

MADURACION DE LOS FRUTOS DE LAS VARIEDADES DE MANGO TOMMY ATKINS Y KENT, BAJO TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CONTROLADAS

EDILBERTO LAGOS ROA¹

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo entre finales del año de 1987 y comienzos del año 1988 en el laboratorio de fisiología vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede de Bogotá. El objetivo principal del trabajo consistió en determinar algunos índices que permitieran conocer los momentos más adecuados de maduración de los frutos de mango en las variedades Tommy Atkins y Kent. Para el efecto, se midió la tasa de respiración durante la maduración del fruto y simultáneamente se determinaron los contenidos de: azúcares totales, almidón, sólidos solubles, acidez titulable, pH y características organolépticas.

Los resultados permitieron concluir que se pueden emplear como índices de maduración: los contenidos mínimos de almidón y acidez titulable, los altos y estables contenidos de azúcares totales, un pH por encima de 4,8 y también las características organolépticas como coloración, aroma y consistencia.

Palabras clave: maduración, Tommy Atkins, Kent, maduración de mangos.

¹ Profesor Asistente. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Apartado 568.

ABSTRACT

FRUITS RIPENING OF MANGOES TOMMY ATKINS AND KENT VARIETIES UNDER CONTROLLABLES TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY.

This search was made at the end of 1987 and at the beginning of 1988 in the vegetal physiology laboratory of Agronomy Faculty at the National University of Colombia in Bogotá city.

The most important objective of this work was to determine some indexes that let know the best time of fruits ripening in the Tommy Atkins and Kent varieties. For that purpose was measured the breathing rate through ripening, and simultaneously fixed the total contents of sugar, starch, soluble solids, title acidity, pH and organoleptic characteristics.

Results showed that it is possible to use as ripening indexes, the followings: the minimum starch and acidity contents, the high and stable total sugar contents; a pH above 4,8 and organoleptic characteristics such as coloration, fragrance and consistency.

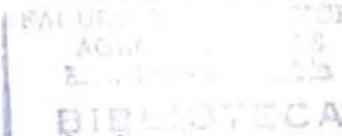
Key words: ripening, Tommy Atkins, Kent, mangoes ripening.

INTRODUCCION

La calidad de los frutos para consumo en fresco está muy relacionada con el manejo del cultivo, con el momento de cosecha y con las condiciones de manejo suministradas en la poscosecha.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar algunos parámetros que sirviesen de medida de las características óptimas de maduración de frutos de mango en las variedades Tommy Atkins y Kent, tomando como base para ello los cambios presentados en la tasa de respiración del fruto y paralelamente registrar los cambios que ocurren en los contenidos de azúcares, carbohidratos totales, almidón, sólidos solubles y también los cambios en la acidez, pH y las características organolépticas.

Los resultados permitieron establecer que el pico climatérico en la tasa de respiración es un índice confiable, indicativo de que el fruto ha alcanzado su óptima maduración y que paralelamente a los cambios presentados en la



tasa de respiración se presentan cambios en los contenidos de azúcares, almidones, pH, textura, color, aroma y consistencia que permiten establecer algunos parámetros que señalan el momento óptimo de maduración.

REVISIÓN DE LITERATURA

Maduración del fruto de mango

Respiración. El fruto de mango presenta una tasa alta de respiración durante el proceso de maduración y es considerado como un fruto climatérico. La intensidad respiratoria cambia con la variedad y la temperatura ambiente (Medina, 1981).

En la Figura 1 se presenta una curva patrón de respiración que corresponde a la maduración del fruto de mango a 28°C. Allí se observan las cuatro fases siguientes: preclimatérica, elevación climatérica, pico climatérico y senescencia (Medina, 1981).

Según Chadka y Singh (1964) citados por Medina (1981), cuando el fruto se cosecha fisiológicamente maduro² en los primeros días ocurre una disminución en la tasa de respiración (preclimatérico); luego entre los dos y cinco días, esta tasa se eleva rápidamente (elevación climatérica); después de nueve días el fruto está maduro³ (pico climatérico) con buena textura y coloración; al décimo día comienza a disminuir la tasa de respiración, el fruto se torna blando y desprende un fuerte aroma, lo que indica una maduración excesiva (senescencia), en este último estado el fruto presenta una mayor susceptibilidad a los microorganismos.

Chadka y Singh (1964) citados por Medina (1981) encontraron que el estado de madurez fisiológica en que se cosecha el fruto influye en gran medida en su tasa de respiración durante el proceso de maduración. Así, los frutos cosechables muy verdes no maduran adecuadamente y los cosechados en un estado de madurez fisiológica avanzada entran en senescencia rápidamente (Figura 2).

Cambios físicos y químicos

Durante el proceso de maduración el fruto libera calor, agua y simultáneamente pierde peso. Si no se controlan las reacciones químicas que se presentan internamente en el fruto, utilizando baja temperatura y alta humedad relativa, puede ocurrir la pérdida irreversible de su calidad (Medina, 1981).

2 Equivalente a la palabra inglesa maturity

3 Equivalente a la palabra inglesa ripening

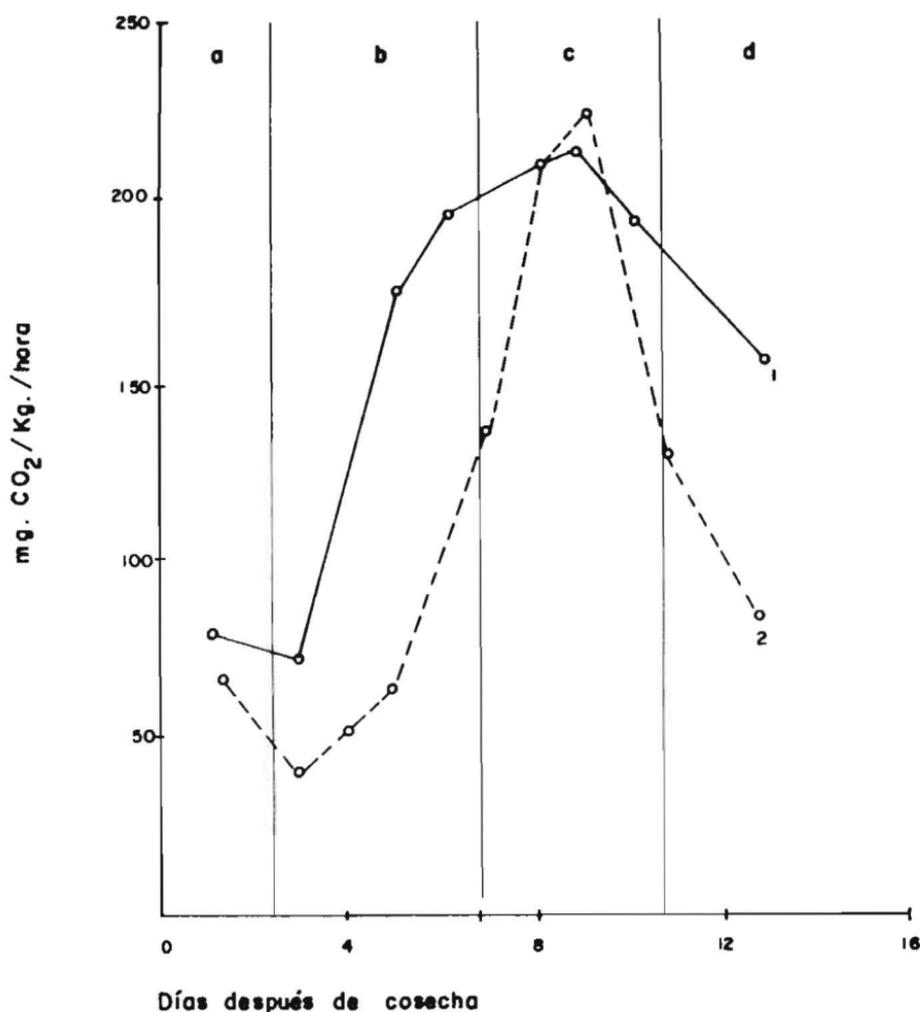


FIGURA 1. Curva patrón de la tasa respiratoria durante la maduración. a) Preclimático. b) Elevación climática. c) Pico climático. d) Senescencia. 1. Fruto seleccionado. 2. Fruto al azar. Tomado de Medina (1981).

En investigaciones sobre maduración de mango a temperaturas entre 22 y 28°C, Passera y Alí (1979) encontraron como cambios en la variedad Dodo ligera disminución del contenido de agua (de 86,8% a 85%), contenido estable de cenizas y proteína total, aumento pronunciado del contenido de sacarosa (4,0 a 14,3 g/100 g de pulpa), aumento del contenido de sodio, ligero aumento del contenido de potasio y ligera disminución del contenido de fósforo, aumento del pH (3,3 a 4,8), aumento de la tasa de respiración (de 30 ul a 200 ul de CO₂/hora/g de peso fresco), pronunciada disminución de la clorofila total tanto en la epidermis como en la pulpa, ligera disminución del contenido de aminoácidos totales (de 0,526 a 0,368 g de peso fresco).

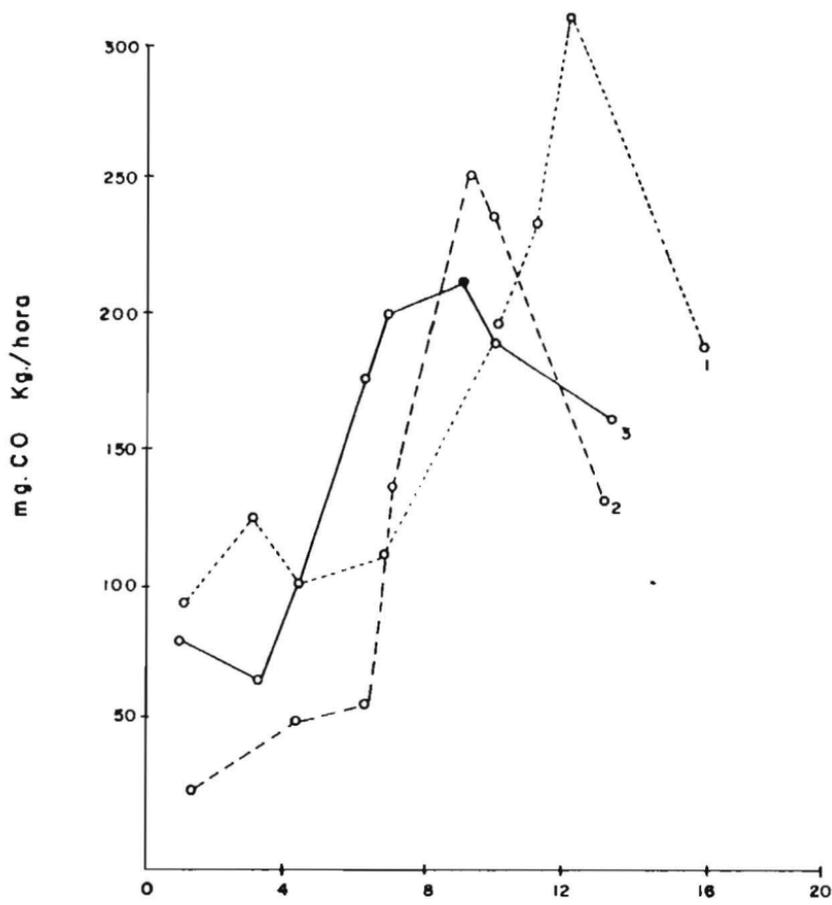


FIGURA 2. Patrones de respiración de mango. 1) Fruto muy verde. 2) Fruto con maduración fisiológica óptima. 3) Fruto con maduración fisiológica avanzada. Tomado de Medina (1981).

Medlicott y Thompson (1985) en investigaciones con frutos de la variedad Keitt, encontraron que las tendencias en la maduración eran similares a aquellas reportadas para los frutos climatéricos. Los azúcares aumentaron de dos a tres veces después de siete días de almacenamiento, la acidez titulable disminuyó cinco veces al noveno día. Estas tendencias estuvieron correlacionadas con cambios en las proporciones azúcares/acidez, la cual aumentó a lo largo de la maduración. La proporción azúcares totales/sólidos solubles aumentó hasta el séptimo día.

En investigaciones realizadas sobre maduración de frutos de mango,

Kryshnamurthy, Jain y Bathia (1960) citados por Medlicott y Thompson (1985); Agnihortri, Kapoor y Srivastava (1963) citados por Medlicott y Thompson (1985); Morga et al (1979), Medlicott y Thompson (1986 b) y Tripathi (1980) citado por Medlicott y Thompson (1985) encontraron también un aumento en la proporción azúcares totales/acidez.

Roe y Bruemmer (1981) al estudiar los cambios en las sustancias pécticas de frutos, encontraron que el ablandamiento de la pulpa, medido como resistencia a la fuerza de corte, estuvo acompañado de una rápida disminución de los sólidos insolubles en alcohol (SIA). Desde un valor alto de 60% en los frutos con madurez fisiológica, los SIA disminuyeron sólo el 18%, con base en pulpa seca, en la madurez. La mayor parte de esta disminución se explica por la conversión del almidón SIA a azúcares solubles.

Subramanyan *et al* (1972) citados por Roe y Bruemmer (1981) demostraron que en los mangos maduros los SIA disminuyen rápidamente y paralelamente aumentan los azúcares y los sólidos solubles totales. También la disminución de los SIA reflejan la conversión de sustancias pécticas a compuestos solubles en alcohol, puesto que el contenido total de pectina disminuye desde 49,3% a 38,4% de los SIA.

La distribución de las sustancias pécticas en los SIA cambia durante la maduración, a medida que el fruto pierde firmeza, tanto la fracción soluble en agua como la fracción soluble en álcali disminuyen y la fracción soluble en oxalato de amonio aumenta ligeramente. La disminución progresiva de la fracción soluble en álcali muestra una mejor correlación (0,91), que las otras fracciones de pectinas, con la pérdida de resistencia al corte, debido a que la pectina soluble en álcali está estructuralmente ligada a la pared celular. Esta relación sugiere que el ablandamiento de la pulpa durante la maduración se debe a la desintegración de la pared celular como consecuencia de la desintegración de las pectinas que se hallan ligadas a su estructura (Roe y Bruemmer, 1981).

Efectos de la temperatura

Medlicott, Stephen y Thomson (1986b) al estudiar los efectos de la temperatura de almacenamiento en frutos de la variedad Tommy Atkins, encontraron que aquella afecta en forma diferente el desarrollo de color, aroma y textura. Los frutos almacenados a 12°C durante 16 días no maduran con buena calidad de consumo. Los niveles de azúcares son similares a los contenidos de aquellos frutos sometidos a temperaturas mayores, sin embargo, poseen un mayor contenido de ácidos, bajos contenidos de carotenoides en la pulpa, retienen alguna coloración verde y presentan

ablandamiento incompleto. Los frutos almacenados a 17°C presentan ablandamiento y cambio de color a un nivel aceptable, pero la pulpa no alcanza su coloración característica. A pesar de poseer un contenido alto de azúcares, la proporción azúcares/acidez, es baja, como consecuencia del alto contenido de ácidos. Los frutos almacenados a 22°C, 27°C y 32°C presentan características de buena calidad. Los frutos sometidos a 37°C, aunque tienen buena calidad, la epidermis presenta moteamiento y la pulpa contiene una menor proporción de azúcar/ácido.

En un buen número de frutos, el metabolismo y por tanto el desarrollo de color depende de la temperatura. Los efectos de la temperatura sobre el metabolismo del pigmento en mango parece que están influenciados también por la variedad: (Medlicott *et al*, 1986).

Hatton, Reeder y Cambell (1965) citados por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986a), en estudios sobre maduración de frutos de mango de la variedad Florida, encontraron que a temperaturas de almacenamiento entre 26° y 32°C, aquellos presentan con frecuencia un moteado de la epidermis, lo que indica una inhibición de la degradación de la clorofila. Este moteamiento no se presenta en la variedad Keitt almacenada a 26,7°C.

Resultados similares se reportan para la variedad Tommy Atkins, en la cual se inhibe la pérdida de color verde a 37°C, mientras que esto no se presenta en las variedades Kent y Haden (Medlicott, Mohinder y Reynolds, 1986a).

Yoshioka, Veda y Ogata (1978) citados por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986a) reportan que el desverdeamiento en banano se inhibe por encima de 30°C. Investigaciones en tomate llevadas a cabo por Ogura, Nakayawa y Takeana (1975) demuestran que la destrucción de la clorofila ocurre más rápidamente a 33°C que a temperaturas más bajas, aunque la síntesis de licopeno se inhibe a 33°C. Stewart y Wheaton (1972) citados por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986a) encontraron que en cítricos la acumulación de carotenoides se inhibe a 30°C o más.

Cambio de color

Los cambios del color natural del epicarpo durante la maduración aparecen como resultado de la pérdida de clorofila y la síntesis de carotenoides. Las proporciones de clorofila a/b disminuyen desde 2,2 a 0,8, lo cual indica la destrucción preferencial de la clorofila a (Medlicott, Mohinder y Reynolds, 1986a). Kalra y Tandon (1983) citados por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986a) reportan que, en frutos maduros de la variedad de mango Dashehari, la clorofila disminuye hasta cantidades indistinguibles y que la clorofila b

predomina durante la maduración. Knee (1972) citado por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1985) reporta en manzanas este mismo fenómeno.

El contenido total de carotenoides en la epidermis del fruto de mango aumenta aproximadamente unas cinco veces durante la maduración. Por tanto el desarrollo de la coloración amarilla posiblemente se debe a la destrucción de la clorofila y síntesis de carotenoides (Medlicott, Mohinder y Reynolds, 1986a).

En el mango la destrucción de la clorofila ocurre a tasas mayores que la síntesis de carotenoides. El fruto se desverdea a un nivel constante después de nueve días, mientras el máximo contenido de carotenoides se alcanza después de doce días. A los seis días se alcanzan las máximas tasas de producción de etileno y CO₂ acompañadas de cambios de textura y pérdida de acidez que se completan a los nueve días; los sólidos solubles aumentan hasta más allá del décimo segundo día. De esta manera la tasa y extensión de la pérdida del color verde están relacionadas con el grado de madurez (Medlicott, Mohinder y Reynolds, 1986a).

Faragher y Brohier (1984) citados por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986b) encontraron que al suministrar luz intermitente a manzanas, se limita la acumulación de antocianina debido a la limitación de la enzima fenilalanina amonioliasa (PAL). La reducción en la exposición a la luz produce una menor inducción de PAL y en la oscuridad la enzima se inactiva.

Faragher (1983) citado por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986a) demostró que la temperatura y la luz son factores importantes en la acumulación de antocianos en la maduración de manzanas Jonathan, pues afectan el nivel de actividad de PAL. Además, Faragher y Brohier (1984) citados por Medlicott, Mohinder y Reynolds (1986b) consideran que el etileno induce una rápida acumulación de antocianinas durante la maduración, mediante el aumento del nivel de PAL en la epidermis.

Acción del etileno en la maduración

Es probable que en los frutos climatéricos el etileno desempeñe por lo menos tres papeles diferentes durante la maduración: como componente de un sistema de factores hormonales que controlan la inducción del proceso de la maduración y los cambios desde el crecimiento hasta senescencia; como un producto del mismo proceso de la maduración, debido a su producción autocatalítica por encima de los niveles óptimos; la gran producción secundaria de etileno puede jugar un papel en la coordinación de otros cambios en la maduración (Rhodes, 1983).



MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo durante el segundo semestre de 1987 y primer semestre de 1988 en el laboratorio de fisiología vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede de Bogotá.

Para dicho trabajo se tomaron 30 frutos de cada una de las variedades Tommy Atkins y Kent, de un cultivo ubicado en el municipio de Viotá (Cundinamarca). Estos frutos provenían de árboles seleccionados al inicio de la floración y en los cuales se habían marcado las panículas con el objeto de realizar un estudio sobre el desarrollo de los frutos de mango.

Los sesenta frutos cosechados se lavaron, se enfriaron en agua a 10°C durante una hora, se trataron con Benlate al 0.2% durante dos minutos y luego se empacaron y transportaron al laboratorio en una caja de Icopor a 12°C.

Al llegar las muestras al laboratorio se dejaron por dos horas a temperatura ambiente (20°C) y luego se colocaron en una incubadora "Precision" a 22°C ± 1°C. Diariamente se abría la incubadora para facilitar la salida de gases acumulados. La humedad relativa se mantuvo al 85% usando una mezcla de ácido sulfúrico y agua, colocada en una vasija de porcelana y ubicada en la parte inferior dentro de la incubadora.

Cada dos días se retiraron dos frutos por variedad y se les hicieron los siguientes análisis:

1. tasa de respiración: se obtuvo por titulación de una solución 0.05N de hidróxido de bario, contenida en un tubo de Petenkoffer en donde se recogió el CO₂ proveniente de la respiración de los frutos, con ácido oxálico 0.05N y una temperatura de 22°C ± 1°C,
2. contenido de azúcares: se utilizó el método de Lane-Eynon (referencia). Para los análisis se tomaron 10 g de muestra cada vez. Los azúcares reductores se midieron por titulación con Fheling, tomando alícuotas de 5 ml de solución A y B respectivamente. Los azúcares totales se determinaron como azúcares invertidos mediante hidrólisis con HCl en dilución acuosa 1:1. El contenido de sacarosa se obtuvo por diferencia entre azúcares totales y reductores,
3. contenido de almidón: se empleó el método de antrona-ácido sulfúrico, estandarizado por Uribe y Dupont (1980), a partir del extracto del residuo derivado de la muestra original de 10 g de pulpa

homogenizada, de la cual se hizo extracción de azúcares. El tiempo de reacción antrona-muestra fué de 7.5 minutos y 35 minutos de reposo para luego leer a 630 nm,

4. acidez: se utilizó fenolftaleina como indicadora y se tituló con NaOH a pH 8.1 y 8.2 para todos los casos. la acidez se expresó en % de ácido cítrico, mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{\text{Vol. NaOH} \times N \times 100 \times \text{meq. ácido cítrico}}{\text{peso de la muestra}}$$

5. sólidos solubles: para el efecto se utilizó una gota de jugo extraída por presión de la pulpa envuelta en un lienzo de algodón. La lectura se hizo en un refractómetro Carlzeiss,
6. pH: se determinó con un potenciómetro Bechman de lectura digital y sobre una solución de pulpa en agua en proporción de 1:4,
7. textura: se midió la resistencia de la pulpa con un penetrómetro de mano de intervalo 0 a 25 kg/cm²,
8. color: sólo se describió el cambio de color al término de la maduración con relación al color típico de la variedad,
9. características organolépticas: estas características se registraron con la participación de cinco personas voluntarias del laboratorio y sobre frutos en los cuales la tasa de respiración había pasado ya por el pico climatérico y mostraban otros síntomas de plena madurez.

RESULTADOS Y DISCUSION

Maduración del fruto de mango

La maduración de los frutos incluye una serie de cambios que representan los estados iniciales de la senescencia y en los cuales se alteran la estructura y composición de los frutos maduros, a tal punto que se hacen aceptables para comer (Rhodes, 1983).

Tasa de respiración

Teniendo en cuenta los conceptos planteados por Singh, Seshagiri y Gupta (1936) y Chadka y Singh (1964) citados por Medina (1981) acerca de las fases de la tasa de respiración durante el desarrollo de los frutos de mango (Figuras 1 y 2), se pueden trazar las curvas patrones de las tasas de

respiración de postcosecha de las variedades Tommy Atkins y Kent, partiendo de los resultados que se presentan en las Tablas 1 y 2.

Para la variedad Tommy Atkins, la fase preclimática está comprendida entre los 81 y 88 días a partir del estado "E₂"⁴ del desarrollo del fruto, y para la variedad Kent entre los 90 y 97 días, a partir del mismo estado (Figuras 3 y 4). La fase de elevación climática, en la riedad Tommy Atkins, se inicia a los 88 días y termina a los 104 días, cuando se alcanza el pico climático, con una tasa máxima de respiración de 81,2 mg CO₂/kg/hora. En la variedad Kent, la fase de elevación climática se inicia a los 97 días y termina a los 110 días, cuando el pico climático alcanza una tasa máxima de respiración de 65.15mg CO₂/kg/hora. Inmediatamente después de alcanzados los picos climáticos los frutos entran en la fase de senescencia.

Como se puede apreciar en las Tablas 1 y 2 y en las Figuras 3 y 4, los frutos se cosecharon dentro de la fase de elevación climática, lo cual pudo influir para que los frutos entraran más rápidamente en la fase de senescencia, especialmente en la variedad Tommy Atkins, puesto que ésta se cosechó en un estado más avanzado de la fase de elevación climática. Tal como lo señalan Akamine y Goo (1973), Lakshminarayana, Subhadra y Subramanyan (1970) y Mukerjee (1959), el estado de madurez fisiológica en que se cosechan los frutos tiene gran influencia sobre la respiración durante el proceso de la maduración; los frutos cosechados muy verdes no maduran adecuadamente y los cosechados en estado avanzado de madurez fisiológica, entran en senescencia rápidamente.

En las variedades objeto de este estudio, las tasas de respiración anteriores a la cosecha podrían estar indicando la posibilidad de realizar una cosecha más temprana, lo cual aumentaría el tiempo de postcosecha y disminuiría los riesgos de los frutos en el árbol.

Contenido de carbohidratos

Contenido de azúcares totales. Simultáneamente a la fase de elevación climática, en las tasas de respiración, se presenta un aumento considerable del contenido de azúcares totales, los cuales se estabilizan después de alcanzado el pico climático, alrededor del 11% en la variedad Tommy Atkins y del 13% en la variedad Kent (Figuras 3 y 4).

El comportamiento de los azúcares totales es similar en las dos variedades,

4 "E₂": corresponde al estado de alfiler en el desarrollo del fruto.

la diferencia está en que en la variedad Kent el contenido de azúcares es mayor, lo cual contribuye a darle una mayor dulzura.

TABLA 1. Análisis químico durante el desarrollo del fruto de mango. Variedad Tommy Atkins.

No.	Días	Resp.	Contenidos de (g/100g)					N	Acidez	pH
			Az.	Alm.	Az+Alm.	S.S.				
01	17	591,46	-	-	-	-	-	-	-	
02	23	453,75	-	-	-	-	-	-	-	
03	30	163,04	0,92	1,93	2,85	8,4	1,89	0,994	4,2	
04	37	81,25	1,61	2,51	4,12	7,8	1,19	0,970	4,0	
05	44	55,94	2,02	3,14	5,16	7,5	1,19	0,992	3,9	
06	51	37,55	2,30	4,86	7,16	7,5	1,26	-	-	
07	59	32,70	2,48	5,92	8,40	8,1	0,84	0,954	4,6	
08	68	29,89	2,76	8,42	11,18	7,2	0,63	1,158	4,4	
09	75	27,74	2,88	10,39	13,27	6,8	0,91	1,216	4,4	
10	81	21,37	3,20	12,04	15,24	7,8	1,17	1,171	4,5	
11	88	20,33	5,14	9,73	14,87	7,2	-	1,109	4,7	
12	95	41,09	6,52	6,91	13,43	7,5	-	1,931	4,1	
13	98	55,43	7,80	4,72	12,52	10,5	-	0,917	4,1	
14	104	81,19	8,31	3,10	11,41	12,3	-	0,691	4,0	
15	105	78,65	9,58	2,08	11,67	12,6	-	0,208	4,6	
16	107	70,39	10,80	1,05	11,85	12,3	-	0,102	5,1	
17	109	70,35	10,65	1,10	11,75	-	-	-	-	

Resp. = respiración en mg CO₂/Kg/hora

Az = azúcares totales

Alm. = almidón

Az+alm. = Azúcares totales+almidón

S.S. = sólidos solubles

N = Nitrógeno

Acidez = expresada como % de ácido cítrico

TABLA 2. Análisis químico durante el desarrollo del fruto de mango. Variedad Kent.

No.	Días	Resp.	Contenidos de (g/100g)					Acidez	pH
			Az.	Alm.	Az+Alm.	S.S.	N		
01	22	297,20	-	-	-	-	1,82	-	-
02	30	262,59	-	-	-	-	-	-	-
03	36	140,19	1,97	3,70	5,67	7,4	1,16	0,618	5,1
04	42	74,80	1,90	4,01	5,91	7,6	-	0,448	4,7
05	48	49,54	2,08	4,37	6,45	7,8	-	1,171	4,5
06	55	46,44	2,30	5,10	7,40	8,0	0,61	1,472	4,4
07	62	44,88	2,43	6,23	8,66	7,2	0,63	1,316	4,4
08	70	39,11	2,38	7,61	9,99	8,0	0,92	1,216	4,6
09	76	32,62	2,95	8,34	11,29	6,5	0,50	1,427	4,7
10	83	29,26	4,87	9,48	14,35	6,5	0,75	1,363	3,2
11	90	28,17	5,65	11,56	17,21	6,2	0,53	0,986	3,5
12	97	26,68	6,10	12,10	18,20	6,8	0,95	0,768	3,7
13	100	33,24	6,14	11,32	17,46	6,5	-	0,723	3,7
14	101	34,51	6,30	10,53	16,83	7,1	-	0,736	3,9
15	104	37,90	7,23	7,28	14,51	8,0	-	0,928	3,7
16	107	59,25	9,02	5,62	14,64	9,4	-	1,101	3,7
17	110	65,15	11,21	3,14	14,35	12,8	-	0,578	3,9
18	113	59,18	13,52	2,30	15,82	14,8	-	0,301	4,7
19	114	53,41	13,14	1,02	14,16	14,4	-	0,262	4,8

Acidez = expresada como % de ácido cítrico

Resp. = respiración en mg CO₂/Kg/hora

Az = azúcares totales

Alm. = almidón

Az+alm. = Azúcares totales+almidón

S.S. = sólidos solubles

N = Nitrógeno

Acidez = expresada como % de ácido cítrico

* Días a partir del estado de alfiler del fruto.

El aumento del contenido de los azúcares totales y no reductores durante el estado de maduración del fruto es un hecho reportado por diferentes autores (Mukerjee 1959, Salisbury y Ross 1969, Passera y Alí 1979).

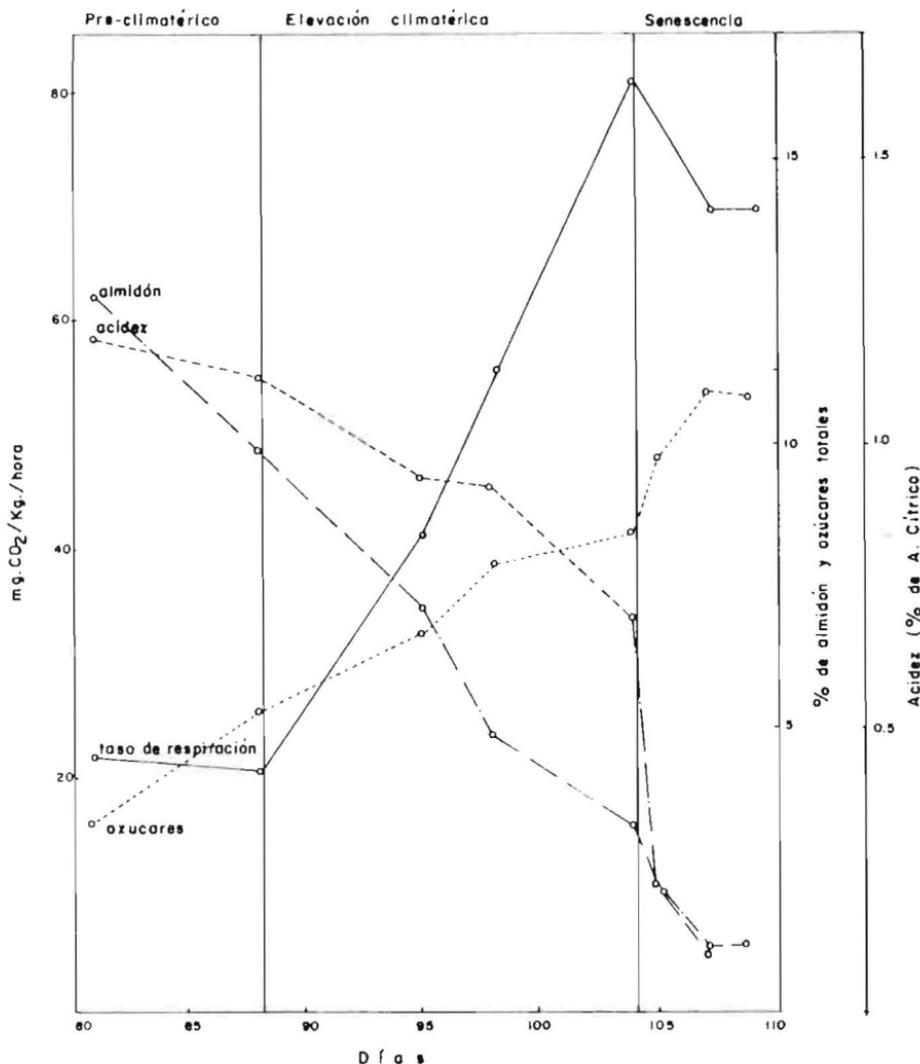
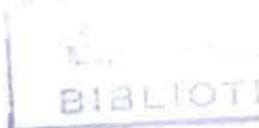


FIGURA 3. Tasa de respiración, % de almidón, azúcares totales y acidez durante la maduración del fruto de mango. Variedad Tommy Atkins.

Según Chadka y Singh (1964) citados por Medina (1981) cuando la tasa de respiración alcanza el pico climaterico el fruto está maduro, posee buena textura y coloración.

Contenido de almidón. Contrariamente a lo que ocurre en el contenido de azúcares, el contenido de almidón disminuye en forma considerable; alcanza valores aproximados del 1% en ambas variedades después de que la tasa de respiración pasa por el pico climaterico (Figuras 3 y 4).



Durante las fases de elevación climática y senescencia diferentes autores reportan acelerada disminución del contenido de almidón. Por ejemplo Roe y Bruemmer (1981) reportan que el ablandamiento del fruto estuvo acompañado de una rápida disminución de los sólidos insolubles en alcohol (SIA). Concluyen los autores que la mayor parte de esta disminución puede explicarse por la conversión del almidón SIA a azúcares solubles. Subramanyan et al (1972) citado por Roe y Bruemmer (1981), demostraron que en los frutos maduros de mango, los SIA disminuyen rápidamente y en forma simultánea aumentan los azúcares y los sólidos solubles totales.

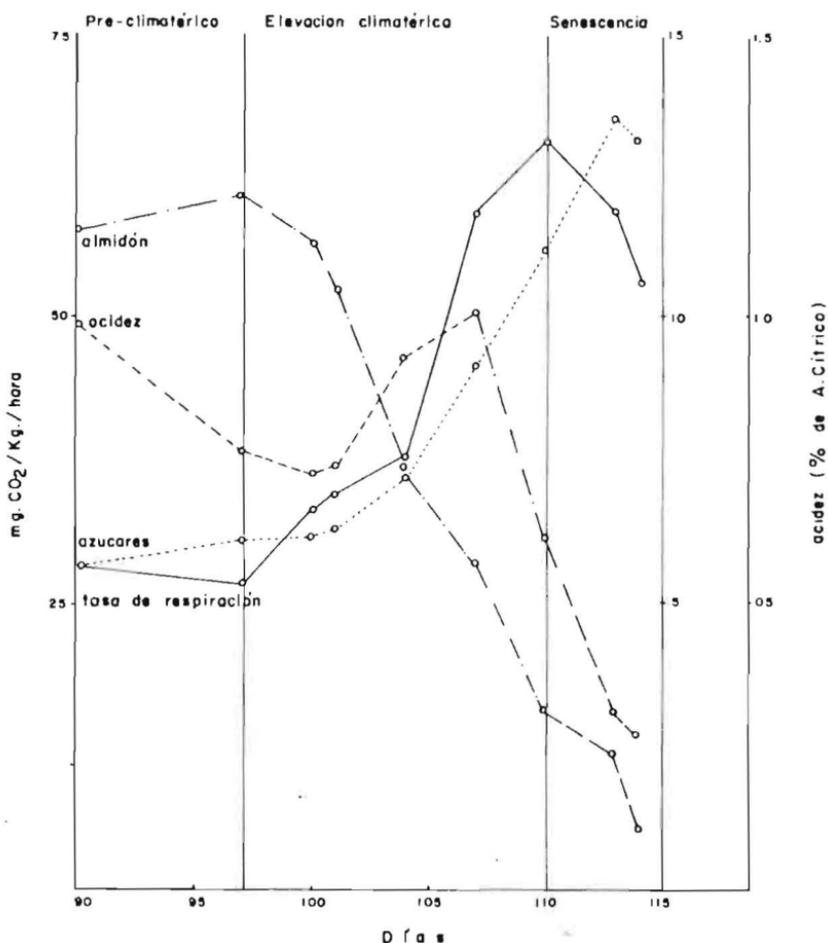


FIGURA 4. Tasa de respiración, % de almidón, azúcares totales y acidez durante la maduración del fruto de mango. Variedad Kent.

Contenido de sólidos solubles

Cuando las tasas de respiración de los frutos, en ambas variedades, entran en la fase de elevación climatérica, simultáneamente aumentan notoriamente los sólidos solubles y luego, una vez se ha alcanzado el pico climatérico, se estabilizan alrededor del 12% en la variedad Tommy Atkins y del 14% en la variedad Kent. Según Bain (1958) citado por Akamine y Goo (1973) el aumento de los sólidos solubles durante la maduración de los frutos obedece a un aumento en el contenido de los azúcares.

Acidez

La acidez disminuye considerablemente a partir del momento en que se alcanza el pico climatérico en la tasa respiratoria y continúa en disminución hasta alcanzar valores de alrededor de 0.1% en la variedad Tommy Atkins y de 0,2% en la variedad Kent. Simultáneamente se presenta un aumento en el pH (Tablas 1 y 2 y Figuras 3 y 4).

Medlicott y Thompson (1985) reportan en la variedad Keitt, una disminución de la acidez titulable de cinco veces al noveno día de almacenamiento. Passera y Alí (1979) encontraron en la variedad de mango Dodo, durante el estado de maduración, un aumento del pH de 3.3 a 4.8.

Color de la peridermis

Las variedades Tommy Atkins y Kent presentaron una coloración final rojo-amarilla y amarillo rojiza con parches verdes respectivamente.

Consistencia

Ambas variedades presentaron una resistencia de la pulpa menor a 2.0 kg/cm² al final de su maduración.

Características organolépticas

En las Tablas 3 y 4 se presenta una evaluación hecha por personal del laboratorio y siguiendo una tabla patrón que posee un puntaje máximo de 20 puntos para el total de las características evaluadas.

La variedad Tommy Atkins presentó mejores características organolépticas que la variedad Kent. Esta presentó deficiente coloración en la cáscara y en la pulpa, lo que influyó en un menor puntaje en el conjunto de características evaluadas.

Selección del momento óptimo de consumo

Para seleccionar el momento óptimo de consumo de los frutos, se tuvo en cuenta los cambios ocurridos en las tasas de respiración, los cambios en las características físicas, en los contenidos químicos y las características organolépticas.

Tasa de respiración

Teniendo en cuenta lo planteado por Chadka y Singh (1964) citados por Medina (1981), los frutos estarían maduros cuando las tasas de respiración alcancen el pico climatérico. Esto es a los 104 días para la variedad Tommy Atkins y a los 110 días para la variedad Kent. O también a los 10 y 13 días de la cosecha, respectivamente (Figuras 3 y 4).

Características físicas.

Cambio de color y consistencia. La variedad Tommy Atkins adquirió la coloración típica de maduración tres días después de alcanzado el pico climatérico en su tasa de respiración y la variedad Kent, cuatro días después de alcanzado su pico climatérico. En el mismo lapso la resistencia de la pulpa en las dos variedades presentó valores ligeramente inferiores a 2 kg/cm². Es decir, estas características de maduración sólo se presentan después de que se alcanza el pico climatérico en las tasas de respiración.

TABLA 3. Características organolépticas al momento de consumo. Variedad Tommy Atkins.

Factor de calidad	Puntaje máximo	Muestra No.					\bar{X}
		1	2	3	4	5	
Ausencia de defectos	4,0	3,5	3,5	3,0	2,8	3,7	
Color de la cáscara	1,5	1,5	1,3	1,3	1,5	1,3	
Color de la pulpa	2,5	2,5	2,1	2,3	2,5	1,5	
Textura	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	5,7	
Sabor y aroma	6,0	6,0	4,8	5,0	5,7	5,1	
Total	20,0	19,5	17,7	17,6	17,5	17,3	17,9

TABLA 4. Características organolépticas al momento del consumo. Variedad Kent.

Factor de calidad	Puntaje máximo	Muestra No.					\bar{X}
		1	2	3	4	5*	
Ausencia de defectos	4,0	3,5	3,5	3,0	2,8	3,7	
Ausencia de defectos	4,0	2,5	3,0	2,7	2,5	1,5	
Color de la cáscara	1,5	1,3	1,2	1,3	1,3	0,8	
Color de la pulpa	2,5	2,5	1,2	2,5	2,0	-	
Textura	6,0	6,0	5,5	6,0	5,4	-	
Sabor y aroma	6,0	5,4	5,4	5,6	5,5	-	
Total	20,0	17,7	16,3	18,1	16,7	-	17,2

* Fruto con problema de pudrición por hongos.

Según Medlicott, Stephen y Thompson (1986b), durante la maduración y senescencia de frutos, estos presentan: desverdeamiento, como consecuencia de la destrucción de la clorofila, aumento de la coloración amarilla y roja, debido a la mayor proporción de carotenos, pérdida de la consistencia, posiblemente como producto de la disminución de la fracción de pectinas solubles en álcali. Según Roe y Bruemmer (1981) la fracción de pectinas solubles en álcali está estructuralmente ligada a la pared celular; esta relación sugiere que el ablandamiento de la pulpa se debe a la desintegración de la pared celular como consecuencia de la degradación de las pectinas ligadas a su estructura.

Se ha comprobado que la variedad Tommy Atkins madura con buenas características de calidad en un intervalo de temperaturas entre 22 y 32°C. Si los frutos se someten a una temperatura de 37°C, se inhibe la pérdida de color verde; este fenómeno no se presenta en las variedades Kent y Haden (Medlicott, Stephen y Thompson, 1986b).

Por lo tanto los efectos de la temperatura sobre el metabolismo del pigmento en mango puede estar afectado por la variedad (Medlicott, Mohinder y Reynolds, 1986a).

De conformidad con lo anteriormente expuesto, la deficiente coloración en la epidermis y en la pulpa obtenida por la variedad Kent en el presente trabajo, indica que esta variedad posiblemente necesite una mayor temperatura durante el proceso de maduración con el fin de obtener un mejor desarrollo del color.

Características químicas

Contenidos de almidón, azúcares y sólidos solubles. En las Tablas 1 y 2 y en las Figuras 3 y 4, se puede apreciar que un mínimo contenido de almidón que coincida con un máximo contenido de azúcares y sólidos solubles, se consigue solamente tres días después del pico climatérico, en la variedad Tommy Atkins y alrededor de cuatro días en la variedad Kent. Como ya se discutió en páginas anteriores, el sabor dulce de los frutos obedece a que durante la maduración, los almidones se transforman en azúcares, aumentando el contenido de éstos y el de los sólidos solubles. Es de esperarse que la calidad óptima del fruto se consiga cuando los azúcares y sólidos solubles alcancen su máximo contenido y los almidones se reduzcan al mínimo.

Acidez y pH

En las tablas y figuras nombrados en el párrafo anterior se puede apreciar como una vez que las tasas de respiración alcanzan el pico climatérico, la acidez titulable disminuye rápidamente y el pH aumenta. Diferentes autores expresan estos resultados mediante una relación de sólidos solubles/acidez o azúcares totales/acidez y la analizan como una relación creciente; lo cual es lógico suponer que así sea, ya que, durante la maduración de los frutos los sólidos solubles y los azúcares aumentan y la acidez titulable disminuye. Es natural, entonces, esperar que el momento de maduración óptimo coincida con valores mínimos en la acidez titulable y altos pH (Tablas 1 y 2). En el presente trabajo esos valores se presentaron tres días después de alcanzado el pico climatérico en la variedad Tommy Atkins y cuatro días después en la variedad Kent.

En resumen, aunque alguna literatura reporte que los frutos de mango están maduros en el momento en que la tasa de respiración alcanza el pico climatérico, en el presente trabajo el momento óptimo de maduración se consiguió, en las dos variedades, pocos días después de que la tasa de respiración hubo alcanzado el pico climatérico. Las pruebas organolépticas, realizadas por este mismo tiempo, confirman los datos registrados durante el proceso de maduración (Tablas 4 y 5).

CONCLUSIONES

1. Transcurridos entre tres y cuatro días después de que la tasa de respiración de los frutos ha alcanzado su pico climatérico, aquellos poseen un contenido máximo de azúcares, un mínimo contenido de almidón y acidez titulable y un pH superior a 4.8, indicadores de una óptima maduración.

2. Los siguientes valores en los contenidos de almidón, acidez y pH señalan la óptima maduración del fruto.

Variedad	% de contenido		pH
	Almidón	Acidez	
Tommy Atkins	1.0	0.10	5.1
Kent	1.0	0.26	4.8

3. La combinación de varias características de fácil determinación, tales como coloración, aroma, consistencia y pH se pueden usar como indicadores de óptima maduración.

BIBLIOGRAFIA

- AGNIHORTRI, B.N.; KAPOOR, K.L. and SRIVASTAVA, J.C. Physico chemical changes in Duschri mango during storage. *En: Punjab Horticultural Journal*. Vol. 3 (1986); p. 286-291. Citado por: MEDLICOTT, P.A. and THOMPSON, K.A. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits *Mangifera indica* L. var. Keit by high performance liquid chromatography. *En: Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 36 (1985); p. 561-566.
- AKAMINE, K. and GOO, Theodore. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *En: Journal of The American Society for Horticultural Science*. Vol. 98 (1973); p. 381-383.
- BAIN, J.M. Morphological, anatomical and physiological changes in the devolving fruit of the Valencia orange *Citrus sinensis* sic. L. *En: Australian Journal of Botany*. Vol. 6 (1958); p. 1-24. Citado por: AKAMINE, K. and GOO, T. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *En: Journal of the American Society for Horticultural Science*. Vol. 98, No.4 (1973); p. 381-383.
- CHADKA, K.L. and SINGH, K.K. Fruit drop in mango. Part. 2, Intensity, periodicity and nature of shedding of immature fruits. *En: Indian Journal of Horticulture*. Vol. 21 (1964); p. 122-131. Citados por: MEDINA, Julio César. Cultura. p. 1-190. *En: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*. Manga. Governo do Estado de Sao Paulo, 1981.
- FARAGHER, J.D. Temperature regulation of authocyanin accumulation in apple skin. *En: Journal of Experimental Botany*. Vol. 34 (1983);

p. 1219-1292. Citado por: MEDLICOTT, A. P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol. 109 (1986 a); p. 651-656.

FARAGHER, J. D. and BROHIER, R.L. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening: regulation by ethylene and phenylalanine ammonialyase. *En: Scientia Horticulturæ*. Vol.22 (1984); p. 89-96. Citados por: MEDLICOTT, A.P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy Atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol. 109 (1986 b); p. 651-656.

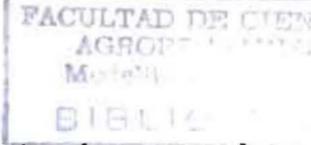
HATTON, T.T.; REEDER, W.F. and CAMBELL, C.M. Ripening and storage of Florida mangoes. *En: USDA. Marketing Research Report*. No. 725 (1965); p. 1-9. Citados por: MEDLICOTT, A. P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy Atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol. 109 (1986 a); p. 651-656.

KALRA, S.K. and TANDON, D.K. Ripening behavior of "Dashehari" mango in relation to harvest period. *En: Scientia Horticulturæ*. Vol. 19 (1983); p. 263-269. Citados por: MEDLICOTT, A. P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy Atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol. 109 (1986 a); p. 651-656.

KNEE, M. Anthocyanin, carotenoid and chlorophyll changes in the peel of Cox's orange pippere apples during ripening on and off tree. *En: Journal of Experimental Botany*. Vol. 23 (1972); p. 184-196. Citados por: MEDLICOTT, A.P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruits *M. indica* L. var. Keitt by high performance liquid chromatography. *En: Journal of Science of Food and Agriculture*. Vol. 30 (1985); p. 561-566.

KRYSHNAMURTHY, G.U.; JAIN, N.L. and BHATIA, B.S. Changes in the physiochemical composition of mangoes during ripening after picking. *En: Food Science (Hysore)*. Vol. 9 (1960); p. 277-279. Citados por: MEDLICOTT, A.P. and THOMPSON, K.A. Analysis of sugar and organic acids in ripening mango fruits *M. indica* var. Keitt by high performance liquid chromatography. *En: Journal of Science of Food and Agriculture*. Vol. 30 (1985); p. 561-566.

- LAKSHMINARAYANA, S.; SUBHARDRA, N.U. and SUBRAMANYAM, H. Some aspects of developmental physiology of the mango fruit. *En: Journal of Horticultural Science*. Vol. 45 (1970); p. 133-142.
- MEDINA, J.C. Cultura. p. 9-241. *En: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*. Manga; do cultura ao processamento e comercializacao. Governo do Estado de Sao Paulo, 1981.
- MEDLICOTT, A.P. and THOMPSON, K.A. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits *M. indica* L. var. Keitt by high performance liquid chromatography. *En: Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 36, No. 7 (1985); p.651-566.
- MEDLICOTT, A.P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy Atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol. 109(1986 a); p. 651-656.
- MEDLICOTT, A.P.; STEPHEN, B.R. and THOMPSON, K.A. Effects of temperature on ripening of mango fruits *M. indica* var. Tommy Atkins. *En: Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 37 (1986 b); p. 462-474.
- MORGA, N.S. et al. Physicochemical changes in Philippine carabao mangoes during ripening. *En: Food Chemistry*. Vol. 4 (1979); p. 225-234. Citados por: MEDLICOTT, A.P. and THOMPSON, K.A. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits *M. indica* L. var. Keitt by high performance liquid chromatography. *En: Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 37 (1986 b); p. 462-474.
- MUKERJEE, P.K. Biochemical and physiological studies during development of mango fruit. *En: Horticultural Advance*. Vol.3 (1959); p. 95-101.
- OGURA, N.; NAKAYAWA, H. and TAKEANA, H. Studies on the storage temperature of tomato fruit. Effect of high temperature-short term storage of mature green tomato fruits on changes of their chemicals constituents after ripening at room temperature. *En: Journal of the Agricultural Chemistry Society of Japan*. Vol.49 (1975); p. 189-196.
- PASSERA, C. e ALI, M.M. Variazione della composizione chimica durante la maturazione del mango. *En: Revista de Agricultura Subtropicale e Tropicale*. Vol. 20 (1979); p. 117-124. RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. *En: THIMANN, K.V. Senescence in plants*. p. 160-205. s.l.: s.n., 1983.



ROE, B. and BRUEMMER, H.J. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangoes. *En: Journal of Food Science*. Vol. 46 (1981); p. 186-189.

SALISBURY, B.F. and ROSS, Cleon. Plant physiology. 3 ed. Belmont: Wodsworth, 1969. 747 p. SINGH, B.N.; SESHAGIRI, P.V.V. and GUPTA, S.S. Ontogenic drifts in physiology and chemistry of tropical fruits under orchard conditions. *En: Indian Journal of Agricultural Science*. Vol.7, No. 1 (1936); p. 176-193.

STEWART, I. and WHEATON, T.A. Carotenoids in citrus: their accumulation by ethylene. *En: Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 20 (1972); p. 448-449. Citados por: MEDLICOTT, A.P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy Atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol.109 (1986 a); p. 651-656.

SUBRAMANYAN, H. et al. Studies on low temperature breakdown in mangoes. *En: Ann. Rep. Cent. Food Techn. Res. Inst. 1967-1972*. Citados por: ROE, B. and BRUEMMER, H.J. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangoes. *En: Journal of Food Science*. Vol. 46 (1981); p. 186-189.

TRIPATHI, J.S. Note on posharvest changes during storage and ripening of Gaurgeet mango. *En: Curr. Agric*. Vol. 4 (1980); p. 227-228. Citado por: MEDLICOTT, A.P. and THOMPSON, K.A. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits *M. indica* L. var. Keitt by high performance liquid chromatography. *En: Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 36, No. 7 (1985); p. 651-666.

URIBE, M.V. y DUPONT, M. Estudio de algunos componentes inmediatos del mango *M. indica* L. y observación de los cambios ocurridos durante el proceso de elaboración de una compota. Bogotá, 1980. 141 p. Tesis (Ingeniero Químico). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química.

YOSHIOKA, H.; VEDA, Y. and OGATA, K. Physiological studies on fruit ripening in relation to heat injury. Part. 1, Effect of elevated temperatures on ripening of banana fruit. *En: Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*. Vol. 25 (1978); p. 607-611. Citados por: MEDLICOTT, A.P.; MOHINDER, B. and REYNOLDS, S.B. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *M. indica* L. var. Tommy Atkins. *En: Annals of the Applied Biology*. Vol. 109 (1986 a); p. 651-656.