



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**FRUTICULTURA**

**EFFECTO DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS EN LA  
CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DEL LITCHI (*Litchi  
chinensis Sonn 'Brewster'*)**

**JANETH KARINA JACUINDE GUZMÁN**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS**

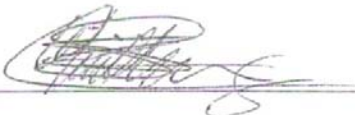
**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2007**


La presente tesis, titulada: **EFFECTO DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS EN LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DEL LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn 'Brewster')**, realizada por la alumna: **Janeth Karina Jacuinde Guzmán**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO: 

Dr. Guillermo Calderón Zavala

DIRECTOR: 

Dra. Laura Josefina Pérez Flores

ASESOR: 

Dr. Fernando Rivera Cabrera

ASESOR: 

Dr. Humberto Vaquera Huerta

Montecillo, Texcoco, México, 3 de Diciembre de 2007

## DEDICATORIAS

*Especialmente dedicada a mis padres, Ma. Eugenia Guzmán Medina y Cirilo Jacuinde Caballero, quienes siempre me han brindado su apoyo y lo mejor de si mismos. Por toda su dedicación y amor ... gracias.*

*A mis hermanos Ampallos, Marty, Juan Luis y Tony, quienes siempre han estado conmigo y con quienes he compartido los momentos más dichosos de mi vida.*

*A mis sobrinas Itzia y Jatzibe quienes siempre me proporcionan una inmensa alegría y a mi cuñada Itzel quien siempre ha terminado siendo mi cómplice.*

*A todo los miembros del laboratorio de Fisiología, Bioquímica y Biología Molecular de Plantas de la UAM-I Bety, Xochitl, Juan Manuel, Lluvia de Abril, Julio Cesar, Denisse, Itzel, Samuel, Jazmin, Vicente, Monica, Laura, Fernando Díaz de León, por su amistad y apoyo.*

*A FerRiv por su amor y porque me ha enseñado que no existen obstáculos que no se puedan vencer.*

*A todos mis familiares y amigos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al H. Colegio de Postgraduados por su gran tarea y por haberme permitido realizar los estudios de Maestría en su programa de Fruticultura.

Al CONACYT por haberme permitido de gozar de una beca, sin la cual no hubiera podido realizar esta investigación.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, CONPELAC (Consejo Nacional de Productores de Litchi A.C.), PROMEP Red de Cuerpos Académicos (UAM-I, UNACH y UC Davis EUA), PROMEP (34775) quienes financiaron parcialmente este proyecto.

Al Sr. Felipe Villaseñor productor de litchi en Chiltepec Oaxaca, por proporcionar el material biológico.

Al Dr. Guillermo Calderón Zavala, por su participación como consejero, pero sobre todo por su disposición, calidad humana y sus atinados consejos en la revisión de este trabajo.

A la Dra. Laura J. Pérez Flores, por su gran disposición, participación y dirección de la presente investigación y sobre todo por su gran paciencia para con este trabajo.

Al Dr. Fernando Rivera Cabrera, por brindarme sus conocimientos y su experiencia y por sus atinados consejos en la realización de este trabajo.

Al Dr. Humberto Vaquera Huerta, por sus valiosas aportaciones al presente trabajo.

Al M en C. Fernando Díaz de León Sánchez, por sus atinados consejos y ayuda durante la fase experimental.

A la Dra. Clara Pelayo Zaldívar y al Ing. Dagoberto Castillo Ánimas, por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

A las secretarías de Fruticultura Roció, Elsa y Olga, por su apoyo y disponibilidad en todo momento.

A todo el equipo de trabajo del Laboratorio de Fisiología, Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, del Departamento de Ciencias de la Salud, en la UAM-Iztapalapa

## EFFECTO DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS EN LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DEL LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn 'Brewster')

Janeth K. Jacuinde Guzmán, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2007

### RESUMEN

Uno de los principales problemas postcosecha del litchi es el oscurecimiento del pericarpo (cambio rápido de color de rojo a café en menos de 48 h en condiciones ambientales) lo cual reduce el valor comercial del fruto. Entre las tecnologías más usadas para mantener la calidad postcosecha de productos hortofrutícolas, están los tratamientos de acondicionamiento previos al almacenamiento y el almacenamiento refrigerado en atmósferas modificadas. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de: acondicionamiento (21.5 °C y 60 % HR por 2 hrs), acondicionamiento (21.5 °C y 60 % HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 % HR por 1.5 hrs) y de atmósferas modificadas por empaque (domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup>), en la conservación postcosecha del litchi (*Litchi chinensis* Sonn) en refrigeración a  $7 \pm 1$  °C. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el tratamiento de acondicionamiento a 21.5 °C y 60 % HR por 2 hrs tuvo un efecto benéfico en la conservación de la calidad postcosecha de litchi. Sin embargo la aplicación combinada de acondicionamiento a 21.5 °C y 60 % HR por 2 hrs y enfriamiento con aire forzado a 7 °C y 90 % HR por 1.5 hrs. no mejoró las características de estos frutos. Con respecto a las condiciones de almacenamiento se encontró que el almacenamiento refrigerado de los litchis prolongó su vida de anaquel catorce días, en comparación con los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C. Asimismo, se observó que esta temperatura de refrigeración no indujo daño por frío (DPF). En relación a los empaques probados, los mejores resultados en cuanto a parámetros de calidad se obtuvieron en frutos almacenados en domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1$  °C, 90% HR, conservando valores similares a los iniciales en todos los parámetros determinados (SST, AT, color, pH etc,) después de 28 días de almacenamiento.

**Palabras clave:** enfriamiento con aire forzado, atmósferas modificadas, postcosecha, índice de daño por mancha café, oscurecimiento.

# EFFECTO DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS EN LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DEL LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn 'Brewster')

Janeth K. Jacuinde Guzmán, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2007

## ABSTRACT

The main postharvest problem in litchi is the darkening of the pericarp (the rapid change in color from red to brown in less than 48 h at environmental conditions), reducing the commercial value of the fruit. Conditioning treatments before storage and refrigeration with modified atmospheres are among the most common technologies to maintain postharvest quality of horticultural products. The objective of the present study was to determine the effect of applying a conditioning treatment (21.5 °C and 60 % RH for 2 hrs), a conditioning treatment (21.5 °C and 60 % RH for 2 hrs) plus pre-cooling with forced cooling air (7 °C and 90 % RH for 1.5 hrs) and the use of modified atmosphere packaging (rigid plastic containers (500 g), rigid plastic containers (500 g) and plastic bag and Xtend® bag) in the maintenance of litchi postharvest quality in refrigeration at  $7 \pm 1$  °C. The results of this study showed that the conditioning treatment of 21.5 °C and 60 % RH for 2 hrs had a beneficial effect on the maintenance of litchi postharvest quality. However the combination of the conditioning treatment at 21.5 °C and 60 % RH for 2 hrs and the pre-cooling with forced cooling air at 7 °C and 90 % RH for 1.5 hrs did not improve the fruit characteristics. Shelf life of litchi was increased 14 days by refrigerated storage compared to fruit stored at  $23 \pm 1$  °C. It was also observed that this temperature of refrigeration did not induce chilling injury. Regarding the packaging studies, the best results in maintenance of the quality parameters were observed in fruit stored in rigid plastic containers (500 g) plus plastic bag and Xtend® bag at  $7 \pm 1$  °C, 90% RH, where the values of the measured parameters (SSC, TA, color, pH, etc) were maintained in storage up to 28 days after harvest.

**Key Words:** forced-air cooling, postharvest, modified atmospheres, browning index, browning.

## CONTENIDO

<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Origen, clasificación taxonómica y distribución del litchi .....	3
2.2. Morfología y botánica .....	5
2.3. Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración.....	6
2.3.1. Contenido de azúcares .....	7
2.3.2. Acidez .....	7
2.3.3. Respiración .....	8
2.3.4. Producción de etileno.....	8
2.3.5. Color .....	9
2.3.6. Polifenol oxidasas (PPO) .....	10
2.4. Tecnologías empleadas en la conservación de frutas .....	11
2.4.1. Enfriamiento o preenfriamiento previo al almacenamiento .....	11
2.4.2. Atmósferas modificadas.....	12
2.4.3. Almacenamiento en refrigeración .....	13
2.5. Daño por frío.....	14
2.6. Metabolitos fermentativos.....	15
2.7. Capacidad antioxidante .....	15
2.8. Compuestos fenólicos totales.....	16
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
4.1. Objetivo general .....	18
4.2. Objetivos particulares .....	18
<b>V. HIPÓTESIS</b> .....	<b>19</b>
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
6.1. Material biológico.....	20
6.2. Tratamientos.....	20
6.3. Variables.....	22
6.4. Diseño experimental y análisis de resultados.....	22
6.5. Análisis estadístico .....	23
6.6. Metodología.....	23
6.6.1. Evaluación de la pérdida de peso (PP).....	23
6.6.2. Respiración y niveles de etileno.....	24

6.6.3. Índice de daño (ID) .....	24
6.6.4. Porcentaje de fruta comerciable (FC) .....	26
6.6.5. pH .....	26
6.6.6. Acidez titulable (AT) .....	26
6.6.7. Sólidos solubles totales (SST) .....	26
6.6.8. Cociente de SST/AT .....	27
6.6.9. Azúcares .....	27
6.6.10. Evaluación del color .....	28
6.6.11. Cuantificación de antocianinas totales .....	28
6.6.12. Extracción de la enzima polifenol oxidasa (PPO) .....	28
6.6.13. Determinación de la actividad enzimática de la PPO .....	29
6.6.14. Metabolitos fermentativos .....	29
VI.6.15. Capacidad antioxidante total .....	29
6.6.16. Compuestos fenólicos totales .....	30
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
71. Efecto de la refrigeración en la vida de anaquel .....	31
7.2. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en los parámetros químicos y fisiológicos .....	31
7.2.1. Pérdida de peso (PP) .....	31
7.2.2. Respiración (CO <sub>2</sub> ) y niveles de etileno .....	35
7.2.3. Sólidos solubles totales (SST) .....	36
7.2.4. Acidez titulable (AT) .....	39
7.2.5. Cociente SST/AT .....	41
7.2.6. Azúcares reductores y totales .....	43
7.1.4. pH .....	47
7.3. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en los parámetros de color .....	49
7.4. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en el índice de daño y en el porcentaje de fruta comerciable ..	54
7.5. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en la actividad enzimática de la polifenol oxidasa (PPO) y antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster' .....	60
7.6. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en los niveles de metabolitos fermentativos (acetaldehído y etanol) .....	65
7.7. Capacidad antióxidante .....	69
7.8. Compuestos fenólicos totales .....	72
7.9. Correlaciones entre algunos de los parámetros de calidad estudiados .....	74
<b>IX. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>X. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>78</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>85</b>



## LISTA DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1 Producción mundial del litchi,	4
Cuadro 2 Cuadro de tratamientos y condiciones de almacenamiento de frutos de litchi	21
Cuadro 3 Efecto de la refrigeración en la vida de anaquel de frutos de litchi	31
Cuadro 4 Cambios en los parámetros de color (cromaticidad y ángulo Hue) hacia el final del almacenamiento en frutos de litchi sin acondicionamiento, con acondicionamiento y acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado.	54

## LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1 Anatomía del litchi (Litchi chinensis Sonn Cv. 'Brewster').	6
Figura 2 Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	33
Figura 3 Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	34
Figura 4 Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	34
Figura 5 Respiración en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C y domo a 7 ± 1 °C).	36

Figura 6	Sólidos solubles totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones. El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad.	37
Figura 7	Sólidos solubles totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	38
Figura 8	Sólidos solubles totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	38
Figura 9	Acidez titulable en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	39
Figura 10	Acidez titulable en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	40
Figura 11	Acidez titulable en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	40
Figura 12	Cociente de SST/AT en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	42
Figura 13	Cociente de SST/AT en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).	42
Figura 14	Cociente de SST/AT en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C,	43

domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C).

- Figura 15 Azúcares Reductores en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 44
- Figura 16 Azúcares Reductores en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 44
- Figura 17 Azúcares Reductores en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 45
- Figura 18 Azúcares Totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 46
- Figura 19 Azúcares Totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 46
- Figura 20 Azúcares Totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 47
- Figura 21 pH en el jugo de frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 48
- Figura 22 pH en el jugo de frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 48
- Figura 23 pH en el jugo de frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) 49

almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C).

- Figura 24 Color de la cáscara de litchis sin acondicionamiento. A) Valor de luminosidad (L); B) Valor de cromaticidad (C); C) Valor del ángulo Hue (h). 51
- Figura 25 Color de la cáscara de litchis con acondicionamiento. A) Valor de luminosidad (L); B) Valor de cromaticidad (C); C) Valor del ángulo Hue (h). 52
- Figura 26 Color de la cáscara de litchis con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado. A) Valor de luminosidad (L); B) Valor de cromaticidad (C); C) Valor del ángulo Hue (h). Media de tres repeticiones + error estándar. 53
- Figura 27 Índice de daño por manchas cafés en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25$  °C y  $80$  % HR por  $2$  hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 55
- Figura 28 Índice de daño por manchas cafés en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento ( $21.5$  °C y  $60$  %HR por  $2$  hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 55
- Figura 29 Índice de daño por manchas cafés en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento ( $21.5$  °C y  $60$  %HR por  $2$  hrs) más enfriamiento con aire forzado ( $7$  °C y  $90$  %HR por  $1.5$  hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 56
- Figura 30 Índice de daño por manchas negra en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25$  °C y  $80$  % HR por  $2$  hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 57
- Figura 31 Índice de daño por manchas negra en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento ( $21.5$  °C y  $60$  %HR por  $2$  hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). 57
- Figura 32 Índice de daño por manchas negra en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento ( $21.5$  °C y  $60$  %HR por  $2$  hrs) más enfriamiento con aire forzado ( $7$  °C y  $90$  %HR por  $1.5$  hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm$  58

1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).

- Figura 33 Fruta comerciable (%) en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 59
- Figura 34 Fruta comerciable (%) en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 59
- Figura 35 Fruta comerciable (%) en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 60
- Figura 36 Actividad de la PPO en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 61
- Figura 37 Actividad de la PPO en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 61
- Figura 38 Actividad de la PPO en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 62
- Figura 39 Antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 63
- Figura 40 Antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 64
- Figura 41 Antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más

enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).

- Figura 42 Niveles de acetaldehído en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 65
- Figura 43 Niveles de acetaldehído en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 66
- Figura 44 Niveles de acetaldehído en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 66
- Figura 45 Niveles de etanol en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 68
- Figura 46 Niveles de etanol en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 68
- Figura 47 Niveles de etanol en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 69
- Figura 48 Capacidad Antioxidante Total en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 70
- Figura 49 Capacidad Antioxidante Total en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). 71

- Figura 50 Capacidad Antioxidante Total en frutos de litchi 'Brewster', 71  
con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más  
enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs)  
almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C,  
domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).
- Figura 51 Compuestos fenólicos totales en frutos de litchi 'Brewster', 72  
sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs)  
almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C,  
domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).
- Figura 52 Compuestos fenólicos totales en frutos de litchi 'Brewster', 73  
con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs)  
almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C,  
domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).
- Figura 53 Compuestos fenólicos totales en frutos de litchi 'Brewster', 73  
con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más  
enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs)  
almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C,  
domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C).

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
AM	Atmósferas modificadas
AT	Acidez titulable
DNS	Ácido dinitrosalicílico
DPF	Daño por frío
EROS	Especies reactivas de oxígeno
ID	Índice de daño
PP	Pérdida de peso
PPO	Polifenol oxidasa
PVP	Polivinil pirrolidona
SST	Sólidos solubles totales
Ton	Toneladas



## I. INTRODUCCIÓN

El litchi tiene diferentes limitantes para su comercialización; una es el abastecimiento del mercado, el cual está limitado por su marcada estacionalidad, ya que es un fruto que se obtiene en una sola época del año, además de ser altamente alternante y perecedero. Una segunda limitante es la degradación posterior a la cosecha de antocianinas en el pericarpo (la cual está muy relacionada con la pérdida de agua), proceso que ocurre en menos de 48 h en condiciones ambientales. El síntoma más claro de la degradación de las antocianinas es el oscurecimiento del pericarpo que reduce el valor comercial del fruto (Underhill y Critcheley, 1995; Revathy y Narasimham, 1997; Kwan *et al.*, 1998; Jiang y Fu, 1999b).

La refrigeración y las atmósferas modificadas por empaque son de los métodos más empleados para conservar la calidad y extender el período de vida útil de los productos hortofrutícolas (Revathy y Narasimham, 1997; Wills y Lee, 2002). En general, las temperaturas de almacenamiento recomendadas para el litchi van desde 0 a 10 °C; sin embargo, aún no existe un acuerdo para el caso específico de los litchis cultivados en México (Holcroft y Mitcham, 1996).

Para obtener un mejor aprovechamiento de los beneficios del almacenamiento refrigerado, es necesario preenfriar los productos en un intervalo de tiempo no muy grande después de la cosecha, para extraer todo el calor adquirido en campo (Wills y Lee, 2002).

Se ha reportado que en litchi la aplicación de preenfriado, previo al almacenamiento refrigerado, retrasa la degradación de antocianinas en el pericarpo conservando su color rojo por más tiempo y reduciendo la PP y el DPF (Wills y Lee, 2002). Desafortunadamente, no hay acuerdo respecto al mejor método para preenfriar el litchi, ni acerca de la temperatura más adecuada para efectuar esta operación.

En el caso de frutos tropicales y subtropicales, el almacenamiento por debajo de ciertas temperaturas críticas, induce una fisiopatía conocida como DPF. Algunos de los

síntomas del DPF en litchi son: el oscurecimiento del pericarpo, la aparición de manchas necrosadas hundidas y en casos extremos, el desarrollo de sabores y aromas anormales y la lixiviación de solutos (Markhart, 1986; Mohn y col; 2004).

Como se mencionó anteriormente, el litchi tiene diferentes limitantes para su comercialización, siendo la principal la pérdida del color. Para mantener los atributos de calidad de este fruto, es necesario profundizar en los métodos empleados para alargar su vida postcosecha y mantener su calidad. Por otro lado, no hay estudios suficientes con respecto a la temperatura adecuada para el almacenamiento del litchi cultivado en México; de igual manera, no se conoce la temperatura crítica inductora de daño por frío.

En el presente trabajo se determinó el efecto del acondicionamiento (21.5 °C y 60 % de humedad relativa (HR) por 2 hrs), acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs), de empaques que generan atmósferas modificadas (domo, bolsa Xtend® y domo más bolsa), y del almacenamiento refrigerado (7±1°C), en la conservación postcosecha del litchi (*Litchi chinensis* Sonn).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen, clasificación taxonómica y distribución del litchi

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es un árbol subtropical que produce frutos no climatéricos en panículas terminales, pertenece a la familia Sapindaceae (Nacif, *et al.*, 2001) y se le considera originario de los subtrópicos del sureste de China (Provincia de Kwantung), en donde se le ha cultivado por 3500 años (Holcroft y Mitcham, 1996).

Los principales centros de producción en el mundo son: Asia (con la India como principal país productor a nivel mundial), Australia, Sur de África, Centro y Norte de América. La mayoría de los países productores cultivan el litchi a una latitud de 30-40°.

En general se considera que el litchi llegó al continente americano a través de Hawaii en la década de los 70's, aunque existen algunos reportes de hace casi 100 años de su presencia en Sinaloa, México. Sin embargo, su cultivo comercial es reciente y todavía pocos son los productores que han invertido en litchi en nuestro país (Schwentesiuss y Gómez, 2001; Trade Adjustment Assistance for Farmers, 2004).

Existen más de cien variedades de litchi, las cuales se distinguen por sus requerimientos climáticos, la calidad de la fruta, la maduración y el grado de alternancia. La variedad más difundida en los Estados Unidos y México es 'Brewster'. Esta variedad lleva el nombre del productor de litchi más famoso en el mundo hasta la fecha, el reverendo W. M. Brewster, quien se dedicó a la selección de cultivares en la península de la Florida. En México se han introducido también otras cuatro variedades: 'Mauricio', 'Haak Yip', 'Groff' y 'Sweet Cliff'; sin embargo 'Brewster' es la variedad de mayor importancia comercial (Schwentesiuss y Gómez, 2001; Trade Adjustment Assistance for Farmers, 2004).

Aunque el litchi se conoce desde hace milenios en China y sus países vecinos, su historia comercial es reciente y aún se comercializa poco a nivel mundial. Dado que es un producto que ha tenido grandes aumentos en ganancias, la superficie en

hectáreas cultivadas ha aumentado (Schwentesiuss y Gómez, 2001, Trade Adjustment Assistance for Farmers, 2004). Sin embargo, los datos de producción mundial del litchi no están disponibles como en el caso de la mayoría de las frutas. La FAO indica, que para fines de los años 60's del siglo pasado, había una producción de 225,000 ton (toneladas), a principios de los 80's de 250,000 t y a fines de los 90's una producción de 400,000 ton (Cuadro 1). En el caso de México, su participación como país productor de litchi es reciente (Schwentesiuss y Gómez, 2001).

Cuadro 1. Producción mundial del litchi 1969/70-1994/95 (toneladas) (Schwentesiuss y Gómez, 2001)

<b>PAÍS</b>	<b>1969/70</b>	<b>1980/81</b>	<b>1988/89</b>	<b>1994/95</b>
<b>AFRICA</b>				
Madagascar		8,000	35,000	35,000
Mauricio	1,000	1,000	1,000	1,000
Reunión		500	5,000	500
Sudáfrica	3,000	5,000	5,687	5,000
Otros		360		
<b>AMERICA</b>				
Brasil		2,000		
EUA			40	2,000
Hawai	250			40
Honduras		700		
México		180		2,310
<b>ASIA</b>				
China	50,000	64,000	61,820	62,000
Filipinas		5,000		
India	150,000	92,000	91,860	142,000
Indonesia		20,000		
Israel		15		1,000
Pakistan		30,000		
Tailandia		15,000	8,401	40,000
Taiwan			131,000	100,000
Vietnam		4,000		6,000
<b>AUSTRALIA</b>		500	1,500	2000/3000
<b>EUROPA</b>				250
España				

Para el año 2004, el área de producción de litchi aumentó a 600.01 hectareas, México contribuyó con 1.125 hectáreas, con una producción incrementada y Estados Unidos con 0.621 hectareas (Trade Adjustment Assistance for Farmers, 2004).

Por otro lado, los principales países importadores de litchi son la Unión Europea, los Estados Unidos, Hong Kong, Singapur, Japón y Canadá. En lo que se refiere a Estados Unidos, la demanda de litchi se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Los principales proveedores de litchi son para este país Taiwán, México, China e Israel (Trade Adjustment Assistance for Farmers, 2004).

## **2.2. Morfología y botánica**

El litchi es una drupa ó fruta de hueso, de forma cónica, cáscara (pericarpo) delgada, correosa e indehisciente. El pericarpo es de color verde, rosa, rojo brillante, rojo opaco o rojo púrpura, dependiendo del estado de madurez y del cultivar (Jiang y Fu, 1999a, Nacif, *et al.*, 2001).

La porción comestible es blanca y succulenta, y se le llama arilo, es una extensión del funículo o desarrollo del pedicelo de la semilla que se origina en la placenta y rodea completamente a la semilla dicotiledónea. El arilo crece a medida que la fruta se desarrolla hasta que cubre completamente a la semilla; en pocos cultivares el arilo no cubre completamente a la semilla especialmente en períodos de estrés hídrico (Jiang y Fu, 1999a).

La reducción del grosor de la cutícula durante el desarrollo se atribuye a la expansión rápida de la fruta y a la reducción en la síntesis de cutícula. El pericarpo permanece verde y fotosintético hasta la madurez, cuando las clorofilas disminuyen y la síntesis de antocianinas se inicia (Holcroft y Mitcham, 1996).

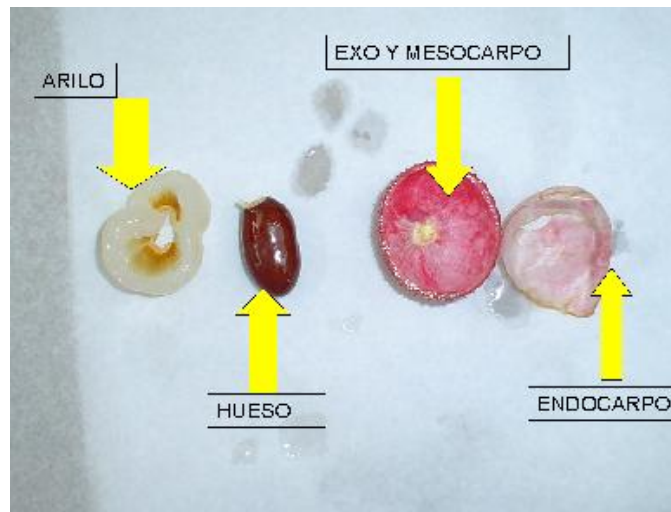


Figura 1. Anatomía del litchi (*Litchi chinensis* Sonn Cv. 'Brewster').

El pericarpio maduro (1-3 mm de espesor) consta de tres capas: a) el epicarpio o exocarpo, formado por una cutícula (1-3  $\mu\text{m}$ ), una epidermis uniseriada y un esclerénquima subepidérmico; b) el mesocarpo es un tejido parenquimatoso que contiene clorofila y en el litchi maduro la mayoría de las antocianinas; y c) el endocarpo que generalmente se separa del arilo cuando la fruta madura. A diferencia de otras frutas la cutícula del pericarpio se reduce durante el desarrollo (Holcroft y Mitchan, 1996). El fruto maduro mide aproximadamente 50 mm de longitud y 40 mm de diámetro (Nacif, *et al.*, 2001).

### 2.3. Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración

La maduración se inicia durante el periodo de los 39 a 67 días después de la antesis, dependiendo del cultivar (Revathy y Narasimham, 1997). Se puede cosechar de 55 a 80 días después de la antesis. Durante la maduración la textura del litchi cambia, se desarrolla el aroma típico del fruto, los pigmentos cambian y la pulpa se vuelve jugosa y blanda.

La madurez puede ser determinada por el peso, el color, el contenido de azúcares, la acidez titulable, la relación azúcares/ acidez, el sabor y los días posteriores a la antesis (Holcroft y Mitcham, 1996). Si los frutos se cosechan en el estado correcto

de madurez, se tendrán buenos atributos de calidad (color, brillo, tamaño, forma, consistencia, jugosidad, sabor y aroma), serán más resistentes a los daños mecánicos y a las infecciones, responderán mejor a la refrigeración y a otras tecnologías de conservación, y en general tendrán mayor potencial de conservación y vida de anaquel cuando se les coloque en los exhibidores para su venta al menudeo (Revathy y Narasimham, 1997).

### **2.3.1. Contenido de azúcares**

En general en el litchi los sólidos solubles totales (SST), al igual que los azúcares totales se incrementan durante la maduración (Holcroft y Mitcham, 1996). Los SST de los diferentes cultivares de litchi varían de 16.8 a 20.5 °Brix (Revathy y Narasimham, 1997). Los °Brix son una medida que refleja el contenido de azúcares y está altamente correlacionada con el % de SST. En Australia se ha desarrollado un índice de madurez basado en el cociente SST (°Brix)/ acidez de 35 (Holcroft y Mitcham, 1996), Underhill y Wong (1990), recomiendan un cociente en el intervalo de 30-40. En el caso específico del litchi el balance entre los SST (°Brix) y la acidez, es fundamental para tener un buen sabor.

La glucosa es el azúcar que se encuentra en mayor proporción en este fruto con pequeñas cantidades de fructosa y sacarosa. Los azúcares reductores varían en el rango de 3.4 a 11.7 % dependiendo de la variedad, mientras que los azúcares totales varían de 13.2 a 15.8 % (Revathy y Narasimham, 1997; Wang, *et al.*, 2006).

### **2.3.2. Acidez**

Durante la maduración del litchi la acidez titulable (AT) y los ácidos totales disminuyen, en consecuencia el pH incrementa (Holcroft y Mitcham, 1996). En general la acidez de los frutos varía de 0.3 a 1.1 % para los diferentes cultivares. Algunos ácidos orgánicos detectados en la composición del cultivar Brewster son: ácido málico 4.16, ácido cítrico 0.52, ácido succínico 0.04 y ácido levulínico 0.01 meq/100 g de pulpa (Revathy y Narasimham, 1997).

Durante la maduración el ácido málico contribuye con el 80 % de la AT, mientras que el ácido cítrico, succínico, levulínico, glutárico, malónico, y láctico, contribuyen con el 20 % restante (Holcroft y Mitcham, 1996).

### **2.3.3. Respiración**

La respiración es un proceso metabólico fundamental tanto en el fruto sin cosechar como en el fruto cosechado. Este proceso puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos, presentes en las células, como los azúcares y los ácidos orgánicos, a moléculas simples como el dióxido de carbono y agua, con la consiguiente liberación de energía que se convierte en forma de ATP a través de la fosforilación oxidativa (Burton, 1982).

El litchi es una fruta no climatérica, por lo tanto no presenta un incremento en la tasa respiratoria y en la producción de etileno, por lo que si no cosecha en el estado de madurez adecuado no se presentarán cambios significativos en la calidad sensorial (Holcroft y Mitcham, 1996; Kader, 2002b). Se ha reportado una tasa respiratoria de 250 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> justo después de la cosecha. Sin embargo, esta tasa disminuye considerablemente después de haberlos empacado (100 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) (Peng y Cheng 2001).

### **2.3.4. Producción de etileno**

El etileno es una hormona vegetal, que regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y senescencia y es fisiológicamente activo, aún en cantidades traza (<0.01 partes por millón). Por otra parte, el etileno también se produce en respuesta a factores de estrés como daños mecánicos, infecciones, ataque de insectos (Giovannoni, 2001).

En el caso del litchi la producción de etileno es insignificante (<2.8 µL Kg<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>) antes de la cosecha pero tiende a aumentar significativamente después de la cosecha posiblemente por heridas (Jiang y Fu, 1999b; Jiang *et al.*, 2003).



Sin embargo, se han reportado altas tasas de etileno ( $18.5-21.8 \mu\text{L Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) para la variedad 'Huai Zhi', las cuales se han asociado con la deshidratación del pericarpo y con la contaminación por hongos (Jiang *et al.*, 2003).

En general, la producción de etileno en litchi aumenta después de la cosecha y puede incrementarse después de una infección postcosecha. Por otra parte, Jiang y Fu (1999b) han reportado que el etileno actúa como promotor de la enzima polifenol oxidasa (PPO) en litchi.

### **2.3.5. Color**

El desarrollo de color en el pericarpo del fruto del litchi presenta cambios que van desde el verde al rojo brillante, debido principalmente a la degradación de clorofila y al incremento en antocianinas (que son las que le dan el color rojo característico al fruto). En algunas variedades este cambio ocurre aproximadamente a los 69 días después de la antesis (apertura de las flores). Las principales antocianinas identificadas en el litchi son: cianidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido y cianidina-3-galactósido; malvidina-3-acetil-glucósido; pelargonidina-3-glucósido; y pelargonidina-3,5-diglucósido, las cuales están presentes en todos los estados de maduración y senescencia del fruto (Sarni-Manchado *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2001). Las diversas variedades de litchi muestran diferencias en cuanto al tipo y proporción de antocianinas presentes (Revathy y Narasimham, 1997). Se ha reportado que la estabilidad de las antocianinas depende de los cambios del pH, de la humedad y del tiempo de almacenamiento (Underhill y Critcheley, 1993; Kwan *et al.*, 1998).

Durante la senescencia existe una degradación de las antocianinas, que culmina con oscurecimiento del pericarpo (Underhill y Critcheley, 1993). Se ha reportado que la pérdida de las antocianinas y el oscurecimiento ocurre en menos de 48 h en condiciones ambientales de almacenamiento postcosecha.

### **2.3.6. Polifenol oxidasas (PPO)**

El oscurecimiento postcosecha del litchi se ha atribuido a la rápida degradación de las antocianinas por las polifenol oxidasas (PPO) y peroxidasas (PD), dando como resultado el oscurecimiento del pericarpo (Jiang y Li, 2003; Zhang *et al.*, 2005).

Underhill y Critcheley (1993) reportaron una correlación positiva entre la deshidratación del pericarpo del litchi y la iniciación del oscurecimiento, así como un incremento en la actividad de la PPO del pericarpo durante el proceso de deshidratación. Los mismos autores observaron que el oscurecimiento aparecía inicialmente en el ápice del fruto hasta cubrir la superficie completa del pericarpo y anatómicamente localizaron el oscurecimiento en el epicarpo y sobre el mesocarpo (Underhill y Critcheley 1995).

En el pericarpo de frutos de litchi intactos, la compartimentalización de enzimas y sustratos en diferentes organelos limita el oscurecimiento enzimático. Sin embargo, las células del pericarpo del litchi senescen rápidamente después de la cosecha asociado con un incremento de la lipoperoxidación, reduciendo así la fluidez de la membrana e incrementando su permeabilidad. El deterioro de la membrana, puede resultar en la pérdida de la compartimentalización entre las enzimas y sus sustratos, favoreciendo el oscurecimiento enzimático (Jiang *et al.*, 2004).

Esta descompartimentalización celular permite que los sustratos de las PPO (compuestos fenólicos), entren en contacto con las enzimas que catalizan su oxidación. La concentración y composición de compuestos fenólicos y/o la actividad de las PPO, son los principales factores que determinan el desarrollo y la intensidad del oscurecimiento (Cheng y Crisosto, 1995).

Aunque los mecanismos del oscurecimiento del pericarpo no están aun claros, se han probado tratamientos con dióxido de azufre para inhibir la actividad enzimática, además de la aplicación de tratamientos con un pH ácido que favorecen la retención del color rojo (Ramma, 2003).

## **2.4. Tecnologías empleadas en la conservación de frutas**

### **2.4.1. Enfriamiento previo al almacenamiento**

El enfriamiento es una operación que permite eliminar de manera rápida el calor del fruto adquirido en el campo por la radiación solar y la temperatura ambiental previo a la cosecha; hasta alcanzar la temperatura recomendada para el almacenamiento o transportación. La selección del método de enfriamiento depende de la temperatura del fruto al efectuarse la recolección, su fisiología y el periodo de almacenamiento deseado, entre otros factores (Wills y Lee, 2002, Jiang *et al.*, 2003).

Existen diversos métodos de enfriamiento que varían de acuerdo al medio enfriante que se utiliza: enfriamiento con hielo, hidrogenfriamiento, con aire forzado, al vacío o presión reducida (Thompson *et al.*, 2002).

Los frutos de litchi son muy susceptibles a la pérdida de humedad durante la cosecha y transporte, por lo que el rápido e inmediato preenfriado es importante para extraer el calor del campo y como consecuencia facilitar el manejo y almacenamiento de frutos de litchi (Jiang *et al.*, 2003). Se ha reportado que la aplicación del preenfriado en litchi, previo al almacenamiento refrigerado, retrasa la degradación de antocianinas en el pericarpo, conservando su color rojo por más tiempo. Entre los métodos más utilizados para preenfriar el litchi están el enfriamiento con aire forzado y el hidrogenfriado (Underhill *et al.*, 1997; Jiang *et al.*, 2003).

Ketsa y Leelawatana (1992) reportaron que la aplicación del hidrogenfriado es más eficiente que la aplicación del aire forzado frío, ya que usando la temperatura del agua a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  en el hidrogenfriado se reduce la temperatura del litchi a  $5^\circ\text{C}$  en 18 min, mientras que con el uso del cuarto frío (aire a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) los  $5^\circ\text{C}$  se alcanzan en 71 min .

Se ha reportado que el hidrogenoenfriado inmediato a 0-2 °C en bolsas de polietileno selladas y manteniendo la cadena de frío, permite que los frutos conserven su color rojo brillante después de un mes de almacenamiento. Aunque, la baja temperatura disminuye el crecimiento de hongos, los frutos pueden deteriorarse rápidamente cuando son removidos de la refrigeración (Holcroft y Mitchan, 1996; Jiang *et al.*, 2003).

Sin embargo, cuando el aire forzado frío se usa para este tratamiento de enfriamiento, se requiere de una cámara fría de alta capacidad y requiere por lo menos 12 horas para realizar un tratamiento comercial efectivo. Además, generalmente las cámaras frías operan a un 85 % de HR, por lo que el aire forzado frío puede provocar la deshidratación del fruto (Jiang *et al.*, 2003).

Desafortunadamente, no hay acuerdo respecto al mejor método para preenfriar el litchi, ni acerca de la temperatura más adecuada para efectuar esta operación. Además no existen datos específicos de operación, ni de sus efectos en la calidad del fruto. Tampoco se ha comparado la eficiencia entre ambos métodos, o al menos no hay datos reportados al respecto.

#### **2.4.2 Atmósferas modificadas**

La prolongación de la vida postcosecha mediante el empleo de atmósferas de composición distintas a la del aire, es el objetivo de distintas tecnologías de conservación, que se conocen como atmósferas controladas (atmósfera de composición constante, en la que se disminuye la concentración de O<sub>2</sub> y se incrementa la de CO<sub>2</sub>) o atmósferas modificadas (de composición variable). Cuando los frutos son colocados y almacenados en algún envase comercial se genera una atmósfera modificada (AM), en la cual no existe control de la composición gaseosa, por lo que dicha composición varía continuamente, debido fundamentalmente a la propia respiración del fruto durante el almacenamiento y a la permeabilidad de la película plástica a los gases. El uso de atmósferas modificadas logra aumentar la vida útil del producto al disminuir la velocidad respiratoria (Kader, 2002a; Kitinoja y Kader, 2003).

El uso de AM por empaque resulta en el incremento de CO<sub>2</sub> y en la reducción de los niveles de O<sub>2</sub> y se ha encontrado que son benéficos para muchos frutos tropicales. Las AM han mostrado que solo son moderadamente benéficas para el litchi, pero son efectivas en mantener la alta humedad esencial para prevenir la pérdida de agua y el oscurecimiento del pericarpo (Kader, 1994; Pesis *et al.*, 2002).

La prolongación de la vida postcosecha, mediante el empleo de atmósferas de composición distinta a la del aire, es una de las tecnologías que se usan para reforzar el efecto de la refrigeración en la conservación de la calidad de frutas (Kader, 2002a). En el caso particular del litchi se ha reportado que el uso de atmósferas modificadas disminuye la pérdida de agua y el oscurecimiento del pericarpo, manteniendo una humedad relativa alta dentro del empaque comercial (Tian *et al.*, 2005).

Sin embargo, se requieren más investigaciones para identificar las condiciones más apropiadas para las AM en empaque, el cual es uno de los métodos más convenientes para la comercialización de los frutos. Se ha reportado que el uso de la recientemente desarrollada bolsa Xtend<sup>®</sup>, tiene una tasa de transmisión de vapor de agua más alta en comparación con otros empaques, lo que permite prevenir la condensación de agua dentro de la bolsa (Sivakumar y Korsten, 2006a y 2006b).

### **2.4.3. Almacenamiento en refrigeración**

Una de las tecnologías más difundidas actualmente para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas es la refrigeración. Ésta se utiliza ampliamente ya que permite conservar el valor nutritivo y la calidad de estos productos semejantes a los recién cosechados. Asimismo, esta práctica de conservación permite, en muchos casos, un mayor margen de tiempo para su transporte. La reducción de la temperatura disminuye sustancialmente la velocidad de muchos procesos metabólicos, tales como la respiración, la producción de etileno, la maduración y la eventual senescencia, además de proteger al fruto del ataque de patógenos que conducen al deterioro y a la pérdida de la calidad de estos productos (Kitinoja y Kader, 2003).

La cadena de frío durante todo el manejo postcosecha es el método más eficiente para conservar la calidad de las frutas, especialmente de aquellas altamente perecederas como el litchi. (Thompson *et al.*, 2002). El almacenamiento en refrigeración del litchi restringe la velocidad de deterioro, manteniendo su calidad, durante periodos largos, en condiciones aceptables para el consumo (Jiang y Li, 2003). La temperatura recomendada para el almacenamiento del litchi varía de 0 a 10 °C dependiendo del cultivar, la zona de producción y la duración del almacenamiento. La temperatura utilizada y recomendada para la exportación de los litchis en Sudáfrica para un período de 30 días es de 0 a 1 °C (Kwan *et al.*, 1998). Se han recomendado también temperaturas de 5 °C para un periodo de almacenamiento de 2 a 4 semanas y de 7 °C para un periodo de 3 a 4 semanas (Holcroft y Mitcham, 1996).

## **2.5. Daño por frío**

Cuando las frutas tropicales y subtropicales, como el litchi, se almacenan a temperaturas inferiores a las óptimas, se presenta una fisiopatía denominada daño por frío. La severidad del DPF depende de la especie, zona de producción, el rango de temperatura utilizada y el tiempo de exposición (Balandran-Quintana *et al.*, 2003). Los principales síntomas del DPF en litchi son: el oscurecimiento generalizado del pericarpo a temperaturas de 0 °C, o el oscurecimiento irregular en frutos almacenados a 5 °C. En casos extremos de DPF se presentan el desarrollo de sabores y aromas anormales y una mayor susceptibilidad a las infecciones (Holcroft y Mitcham, 1996). Estos síntomas pueden observarse mientras las frutas están a baja temperatura, o bien, una vez que se sacan del almacenamiento refrigerado y se transfieren a temperatura ambiente.

Una mejor comprensión de las causas bioquímicas y fisiológicas del DPF y de los mecanismos de resistencia a esta fisiopatía, permitirán un mejor diseño de las condiciones de almacenamiento refrigerado y selección de variedades resistentes.

## **2.6. Metabolitos fermentativos**

En diversos frutos el desarrollo de sabores y olores no deseados puede ser el resultado de la acumulación de metabolitos fermentativos relacionados con la respiración anaerobia (Larsen y Watkins, 1995; Forney *et al.*, 2000; Imahori *et al.*, 2003; Zhang y Watkins, 2005).

De acuerdo con Purvis (1997), el metabolismo fermentativo de las frutas es estimulado por condiciones de estrés externas (temperaturas inductoras de daño por frío) e internas (inducción de estrés oxidativo). El aumento en los metabolitos fermentativos (acetaldehído, etanol y acetato de etilo) puede tener un impacto negativo en el sabor, si sus concentraciones rebasan los valores umbrales de percepción sensorial (Ke *et al.*, 1991). Además, el incremento en la producción de etanol estimula la síntesis de ésteres etílicos y limita la de otros ésteres (Ke *et al.*, 1991; Pelayo, 2001).

Los frutos climatéricos y no climatéricos producen metabolitos fermentativos (acetaldehído y etanol), dependiendo de sus características genéticas y de las condiciones de almacenamiento (capacidad de los diferentes frutos para producir acetaldehído y etanol y para sobrevivir a la anaerobiosis) (Pesis, 2005).

Uno de los principales problemas en el uso de AM es la acumulación de metabolitos anaeróbicos en el empaque (Pesis, *et al.*, 2002). En frutos de litchis almacenados por un mes a 2 °C en empaque con AM y transferidos posteriormente a vida de anaquel a 20 °C por tres días, se detectó un incremento significativo en la producción de acetaldehído y etanol (Pesis, *et al.*, 2002, Pesis, 2005).

## **2.7. Capacidad antioxidante**

La función de los antioxidantes naturales y del contenido de compuesto fenólicos en los alimentos y en los sistemas biológicos han recibido mucha atención durante la última década (Prior, 2000; Pszczola, 2001; Mahattanatawee *et al.*, 2006). Las frutas y hortalizas desempeñan un papel importante en la dieta humana brindando protección contra el daño celular causado por la exposición a altos niveles de radicales libres. Esto

es atribuido al hecho de que estos alimentos proveen una mezcla óptima de antioxidantes como vitaminas C y E, carotenoides, compuestos fenólicos, flavonoides y carbohidratos complejos (Kyoung *et al.*, 2005; Pandjaitan *et al.*, 2005; Chanjirakul *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006; Duan *et al.*, 2007).

Recientemente, se han desarrollado muchos métodos para medir la capacidad antioxidante total, basados en diferentes mecanismos tales como: 1,1 difenil-2-picrilhidrasilo ( $\bullet$ DPPH), capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC por sus siglas en inglés: trolox equivalent antioxidant capacity), capacidad de absorbancia del radical oxígeno (ORAC por sus siglas en inglés: oxygen radical absorbance capacity), parámetro antioxidante de la reducción del ion fierro (FRAP por sus siglas en inglés: ferric ion reducing antioxidant parameter), (Brand-Williams, *et al.*, 1995) y el parámetro antioxidante secuestrador de radicales totales (TRAP) (Gliszczynska-Swiglo, 2006; Mahattanatawee *et al.*, 2006). El ensayo del DPPH es un método simple y preciso para determinar la capacidad antioxidante en frutas (Artés-Hernández *et al.*, 2006; Mahattanatawee *et al.*, 2006).

En particular, se ha visto que las antocianinas extraídas de la cáscara de frutos de Itchi (variedad Huaizhi) exhiben una actividad antioxidante excelente (Duan *et al.*, 2007). Por otro lado, Mahattanatawee y colaboradores (2006), reportaron que en jugo de frutos de litchi cultivados en Florida la capacidad antioxidante fue de 103.8  $\mu$ g equivalentes de ácido gálico por gramos de peso fresco ( $\mu$ g AG gpf<sup>1</sup>); sin embargo, no se menciona la variedad de litchi usado en este estudio.

## **2.8. Compuestos fenólicos totales**

Los compuestos fenólicos incluyen a un gran grupo de productos con un anillo aromático y con uno o más sustituyentes hidroxilos (Mattitla *et al.*, 2006).

Los compuestos fenólicos tienen una amplia distribución en el reino vegetal y son importantes en la determinación del color y el sabor de las frutas (Buren, 1970; Stratil *et*



*al.*, 2007). Por otro lado, tienen un amplio espectro de efectos biológicos tales como su acción como antioxidantes, antiinflamatorios, antiproliferativos, anticarcinogénicos y antimutagénicos (Kyoung *et al.*, 2005; Pandjaitan *et al.*, 2005; Turkmen *et al.*, 2005; Mattitla *et al.*, 2006; Stratil *et al.*, 2007).

El contenido de compuestos fenólicos, puede estar influenciado por varios factores, incluyendo genéticos, prácticas de cultivo, condiciones ambientales, condiciones de crecimiento, estado de maduración, condiciones de almacenamiento y procesamiento (Pandjaitan *et al.*, 2005). Turkmen, y colaboradores (2005), reportaron que el contenido de compuestos fenólicos totales en vegetales frescos (pimiento, calabacín, ejotes, chícharo, puerro, brócoli y espinaca), se encuentra en el intervalo de 183.2 a 1344.7 mg de equivalentes de ácido gálico /100 gpf.

Para el caso específico de litchi se ha reportado que los fenoles que se encuentran en la pulpa de litchi son flavonoides (quercetina y kaempferol) y derivados glucósidos de éstos (Mahattanatawe *et al.*, 2006). Estudios realizados por Zhang, y colaboradores (2000), indican que los monómeros y dímeros de flavan-3-ol, representan el 87 % de los compuestos fenólicos en frutos completos de litchi. Sin embargo no hay reportes de la cantidad de compuestos fenólicos totales presentes en el jugo del litchi.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Debido a la importancia comercial actual de los frutos no tradicionales en México y dado que el litchi se encuentra en este grupo, es importante probar diversas tecnologías postcosecha que permitan conservar la calidad del fruto, con el fin de ser competitivos en el mercado nacional y extranjero.

Este proyecto tuvo como propósito generar conocimientos acerca de los efectos del acondicionamiento a 20 °C, del enfriamiento con aire forzado, de la aplicación de atmósferas modificadas (AM) y del almacenamiento refrigerado, en la vida postcosecha del fruto, para hacer recomendaciones de las condiciones de almacenamiento que permitan prolongar la vida de anaquel conservando la calidad de este producto. Además de generar conocimientos respecto a los mecanismos bioquímicos del oscurecimiento de la cáscara de frutos de litchi, a través de la determinación de la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO) y la cuantificación de antocianinas.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de: acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs), la combinación de este acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) y atmósferas modificadas (domo, domo más bolsa y bolsa Xtend®), en la conservación postcosecha del litchi (*Litchi chinensis* Sonn) en refrigeración.

#### **4.2. Objetivos particulares**

1. Determinar los parámetros químicos y fisiológicos (PP, ID, FC, SST, AT, pH, azúcares reductores y totales, respiración y etileno) en frutos de litchi con ó sin acondicionamiento, con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado, con ó sin AM y almacenados en refrigeración.

2. Evaluar el efecto del acondicionamiento, acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado y las condiciones de almacenamiento en el color del pericarpo del litchi mediante la evaluación de los parámetros L, c y h.
3. Determinar los niveles de antocianinas presentes en el pericarpo de los frutos de litchi con ó sin acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado, con ó sin AM y almacenados en refrigeración.
4. Determinar los niveles de metabolitos fermentativos como parámetros indicadores de estrés oxidativo en frutos de litchi con ó sin acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado, con ó sin AM y almacenados en refrigeración.
5. Determinar la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos totales, en jugo de frutos de litchi con ó sin acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado, con ó sin AM y almacenados en refrigeración
6. Determinar la actividad de la PPO y su correlación con el oscurecimiento del pericarpo en frutos de litchi con ó sin acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado, con ó sin AM y almacenados en refrigeración.

## **V. HIPÓTESIS**

1. Si la aplicación combinada del acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado frío, almacenamiento refrigerado y AM, resulta mejor que su aplicación independiente entonces se espera que se incremente la vida postcosecha del litchi conservando su calidad.
2. La aplicación combinada del acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado frío, almacenamiento refrigerado y AM, retrasa la pérdida de color conservando los niveles de antocianinas en la cáscara del litchi y evitando la inducción de actividad de la PPO.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Material biológico

Se emplearon frutos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn 'Brewster') recién cosechados provenientes de la finca "Boca de Perro" ubicada en Chiltepec, Oaxaca, durante la temporada de producción Mayo, 2006. Los frutos de litchi fueron cortados individualmente ("desgranados en campo") encontrándose con un estado de madurez entre el 2 y el 3 (color amarillo-rojo, en una escala del 1 al 6 de acuerdo al índice de color reportado por nuestro grupo de trabajo) (Ver anexo B), inmediatamente después de la cosecha los frutos fueron seleccionados para eliminar todos aquellos frutos dañados y obtener muestras uniformes en color, tamaño y calidad.

### 6.2. Tratamientos

Los frutos se distribuyeron aleatoriamente en tres lotes de 1196 frutos y se les aplicaron los siguientes tratamientos:

#### 1) Sin acondicionamiento (testigo).

Los frutos se mantuvieron en condiciones ambientales (25 °C y 80 % HR) por 2 hrs.

#### 2) Acondicionamiento.

Los frutos se acondicionaron a 21.5 °C y 60 % de humedad relativa (HR) (condiciones utilizadas en la empacadora de la finca), durante un periodo de 2 hrs,

#### 3) Acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado.

Los frutos se acondicionaron a 21.5 °C y 60 % HR durante un periodo de 2 hrs, seguido de un enfriamiento con aire forzado a 7 °C durante 1.5 hrs, tiempo en el que se alcanzó una temperatura final de 8.9 °C en la pulpa del fruto que corresponde a 7/8 de enfriado, recomendado por Gordon (1992),

Los frutos de cada uno de los tres tratamientos aplicados, se subdividieron en cuatro grupos de 299 para ser empacados, dos grupos en domo (recipiente PET de 1/2 kg con perforaciones), un tercer grupo en domo (recipiente PET de 1/2 kg con

perforaciones) más bolsa (bolsa de polirtileno) y un cuarto grupo en bolsa Xtend®. Posteriormente, se trasladaron a la Ciudad de México en un transporte refrigerado a una temperatura de 7 °C. Finalmente, se almacenaron a 7 ± 1 °C, 90 % HR (los empaques de domo más bolsa, bolsa Xtend® y uno de los empaques de domo) y a 23 ± 1 °C, 90 % HR (el segundo empaque de domo), tal como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Cuadro de tratamientos y condiciones de almacenamiento de frutos de litchi.

<b>EXPERIMENTO CON FRUTOS DE LITCHIS PROCEDENTES DE CHILTEPEC OAXACA</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>
<b>Sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR durante 2 hrs)</b>
Domo almacenado a 23 ± 1 °C 90 %HR
Domo almacenado a 7 ± 1 °C 90 %HR
Bolsa Xtend® almacenada a 7 ± 1 °C 90 %HR
Domo más bolsa almacenado a 7 ± 1 °C 90 %HR
<b>Con acondicionamiento (21.5 °C y 60 % HR durante 2 hrs)</b>
Domo almacenado a 23 ± 1 °C 90 %HR
Domo almacenado a 7 ± 1 °C 90 %HR
Bolsa Xtend® almacenada a 7 ± 1 °C 90 %HR
Domo más bolsa almacenado a 7 ± 1 °C 90 %HR
<b>Con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado (21.5 °C y 60 % HR durante 2 hrs, más enfriamiento con aire forzado a 7 °C durante 1.5 hrs)</b>
Domo almacenado a 23 ± 1 °C (Testigo)
Domo almacenado a 7 ± 1 °C
Bolsa Xtend® almacenada a 7 ± 1 °C
Domo más bolsa almacenado a 7 ± 1 °C

Con base en una tabla de números aleatorios se tomaron muestras de 13 litchis por triplicado a los 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento, de las diferentes

temperaturas y de los diferentes empaques y tratamientos de acondicionamiento aplicados. Asimismo, se realizó un análisis inicial (0 días de almacenamiento), empleando una muestra de 13 frutos por triplicado.

Por otra parte, en cada día de muestreo se tomaron 13 frutos por triplicado, se separó la cáscara de la pulpa, se extrajo el jugo con la ayuda de un extractor (Moulinex DDJ 242 Turbomix Plus, Francia) y se midió el volumen final con bureta de 1000 mL. La cáscara y el jugo se pesaron y congelaron en N<sub>2</sub> líquido y se almacenaron a -70 °C para su análisis posterior.

### **6.3. Variables**

En el fruto entero se determinaron las siguientes variables: índice de daño (ID), fruta comerciable (FC), color, pérdida de peso (PP), respiración y niveles de etileno. Se tomaron muestras representativas del jugo de litchi previamente almacenado a -70 °C, para efectuar cada uno de los siguientes ensayos: sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), azúcares reductores y azúcares totales, pH, metabolitos fermentativos, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante. La cantidad de antocianinas totales y actividad de la polifenol oxidasa (PPO) se determinaron en muestras de cáscara pulverizadas con N<sub>2</sub> líquido y almacenadas a -70 °C, para cada uno de los distintos tiempos de almacenamiento y para cada uno de los tratamientos.

### **6.4. Diseño experimental y análisis de resultados**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos se aplicaron usando un arreglo factorial de 3 por 4. Siendo el primer factor los tratamientos de acondicionamiento (con tres niveles: sin acondicionamiento (testigo), con acondicionamiento y acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado y como segundo factor las condiciones de almacenamiento (con 4 niveles: domo, domo más bolsa y bolsas Xtend a  $7 \pm 1$  °C, 90% HR y domo a  $23 \pm 1$  °C, 90% HR). La unidad experimental fué de 13 litchis, y cada una de las determinaciones se realizó por triplicado.

## **6.5. Análisis estadístico**

Los resultados para cada una de las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (GLM,  $p \leq 0.05$ .) y la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el programa SAS y NCCS (Hintze, 2001). Se uso el modelo de parcelas divididas para analizar el efecto de los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

## **6.6. Metodología**

### **6.6.1. Evaluación de la pérdida de peso (PP)**

Para la evaluación de la pérdida de peso, se seleccionó un lote de 780 litchis, que a su vez se subdividió aleatoriamente en cinco repeticiones de trece litchis para cada tratamiento y empaque utilizado. Se registró el peso inicial así como el peso a los 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento para cada tratamiento y empaque utilizado. Usando una balanza granataria digital con precisión de 0.1 g (OHAUS, GT4100, Florham Park, N. J. 07932 USA). La PP se reportó como porcentaje de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ PP} = (1 - P_n/P_i) \times 100$$

Donde:

%PP = Porcentaje de pérdida de peso

$P_n$  = Peso de los frutos en el periodo  $n$

$P_i$  = Peso inicial de los frutos

Con base en los resultados obtenidos en trabajos previos realizados por nuestro grupo, el 5 % de PP en los frutos es considerado aceptable.

### **6.6.2. Respiración y niveles de etileno**

Para determinar la respiración y los niveles de etileno se emplearon frutos de litchi sin acondicionamiento y almacenados en domo a 7 y  $23 \pm 1$  °C con 90 %HR. Se colocaron 13 frutos en un contenedor sellado durante 2.5 hrs. Posteriormente, se tomaron 2 mL y 1 mL de gas del espacio de cabeza, para respiración (CO<sub>2</sub>) y niveles de etileno respectivamente. Finalmente, se inyectó el gas muestreado a un cromatógrafo de gases con las siguientes condiciones cromatográficas:

#### **Condiciones cromatográficas para respiración**

Cromatógrafo: Gow-Mac serie 550

Columna: Concéntrica CTR1 Altech

Gas acarreador: Helio

Flujo: 65 mL min<sup>-1</sup>

Temperatura: Corrida isotérmica a 40 °C

#### **Condiciones cromatográficas para niveles de etileno**

Cromatógrafo: 453-GC VARIAN

Columna capilar J&W GC- alumina KCl

Gas acarreador: N<sub>2</sub>

Flujo: 20 mL min<sup>-1</sup>

Temperatura del inyector: 200 °C

Temperatura del detector: 200 °C

Programa de temperatura: Temperatura inicial de 80 °C, tiempo de corrida 6 min

Tasa de cambio: 20 °C min<sup>-1</sup> hasta 150 °C

Tiempo de corrida: 0 min.

### **6.6.3. Índice de daño (ID)**

El ID se evaluó cuantificando por separado las manchas cafés y negras que aparecieron en la cáscara del litchi durante el almacenamiento. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los frutos de la refrigeración, en cada fecha de evaluación, utilizando la siguiente escala:



- 0 = ausencia de daño,
- 1 = daño ligero (de 0.05 a 0.25 cm<sup>2</sup> de superficie dañada),
- 2 = daño moderado (>0.25 < 0.5 cm<sup>2</sup> de superficie dañada),
- 3 = daño severo (> 0.5 cm<sup>2</sup> de superficie dañada),

Esta escala se elaboró tomando en cuenta la Norma de Calidad para litchi de la Comisión del Codex Alimentarius (Codex Stan 196-1995, Codex Alimentarius Commission). Una vez clasificados los frutos de cada tratamiento según la escala mencionada, se obtuvo el índice de daño aplicando la ecuación:

Índice de daño (ID) = (No. frutos con ausencia de daño X 0) + (No. frutos con daño 1X1) + (No. frutos con daño 2X2) + (No. frutos con daño 3X3) / No. total de frutos evaluados.

De acuerdo a la escala basada en la norma de calidad del Codex Stan 196-1995, se puede considerar que un lote de frutos se rechaza comercialmente cuando un porcentaje igual o mayor del 10 % se encuentra en la categoría 3 en el caso de la mancha café y en el caso de la mancha negra, cuando un porcentaje igual o mayor del 10 % cae en la categoría 2. Por lo tanto, el índice de daño máximo permitido, por ejemplo en un lote de 30 frutos sería:

Mancha café:

$$ID = (27 \times 2) + (3 \times 3) / 30 = 2.1$$

Y para mancha negra:

$$ID = (27 \times 1) + (3 \times 2) / 30 = 1.1$$

#### **6.6.4. Porcentaje de fruta comerciable (FC)**

La FC se obtuvo sumando el número de litchis en los grados 0, 1 y 2 de la escala de ID, con manchas café y obteniendo el porcentaje con respecto al número total de frutos en la unidad experimental. Se considera en general que un productor o comerciante puede aceptar pérdidas del 10 %, por lo tanto el límite de fruta comerciable se consideró del 90 %.

#### **6.6.5. pH**

Se tomaron 5 mL de la mezcla del jugo de 13 frutos (procedente de cada uno de los diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento), previamente almacenado a -70 °C; se descongeló la muestra a temperatura ambiente y se midió el pH con un potenciómetro (Conductronic pH 10, Labequim SA de CV., Puebla, México).

#### **6.6.6. Acidez titulable (AT)**

Para cuantificar la AT se tomaron 4 g de la mezcla del jugo de 13 frutos, de cada uno de los tratamientos (previamente almacenado a -70 °C). Las muestras se descongelaron a temperatura ambiente y se titularon con NaOH 0.05N con fenoftaleína como indicador. Los mL de NaOH gastados se utilizaron para calcular el porcentaje de ácido málico presente en las muestras, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Ac. Málico} = (\text{Vol. de NaOH}) (\text{N de NaOH}) (\text{meq. de Ac. Málico}) (100) / \text{g de jugo}$$

#### **6.6.7. Sólidos solubles totales (SST)**

Se usaron 3 mL de la mezcla del jugo de 13 frutos litchi para cuantificar el contenido de SST. Se utilizó un refractómetro manual ERMA 0-32% No. 14 952, con corrección por temperatura.

De acuerdo con datos de la literatura y de experimentos preliminares realizados en nuestro grupo de trabajo, se considera que los intervalos aceptables para una buena calidad sensorial se encuentran entre 14 y 20 % de SST.

### **6.6.8. Cociente de SST/AT**

A partir de los dos anteriores parámetros se obtuvo el cociente de sólidos solubles totales / acidez titulable (SST/AT).

De acuerdo a experimentos previos en nuestro grupo de trabajo, se estableció como un intervalo aceptable del 20 al 40 del cociente de SST/AT para frutos de litchi recién cosechados.

### **6.6.9. Azúcares**

#### **6.6.9.1. Azúcares reductores**

Se preparó una solución al 1 % (p/v) de 3,5-ácido dinitrosalicílico (DNS) que contenía: 1 % de NaOH, 0.05 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> y 0.2 % de fenol.

Se mezcló en tubos de ensaye 1 mL de jugo diluido (1:80, con agua desionizada), con 1 mL de la solución de DNS al 1% p/v antes mencionada. Los tubos se cerraron y se colocaron en un baño María en ebullición durante 5 min. Posteriormente, se enfriaron en baño de hielo y se les agregaron 10 mL de agua deionizada, se incubaron durante 15 min a temperatura ambiente y finalmente se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 575 nm (Espectrofotómetro Beckman Serie DU-250).

#### **6.6.9.2. Azúcares totales**

Se tomaron 2.5 mL del jugo diluido (1:30, con agua desionizada) y se mezcló con 2.5 mL de HCl 2N. Esta mezcla se incubó durante 24 hrs a temperatura ambiente. Posteriormente, se neutralizó con NaOH 1N y se aforó a 25 mL. Se mezcló en tubos de ensaye 1 mL de esta solución con 1 mL de la solución de DNS al 1% p/v antes mencionada. Los tubos se cerraron y se colocaron en un baño María en ebullición durante 5 min. Posteriormente, se enfriaron en baño de hielo y se les agregaron 10 mL de agua deionizada, se incubaron durante 15 min a temperatura ambiente y finalmente se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 575 nm (Espectrofotómetro Beckman Serie DU-250).

Para la determinación de azúcares totales y reducidos se utilizó una curva patrón usando una solución de fructosa y glucosa 0.005 M en la que se interpolaron las lecturas anteriores.

#### **6.6.10. Evaluación del color**

Se determinó el color de la cáscara de los frutos de litchi utilizando un colorímetro ColorFlex 45/0 (HunterLab, 114 Sunset Hills Road, Reston, V. A. 20190) en muestras de 13 litchis por triplicado, de cada uno de los tratamientos en las diferentes fechas de muestreo previamente mencionadas. Se tomaron los tres parámetros que lo definen: valor  $L^*$  (luminosidad o claridad), valor  $C^*$  (croma o saturación) y  $h$  (tinte o matiz).

#### **6.6.11. Cuantificación de antocianinas totales**

Para la extracción de antocianinas totales se colocó 1g de cáscara en 20 mL de HCl 0.1 M durante 2 hrs a temperatura ambiente, se filtró y se centrifugó a 8360 g por 10 min a 4 °C. Se obtuvo el sobrenadante como la fuente de antocianinas. Se preparó una dilución 1:5 del sobrenadante con buffer KCl-HCl 0.2 N, pH 1. Se preparó una segunda dilución 1:5 del sobrenadante con buffer acetato de sodio ( $C_2H_3O_2Na$ ) 1 M, pH 4.5. En ambas soluciones se midió la absorbancia (Espectrofotómetro Beckman Serie DU-250) a 520 y 700 nm. La concentración de antocianinas totales se calculó en términos de la antocianina dominante (para litchi cianidin-3-glucosido) (Wrolstad, 1976).

#### **6.6.12. Extracción de la enzima polifenol oxidasa (PPO)**

Se homogeneizó 1 g de cáscara de litchi con 5 mL de buffer de fosfato de sodio ( $NaPO_4$ ) 0.1M, pH 6.8 y 0.2g de polivinilpirrolidona insoluble (PVP), a 4 °C. La mezcla se centrifugó a 19000 g por 20 minutos a 4 °C. Se obtuvo el sobrenadante y éste fue utilizado como el extracto crudo de la enzima (Jiang y Fu, 1999b).

#### **6.6.13. Determinación de la actividad enzimática de la PPO**

El ensayo de la actividad de PPO fue realizado de acuerdo al método descrito por Jiang y Fu (1999b), usando 1 mL de buffer de fosfato de sodio ( $\text{NaPO}_4$ ) 0.1M, pH 6.8, 0.5 mL de 4-metilcatecol 0.1 M, y 0.5 mL del extracto enzimático. Se determinó el incremento en absorbancia a 410 nm a 25 °C durante 5 minutos. Una unidad de actividad de la enzima PPO se definió como aquella cantidad de enzima que ocasiona un incremento de 0.001 en absorbancia a 410 nm por minuto (Espectrofotómetro Beckman Serie DU-250) (Jiang y Fu, 1999b).

#### **6.6.14. Metabolitos fermentativos**

Se homogeneizaron 5 mL de jugo con 2 g. de NaCl en un vial, se selló y se incubó durante 15 min a 25 °C. Posteriormente, se agitó durante 30 seg. Se tomó 1 mL de volátiles del espacio de cabeza y se inyectó a un cromatógrafo de gases Hewlet Packard 5890 serie II con las siguientes condiciones para separar acetaldehído y etanol (Pelayo, 2001).

#### **Condiciones cromatográficas**

Columna empacada: Carbowax al 5% sobre una columna carbopack 60/80

Gas acarreador:  $\text{N}_2$ ;

Flujo: 20 mL/min

Temperatura del inyector: 115 °C

Temperatura del detector: 190 °C

Programa de temperatura: Temperatura inicial de 80 °C, tiempo de corrida 0 min

Tasa de cambio: 10 °C/min hasta 130 °C

Tiempo de corrida: 6 min.

#### **VI.6.15. Capacidad antioxidante total**

La determinación de la capacidad antioxidante se basó en la evaluación de la capacidad del jugo del litchi para secuestrar radicales libres de acuerdo al método descrito por Brand-Williams *et al.* (1995). Se preparó una solución de DPPH (2,2-difenil-2-picril-hidracilo) 0.1 mM en metanol. El jugo se filtró (papel Whatman No.1) y se diluyó

(de 1:16 a 1:20) en buffer de fluoruro de sodio preparado en metanol. La mezcla de reacción contenía: 50  $\mu\text{L}$  de ácido ascórbico o de jugo de litchi y 950  $\mu\text{L}$  de la solución de DPPH 0.1 mM y se incubó durante 15 min a temperatura ambiente. La capacidad antioxidante se determinó mediante el decremento de la absorbancia a 515 nm. Los resultados se reportaron como la capacidad antioxidante equivalente del ácido ascórbico  $\text{mM ml}^{-1}$  (CAEA) (Brand-Williams *et al.*, 1995).

#### **6.6.16. Compuestos fenólicos totales**

El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó usando el reactivo de Folin–Ciocalteu, mediante la técnica descrita por Singlenton y Rossi (1965). Se diluyó 1 ml de jugo de litchi con metanol al 80% (v/v). Una dilución adecuada de jugo de litchi (1:20) se mezcló con 1 ml del reactivo de Folin–Ciocalteu (una dilución 1:10 con agua, v/v) y se incubó por 1 min antes de adicionarle 0.8 ml de carbonato de sodio (7.5%, p/v). La mezcla de reacción se incubó por 1 hr a temperatura ambiente antes de leer la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro Beckman Serie DU-250. El contenido total de compuestos fenólicos se reportó como equivalentes de ácido gálico  $\text{mg de EAG L}^{-1}$  de jugo.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Efecto de la refrigeración en la vida de anaquel

Los frutos almacenados en condiciones de refrigeración ( $7 \pm 1$  °C) alcanzaron 28 días de almacenamiento en comparación con los almacenados en domos a  $23 \pm 1$  °C que tuvieron una vida de anaquel de 7 días con características de calidad en el rango aceptable (Cuadro 3). Los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C se analizaron hasta los 14 días para los parámetros: SST, AT, SST/AT, Azúcares reductores y totales, pH, color, fruta comerciable, actividad de la PPO, cantidad de antocianinas, metabolitos fermentativos, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales y hasta los 28 días para la PP, respiración, niveles de etileno e ID por mancha café y por mancha negra.

Cuadro 3. Efecto de la refrigeración en la vida de anaquel de frutos de litchi.

<b>Empaques</b>	<b>Días de almacenamiento</b>
Domo $23 \pm 1$ °C	7 días
Domo $7 \pm 1$ °C Bolsa Xtend® $7 \pm 1$ °C Domo más bolsa $7 \pm 1$ °C	28 días

### 7.2. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en los parámetros químicos y fisiológicos

#### 7.2.1. Pérdida de peso (PP)

Los frutos de litchi son altamente susceptibles a la deshidratación, la cual causa microfisuras en la superficie del pericarpio, dando como resultado una rápida pérdida de agua, que merma el peso en los frutos y deteriora su calidad (Huang *et al.*, 2005). Se ha reportado que la deshidratación se desarrolla principalmente en el pericarpio de los frutos (Underhill y Simons, 1993).

En general, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la PP de los frutos de litchi por efecto de los diferentes tratamientos previos al almacenamiento (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento

con aire forzado (Figuras 2, 3 y 4). Sin embargo, si se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) por efecto de las temperaturas de almacenamiento y empaques utilizados ( $7 \pm 1$  °C y  $23 \pm 1$  °C; domo, domo más bolsa y bolsa Xtend®) (Figuras 2, 3 y 4).

Los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C mostraron la mayor PP en comparación con los frutos almacenados en refrigeración en todos los tratamientos aplicados (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado), perdiendo más del 50 % de su peso inicial, después de 28 días de almacenamiento en todos los tratamientos aplicados (Figuras 2, 3 y 4).

Los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C mostraron 3.6, 3.9 y 29.8 veces más PP hacia el final del almacenamiento, con respecto a los frutos almacenados a  $7 \pm 1$  °C en domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® respectivamente, en todos los tratamientos aplicados (Figuras 2, 3 y 4).

La menor PP se observó en los frutos empacados en domo más bolsa y bolsa Xtend® en todos los tratamientos utilizados. Sin embargo, los mejores resultados se obtuvieron en los frutos empacados en bolsa Xtend® los cuales se mantuvieron siempre por debajo del límite de confiabilidad del 5 % de PP (Figuras 2, 3 y 4), la línea horizontal indica el nivel máximo de pérdida fisiológica de peso aceptable comercialmente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Sivakumar y Korsten, (2006a y b) quienes reportaron que el uso de AM y bolsa Xtend® en frutos de litchi variedad 'McLean's Red' y 'Mauricius' disminuyó la deshidratación y el oscurecimiento además de mantener el color en un 90 % durante 34 días a 2 °C.

Se observó una correlación negativa ( $r = -0.97$  a  $-0.99$ ), entre la disminución de la cromaticidad y el incremento de la PP en los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C, lo cual coincide con lo reportado por otros autores donde el cambio de color rojo a café se relaciona con la pérdida de agua del fruto (Underhill y Critcheley, 1993; Revathy y Narasimham, 1997; Kwan *et al.*, 1998; Jiang y Fu, 1999b; Huang *et al.*, 2005) (ver



anexo A). Los resultados del presente trabajo y los datos reportados por Sivakumar y Korsten, (2006a y b) apoyan la hipótesis de diferentes autores que sugieren que un buen control de la PP en litchi, puede ser utilizado como mecanismo para prevenir el oscurecimiento del pericarpo (Kader, 1994; Pesis *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2005).

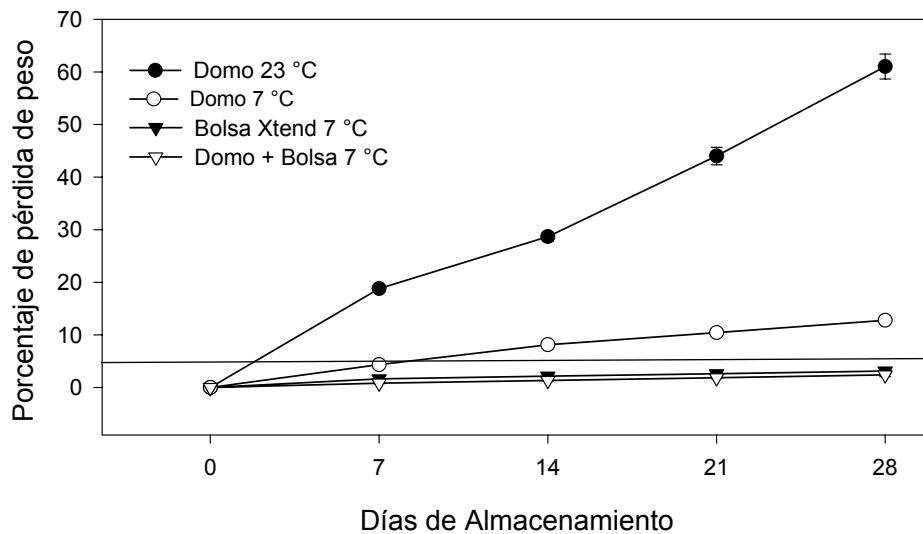


Figura 2. Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar. La línea horizontal indica el nivel máximo de pérdida de peso aceptable comercialmente.

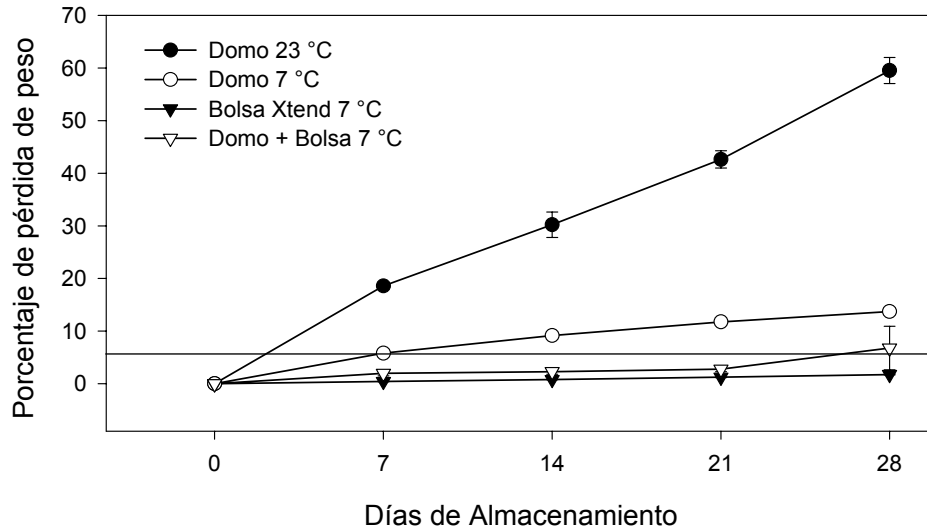


Figura 3. Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar. La línea horizontal indica el nivel máximo de pérdida de peso aceptable comercialmente.

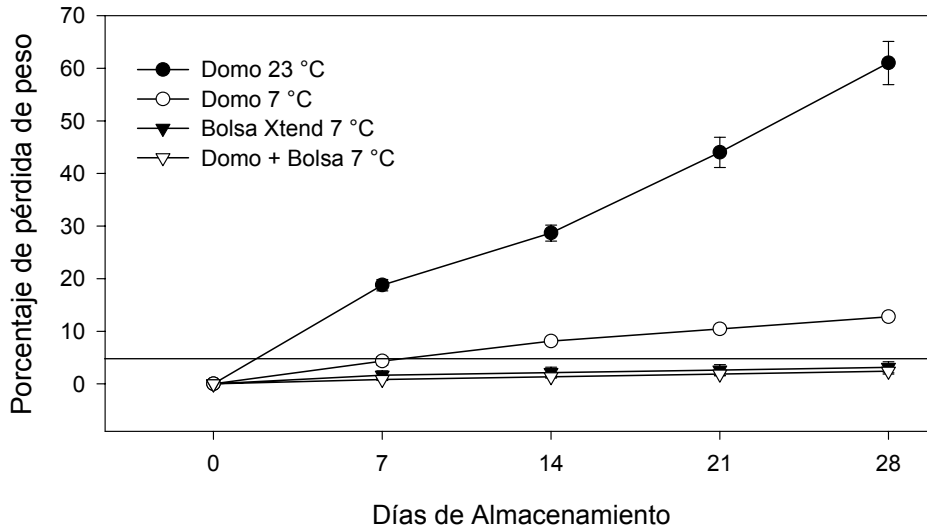


Figura 4. Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar. La línea horizontal indica el nivel máximo de pérdida de peso aceptable comercialmente.

### **7.2.2. Respiración (CO<sub>2</sub>) y niveles de etileno**

Los niveles de CO<sub>2</sub> (actividad respiratoria) y niveles de etileno únicamente fueron determinados en los frutos almacenados en domo a 23 ± 1°C y 7 ± 1°C.

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las tasas respiratorias de los frutos almacenados en domo 23 ± 1°C con respecto a los frutos almacenados en domo y refrigeración (Figura 5).

Los frutos almacenados en domo a 23 ± 1°C mostraron los niveles más altos de CO<sub>2</sub> (respiración) en comparación con los frutos almacenados en domo a 7 ± 1°C. Los frutos almacenados en domo a 23 ± 1°C incrementaron de 3 (7 días de almacenamiento) a 65 veces más (28 días de almacenamiento) su tasa respiratoria (niveles de CO<sub>2</sub>) en comparación con los frutos almacenados en domo y refrigeración (Figura 5).

Se ha reportado que la tasa respiratoria disminuye progresivamente durante el desarrollo del fruto en frutos inmaduros y los frutos maduros tienen una tasa respiratoria mayor (20 μL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), generalmente de 8 a 10 veces más (Akamine y Goo, 1973; Nagar, 1994). Los resultados obtenidos en el análisis inicial (día cero) concuerdan con lo reportado por Nagar (1994) (Figura 5).

Por otra parte, se ha reportado que los niveles de CO<sub>2</sub> y etileno pueden ser reducidos significativamente usando bajas temperaturas (Jiang-Ping *et al.*, 1986), lo cual coincide con los resultados obtenidos en los frutos almacenados en domo y refrigeración, donde los niveles de CO<sub>2</sub> variaron de 6 a 31 μL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> durante todo el periodo de almacenamiento mientras que en los frutos almacenados a 23°C se observaron niveles de CO<sub>2</sub> superiores a 500 μL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> hacia el final del almacenamiento (Figura 5).

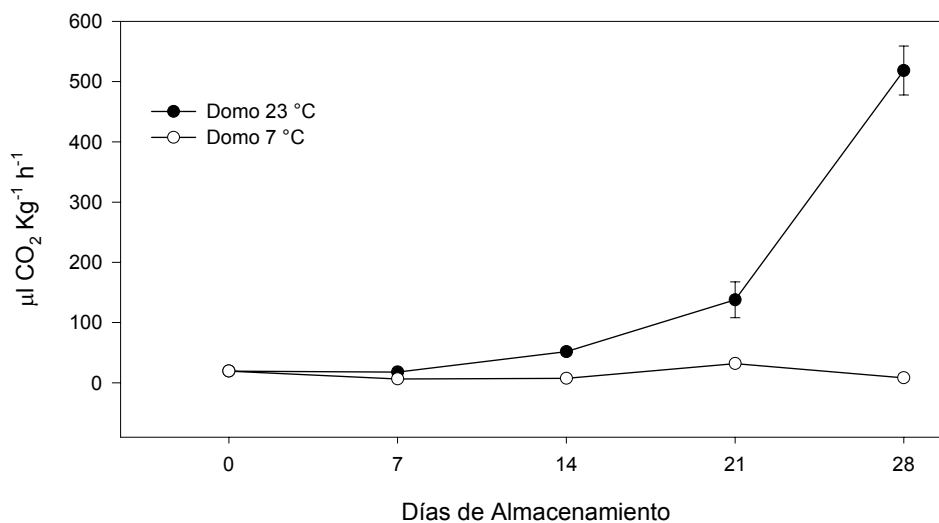


Figura 5. Respiración en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C y domo a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

Como se ha mencionado previamente, el litchi es un fruto no climatérico y se encuentra clasificado como un fruto con una producción de etileno moderada (Kader, 2002b). Akamine y Goo (1973) reportaron que la producción de etileno en frutos de litchi a temperatura ambiente fue de 1 a 5  $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Sin embargo, en ninguno de los tratamientos, temperaturas y condiciones de almacenamiento probadas en este estudio fue posible detectar etileno. Una posible explicación podría ser que los niveles de etileno cambien de acuerdo a la variedad o el cultivar. Aunque existen reportes de los cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración del litchi, éstos se refieren a la especie en general, y son poco específicos en cuanto a la variedad o cultivar utilizados (Paull *et al.*, 1984; Jiang-Ping *et al.*, 1986; Nagar, 1994; Holcroft y Mitcham 1996).

### 7.2.3. Sólidos solubles totales (SST)

Los azúcares son los sólidos solubles que en mayor cantidad se encuentran en el jugo de las frutas y por ello el contenido de SST se usa como un estimador de dulzor (Kitinoja y Kader, 2003). Revathy y Narasimham (1997) reportaron entre 16.8 y 20 % de SST para diferentes cultivares de litchi recién cosechados. Estos datos coinciden

con los resultados obtenidos en el presente experimento, detectándose niveles por debajo de 19 % de SST para los frutos almacenados a  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $23 \pm \text{ }^\circ\text{C}$  a lo largo del almacenamiento, con excepción de los 14 días en los frutos almacenados a temperatura ambiente, donde los SST fueron superiores al 20 % (Figuras 6, 7 y 8).

En general no existieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el porcentaje de SST entre los diferentes tratamientos (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) y empaques utilizados (domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup>) (Figuras 6, 7 y 8).

Los litchis almacenados en refrigeración mostraron valores menores de SST y más homogéneos durante todo el periodo de almacenamiento en comparación con los frutos almacenados a  $23 \pm \text{ }^\circ\text{C}$  (Figuras 6, 7 y 8). Por el contrario, los frutos almacenados a  $23 \pm \text{ }^\circ\text{C}$ , rebasaron los límites de aceptabilidad (14 a 20 % de SST, establecidos en un estudio previo por el grupo de trabajo de UAM-Iztapalapa) hacia el final del almacenamiento(14 días), Este incremento en el porcentaje de SST podría explicarse por el estado avanzado de senescencia de estos frutos (Figuras 6, 7 y 8).

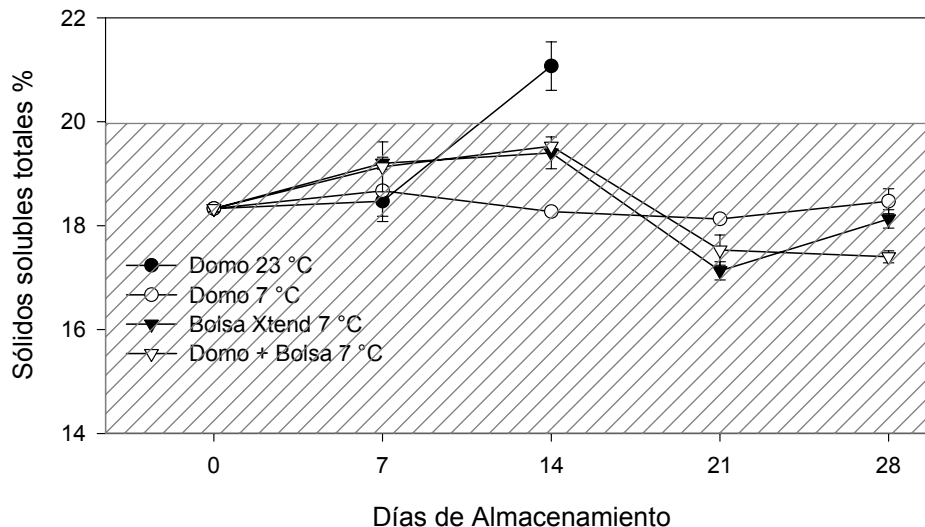


Figura 6. Sólidos solubles totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$  y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ). El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

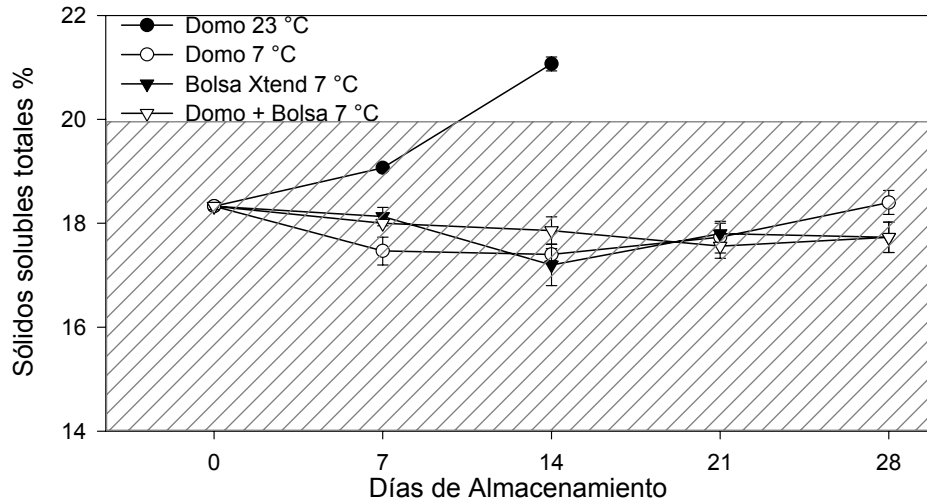


Figura 7. Sólidos solubles totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

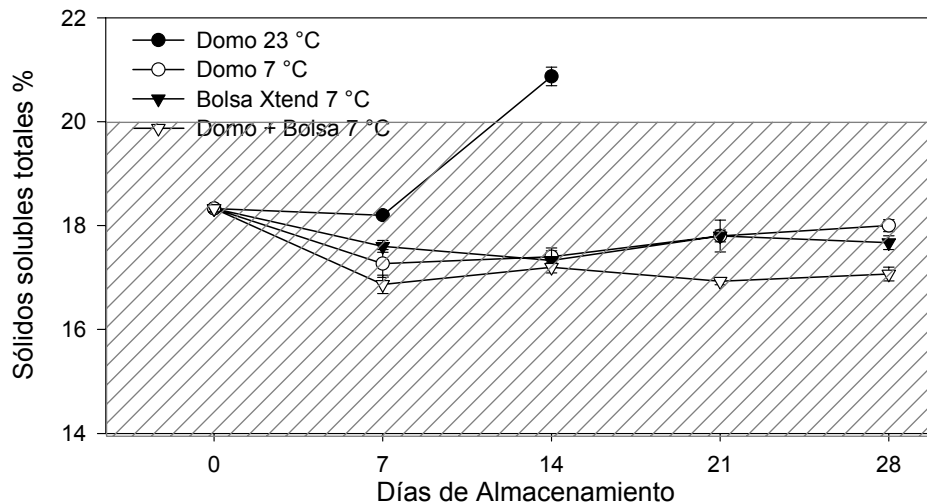


Figura 8. Sólidos solubles totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

#### 7.2.4. Acidez titulable (AT)

En general la AT disminuyó hacia el final del almacenamiento en los diferentes tratamientos (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) y empaques utilizados (domo, domo más bolsa y bolsa Xtend®), con excepción de los frutos acondicionados y almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C (Figuras 9, 10 y 11). No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos aplicados (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) en los frutos de litchi almacenados en refrigeración. Sin embargo, si existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C (Figuras 9, 10 y 11).

El tratamiento de acondicionamiento provocó una disminución del 26 % en los niveles de AT a los siete días de almacenamiento en comparación con los otros tratamientos (sin acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) (Figuras 9, 10 y 11). Por otra parte los frutos con acondicionamiento más preenfriado y almacenados en domo a 23 °C mantuvieron niveles de AT similares al inicial durante todo el periodo de almacenamiento (Figura 11).

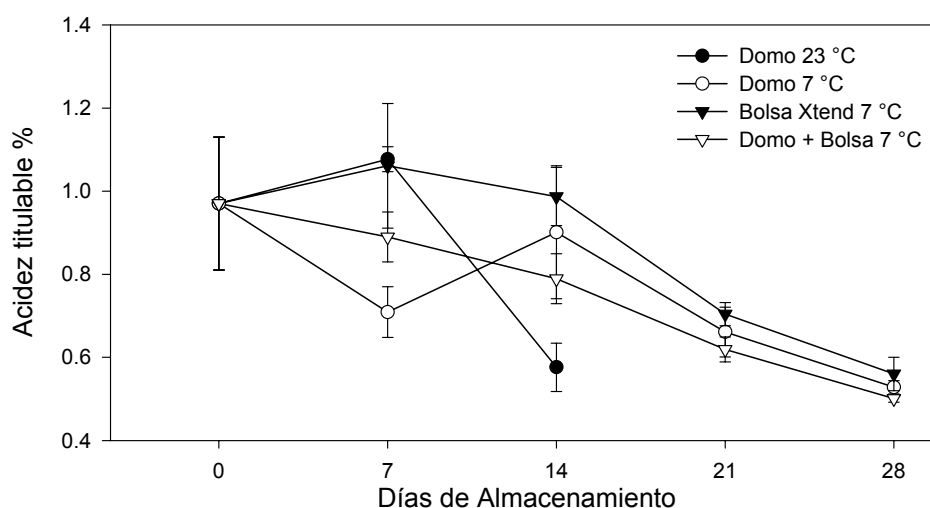


Figura 9. Acidez titulable en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25$  °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

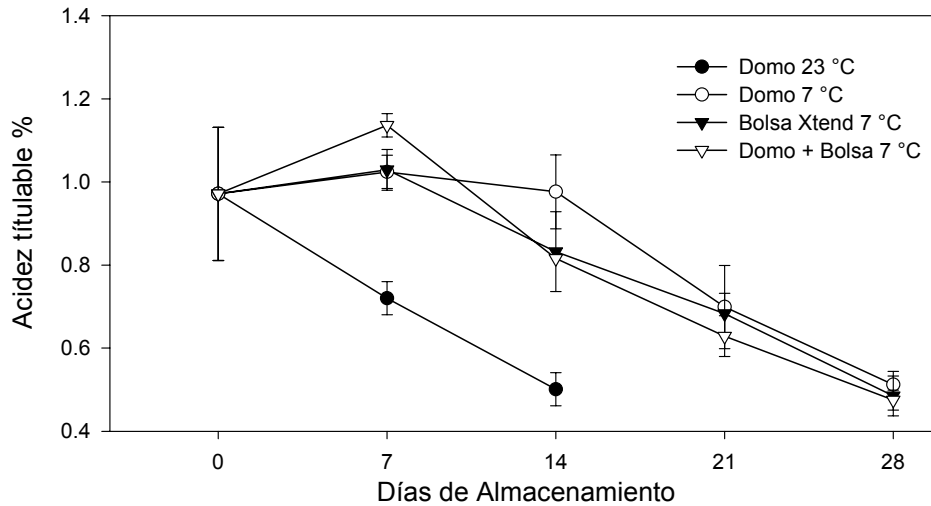


Figura 10. Acidez titulable en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

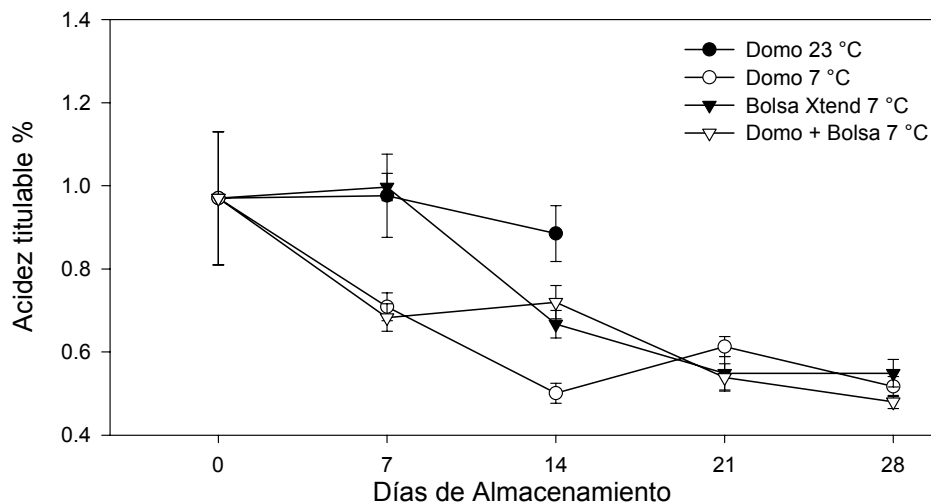


Figura 11. Acidez titulable en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.



### **7.2.5. Cociente SST/AT**

Underhill y Wong (1990) reportaron que un buen balance entre los SST/AT está altamente correlacionado con una buena calidad comestible de los frutos de litchi. Se ha reportado que un cociente en el intervalo entre 30 y 40 para litchis cultivados en Australia, son un indicador determinante de la calidad sensorial de estos frutos (Underhill y Wong, 1990). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que este valor puede variar debido a diferentes factores tales como la variedad, condiciones ambientales y zona geográfica de producción. De acuerdo al intervalo del cociente de SST/AT (20 a 40) que se estableció en un estudio previo de nuestro el grupo de trabajo de la UAM-Iztapalapa como aceptable para frutos de litchi recién cosechados en México, se encontró en este estudio que los frutos recién cosechados (análisis inicial) tuvieron la siguiente composición: %SST = 18.33, AT = 0.971 y un cociente SST/AT = 18.8, ligeramente menor al intervalo aceptable (Figura 12-14). Sin embargo, el cociente de SST/AT se incrementó hacia el final del almacenamiento en todos los tratamientos y empaques utilizados; estando en general, dentro del intervalo establecido como aceptable; con excepción de algunos tratamientos a los 7 días de almacenamiento (Figuras 12, 13 y 14).

Cabe mencionar que los mejores resultados se observaron en los frutos que fueron empacados en bolsa Xtend<sup>®</sup> y domo más bolsa.

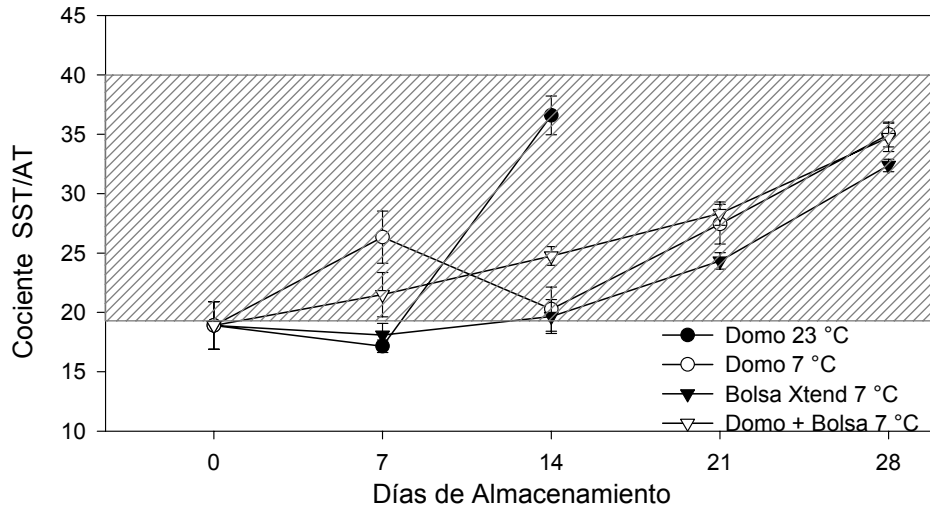


Figura 12. Cociente de SST/AT en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

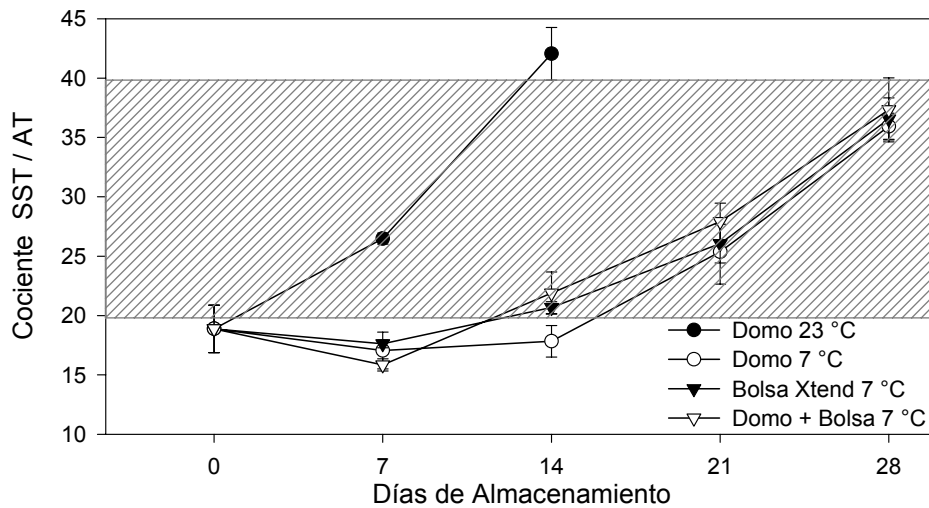


Figura 13. Cociente de SST/AT en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

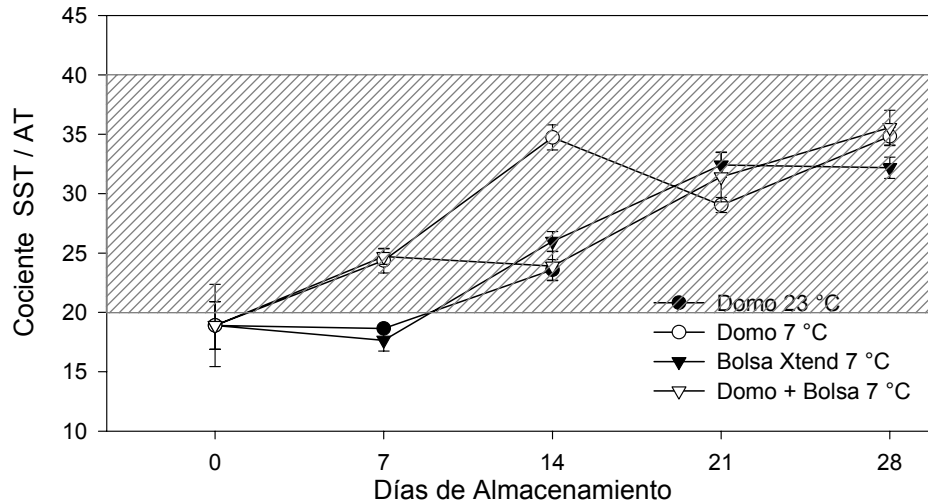


Figura 14. Cociente de SST/AT en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). El área sombreada indica el intervalo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

#### 7.2.6. Azúcares reductores y totales

No se observaron diferencias significativas en los niveles de azúcares reductores ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos aplicados (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) en los frutos de litchi almacenados en las diferentes condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C) (Figuras 15, 16 y 17).

Los litchis almacenados en refrigeración mostraron valores menores y más homogéneos de azúcares reductores durante todo el periodo de almacenamiento en comparación con los frutos almacenados a 23 ± °C (Figuras 15, 16 y 17). Por el contrario, los frutos almacenados a 23 ± °C, mostraron mayor cantidad de azúcares reductores a partir de los siete días de almacenamiento en todos los tratamientos aplicados. Estos resultados correlacionan con el incremento en el porcentaje de SST observado a esta temperatura, lo cual podría deberse al avanzado estado de senescencia de estos frutos (14 días, máxima vida de anaquel a esta temperatura) (Figuras 15, 16 y 17).

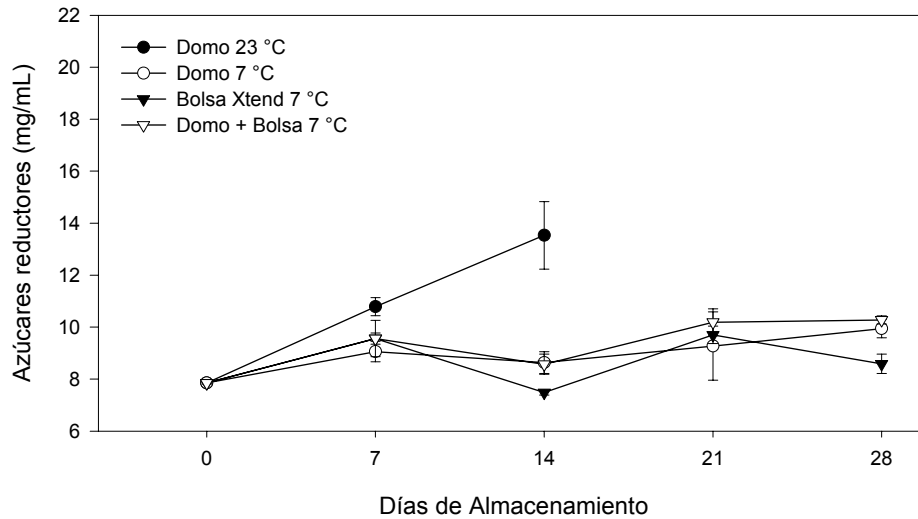


Figura 15. Azúcares Reductores en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

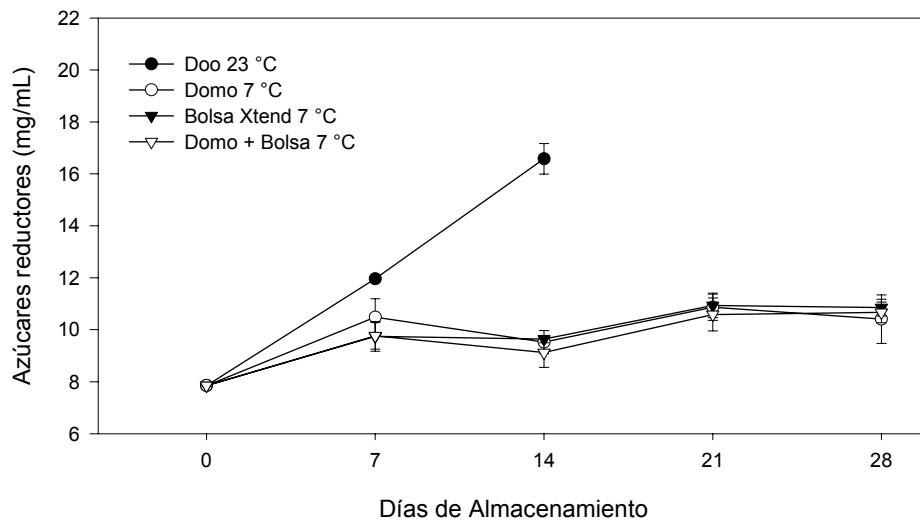


Figura 16. Azúcares Reductores en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

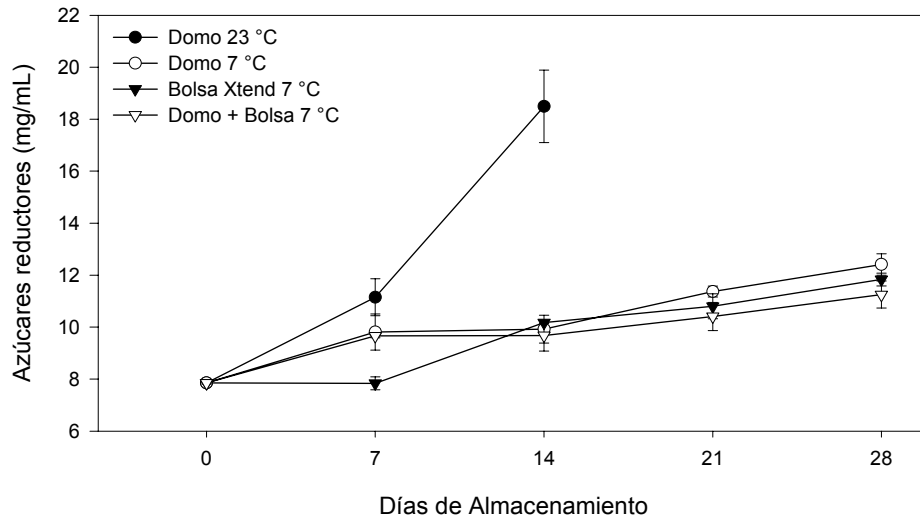


Figura 17. Azúcares Reductores en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

Por otra parte, no se observó efecto alguno de los diferentes tratamientos aplicados y temperaturas de almacenamiento analizadas en los niveles de azúcares totales ( $p > 0.05$ ) en los frutos de litchi (Figuras 18, 19 y 20). En general, se observaron niveles similares en todas las temperaturas y tratamientos aplicados durante todo el periodo de almacenamiento con respecto al valor inicial ( $140 \text{ mg mL}^{-1}$ ). Sin embargo, los frutos que fueron acondicionados (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriados con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) mostraron valores más heterogéneos en comparación con los otros dos tratamientos (sin acondicionamiento y acondicionados a 21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) (Figuras 18, 19 y 20).

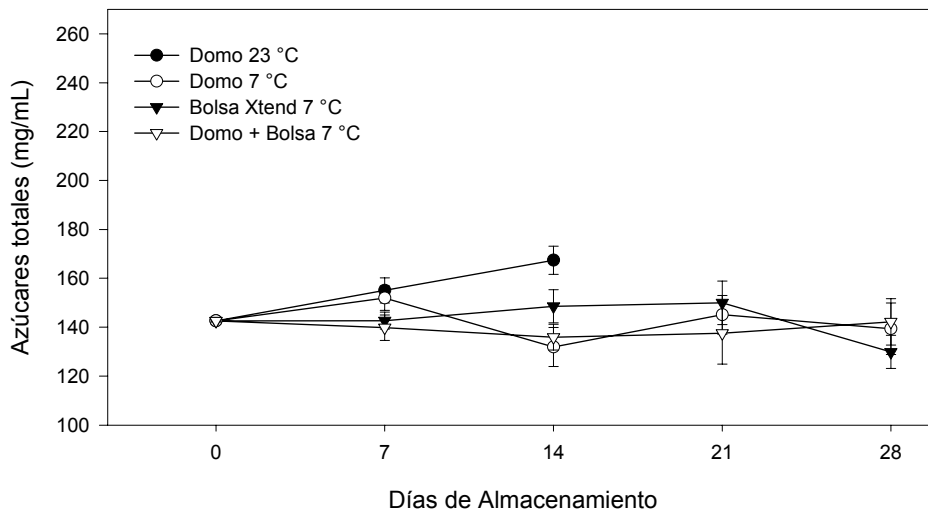


Figura 18. Azúcares Totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

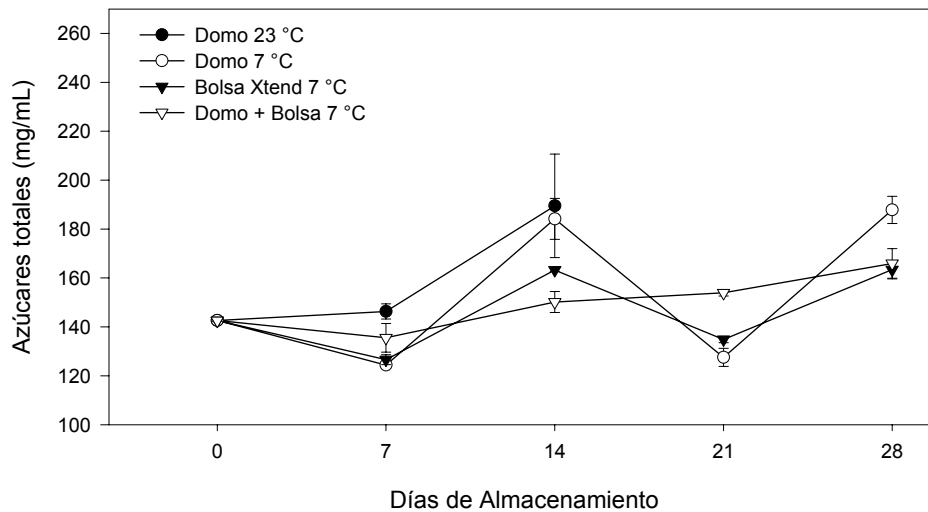


Figura 19. Azúcares Totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

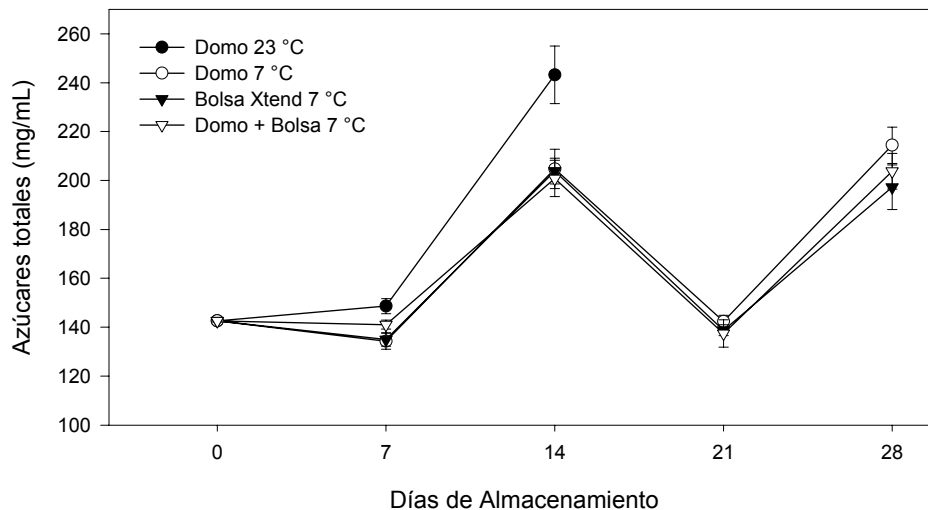


Figura 20. Azúcares Totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

#### 7.1.4. pH

Los resultados mostraron que el valor inicial de pH en el jugo de frutos fue de 3.18 incrementándose hacia el final del almacenamiento en todos los casos. En general no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos aplicados en frutos de litchi almacenados en refrigeración (Figuras 21, 22 y 23). El aumento gradual del pH es consecuencia de lo observado en la variable AT ya que el porcentaje de ácido málico fue disminuyendo con forme avanzó el tiempo de almacenamiento (Figuras 9, 10 y 11).

Los frutos almacenados a 23 ± °C alcanzaron los mayores valores de pH a los 14 días de almacenamiento en comparación a los frutos almacenados en refrigeración que alcanzaron valores similares hacia el final del almacenamiento (28 días) (Figuras 21, 22 y 23).

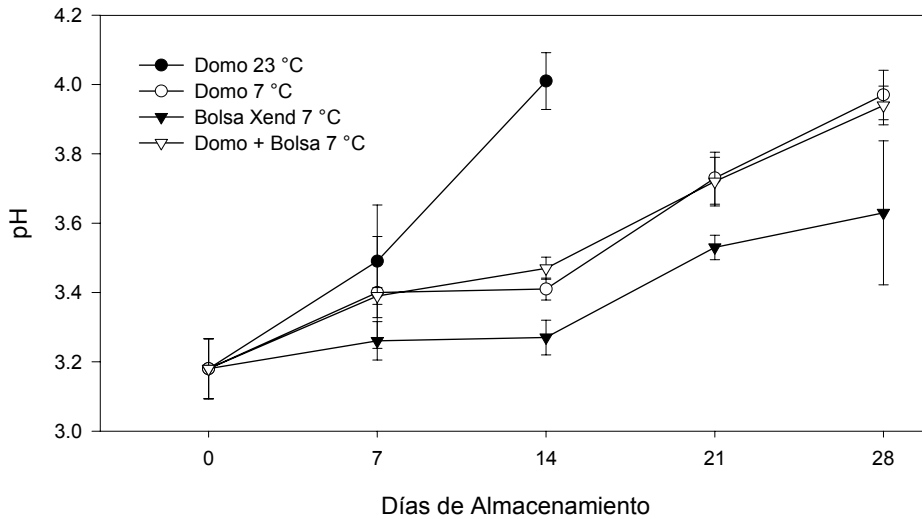


Figura 21. pH en el jugo de frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

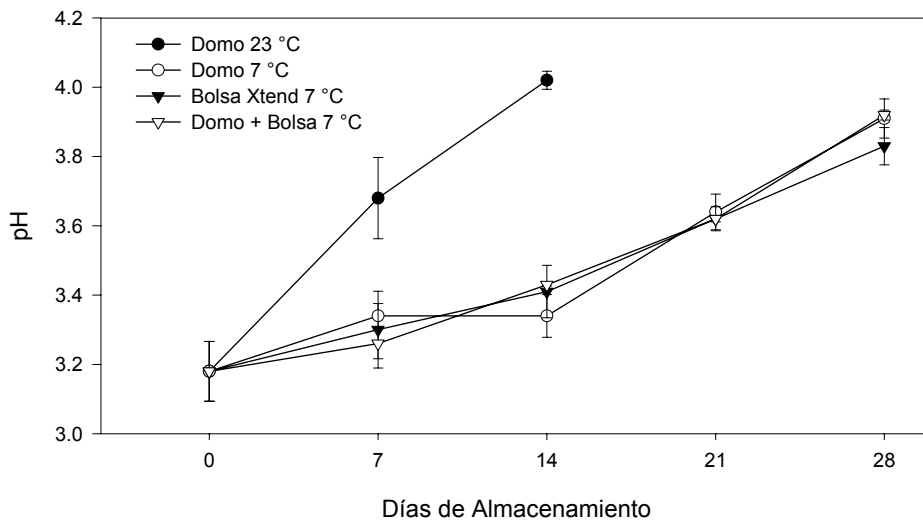


Figura 22. pH en el jugo de frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.



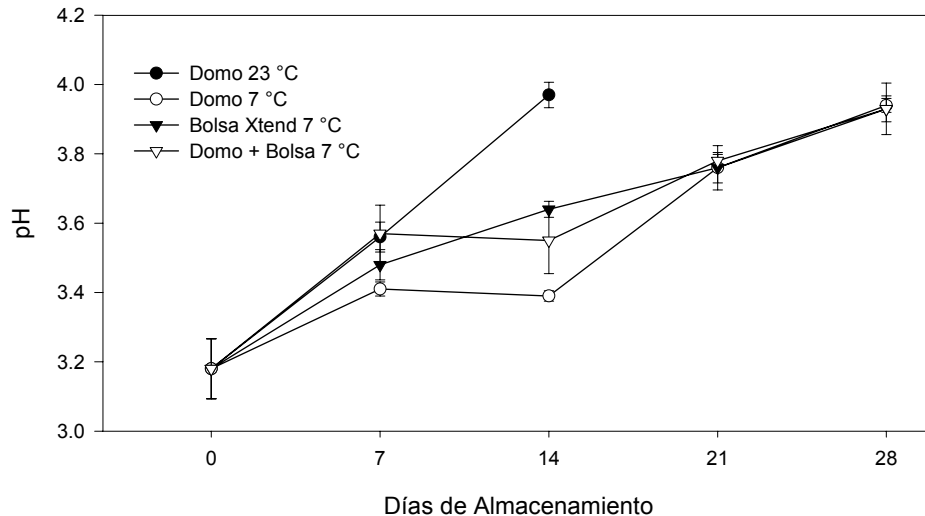


Figura 23. pH en el jugo de frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

### 7.3. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en los parámetros de color

No existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los diferentes parámetros de color: valor  $L^*$  (luminosidad o claridad), valor  $C^*$  (croma o saturación) y  $h$  (tinte o matiz) entre los tratamientos aplicados (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) (Figuras 24, 25 y 26).

Los valores finales de cromaticidad en los frutos con los distintos tratamientos aplicados y almacenados en domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 °C, fueron similares (domo más bolsa  $L^* = 32.8$ ,  $C^* = 32.7$  y  $h = 34.6$ ; bolsa Xtend®  $L^* = 32.7$ ,  $C^* = 31.8$  y  $h = 36.4$ ) a los iniciales ( $L^* = 33.6$ ,  $C^* = 35.4$  y  $h = 34.5$ ) después de 28 días de almacenamiento manteniendo el color rojo característico (Cuadro 4); mientras que para los frutos almacenados en domo a 7 °C estos valores tendieron a disminuir hacia el final del almacenamiento ( $L^* = 22.5$ ,  $C^* = 22.6$  y  $h = 45.1$ ) alcanzando valores similares a los observados en los frutos almacenados en domo a 23 °C (Figuras 24, 25 y 26),

posiblemente explicado por el cambio de color rojo inicial a un color rojo pardo producto del oscurecimiento en el pericarpo hacia el final del almacenamiento (Figuras 24, 25 y 26).

Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los frutos almacenados en domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7°C con respecto al parámetro del ángulo Hue ( $h^*$ ) (Cuadro 4).

Sivakumar y Korsten, (2006b) observaron que con el uso de AM por empaque (Bolsa Xtend® y Bolsa de polipropileno biorientado) tuvieron mejores resultados en cuanto a los parámetros de color en frutos de litchi cultivar 'Mc Lean's Red' durante treinta y cuatro días a 2 °C en comparación con los frutos tratados con SO<sub>2</sub>.

Los resultados obtenidos en este experimento corroboran que el uso de atmósferas modificadas por empaque debe ser considerado como una alternativa eficaz en comparación con uso de tratamientos químicos (SO<sub>2</sub>) con el fin de retener el color rojo del pericarpo durante el tiempo de almacenamiento.

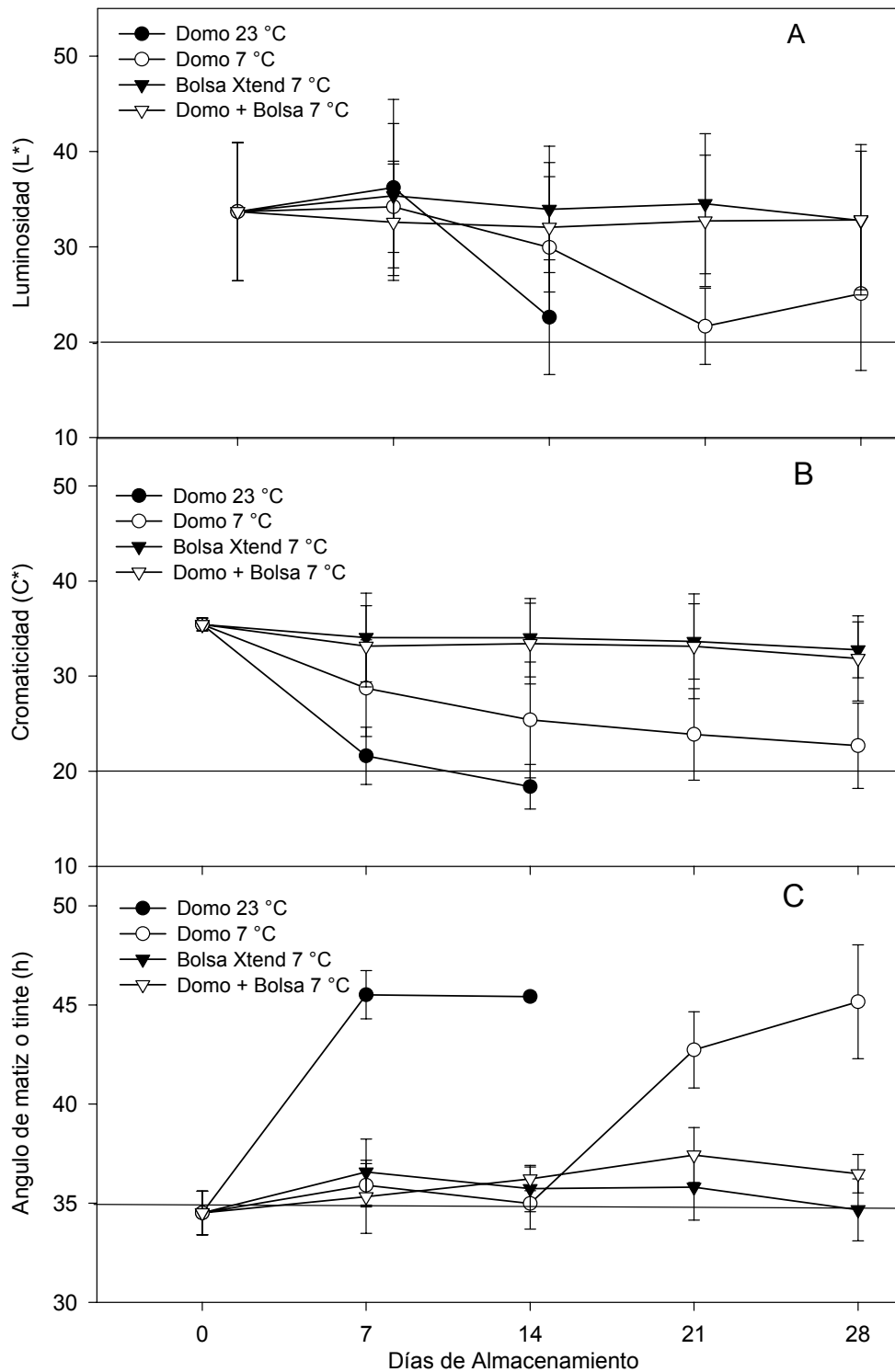


Figura 24. Color de la cáscara. Litchis sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). A) Gráfica Luminosidad (L\*); B) Gráfica Cromaticidad (C\*); C) Gráfica Ángulo de matiz (h). La línea horizontal indica el límite mínimo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones + error estandar. ± error estandar.

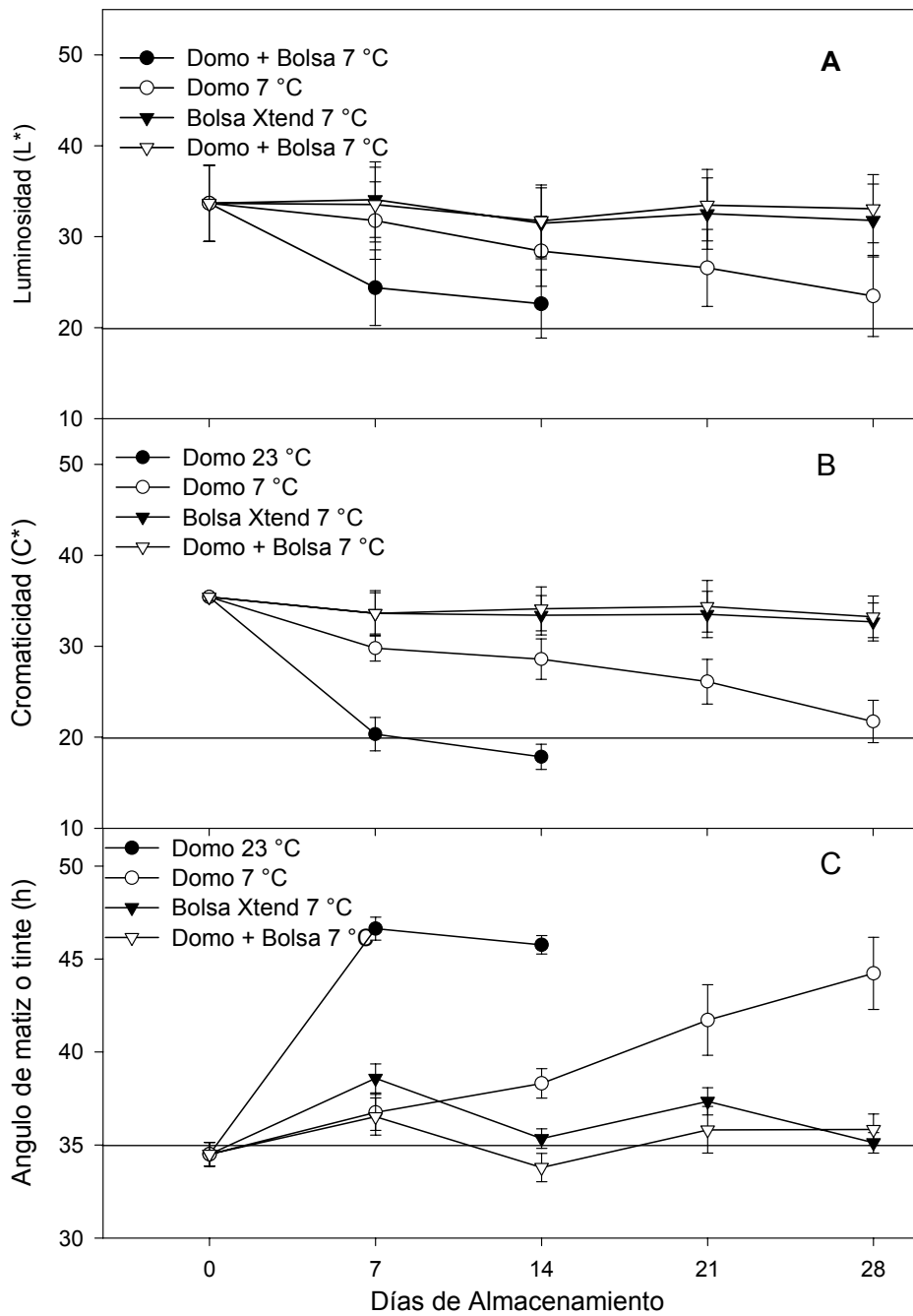


Figura 25. Color de la cáscara. Litchis con acondicionamiento (21.5 °C y 60 HR por 2 hrs), almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). A) Gráfica Luminosidad (L\*); B) Gráfica Cromaticidad (C\*); C) Gráfica Ángulo de matiz (h). La línea horizontal indica el límite mínimo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estandar.

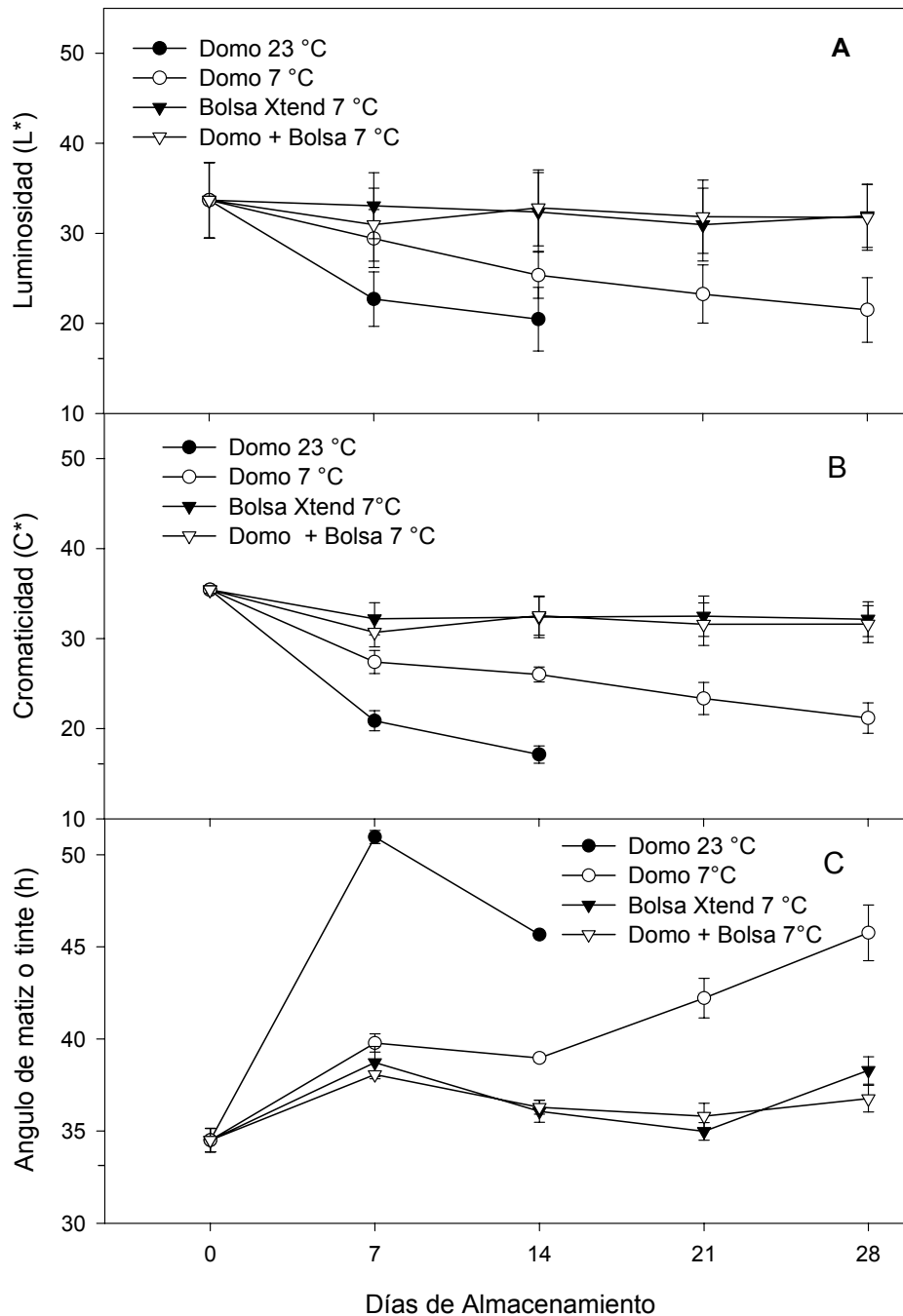


Figura 26. Color de la cáscara de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). A) Gráfica Luminosidad (L\*); B) Gráfica Cromaticidad (C\*); C) Gráfica Ángulo de matiz (h). La línea horizontal indica el límite mínimo de aceptabilidad. Cada valor es el promedio de tres repeticiones + error estandar.

Cuadro 4. Comparación de valores iniciales y finales en los parámetros de color (cromaticidad y ángulo Hue) en frutos de litchi sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado.

	<i>Sin acondicionamiento</i>		<i>Con acondicionamiento</i>		<i>Acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado</i>	
	<b>Croma</b>	<b>Hue</b>	<b>Croma</b>	<b>Hue</b>	<b>Croma</b>	<b>Hue</b>
<b>Inicial</b>	35.43	34.51	35.43	34.51	35.43	34.51
			<b>Valores Finales</b>			
<b>Domo 23 °C</b>	18.36	45.42	17.84	45.77	17.13	45.66
<b>Domo 7 °C</b>	22.68	45.16	21.74	44.23	21.18	45.76
<b>Bolsa Xtend® 7 °C</b>	31.85	36.48	33.24	35.83	31.62	36.77
<b>Domo+Bolsa 7 °C</b>	32.75	34.66	32.68	35.12	32.17	38.3

#### **7.4. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en el índice de daño y en el porcentaje de fruta comerciable**

Respecto al índice de daño por mancha café la cual esta relacionada con la deshidratación del pericarpo y la senescencia del litchi y mancha negra que se ha relacionado con el manejo fitosanitario en precosecha del litchi (los cuales se determinaron de manera independiente) no se observaron cambios significativos ( $p>0.05$ ) por efecto de los distintos tratamientos de acondicionamiento aplicados previos al almacenamiento (Figuras 27, 28, 29, 30, 31 y 32).

Los litchis empacados en domo a  $23 \pm 1$  °C y domo a  $7 \pm 1$  °C mostraron los mayores índices de daño por mancha café en comparación con los frutos empacados en domo más bolsa y bolsa Xtend® en todos los tratamientos utilizados (Figuras 27, 28 y 29).

Los litchis empacados en domo a  $23 \pm 1$  °C alcanzaron valores cercanos al daño severo (grado 3) a los siete días de almacenamiento, en comparación con los frutos empacados en domo a  $7 \pm 1$  °C que en general se mantuvieron por debajo del daño moderado (grado 2) hasta los 21 días de almacenamiento en todos los tratamientos utilizados (Figuras 27, 28 y 29). Como se mencionó anteriormente, el menor ID por mancha café se observó en los litchis empacados en domo más bolsa y bolsa Xtend®

durante todo el periodo de almacenamiento en todos los tratamientos utilizados (valores cercanos al daño ligero grado 1, estando siempre dentro del límite comercialmente aceptable) (Figuras 27, 28 y 29).

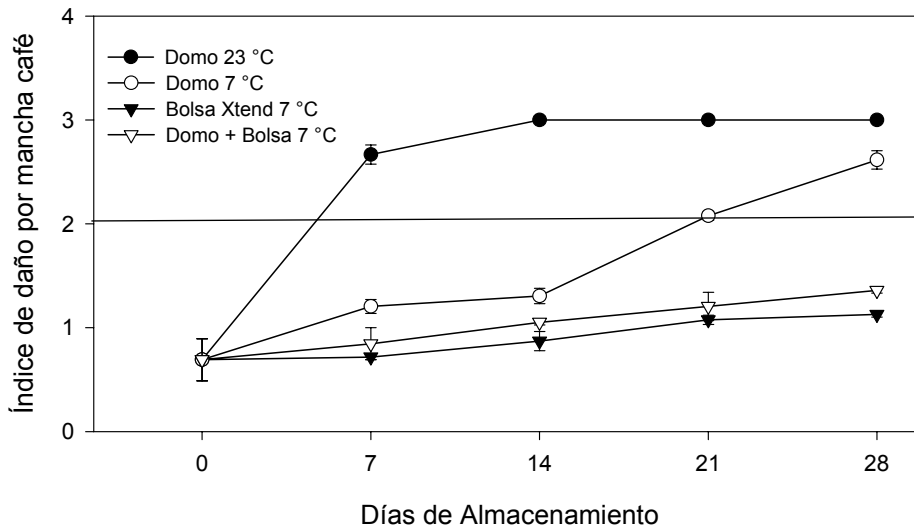


Figura 27. Índice de daño por manchas cafés en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $80\%$  HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La línea horizontal indica el nivel máximo aceptable comercialmente. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

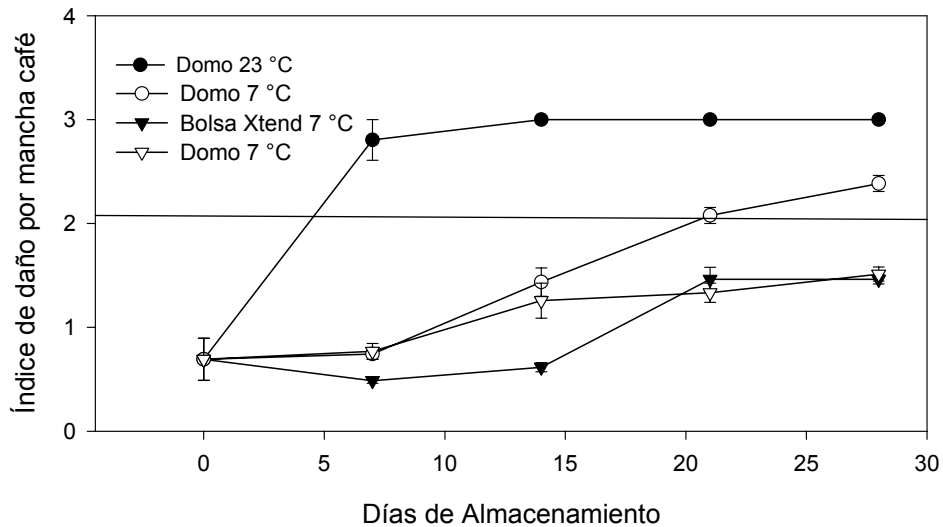


Figura 28. Índice de daño por manchas cafés en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento ( $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $60\%$ HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La línea horizontal indica el nivel máximo aceptable comercialmente. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

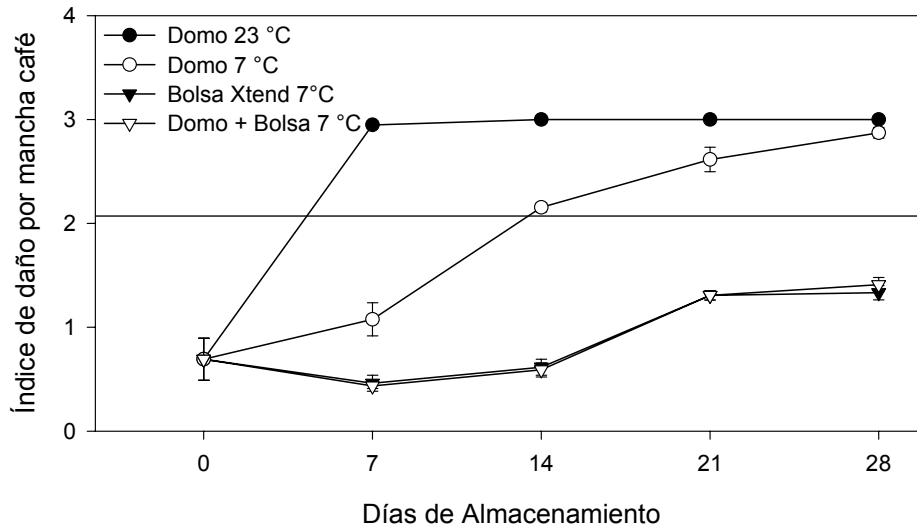


Figura 29. Índice de daño por manchas cafés en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). La línea horizontal indica el nivel máximo aceptable comercialmente. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

No se observó efecto significativo ( $p > 0.05$ ) de los diferentes tratamientos de acondicionamiento en el índice de daño por mancha negra en las diferentes condiciones de almacenamiento (Figuras 30, 31 y 32).

El ID por mancha negra en general se mantuvo por debajo del daño ligero (1.1,) en todos los tratamientos y empaques utilizados (Figuras 30, 31 y 32). Lo cual da una idea del buen manejo fitosanitario en campo, ya que la mancha negra en general se ha relacionado con problemas fitosanitarios (resultados de estudios previos del grupo de trabajo de la UAM-Iztapalapa).

Los resultados obtenidos en este experimento con respecto al ID por mancha café y negra concuerdan con lo reportado por Sivakumar y Korsten, (2006a) quienes indicaron que el índice de oscurecimiento en frutos de litchi cultivar 'McLean's Red' se redujo mediante el uso de AM por empaque durante 34 días de almacenamiento a 2 °C.



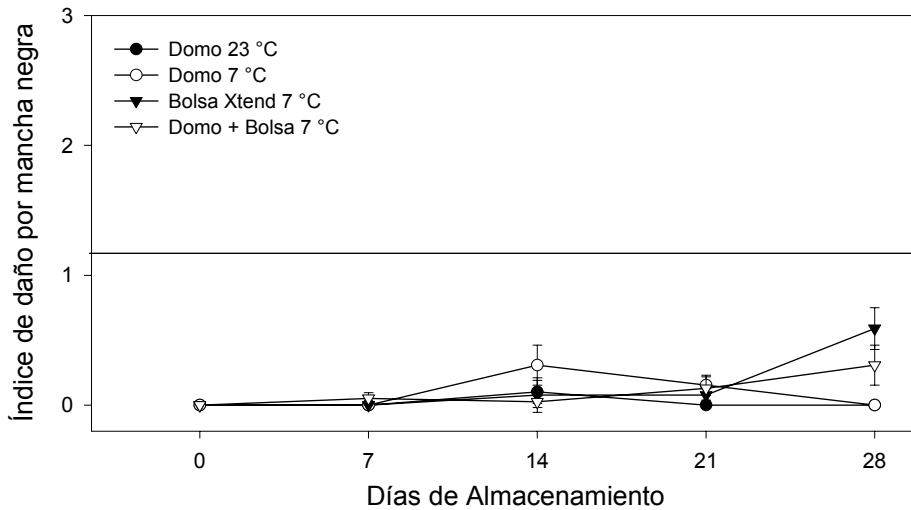


Figura 30. Índice de daño por manchas negra en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). La línea horizontal indica el nivel máximo aceptable comercialmente. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

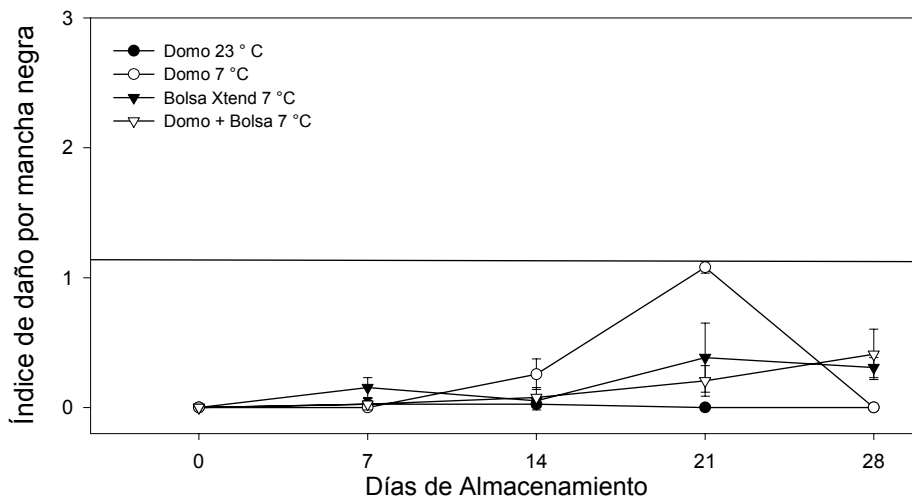


Figura 31. Índice de daño por manchas negra en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). La línea horizontal indica el nivel máximo aceptable comercialmente. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

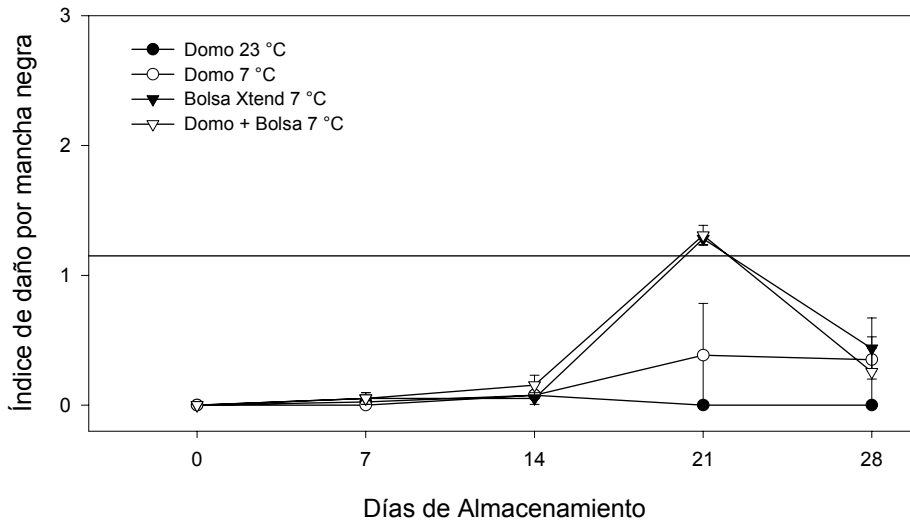


Figura 32. Índice de daño por manchas negra en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). La línea horizontal indica el nivel máximo aceptable comercialmente. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

El porcentaje de fruta comerciable en los litchis empacados en domo a 23 ± 1 °C después de 7 días de almacenamiento fue del 20 % en todos los tratamientos utilizados (Figuras 33, 34 y 35). Los litchis almacenados en domo a 7 ± 1 °C mantuvieron porcentajes de fruta comerciable por encima del límite de aceptabilidad (90%) durante un periodo de 14 días en todos los tratamientos utilizados (Figuras 33, 34 y 35), con excepción del día 14, en los litchis con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado que se mantienen en el límite de aceptabilidad (Figuras 33, 34 y 35).

Los litchis empacados en domo más bolsa y bolsa Xtend® y almacenados a 7 ± 1 °C tuvieron el 100 % de fruta comerciable después de 28 días de almacenamiento en todos los tratamientos utilizados, lo cual demuestra claramente la eficacia de esta tecnología para la conservación del fruto de litchi independientemente de que se aplique o no un tratamiento de acondicionamiento (Figuras 33, 34 y 35).

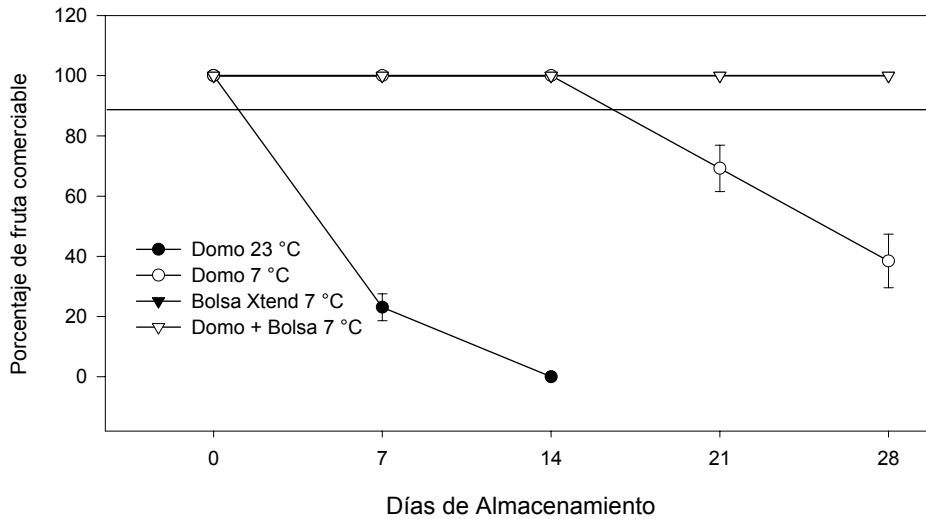


Figura 33. Porcentaje de fruta comerciable en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $80\text{ \% HR}$  por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La línea horizontal indica el límite de aceptabilidad comercial. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

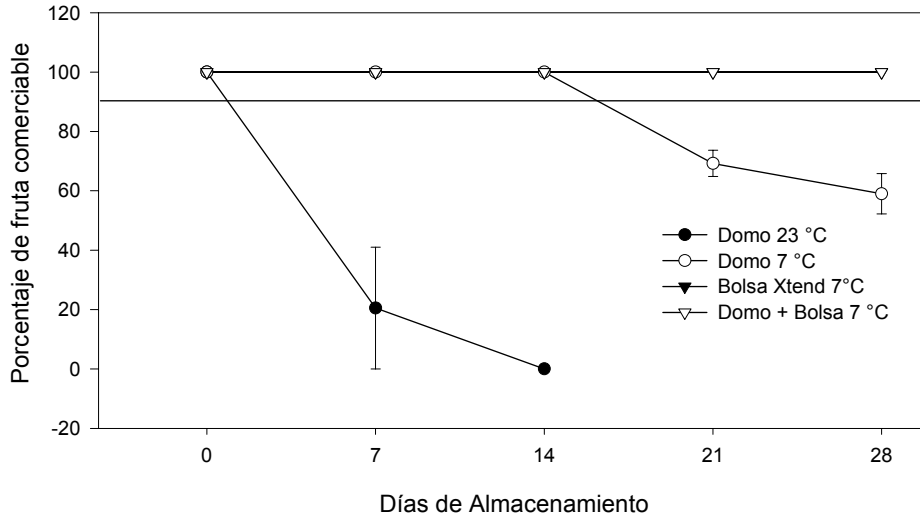


Figura 34. Porcentaje de fruta comerciable en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento ( $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $60\text{ \%HR}$  por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La línea horizontal indica el límite de aceptabilidad comercial. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

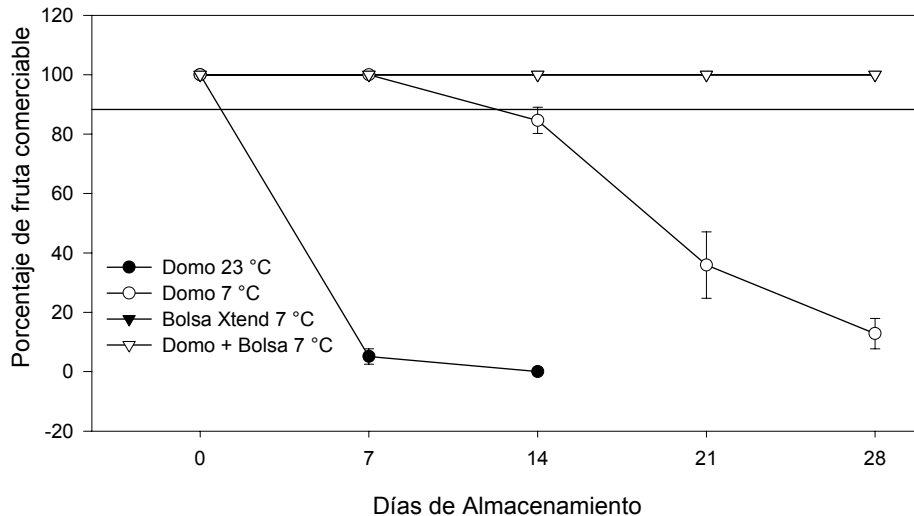


Figura 35. Porcentaje de fruta comerciable en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). La línea horizontal indica el límite de aceptabilidad comercial. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

### 7.5. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en la actividad enzimática de la polifenol oxidasa (PPO) y antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster'

En general, no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los frutos sometidos a los distintos tratamientos de acondicionamiento previos al almacenamiento (Figuras 36, 37 y 38).

Los frutos almacenados en domo a 23 ± 1 °C tuvieron una mayor actividad de la PPO en comparación con los frutos almacenados en refrigeración (7 ± 1 °C) en los distintos empaques.

Los frutos almacenados a 23 ± 1 °C y a 7 ± 1 °C mostraron una disminución en la actividad de la PPO a los siete días de almacenamiento en todos los tratamientos aplicados y condiciones de almacenamiento (Figuras 36, 37 y 38). Sin embargo, los frutos almacenados en domo a 23 ± 1 °C, en general, mostraron en promedio de 2.4 y

1.8 veces más actividad de la PPO a los 7 y 14 días respectivamente (máxima vida de anaquel a  $23 \pm 1$  °C) respecto a los frutos refrigerados. Estos datos correlacionan con el cambio de color ( $h^*$ ) detectado y con el oscurecimiento del pericarpo (ID por mancha café) en los frutos almacenados a esta temperatura (Figuras 36, 37 y 38).

Estos resultados de los efectos de la temperatura de almacenamiento y empaques coinciden con lo reportado por Jiang y Li (2003), donde la actividad de la PPO en frutos de litchi 'Huaizhi', disminuye después de 12 horas de almacenamiento. Así como también que la aclimatación a baja temperatura disminuye la degradación de antocianinas y retrasa el incremento en la actividad de la PPO.

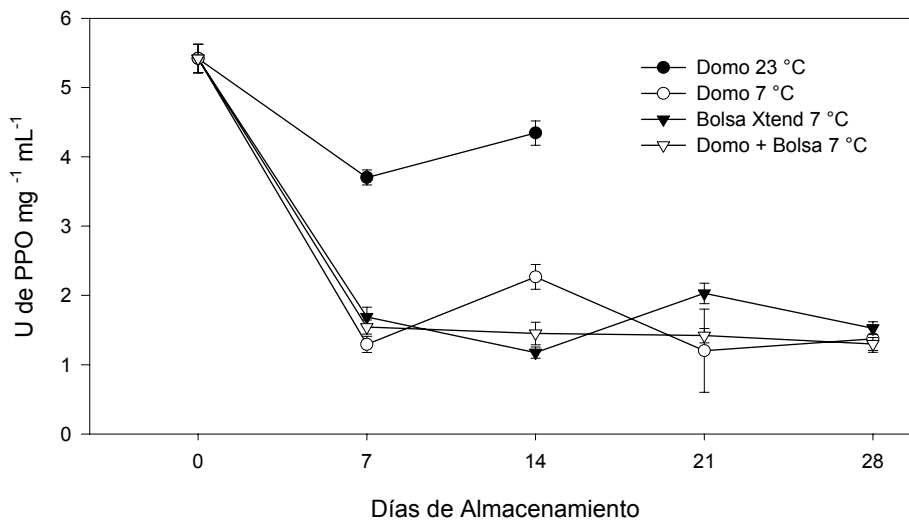


Figura 36. Actividad de la PPO en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25$  °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1$  °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

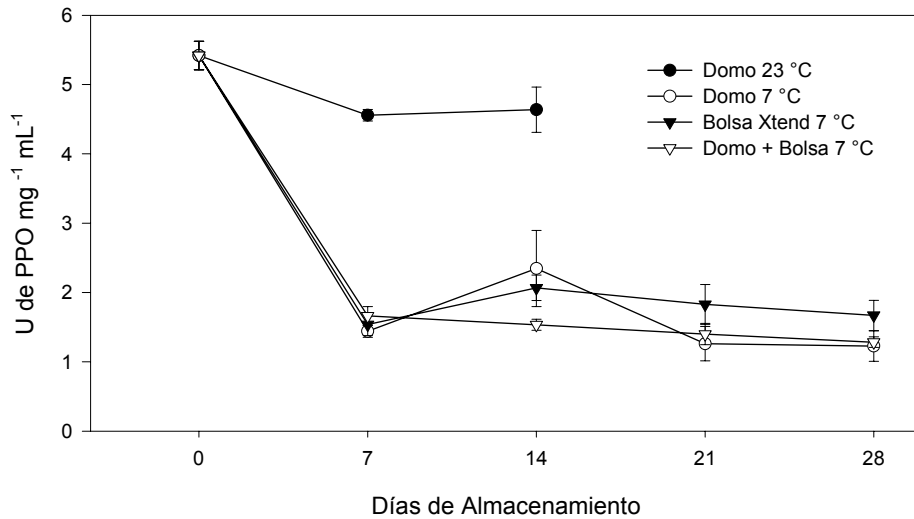


Figura 37. Actividad de la PPO en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

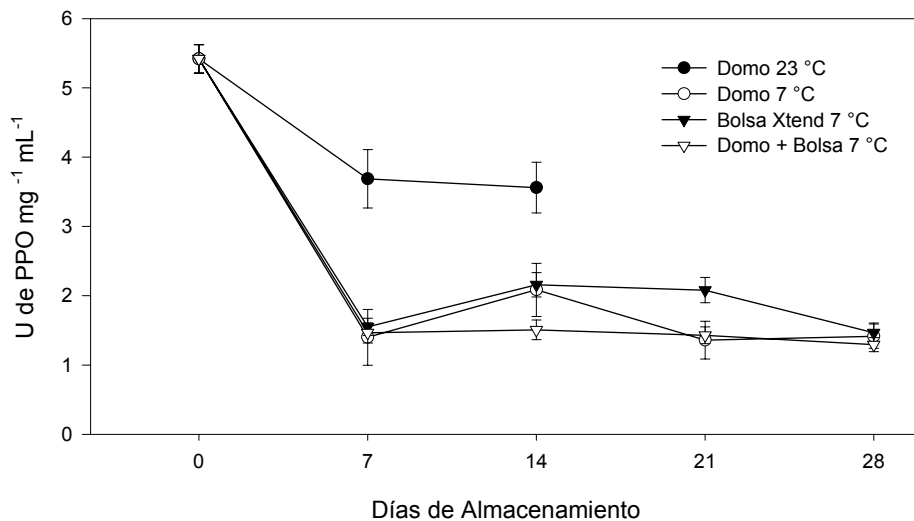


Figura 38. Actividad de la PPO en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el contenido de antocianinas en todos los tratamientos aplicados y condiciones de almacenamiento (Figuras 39, 40 y 41).

En general los frutos almacenados en refrigeración mantuvieron el contenido de antocianinas más homogéneo y constante durante todo el periodo de almacenamiento manteniendo valores similares al inicial en todos los tratamientos aplicados (Figuras 39, 40 y 41).

El comportamiento en el contenido de antocianinas en los frutos que fueron almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C fue heterogéneo a lo largo del almacenamiento (14 días) aunque en general tuvo valores superiores a los de frutos refrigerados. Contrario a lo esperado, no se observó una disminución clara en el contenido total de antocianinas durante el periodo de almacenamiento (Figuras 39, 40 y 41). Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Jiang y Li (2003), donde el contenido de antocianinas disminuye durante el periodo de almacenamiento. Por otra parte, Jiang y Fu (1999b), observaron que el mayor porcentaje en el contenido de antocianinas se encuentra durante los primeros dos días de almacenamiento, especialmente en aquellos frutos que fueron almacenados a baja HR (de 60 a 70 %HR).

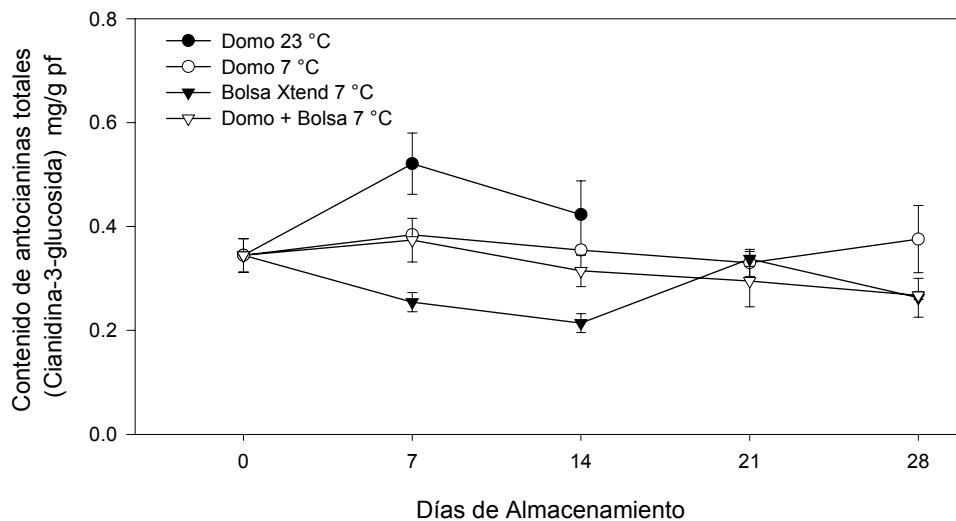


Figura 39. Antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25$  °C y  $80$  % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

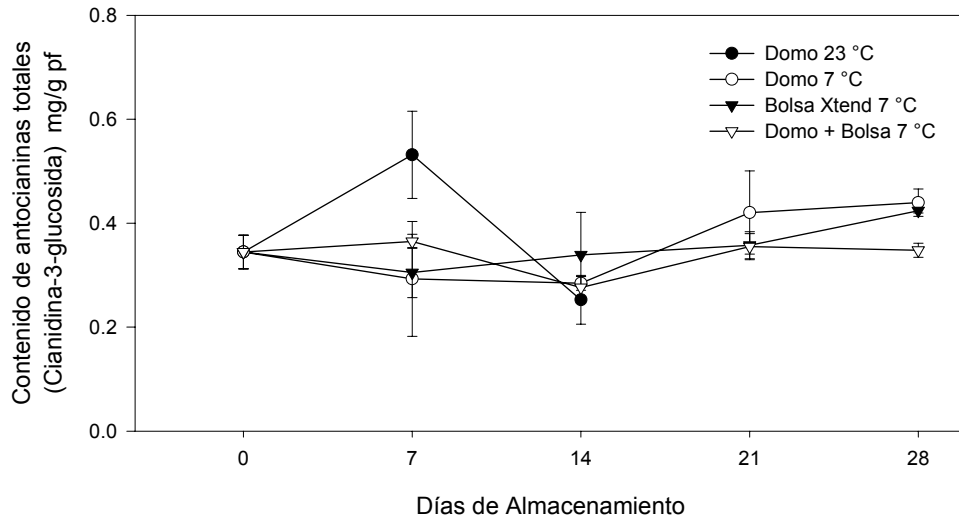


Figura 40. Antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

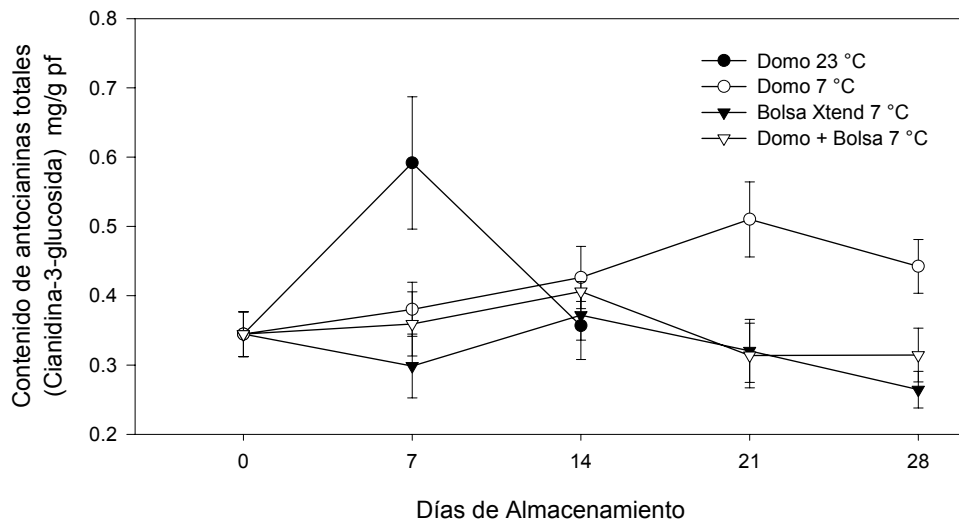


Figura 41. Antocianinas totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.



## 7.6. Efecto de los tratamientos de acondicionamiento y de las condiciones de almacenamiento en los niveles de metabolitos fermentativos (acetaldehído y etanol)

No se observó efecto significativo ( $p>0.05$ ) de los diferentes tratamientos de acondicionamiento (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) en los niveles de acetaldehído en los frutos almacenados en las diferentes condiciones (Figuras 42, 43 y 44).

Se observaron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) en los niveles de acetaldehído entre los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C y los frutos almacenados en refrigeración, mostrando los niveles más altos de acetaldehído los frutos empacados en domo a  $23 \pm 1$  °C, en todos los tratamientos estudiados (Figuras 42, 43 y 44).

Por otra parte, los niveles de acetaldehído en los frutos almacenados en refrigeración mantuvieron valores similares al inicial durante 28 días de almacenamiento (Figuras 42, 43 y 44).

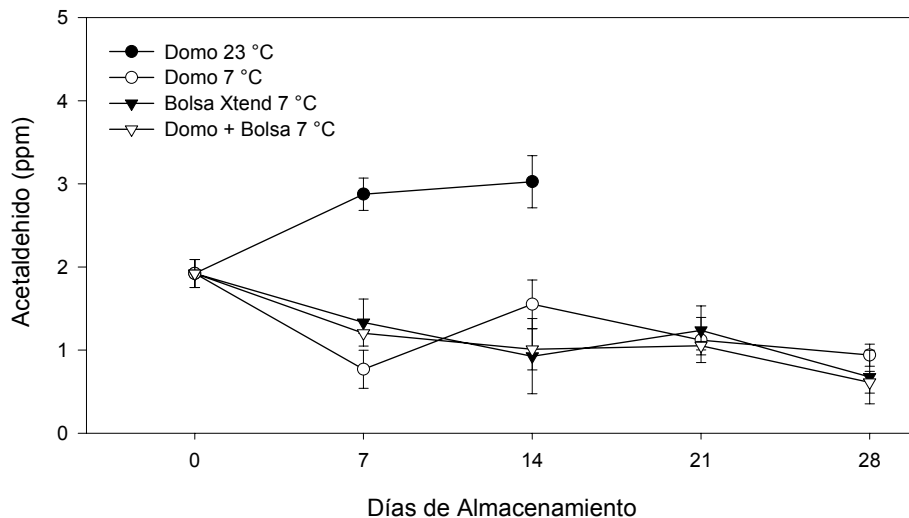


Figura 42. Niveles de acetaldehído en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25$  °C y  $80$  % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1$  °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1$  °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

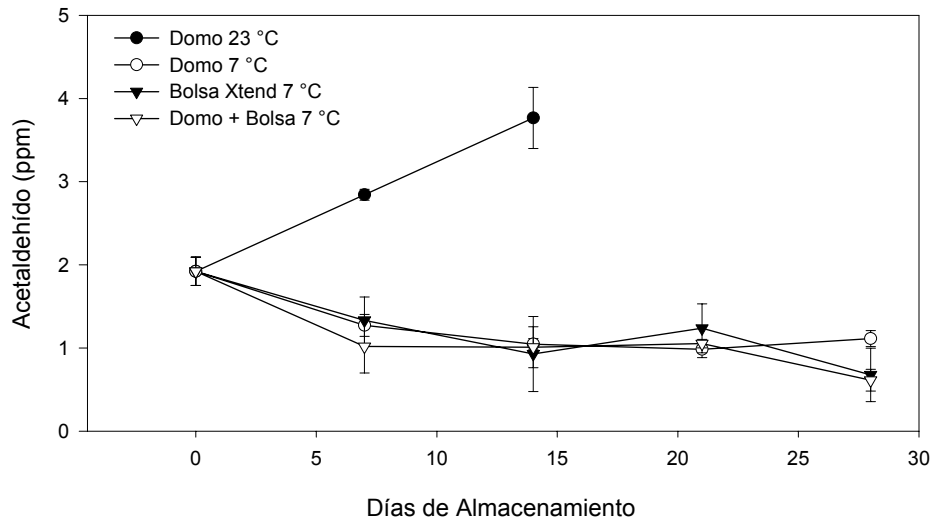


Figura 43. Niveles de acetaldehído en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

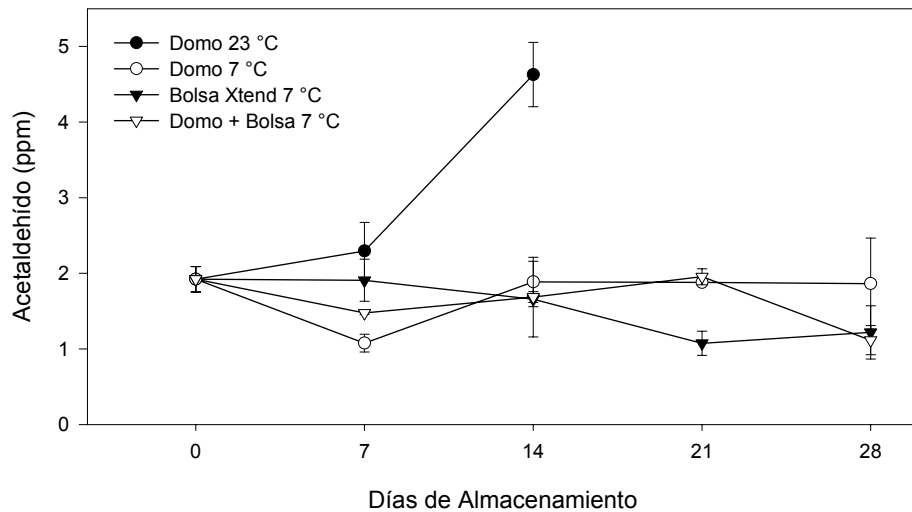


Figura 44. Niveles de acetaldehído en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los niveles de etanol entre los frutos sin acondicionar ( $237 \pm 20$  ppm) (Figura 45), con acondicionamiento ( $306 \pm 36$  ppm) (Figura 46) y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado ( $86 \pm 4$  ppm) (Figura 47) a los 14 días de almacenamiento (ver anexo C).

En general, los mayores niveles de etanol se observaron en los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C en comparación con los frutos almacenados en refrigeración en todos los tratamientos aplicados (Figuras 45, 46 y 47); excepto los frutos con acondicionamiento ( $21.5$  °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado ( $7$  °C y 90 %HR por 1.5 hrs) donde los niveles de etanol de los frutos almacenados en domo a  $23 \pm 1$  °C fueron similares a los almacenados en refrigeración (Figura 47).

Pesis et al. (2002) reportaron un incremento dramático en los niveles de acetaldehído y etanol en frutos de litchi almacenados a  $2$  °C en AM por empaque durante un mes y transferidos por tres días a  $20$  °C. Los autores concluyen que los frutos que fueron tardíamente cosechados, producen más acetaldehído y etanol que los que fueron cosechados al inicio de la temporada de cosecha. Los frutos empleados en este trabajo no corresponden a una etapa tardía de cosecha por lo que no se observó este incremento en metabolitos fermentativos (acetaldehído y etanol).

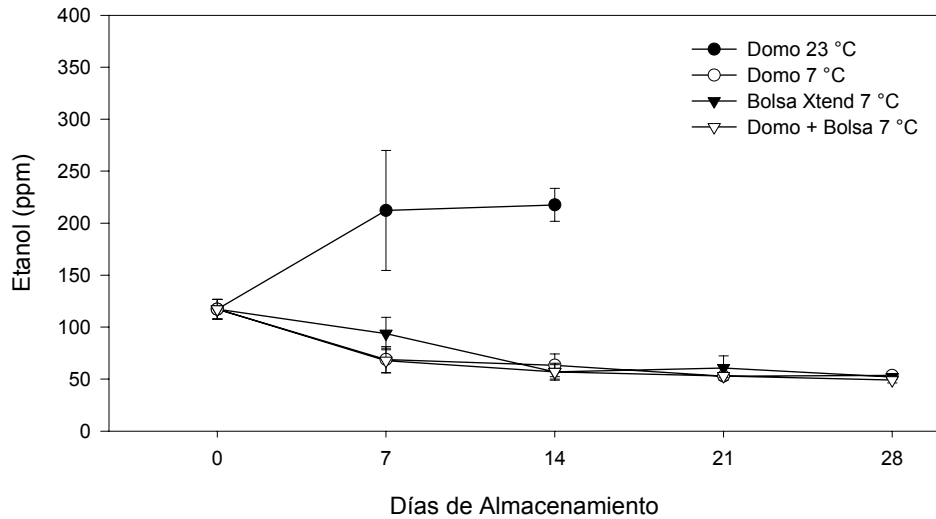


Figura 45. Niveles de etanol en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento (25 °C y 80 % HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

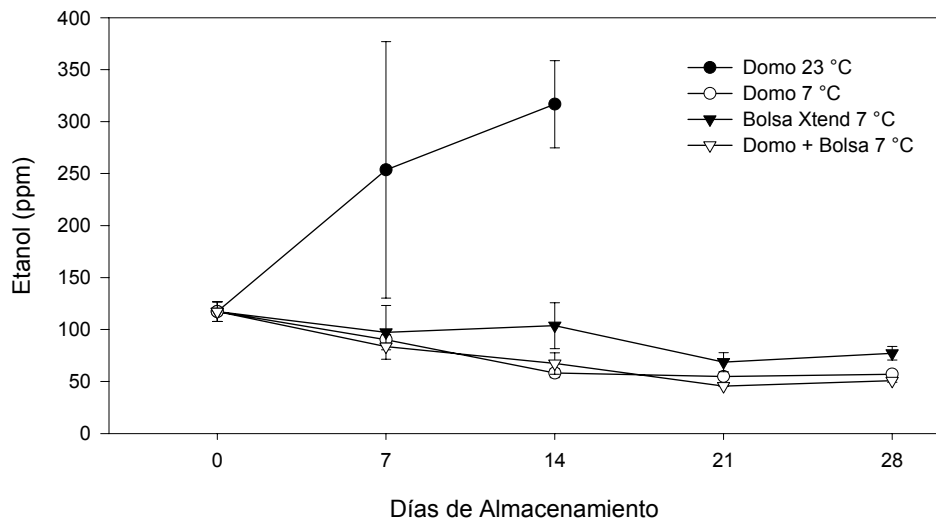


Figura 46. Niveles de etanol en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

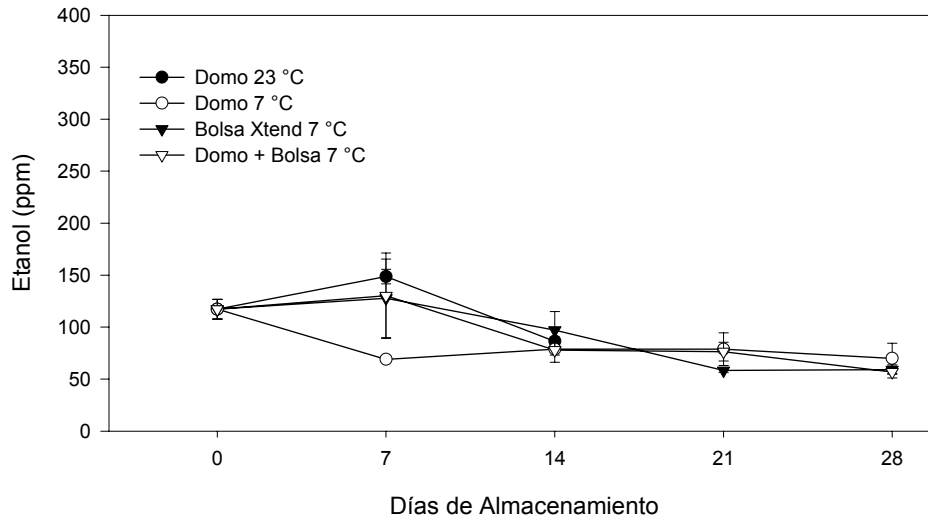


Figura 47. Niveles de etanol en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

### 7.7. Capacidad antióxidante

No se observaron efectos significativos ( $P > 0.05$ ) de los diferentes tratamientos de acondicionamiento, temperaturas y empaques estudiados en la capacidad antioxidante del jugo de frutos de litchi en las diferentes condiciones de almacenamiento (Figuras 48, 49 y 50).

En general, la capacidad antioxidante total de los frutos en todos los tratamientos se mantuvo constante durante los 28 días de almacenamiento observándose valores similares al análisis inicial ( $130.6 \text{ mM mL}^{-1}$ ) (Figuras 48, 49 y 50). Estos resultados sugieren que la combinación de AM por empaque y la refrigeración pueden mantener la calidad nutricional durante 28 días de almacenamiento.

Existen pocos reportes de la capacidad antioxidante presente en el jugo del litchi (Mahattanatawe *et al.*, 2006). Sin embargo, Duan y colaboradores (2007a y b) han explorado la capacidad antioxidante de las antocianinas presentes en el pericarpo de frutos de litchi 'Huaizhi', observando que las antocianinas extraídas, exhiben una

excelente capacidad antioxidante, además de inhibir la peroxidación del ácido linoleico y la actividad de radicales superóxido. Por otra parte, estos autores también reportan que el tratamiento con antocianinas exógenas previene significativamente el oscurecimiento del pericarpo y retrasa el incremento en la permeabilidad de la membrana.

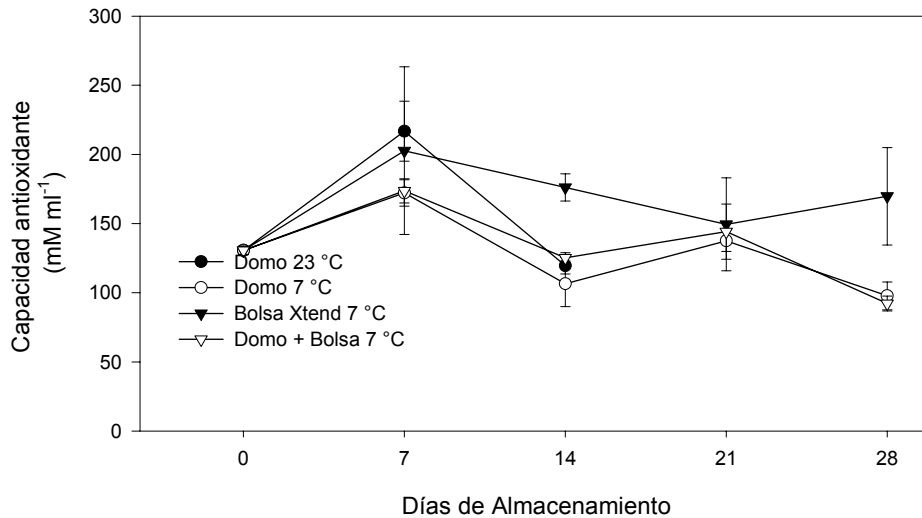


Figura 48. Capacidad antioxidante total en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $80 \text{ \% HR}$  por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Los resultados son expresados como la capacidad antioxidante equivalente del ácido ascórbico  $\text{mM ml}^{-1}$  (CAEA). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

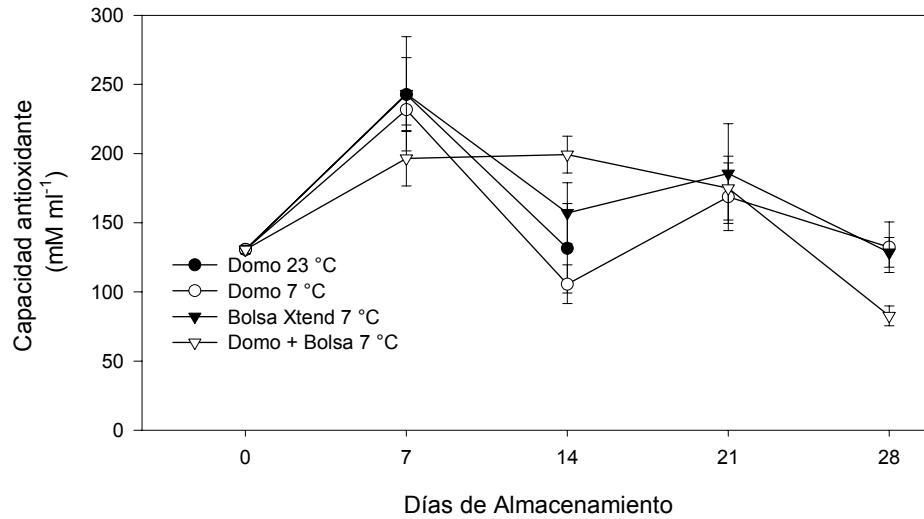


Figura 49. Capacidad antioxidante total en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Los resultados son expresados como la capacidad antioxidante equivalente del ácido ascórbico mM ml<sup>-1</sup> (CAEA). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

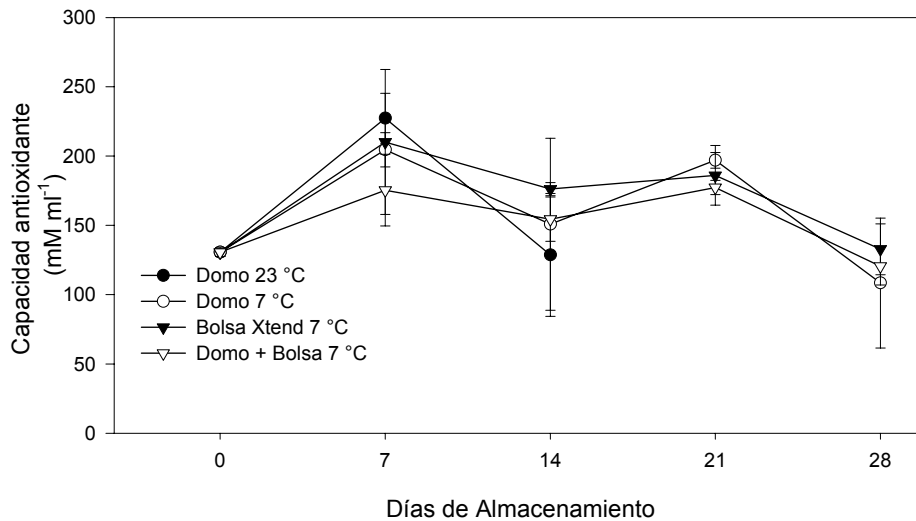


Figura 50. Capacidad antioxidante total en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Los resultados son expresados como la capacidad antioxidante equivalente del ácido ascórbico mM ml<sup>-1</sup> (CAEA). Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

## 7.8. Compuestos fenólicos totales

En general se observó un ligero incremento en el contenido de compuestos fenólicos totales a los siete días de almacenamiento en comparación con los valores iniciales en todos los tratamientos y condiciones estudiadas. Posteriormente, estos valores disminuyeron gradualmente durante todo el periodo de almacenamiento hasta alcanzar valores similares al análisis inicial (Figuras 51, 52 y 53).

Una posible explicación de este incremento, puede ser el hecho de que los compuestos fenólicos están involucrados en la respuesta de las plantas a diferentes tipos de estrés biótico y abiótico, tal como es el caso del almacenamiento a bajas temperaturas (Artes-Hernández *et al.*, 2006).

Se ha reportado una alta correlación entre los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante total en diferentes frutos y vegetales (Artes-Hernández *et al.*, 2006), lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación, ya que tanto la capacidad antioxidante como los compuestos fenólicos totales se mantienen constantes durante todo el periodo de almacenamiento (Figuras 48-53).

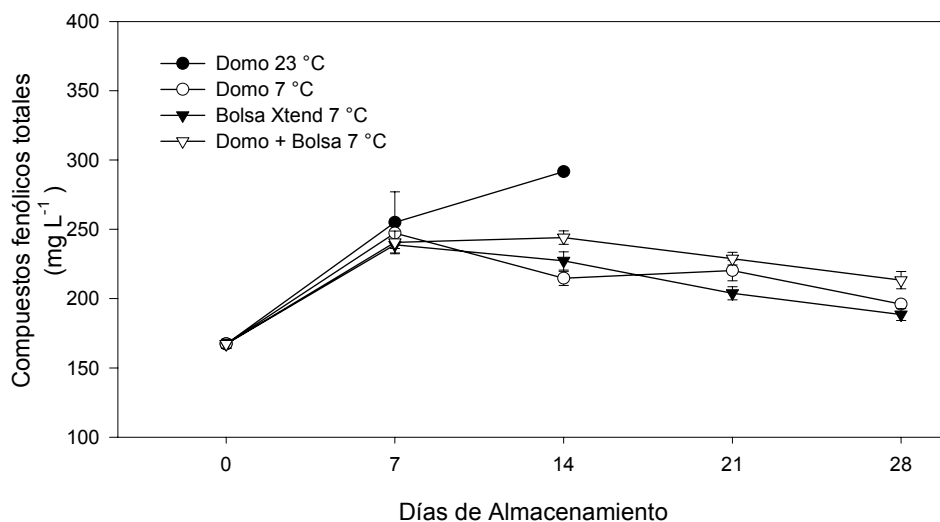


Figura 51. Compuestos fenólicos totales en frutos de litchi 'Brewster', sin acondicionamiento ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $80\%$  HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a  $23 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Los resultados son expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG) en  $\text{mg L}^{-1}$  de jugo de litchi. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.



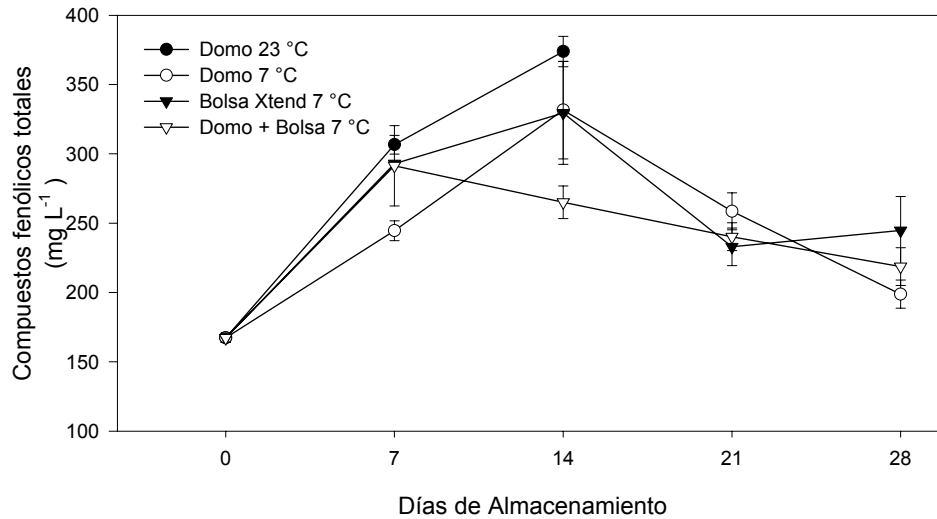


Figura 52. Compuestos fenólicos totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Los resultados son expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG) en mg L<sup>-1</sup> de jugo de litchi. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

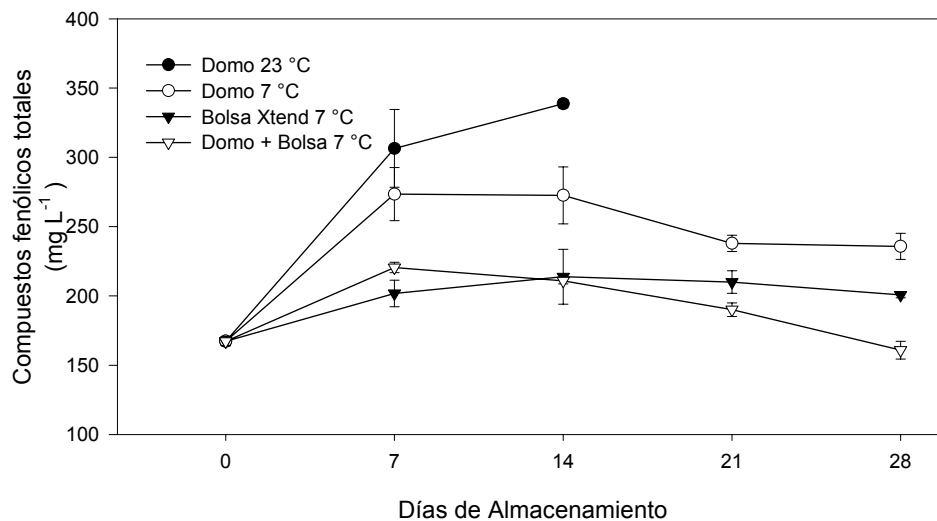


Figura 53. Compuestos fenólicos totales en frutos de litchi 'Brewster', con acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 hrs) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 %HR por 1.5 hrs) almacenados en distintas condiciones (domo a 23 ± 1 °C, domo, domo más bolsa y bolsa Xtend® a 7 ± 1 °C). Los resultados son expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG) en mg L<sup>-1</sup> de jugo de litchi. Cada valor es el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

### **7.9 Correlaciones entre algunos de los parámetros de calidad estudiados**

Al analizar las correlaciones entre algunos de los parámetros estudiados se encontró una correlación negativa ( $r = -0.88$  a  $-0.99$ ) entre la disminución de  $C^*$  y el incremento en el oscurecimiento medido por el ID por mancha café (Figura 54 A y 54 B). Asimismo, se encontró también una correlación negativa ( $r = -0.97$  a  $-0.99$ ) entre la disminución de los valores de  $C^*$  y el aumento de PP en los litchis almacenados a ambas temperaturas en todos los tratamientos de acondicionamiento aplicados (Figura 54 C y 54 D). Por otra parte, se encontró una correlación positiva ( $r = 0.92$  a  $0.98$ ) entre el oscurecimiento medido por el ID por mancha café y la PP en los frutos almacenados a  $7 \pm 1$  °C (Figura 54 F). En los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C, la correlación entre estos parámetros es mucho menor ( $r = 0.74$  a  $0.79$ ) ya que a partir de los 7 d de almacenamiento se alcanza un nivel severo (grado 3) de ID por mancha café (Figura 54 E). Estos resultados coinciden con lo reportado por otros autores que relacionan el cambio de color rojo a café con la pérdida de agua del fruto (Kwan *et al.*, 1998; Jiang y Fu, 1999b; Huang *et al.*, 2005) y sugieren que un buen control de la PP en litchi, puede ser utilizado como mecanismo para prevenir el oscurecimiento del pericarpo (Pesis *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2005, Sivakumar y Korsten 2006a, b).

## IX. CONCLUSIONES

### **Efecto de la refrigeración en la vida de anaquel.**

El almacenamiento de los litchis en refrigeración a  $7 \pm 1$  °C tuvo un efecto benéfico, ya que prolongó 14 días más su vida de anaquel, en comparación con los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C (Figura 4).

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) por efecto de la combinación de los tratamientos, empaques y temperaturas de almacenamiento.

### **Efecto del acondicionamiento y acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado.**

No se observaron diferencias en ninguno de los parámetros de calidad determinados (PP, SST, pH, color, ID por mancha café y por mancha negra) en ambos tratamientos, es decir no se observó un efecto directo del enfriamiento con aire forzado, con respecto a los frutos sin acondicionar (Figuras 2-4, 6-8, 21-23, 24-25, 27-32).

El tratamiento de acondicionamiento de los frutos a  $23 \pm 1$  °C, seguido del almacenamiento en refrigeración a  $7 \pm 1$  °C, podría sustituir la aplicación del enfriamiento con aire forzado. Los datos obtenidos en este experimento sugieren que el tratamiento de acondicionamiento a 21.5 °C podría ser un método alternativo de aplicación comercial para disminuir el calor de campo de la fruta recién cosechada. Este tratamiento es más barato que el enfriamiento con aire forzado.

### **Efecto de la AM por empaques**

Los mejores resultados en cuanto a parámetros de calidad se obtuvieron en frutos almacenados en domo más bolsa y bolsa Xtend® a  $7 \pm 1$  °C, 90% HR, conservando valores similares a los iniciales en todos los parámetros determinados después de 28 días de almacenamiento.

Los frutos almacenados en domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  y 90% HR alcanzaron el 100% de fruta comerciable después de 28 días de almacenamiento en comparación con los frutos almacenados en domo a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  y 90% HR donde el porcentaje de fruta comerciable disminuyó después de 14 días de almacenamiento a niveles de 20 al 60 % de fruta comerciable, dependiendo del tratamiento; aún así, todos ellos fueron valores por debajo del límite de aceptabilidad.

### **Comparación de bolsa xtend<sup>®</sup> con domo más bolsa**

Los frutos almacenados en bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$ , 90% HR mostraron mejor calidad visual hacia el final del almacenamiento que los frutos almacenados en domo más bolsa a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$ , 90% HR.

El índice de daño por mancha café y mancha negra en los frutos almacenados en domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup> a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  fue siempre menor al de los frutos almacenados únicamente en domo y se mantuvo dentro de los límites de aceptabilidad establecidos en la temporada 2005, valores inferiores a 2.1 y 1.1 respectivamente, durante todo el almacenamiento.

En general, no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los niveles de SST y AT observados en los frutos almacenados en los diversos empaques (domo, domo más bolsa y bolsa Xtend<sup>®</sup>) y entre los diferentes tratamientos aplicados durante todo el periodo de almacenamiento.

Los resultados demuestran que el uso de AM por empaque puede ser una alternativa útil en proteger a los frutos de litchi contra la desecación, reducir el deterioro del color y además proveen una solución para la PP, mientras se mantiene una excelente calidad de consumo.

La combinación del acondicionamiento, la bolsa Xtend<sup>®</sup> y el almacenamiento en refrigeración ( $7^\circ\text{C}$ ) mantuvo el color rojo brillante de los litchis, el ID por mancha café por debajo de los límites máximos establecidos, disminuyó la PP y retuvo una

excelente calidad de consumo a lo largo del almacenamiento. Asimismo, se mantuvo la capacidad antioxidante y los niveles de compuestos fenólicos totales. Por otra parte, los niveles de metabolitos fermentativos (acetaldehído y etanol) no se incrementaron con respecto a los valores iniciales durante todo el almacenamiento, evitando así el desarrollo de sabores desagradables. Por lo que de nuestros resultados surge la recomendación de usar esta combinación de tratamientos y condiciones de almacenamiento para alargar la vida postcosecha de frutos de litchi.

## X. LITERATURA CITADA

- Akamine E. K. and T. Goo. 1973. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 98:381-383.
- Artés-Hernández F., F. Rivera-Cabrera and A.A. Kader. 2006. Quality retention and potential shelf-life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature. *Postharvest Biology and Technology* 43:245-254.
- Balandran-Quintana R. R., A. Ma.Mendoza-Wilson, A.A. Gardea-Bejar, I. Vargas-Arispuro and M.A. Martinez-Tellez. 2003. Irreversible chilling injury in zucchini squash (*Cucúrbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 307:553-557.
- Brand-Williams W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft + [i.e.Und] Technologie. Food Science + Technology. Science + Technologie alimentaire* 28:25-30.
- Burton W.G. 1982. *Postharvest physiology of food crops*. Edit. Longman, U.S.A. pp. 97-126.
- Chanjirakul K., S.Y. Wang, Ch.Y. Wang and J. Siriphanich. 2006. Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biology and Technology* 40:106-115.
- Cheng W.G. and C.H. Crisosto. 1995. Browning potencial, phenolic composition and polyphenoloxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120:835-838.
- Comisión del Codex Alimentarius. Norma del Codex para el litchi Codex Stan 196-1995. Codex Alimentarius Commission.
- Duan X., Y. Jiang, X. Su, Z. Zhang and J. Shi. 2007. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. *Food Chemistry* 101:1365-1371.
- Forney Ch. F., W. Kalt, and M.A. Jordan. 2000. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity and storage *HortScience* 35:1022-1026.

- Giovannoni J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Plant Molecular Biology* 52:725-749.
- Gliszczynska-Swiglo A. 2006. Antioxidant activity of water soluble vitamins in the TEACH (trolox equivalent antioxidant capacity) and the FRAP (ferric reducing antioxidant power) assays. *Food Chemistry* 96:131-136.
- Gordon F. M. 1992. Cooling Methods: *In*: Postharvest technology of horticultural crops. A A Kader (ed). (3rd edition). UC Publication 3311. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, California USA 94608. pp:535.
- Imahori Y., K. Matushita, M. Kota, Y. Ueda, M. Ishimaru and K. Chachin. 2003. Regulation of fermentative metabolism in tomato fruit under low oxygen stress. *The Journal Horticultural Science Biotechnology* 78:386-393.
- Hintze J. 2001. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville, Utah USA.
- Holcroft M. D. and E. J. Mitcham. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Postharvest Biology and Technology* 9:265-281.
- Huang X., H. Wang, W. Yuan, J. Lu, J. Yin, S. Luo and H. B. Huang. 2005. A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. *Postharvest Biology and Technology* 36:177-189.
- Jiang-Ping J., S. Mei-xia and L. Pei-man, 1986. The production and physiological effect of ethylene during ontogeny and after harvest of litchi fruit. *Acta Phytophysiological Sinica* 72:95-103.
- Jiang Y.X. Duan, D. Joyce, Z. Zhang and J. Li. 2004. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. *Food Chemistry* 88:443-446.
- Jiang Y. M. and J. R. Fu. 1999a. Biochemical and physiological changes involved in browning of litchi fruit caused by water loss. *The Journal Horticultural Science Biotechnology* 74:43-46.
- Jiang Y.M. and J.R. Fu .1999b. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. *Lebensmittel-Wissenschaft Technologie* 32:278-283.

- Jiang Y.M. and Y.B. Li. 2003. Effects of low-temperature acclimation on browning of litchi fruit in relation to shelf life. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78:437-440.
- Jiang Y. M., L. Yao, A. Lichter and J. Li. 2003. Postharvest biology and technology of litchi fruit. *Food Agriculture and Environment* 1:76-81.
- Kader A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruit: *In: Postharvest handling of tropical fruit*. Australian Center for International Agricultural Research Proceedings 239-249.
- Kader A.A. 2002a. Modified atmospheres during transport and storage: *In: Postharvest technology of horticultural crops (3rd edition)*. (ed). A. A. Kader, UC publication 3311. University of California, Div. of Agr. and Nat. Res., Oakland, California 94608. pp 135-144.
- Kader A.A. 2002b. Postharvest Biology and technology: an overview: *In: Postharvest technology of horticultural crops (3rd edition)*. (ed). A. A Kader, UC publication 3311. University of California, Div. of Agr. and Nat. Res., Oakland, California 94608. pp 39-47.
- Ke D., L.M. Goldstein, M. O'Mahony and A.A. Kader. 1991. Effect of short term exposure to low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> atmospheres on quality attributes of strawberry. *Journal of Food Science* 56:50-54.
- Ketsa S. and K. Leelawatana. 1992. Effect of precooling and polyethylene film liners in corrugated boxes on quality of lychee fruit. *Acta Horticulturae* 321: 742-746.
- Kitinoja L. y A.A. Kader. Traducido por López –Gálvez G. 2003. Técnicas de manejo poscosecha a pequeña escala: *In: Manual de practicas de manejo poscosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala*. Series de Horticultura Postcosecha 4<sup>a</sup> edición. 260 pp.
- Kyoung O.Ch., D. Kim, N. Smith, D. Schroeder, J.H. Taek and Ch.L. Yong. 2005. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the american diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1715-1724.
- Kwan Y.Ch, Y.Y. Hua and L. Ning. 1998. Low-temperature storage elicits ethylene production in nonclimateric lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *HortScience* 33:1228-1230.



- Larsen M. and C.B. Watkins. 1995. Firmness and concentration of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol strawberries stored in controlled and modified atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 5:39-50.
- Mahattanatawee K., J.A. Manthey, G. Luzio, S.T. Talcott, K. Goodner and E.A. Baldwin. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:7355-7363.
- Markhart III, A.H. 1986. Chilling injury: A review of possible causes. *HortScience*. 21: 1329-1333.
- Mattila P., H. Jarkko and T. Ritta. 2006. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:7193-7199.
- Mohn Z.A., C. Lieng-Hong, M. Marimuthu y H. Lazan. 2004. Low temperature storage and modified atmosphere packing of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. *Postharvest Biology and Technology* 33:181-192.
- Nagar P.K. 1994. Physiological and biochemical studies during fruit ripening in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Postharvest Biology and Technology* 4:225-234.
- Nacif S.R., A.S.P. Adelita and S.L.C. Chamhum. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. Cv. Brewster). *Fruit*. 56:225-233.
- Noctor G. and C.H. Foyer. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49:249-279.
- Pandjaitan N., L.R. Howard, T. Morelock, and M.I. Gil. 2005. Antioxidant Capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:8618-8623.
- Paull R.E., N.J. Chen, J. Deputy, H. Huang, G. Cheng, and F. Goa. 1984. Litchi growth and compositional changes during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109:817-821.
- Pelayo Z. C. 2001. Controlled atmosphere –induced changes in strawberry flavor with emphasis on aroma compounds. Ph. D. Dissertation. University of California- Davis. pp.135.

- Peng, Y.H., and W. Cheng. 2001. Effect of postharvest handling on fruit quality, mass loss and respiration rate of litchi. *Acta Horticulturae* 558:359-365.
- Pesis E. 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology* 37:1-19.
- Pesis E., O. Dvir, O. Feygenberg, R. Ben Arie, M. Ackerman, and A. Lichter. 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology* 26:157-165.
- Prior L. R. and C. Guohua. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: Diet and health implications. *HortScience* 35:588-592.
- Pszczola D.E. 2001. Antioxidant: From preserving food quality to quality of life. *Food Technology* 55:51-59.
- Purvis A.C. 1997. The role of adaptative enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. *HortScience* 32:1165-1168.
- Ramma I. 2003. Postharvest sulphur dioxide fumigation and low acid dip for pericarp colour retention and decay prevention on litchi. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. 41-47.
- Revathy J. and P. Narasimham. 1997. Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruit: Influence of Pre- and Post-harvest Factors on Storage Life and Quality for Export Trade – A Critical Appraisal. *Journal of Food Science and Technology* 34:1-19.
- Sarni-Manchado P., E. Le Rowx, C. Le Guernevé, Y. Lozano and V. Cheynier. 2000. Phenolic composition of litchi fruit pericarp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:5995-6002.
- Schwentesius R.R. y M. Gómez C. 2001. El litchi la fruta más fina del mundo. Mundi-Prensa México, S.A. de C.V.
- Singlenton V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16, 144-158.

- Sivakumar D., and L. Korsten. 2006a. Evaluation of integrated application of two types of modified atmosphere packaging and hot water treatments on quality retention in the litchi cultivar 'McLean's Red'. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81:639-644.
- Sivakumar D., and L. Korsten. 2006b. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention in the litchi cv. Mauritius. *Postharvest Biology and Technology* 41:135-142.
- Stratil P., Klejdus, B. y Kubán, V. 2007. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta*. 71: 1741-1751.
- Trade Adjustment Assistance for Farmers. 2004. Lychee Technical Assistance Curriculum By Institue of Food and Agricultural Sciences University of Florida Gainesville, FL. pp. 84
- Thompson J. F., F. M. Gordon and R. F. Kasmire. 2002. Cooling Horticultural Commodities: *In: Postharvest technology of horticultural crops* (3rd edition). (ed). Kader A. A., UC Publication 3311. University of California, Div. of Agr. and Nat. Res., Oakland, California 94608. 97-112 pp.
- Tian S., B. Li and Y. Xu. 2005. Effects of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations on physiology and quality of litchi fruit in storage. *Food Chemistry* 91:659-663.
- Turkmen N., S. Ferda and V. Sedat. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of select green vegetables. *Food Chemistry* 93:713-718.
- Underhill S.J. and C. Critcheley. 1993. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. *Journal of Horticultural Science* 68: 327-335.
- Underhill S.J. and C. Critcheley. 1995. Cellular localitation of poliphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. Pericarp. *Australian Journal Plant Physiology*. 22:627-632.
- Underhill S.J., L.M. Coates, and Y. Saks. 1997. Litchi: *In: Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*.(ed). Mitra, S.K. CAB INTERNATIONAL. London, U.K. p 291-207.

- Underhill S.J.R., and D.H. Simons. 1993. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) Pericarp desiccation and the importance of postharvest micro-cracking. *Scientia Horticulturae* 54: 287-294.
- Underhill S.J.R. and L.S. Wong. 1990. A maturity standard for lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Acta Horticulturae* 269:181-187.
- Wang X., S. Yuan, J. Wang, P. Lin, G. Liu, Y. Lu, J. Zhang, W. Wang and Y. Wei. 2006. Anticancer activity of litchi fruit pericarp extract against human breast cancer in vitro and in vivo. *Toxicology and Applied Pharmacology* 215:168-178.
- Wills, R.H., and T.H. Lee. 2002. Fisiología y manipulación postcosecha de frutas y hortalizas. *Acriba S.A. Zaragoza, España*. 240 pp.
- Wrolstad R.E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. *Station Bull.* 621. *Agric. Exp. Sta. Oregon Sta. University*.
- Vasantha H.P.R. and C. Steve. 2007. Total antioxidant capacity, total phenolic content, mineral elements, and histamine concentrations in wines of different fruit sources. *Journal of Food Composition and Analysis: an Official publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems* 20:133-137.
- Yoshimura K., Y. Yabuta, T.Y. Ishikawa and S. Shigeoka. 2000. Expression of spinach ascorbate peroxidase isoenzymes in response to oxidative stresses. *Plant Physiology* 123:223-23.
- Zhang D., C.Q. Peter, and M.G. John. 2000. Changes in phenolics compounds in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 19:165-172.
- Zhang Z., X. Pang, Z. Ji and Y. Jiang. 2001. Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. *Food Chemistry*. 75:217-221.
- Zhang Z., X. Pang, D. Xuwu, Z. Ji, and Y. Jiang. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. *Food Chemistry* 90: 47-52.
- Zhang J.J. and C.B. Watkins. 2005. Fruit fermentation products, and activities of associated enzymes during elevated treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130:124-130.

## **X. ANEXOS**

## ANEXO A:

Correlaciones entre algunos de los parámetros de calidad estudiados en frutos de litchi 'Brewster'.

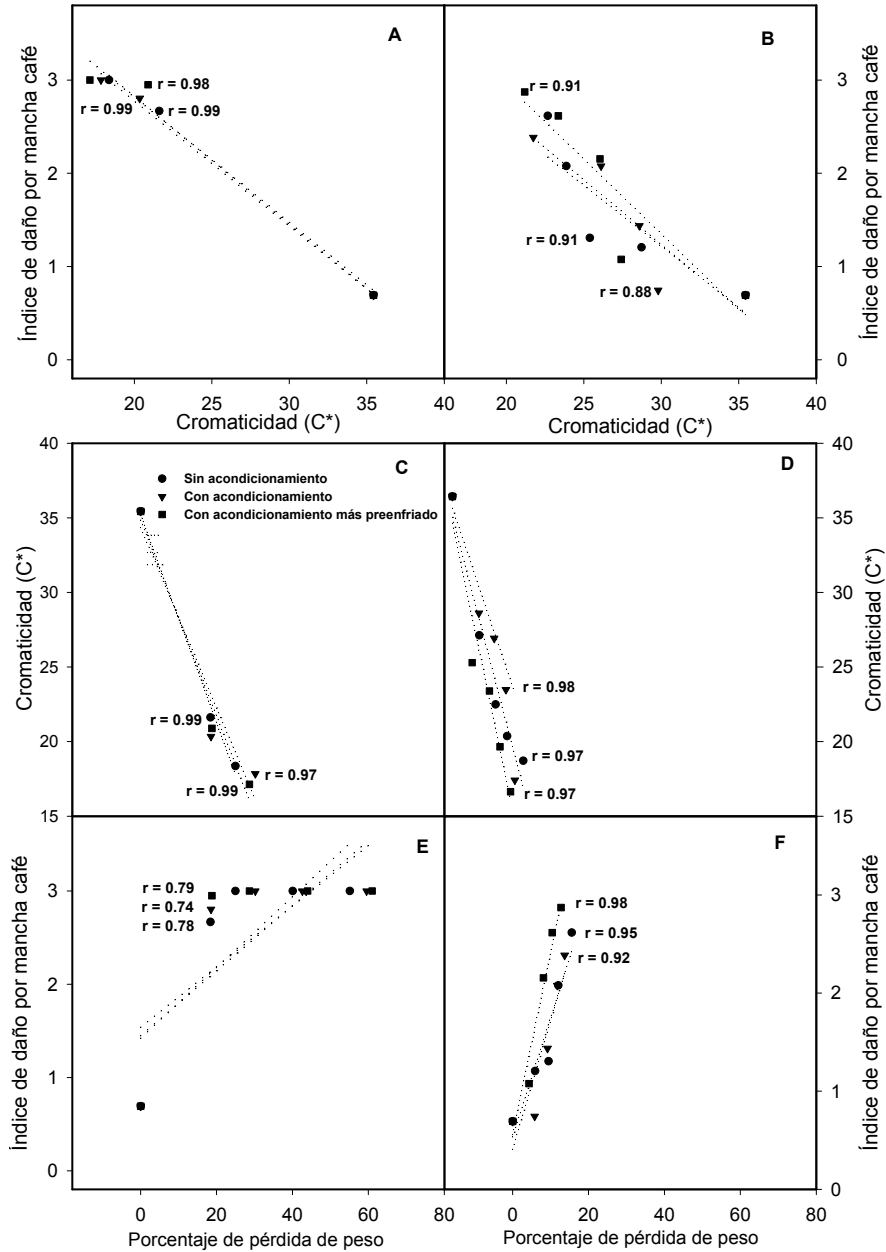
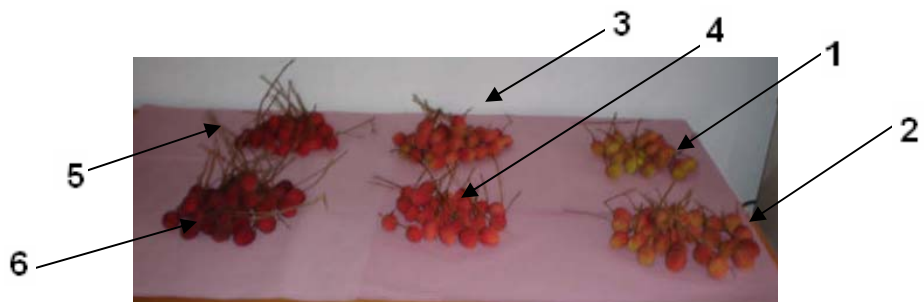


Figura 54. Correlaciones entre ID por mancha café y C\* (A y B), entre C\* y PP (C y D), entre ID por mancha café y PP (E y F) en frutos de litchi 'Brewster' sometidos a distintos tratamientos de acondicionamiento y almacenados a  $23 \pm 1$  °C y  $7 \pm 1$  °C. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

**ANEXO B:**  
**Tabla de color de litchi cv. Brewster.**



1 = verde claro – rojo



2 = amarillo – rojo



3 = rojo – amarillo



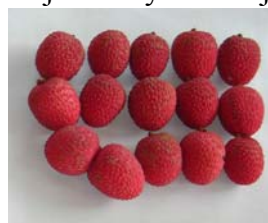
4 = rojo rosáceo brillante



5 = rojo 90% y 10% rojo oscuro.



6 = rojo oscuro



## ANEXO C: Análisis estadístico.

<b>PFP</b>	<b>Analysis of Variance Report</b>			
Page/Date/Time	1 09/08/2007 11:42:45 p.m..			
Database	F:\resultados\estadístico\PFP.S0			
Response	PFP			
<b>Expected Mean Squares Section</b>				
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Term Fixed?</b>	<b>Denominator Term</b>	<b>Expected Mean Square</b>
Expected Mean Squares Section			Term	Denominator
Source			Fixed?	Expected Mean Square
Term	DF			
A: Tratamiento	2	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Empaque	2	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	4	Yes	S(ABC)	S+csAB
C: Temperatura	1	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	2	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	2	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)	286	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

### Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	Prob F-Ratio	Power Level
<b>Term</b>	<b>(Alpha=0.05)</b>				
<b>A: Tratamiento</b>	2	54.32199	27.161	0.23	0.794021
	0.086015				
B: Empaque	2	5.866226	2.933113	0.02	0.975383
	0.053717				
AB	4	809.2109	202.3027	1.72	0.145742
	0.523974				
C: Temperatura	1	1.018634E-10	1.018634E-10	0.00	0.999999
	0.050000				
AC	2	136.3964	68.19822	0.58	0.560784
	0.145919				
BC	2	1.455192E-10	7.275958E-11	0.00	1.000000
	0.050000				
S	286	33652.53	117.6662		
Total (Adjusted)	299	71093.1			
Total	300				

\* Term significant at alpha = 0.05

### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	300	-51.38025	
A: Tratamiento			
0	100	-50.56148	1.084741
1	100	-51.99072	1.084741
2	100	-51.58853	1.084741
B: Empaque			
1	150	18.57573	0.8856869
2	75	-51.15189	1.25255
3	75	-121.5646	1.25255
C: Temperatura			
7	225	4.618155	0.7231603
23	75	-107.3786	1.25255
AB: Tratamiento,Empaque			
0,1	50	18.1556	1.534055
0,2	25	-46.72165	2.169481
0,3	25	-123.1184	2.169481
1,1	50	18.9668	1.534055
1,2	25	-53.12269	2.169481
1,3	25	-121.8163	2.169481
2,1	50	18.6048	1.534055
2,2	25	-53.61133	2.169481
2,3	25	-119.7591	2.169481
AC: Tratamiento, Temperatura			
0,7	75	6.658253	1.25255
0,23	25	-107.7812	2.169481
1,7	75	3.892213	1.25255
1,23	25	-107.8736	2.169481
2,7	75	3.304	1.25255



2,23	25	-106.4811	2.169481
BC: Empaque, Temperatura			
1,7	75	7.8008	1.25255
1,23	75	29.35067	1.25255
2,7	75	4.846507	1.25255
2,23	0	-107.1503	0
3,7	75	1.20716	1.25255
3,23	0	-244.3363	0

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 09/08/2007 11:42:45 p.m.  
 Database F:\resultados\estadistico\PPF.S0  
 Response PFP

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: PFP  
 Term A: Dias

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=262 MSE=4.450261 Critical Value=3.8847

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	60	-5.968559E-13	7, 14, 21, 28
7	60	10.07722	0, 14, 21, 28
14	60	14.74093	0, 7, 21, 28
21	60	21.89178	0, 7, 14, 28
28	60	30.25551	0, 7, 14, 21

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 3 09/08/2007 11:42:45 p.m.  
 Database F:\resultados\estadistico\PPF.S0  
 Response PFP

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: PFP  
 Term B: Tratamiento

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=262 MSE=4.450261 Critical Value=3.3335

Group	Count	Mean	Different From Groups
1	100	14.78261	
2	100	15.1848	
0	100	16.21185	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 4 09/08/2007 11:42:45 p.m.  
 Database F:\resultados\estadistico\PPF.S0  
 Response PFP

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: PFP  
 Term C: Temperatura

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=262 MSE=4.450261 Critical Value=2.7847

Group	Count	Mean	Different From Groups
7	225	4.618155	23
23	75	26.16802	7

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 5 09/08/2007 11:42:45 p.m.  
 Database F:\resultados\estadistico\PPF.S0  
 Response PFP

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: PFP  
 Term D: Empaque  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=262 MSE=4.450261 Critical Value=3.3335

Group	Count	Mean	Different From Groups
3	75	11.98209	2, 1
2	75	15.62144	3, 1
1	150	18.57573	3, 2

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

## RESPIRACIÓN Y ETILENO

### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 09/08/2007 08:49:07 a.m.  
 Database F:\resultados\estadístico\respiración.S0  
 Response CO2

#### Expected Mean Squares Section

Source	Term	Denominator	Expected Mean Square
A: Temp	1	Yes S(A)	S+sA
S(A)	31	No S	S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

#### Analysis of Variance Table

Source	Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Temp	1	1	0.145984	0.145984	8.12	0.007707*	0.788336
S	31	31	0.5572048	1.797435E-02			
Total (Adjusted)		32		0.7031888			
Total		33					

\* Term significant at alpha = 0.05

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	33	8.221444E-02	
A: Temp			
7	18	1.542656E-02	3.160024E-02
25	15	0.1490023	3.461633E-02

Page/Date/Time 2 09/08/2007 08:49:07 a.m.  
 Database F:\resultados\estadístico\respiración.S0  
 Response CO2

### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: CO2  
 Term A: Temp

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=31 MSE=1.797435E-02 Critical Value=2.8843

Group	Count	Mean	Different From Groups
7	18	1.542656E-02	23
23	15	0.1490023	7

## SST

### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 20/08/2007 10:07:47 p.m.  
 Database E:\resultados\estadístico\final.S0  
 Response SST

#### Expected Mean Squares Section

Source	Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: Acod	2	2	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Tem	1	1	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	2	2	Yes	S(ABC)	S+csAB
C: Empaq	2	2	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	4	4	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	2	2	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)		184	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Acod	2	5.635276	2.817638	4.83	0.009044	0.794040
B: Tem	1	21.84067	21.84067	37.42	0.000000*	0.999981
AB	2	1.235111	0.6175556	1.06	0.349186	0.233401
C: Empaq	2	0.7171605	0.3585803	0.61	0.542054	0.151539
AC	4	1.598765	0.3996913	0.68	0.603272	0.219672
BC	2	0	0	0.00	1.000000	0.050000
S	184	107.3817	0.583596			
Total (Adjusted)	197	162.2372				
Total	198					

\* Term significant at alpha = 0.05

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
All	198	18.47747	
A: Acod			
Acondicionamiento	66	18.57407	9.403384E-02
Aon + Pree	66	18.12778	9.403384E-02
Sin Acondicionamiento	66	18.73056	9.403384E-02
B: Tem			
7	162	17.97469	6.002037E-02
25	36	18.98025	0.1273224
C: Empaq			
1	90	18.55833	8.052577E-02
2	54	18.39537	0.1039583
3	54	18.4787	0.1039583
AB: Acod,Tem			
Acondicionamiento,7	54	17.9463	0.1039583
Acondicionamiento,25	12	19.20185	0.2205289
Aon + Pree,7	54	17.58889	0.1039583
Aon + Pree,25	12	18.66667	0.2205289
Sin Acondicionamiento,7	54	18.38889	0.1039583
Sin Acondicionamiento,25	12	19.07222	0.2205289
AC: Acod,Empaq			
Acondicionamiento,1	30	18.57222	0.1394747
Acondicionamiento,2	18	18.55	0.1800611
Acondicionamiento,3	18	18.6	0.1800611
Aon + Pree,1	30	18.39444	0.1394747
Aon + Pree,2	18	17.99444	0.1800611
Aon + Pree,3	18	17.99444	0.1800611
Sin Acondicionamiento,1	30	18.70833	0.1394747
Sin Acondicionamiento,2	18	18.64167	0.1800611
Sin Acondicionamiento,3	18	18.84167	0.1800611
BC: Tem,Empaq			
7,1	54	18.05556	0.1039583
7,2	54	17.89259	0.1039583
7,3	54	17.97593	0.1039583
25,1	36	19.06111	0.1273224
25,2	0	18.89815	0
25,3	0	18.98148	0

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 2 20/08/2007 10:07:47 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response SST

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: SST  
 Term A: Acod

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=184 MSE=0.583596 Critical Value=1.9273

If Control Group	Count	Mean	Different From Groups
Aon + Pree	66	18.12778	
Acondicionamiento	66	18.57407	
Sin Acondicionamiento	66	18.73056	

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 3 20/08/2007 10:07:48 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response SST

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: SST  
Term B: Tem

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=184 MSE=0.583596 Critical Value=2.7902

Group	Count	Mean	Different From Groups
7	162	17.97469	25
25	36	18.98025	7

Notes:  
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Page/Date/Time 4 20/08/2007 10:07:48 p.m.  
Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
Response SST

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: SST  
Term C: Empaq

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=184 MSE=0.583596 Critical Value=3.3416

Group	Count	Mean	Different From Groups
2	54	18.39537	
3	54	18.4787	
1	90	18.55833	

Notes:  
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 1 20/08/2007 09:07:48 p.m.  
Database Database  
Filter F:\resultados\estadistico\result maestria.S0  
Response Días=0,7,14;  
AT

**Expected Mean Squares Section**

Source	Term	DF	Term	Denominator	Expected
A: Acondicionamiento		2	Yes	S(ABCD)	S+bcdsA
B: Empaque		2	Yes	S(ABCD)	S+acdsB
AB		4	Yes	S(ABCD)	S+cdsAB
C: Temperatura		1	Yes	S(ABCD)	S+abdsC
AC		2	Yes	S(ABCD)	S+bdsAC
BC		2	Yes	S(ABCD)	S+adsBC
D: Días		2	Yes	S(ABCD)	S+abcsD
AD		4	Yes	S(ABCD)	S+bcsAD
BD		4	Yes	S(ABCD)	S+acsBD
CD		2	Yes	S(ABCD)	S+absCD
S(ABCD)		82	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source	Term	DF	Squares	Sum of Square	Mean F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Acondicionamiento		2	2.877893E-03	1.438946E-03	0.05	0.948519	0.057735
B: Empaque		2	1.209877E-06	6.049383E-07	0.00	0.999978	0.050003
AB		4	6.003575E-02	1.500894E-02	0.55	0.698344	0.177387
C: Temperatura		1	0	0	0.00	1.000000	0.050000
AC		2	0.1747324	8.736622E-02	3.21	0.045431*	0.598391
BC		2	0	0	0.00	1.000000	0.050000
D: Días		2	0.9635145	0.4817573	17.71	0.000000*	0.999787
AD		4	7.581171E-02	1.895293E-02	0.70	0.596461	0.216850
BD		4	0.3039323	7.598308E-02	2.79	0.031470*	0.741969
CD		2	0.5048124	0.2524062	9.28	0.000233*	0.973631
S		82	2.231026	.720763E-02			
Total (Adjusted)			1074.338414				
Total			108				

\* Term significant at alpha = 0.05  
Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	108	0.9909198	
A: Acondicionamiento			
0	36	1.001241	2.749123E-02
1	36	0.9859815	2.749123E-02
2	36	0.9855371	2.749123E-02

B: Empaque			
1	54	0.8495556	2.244649E-02
2	27	0.9910926	3.174413E-02
3	27	1.132111	3.174413E-02
C: Temperatura			
7	81	0.8794568	1.832749E-02
23	27	1.102383	3.174413E-02
D: Días			
0	36	1.047685	2.749123E-02
7	36	1.118574	2.749123E-02
14	36	0.8065	2.749123E-02
AB: Acondicionamiento,Empaque			
0,1	18	0.8633333	3.887847E-02
0,2	9	0.9687963	5.498245E-02
0,3	9	1.171593	5.498245E-02
1,1	18	0.8531111	3.887847E-02
1,2	9	1.026796	5.498245E-02
1,3	9	1.078037	5.498245E-02
2,1	18	0.8322222	3.887847E-02
2,2	9	0.9776852	5.498245E-02
2,3	9	1.146704	5.498245E-02
AC: Acondicionamiento,Temperatura			
0,7	27	0.9135556	3.174413E-02
0,23	9	1.088926	5.498245E-02
1,7	27	0.9291852	3.174413E-02
1,23	9	1.042778	5.498245E-02
2,7	27	0.7956296	3.174413E-02
2,23	9	1.175444	5.498245E-02
BC: Empaque,Temperatura			
1,7	27	0.8191111	3.174413E-02
1,23	27	0.88	3.174413E-02
2,7	27	0.8796296	3.174413E-02
2,25	0	1.102556	0
3,7	27	0.9396296	3.174413E-02
3,23	0	1.324593	0
AD: Acondicionamiento,Días			
0,0	12	1.034932	0.0476162
0,7	12	1.124321	0.0476162
0,14	12	0.8444691	0.0476162
1,0	12	1.018228	0.0476162
1,7	12	1.144451	0.0476162
1,14	12	0.7952654	0.0476162
2,0	12	1.089895	0.0476162
2,7	12	1.086951	0.0476162
2,14	12	0.7797654	0.0476162

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 20/08/2007 09:07:48 p.m.

Database

F:\resultados\estadístico\result maestria.S0

Filter

Días=0,7,14;

Response

AT

Means and Standard Error Section

Term	Count	Standard Error	
		Mean	Error
BD: Empaque,Días			
1,0	18	0.9666666	3.887847E-02
1,7	18	0.8622222	3.887847E-02
1,14	18	0.7197778	3.887847E-02
2,0	9	1.047685	5.498245E-02
2,7	9	1.143241	5.498245E-02
2,14	9	0.7823519	5.498245E-02
3,0	9	1.128704	5.498245E-02
3,7	9	1.350259	5.498245E-02
3,14	9	0.9173704	5.498245E-02
CD: Temperatura,Días			
7,0	27	0.9666666	3.174413E-02
7,7	27	0.8764445	3.174413E-02
7,14	27	0.7952592	3.174413E-02
23,0	9	1.128704	5.498245E-02
23,7	9	1.360704	5.498245E-02
23,14	9	0.8177407	5.498245E-02

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: AT

Term A: Acondicionamiento

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=2.720763E-02 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From
			Groups
2	36	0.9855371	
1	36	0.9859815	
0	36	1.001241	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 3 20/08/2007 09:07:48 p.m.  
 Database F:\resultados\estadístico\result maestria.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response AT

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: AT

Term B: Empaque

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=2.720763E-02 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
1	54	0.8495556	2, 3
2	27	0.9910926	1, 3
3	27	1.132111	1, 2

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: AT

Term C: Temperatura

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=2.720763E-02 Critical Value=2.8133

Group	Count	Mean	Different From Groups
7	81	0.8794568	25
23	27	1.102383	7

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 4 20/08/2007 09:07:48 p.m.  
 Database F:\resultados\estadístico\result maestria.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response AT

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: AT

Term D: Días

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=2.720763E-02 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
14	36	0.8065	0, 7
0	36	1.047685	14
7	36	1.118574	14

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Page/Date/Time 1 20/08/2007 09:07:48 p.m.  
 Database F:\resultados\estadístico\result maestria.S0  
 Filter Días=21,28;  
 Response AT

Expected Mean Squares Section

Source	Term	DF	Fixed?	Term	Denominator	Expected Mean Square
A: Acondicionamiento		2	Yes	S(ABC)	S+bcsA	
B: Empaque		2	Yes	S(ABC)	S+acsB	
AB		4	Yes	S(ABC)	S+csAB	
C: Días		1	Yes	S(ABC)	S+absC	
AC		2	Yes	S(ABC)	S+bsAC	
BC		2	Yes	S(ABC)	S+asBC	
S(ABC)		40	No		S	

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	Prob F-Ratio	Power Level	(Alpha=0.05)
A: Acondicionamiento	2	3.314444E-02	1.657222E-02	7.24	0.002066*	0.917033
B: Empaque	2	3.764445E-02	1.882222E-02	8.23	0.001017*	0.947380
AB	4	4.811111E-03	1.202778E-03	0.53	0.717368	0.162735
C: Días	1	0.2229796	0.2229796	97.47	0.000000*	1.000000
AC	2	5.147037E-02	2.573518E-02	11.25	0.000133*	0.988277
BC	2	2.325926E-03	1.162963E-03	0.51	0.605316	0.127728
S	40	9.150741E-02	2.287685E-03			
Total (Adjusted)	53	0.4438833				
Total	54					

\* Term significant at alpha = 0.05  
Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	54	0.5727777	
A: Acondicionamiento			
0	18	0.5916666	1.127358E-02
1	18	0.5888889	1.127358E-02
2	18	0.5377778	1.127358E-02
B: Empaque			
1	18	0.585	1.127358E-02
2	18	0.5361111	1.127358E-02
3	18	0.5972222	1.127358E-02
C: Días			
21	27	0.637037	9.20484E-03
28	27	0.5085185	9.20484E-03
AB: Acondicionamiento,Empaque			
0,1	6	0.59	1.952641E-02
0,2	6	0.555	1.952641E-02
0,3	6	0.63	1.952641E-02
1,1	6	0.6033334	1.952641E-02
1,2	6	0.5483333	1.952641E-02
1,3	6	0.615	1.952641E-02
2,1	6	0.5616667	1.952641E-02
2,2	6	0.505	1.952641E-02
2,3	6	0.5466667	1.952641E-02
AC: Acondicionamiento,Días			
0,21	9	0.6577778	1.594325E-02
0,28	9	0.5255556	1.594325E-02
1,21	9	0.69	1.594325E-02
1,28	9	0.4877778	1.594325E-02
2,21	9	0.5633333	1.594325E-02
2,28	9	0.5122222	1.594325E-02
BC: Empaque,Días			
1,21	9	0.6544445	1.594325E-02
1,28	9	0.5155556	1.594325E-02
2,21	9	0.5911111	1.594325E-02
2,28	9	0.4811111	1.594325E-02
3,21	9	0.6655555	1.594325E-02
3,28	9	0.5288889	1.594325E-02

**Analysis of Variance Report**

2 20/08/2007 09:07:48 p.m.

F:\resultados\estadístico\result maestria.S0

Días=21,28;

AT

Page/Date/Time

Database

Filter

Response

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: AT

Term A: Acondicionamiento

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=40 MSE=2.287685E-03 Critical Value=3.4421

Group	Count	Mean	Different From Groups
2	18	0.5377778	1, 0
1	18	0.5888889	2
0	18	0.5916666	2

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: AT

Term B: Empaque

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=40 MSE=2.287685E-03 Critical Value=3.4421

Group	Count	Mean	Different From Groups
2	18	0.5361111	1, 3
1	18	0.585	2
3	18	0.5972222	2

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

3 20/08/2007 09:07:48 p.m.

F:\resultados\estadístico\result maestria.S0

Días=21,28;

AT

Page/Date/Time

Database

Filter

Response

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: AT

Term C: Días

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=40 MSE=2.287685E-03 Critical Value=2.8582

Group	Count	Mean	Different From Groups
28	27	0.5085185	21
21	27	0.637037	28

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

## AZÚCARES REDUCTORES Y AZÚCARES TOTALES

### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 09/08/2007 03:00:33 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response azred

#### Expected Mean Squares Section

Source	DF	Term	Fixed?	Denominator	Expected
Term	DF	Fixed?	Term	Mean Square	
A: acon	2	Yes	S(ABCD)	S+bcdsA	
B: emp	2	Yes	S(ABCD)	S+acdsB	
AB	4	Yes	S(ABCD)	S+cdsAB	
C: Días	2	Yes	S(ABCD)	S+abdsC	
AC	4	Yes	S(ABCD)	S+bdsAC	
BC	4	Yes	S(ABCD)	S+adsBC	
D: temp	1	Yes	S(ABCD)	S+abcsD	
AD	2	Yes	S(ABCD)	S+bcsAD	
BD	2	Yes	S(ABCD)	S+acsBD	
CD	2	Yes	S(ABCD)	S+absCD	
S(ABCD)	82	No	S	S	

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

#### Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: acon	2	1133.892	566.9462	7.11	0.141800	0.922663
B: emp	2	134.9659	67.48293	0.85	0.432594	0.190736
AB	4	131.2456	32.81139	0.41	0.799797	0.141075
C: Días	2	20446.79	10223.4	128.25	0.000000*	1.000000
BC	4	165.5142	41.37856	0.52	0.721905	0.168767
D: temp	1	1.63709E-11	1.63709E-11		0.00	1.000000 0.050000
AD	2	273.5851	136.7925	1.72	0.186164	0.350959
BD	2	8.185452E-12	4.092726E-12		0.00	1.000000 0.050000
CD	2	11631.51	5815.755	72.96	0.000000*	1.000000
S	82	6536.436	79.71263			
Total (Adjusted)	107	65361.18				
Total	108					

\* Term significant at alpha = 0.05

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	108	140.3167	
A: acon			
0	36	133.86	1.488032
1	36	143.0653	1.488032
2	36	144.0247	1.488032
B: emp			
1	54	103.8936	1.214973
2	27	138.4912	1.718232
3	27	178.5653	1.718232
C: Días			
0	36	116.4101	1.488032
7	36	140.4665	1.488032
14	36	164.0735	1.488032
D: temp			
7	81	88.46103	0.9920214
23	27	192.1723	1.718232
AB: acon,emp			
0,1	18	96.1723	2.104395
0,2	9	131.9185	2.976064
0,3	9	173.4891	2.976064
1,1	18	107.0565	2.104395
1,2	9	142.9203	2.976064
1,3	9	179.2191	2.976064
2,1	18	108.452	2.104395
2,2	9	140.6348	2.976064
2,3	9	182.9875	2.976064
AC: acon,Días			
0,0	12	115.2789	2.577347



0,7	12	137.2677	2.577347
0,14	12	149.0332	2.577347
1,0	12	116.4567	2.577347
1,7	12	145.9118	2.577347
1,14	12	166.8274	2.577347
2,0	12	117.4946	2.577347
2,7	12	138.2198	2.577347
2,14	12	176.3598	2.577347
BC: emp,Dias			
1,0	18	78.48415	2.104395
1,7	18	105.3963	2.104395
1,14	18	127.8003	2.104395
2,0	9	116.4101	2.976064
2,7	9	135.9474	2.976064
2,14	9	163.116	2.976064
3,0	9	154.336	2.976064
3,7	9	180.0557	2.976064
3,14	9	201.3041	2.976064
AD: acon,temp			
0,7	27	84.89893	1.718232
0,25	9	182.821	2.976064
1,7	27	90.90931	1.718232
1,25	9	195.2213	2.976064

Analysis of Variance Report  
Page/Date/Time 2 09/08/2007 03:00:33 p.m..  
Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
Filter Dias=0,7,14;  
Response azred

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
AD: acon,temp			
2,7	27	89.57485	1.718232
2,25	9	198.4747	2.976064
BD: emp,temp			
1,7	27	89.96387	1.718232
1,23	27	117.8233	1.718232
2,7	27	86.63552	1.718232
2,23	0	190.3468	0
3,7	27	88.78369	1.718232
3,23	0	268.3468	0
CD: Dias,temp			
0,7	27	78.48415	1.718232
0,23	9	154.336	2.976064
7,7	27	94.9715	1.718232
7,23	9	185.9614	2.976064
14,7	27	91.92744	1.718232
14,23	9	236.2195	2.976064

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: azred

Term A: acon

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=79.71263 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	36	133.86	
1	36	143.0653	
2	36	144.0247	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report  
Page/Date/Time 3 09/08/2007 03:00:33 p.m..  
Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
Filter Dias=0,7,14;  
Response azred

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: azred

Term B: emp

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=79.71263 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
1	54	103.8936	2, 3
2	27	138.4912	1, 3
3	27	178.5653	1, 2

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: azred

Term C: Días

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=79.71263 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	36	116.4101	7, 14
7	36	140.4665	0, 14
14	36	164.0735	0, 7

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Page/Date/Time 4 09/08/2007 03:00:33 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response azred

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: azred

Term D: temp

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=79.71263 Critical Value=2.8133

Group	Count	Mean	Different From Groups
7	81	88.46103	25
23	27	192.1723	7

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 1 09/08/2007 03:00:33 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response aztot

**Expected Mean Squares Section**

Source Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: acon	2	Yes	S(ABCD) S+bcdsA	
B: emp	2	Yes	S(ABCD) S+acdsB	
AB	4	Yes	S(ABCD) S+cdsAB	
C: Días	2	Yes	S(ABCD) S+abdsC	
AC	4	Yes	S(ABCD) S+bdsAC	
BC	4	Yes	S(ABCD) S+adsBC	
D: temp	1	Yes	S(ABCD) S+abcsD	
AD	2	Yes	S(ABCD) S+bcsAD	
BD	2	Yes	S(ABCD) S+acsBD	
CD	2	Yes	S(ABCD) S+absCD	
S(ABCD)	82	No	S	

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: acon	2	49.37012	24.68506	22.36	0.000000*	0.999989
B: emp	2	1.476687E-02	7.383433E-03	0.01	0.993334	0.050968
AB	4	2.897216	0.724304	0.66	0.624190	0.205692
C: Días	2	186.933	93.46648	84.68	0.000000*	1.000000
AC	4	208.1181	52.02953	47.14	0.000000*	1.000000
BC	4	6.078583	1.519646	1.38	0.249187	0.411240
D: temp	1	2.842171E-14	2.842171E-14	0.00	1.000000	0.050000
AD	2	1.635347	0.8176736	0.74	0.479903	0.171703
BD	2	4.263256E-14	2.131628E-14	0.00	1.000000	0.050000
CD	2	15.68848	7.844242	7.11	0.001425*	0.922451
S	82	90.51126	1.103796			
Total (Adjusted)	107	770.0211				
Total	108					

\* Term significant at alpha = 0.05

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
All	108	12.80121	
A: acon			
0	36	12.03687	0.1751028
1	36	12.21733	0.1751028
2	36	14.14942	0.1751028
B: emp			
1	54	15.76251	0.1429709

2	27	12.8203	0.2021913
3	27	9.820815	0.2021913
C: Días			
0	36	11.44852	0.1751028
7	36	11.523	0.1751028
14	36	15.4321	0.1751028
D: temp			
7	81	14.95674	0.1167352
25	27	10.64568	0.2021913
AB: acon,emp			
0,1	18	14.8589	0.2476328
0,2	9	12.29142	0.3502056
0,3	9	8.960312	0.3502056
1,1	18	15.494	0.2476328
1,2	9	12.05636	0.3502056
1,3	9	9.101649	0.3502056
2,1	18	16.93463	0.2476328
2,2	9	14.11314	0.3502056
2,3	9	11.40048	0.3502056
AC: acon,Días			
0,0	12	11.47551	0.303287
0,7	12	12.27706	0.303287
0,14	12	12.35806	0.303287
1,0	12	11.26725	0.303287
1,7	12	10.65141	0.303287
1,14	12	14.73335	0.303287
2,0	12	11.60281	0.303287
2,7	12	11.64054	0.303287
2,14	12	19.2049	0.303287
BC: emp,Días			
1,0	18	14.26334	0.2476328
1,7	18	14.34287	0.2476328
1,14	18	18.68132	0.2476328
2,0	9	11.44852	0.3502056
2,7	9	11.31866	0.3502056
2,14	9	15.69373	0.3502056
3,0	9	8.633709	0.3502056
3,7	9	8.907481	0.3502056
3,14	9	11.92126	0.3502056
AD: acon,temp			
0,7	27	14.20808	0.2021913
0,25	9	9.865673	0.3502056
1,7	27	14.57773	0.2021913
1,25	9	9.856944	0.3502056

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 09/08/2007 03:00:33 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response aztot  
 Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
AD: acon,temp			
2,7	27	16.08441	0.2021913
2,23	9	12.21443	0.3502056
BD: emp,temp			
1,7	27	15.10322	0.2021913
1,23	27	16.4218	0.2021913
2,7	27	14.97583	0.2021913
2,23	0	10.66478	0
3,7	27	14.79116	0.2021913
3,23	0	4.850474	0
CD: Días,temp			
0,7	27	14.26334	0.2021913
0,23	9	8.633709	0.3502056
7,7	27	13.68024	0.2021913
7,23	9	9.365767	0.3502056
14,7	27	16.92663	0.2021913
14,23	9	13.93757	0.3502056

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: aztot

Term A: acon

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=1.103796 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	36	12.03687	2
1	36	12.21733	2
2	36	14.14942	0, 1

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 3 09/08/2007 03:00:33 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response aztot

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: aztot

Term B: emp

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=1.103796 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
3	27	9.820815	2, 1
2	27	12.8203	3, 1
1	54	15.76251	3, 2

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: aztot

Term C: Días

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=1.103796 Critical Value=3.3757

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	36	11.44852	14
7	36	11.523	14
14	36	15.4321	0, 7

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 4 09/08/2007 03:00:33 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Filter Días=0,7,14;  
 Response aztot

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: aztot

Term D: temp

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=82 MSE=1.103796 Critical Value=2.8133

Group	Count	Mean	Different From Groups
23	27	10.64568	7
7	81	14.95674	25

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**ÍNDICE DE DAÑO POR MANCHA CAFÉ Y NEGRA**

Page/Date/Time 1 09/08/2007 12:15:04 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idn

**Expected Mean Squares Section**

Source	Term	DF	Term	Denominator	Expected
	Term	DF	Fixed?	Term	Mean Square
A: acon		2	Yes	S(ABCD) S+bcdsA	
B: emp		2	Yes	S(ABCD) S+acdsB	
AB		4	Yes	S(ABCD) S+cdsAB	
C: Días		4	Yes	S(ABCD) S+abdsC	
AC		8	Yes	S(ABCD) S+bdsAC	
BC		8	Yes	S(ABCD) S+adsBC	
D: temp		1	Yes	S(ABCD) S+abcsD	
AD		2	Yes	S(ABCD) S+bcsAD	
BD		2	Yes	S(ABCD) S+acsBD	
CD		4	Yes	S(ABCD) S+absCD	
S(ABCD)		124	No	S	

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source	Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: acon		2	0.4067311	0.2033656	3.90	0.022683*	0.695124
B: emp		2	2.104939	1.052469	20.21	0.000000*	0.999962
AB		4	1.744614	0.4361534	8.37	0.000005*	0.998431
C: Días		4	19.46022	4.865055	93.40	0.000000*	1.000000
AC		8	0.6668251	8.335313E-02	1.60	0.131301	0.686421
BC		8	6.097636	0.7622045	14.63	0.000000*	1.000000

D: temp	1	3.295142E-13	3.295142E-13	0.00	0.999998	0.050000
AD	2	0.5068808	0.2534404	4.87	0.009242*	0.793949
BD	2	6.252776E-13	3.126388E-13	0.00	1.000000	0.050000
CD	4	8.441122	2.110281 40.51	0.000000*	1.000000	
S	124	6.459103	5.208954E-02			
Total (Adjusted)	161	108.3946				
Total	162					

\* Term significant at alpha = 0.05

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
All	162	-0.5918937	
A: acon			
0	54	-0.6574365	3.105835E-02
1	54	-0.4780681	3.105835E-02
2	54	-0.6401764	3.105835E-02
B: emp			
1	72	2.313889	2.689732E-02
2	45	-0.7684844	3.402272E-02
3	45	-3.321085	3.402272E-02
C: Días			
0	36	-1.757729	3.803856E-02
7	36	-0.7605783	3.803856E-02
14	36	-0.6792631	3.803856E-02
21	27	-0.1719031	4.392314E-02
28	27	0.4100057	4.392314E-02
D: temp			
7	135	1.186847	1.964303E-02
23	27	-2.370634	4.392314E-02
AB: acon,emp			
0,1	24	2.202572	4.658752E-02
0,2	15	-0.7957556	5.892907E-02
0,3	15	-3.379126	5.892907E-02
1,1	24	2.264277	4.658752E-02
1,2	15	-0.5396065	5.892907E-02
1,3	15	-3.158874	5.892907E-02
2,1	24	2.474818	4.658752E-02
2,2	15	-0.9700909	5.892907E-02
2,3	15	-3.425256	5.892907E-02
AC: acon,Días			
0,0	12	-1.770178	6.588471E-02
0,7	12	-0.6982406	6.588471E-02
0,14	12	-0.7219823	6.588471E-02
0,21	9	-0.3735334	7.607711E-02
0,28	9	0.2767515	7.607711E-02
1,0	12	-1.653713	6.588471E-02
1,7	12	-0.6779296	6.588471E-02
1,14	12	-0.5665217	6.588471E-02
1,21	9	-2.849542E-02	7.607711E-02
1,28	9	0.5363194	7.607711E-02
2,0	12	-1.849297	6.588471E-02
2,7	12	-0.9055649	6.588471E-02
2,14	12	-0.7492852	6.588471E-02
2,21	9	-0.1136806	7.607711E-02
2,28	9	0.4169462	7.607711E-02
BC: emp,Días			
1,0	18	0.6923077	5.379464E-02
1,7	18	1.948718	5.379464E-02
1,14	18	2.303063	5.379464E-02
1,21	9	2.927706	7.607711E-02
1,28	9	3.697649	7.607711E-02
2,0	9	-1.757729	7.607711E-02

Analysis of Variance Report  
 Page/Date/Time 1 09/08/2007 12:15:04 p.m  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idn

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
<b>BC: emp,Días</b>			
2,7	9	-0.8261054	7.607711E-02
2,14	9	-0.8129288	7.607711E-02
2,21	9	-0.4966895	7.607711E-02
2,28	9	5.103133E-02	7.607711E-02
3,0	9	-4.207767	7.607711E-02
3,7	9	-3.404348	7.607711E-02
3,14	9	-3.527923	7.607711E-02
3,21	9	-2.946727	7.607711E-02
3,28	9	-2.518664	7.607711E-02
<b>AD: acon,temp</b>			
0,7	45	1.169088	3.402272E-02
0,23	9	-2.483961	7.607711E-02
1,7	45	1.174359	3.402272E-02
1,23	9	-2.130495	7.607711E-02
2,7	45	1.217094	3.402272E-02
2,25	9	-2.497447	7.607711E-02
<b>BD: emp,temp</b>			
1,7	45	1.642593	3.402272E-02
1,23	27	2.985185	4.392314E-02
2,7	45	1.010256	3.402272E-02
2,23	0	-2.547225	0
3,7	45	0.9076923	3.402272E-02
3,23	0	-7.549863	0
<b>CD: Días,temp</b>			
0,7	27	0.6923077	4.392314E-02
0,23	9	-4.207767	7.607711E-02
7,7	27	0.7492877	4.392314E-02
7,23	9	-2.270444	7.607711E-02
14,7	27	1.099478	4.392314E-02
14,23	9	-2.458004	7.607711E-02
21,7	27	1.606838	4.392314E-02
21,23	0	-1.950644	0
28,7	27	1.786325	4.392314E-02
28,23	0	-0.9663134	0

Analysis of Variance Report  
 Page/Date/Time 1 09/08/2007 12:15:04 p.m  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idn

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idn  
 Term A: acon  
**Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=5.208954E-02 Critical Value=3.3548**

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	54	-0.6574365	1
2	54	-0.6401764	1
1	54	-0.4780681	0, 2

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idn  
 Term B: emp  
**Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=5.208954E-02 Critical Value=3.3548**

Group	Count	Mean	Different From Groups
3	45	-3.321085	2, 1
2	45	-0.7684844	3, 1
1	72	2.313889	3, 2

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report  
 Page/Date/Time 1 09/08/2007 12:15:04 p.m  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idn

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idn  
 Term C: Días

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=5.208954E-02 Critical Value=3.9150

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	36	-1.757729	7, 14, 21, 28
7	36	-0.7605783	0, 21, 28
14	36	-0.6792631	0, 21, 28
21	27	-0.1719031	0, 7, 14, 28
28	27	0.4100057	0, 7, 14, 21

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idn

Term D: temp

Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=5.208954E-02 Critical Value=2.7991

Group	Count	Mean	Different From Groups
23	27	-2.370634	7
7	135	1.186847	23

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 5 16/11/2007 07:26:31 a.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idc

**Expected Mean Squares Section**

Source Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: acon	2	Yes	S(ABCD) S+bcdsA	
B: emp	2	Yes	S(ABCD) S+acdsB	
AB	4	Yes	S(ABCD) S+cdsAB	
C: Días	4	Yes	S(ABCD) S+abdsC	
AC	8	Yes	S(ABCD) S+bdAC	
BC	8	Yes	S(ABCD) S+adsBC	
D: temp	1	Yes	S(ABCD) S+abcsD	
AD	2	Yes	S(ABCD) S+bcsAD	
BD	2	Yes	S(ABCD) S+acsBD	
CD	4	Yes	S(ABCD) S+absCD	
S(ABCD)	124	No	S	

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: acon	2	0.6643043	0.3321522	10.18	0.000081*	0.984685
B: emp	2	7.889546E-02	3.944773E-02	1.21	0.301927	0.260116
AB	4	0.6482577	0.1620644	4.97	0.000951*	0.955923
C: Días	4	4.483822	1.120956	34.36	0.000000*	1.000000
AC	8	2.880839	0.3601048	11.04	0.000000*	1.000000
BC	8	0.7195266	8.994083E-02	2.76	0.007752*	0.926309
D: temp	1	0	0	0.00	1.000000	0.050000
AD	2	0.1722798	8.613991E-02	2.64	0.075335	0.516656
BD	2	0	0	0.00	1.000000	0.050000
CD	4	1.731317E-02	4.328293E-03	0.13	0.970125	0.076806
S	124	4.045219	3.262273E-02			
Total (Adjusted)	161	15.17047				
Total	162					

\* Term significant at alpha = 0.05

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
All	162	0.1874391	
A: acon			
0	54	0.1038683	2.457895E-02
1	54	0.1255208	2.457895E-02
2	54	0.3329282	2.457895E-02
B: emp			
1	72	0.1290598	2.128599E-02
2	45	0.2216271	2.692489E-02
3	45	0.2116303	2.692489E-02
C: Días			
0	36	2.077243E-02	3.010294E-02
7	36	4.926246E-02	3.010294E-02
14	36	7.632799E-02	3.010294E-02
21	27	0.5492625	3.475988E-02
28	27	0.2415701	3.475988E-02

D: temp			
7	135	0.1965812	1.554509E-02
23	27	0.178297	3.475988E-02
AB: acon,emp			
0,1	24	6.087369E-02	3.686842E-02
0,2	15	0.1380564	4.663527E-02
0,3	15	0.112675	4.663527E-02
1,1	24	0.1782526	3.686842E-02
1,2	15	0.1067173	4.663527E-02
1,3	15	9.159234E-02	4.663527E-02
2,1	24	0.1480532	3.686842E-02
2,2	15	0.4201077	4.663527E-02
2,3	15	0.4306237	4.663527E-02
AC: acon,Días			
0,0	12	1.616654E-02	5.213982E-02
0,7	12	7.670785E-02	5.213982E-02
0,14	12	4.608107E-02	5.213982E-02
0,21	9	0.1089965	6.020588E-02
0,28	9	0.2713897	6.020588E-02
1,0	12	-3.881922E-02	5.213982E-02
1,7	12	-1.673944E-02	5.213982E-02
1,14	12	4.237737E-02	5.213982E-02
1,21	9	0.4913327	6.020588E-02
1,28	9	0.1494524	6.020588E-02
2,0	12	8.496996E-02	5.213982E-02
2,7	12	8.781897E-02	5.213982E-02
2,14	12	0.1405255	5.213982E-02
2,21	9	1.047458	6.020588E-02
2,28	9	0.3038684	6.020588E-02
BC: emp,Días			
1,0	18	-5.342948E-16	4.257199E-02
1,7	18	5.982906E-02	4.257199E-02
1,14	18	8.119658E-02	4.257199E-02
1,21	9	0.517094	6.020588E-02
1,28	9	-1.282051E-02	6.020588E-02
2,0	9	2.077243E-02	6.020588E-02

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 6 16/11/2007 07:26:31 a.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idc

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
BC: emp,Días			
2,7	9	4.641346E-02	6.020588E-02
2,14	9	5.068696E-02	6.020588E-02
2,21	9	0.5720545	6.020588E-02
2,28	9	0.4182083	6.020588E-02
3,0	9	4.154485E-02	6.020588E-02
3,7	9	4.154485E-02	6.020588E-02
3,14	9	9.710041E-02	6.020588E-02
3,21	9	0.5586389	6.020588E-02
3,28	9	0.3193226	6.020588E-02
AD: acon,temp			
0,7	45	0.1145299	2.692489E-02
0,23	9	9.320677E-02	6.020588E-02
1,7	45	0.1982906	2.692489E-02
1,23	9	5.275093E-02	6.020588E-02
2,7	45	0.2769231	2.692489E-02
2,23	9	0.3889333	6.020588E-02
BD: emp,temp			
1,7	45	0.1589744	2.692489E-02
1,23	27	0.0991453	3.475988E-02
2,7	45	0.2307692	2.692489E-02
2,23	0	0.212485	0
3,7	45	0.2	2.692489E-02
3,23	0	0.2232607	0
CD: Días,temp			
0,7	27	-5.828671E-16	3.475988E-02
0,23	9	4.154485E-02	6.020588E-02
7,7	27	7.122507E-02	3.475988E-02
7,23	9	2.729984E-02	6.020588E-02
14,7	27	8.547009E-02	3.475988E-02
14,23	9	6.718588E-02	6.020588E-02
21,7	27	0.5584046	3.475988E-02
21,23	0	0.5401204	0
28,7	27	0.2678063	3.475988E-02
28,25	0	0.215334	0



Analysis of Variance Report  
 Page/Date/Time 7 16/11/2007 07:26:31 a.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idc

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idc  
 Term A: acon  
**Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=3.262273E-02 Critical Value=3.3548**

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	54	0.1038683	2
1	54	0.1255208	2
2	54	0.3329282	0, 1

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idc  
 Term B: emp  
**Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=3.262273E-02 Critical Value=3.3548**

Group	Count	Mean	Different From Groups
1	72	0.1290598	3, 2
3	45	0.2116303	1
2	45	0.2216271	1

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report  
 Page/Date/Time 1 09/08/2007 12:15:04 p.m.  
 Database F:\resultados\excel\datexp.S0  
 Response idc

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idc  
 Term C: Días  
**Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=3.262273E-02 Critical Value=3.9150**

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	36	2.077243E-02	28, 21
7	36	4.926246E-02	28, 21
14	36	7.632799E-02	28, 21
28	27	0.2415701	0, 7, 14, 21
21	27	0.5492625	0, 7, 14, 28

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: idc  
 Term D: temp  
**Alpha=0.050 Error Term=S(ABCD) DF=124 MSE=3.262273E-02 Critical Value=2.7991**

Group	Count	Mean	Different From Groups
23	27	0.178297	
7	135	0.1965812	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**ANTOCIANINAS**

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 1 09/08/2007 11:15:04 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\0,7 y 14.S0  
 Response Antocian

**Expected Mean Squares Section**

Source Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: Dia	2	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Acod	2	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	4	Yes	S(ABC)	S+csAB
C: Empaq	2	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	4	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	4	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)	89	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Dia	2	1.207289E-02	6.036444E-03	0.71	0.048074*	0.165691

B: Acod	2	5.378449E-02	2.689224E-02	3.14	0.496831	0.589584
AB	4	9.433874E-02	2.358469E-02	2.75	0.032758*	0.737492
C: Empaq	2	0.1276145	6.380726E-02	7.45	0.001018*	0.934977
AC	4	8.501035E-02	2.125259E-02	2.48	0.049393*	0.686085
BC	4	4.836548E-02	1.209137E-02	1.41	0.236431	0.423023
S	89	0.7620119	8.561932E-03			
Total (Adjusted)	107	1.237156				
Total	108					

\* Term significant at alpha = 0.05

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	108	0.3516718	
A: Día			
0	36	0.3444667	1.542178E-02
7	36	0.3674142	1.542178E-02
14	36	0.3431346	1.542178E-02
B: Acod			
Acondicionamiento	36	0.3332939	1.542178E-02
Aon + Pree	36	0.3848753	1.542178E-02
Sin Acondicionamiento	36	0.3368463	1.542178E-02
C: Empaq			
1	54	0.3944963	1.259183E-02
2	27	0.3475817	1.780754E-02
3	27	0.3129375	1.780754E-02
AB: Día,Acod			
0,Acondicionamiento	12	0.3530488	2.671131E-02
0,Aon + Pree	12	0.3397765	2.671131E-02
0,Sin Acondicionamiento	12	0.3405747	2.671131E-02
7,Acondicionamiento	12	0.3615359	2.671131E-02
7,Aon + Pree	12	0.3820122	2.671131E-02
7,Sin Acondicionamiento	12	0.3586944	2.671131E-02
14,Acondicionamiento	12	0.2852969	2.671131E-02
14,Aon + Pree	12	0.4328372	2.671131E-02
14,Sin Acondicionamiento	12	0.3112698	2.671131E-02
AC: Día,Empaq			
0,1	18	0.3444667	0.0218097
0,2	9	0.3444667	3.084357E-02
0,3	9	0.3444667	3.084357E-02
7,1	18	0.4503017	0.0218097
7,2	9	0.366012	3.084357E-02
7,3	9	0.2859288	3.084357E-02
14,1	18	0.3887205	0.0218097
14,2	9	0.3322662	3.084357E-02
14,3	9	0.3084171	3.084357E-02
BC: Acod,Empaq			
Acondicionamiento,1	18	0.3417896	0.0218097
Acondicionamiento,2	9	0.3285587	3.084357E-02
Acondicionamiento,3	9	0.3295333	3.084357E-02
Aon + Pree,1	18	0.4464604	0.0218097
Aon + Pree,2	9	0.3698974	3.084357E-02
Aon + Pree,3	9	0.3382681	3.084357E-02
Sin Acondicionamiento,1	18	0.3952389	0.0218097
Sin Acondicionamiento,2	9	0.3442889	3.084357E-02
Sin Acondicionamiento,3	9	0.2710111	3.084357E-02

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 4 09/08/2007 11:15:04 p.m.  
 Database E:\resultados\estadístico\0,7 y 14.S0  
 Response Antocian

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Antocian

Term A: Día

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=89 MSE=8.561932E-03 Critical Value=3.3709

Group	Count	Mean	Different From Groups
14	36	0.3431346	
0	36	0.3444667	
7	36	0.3674142	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 5 09/08/2007 11:15:04 p.m.  
 Database E:\resultados\estadístico\0,7 y 14.S0  
 Response Antocian

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Antocian

Term B: Acod

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=89 MSE=8.561932E-03 Critical Value=3.3709

Group	Count	Mean	Different From Groups
Acondicionamiento	36	0.3332939	
Sin Acondicionamiento	36	0.3368463	
Aon + Pree	36	0.3848753	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 6 09/08/2007 11:15:04 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\0,7 y 14.S0  
 Response Antocian

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Antocian

Term C: Empaq

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=89 MSE=8.561932E-03 Critical Value=3.3709

Group	Count	Mean	Different From Groups
3	27	0.3129375	1
2	27	0.3475817	
1	54	0.3944963	3

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 1 09/08/2007 11:16:33 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\21y 28.S0  
 Response Antocian

**Expected Mean Squares Section**

Source Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: Dia	2	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Acod	2	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	4	Yes	S(ABC)	S+csAB
C: Empaq	2	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	4	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	4	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)	65	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Dia	2	5.746486E-03	2.873243E-03	0.71	0.007975*	0.165478
B: Acod	2	4.200723E-02	2.100362E-02	5.21	0.494165	0.813164
AB	4	1.517416E-02	3.79354E-03	0.94	0.446096	0.282093
C: Empaq	2	5.528677E-02	2.764338E-02	6.86	0.001988*	0.909931
AC	4	4.356368E-02	1.089092E-02	2.70	0.038049*	0.718336
BC	4	0.0259008	6.475201E-03	1.61	0.183418	0.468386
S	65	0.2620893	4.032144E-03			
Total (Adjusted)	83	0.4679366				
Total	84					

\* Term significant at alpha = 0.05

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
All	84	0.3508472	
A: Dia			
0	30	0.3390863	1.159331E-02
21	27	0.3599921	1.222042E-02
28	27	0.3534632	1.222042E-02
B: Acod			
Acondicionamiento	30	0.3769789	1.159331E-02
Aon + Pree	30	0.3585373	1.159331E-02
Sin Acondicionamiento	24	0.3170254	1.296171E-02
C: Empaq			
1	30	0.3892466	1.159331E-02
2	27	0.3299122	1.222042E-02
3	27	0.3333828	1.222042E-02
AB: Dia,Acod			

0,Acondicionamiento	12	0.3494002	1.833063E-02
0,Aon + Pree	12	0.3395331	1.833063E-02
0,Sin Acondicionamiento	6	0.3283255	2.592343E-02
21,Acondicionamiento	9	0.3776201	2.116639E-02
21,Aon + Pree	9	0.3815002	2.116639E-02
21,Sin Acondicionamiento	9	0.3208562	2.116639E-02
28,Acondicionamiento	9	0.4039165	2.116639E-02
28,Aon + Pree	9	0.3545785	2.116639E-02
28,Sin Acondicionamiento	9	0.3018945	2.116639E-02
AC: Día,Empaq			
0,1	12	0.3283255	1.833063E-02
0,2	9	0.3444667	2.116639E-02
0,3	9	0.3444667	2.116639E-02
21,1	9	0.4202129	2.116639E-02
21,2	9	0.3212019	2.116639E-02
21,3	9	0.3385616	2.116639E-02
28,1	9	0.4192014	2.116639E-02
28,2	9	0.3240682	2.116639E-02
28,3	9	0.31712	2.116639E-02
BC: Acod,Empaq			
Acondicionamiento,1	12	0.406405	1.833063E-02
Acondicionamiento,2	9	0.3490993	2.116639E-02
Acondicionamiento,3	9	0.3754325	2.116639E-02
Aon + Pree,1	12	0.4274316	1.833063E-02
Aon + Pree,2	9	0.3384152	2.116639E-02
Aon + Pree,3	9	0.309765	2.116639E-02
Sin Acondicionamiento,1	6	0.3339033	2.592343E-02
Sin Acondicionamiento,2	9	0.3022222	2.116639E-02
Sin Acondicionamiento,3	9	0.3149507	2.116639E-02

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 09/08/2007 11:16:33 p.m.  
 Database E:\resultados\estadístico\21y 28.S0  
 Response Antocian

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Antocian

Term A: Día

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=65 MSE=4.032144E-03 Critical Value=3.3921

Group	Count	Mean	Different From Groups
0	30	0.3390863	
28	27	0.3534632	
21	27	0.3599921	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 5 09/08/2007 11:16:33 p.m.  
 Database E:\resultados\estadístico\21y 28.S0  
 Response Antocian

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Antocian

Term B: Acod

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=65 MSE=4.032144E-03 Critical Value=3.3921

Group	Count	Mean	Different From Groups
Sin Acondicionamiento			
	24	0.3170254	
Aon + Pree	30	0.3585373	
Acondicionamiento	30	0.3769789	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

#### Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 6 09/08/2007 11:16:33 p.m.  
 Database E:\resultados\estadístico\21y 28.S0  
 Response Antocian

#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Antocian

Term C: Empaq

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=65 MSE=4.032144E-03 Critical Value=3.3921

Group	Count	Mean	Different From Groups
2	27	0.3299122	1
3	27	0.3333828	1
1	30	0.3892466	2, 3

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

FENÓLICOS

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 1 08/08/2007 09:45:58 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Com\_Fenolicos

**Expected Mean Squares Section**

Source Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: Día	4	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Acod	2	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	8	Yes	S(ABC)	S+csAB
C: Empaq	2	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	8	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	4	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)	169	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

**Analysis of Variance Table**

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Día	4	4.830709E+07	1.207677E+07	30.63	0.000000*	1.000000
B: Acod	2	2.738091E+07	1.369046E+07	34.72	0.000000*	1.000000
AB	8	2.048177E+07	2560222	6.49	0.000000*	0.999917
C: Empaq	2	1.213622E+07	6068108	15.39	0.000001*	0.999277
AC	8	1.470514E+07	1838143	4.66	0.000036*	0.997059
BC	4	1.22731E+07	3068274	7.78	0.000009*	0.997320
S	169	6.663145E+07	394268.9			
Total (Adjusted)	197	2.082941E+08				
Total	198					

\* Term significant at alpha = 0.05

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
All	198	5253.242	
A: Día			
0	72	5572.436	73.99971
7	36	5607.817	104.6514
14	36	5893.186	104.6514
21	27	4820.802	120.841
28	27	4371.966	120.841
B: Acod			
Acondicionamiento	66	5822.895	77.29018
Aon + Pree	66	4999.37	77.29018
Sin Acondicionamiento	66	4937.46	77.29018
C: Empaq			
1	90	5615.049	66.18736
2	54	5101.835	85.44751
3	54	5042.839	85.44751
AB: Día,Acod			
0,Acondicionamiento	24	5619.314	128.1713
0,Aon + Pree	24	5467.294	128.1713
0,Sin Acondicionamiento	24	5630.7	128.1713
7,Acondicionamiento	12	6279.896	181.2615
7,Aon + Pree	12	5316.206	181.2615
7,Sin Acondicionamiento	12	5227.351	181.2615
14,Acondicionamiento	12	7187.251	181.2615
14,Aon + Pree	12	5397.101	181.2615
14,Sin Acondicionamiento	12	5095.207	181.2615
21,Acondicionamiento	9	5302.105	209.3028
21,Aon + Pree	9	4577.3	209.3028
21,Sin Acondicionamiento	9	4583.001	209.3028
28,Acondicionamiento	9	4725.906	209.3028
28,Aon + Pree	9	4238.949	209.3028
28,Sin Acondicionamiento	9	4151.042	209.3028
AC: Día,Empaq			
0,1	36	5572.436	104.6514
0,2	18	5572.436	147.9994
0,3	18	5572.436	147.9994
7,1	18	6043.888	147.9994
7,2	9	5276.642	209.3028
7,3	9	5502.922	209.3028
14,1	18	6851.946	147.9994
14,2	9	5592.394	209.3028
14,3	9	5235.219	209.3028
21,1	9	5152.699	209.3028
21,2	9	4582.438	209.3028
21,3	9	4727.268	209.3028
28,1	9	4454.276	209.3028

28,2	9	4485.268	209.3028
28,3	9	4176.353	209.3028
BC: Acod,Empaq			
Acondicionamiento,1	30	5997.19	114.6399
Acondicionamiento,2	18	5915.912	147.9994
Acondicionamiento,3	18	5555.582	147.9994
Aon + Pree,1	30	5781.746	114.6399
Aon + Pree,2	18	4704.675	147.9994
Aon + Pree,3	18	4511.688	147.9994
Sin Acondicionamiento,1	30	5066.211	114.6399

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 2 08/08/2007 09:45:58 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Com\_Fenolicos

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Standard Mean	Error
BC: Acod,Empaq			
Sin Acondicionamiento,2	18	4684.92	147.9994
Sin Acondicionamiento,3	18	5061.249	147.9994

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 3 08/08/2007 09:45:58 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Com\_Fenolicos

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 4 08/08/2007 09:45:58 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Com\_Fenolicos

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Com\_Fenolicos  
 Term A: Dia  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=394268.9 Critical Value=3.8996

Group	Count	Mean	Different From Groups
28	27	4371.966	0, 7, 14
21	27	4820.802	0, 7, 14
0	72	5572.436	28, 21
7	36	5607.817	28, 21
14	36	5893.186	28, 21

**Notes:**

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Com\_Fenolicos  
 Term B: Acod  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=394268.9 Critical Value=3.3440

Group	Count	Mean	Different From Groups
Sin Acondicionamiento	66	4937.46	Acondicionamiento
Aon + Pree	66	4999.37	Acondicionamiento
Acondicionamiento	66	5822.895	Sin Acondicionamiento, Aon + Pree

**Notes:**

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 6 08/08/2007 09:45:58 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Com\_Fenolicos

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Com\_Fenolicos  
 Term C: Empaq  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=394268.9 Critical Value=3.3440

Group	Count	Mean	Different From Groups
3	54	5042.839	1
2	54	5101.835	1
1	90	5615.049	3, 2

**Notes:**

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**METABOLITOS FERMENTATIVOS**

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 1 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Acetaldehido

**Expected Mean Squares Section**

Source	Term	Denominator	Expected
--------	------	-------------	----------

Term	DF	Fixed?	Term	Mean Square
A: Día	4	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Acod	2	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	8	Yes	S(ABC)	S+csAB
C: Empaq	2	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	8	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	4	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)	169	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

. =SI HAY DIF . =NO HAY DIF

#### Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Día	4	14.10203	3.525508	10.77	0.000000*	0.999901
B: Acod	2	5.292855	2.646427	8.08	0.000445*	0.95293
AB	8	4.913527	0.6141909	1.88	0.066799	0.777258
C: Empaq	2	7.342011	3.671006	11.21	0.000027*	0.991634
AC	8	13.11702	1.639627	5.01	0.000014*	0.998448
BC	4	1.410341	0.3525852	1.08	0.369695	0.334472
S	169	55.34124	0.327463			
Total (Adjusted)	197	103.1656				
Total	198					

\* Term significant at alpha = 0.05

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	198	1.544844	
A: Día			
0	72	1.921333	6.743958E-02
7	36	1.537926	9.537397E-02
14	36	1.755185	9.537397E-02
21	27	1.319	0.1101284
28	27	1.190778	0.1101284
B: Acod			
Acondicionamiento	66	1.559737	7.043834E-02
Aon + Pree	66	1.754343	7.043834E-02
Sin Acondicionamiento	66	1.320454	7.043834E-02
C: Empaq			
1	90	1.811533	6.031979E-02
2	54	1.322311	7.787251E-02
3	54	1.500689	7.787251E-02
AB: Día,Acod			
0,Acondicionamiento	24	1.938747	0.1168088
0,Aon + Pree	24	1.910424	0.1168088
0,Sin Acondicionamiento	24	1.91483	0.1168088
7,Acondicionamiento	12	1.603284	0.1651926
7,Aon + Pree	12	1.597794	0.1651926
7,Sin Acondicionamiento	12	1.4127	0.1651926
14,Acondicionamiento	12	1.638765	0.1651926
14,Aon + Pree	12	2.229609	0.1651926
14,Sin Acondicionamiento	12	1.397182	0.1651926
21,Acondicionamiento	9	1.186	0.1907479
21,Aon + Pree	9	1.635111	0.1907479
21,Sin Acondicionamiento	9	1.135889	0.1907479
28,Acondicionamiento	9	1.431889	0.1907479
28,Aon + Pree	9	1.398778	0.1907479
28,Sin Acondicionamiento	9	0.7416667	0.1907479
AC: Día,Empaq			
0,1	36	1.921333	9.537397E-02
0,2	18	1.921333	0.1348792
0,3	18	1.921333	0.1348792
7,1	18	1.854778	0.1348792
7,2	9	1.160222	0.1907479
7,3	9	1.598778	0.1907479
14,1	18	2.649444	0.1348792
14,2	9	1.333222	0.1907479
14,3	9	1.282889	0.1907479
21,1	9	1.327333	0.1907479
21,2	9	1.264778	0.1907479
21,3	9	1.364889	0.1907479
28,1	9	1.304778	0.1907479
28,2	9	0.932	0.1907479
28,3	9	1.335556	0.1907479
BC: Acod,Empaq			
Acondicionamiento,1	30	1.756773	0.1044769
Acondicionamiento,2	18	1.232409	0.1348792
Acondicionamiento,3	18	1.690028	0.1348792
Aon + Pree,1	30	2.064671	0.1044769

Aon + Pree,2	18	1.615175	0.1348792
Aon + Pree,3	18	1.583183	0.1348792
Sin Acondicionamiento,1	30	1.613156	0.1044769

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 2 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Acetaldehido

**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
BC: Acod,Empaq			
Sin Acondicionamiento,2	18	1.119348	0.1348792
Sin Acondicionamiento,3	18	1.228856	0.1348792

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 3 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Acetaldehido

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 4 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Acetaldehido

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Acetaldehido  
 Term A: Día  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=0.327463 Critical Value=3.8996

Group	Count	Mean	Different From Groups
28	27	1.190778	14, 0
21	27	1.319	14, 0
7	36	1.537926	0
14	36	1.755185	28, 21
0	72	1.921333	28, 21, 7

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 5 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Acetaldehido

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Acetaldehido  
 Term B: Acod  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=0.327463 Critical Value=3.3440

Group	Count	Mean	Different From Groups
Sin Acondicionamiento	66	1.320454	Acondicionamiento, Aon + Pree
Acondicionamiento	66	1.559737	Sin Acondicionamiento
Aon + Pree	66	1.754343	Sin Acondicionamiento

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 6 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Acetaldehido

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Acetaldehido  
 Term C: Empaq  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=0.327463 Critical Value=3.3440

Group	Count	Mean	Different From Groups
2	54	1.322311	1
3	54	1.500689	1
1	90	1.811533	2, 3

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 7 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Etanol

**Expected Mean Squares Section**

Source	Term	DF	Term Fixed?	Denominator Term	Expected Mean Square
A: Día	A	4	Yes	S(ABC)	S+bcsA
B: Acod	B	2	Yes	S(ABC)	S+acsB
AB	AB	8	Yes	S(ABC)	S+csAB



C: Empaq	2	Yes	S(ABC)	S+absC
AC	8	Yes	S(ABC)	S+bsAC
BC	4	Yes	S(ABC)	S+asBC
S(ABC)	169	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

#### Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: Día	4	111946.7	27986.68	17.55	0.000000*	1.000000
B: Acod	2	9411.342	4705.671	2.95	0.054992	0.568507
AB	8	22568.81	2821.102	1.77	0.086307	0.747662
C: Empaq	2	14484.61	7242.307	4.54	0.011988*	0.766914
AC	8	19665.04	2458.13	1.54	0.146284	0.675106
BC	4	10528.47	2632.116	1.65	0.163861	0.500064
S	169	269494.1	1594.64			
Total (Adjusted)	197	472833.4				
Total	198					

\* Term significant at alpha = 0.05

#### Means and Standard Error Section

Term	Count	Mean	Standard Error
All	198	88.16403	
A: Día			
0	72	117.1947	4.706142
7	36	114.077	6.65549
14	36	90.20513	6.65549
21	27	60.98507	7.685098
28	27	58.3583	7.685098
B: Acod			
Acondicionamiento	66	96.0896	4.915405
Aon + Pree	66	90.2735	4.915405
Sin Acondicionamiento	66	78.129	4.915405
C: Empaq			
1	90	99.76814	4.209301
2	54	77.79011	5.434185
3	54	86.93385	5.434185
AB: Día,Acod			
0,Acondicionamiento	24	114.329	8.151278
0,Aon + Pree	24	120.0064	8.151278
0,Sin Acondicionamiento	24	117.2486	8.151278
7,Acondicionamiento	12	121.338	11.52765
7,Aon + Pree	12	117.1685	11.52765
7,Sin Acondicionamiento	12	103.7245	11.52765
14,Acondicionamiento	12	126.8535	11.52765
14,Aon + Pree	12	81.08817	11.52765
14,Sin Acondicionamiento	12	62.67374	11.52765
21,Acondicionamiento	9	56.31967	13.31098
21,Aon + Pree	9	71.17022	13.31098
21,Sin Acondicionamiento	9	55.46533	13.31098
28,Acondicionamiento	9	61.60778	13.31098
28,Aon + Pree	9	61.93422	13.31098
28,Sin Acondicionamiento	9	51.53289	13.31098
AC: Día,Empaq			
0,1	36	117.1947	6.65549
0,2	18	117.1947	9.412284
0,3	18	117.1947	9.412284
7,1	18	142.043	9.412284
7,2	9	93.91145	13.31098
7,3	9	106.2766	13.31098
14,1	18	117.2991	9.412284
14,2	9	67.39978	13.31098
14,3	9	85.91656	13.31098
21,1	9	62.16422	13.31098
21,2	9	58.29233	13.31098
21,3	9	62.49866	13.31098
28,1	9	60.13978	13.31098
28,2	9	52.15233	13.31098
28,3	9	62.78278	13.31098
BC: Acod,Empaq			
Acondicionamiento,1	30	119.1562	7.290724
Acondicionamiento,2	18	75.50349	9.412284
Acondicionamiento,3	18	93.60906	9.412284
Aon + Pree,1	30	90.63066	7.290724
Aon + Pree,2	18	89.24836	9.412284
Aon + Pree,3	18	90.94148	9.412284
Sin Acondicionamiento,1			

30 89.51754 7.290724 Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 8 08/08/2007 08:39:17 p.m.  
Database E:\resultados\estadístico\final.S0

Response Etanol  
**Means and Standard Error Section**

Term	Count	Mean	Standard Error
BC: Acod,Empaq			
Sin Acondicionamiento,2	18	68.61848	9.412284
Sin Acondicionamiento,3	18	76.25098	9.412284

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 10 08/08/2007 08:39:18 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Etanol

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Etanol  
 Term A: Día  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=1594.64 Critical Value=3.8996

Group	Count	Mean	Different From Groups
28	27	58.3583	14, 7, 0
21	27	60.98507	14, 7, 0
14	36	90.20513	28, 21, 0
7	36	114.077	28, 21
0	72	117.1947	28, 21, 14

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 11 08/08/2007 08:39:18 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Etanol

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Etanol  
 Term B: Acod  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=1594.64 Critical Value=3.3440

Group	Count	Mean	Different From Groups
Sin Acondicionamiento	66	78.129	Acondicionamiento
Aon + Pree	66	90.2735	
Acondicionamiento	66	96.0896	Sin Acondicionamiento

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**Analysis of Variance Report**

Page/Date/Time 12 08/08/2007 08:39:18 p.m.  
 Database E:\resultados\estadistico\final.S0  
 Response Etanol

**Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test**

Response: Etanol  
 Term C: Empaq  
 Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=169 MSE=1594.64 Critical Value=3.3440

Group	Count	Mean	Different From Groups
2	54	77.79011	1
3	54	86.93385	
1	90	99.76814	2

Notes:  
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

**ANEXO D:**



## REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

### CARTA DE RECEPCIÓN

15 de noviembre del 2007.

**DRA. LAURA JOSEFINA PÉREZ FLORES**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA-IZTAPALAPA  
AV. SAN RAFAEL ATLIXCO 186  
MICHOACÁN Y LA PURÍSIMA  
COL. VICENTINA,  
MÉXICO, D.F.  
C.P. 09340  
Tel. 0155 5804-6481

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la "REVISTA FITOTECNIA MEXICANA" intitulado:

**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DE ACONDICIONAMIENTO EN LA CALIDAD DE LITCHI  
Brewster ALMACENADO A DISTINTAS TEMPERATURAS"**

Autores: **Janeth Karina Jacuinde Guzmán, Guillermo Calderón Zavala, Fernando Rivera Cabrera, Humberto Vaquera Huerta, Fernando Díaz de León Sánchez, Clara Pelayo Zaldívar y Laura Josefina Pérez Flores.**

Para su evaluación, el manuscrito con clave: **RFM/07107** será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible.

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de paquetería especializada, y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

ATENTAMENTE

**VICTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ**

Director

Anexo  
VAGH/mac\*  
Dirección Física: Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carr. México-Texcoco, Edif. "Hernández Xolocotzi", Ofna. 319-3er Piso 56230, Chapingo, Edo. de México.  
Dirección Postal: Apdo. Postal No. 21, 56230, Chapingo, Edo de México, Tels: 01 (595) 952-1729 y 952-1500 Ext. 5795 y 1729. Fax: 01 (595) 954-6652. Correo electrónico: revfitotecnamex@somefi.org <http://www.somefi.org>

**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DE ACONDICIONAMIENTO EN LA CALIDAD DEL  
LITCHI 'Brewster' ALMACENADO A DISTINTAS TEMPERATURAS**

**EVALUATION OF CONDITIONING TREATMENTS IN THE QUALITY OF LITCHI  
'Brewster' STORED AT DIFFERENT TEMPERATURES**

**Janeth Karina Jacuinde Guzmán<sup>1</sup>, Guillermo Calderón Zavala<sup>3</sup>, Fernando Rivera  
Cabrera<sup>1</sup>, Humberto Vaquera Huerta<sup>4</sup>, Fernando Díaz de León Sánchez<sup>1</sup>, Clara Pelayo  
Zaldivar<sup>2</sup> y Laura Josefina Pérez Flores<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Fisiología, Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Departamento de Ciencias de la Salud, Tel. (01 55) 5804-6481, correo electrónico: ljpgf@xanum.uam.mx.

<sup>2</sup>Laboratorio de Frutas y Hortalizas, Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186 Michoacán y la Purísima, Col. Vicentina, Mexico D.F. C.P. 09340. <sup>3</sup>Departamento de Fruticultura, <sup>4</sup>Departamento de Estadística, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillos, Estado de México.

\* Autor para correspondencia.

## **RESUMEN**

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es una fruta subtropical, no climatérica altamente perecedera. Uno de los principales problemas postcosecha del litchi es el rápido oscurecimiento del pericarpo, que reduce su valor comercial. En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes tratamientos en la vida de anaquel y parámetros de calidad de los frutos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn) 'Brewster' almacenados en temperatura ambiente ( $23 \pm 1$  °C, 90 % HR) y en refrigeración a ( $7 \pm 1$  °C, 90 % HR). Los frutos se distribuyeron en tres lotes que fueron sometidos a los siguientes tratamientos: (1) sin acondicionamiento (testigo), (2) con acondicionamiento (21.5 °C y 60 % HR por 2 h) y (3) con acondicionamiento (21.5 °C y 60 % HR por 2 h) más enfriamiento con aire forzado (7 °C y 90 % HR por 1.5 h).

En contraste con lo reportado en la literatura, en este trabajo no se observó un efecto positivo de los tratamientos aplicados usando empaques PET, en la conservación de la calidad de los frutos de litchi. En los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C, hubo 3.6 veces más pérdida de peso (PP), el índice de daño (ID) por mancha café fue severo y el porcentaje de fruta comerciable (FC) disminuyó 80 %.

Se observó que el acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado en frutos refrigerados produjo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) aumentando la  $L^*$ , el ID por mancha café y disminuyendo el porcentaje de FC, por lo que este tratamiento tuvo efectos negativos en la calidad del litchi.

El cambio de color ( $C^*$ ) y de ID por mancha café presentan correlaciones significativas con la PP, apoyando la hipótesis de que el control de la PP ayuda a prevenir el oscurecimiento del pericarpo de litchi.

**Palabras clave:** *Litchi chinensis* Sonn, enfriamiento con aire forzado, calidad postcosecha, encafecimiento, refrigeración.

## SUMMARY

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) is a very perishable, non-climacteric, subtropical fruit. The main postharvest problem in litchi is the darkening of the pericarp, which reduces its commercial value. In this study, the effect of different treatments in shelf life and quality parameters was evaluated in litchi fruit 'Brewster' stored at room temperature ( $23 \pm 1$  °C, 90% HR) and in refrigeration ( $7 \pm 1$  °C, 90% HR). Fruit were sorted in three groups that were subjected to the following treatments: (1) without conditioning (control), (2) with conditioning (21.5 °C and 60 % RH for 2 h) and (3) conditioning (21.5 °C and 60 % RH for 2 h) plus forced-air cooling (7 °C and 90 % RH for 1.5 h).

In contrast with reports in literature, in this study a positive effect of applied treatments (using PET packaging) in quality preservation of litchi fruits was not observed. In the fruit stored at  $23 \pm 1$  °C, weight loss (WL) increased 3.6 fold, browning index (BI) was severe, and the percentage of commercial fruit (CF) decreased 80%.

In the fruit stored in refrigeration, the conditioning with forced-air cooling produced significant differences ( $p < 0.05$ ), increasing  $L^*$  and BI, and decreasing the percentage of CF, therefore, this treatment had a negative effect in the quality of litchi fruit.

Both, change of color ( $C^*$ ) and BI showed significant correlations with the WL, supporting the hypothesis that suggest that control of the WL helps to prevent the darkening of litchi pericarp.

**Index Words:** *Litchi chinensis* Sonn, forced-air cooling, postharvest quality, browning, refrigeration.

## INTRODUCCIÓN

El litchi tiene diferentes limitantes para su comercialización, entre ellas están su marcada estacionalidad, su alternancia y el rápido cambio postcosecha de color de su pericarpio, de rojo a café, dicho cambio ocurre en menos de 48 h en condiciones ambientales. Los frutos de litchi son altamente susceptibles a la deshidratación, la cual causa microfrazas en la superficie del pericarpio, dando como resultado una rápida pérdida de agua, que merma el peso de los frutos y deteriora su calidad (Huang *et al.*, 2005). Se ha reportado que la deshidratación se desarrolla principalmente en el pericarpio de los frutos (Underhill y Simons, 1993). Otros autores han encontrado una correlación positiva entre la deshidratación del pericarpio del litchi y la iniciación del oscurecimiento (Underhill y Critcheley 1993), así como un incremento en la actividad de la PPO del pericarpio durante el proceso de deshidratación (Jiang, 2000; Jiang y Li, 2003; Jiang *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2005) y la participación de las antocianinas del pericarpio en la prevención del oscurecimiento (Duan *et al.*, 2007). Algunos autores han probado la aplicación de tratamientos de inmersión en agua hirviendo (98 °C, 3 s), fumigación con dióxido de azufre combinado con inmersión con ácido clorhídrico (pH=0.5 5 min), encontrando que se reduce la acidez del pericarpio, sin influir en los niveles de sólidos solubles totales en la pulpa (Peng y Cheng, 2001). Sin embargo, las tendencias actuales buscan la aplicación de tratamientos que garanticen la inocuidad alimentaria y que no dañen el ambiente.



La refrigeración es una de las tecnologías más utilizadas para mantener la calidad postcosecha de productos hortofrutícolas. Por otra parte, se ha demostrado que el enfriamiento con aire forzado (0-2 °C por 2-3 h) y los tratamientos de acondicionamiento previos al almacenamiento refrigerado, retrasan la degradación de antocianinas en el pericarpio conservando su color rojo por más tiempo y reduciendo la pérdida de peso (PP) (Wills y Lee, 2002; Jiang *et al.*, 2003). Desafortunadamente, no hay acuerdo respecto al mejor método y temperatura para preenfriar el litchi.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del acondicionamiento a 21.5 °C y 60 %HR por 2 h y del acondicionamiento (21.5 °C y 60 %HR por 2 h) más enfriamiento con aire forzado a 7 °C y 90 %HR por 1.5 h, en la vida de anaquel y parámetros de calidad de los frutos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn 'Brewster') almacenados en temperatura ambiente a  $23 \pm 1$  °C y 90 % HR y en refrigeración a  $7 \pm 1$  °C y 90 % HR.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología, Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, del Departamento de Ciencias de la Salud, en la UAM-Iztapalapa. Se utilizaron frutos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn 'Brewster') recién cosechados provenientes de Chiltepec Oaxaca, México. Los frutos se distribuyeron aleatoriamente en tres lotes de 481 frutos y se les aplicaron los siguientes tratamientos: 1) Sin acondicionamiento (testigo): los frutos se mantuvieron en condiciones ambientales (25 °C y 80 % HR) por 2 h; 2) Acondicionamiento: los frutos se acondicionaron a 21.5 °C y 60 % HR, durante un periodo de 2 h; 3) Acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado: los frutos se acondicionaron a 21.5 °C y 60 % HR

durante un periodo de 2 h, seguido de un enfriamiento con aire forzado a 7 °C durante 1.5 h, tiempo en el que se alcanzó una temperatura final de 8.9 °C en la pulpa del fruto que corresponde a 7/8 de enfriado, de acuerdo a lo recomendado por Gordon (1992). Se empacaron trece frutos en cada recipiente PET de 1/2 kg con perforaciones (domo). Posteriormente, se trasladaron a la Ciudad de México en un transporte refrigerado a una temperatura de 7 °C. Finalmente, se almacenaron 12 domos de cada tratamiento a  $23 \pm 1$  °C 90 % HR y 12 domos de cada tratamiento a  $7 \pm 1$  °C, 90 % HR. Con base en una tabla de números aleatorios se tomaron muestras de 13 litchis por triplicado a los 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento, de las diferentes temperaturas y tratamientos de acondicionamiento aplicados. Asimismo, se realizó un análisis inicial (0 días de almacenamiento), también con 13 frutos por triplicado.

### **Evaluación de la pérdida de peso (PP)**

Para la evaluación de la PP se seleccionó un lote de 390 litchis, que a su vez se subdividió aleatoriamente en cinco repeticiones de trece litchis para cada tratamiento y temperatura. Se registró el peso inicial así como el peso a los 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento en las dos temperaturas estudiadas ( $23 \pm 1$  °C y 90 % HR y  $7 \pm 1$  °C y 90 % HR), utilizando una balanza granataria digital con precisión de 0.1 g (OHAUS, GT4100, Florham Park, N. J. 07932 USA). La PP se reportó como porcentaje de acuerdo a la siguiente formula:  $\% PP = (1 - P_n/P_i) \times 100$

Donde: % PP = Porcentaje de pérdida de peso,  $P_n$  = Peso de los frutos en el periodo n y  $P_i$  = Peso inicial de los frutos.

Con base en los resultados obtenidos en estudios previos realizados en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, se consideró como aceptable un 5 % de PP en los frutos (datos no mostrados).

### **Evaluación del color**

Se determinó el color de la cáscara de los frutos de litchi utilizando un colorímetro ColorFlex 45/0 (HunterLab, 114 Sunset Hills Road, Reston, V. A. 20190 USA) en muestras de 13 litchis por triplicado, para cada uno de los tratamientos en las diferentes fechas de muestreo previamente mencionadas. Se tomaron los tres parámetros que lo definen: valor L\* (luminosidad o claridad), valor C\* (croma o saturación) y h (tinte o matiz).

### **Índice de daño (ID)**

El ID se evaluó cuantificando las manchas cafés y negras que aparecieron en la cáscara del litchi durante el almacenamiento, inmediatamente después de tomar las muestras de los frutos, utilizando la siguiente escala: 0 = ausencia de daño, 1 = daño ligero (de 0.05 a 0.25 cm<sup>2</sup> de superficie dañada), 2 = daño moderado (>0.25 < 0.5 cm<sup>2</sup> de superficie dañada), 3 = daño severo (>0.5 cm<sup>2</sup> de superficie dañada), tomando en cuenta la Norma de Calidad para litchi de la Comisión del Codex Alimentarius (Codex Stan 196-1995, Codex Alimentarius Comission). Una vez clasificados los frutos de cada tratamiento según la escala mencionada, se obtuvo el índice de daño aplicando la ecuación: Índice de daño (ID) = (No. frutos con ausencia de daño X 0) + (No. frutos con daño 1X1) + (No. frutos con daño 2X2) + (No. frutos con daño 3X3) / No. total de frutos evaluados.

De acuerdo a la escala basada en la norma de calidad del Codex Stan 196-1995, podemos considerar que un lote de frutos se rechaza comercialmente cuando un porcentaje igual o mayor del 10 % se encuentra en la categoría 3 en mancha café y en el caso de la mancha negra, cuando un porcentaje igual o mayor del 10 % se encuentra en la categoría 2. Por lo tanto, el índice de daño máximo permitido, sería ID = 2.1 para mancha café y un ID = 1.1 para mancha negra.

### **Porcentaje de fruta comerciable (FC)**

La FC se obtuvo sumando el número de litchis en los grados 0, 1 y 2 de la escala de ID, con manchas cafés y obteniendo el porcentaje con respecto al número total de frutos en la unidad experimental. Se considera en general que un productor o comerciante puede aceptar pérdidas del 10 %, por lo tanto el límite de fruta comerciable se consideró del 90 %.

### **Análisis estadístico**

Los resultados para cada una de las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (GLM,  $p \leq 0.05$ .) y la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el programa SAS y NCSS (Hintze, 2001). Se usó el modelo de parcelas divididas para analizar el efecto de los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Pérdida de peso (PP)**

En general, no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la PP de los frutos de litchi por efecto de los diferentes tratamientos previos al almacenamiento (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento

con aire forzado en ambas temperaturas de almacenamiento en los empaques de plástico con perforaciones utilizados en este estudio (Figura 1). Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) por efecto de las temperaturas de almacenamiento ( $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  y 90 % HR y  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  y 90 % HR) (Figura 1A y 1B).

Los frutos almacenados a  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  mostraron la mayor PP en comparación con los frutos almacenados en refrigeración, 3.6 veces más, en todos los tratamientos aplicados (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado), perdiendo más del 50 % de su peso inicial a los 28 d de almacenamiento (Figura 1A y 1B).

### **Color**

En general no existieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los diferentes parámetros de color: luminosidad ( $L^*$ ), cromaticidad ( $C^*$ ), y el ángulo de tinte o matiz ( $h$ ) entre los tratamientos de acondicionamiento aplicados (sin acondicionamiento, con acondicionamiento y con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) en cada temperatura (Figura 2). Sin embargo, se observó que los valores de  $L^*$  y  $C^*$  disminuyeron hacia el final del almacenamiento en los frutos almacenados a  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  en todos los tratamientos aplicados, aunque esta disminución fue menor en los frutos almacenados en refrigeración conservando valores más cercanos a los iniciales. Por su parte, los valores de  $h$  se incrementaron más rápidamente a  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , mientras que a  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  permanecieron constantes (Figura 2).

### **Índice de daño (ID)**

En general no se observaron cambios significativos ( $p < 0.05$ ) por efecto de los distintos tratamientos de acondicionamiento previos al almacenamiento en ambas

temperaturas en el ID mancha café, con excepción del tratamiento de acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado que mostró un ID significativamente superior al de los otros tratamientos (sin y con acondicionamiento) (Figura 3A y 3B). El ID por mancha café se ha relacionado con la deshidratación del pericarpo y la senescencia del litchi. Los litchis almacenados a  $23 \pm 1$  °C mostraron el mayor ID por mancha café alcanzando valores cercanos al daño severo (grado 3) a los siete días de almacenamiento, en comparación con los frutos almacenados a  $7 \pm 1$  °C, que en general se mantuvieron por debajo del daño moderado (grado 2) hasta los 21 días de almacenamiento en todos los tratamientos utilizados, con excepción de los litchis con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado que superaron el límite de aceptabilidad de 2.1 a partir de los 14 d de almacenamiento (Figura 3A y 3B).

Con respecto al ID por mancha negra, en general no se observó efecto ( $p < 0.05$ ) de los diferentes tratamientos de acondicionamiento en las dos temperaturas de almacenamiento (Figura 3C y 3D). El ID por mancha negra se mantuvo con daño ligero por debajo del límite de aceptabilidad de 1.1 en todos los tratamientos y temperaturas utilizados (Figura 3C y 3D). Lo anterior refleja un buen manejo fitosanitario en campo, ya que la mancha negra se ha relacionado con problemas fitosanitarios precosecha (Nieto, 2005).

### **Fruta comerciable (FC)**

No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje de FC entre los diferentes tratamientos de acondicionamiento aplicados en los litchis almacenados a  $23 \pm 1$  °C. El porcentaje de FC en los litchis almacenados a  $23 \pm 1$  °C disminuyó 80% después de 7 días de almacenamiento en todos los tratamientos

estudiados (Figura 4A). Por otra parte, en los litchis almacenados a  $7 \pm 1$  °C se mantuvo un porcentaje de FC superior al límite de aceptabilidad del 90% durante un periodo de 14 días en los tratamientos sin y con acondicionamiento, mientras que los litchis acondicionados y enfriados con aire forzado presentan valores de FC inferiores al límite de aceptabilidad (Figura 4B).

### **Correlaciones entre algunos de los parámetros de calidad estudiados**

Al analizar las correlaciones entre algunos de los parámetros estudiados se encontró una correlación negativa ( $r = -0.88$  a  $-0.99$ ) entre la disminución de  $C^*$  y el incremento en el oscurecimiento medido por el ID por mancha café (Figura 5A y 5B). Asimismo, se encontró también una correlación negativa ( $r = -0.97$  a  $-0.99$ ) entre la disminución de los valores de  $C^*$  y el aumento de PP en los litchis almacenados a ambas temperaturas en todos los tratamientos de acondicionamiento aplicados (Figura 5C y 5D). Por otra parte, se encontró una correlación positiva ( $r = 0.92$  a  $0.98$ ) entre el oscurecimiento medido por el ID por mancha café y la PP en los frutos almacenados a  $7 \pm 1$  °C (Figura 5F). En los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C, la correlación entre estos parámetros es mucho menor ( $r = 0.74$  a  $0.79$ ) ya que a partir de los 7 d de almacenamiento se alcanza un nivel severo (grado 3) de ID por mancha café (Figura 5E). Estos resultados coinciden con lo reportado por otros autores que relacionan el cambio de color rojo a café con la pérdida de agua del fruto (Kwan *et al.*, 1998; Jiang y Fu, 1999b; Huang *et al.*, 2005) y sugieren que un buen control de la PP en litchi, puede ser utilizado como mecanismo para prevenir el oscurecimiento del pericarpo (Pesis *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2005, Sivakumar y Korsten 2006a, b).

## **CONCLUSIONES**

En el presente trabajo usando empaques PET con perforaciones (domos), no se observó un efecto positivo de los tratamientos aplicados (con acondicionamiento ó con acondicionamiento más enfriamiento con aire forzado) en la conservación de la calidad de los frutos de litchi. Sin embargo, si existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) por efecto de las temperaturas de almacenamiento. En los frutos almacenados a  $23 \pm 1$  °C, hubo 3.6 veces más pérdida de peso (PP), el índice de daño (ID) por mancha café fue severo y el porcentaje de fruta comerciable (FC) disminuyó 80 %.

Con respecto a los frutos almacenados en refrigeración, se observó que el acondicionamiento con enfriamiento con aire forzado produjo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) aumentando tanto la  $L^*$  como el ID por mancha café mientras que el porcentaje de FC disminuyó significativamente, por lo que se considera que este tratamiento tuvo efectos negativos en la calidad del litchi.

Los resultados obtenidos indican que el cambio de color ( $C^*$ ) y el ID por mancha café presentan correlaciones significativas con la PP apoyando la hipótesis de otros autores de que el control de la PP en los frutos de litchi ayuda a prevenir el oscurecimiento del pericarpo.

### **AGRADECIMIENTOS**

Al Sr. Felipe Villaseñor productor de litchi en Chiltepec Oaxaca, por proporcionar el material biológico. Esta investigación fue parcialmente financiada por la Universidad Autónoma Metropolitana, CONPELAC (Consejo Nacional de Productores de Litchi A.C.), PROMEP Red de Cuerpos Académicos (UAM-I, UNACH y UC Davis EUA), PROMEP (34775). Al CONACYT por el apoyo económico (No. 202620) a J. K.



Jacuinde Guzmán durante sus estudios de maestría. Este trabajo es parte de la tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Agrícolas especialidad Fruticultura.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Comisión del Codex Alimentarius. Norma del Codex para el litchi Codex Stan 196-1995.

Codex Alimentarius Commission.

**Duan X, Y Jiang, X Su, Z Zhang, J Shi (2007)** Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. Food Chemistry 101:1365-1371.

**Gordon, F M (1992)** Cooling Methods: *In*: Postharvest technology of horticultural crops. A A Kader (ed). (3rd edition). UC Publication 3311. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, California USA 94608. pp:535.

**Hintze J (2001)** Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville, Utah USA.

**Huang X, H Wang, W Yuan, J Lu, J Yin, S Luo, H B Huang (2005)** A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. Postharvest Biology and Technology 36:177-189.

**Jiang Y M, J R Fu (1999)** Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie 32:278-283.

**Jiang Y (2000)** Role of the anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. Journal of the Science of Food and Agriculture 80:305-310.

**Jiang Y M, Y B Li (2003)** Effects of low-temperature acclimation on browning of litchi fruit in relation to shelf life. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 78:437-440.

**Jiang Y M, L Yao, A Lichter, J Li (2003)** Postharvest biology and technology of litchi fruit. Food, Agriculture and Environment 1:76-81.

**Jiang Y, X Duan, D Joyce, Z Zhang, J Li (2004)** Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. Food Chemistry 88:443-446.

**Kwan Y Ch, Y Y Hua, L Ning (1998)** Low-temperature storage elicits ethylene production in nonclimateric lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. HortScience 33:1228-1230.

**Nieto D (2005)** Reporte del proyecto Investigación, asistencia técnica y capacitación para el cultivo y manejo postcosecha del litchi mexicano. Convenio UAM-COMPELAC COVIA 0710-2005.

**Peng Y H, W Cheng (2001)** Effect of postharvest handling on fruit quality, mass loss and respiration rate of litchi. Acta Horticulturae 558:359-365.

**Pesis E, O Dvir, O Feygenberg, R Ben Arie, M Ackerman, A Lichter (2002)** Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. Postharvest Biology and Technology 26:157-165.

**Sivakumar D, L Korsten (2006a)** Evaluation of integrated application of two types of modified atmosphere packaging and hot water treatments on quality retention in the litchi cultivar 'McLean's Red'. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 81:639-644.

**Sivakumar D, L Korsten (2006b)** Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention in the litchi cv. Mauritius. Postharvest Biology and Technology 41:135-142.

**Underhill, S J, C Critcheley (1993)** Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. Journal of Horticultural Science 68:327-335.

**Underhill S J R, D H Simons (1993)** Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp desiccation and the importance of postharvest micro-cracking. Scientia Horticulturae 54:287-294.

**Wills R H, T H Lee (2002)** Fisiología y manipulación postcosecha de frutas y hortalizas. Acriba S.A. Zaragoza, España. 240 p.

**Zhang Z, X Pang, D Xuewu, Z Ji, Y Jiang (2005)** Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. Food Chemistry 90:47-52.

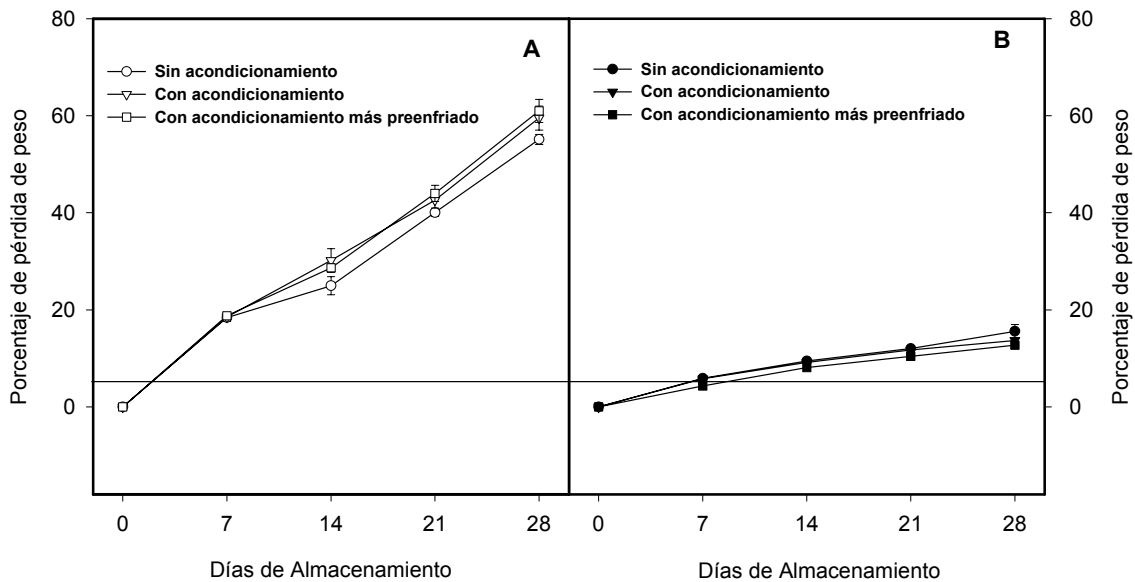


Figura 1. Pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster' sometidos a distintos tratamientos de acondicionamiento y almacenados a  $23 \pm 1$  °C (A) y  $7 \pm 1$  °C (B). La línea horizontal indica el límite de aceptabilidad comercial (5 %). Cada valor es el promedio de cinco repeticiones  $\pm$  error estándar.

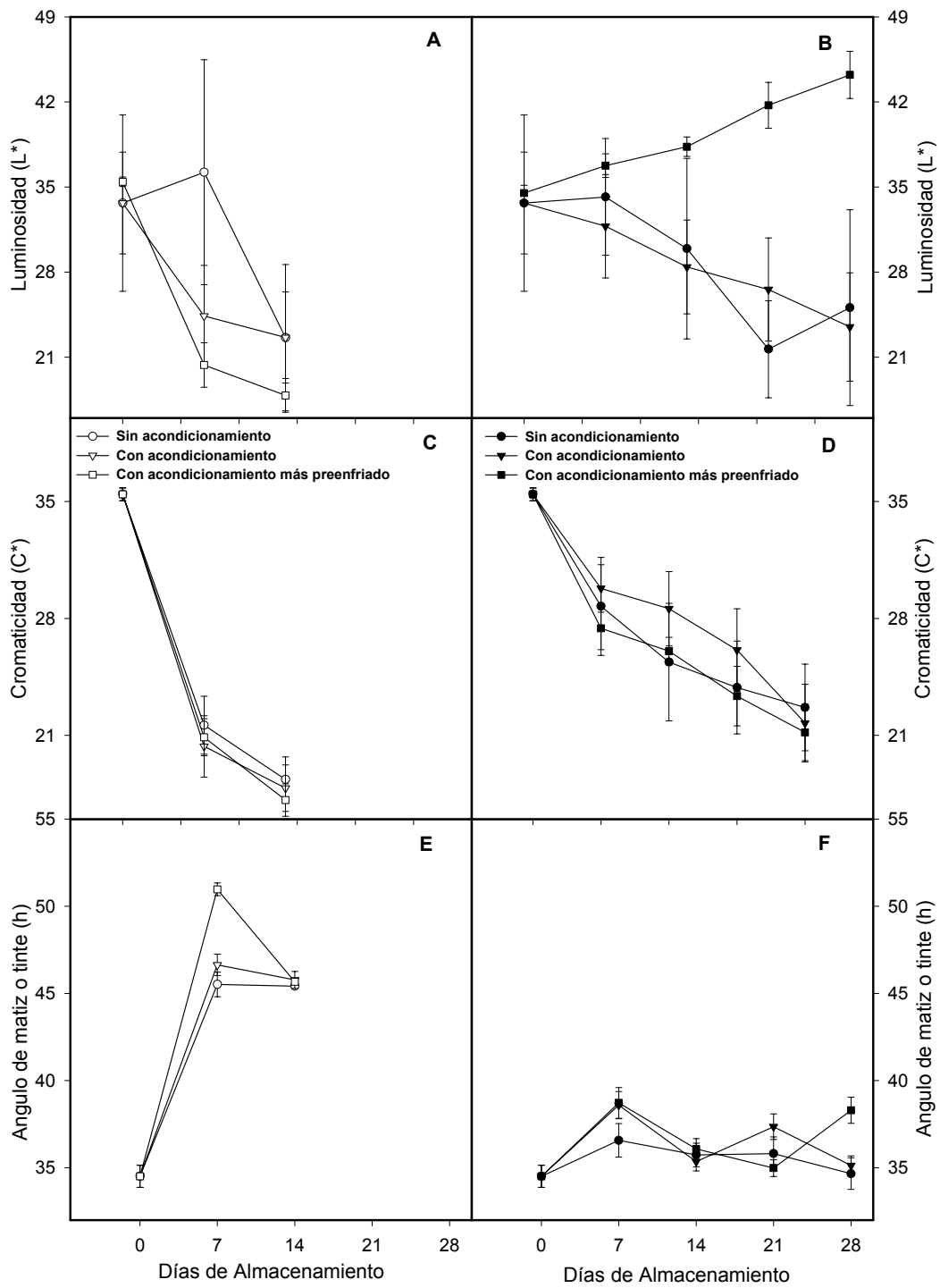


Figura 2. Parámetros de color ( $L^*$ ,  $C^*$  y  $h$ ) en frutos de litchi 'Brewster' sometidos a distintos tratamientos de acondicionamiento y almacenados a  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  (A, C Y E) y  $7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  (B, D Y F). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

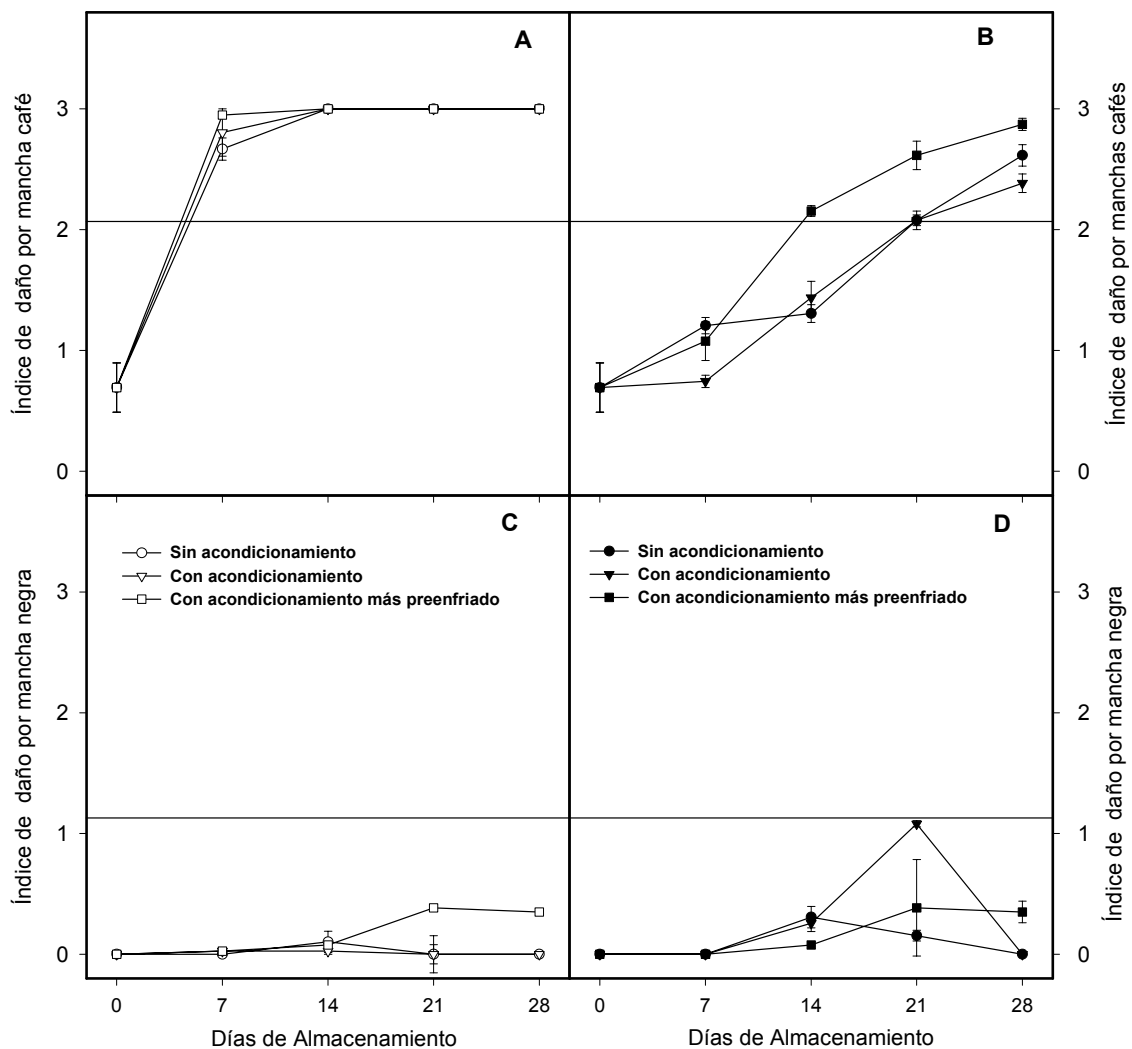


Figura 3. Índice de daño por mancha café (A y B) y por mancha negra (C y D) en frutos de litchi 'Brewster' sometidos a distintos tratamientos de acondicionamiento y almacenados a  $23 \pm 1$  °C (A y C) y  $7 \pm 1$  °C (B y D). La línea horizontal indica el límite de aceptabilidad comercial (2.1 para mancha café y 1.1 para mancha negra). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

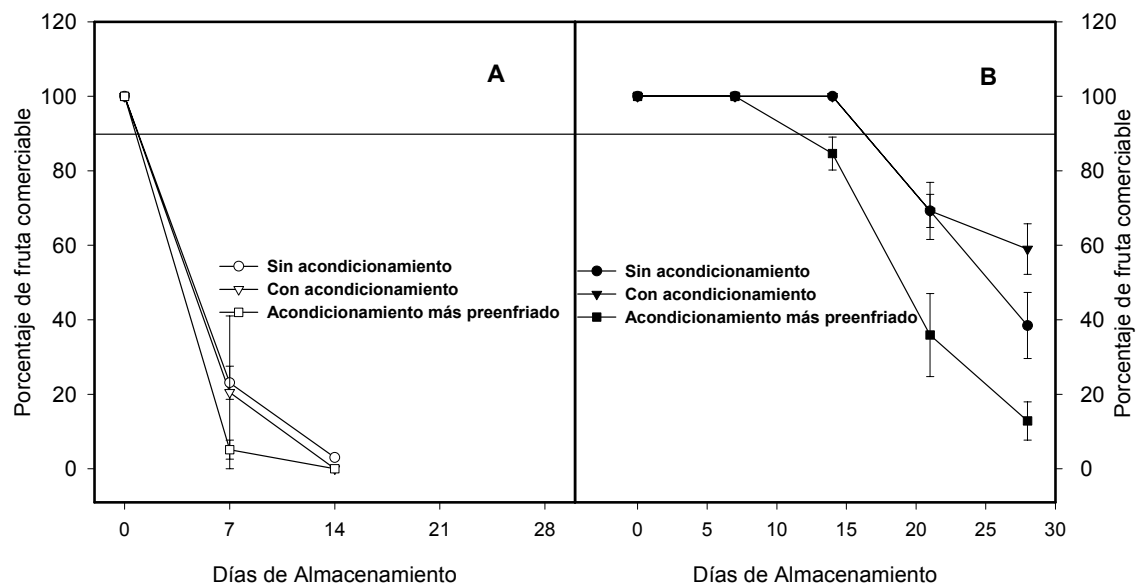


Figura 4. Porcentaje de fruta comerciable en frutos de litchi 'Brewster' sometidos a distintos tratamientos de acondicionamiento y almacenados a  $23 \pm 1$  °C (A) y  $7 \pm 1$  °C (B). La línea horizontal indica el límite de aceptabilidad comercial (90 %). Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

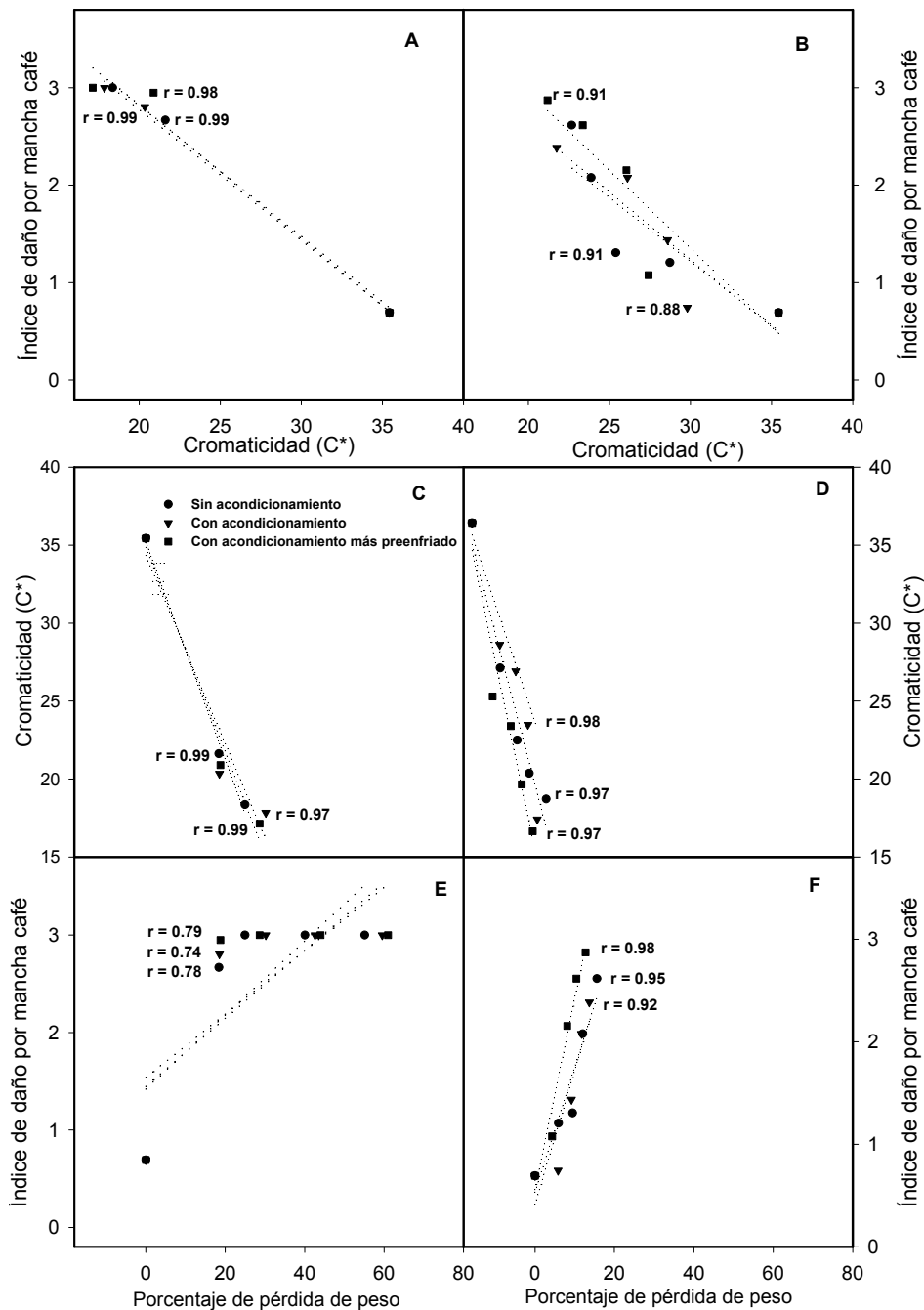


Figura 5. Correlaciones entre ID por mancha café y C\* (A y B), entre C\* y PP (C y D), entre ID por mancha café y PP (E y F) en frutos de litchi 'Brewster' sometidos a distintos tratamientos de acondicionamiento y almacenados a  $23 \pm 1$  °C y  $7 \pm 1$  °C. Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.