

Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2) sobre la vida de almacenamiento y la calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke

The effects of applying calcium chloride solution (CaCl_2) on Van Dyke mango fruit (*Mangifera indica* L.) storage life and quality

Jesús Antonio Galvis¹, Harvey Arjona² y Gerhard Fischer³

Resumen: Se cosecharon mangos de la variedad Van Dyke en su estado de madurez fisiológica en la finca Frutol, localizada en el municipio de El Espinal, departamento del Tolima, situado a una altura de 431 m.s.n.m., con precipitación promedio anual de 1.368 mm, temperatura promedio de 29° C y humedad relativa (HR) promedio del 70%. Los frutos se seleccionaron por su sanidad y grado de madurez, y se llevaron al laboratorio de poscosecha de la Planta Piloto de Vegetales del ICTA de la Universidad Nacional, sede Bogotá, donde fueron lavados y desinfectados. Posteriormente se sumergieron en soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2) en concentraciones de 0, 10, 15 y 20% (P/V) a temperatura ambiente. Luego, los frutos se almacenaron a una temperatura de 12° C y HR de 85 a 90%, por 10, 20 y 30 días, con maduración complementaria de cinco días a 18° C y 70% de HR. El tratamiento con CaCl_2 al 10% prolongó la vida útil del fruto, respecto de otros tratamientos y del testigo, y permitió la maduración de los frutos luego del período de almacenamiento. Concentraciones de CaCl_2 del 15 y del 20% resultaron perjudiciales en la conservación del mango porque impidieron la maduración luego del almacenamiento. Se pudo establecer una correlación directa entre el contenido de calcio en el exocarpio y el contenido de calcio en el mesocarpio de la fruta. Esta relación resultó ser de tipo lineal. Las pérdidas de peso fueron inversamente proporcionales al contenido de calcio en la pulpa. Finalmente, se encontró que la combinación de la temperatura óptima de almacenamiento (12° C) y el tratamiento de CaCl_2 en concentración adecuada (10%) permite prolongar la vida útil del mango variedad Van Dyke, puesto que retrasa la maduración de los frutos.

Palabras clave: Poscosecha, vida útil, firmeza, pared celular, azúcares.

Abstract: Mature green mangos cv. Van Dyke were harvested in the Frutol orchard located in El Espinal, Tolima department. Average climatic conditions were: 29° C temperature, 431 m.a.s.l. altitude, 70% relative humidity (RH) and 1.368 mm/year rainfall. Fruit was graded by sanity and maturity after being harvested and then treated with 0, 10, 15 and 20% (W/V) calcium chloride solution at room temperature and then stored at 12° C, 85-90% RH for 10, 20 and 30 days with complementary 5-day maturation at 18° C and 70% RH. It was found that 10% CaCl_2 extended the shelf-life of the fruit, allowing fruits to ripen after storage. 15% and 20% CaCl_2 concentrations were harmful, since they impeded maturation. It was found that there was a direct correlation between calcium content in the exocarp and calcium content in the fruit's mesocarp. This ratio was linear. Weight losses were inversely proportional to calcium content in the pulp. It was also found that the combination of an adequate storage temperature (12° C) and using 10% CaCl_2 allows post-harvest mango cv. Van Dyke shelf-life to become extended, reducing the fruits' ripening speed.

Key words: Post-harvest, shelf-life, firmness, cellular wall, sugars.

Fecha de recepción: 10 de octubre de 2003.

Aceptado para publicación: 28 de noviembre de 2003.

1 Profesor Asociado, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: jagalvisv@unal.edu.co

2 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: hearjonad@unal.edu.co

3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gfischer@unal.edu.co

Introducción

El ablandamiento de los frutos carnosos se encuentra fuertemente asociado con la disminución de los niveles de calcio extracelular conforme la fruta madura (Ferguson *et al.*, 1995). Las causas del ablandamiento son posiblemente debidas a cambios en la estructura de las moléculas pécticas de la pared celular durante la maduración. Cualquier aumento de los fragmentos pécticos solubles durante la maduración del fruto resulta en un cambio del equilibrio entre la pared celular y el calcio libre (Mitcham y McDonald, 1992). Por su parte, la disminución de los niveles de calcio puede afectar la función del plasmalema causando pérdida de la permeabilidad de la membrana (Conway *et al.*, 1995a).

El calcio es esencial para el mantenimiento de la estabilidad de las membranas celulares y su deficiencia ocasiona aumento del flujo de compuestos de bajo peso molecular (azúcares) desde el citoplasma hacia el apoplasto, lo que favorece el desarrollo de hongos. El calcio confiere resistencia a los materiales de la pared celular contra el ataque de enzimas hidrolíticas (Poovaiak, 1988; Murillo y Chitarra, 1999).

Diversos factores, como el lugar de producción, la variedad, el grado de madurez, etc., afectan la absorción de calcio y la respuesta del fruto al nutriente. Otros estudios comprueban que la aplicación de calcio aumenta la vida útil del fruto. Sin embargo, las aplicaciones de calcio antes de la cosecha puede presentar dificultades por las posibles lesiones que se causa en hojas y frutos, lo que limita la concentración de sales que se usa en la aplicación. De otra parte, la baja movilidad del calcio en el floema y su baja translocación a partir del lugar de aplicación, pueden hacer inefectivo el tratamiento *in situ* con calcio (Mason, 1976; Murillo y Chitarra, 1999).

Selvaraj y Kumar (1989), afirman que la maduración del mango puede ser retardada por infiltraciones de calcio al vacío, como se ha hecho con manzanas. Sin embargo, el principal problema que se presenta al aplicar calcio al vacío a los mangos se deriva de daños en la corteza del fruto, lo cual limita su uso comercial. Según Murillo y Chitarra (1999), la aplicación de calcio a presión atmosférica normal es viable, no causa daños en el fruto y la inversión en instalaciones es muy baja.

El objetivo de este experimento fue estudiar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de cloruro

de calcio (CaCl_2) en la conservación del mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke, mediante la evaluación de algunas características físicas, químicas y bioquímicas.

Materiales y métodos

Se cosecharon frutos de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke en el estado de madurez fisiológica, en la finca Frutol, localizada en el Municipio de El Espinal, departamento de Tolima. La temperatura media de la zona es de 29° C y la altitud es de 431 m.s.n.m. Una vez cosechada la fruta se seleccionó según su sanidad y grado de madurez, y se llevó al laboratorio de poscosecha de la Planta Piloto de Vegetales del ICTA (Instituto Colombiano de Tecnología Alimentaria) en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, donde fue lavada y desinfectada con una solución de tiabendazol a la concentración de 200 ppm. Los tratamientos con cloruro de calcio (CaCl_2) consistieron en sumergir los frutos de mango en tres soluciones diferentes de cloruro de calcio (10%, 20% y 30%) durante 30 minutos. El grado de pureza del CaCl_2 utilizado fue de 97%. Fueron utilizados como testigo mangos sin tratar con CaCl_2 . Se emplearon 60 mangos por tratamiento. Para retirar la humedad superficial de la fruta después de la inmersión en la solución de CaCl_2 , la fruta se dejó por tres horas a temperatura ambiente. Una vez libre de humedad externa, la fruta se almacenó a temperatura de 12° C \pm 1° C y HR del 85 a 90% por períodos de 10, 20 y 30 días, al término de los cuales se les sometió a maduración complementaria de 5 días a temperatura ambiente (Tabla 1).

Las variables medidas fueron: (1) contenido de Ca en la corteza, (2) contenido de Ca en la pulpa, (3) firmeza del fruto, (4) firmeza de la pulpa, (5) sólidos solubles, (6) contenido de sacarosa, (7) contenido de glucosa, (8) contenido de fructosa y (9) pérdida de peso.

Los azúcares se analizaron mediante cromatografía líquida de alta precisión (HPLC). Se utilizó una columna empacada con una resina microparticulada cálcica marca Waters®. La fase móvil empleada fue agua bidestilada. El flujo utilizado fue de 0,6 ml/min y la presión de 750 psi; la temperatura de la columna fue de 85° C. La detección de los azúcares fue hecha a través de un detector refractométrico diferencial de la compañía Waters®.

Hubo necesidad de purificar las muestras con el fin de eliminar los iones de calcio presentes, ya que estos impiden la separación de azúcares y ácidos orgánicos dentro de las columnas de cromatografía. La separación se

Tabla 1. Tratamientos con cloruro de calcio (CaCl_2) aplicados a mangos variedad Van Dyke.

Tratamiento	Concentración CaCl_2 % P/V	Tiempo de almacenamiento días a 12° C + 5 días a 18° C
1	10% CaCl_2	15
2	10% CaCl_2	25
3	10% CaCl_2	35
4	15% CaCl_2	15
5	15% CaCl_2	25
6	15% CaCl_2	35
7	20% CaCl_2	15
8	20% CaCl_2	25
9	20% CaCl_2	35
10 (testigo)	0% CaCl_2	15
11 (testigo)	0% CaCl_2	25
12 (testigo)	0% CaCl_2	35

obtuvo mediante la adición de 0,3 g de amberlita mixta a 10 ml de solución lista para inyectar al cromatógrafo. Para la obtención de la amberlita mixta se mezclaron 40% de amberlita IR 120 plus SIGMA y 60% de amberlita IR 420c SIGMA, de acuerdo con las recomendaciones del distribuidor del equipo cromatográfico. Obtenida la mezcla de muestra y amberlita, se agitó durante 15 minutos en plancha de agitación y por otros 5 minutos a 2.000 rpm en centrífuga a temperatura ambiente. Finalmente, se tomaron 20 μl de sobrenadante y se hizo la inyección al sistema cromatográfico.

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para calcio en corteza, calcio en pulpa, pérdida de peso, firmeza del fruto y firmeza de la pulpa de frutos de mango variedad Van Dyke tratados con soluciones de CaCl_2 y almacenados a 12° C por 10, 20 y 30 días con maduración complementaria a 18° C por 5 días.

F de variación	GL	Ca Corteza	Ca Pulpa	Pérdida de peso	Firmeza del fruto	Firmeza de la pulpa
Tiempo almacenamiento (T_a)	2	12997*	43548**	72,40**	102,41**	21,52*
Solución CaCl_2	3	331284**	15350**	115,24**	325,56**	205,88**
Interac. T_a x sol. CaCl_2	1	4483ns	534,93**	1,29ns	83,87**	0,5150Ns
Efecto Lineal (T_a x sol)	2	46633**	21504**	250,46**	506,86**	329,40**
Efecto cuad. (T_a x sol)	2	45501**	1639**	29,71**	51,23**	11,8Ns
Error Total	30	2221	24,091	43,34	8,247	5,65

Probabilidad: *, ** significativo al $P \geq 0,05$ ó $0,01$, respectivamente. Ns: no significativo

También se determinó el contenido de calcio en la corteza y en la pulpa del mango al inicio y al final de cada almacenamiento con maduración complementaria. Esta determinación se hizo en el equipo de absorción atómica del laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional. La metodología seguida consistió en tomar 10 g de tres frutos de cada tratamiento los cuales fueron calcinados. Posteriormente se preparó la dilución correspondiente y se hizo la determinación en el equipo de absorción.

Análisis estadístico

La unidad experimental estuvo conformada por tres frutos. Cada tratamiento fue repetido tres veces y los tratamientos se arreglaron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4×3 ; cuatro dosis de CaCl_2 (0, 10, 15 y 20%) y tres tiempos de almacenamiento 15, 25 y 35 días (Martínez y Martínez, 1997) (Tabla 1). Los promedios de las variables se analizaron mediante una regresión en la que se evaluó la interacción lineal de los factores “concentración de la solución de CaCl_2 ” y “tiempo de almacenamiento” y los efectos lineal y cuadrático de esa interacción (Khuri y Cornell, 1987). Se examinó la parte factorial generada por las combinaciones de concentración de CaCl_2 y el tiempo de almacenamiento, las cuales conforman superficies de respuesta.

Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra los cuadrados medios del análisis de regresión para los contenidos de calcio en la corteza, calcio en la pulpa, pérdida de peso, firmeza del fruto y firmeza de la pulpa.

Contenidos de calcio (Ca) en la corteza y en la pulpa

El contenido de calcio en la corteza aumentó con la concentración de CaCl_2 de la solución aplicada. Durante el almacenamiento se presentó un pequeño aumento de Ca en la corteza de los frutos de todos los tratamientos con mayor incremento en los tratamientos de 15 y 20% de CaCl_2 (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio de calcio (μg de Ca/g) en la corteza y en la pulpa de mango variedad Van Dyke sometidos a inmersión en diferentes soluciones de CaCl_2 , almacenados a $12^\circ\text{C} \pm 1$, HR: 90%, por períodos de 10, 20 y 30 días y posteriormente colocados a 18°C por 5 días en maduración complementaria.

Almacenamiento (Días)	Tratamientos CaCl_2			
	0%	10%	15%	20%
Calcio en corteza ($\mu\text{g/g}$)				
1	303	368	468	628
15	323	341	591	642
25	293	400	609	763
35	365	395	642	799
Calcio en pulpa ($\mu\text{g/g}$)				
1	102	115	135	165
15	125	139	181	207
25	132	154	189	219
35	118	153	185	234

El contenido de calcio en la pulpa se incrementó con el aumento de la concentración de CaCl_2 y con el tiempo de almacenamiento (Figura 1). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Souty *et al.* (1995), quienes trabajaron con albaricoques. Ellos encontraron que después de nueve días de almacenamiento refrigerado y dos días de maduración complementaria, el contenido de Ca en la pulpa de los frutos aumentó y fue proporcional a la concentración de la solución de cloruro de calcio (CaCl_2).

El aumento pudo deberse a la migración de iones de Ca desde la corteza hacia el interior de la fruta. Mir *et al.* (1993), también reportan incrementos en el contenido de Ca en la pulpa de manzanas después de 45 días de almacenamiento con tratamientos previos de CaCl_2 en diferentes concentraciones.

Se observó una correlación positiva lineal entre el contenido de Ca en la corteza y el contenido de Ca en

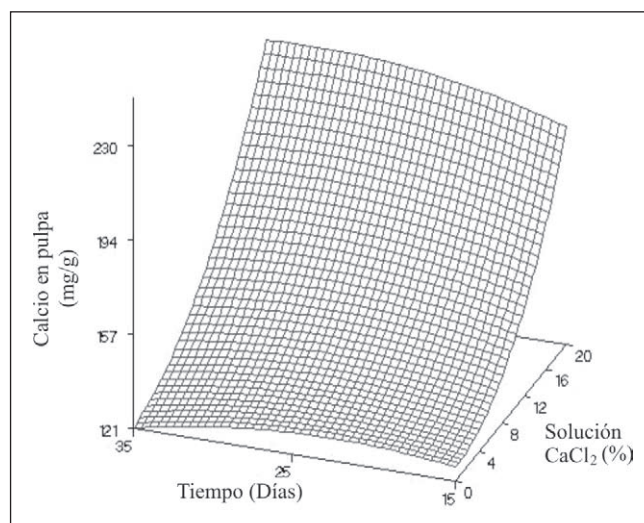


Figura 1. Superficie de respuesta del contenido de calcio en la pulpa de mango Van Dyke, sometida a tratamientos de soluciones de CaCl_2 , almacenado a $12^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ por 10, 20 y 30 días, y posterior maduración complementaria a 18°C por 5 días.

la pulpa. El calcio en la pulpa de los frutos se incrementó a medida que aumentó el calcio en la corteza, y ambos, con la concentración de CaCl_2 utilizada en los tratamientos. El coeficiente de correlación estimado fue de 0.9362 con $\alpha \leq 0.05$ (Figura 2).

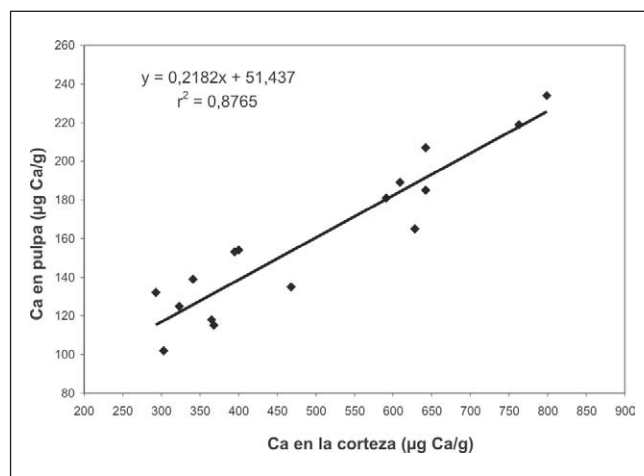


Figura 2. Correlación entre el contenido de Ca en la corteza y en la pulpa del mango variedad Van Dyke.

El contenido de Ca en la pulpa aumentó durante el almacenamiento de 15.6% (frutos testigo) a 42% (frutos tratados con solución de 20% de CaCl_2) (Figura 1).

Pérdida de peso

El tiempo de almacenamiento, la solución de cloruro de calcio y los efectos lineal y cuadrático fueron altamente significativos en las pérdidas de peso de los mangos (Tabla 2).

En todos los tratamientos las pérdidas de peso aumentaron con el tiempo de almacenamiento, pero el porcentaje de pérdidas disminuyó en los frutos conforme subió la concentración de CaCl_2 en los tratamientos. Los frutos testigo presentaron las mayores pérdidas, mientras que los frutos sometidos al tratamiento con 20% de CaCl_2 alcanzaron las menores pérdidas (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de diferentes aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) sobre las características físicas del mango variedad Van Dyke, almacenado a $12^\circ \text{C} \pm 1$, HR: 90% por períodos de 10, 20 y 30 días y maduración complementaria de 5 días a 18°C .

VARIABLE	Días	Tratamientos CaCl_2			
		0%	10%	15%	20%
% Pérdida de peso	15	8,98	5,81	5,78	5,64
	25	14,72	8,35	8,18	7,97
	35	15,03	10,60	9,18	9,00
Firmeza fruta (Kgf)	1	30,00	30,00	30,00	30,00
	15	18,00	23,30	23,50	26,40
	25	10,60	14,00	19,00	25,50
	35	8,30	10,30	22,60	24,20
Firmeza pulpa (Kgf)	1	30,00	30,00	30,00	30,00
	15	7,20	8,90	14,60	14,10
	25	5,30	6,80	13,90	13,70
	35	3,00	6,00	9,40	12,30

El comportamiento que presentaron los frutos respecto de la pérdida de peso es similar al que reportan Galvis y Hernández (1995). Ellos trabajaron con mangos de la variedad Tommy Atkins y encontraron que, a mayor concentración de la solución de CaCl_2 , menor es la pérdida de peso de los frutos en iguales condiciones de almacenamiento. Los efectos benéficos de la aplicación de calcio en la disminución de las pérdidas de peso en duraznos también es reportada por otros autores. La disminución de las pérdidas de peso, con el aumento en el contenido de Ca puede deberse a que el calcio prolonga la integridad de la pared y de la membrana de la célula (Conway *et al.*, 1995).

Firmeza del fruto

Los frutos perdieron firmeza con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos. Las pérdidas fueron menores a mayor concentración de la solución de CaCl_2 (Tabla 4).

Los frutos tratados con solución del 10% de CaCl_2 mantuvieron su firmeza durante los primeros 15 días de almacenamiento. El día 25 la fruta presentó un 53% de pérdida de firmeza respecto al inicio, y el día 35, el porcentaje de pérdida fue de 66%, inferior al porcentaje de pérdida presentado por los frutos testigo (72%), pero muy superior al porcentaje de pérdida presentado por los mangos sometidos al 15% (24,6%) y 20% (19,3%), respectivamente. Este comportamiento indica que los mangos tratados con solución de CaCl_2 al 10%, maduraron, aunque la pérdida de firmeza fue menor que la presentada por el testigo. Esto, pudo ser debido al efecto de estabilización que el calcio tiene sobre la pared celular, lo cual retarda la solubilización de los poliluránidos de la pared, disminuyendo su degradación y por consiguiente el ablandamiento del fruto.

En mangos tratados con soluciones del 15% y del 20% de CaCl_2 , la firmeza del fruto se mantuvo alta a lo largo de todo el almacenamiento (Tabla 4). Según Conway *et al.* (1995), ello puede deberse a la inhibición de la actividad de la poligalacturonasa por exceso de calcio en la lamela media. Por su parte, Matta y Mosqueda (1995) sostienen que infiltraciones de cloruro de calcio aplicadas al vacío retardan la maduración del mango. Sin embargo, los mismos autores afirman que concentraciones mayores de 4% pueden ser perjudiciales para la fruta debido a que se originan daños en la piel y facilitan el ataque de hongos.

Firmeza de la pulpa

La firmeza de la pulpa de los frutos disminuyó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos. El porcentaje de pérdida de firmeza fue menor cuanto mayor fue concentración de CaCl_2 en la solución. Esto explica la mayor pérdida de firmeza de los frutos testigo en los tres períodos de almacenamiento (Tabla 4).

De otra parte, los valores de firmeza de la pulpa en todos los tratamientos, siempre fueron inferiores a los valores de firmeza del fruto entero (con corteza). Estos resultados eran de esperarse y están de acuerdo con los

reportados por Mitcham y McDonald (1992), quienes sostienen que la actividad de la poligalacturonasa es siempre mayor en el mesocarpio que en el exocarpio, lo cual sugiere que el ablandamiento del mango se presenta desde el interior de la fruta hacia el exterior.

El porcentaje de pérdida de firmeza varió del 90% en los frutos testigo, al 59% en los frutos tratados con solución del 20% de CaCl_2 . Es posible, según Conway *et al.* (1995), que el calcio libre en la lamela media disminuya la actividad de las poligalacturonasas.

Los mangos tratados con solución de CaCl_2 al 10% maduraron, aunque la pérdida de firmeza de la pulpa fue menor que la presentada por los frutos testigo. Conway *et al.* (1995) sugieren que el calcio puede tener un efecto estimulador sobre la síntesis de varios componentes de la pared de la célula, de tal manera que la formación puede exceder la degradación, y la pared celular es degradada más lentamente. Ambos factores, el efecto de estabilización y su efecto estimulador sobre la formación, pueden contribuir al mantenimiento de la integridad de la pared celular y, de esta manera, prolongar la calidad de la fruta durante el almacenamiento.

Sólidos solubles totales (°Brix)

El contenido de sólidos solubles totales aumentó durante el almacenamiento en todos los tratamientos. En los frutos tratados con CaCl_2 , el aumento en los sólidos solubles fue menor a mayor concentración de CaCl_2 en la solución. Los mangos tratados con solución al 10% de CaCl_2 presentaron el mayor contenido de sólidos solubles en todos los períodos de almacenamiento. Galvis y Hernández (1994), encontraron un comportamiento similar en mangos de la variedad Tommy Atkins tratados con soluciones de CaCl_2 . Sin embargo, Murillo y Chitarra (1999), trabajando con mangos de la variedad Tommy Atkins tratados con solución de CaCl_2 en concentraciones de 2 y 4% no encontraron diferencias entre los tratamientos y el testigo.

El mango es un fruto con alto contenido de almidón (Gómez-Lim, 1997), el cual se degrada durante la maduración dando azúcares reductores y no reductores. La Figura 3 muestra que aunque los sólidos solubles aumentaron durante el almacenamiento, este incremento fue menor a mayor concentración de cloruro de calcio en la solución.

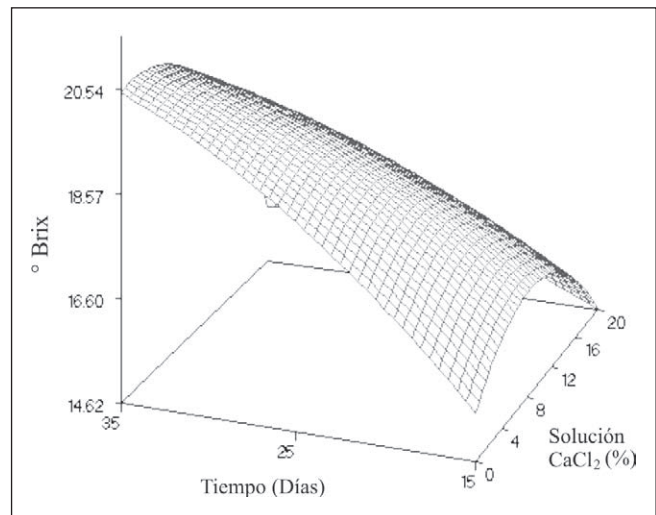


Figura 3. Superficie de respuesta de los sólidos solubles totales del mango variedad Van Dyke sometido a inmersión en soluciones de CaCl_2 . Temperatura de almacenamiento 12° C, HR 85-90% y maduración complementaria de 5 días a 18° C con HR de 65%.

Azúcares

Sacarosa. El contenido de sacarosa de los frutos aumentó durante el almacenamiento en todos los tratamientos, incluido el testigo (Figura 4). Sin embargo, la síntesis de este azúcar en los tratamientos con CaCl_2 , disminuyó con la concentración de la solución de CaCl_2 . Durante el crecimiento el fruto almacena almidón el cual es desdoblado a azúcares reductores y no reductores durante la maduración. Por lo tanto, resulta lógico esperar que el contenido de sacarosa aumente

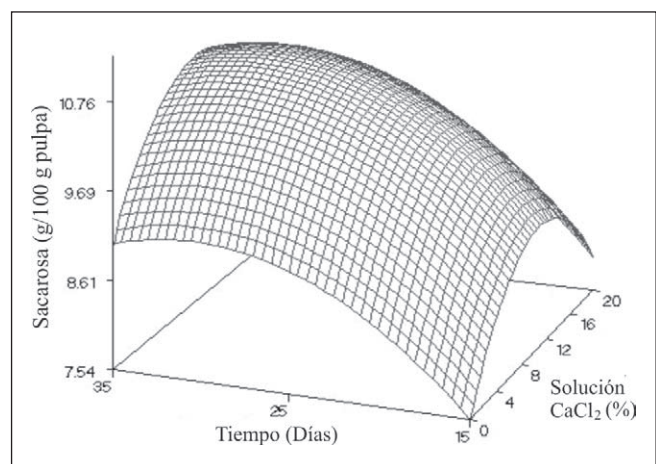


Figura 4. Superficie de respuesta de la sacarosa en mango variedad Van Dyke sometido a tratamiento de CaCl_2 , almacenado a 12° C por 10, 20 y 30 días, y posterior maduración complementaria a 18° C por 5 días.

durante el almacenamiento. Todo parece indicar que el contenido de calcio en la pulpa tiene efecto sobre el desdoblamiento del almidón a sacarosa, lo cual explicaría los menores contenidos de este azúcar en los tratamientos que recibieron CaCl_2 .

Comportamiento similar reporta Hernández (2001) en frutos de arazá tratados con diferentes dosis de CaCl_2 .

Glucosa. El contenido de glucosa aumentó en los frutos testigo y en aquellos tratados con solución de CaCl_2 al 10% en los tres tiempos de almacenamiento. El aumento fue mayor en los frutos testigo. Se observó que a mayor concentración de CaCl_2 , menor fue el contenido de glucosa en los frutos. Esta tendencia se observa en la Figura 5 donde se aprecia que, en los frutos tratados con concentraciones del 20% de CaCl_2 , no hubo variación en el nivel de este azúcar entre el día 15 y el final del almacenamiento, día 35. Hernández (2001), encontró mayores contenidos de glucosa en frutos de arazá tratados con soluciones de CaCl_2 respecto al testigo al final del almacenamiento, aunque a medida que aumenta la concentración disminuyó la síntesis de glucosa. Esto puede deberse a que en concentraciones muy altas de CaCl_2 , la actividad de la invertasa ácida puede ser afectada, disminuyendo la síntesis de glucosa y fructosa o a un aumento en la respiración de estos azúcares.

Fructosa. Al igual que la glucosa, la fructosa aumentó con el tiempo de almacenamiento en los frutos

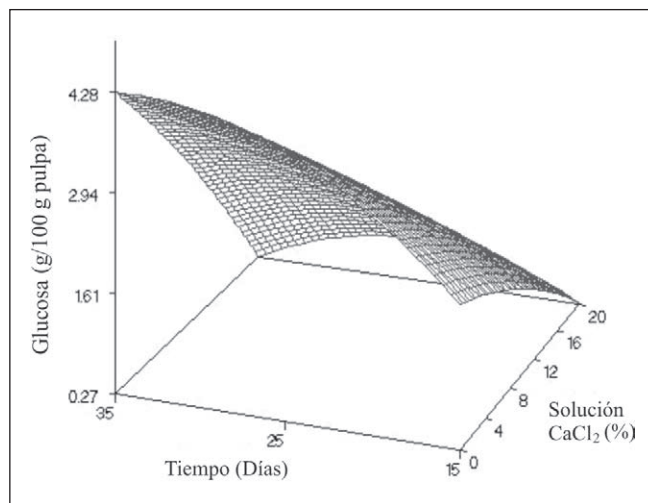


Figura 5. Superficie de respuesta de la glucosa en mango variedad Van Dyke sometido a tratamiento con CaCl_2 , almacenado a 12° C por 10, 20 y 30 días, y posterior maduración complementaria a 18° C, HR 65% por 5 días.

testigos y en los frutos sometidos al tratamiento con CaCl_2 al 10% (Figura 6). Sin embargo, la superficie de respuesta muestra una tendencia de disminución de este azúcar en los frutos tratados con solución de CaCl_2 mayores al 10%.

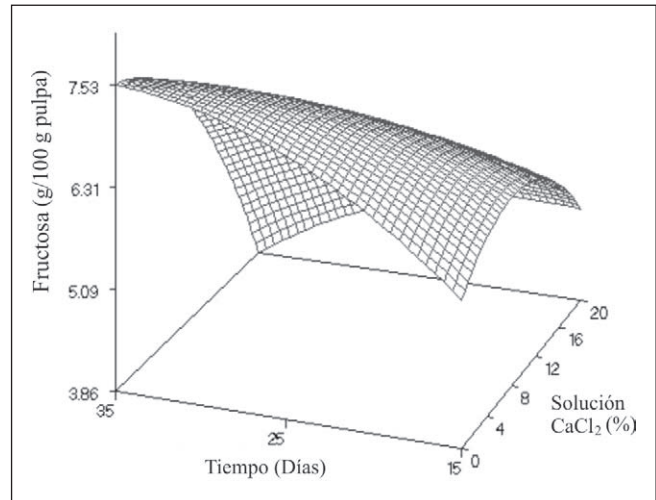


Figura 6. Superficie de respuesta de la fructosa en mango variedad Van Dyke sometido a tratamiento con CaCl_2 , almacenado a 12° C por 10, 20 y 30 días, y posterior maduración complementaria a 18° C, HR 65% por 5 días.

Como en el caso anterior, es posible que la cantidad de invertasa ácida disminuya a medida que aumenta el contenido de calcio en los frutos o que la respiración de este azúcar aumente al incrementarse el contenido de calcio.

Bibliografía

- Conway, W.S.; C.E. Sams y A.E. Watada. 1995a.** Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressureinfiltration of calcium chloride. *Acta Horticulturae* 398, 31-39.
- Conway, W.S.; C.E. Sams y A. Kelman. 1995b.** Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest disease through calcium applications. *HortScience* 29 (7), 751-754.
- Ferguson, J.B.; R.K. Volz; F.R. Harker; C.B. Watkins y P.L. Brookfield. 1995.** Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. *Acta Horticulturae* 398, 23-30.
- Galvis, J.A. y M.S. Hernández. 1994.** Influencia del cloruro de calcio en la conservación del mango (*Mangifera indica*

L.) variedad Tommy Atkins. Revista Agronomía Colombiana 11 (1), 68-72.

Gómez-Lim, M.A. 1997. Postharvest physiology. En: Litz, R.E. (ed). The mango: Botany, production and uses. CAB International, Nueva York. pp. 425-445.

Hernández, M.S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis Doctoral en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 103-144.

Khuri, A. y J.A. Cornell. 1987. Response surfaces: designs and analyses. Library of Congress. Nueva York. pp. 1-102.

Martínez, R. y N. Martínez. 1997. Experimentos factoriales. En: Diseño de experimentos. Fondo Nacional Universitario. Editorial Guadalupe Ltda. Bogotá. pp. 149-191.

Mason, J.L. 1976. Calcium concentration and firmness of stored "McIntosh" apples increased by calcium chloride solution plus thicker. Horticultural Science 11 (5), 500-504.

Matta, I. y R. Mosqueda. 1995. La producción del mango en México. Noriega Editores. México D.F. pp. 135 - 147.

Mir, N.A., J.N. Bhat y A.R. Baht. 1993. Effect of calcium infiltration on storage behaviour of Red Delicious apples. Indian Journal Plant Physiology 36 (1), 65-66.

Mitcham, E.J., y R.E. McDonald. 1992. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 117, 917-924.

Murillo, F.J. y A.B. Chitarra. 1999. Efeito do aplicacáo do cloreto de calcio nos frutos da manga 'Tommy Atkins' tratados hidrotérmicamente. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 34 (5), 761-769.

Poovaiah, B. W. 1988. Molecular and cellular aspects of calcium action in plant. HortScience 23, 267-271.

Selvaraj, Y y R. Kumar. 1989. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Food Science and Technology 26, 218-222.

Souty, M.; M. Reich; L. Breuils; Y. Chambroy y G. Jacquemin. 1995. Effects of postharvest calcium treatments on shelf-life and quality of apricot fruit. Acta Horticulturae 384, 619-625.