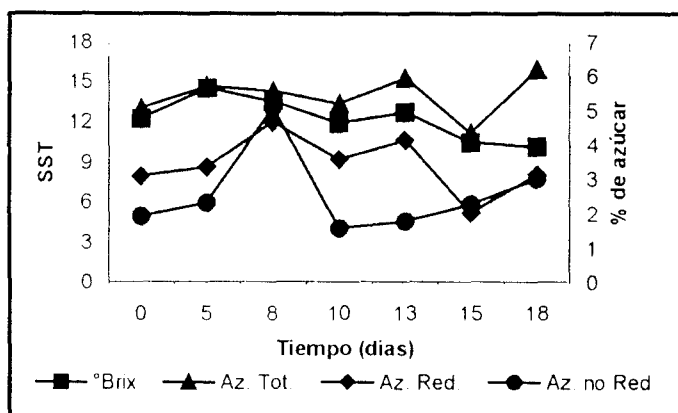


Figura 6. Comportamiento de los SST y los azúcares en la maduración de piña nativa

En la mayoría de frutos, el cambio más importante asociado a la maduración es la degradación de los carbohidratos poliméricos, donde el casi total contenido de almidón se convierte en azúcares (Wills *et al.*, 1990). Esto explicaría los bajos contenidos de azúcares en la piña nativa, ya que está no posee cantidades apreciables de almidón que le permitan obtener, después de un proceso metabólico, altos contenidos de azúcar. Asimismo, la acumulación de azúcares en frutos no climatéricos proviene de la savia y no de la degradación de reservas amiláceas (Wills *et al.*, 1990).

Índice de madurez: La tendencia de la relación SST/ATT fue en aumento hasta alcanzar un valor de 34,3 el día 5, momento en el que desciende a valores promedio de 25 en el día 10 del almacenamiento. Sólo hacia el final de la maduración, día 18, se observa de nuevo una disminución en la relación de madurez (figura 7). Pese a las variaciones el análisis estadístico no mostró diferencias significativas (tabla 2). Este comportamiento está estrechamente relacionado con el conducta de la ATT del fruto, ya que para los días indicados (10 y 18), el fruto presenta los máximos contenidos de acidez, disminuyendo de esta forma la relación de madurez. El índice de madurez se encuentra relacionado con el punto óptimo de sazón del fruto, por lo tanto puede decirse que este estado indica el momento apropiado de consumo (Hernández *et al.*, 1994; Téllez *et al.*, 1999). En el caso de la piña, la relación SST/ATT, debe encontrarse entre 21-27 (Pantástico, 1984), de acuerdo con esto parece ser que ese pun-

to de sazón se encuentra entre los días 5 y 15 del desarrollo de la maduración, después de la cosecha.

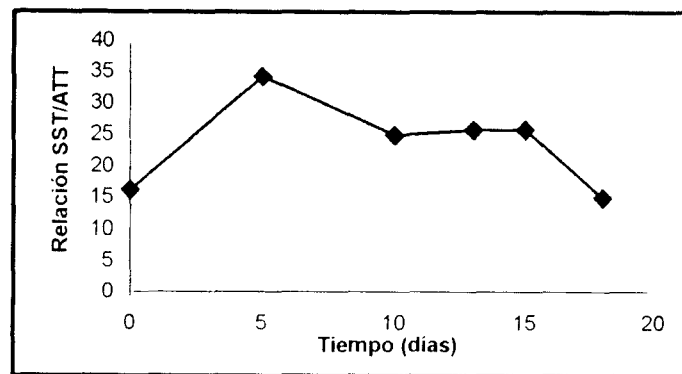


Figura 7. Índice de madurez del fruto de piña nativa c.v. India

Tabla 3. Análisis de Varianza para los SST y los azúcares en el fruto de piña nativa c.v. India

F de V	GL	SST	Azúcares Reductores	Azúcares Totales	Sacarosa
Tiempo	3	13,74**	2,52 n.s.	0,42 n.s.	1,27*
MC	1	0,12 n.s.	3,2 n.s.	2,16 n.s.	0,10 n.s.
Error	21	1,71	2,95	4,05	0,394

Tiempo: Días de Almacenamiento, MC: Maduración Complementaria

Vitamina C: En la piña nativa durante el periodo de maduración, se observó un aumento en el contenido de ácido ascórbico a partir del día 5, registrando un valor máximo de 10,85 mg/100 g de muestra el día 15. Este valor coincide con los valores reportados por Samson (1991), quien menciona que el contenido de vitamina C en los frutos de piña varía entre 8-30 mg/100 g. Las diferencias estadísticamente significativas (tabla 2), revelan el efecto que el tiempo de maduración ejerce sobre la acumulación de la vitamina C en el fruto (figura 8). Este criterio de clasificación puede ser muy útil al seleccionar frutos para la conservación en frío, ya que altos contenidos de ácido ascórbico previenen las lesiones por enfriamiento en frutos de piña susceptibles a las bajas temperaturas (Lee y Kader, 2000; Paull y Chen, 2000 y Seymour *et al.*, 1993).

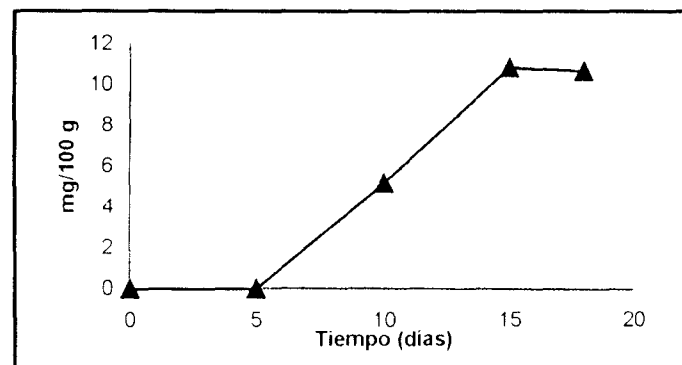


Figura 8. Contenido de vitamina C en el fruto de piña nativa c.v. India

Calidad: Los frutos de piña nativa mostraron prematuramente signos del desarrollo de la senescencia, los cuales se hicieron evidentes el día 10, momento en el cual varios frutos presentaron aromas extraños e iniciaron su proceso de descomposición. Se observó una considerable pérdida de peso, deshidratación en el epicarpio de las frutas y la presencia de pudriciones causadas por hongos y levaduras. Sin embargo, aunque gran parte de las piñas alcanzó el periodo máximo de almacenamiento (18 días), se encontró en cada muestreo alguna fruta con serias alteraciones de calidad.

Las alteraciones de calidad más visibles fueron las relacionadas con el daño por hongos e insectos plaga, en especial, se advirtió la presencia de escamas (*Diaspis bromeliea* Kerner) sobre el epicarpio del fruto en la zona cercana a la base. Así mismo, el daño denominado pudrición del fruto o pudrición negra, causado por *Thielaviopsis paradoxa* De Seynes, se inició de la base del fruto hacia la corona, se presentó como una pudrición negra acuosa que invadía el corazón del fruto y se extendía hacia el mesocarpio (Paull y Chen, 2000; Paull, 1997; Salazar y García, 1996; Serna, 1998; Snowdon, 1990). Estos daños deben ser evitados con una adecuada selección y la desinfección inmediata de los frutos para lograr su correcta comercialización.

La evaluación sensorial reveló el detrimento de la calidad en la apariencia, color y textura del fruto de piña nativa cv. India durante el tiempo de maduración. Se observó que el día 8 se presenta una fruta de buena apariencia y sabor agradable, que luego, en el día 18 presenta magulladuras, manchas y aroma y sabor muy fuertes, características que hacen a la fruta poco apetecible.

El análisis del proceso de maduración de piña nativa cv. India, permitió establecer un periodo de vida útil de 18 días después de la cosecha. Durante el transcurso de la maduración el fruto de piña presentó un patrón no climatérico, en este se observó un incremento en el contenido de vitamina C, ácidos orgánicos y azúcares. El periodo de Maduración Complementaria, que simuló un tiempo en estante de venta, no mostró ninguna diferencia estadística significativa con respecto a las variables evaluadas.

LITERATURA CITADA

AZCON-BIETO, J. y TALON M. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw Hill. 1ª Edición. España. p. 463-478. 1993

BARRERA, J.A. Parámetros e índices de recolección de frutas amazónicas promisorias de la Amazonia occidental colombiana. En: Memorias Seminario "Tecnologías de Recolección y Manejo Postcosecha de Frutas Amazónicas con Potencial Económico y Comercial en la Amazonia Occidental Colombiana". Universidad de la Amazonia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". PRONATTA. Florencia, Caquetá. 2000

BARTHLOMEW, D.P. & PAULL R.E. Pineapple. En: Handbook of Fruit Set and Development. Editado por Shaul P. Monselise. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida. p. 371-386. 1986

BECERRA, N. y CHAPARRO, M. Morfología y anatomía vegetal. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p. 147-162. 1999

BIALE, J.B. & YOUNG, R.E. Respiration and ripening in fruits. Retrospect and Prospect. En: Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables. Editado por J. Friend & M. Rhodes. Academic Press Inc. London. p. 1-39. 1981

CASTRO, L., ECHEVERRY, G., SALAZAR, R. y PINON, A. Efecto de la temperatura en el almacenamiento de dos variedades de piña, Cayena Lisa y Manzana. En: Memorias 1er Simposio Latinoamericano de Piñicultura. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Cali. 1993

DULL, G. G. & LEEPER, G.F. Ultrastructure of polysaccharides in relation to texture. En: Postharvest biology and handling of fruits and vegetables. Editado por N.F. Haard & D.K. Salunkhe. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 55-61. 1980

DULL, G., YOUNG, R. & BIALE, J. Respiratory patterns in fruit of pineapple, *Ananas comosus*, detached at different stages of development. *Physiologia Plantarum* 20, 1059-1065. 1967

FAO, Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Serie Tecnología poscosecha N° 6. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Oficina Regional para América Latina y el Caribe y la Red de Información sobre Operaciones en Poscosecha (INPho). <http://www.fao.org/WAIRdocs/x5403s/x5403s00.htm>

GARCIA-LUIS, A., SANTAMARINA, P. y SAMO, A.J. Morfología vegetal. Departamento de Biología Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia. España. 1988

GIL M., F. Elementos de fisiología vegetal. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. p. 667-714. 1994

GUARINONI, A. Efecto del estado de madurez de los frutos a la cosecha sobre su conservación. En: 2º Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 3er Simposio. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá. p. 29-38. 2000

HERNANDEZ, M.S., MARTINEZ, O. y ORTEGON, B. Cambios fisiológicos y fisicoquímicos durante el desarrollo del fruto de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Av. Sendt). *Revista Comalfi*. Vol. 21 (1), 14-19. 1994

HERRERO, A. y GUARDIA, J. Conservación de frutos. Manual técnico. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 409 p. 1992

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. Compendio de agronomía tropical. Tomo II. Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. p. 305-317. 1989

LANDWEHR, T. y TORRES, F. Manejo poscosecha de frutas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Tunja. 233 p. 1995

LEE, S.K. & KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20, 207-220. 2000

LETANG, G. Frutas y hortalizas: refrigeración y pérdida de agua. En: Alimentación, Equipos y Tecnología. p. 29-36. 1997

LEON, J. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. San José. Costa Rica. p. 83-87. 1987

MAHECHA, G. Evaluación sensorial en el control de calidad de alimentos procesados. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá. 134 p. 1985

- NAKASONE, H.Y. & PAULL, R.E. Tropical Fruits. CAB International. Nueva York. USA. p. 292-327. 1998
- Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). . Edición 13. Editado por William Horwitz. Washington. p. 360, 366, 507- 508, 513, 547-548. 1980
- PANTASTICO, E.R. Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. 2ª Edición. Editorial Limusa. Mexico. 1984
- PAULL, R.E. and CHEN, C.C. Pineapple. Postharvest quality maintenance guidelines. Un published. 2000
- PAULL, R.E. Pineapple. En: Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. Editado por S.K. Mitra. CAB INTERNATIONAL. Nueva York, USA. p. 291-323. 1997
- PULIDO B., P. Caracterización de la biología floral de la piña nativa en el piedemonte caqueteño y su respuesta a la inducción con etileno. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología. Universidad de los Andes 2000
- PULIDO, P., HERNANDEZ, M.S., BARRERA, J., MARTINEZ, O. y PAEZ, D. Desarrollo reproductivo de la piña nativa en el piedemonte amazónico colombiano y su respuesta a la inducción con etileno. En: 2^{do} Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 1^{er} Simposio. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá. p. 144. 2000
- RENTERIA, S.I. Oferta de las especies vegetales promisorias de la Amazonia Colombiana. Tomo I. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". p. 85-112. 1996
- SAAVEDRA, S. El cultivo de piña. En: Producción de frutales en el Valle del Cauca. ASIAVA, Secretaria de agricultura y Fomento del Valle y Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. p. 143 - 154. 1987
- SABORIO, O. y CAMACHO, O. Evaluación del manejo poscosecha y factores de rechazo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) var. Cayena Lisa y Champaca F-134 para exportación, de la zona norte de Costa Rica. En: Memorias 1^{er} Simposio Latinoamericano de Piñicultura. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Cali. 1993
- SALAZAR C., R. y GARCIA, A. Control de enfermedades y plagas en la piña. ICA, Boletín de Sanidad Vegetal N° 9. Bogotá. 1996
- SAMSON, J. Fruticultura tropical. Limusa- Noriega. México. p. 229-258. 1991
- SAS. Users guide. Editado por J.T. Helwig & K.A. Council. SAS Institute Inc. Raleigh, North Carolina. 1979
- SERNA V., J. El cultivo de la piña. Manual Técnico. Fedecafé-Proexport. Produmedios. 114 p. 1998
- SEYMOUR, G.B., TAYLOR J.E & TUCKER G.A. Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall. London. Gran Bretaña. p. 123-143. 1993
- SNOWDON, A.L. A color atlas of post-harvest, diseases & disorders of fruits and vegetables. Volume 1: General introduction and fruits. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida. p. 155-162. 1990
- STEEL, R.G. y TORRIE, J.H. Bioestadística. Principios y aplicaciones. McGraw Hill. Bogotá. 622 p. 1993
- STERLING, C. Anatomy of toughness in plant tissues. En: Postharvest biology and handling of fruits and vegetables. Editado por N.F. Haard & D.K. Salunkhe. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 43-54. 1980
- TELLEZ, C. P., FISCHER, G. y QUINTERO, O. Comportamiento fisiológico y fisico-químico en la poscosecha de curuba de castilla (*Passiflora mollissima* Bailey) conservada en refrigeración y temperatura ambiente. Agronomía Colombiana 16 (1-3), 13-18. 1999
- VICKERY, M.L. Ecología de plantas tropicales. Editorial Limusa S.A. de CV. Grupo Noriega Editores. México. p. 109-125. 1991
- WILLS, R.H.H., LEE, T.H., McGLASSON, W.B., HALL, E.G y GRAHAM, D. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Editorial Acribia. España. p. 18-110. 1990