

EFFECTOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL AGUACATE 'HASS'.

Edgar Alejandro Román Mares* y
Elhadi Yahia Kazuz**

Universidad Autónoma de Querétaro,
Posgrado de Química, Centro Universitario,
Cerro de las campanas s/n.
Querétaro, México.

RESUMEN

Frutos de aguacate 'Hass' fueron tratados térmicamente (38°C y 40°C por 360min y 120min respectivamente) y almacenados a 4°C por 42 días. La mayor calidad externa fue por el tratado a 38°C, seguido del control y tratado a 40°C. En calidad interna, no observándose diferencia entre control y tratados. Los frutos que desarrollaron mayor daño por frío externo fueron los tratados a 40°C, seguidos por los controles y finalmente tratados a 38°C. En la evaluación de daño por frío interno no se observaron diferencias entre los lotes. No existió diferencia entre los parámetros de color evaluados (a^* , b^* , L^* , h° y C^*) entre control y tratados. La pérdida de peso no demostró diferencia entre control y tratamientos. La firmeza del control fue la

menor (15.93N), seguido por el tratamiento a 40°C (41.69N) y el tratamiento a 38°C (61.10N). Los triacilglicéridos evaluados (trilinoleína, 1,2-Dilinolein-3-Oleil-glicerol, 1,2-Dioleil-3-Palmitoil-glicerol, Trioleína y 1,2-Dioleil-3-Esterail-glicerol), demostraron que el control presentó un comportamiento similar en todos los triacilglicéridos. Los tratamientos incrementaron su concentración una vez finalizado el tratamiento térmico y posteriormente disminuye. El tratamiento a 38°C mostró un incremento en 4 de los 5 triacilglicéridos, no así el tratamiento a 40°C.

Palabras clave: Tratamiento térmico, aguacate, triacilglicéridos, daño por frío.

* E-mail: aleroman@sunserver.uaq.mx

** E-mail: yahia@sunserver.uaq.mx

SUMMARY

'Hass' avocado fruits were heated (38°C and 40°C by 360min and 120min respectively), and stored to 4°C by 42 days. The best external quality was achieved by 38°C treatment, followed by control and 40°C treatment. In internal quality we did not observe differences among control and treatments. The mayor external chilling injury was for 40°C treatment followed by control and 38°C treatment. There were no differences on internal chilling injury among the 3 lots. It did not observe differences among color parameters evaluated (a^* , b^* , L^* , h^* and C^* values) among control, treatment at 38°C and 40°C. Firmness of control fruits was the lowest (15.93N) followed by 40°C treatment (41.69N) and 38°C (61.10N). Tendency of evaluated triglycerides (trilinolein, 1,2-Dilinoleyl-3-oleyl-rac-glycerol, 1,2-Dilinoleyl-3-palmitoyl-rac-glycerol, triolein and 1,2-Dioleoyl-3-stearoyl-rac-glycerol) show that control had a similar tendency in the five triglycerides. Heat treated fruits had higher concentration of triglycerides when the heat treatment was concluded, after this concentration decrease. Four out of 5 triglycerides increased at the end of the storage period in fruit heated at 38°C, but not for 40°C treatment.

Key words: Heat treatments, avocado, triglycerides, chilling injury.

INTRODUCCIÓN

El objetivo final de la producción, empaqueo y distribución de los frutos y vegetales frescos es la satisfacción total del consumidor. La satisfacción del consumidor se encuentra relacionada con la calidad del producto. Las frutas y hortalizas presentan varios cambios desde la cosecha hasta llegar al consumidor¹. Los frutos están sujetos a diversos factores para su desarrollo, crecimiento y senescencia. Los de mayor importancia en el deterioro postcosecha son: la respiración, producción de etileno, transpiración y pérdida de agua, desordenes fisiológicos, daños físicos y daños patológicos; factores que los tratamientos postcosecha tratan de minimizar sus efectos. Uno de los principales problemas para la comercialización del aguacate es la distancia por la que se transporta para llegar a su consumidor final, ya que es un fruto perecedero y en ocasiones se requieren varios días de transporte marítimo o terrestre². El desarrollo de una tecnología de almacenamiento y transporte adecuadas para retardar la maduración y mantener la calidad del fruto para los mercados de exportación es necesaria³. La refrigeración es usada para incrementar el tiempo de almacenamiento del aguacate, sin embargo una reducción de la temperatura durante periodos de tiempo muy largos se encuentra limitada por la susceptibilidad del fruto al daño por frío⁴.

Este daño se manifiesta por diversos síntomas como son el oscurecimiento interno y externo, zonas de ablandamiento, zonas de inmadurez o inmadurez total,

desarrollo de sabores extraños, y una posible mayor incidencia de hongos en la superficie^{5,6,7}.

Un tratamiento para reducir el daño por frío es el tratamiento a temperatura elevada o térmico. El uso de dicho tratamiento se encuentra en aumento ya que también se controlan plagas, ataque por hongos patógenos y es un tratamiento físico que no deja residuos químicos en el fruto^{8,9}. Dado lo anterior, los objetivos para el presente trabajo fueron evaluar los efectos de dos tratamientos térmicos y posterior almacenamiento a bajas temperaturas en la calidad, daño por frío, color, pérdida de peso, firmeza y 5 triacilglicéridos (TAG's) en comparación con el almacenamiento a bajas temperaturas.

Materiales y métodos

Origen de los frutos.

Los frutos fueron cosechados y transportados al laboratorio antes de 24hr; se seleccionaron y descartaron los frutos que presentaran algún daño físico. Se hicieron tres lotes de 80 frutos cada uno. Dos lotes para aplicar tratamientos térmicos y un lote control.

Aplicación de los tratamientos térmicos.

Se aplicaron dos tratamientos (38°C por 360min y 40°C por 120min) en una cámara

construida con acero inoxidable de 156cm de altura, 70cm de ancho y 132cm de profundidad, acoplada a una computadora para el control y monitoreo de la temperatura del aire (entrada y salida a la cámara) y del fruto (superficie y pulpa) durante el tratamiento. Los frutos se enfriaron inmediatamente después del tratamiento, utilizando agua a temperatura ambiente por 30 min. Posterior al enfriado se secaron en forma manual y se almacenaron a 4°C.

Evaluación de calidad.

Se hizo a través de una escala subjetiva en la cuál se evaluó el daño externo e interno en una escala de 1 a 5 (Véase tabla 1). Para la evaluación externa se consideró toda la superficie del fruto y para la interna se efectuó un corte longitudinal y se evaluaron las superficies de ambas mitades

Evaluación de daño por frío externo e interno.

Se utilizó una escala subjetiva (Véase tabla 2). Para el daño externo se tomaron en cuenta el oscurecimiento del epicarpio no causado por la maduración del fruto y la inmadurez parcial o total del fruto. Para la evaluación interna se observó el oscurecimiento de los haces vasculares y en la pulpa del fruto.

Tabla 1.

Valor	Calidad	Daño en superficie
1	Muy mala	> 70%
2	Mala	> 50 < 70%
3	Regular	> 20 < 50%
4	Buena	> 0 < 20%
5	Muy buena	0%

Sistema subjetivo utilizado para la evaluación de la calidad externa e interna.

Tabla 2.

Valor	Significado	Porcentaje de daño
1	No se observó	0%
2	Muy ligero	> 0 < 20%
3	Intermedio	> 20 < 50%
4	Severo	> 50 < 70%
5	Muy severo	> 70%

Sistema subjetivo utilizado para la evaluación del daño por frío interno y externo.

Color.

Se midió el color al llegar al laboratorio con un colorímetro MiniScan XE, Mod. 4510-L, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston Va. Se marcaron dos puntos en los costados en los cuáles se hizo la medición para su referencia en muestreos posteriores. Se tomaron lecturas de a^* (verde-rojo), b^* (azul-amarillo) y L^* ; y se calcularon Hue ($h^* = \arctangente(b^*/a^*)$) y Croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$)

Determinación de la pérdida de peso.

La balanza electrónica utilizada fue marca AND modelo FX-2000, A&D Company, limited, Japan. Se pesaron todos los frutos al llegar y posteriormente durante cada muestreo. La pérdida de peso se calculó según la fórmula:

% Pérdida

$$\text{de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Firmeza.

Para ésta determinación se hicieron mediciones en los puntos en donde se evaluó color. El texturómetro usado fue marca TA-HD Texture Analyser, Stable Micro Systems, conectado a un Software SMS Texture Analyser XT-RA Dimension, Versión 3.7. Para la determinación se eliminó el exocarpio y se midió directamente sobre la pulpa. Se determinó la fuerza de penetración a una distancia de 8 mm, con un punzón de 5 mm de diámetro y el valor se expresó en Newtons (N).

Determinación de TAG's.

Los TAG's se analizaron por HPLC, utilizando la técnica propuesta por Schuster¹⁹, en donde 50µL de aceite de aguacate fueron disueltos en 450µL de tetrahidrofurano, agitados por 10seg en vortex. Se utilizó un cromatógrafo Hewlett Packard Series 1100, conectado a un Software HP ChemStation LC, Revisión-A.05.02 [273], y una columna tipo Hypersil MOS de 150X4.6mm. La temperatura de la columna fue de 60°C, con una presión de 28bar y un flujo de 1ml/min. Se inyectaron 10µL de la mezcla, usando agua y acetonitrilo:ter-butil metil éter (9:1), con un gradiente de 87% de la mezcla a los 0 min y a los 25 min el 100%. El detector fue de arreglo de diódos (DAD) a 215nm. La identificación de los TAG's se efectuó por comparación de área bajo la curva de las muestras con el de una solución estándar (triglyceride mixture olive oil (Sigma)).

Análisis estadístico.

Todos los resultados fueron analizados a través de regresiones. El control fue ajustado a el valor de r^2 más alto, y con ese mismo orden de regresión se analizaron los tratamientos. Los puntos en las gráficas representan la media de las evaluaciones y las barras verticales el error estándar.

Resultados

Calidad externa.

La tendencia general tanto del control como de los tratamientos fue similar con inclinación a la baja (Véase figura 1A). El control presentó la mejor calidad durante los

primeros 35 días. El tratamiento a 38°C presentó la peor calidad hasta el día 35 y el tratamiento a 40°C se observó como de calidad intermedia. El control inició con una calidad de 5 (0% daño) y finalizó en 2.5 (entre 50 y 70% daño). El tratamiento a 38°C comenzó en un valor de 5 (0%) y terminó en 3.5 (entre 20 y 50% daño) se observó una disminución en el día 28 y posteriormente se mantuvo con una tendencia igual para finalizar con el valor referido anteriormente, siendo éste tratamiento el de mejor

calidad. El tratamiento a 40°C permaneció como calidad intermedia pero a partir del día 35 y hasta el día 42 la calidad decayó. El control presentó una r^2 de 0.99, el tratamiento a 38°C de 0.91 y el de 40°C de 0.93. Al finalizar el almacenamiento el control y el tratamiento a 40°C tienden a disminuir su calidad externa mientras que el tratamiento a 38°C la mantiene.

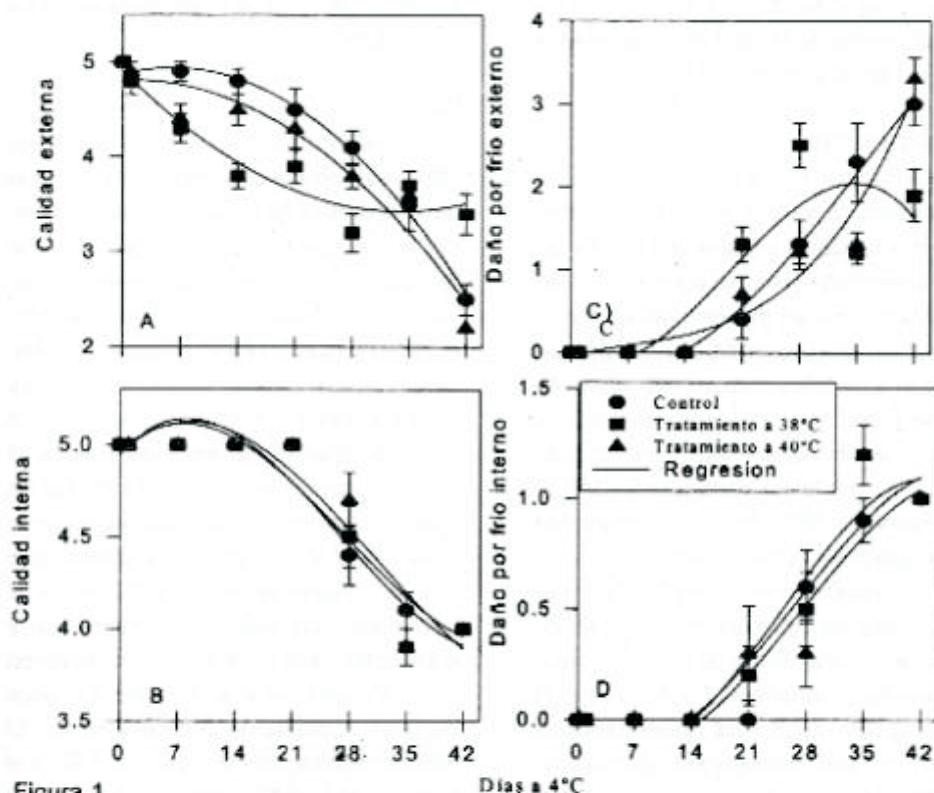


Figura 1

Evaluación de la calidad externa (A), interna (B), daño por frío externo (C), e interno (D) en frutos de aguacate 'Hass' expuestos a tratamientos térmicos y almacenados a 4°C por hasta 42 días. Las barras verticales representan el error estándar.

Calidad interna.

La calidad interna del fruto se deterioró en los 3 lotes (Véase figura 1B). Durante los primeros 21 días de almacenamiento el valor de calidad interna fue de 5 (equivalente a un 0% de superficie dañada) para el lote control y los tratados térmicamente. A partir del día 21 y hasta el día 42 de almacenamiento la calidad interna disminuyó su valor finalizando con un grado de daño entre el 0 y 20% de la superficie total del fruto en los 3 lotes evaluados. Las regresiones mostraron un comportamiento similar y las r^2 calculadas fueron de 0.95 para el control, 0.92 para el tratamiento a 38°C y 0.89 para el de 40°C.

Daño por frío.

Los daños por frío externos e internos comenzaron a ser visibles en los frutos control y tratados a partir del día 14 de almacenamiento (Véanse figuras 1C y D). El control presentó menor daño en forma externa en la evaluación del día 21 con respecto a los lotes tratados térmicamente (Véase figura 1C); y a partir del día 28 y hasta el término del almacenamiento éste mostró un grado de daño intermedio. El tratamiento a 38°C fue el que presentó mayor grado de daño externo en los días 21 y 28; disminuyó en el día 35 y terminó como el lote de frutos con menor grado de daños en el día 42 de almacenamiento. Finalmente el tratamiento a 40°C tuvo el mayor grado de daños presentándose incluso un fruto con desarrollo de inmadurez total. El resultado de r^2 para el control fue de 0.99, para el tratamiento a 38°C de 0.78 y para el de 40°C de 0.95. El tratamiento a 38°C presentó la tendencia a

mantener desde el día 21 el grado de daño por frío externo hasta la finalización del almacenamiento a 4°C, mientras que el control y el tratamiento a 40°C tuvieron la tendencia a seguir en aumento.

En los primeros 14 días de almacenamiento no se observaron síntomas de daño por frío interno (Véase figura 1D) y fue hasta el día 21 cuando aparecieron, siendo similar el comportamiento entre los 3 lotes y finalizando en un valor de 1 (0 a 20% de la superficie dañada). La r^2 del control tuvo un valor de 0.95, 0.93 el tratamiento a 38°C y 0.88 a 40°C.

Color.

Los tratamientos térmicos aplicados no influyeron sobre el color de los frutos ya que tanto el control como los tratados presentan el mismo comportamiento (Véase figura 2). El parámetro a^* (verde-rojo) (Véase figura 2A) inició en un valor de -25, durante los días 7, 14 y 21 se mantuvo próximo a -33; y en los días 35 y 42 sus valores se presentaron cercanos a cero (-5 y -4 respectivamente). El valor de r^2 para el control, tratamiento a 38°C y a 40°C fue de 0.96. El parámetro b^* (azul-amarillo) tuvo un valor inicial de 27 previo al tratamiento térmico (Véase figura 2B). Posterior al tratamiento los valores disminuyeron y durante los días 7, 14 y 21 incrementaron hasta 35, para volver a disminuir a valores de 10 en el día 42 de almacenamiento. El control presentó un valor de r^2 de 0.93, y el tratamiento a 38°C y 40°C de 0.89 y 0.92 respectivamente. El parámetro L^* (Véase figura 2C) presentó una tendencia similar al parámetro b^* durante los primeros 21 días

de almacenamiento (excepto en el valor del día 7 del tratamiento a 40°C). En el día 35 los valores disminuyen y se mantienen cercanos a un valor de 33 hasta finalizar el almacenamiento. Los valores de r^2 obtenidos del análisis estadístico, indican que para el control y el tratamiento a 38°C, el valor es similar (0.98 y 0.96), mientras que para 40°C el valor es menor (0.86). Croma inició en un valor de 40 (Véase figura 2D) y durante los días 7, 14 y 21 aumentó a 48. En el día 35 presentó un valor de 15 y finalizó el periodo de almacenamiento con un valor cercano a éste. El análisis estadístico dio valores de r^2 similares para los 3 lotes (0.97, 0.95 y 0.96 para el control, 38°C y 40°C respectivamente). En

hue (Véase figura 2E) el comportamiento fue siempre con tendencia hacia la baja. El valor inicial de éste parámetro fue de 141 y disminuyó posterior al tratamiento. Para los días 7, 14 y 21 mantuvo valores cercanos a 133, disminuyó a 112 para el día 35 y en el día 42 se observaron diversos valores para cada uno aún y cuando la tendencia es la misma (control de 104, tratamiento a 38°C de 110 y tratamiento a 40°C de 102). Las r^2 para los tres lotes fueron de 0.96 para el control, de 0.94 para el tratamiento a 38°C de 110 y tratamiento a 40°C de 102). Las r^2 para los tres lotes fueron de 0.96 para el control, de 0.94 para el tratamiento a 38°C y de 0.98 para el tratamiento a 40°C.

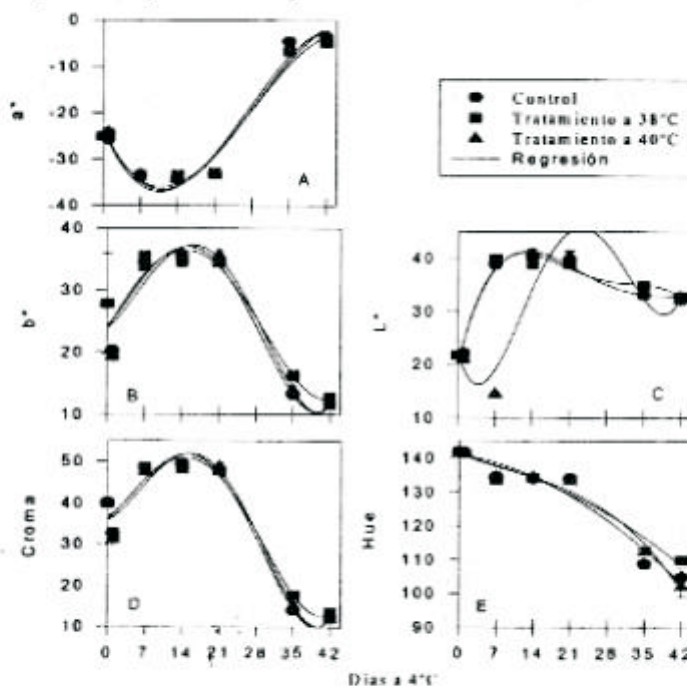


Figura 2

Cambios en los componentes de color: valor a^* (A), valor b^* (B), valor L^* (C), valor de Croma (D) y valor de Hue (E) en aguacate 'Hass' expuestos a tratamientos térmicos y almacenado a 4°C por hasta 42 días. Las barras verticales representan el error estándar.

Pérdida de peso.

La pérdida de peso mostró una tendencia muy semejante entre el control y los tratamientos. Se presentó en forma creciente conforme pasaban los días de almacenamiento (Véase figura 3A). El control finalizó con la mayor pérdida de peso con un 13.63%. El tratamiento a 38°C se

comportó como intermedio entre el control y el tratamiento a 40°C. El tratamiento a 40°C fue el que finalizó con menor pérdida de peso, con un 12.20%. Del análisis de regresión se obtuvo que el valor de r^2 para el control fue de 0.98, para 38°C de 0.97 y para 40°C de 0.99.

Edgar Alejandro Román Mares y Elhadi Yahia Kazuz

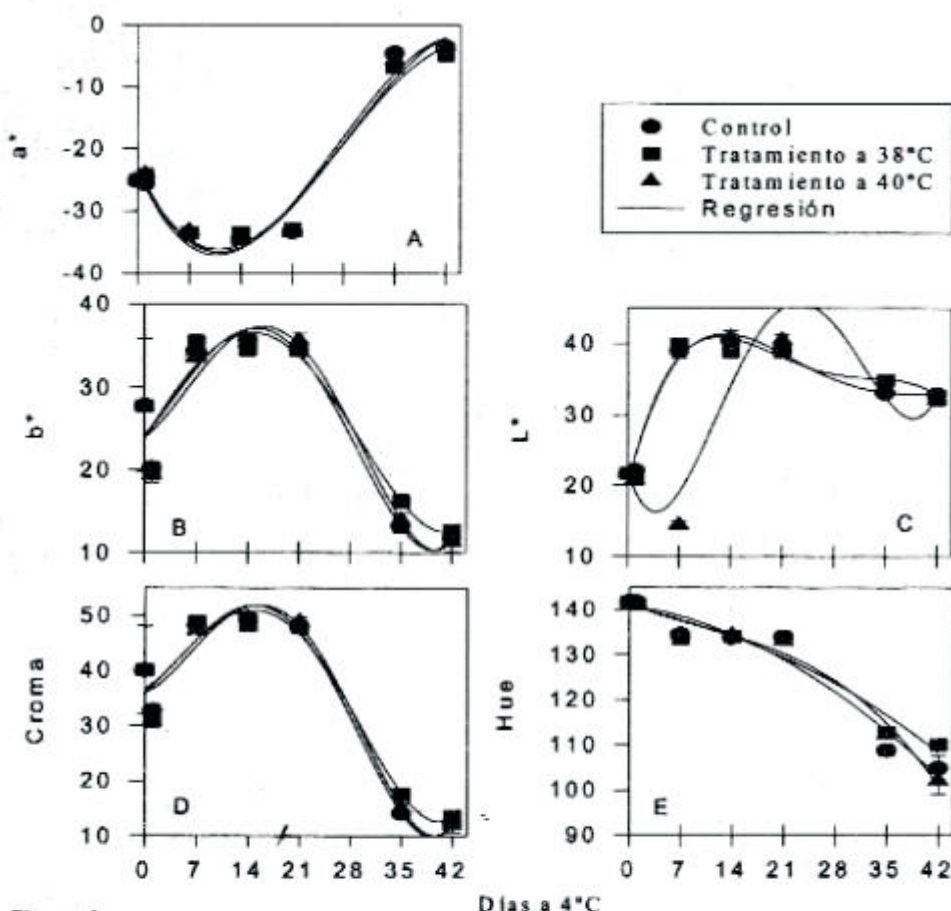


Figura 3

Pérdida de peso (A) y firmeza (B) de aguacate 'Hass' expuesto a tratamientos térmicos y almacenado hasta por 42 días a 4°C. Las barras verticales representan el error estándar.

Firmeza.

El comportamiento fue en disminución a partir de su valor inicial (Véase figura 3B). El control a partir del día 14 presentó un decremento muy notable en comparación con los tratamientos, disminuyó en 20 N en los días 21, 28 y 35, para concluir en 15.93 N. Para el tratamiento a 38°C, los días 0 a 14 mostraron valores muy semejantes con firmeza de 84 N, a partir de éste día comenzó un descenso hasta el día 28 (61.10 N) y cercano al cual se mantiene hasta terminar el almacenamiento. El tratamiento a 40°C muestra su valor máximo en el día 14 (88.18 N), comienza su descenso en los días 21 y 28 terminando con un valor de 41.69 N. El valor de r^2 para el control fue de 0.94, para el tratamiento a 38°C de 0.85 y para el tratamiento a 40°C de 0.97.

TAG's.

Se muestra un cromatograma de HPLC de los TAG's analizados (Véase figura 4). El control muestra una tendencia muy similar en todos los TAG's analizados (Véase figura 5). Los frutos tratados (38°C y 40°C), muestran un comportamiento similar entre ellos, incrementan su concentración una vez que terminan de ser tratados térmicamente, tienden a disminuir posteriormente y volver a incrementarse en los días 21 y 28 (38°C y 40°C respectivamente) para disminuir nuevamente. En el tratamiento a 38°C, se observó un nuevo incremento en el día 42 en 4 de los 5 TAG's, mientras que a 40°C no (Véase figura 5).

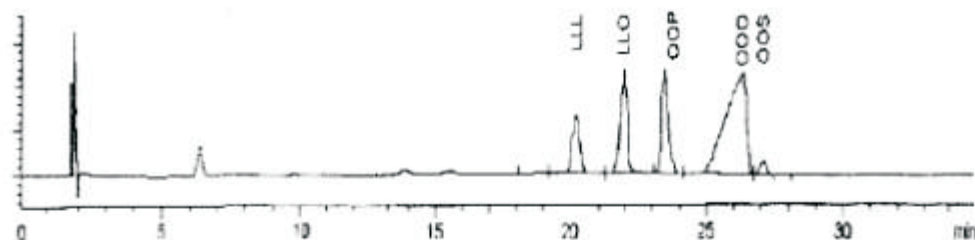


Figura 4

Cambios en triacilglicéridos en aguacate 'Hass' tratados térmicamente y almacenados a 4°C por hasta 42 días. LLL=Trilinoleína, LLO=1,2-Dilinolein-3-Oleil-glicerol, OOP=1,2-Dioleil-3-Palmitoil-glicerol, OOO=Trioleína y OOS=1,2-Dioleil-3-Esterail-glicerol. Las barras verticales representan el error estándar.

Trilnoleína (LLL).

El control (Véase figura 5) inició con un valor de 58.72µg/µL de aceite, incrementando hasta el día 14 (83.06µg/µL) y disminuyendo ligeramente el día 21, incrementándose y llegando a su máxima concentración en el día 28 (89.11µg/µL) para volver a disminuir al final de su almacenamiento (80.76µg/µL). El tratamiento a 38°C mostró un incremento al finalizar el tratamiento térmico (58.72µg/µL antes y 79.61µg/µL después), manteniéndose constante hasta el día 14 para incrementar en el día 21 (88.55µg/µL) a partir de éste día su concentración dismi-

nuyó en los días 28 y 35 incrementándose el día 42 (60.25, 56.47 y 66.20µg/µL, respectivamente). A 40°C el incremento posterior al tratamiento térmico fue de 58.72µg/µL antes y 79.92µg/µL después, posteriormente disminuyó en los días 7 y 14 (77.78µg/µL y 70.77µg/µL respectivamente), incrementándose nuevamente en los días 21 y 28 hasta llegar a una concentración de 83.61µg/µL y disminuyó en el día 35 manteniéndose próximo a éste valor (69.39µg/µL) en el día 42.

Edgar Alejandro Román Mares y Elhadí Yahia Kazuz

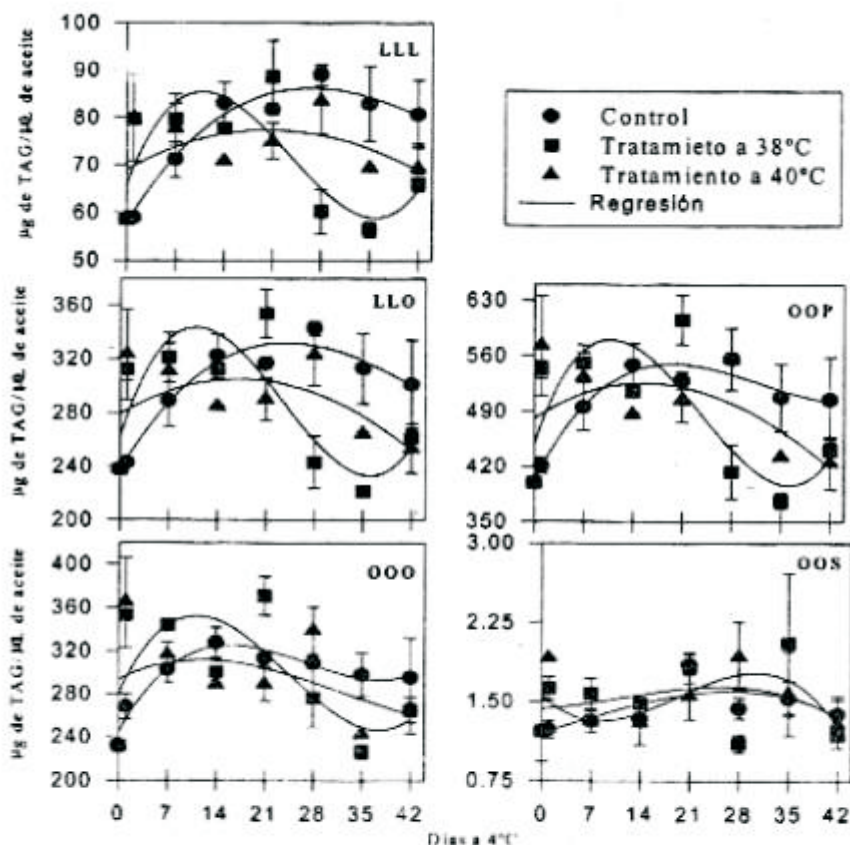


Figura 5

1,2-Dilinolein-3-Oleil-glicerol (LLO).

El control (Véase figura 5) inició en 238.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, la mayor concentración alcanzada en el día 28 fue de 343.20 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y finalizó en 301.17 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$. A 38°C el incremento fue de 238.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ antes del tratamiento a 312.38 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ inmediatamente después del tratamiento, disminuyó en el día 14 y aumentó en el día 21 (353.64 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) disminuyó nuevamente en el día 28 y llegando a su mínima concentración en el día 35 (221.31 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) y aumentó nuevamente en el día 42 (261.67 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$). El tratamiento a 40°C también presentó un incremento al finalizar el tratamiento (238.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ antes y 323.39 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ después) disminuyó en el día 14 aumentándose nuevamente el día 28 (323.48 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$), para disminuir en los días 35 y 42 (264.64 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y 253.70 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ respectivamente).

1,2-Dioleil-3-Palmitoil-glicerol (OOP).

Este TAG es el que se encontró en mayor cantidad. El control (Véase figura 5) presentó una concentración inicial de 399.60 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, incrementándose hasta un valor máximo de 556.28 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ en el día 28 comenzando a disminuir para finalizar en 504.80 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ en el día 42. Antes del tratamiento a 38°C se determinó una concentración de 399.60 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y al finalizar el tratamiento se detectaron 542.40 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$. La concentración máxima alcanzada fue en el día 21 (605.25 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) y disminuyó hasta 376.46 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ en el día 35 para incrementarse nuevamente a 440.48 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ en el día 42. A 40°C el incremento al finalizar el tratamiento térmico fue mayor en comparación con el de 38°C, ya

que a 40°C alcanzó hasta 572.94 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (al finalizar el tratamiento), posteriormente disminuyó hasta el día 14 (486.87 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$), incrementándose en los días 21 y 28 (504.18 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y 555.63 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ respectivamente) para disminuir en los días 35 (432.65 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) y 42 (424.93 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$).

Trioleina (OOO).

El control (Véase figura 5) inició con una concentración de 231.97 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, incrementándose en los días 7 y 14; y descendiendo a 295.39 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ en el día 42. El comportamiento a 38°C incrementó al terminar el tratamiento térmico (231.97 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ al inicio y 353.12 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ al finalizar) disminuyendo en los días 7 y 14, para el día 28 incrementar a su valor máximo (370.70 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) y disminuyó en el día 35 (226.52 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) para volver a incrementarse el día 42 (265.50 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$). A 40°C el incremento al aplicar el tratamiento fue de 231.97 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (antes) a 365.00 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (al finalizar), posterior a esto, la concentración disminuyó en los días 7, 14 y 21 (316.53 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, 288.76 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y 288.77 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ respectivamente) incrementándose nuevamente a 338.79 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (día 28) y finalizar el almacenamiento en 267.83 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$.

1,2-Dioleil-3-Esterail-glicerol (OOS).

Este TAG (Véase figura 5) es el que se encontró en menor concentración. El control inició con una concentración de 1.21 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y se incrementó en los días 7, 14 y 21 hasta alcanzar 1.85 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, a partir de ésta fecha su contenido disminuyó y finalizó en 1.38 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ en el día 42. El tratamiento a 38°C también mostró un incremento antes

del tratamiento ($1.21\mu\text{g}/\mu\text{L}$) con respecto al finalizar el mismo ($1.63\mu\text{g}/\mu\text{L}$), su concentración disminuyó en los días 7 y 14, volviéndose a incrementar en el día 21 ($1.83\mu\text{g}/\mu\text{L}$), disminuyendo a $1.10\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (día 28), aumentando a $2.05\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (día 35) y finalizar en $1.18\mu\text{g}/\mu\text{L}$ (día 42). Para 40°C también se observó el incremento antes y después del tratamiento ($1.21\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y $1.92\mu\text{g}/\mu\text{L}$ respectivamente), disminuyó en el día 7 a $1.31\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y el comportamiento tendió a aumentar en los días 14, 21 y 28 hasta alcanzar $1.93\mu\text{g}/\mu\text{L}$ y disminuir nuevamente en el día 42 ($1.29\mu\text{g}/\mu\text{L}$).

De los TAG's analizados, en el control resultó con valores estadísticos de r^2 altos y similares entre ellos, a excepción del TAG OOS que resultó en 0.57 (LLL= 0.97, LLO= 0.96, OOO= 0.94, y OOP=0.96). El tratamiento a 38°C al igual que el control presento una similitud en los comportamientos y valores similares en r^2 a excepción del mismo TAG que en el control (LLL= 0.60, LLO= 0.65, OOO= 0.47, OOP= 0.59 y OOS= 0.10); mientras que el de 40°C se comporto semejante a los otros dos lotes con valores de r^2 similares en los TAG's, LLL= 0.21, LLO= 0.29, OOO= 0.14, OOP= 0.29 y OOS= 0.38).

Discusión de resultados

Calidad externa.

En los frutos evaluados en el presente estudio no se detectó daño por calor al salir de los tratamientos térmicos, ya que no presentaron escaldado, oscurecimiento o algún otro daño visible. Nuestros resultados se muestran acorde a lo reportado por

Woolf et al¹¹, donde concluyen que el aguacate 'Hass' tolera tratamientos térmicos de 38°C por 8 hr y 40°C por hasta 10 hr sin sufrir daño por calor. Yahia¹² concluye que frutos de aguacate expuestos a 50°C por 4 hr fueron severamente dañados por el tratamiento térmico y durante su almacenamiento presentaron olor fermentativo, necrosis interna e incapacidad para madurar, mientras que los frutos expuestos a un tratamiento de 42°C por 4 hr presentaron daño de menor severidad y mejor maduración en comparación con los tratados a 50°C ; y que aún los frutos tratados a 38°C por 8 hr presentaban un daño muy ligero. Otros trabajos efectuados por Juárez-Rico¹³ y Villagómez-León¹⁴ determinaron que en tratamientos térmicos a base de aire seco forzado en temperaturas de 43°C por 160 min y de 48°C por 160 min, almacenados por 6 días a 10°C , el aguacate 'Hass' sufre daños visibles en forma externa e interna una vez terminado el tratamiento y se hacen más notorios una vez finalizado el tiempo del almacenamiento.

Calidad interna.

No se observó diferencia en el comportamiento de las tendencias durante el almacenamiento, por lo que los tratamientos térmicos no afectaron ni beneficiaron en algún sentido la calidad interna de los frutos tratados y la disminución de la calidad fue debida al daño ocasionado por las bajas temperaturas de almacenamiento.

Daño por frío.

El tratamiento térmico brindó una tolerancia al daño externo en los frutos tratados a

38°C con respecto al control, mientras que los frutos tratados a 40°C no lograron esa termotolerancia a las bajas temperaturas. Woolf et al¹¹ reportaron que los tratamientos térmicos confieren resistencia al daño por frío, resultado acorde con el tratamiento aplicado a 38°C en nuestro experimento, no así para el tratamiento a 40°C. El hecho de que los frutos tratados térmicamente a 40°C no logran adquirir la termotolerancia a bajas temperaturas, pudiese estar vinculado con lo reportado por Florissen et al³, que determinaron que el tiempo mínimo requerido a 38°C para lograr la expresión de las proteínas de choque térmico es de 120 min, y el tratamiento a 40°C apenas logró estar 8 min por arriba de dicha temperatura (38°C), acción que se podría tomar como un estrés provocado al fruto sin lograr el objetivo principal.

En la evaluación del daño por frío interno no se observó efecto alguno de los tratamientos térmicos sobre la capacidad del fruto para tolerar el almacenamiento a bajas temperaturas sin llegar a desarrollar daño por frío. Zauberman et al¹⁵, reportaron que el daño por frío en los frutos de aguacate 'Hass' pueden aparecer entre 2 y 4 semanas de almacenamiento a 4°C, y Vakis¹⁶ reportó que el aguacate 'Hass' puede permanecer sin daño por frío 3 semanas a 2.2°C o 4.4°C, resultados acordes con lo obtenido en este experimento, ya que los síntomas de daño por frío externo e interno se hicieron notorios hasta las 3 semanas de almacenamiento a 4°C. Una posible causa de que los frutos

tratados presentaron daño por frío interno en igual intensidad que el control es lo reportado por Kosiyachinda y Young¹⁷, donde explica que los frutos de diferentes estadios de maduración presentan diferentes respuestas al almacenamiento de daño por frío, obteniendo que los frutos recién cosechados y hasta el pico climático tienen una mayor sensibilidad a las bajas temperaturas, que aquellos que se someten a bajas temperaturas en su etapa postclimática, además López y Cajuste¹⁸ determinaron que el comportamiento postcosecha del fruto se ve influenciado por la altura de producción (1400, 1700 y 2100 msnm) y el tipo de floración (normal y aventurera) del fruto.

Color

El valor a^* indica que la tendencia del color fue de verde a tonos grises. La tendencia seguida por el valor b^* , indica que se inicia en una tonalidad amarilla y en el transcurso del almacenamiento tiende a estar próximo a tonos grises. Los valores en L^* , nos sugieren que de comenzar en una tonalidad oscura, el color tiende a aclararse y finalmente a oscurecerse ligeramente. En Croma, la saturación del color se incrementó posterior al tratamiento; pero en los últimos días de almacenamiento la saturación del color disminuyó. Finalmente los resultados nos indican que el ángulo de matiz siempre estuvo disminuyendo y que de encontrarse en tonalidades verde-amarillas pasó a tonos amarillo-verdes. De acuerdo a las tendencias presentadas por los análisis de regresión el color no mostró diferencia entre el control y los tratamientos térmicos.

Pérdida de peso.

Los resultados obtenidos se muestran similares a los obtenidos por Woolf et al¹¹ donde posterior a varios tratamientos térmicos y almacenamiento a bajas temperaturas, los frutos tratados y control siguen la misma tendencia de pérdida de peso; de igual forma Lay-Yee y Kellie¹⁸, no mostraron diferencia en la pérdida de peso en nectarinas variedad 'Fantasia', cuando éstas fueron sometidas a tratamiento con aire seco forzado.

Firmeza.

Estos resultados confirman lo determinado por Erickson y Yamashita²⁰ en donde concluyen que la temperatura altera la firmeza de los frutos tratados a comparación con el control. Por otro lado O'Donogue et al²¹, atribuyen la pérdida de firmeza a la actividad de la enzima celulasa, indicando que la actividad de ésta enzima se encuentra principalmente asociada a las primeras etapas de ablandamiento.

TAG's.

En estudios realizados por Gaydou et al²², en los cuáles se observó la maduración en aguacate de la variedad 'Lula', se determinó la existencia de 13 tipos diferentes de TAG's, en los cuáles se determinó que el 1,2-Dioleil-3-Palmitoil-Glicerol (OOP) fue encontrado como segundo en concentración, siendo el primero una mezcla de 1-Linoleil-2-Oleil-3-Palmitoil-Glicerol y 1,2-Dioleil-3-Palmitoil-Glicerol (LOP + OOPo). Lozano²³, en aguacates de variedad 'Fuerte' encontró que entre 5 tipos de TAG's determinados, el OOP,

fue el que se encontró en mayor proporción; éstos resultados son acordes con lo observado en el presente estudio, ya que dentro de los tipos de TAG's determinados, el OOP fue el encontrado en mayor concentración en todas las muestras.

Por otro lado, el incremento en las concentraciones de TAG's una vez finalizados los dos tratamientos térmicos puede ser explicado de acuerdo a lo mencionado por Ohlogge y Jaworski²⁴, en donde concluyen que para la explicación de la síntesis de TAG en la célula, se observó que algunos tipos de estrés como lo es el producido por ozono causó incrementos en la actividad de la enzima diacilglicerol aciltransferasa, responsable de la síntesis de TAG.

Conclusiones

La aplicación de tratamientos térmicos contribuyen a mantener por un mayor tiempo la firmeza en los frutos y por lo tanto la vida de anaquel del producto cuando éste es almacenado a 4°C. De los dos tratamientos aplicados, el de 38°C por 360 min. contribuye a mantener una mayor firmeza con respecto al de 40°C y al control. La respuesta del fruto al aplicar los tratamientos térmicos hacen que se aumente la síntesis de los TAG's. Ésta respuesta requiere de una mayor investigación para entender la forma en la cual el fruto reacciona a la aplicación de calor. La aplicación comercial de éste tratamiento (38°C) podría contribuir a mantener una mejor calidad y una mayor vida postcosecha del fruto.

Referencias bibliográficas

- 1 Shewfelt R. L. 1999. What is quality?. *Postharvest Biol. & Technol.* 15(3): 197-200.
- 2 Fernández B. J. A. 1998. Problemática de la comercialización del aguacate. I Foro Simorelos-produce. Pátzcuaro, Mich.
- 3 Florissen P., Ekman J. S., Blumenthal C., Mc Glasson W. B., Conroy J., Holford P. 1996. The effects of short heat-treatments on the induction of chilling injury in avocado fruit (*Persea americana* Mill). *Postharvest Biol. & Technol.* 8(2):129-141.
- 4 Apelbaum A., Zauberman G. and Fuchs Y. 1977 Prolonging storage life of avocado fruits by subatmospheric pressure. *HortScience* 12(2):115-117
- 5 Yahia K. E. M. y Báez S. R. 1992. Manejo postcosecha de frutas subtropicales. En: *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Yahia K. E. M. e Higuera C. I. (Eds). LIMUSA. Pp. 197-205.
- 6 Kader A. A. and Barret D. M. 1996. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. *Processing fruits: Chapter 1 In: Science and technology. Biology principles and applications Vol. 1*. Somogyi L. P. Ramaswamy H. S. and Hui Y. H. (Eds). Technomic publication. Pp. 1-24.
- 7 Morales G. L. 1999. Cuidados del Aguacate en precosecha. Boletín interno de la Asociación agrícola local de productores de aguacate de Uruapan Michoacán (APROAM). 2(11).
- 8 Lurie S. 1998a. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. & Technol.* 14(3):257-269.
- 9 Lurie S. 1998b. Postharvest heat treatments of horticultural crops. *Horticultural Reviews* 22:91-121.
- 10 Schuster R. 1987. Multicomponent analyses of fats and oils using diode-array detection. HPLC Application note 5954-6269. Hewlett-Packard GmbH, D-7517 Waldbronn, FRG.
- 11 Woolf A. B., Watkins C. B., Bowen J. H., Lay-Yee M., Maindonald J. H. and Ferguson I. B. 1995. Reducing external chilling injury in stored 'Hass' avocados with dry heat treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(6):1050-1056.
- 12 Yahia K. E. M. 1998. Avocado and guava fruits are sensitive to insecticidal MA and/or heat. Pp132-136.
- 13 Juárez-Rico A. 2000. Respuesta de diferentes frutas y hortalizas al estrés térmico y relación con la actividad de trehalasa. Tesis de Licenciatura en Químico en Alimentos. Facultad de Química. UAQ. Querétaro, Qro., Méx.
- 14 Villagómez-León G. 2000. Diferencias fisiológicas y/o bioquímicas entre frutos sensibles y tolerantes al estrés térmico y su relación con la actividad de la trehalasa en 16 frutos. Tesis de Licenciatura en Químico en Alimentos. Facultad de Química. UAQ. Querétaro, Qro., Méx.
- 15 Zauberman G., Schiffman-Nadel M. and Yanko U. 1977. The response of avocado fruit to different storage temperatures. *HortScience* 12(4):353-354.

- 16 Vakis N.J. 1982. Storage behaviour of 'Ettinger', 'Fuerte' and 'Hass' avocados grown on Mexican rootstock in Cyrus. *J. Hort. Sci.* 57(2):221-226.
- 17 Kosiyachinda S. and Young R. E. 1976. Chilling sensitivity of avocado fruit at different stages of the respiratory climateric. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(6):665-667.
- 18 López L. L. y Cajuste B. J. F. 1999. Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. IV Congreso Mundial del Aguacate 17-22 de Octubre Uruapan, Michoacán, México. Pp.120.
- 19 Lay-Yee M. and Kellie J. R. 1994. Quality of 'Fantasia' nectarines following forced-air heat treatments for insect disinfestation. *HortScience* 29(6):663-666.
- 20 Erickson L. C. and Yamashita T. 1964. Effect of temperature on the ripening of 'Hass' avocados. *California Avocado Society Yearbook* 48:62-64.
- 21 O'Donogue E. M., Huber D. J. and Timpa D. J. 1993. Action of Cx-cellulase on avocado cell wall polymers. *Acta Horticulturae* 343:212-214.
- 22 Gaydou E. M., Lozano Y. and Ratovohery J. 1987. Triglyceride and fatty acid composition in the mesocarp of *Persea americana* during fruit development. *Phytochemistry* 26(6):1595-1597.
- 23 Lozano Y. 1983. *Rev. Fr. Corps Gras* 30:333. Citado por Gaydou et al., 1987.
- 24 Ohlogge J. and Jaworski J. G. 1997. Regulation of fatty acid synthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48:109-136.

Fecha de Recepción: Mayo 15 de 2000

Fecha de Aceptación: Agosto 15 de 2000

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE ANÁLISIS LEA

Presta el servicio de verificación de la calidad a materias primas, medicamentos, alimentos, cosméticos y similares.



Mayores Informes

Facultad Química Farmacéutica Of.1-110
Teléfono: 2 10 54 58 Telefax: 2 10 54 56
E-mail: lea@muiscas.udea.edu.co

Centro de Información y Documentación de Medicamentos, Alimentos y Productos Naturales de la Universidad de Antioquia

C I D U A



Atención en:

Facultad de Química Farmacéutica Oficina 2 - 123
Teléfono: 2 10 54 55 Telefax: 2 10 54 56
E-mail: mrestrep@carios.udea.edu.co