

Estabilidad de las tajadas de mango (*Mangifera indica* L.) deshidratadas sin conservante envasadas en film de polipropileno

Stability of dried slices of mango (*Mangifera indica* L.)
without preservative packaged in film of polypropylene

Mónica Tatiana Zúñiga Vallejos¹, Danny Adolfo Bustamante Sigüeñas²,
Celso Purihuamán Leonardo³, Ántero Vásquez García⁴,
Tarcila Cabrera Salazar⁵, Fernando Rodríguez Avalos⁶

RESUMEN

El objetivo fue determinar el nivel de humedad de las tajadas de mango deshidratadas sin conservante envasadas en film de polipropileno, adecuado que garantice estabilidad durante el almacenamiento. Muestras de mango deshidratado con 10, 20 y 30% de humedad fueron expuestas 55 °C, 40 °C y 25 °C, durante el almacenamiento por tres meses, todas provenientes de la villa Leticia de la provincia de Chepén. La investigación se adecuó a un diseño experimental de dos factores, en bloques completos al azar. Los factores fueron la humedad y la temperatura; y los bloques, las semanas (para el caso de la ganancia y /o pérdida de peso, acidez) y meses (para el recuento de carga microbiana) de evaluación durante el almacenamiento. Los datos obtenidos del monitoreo de los factores: acidez, pH, pérdida y/o ganancia de peso, población microbiana (mohos y levaduras presentes) permitió realizar el ANVA y la prueba de Tukey; resultando con un nivel de confiabilidad del 95% para las diferencias significativas. Los resultados indicaron que el nivel de humedad de 10% y la temperatura de almacenamiento a 25 °C garantiza la estabilidad de las tajadas deshidratadas de mango, conservando las características de color: amarillo característico y textura, moderadamente suave, las que fueron evaluadas empleando un método descriptivo con una escala para la textura y color. Los resultados microbiológicos confirmaron que el tratamiento elegido correspondió al nivel más bajo de carga microbiana. La estimación de la vida útil a partir de los resultados de la investigación de las tajadas deshidratadas de mango permitió señalar que dicho producto es estable durante 4 meses.

Palabras clave: Mango, humedad, conservante, film, almacenamiento.

¹ Ingeniera en Industrias Alimentarias.

² Ingeniero Químico.

³ Ingeniero Químico.

⁴ Doctor en Medio ambiente, Profesor Principal. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque.

⁵ Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque.

⁶ Master of Science. Profesor Principal. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo.

ABSTRACT

The goal was to determine the moisture level of dried mango slices without preservative packed in polypropylene film, adequate to ensure stability during storage of dried mango samples 10, 20 and 30% humidity were exposed to temperatures extreme of 55 °C, average low 40 °C and 25 °C during storage for three months, all from the village Leticia Chepén province. The research design was adapted to an experimental two-factor randomized complete block, where the factors were the humidity and temperature, the blocks for weeks (in the case of variable gain and / or weight loss, heartburn) and months (for microbial load count variable) evaluated during storage. The monitoring data of the evaluated factors: acidity, pH, loss and / or weight gain, microbial population (molds and yeast) allowed statistical analysis: ANOVA and Tukey test, resulting in a level of reliability 95% for significant differences. The research results indicate that the humidity level of 10% and storage at 25 °C ensures the stability of chopped dried mango, while retaining the color: Yellow Characteristic and texture: Moderately Suave, which were evaluated using a descriptive approach with a scale for texture and color. Microbiological results confirm that the treatment of choice for the lowest microbial load present. The estimated useful life from the results of the investigation of dried mango slices can be noted that this product is stable for 4 months.

Key words: Mango, humidity, preservatives, film, storage.

I. INTRODUCCIÓN

El Mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutos tropicales más apreciados por su sabor, coloración y aromas característicos; es considerado la fruta más comercializada junto con el banano y la piña, siendo su mayor distribución fresco. Sin embargo, actualmente, se busca diversificar los procesos industriales como la congelación rápida de manera individual (Individual Quick Freezing), jugos, compotas, tajadas, rebanadas o cubitos deshidratados, etc. (Balarezo et al., 1997).

La deshidratación es una de las técnicas utilizada para la conservación de alimentos, en el cual se trata de preservar la calidad de los alimentos disminuyendo el contenido de humedad, para evitar el deterioro y contaminación microbiológica durante el almacenamiento. Desde el punto de vista comercial, esta técnica, en la cual se convierte un alimento fresco en uno deshidratado, se añade valor agregado a la materia utilizada y se disminuyen los costos de transporte y almacenaje debido a la pérdida de peso y / o volumen del producto fresco. Las frutas deshidratadas son consideradas ingredientes naturales, nutritivos y con bajo contenido de grasa pudiendo ser adicionados por su fácil incorporación en productos lácteos (leche, yogurt, helados), sopas instantáneas y platos preparados, o sirviendo de base para el desarrollo y formulación de nuevos productos. Sin embargo, el uso de frutas deshidratadas presenta algunos problemas, como la necesidad de aumentar su estabilidad durante el

almacenamiento al buscar una mayor vida de anaquel (Barbosa y Vega, 2000); por lo tanto, es necesario hacer una evaluación del producto seco con el fin de evaluar su estabilidad durante el almacenamiento.

Durante el almacenamiento de los alimentos deshidratados, surgen diversas reacciones de deterioro, como el desarrollo de insectos, por lo cual, se deben tener las precauciones generales de higiene y usar embalajes protectores e impermeable al vapor de agua (Casp y Abril, 1999).

Los objetivos fueron: 1) Determinar el nivel de humedad que garantice estabilidad durante el almacenamiento de las tajadas de mango deshidratadas sin conservante, envasadas en films de polipropileno; 2) Establecer el comportamiento de la acidez, pérdida o ganancia de humedad y carga microbiana, durante el almacenamiento; 3) Establecer la influencia de la temperatura sobre el estado de conservación de las tajadas de mango durante el almacenamiento; y 4) Evaluar las características sensoriales del producto.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Las tajadas deshidratadas de mango criollo producidas en lotes, provenientes de Villa Leticia en la provincia de Chepén, departamento de La Libertad, fueron seleccionadas y envasadas en film de polipropileno; posteriormente, se les almacenó a 25, 40 y 55 °C.

Procedimiento experimental

Determinación de la isoterma de adsorción

Se utilizaron cinco desecadores con soluciones saturadas de una sal conocida, creando artificialmente atmósferas con una humedad relativa conocida y controlada. Las muestras de tajadas deshidratadas de mango con 10, 20 y 30% de humedad se colocaron en los desecadores por espacio de cuatro días, durante los cuales se registraron las pérdidas y/o ganancias de peso en cada una de ellas.

Para determinar el valor de la monocapa se empleó la ecuación de Brunauer-Emmett-Teller (BET):

$$\frac{aw}{M(1-aw)} = \frac{1}{M_{1c}} + \frac{aw(c-1)}{M_{1c}}$$

Donde, aw: Actividad de agua, M: Contenido de agua del producto en equilibrio (g/100 g materia seca), M_{1c} : Contenido en agua correspondiente a la capa monomolecular (g/100 g materia seca), c: constante.

Variación de peso

El registro de peso (balanza de precisión 0,01 g) de las muestras se realizó cada semana, retirándose el film de polipropileno de protección. Se comparó el peso anterior con el actual.

Determinación de la acidez titulable y pH

Se determinó mediante una titulación ácido-base con NaOH 0.1N, usando fenolftaleína como indicador. El resultado se expresó en porcentaje de ácido cítrico:

$$\% \text{ácido cítrico} = \frac{(V_{\text{NaOH}})(N_{\text{NaOH}})(m_{\text{eq.ac.cítrico}})}{\text{muestra}} \times 100$$

El pH fue determinado con un pHmetro digital (precisión 0,01).

Evaluación sensorial

Se realizó cada semana con un análisis descriptivo que planteó una escala para la evaluación de las características de textura y color durante el almacenamiento.

Recuento de levaduras y mohos

El número de levaduras y mohos se calculó y expresó en ufc/g, cuyo valor fue contrastado con los "Criterios Microbiológicos de Frutas, Hortalizas y otros Vegetales" - RM N° 615-2003-SA/DM.

Análisis estadístico de los datos

El análisis de varianza para las características estudiadas se realizó de acuerdo al diseño de dos factores en bloques completos al azar. Para la comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la isoterma de adsorción

En la Figura 1 se muestran las isotermas experimentales de adsorción de las tajadas deshidratadas de mango sin conservante, para cada uno de los niveles de humedad (10, 20 y 30%) a 25 °C, modelada con la ecuación de BET. El comportamiento de las isotermas de adsorción correspondieron al de tipo II, que según Alvarado y Aguilera (2001) es la más frecuente en frutas y verduras.

Determinación de la variación de peso

Durante el almacenamiento, las tajadas deshidratadas de mango mostraron notables variaciones en el peso (Figura 2). Existieron tratamientos que, en promedio, ganaron mucho peso, como el de 10% de humedad/25 °C y el de 20% de humedad/25 °C, que son los tratamientos en los que las tajadas deshidratadas de mango tuvieron menos porcentaje de humedad (10 y 20%) y la más baja temperatura (25 °C) de almacenamiento, cuyo ambiente (incubadora) tuvo una 80% HR. Esto explica la ganancia de peso de dichas muestras; es decir, existió una tendencia a establecerse un equilibrio entre la humedad relativa del ambiente y la humedad del producto.

La ganancia o pérdida de peso refiere la existencia de cierto grado de permeabilidad del film empleado. Manzino et al. (2006) resaltó la bondad del polipropileno como una excelente barrera frente a la humedad. Salazar y Guevara (2000) mostraron que el polipropileno es el que ofrece mayor seguridad para este tipo de producto. Sin embargo, Cheftel et al. (2000) indicó que el polipropileno no es 100% hermético al vapor de agua, pues la permeabilidad varía con respecto a las condiciones de espesor del film, humedad relativa y temperatura.

Determinación de la acidez titulable y pH

La acidez de las tajadas deshidratadas de mango, durante el almacenamiento, sufrió ligeras modificaciones (Figura 3) a 10, 20 y 30% de humedad, y 25, 40 y

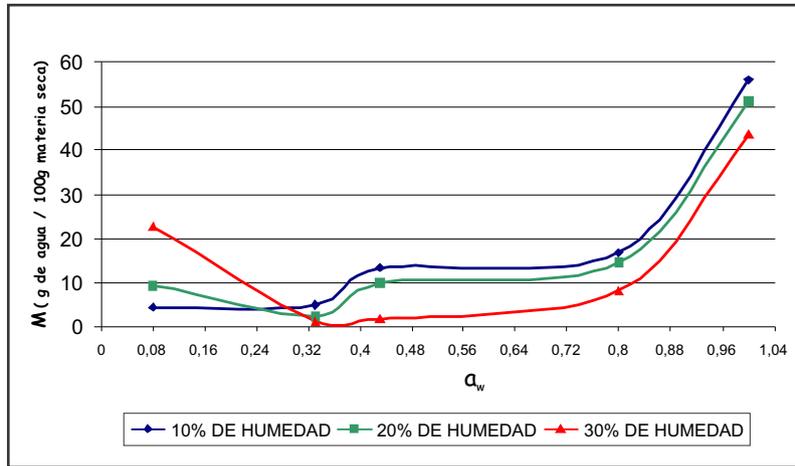


Figura 1. Isotermas experimentales de adsorción de las tajadas deshidratadas de mango sin conservante para las humedades de 10, 20 y 30% a 25 °C.

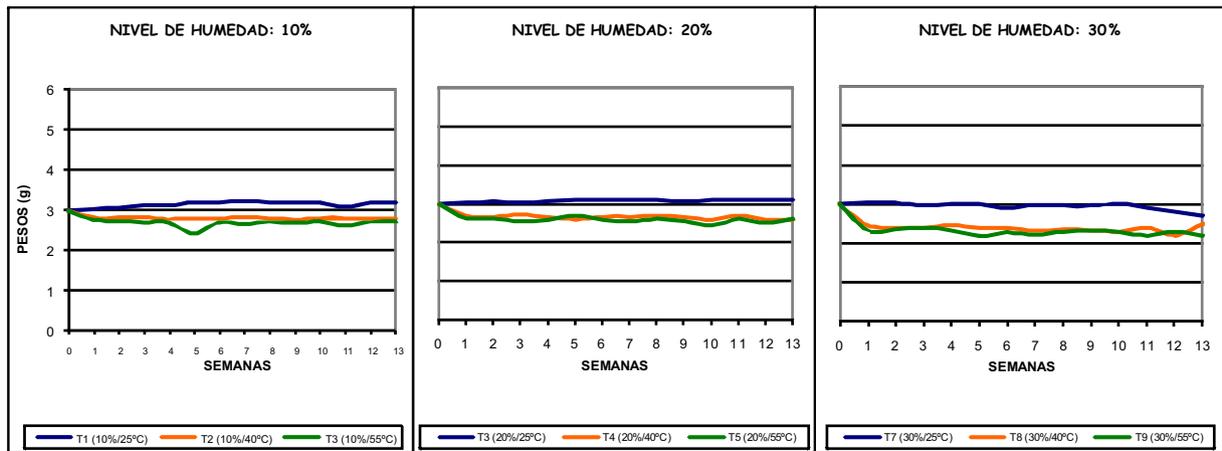


Figura 2. Comportamiento del peso de las tajadas deshidratadas de mango durante su almacenamiento.

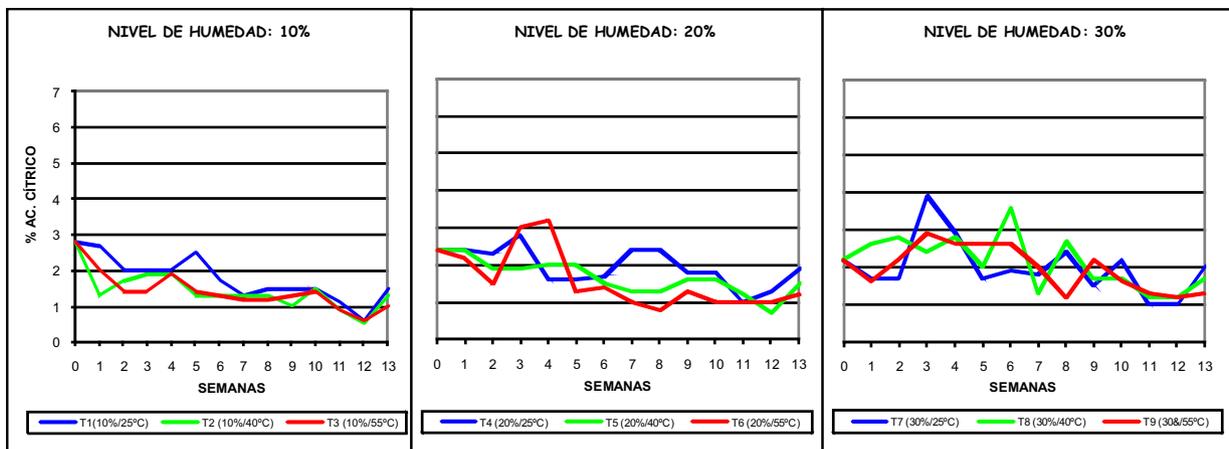


Figura 3. Comportamiento de la acidez del producto a los niveles 10, 20 y 30% de humedad, almacenado a diferentes temperaturas.

55 °C de almacenamiento. Según Cheftel et al. (2000) y Babsky, citados por Gonzalo (2004), determinaron que la ligera disminución en la acidez podría deberse, en parte, a la copolimerización de los ácidos orgánicos con productos resultantes de las reacciones de pardeamiento, como los compuestos carbonilo, glicosilamina, orto-quinonas, y otros; Cheftel et al. (2000) consideró que es posible que los ácidos orgánicos reaccionen con los azúcares reductores para formar pigmentos coloreados, como consecuencia de la reacción de Maillard. El pH durante el almacenamiento presentó ligeras variaciones (Cuadro 1). Babsky et al., citados por Gonzalo (2004), verificaron que la evolución del pH y la acidez total (de un con-

centrado) durante el almacenamiento no varía de forma significativa; coincidiendo con los resultados de esta investigación.

En el Cuadro 2, se presenta un método descriptivo con una escala adimensional que permitió caracterizar los aspectos de textura y color (la parte superior de la tabla corresponde a la evaluación de la textura y la inferior al color). Las evaluaciones de color se muestran de manera comparativa a través de fotografías en la Figura 4, para cada uno de los tratamientos, antes (semana 0) y después de culminado su almacenamiento (semana 13); para una mejor visualización, las fotos que correspondieron a la semana 13 tienen su respectivo duplicado.

Cuadro 1
pH DE LAS TAJADAS DESHIDRATADAS DE MANGO DURANTE SU ALMACENAMIENTO

Tratamientos	Bloques													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 (10% / 25 °C)	3,90	4,08	4,24	4,23	4,17	4,22	4,25	4,40	4,16	4,42	4,27	4,31	4,28	4,26
2 (10% / 40 °C)	3,90	4,22	4,09	4,23	4,14	4,32	4,17	4,22	4,15	4,35	4,26	4,39	4,17	4,21
3 (10% / 55 °C)	3,90	4,35	4,45	4,25	4,47	4,20	4,39	4,18	4,28	4,50	4,40	4,50	4,50	4,48
4 (20% / 25 °C)	4,00	4,05	4,10	4,00	4,21	4,38	4,30	4,19	4,25	4,41	4,38	4,18	4,15	4,04
5 (20% / 40 °C)	4,00	4,33	4,24	4,24	4,06	4,29	4,41	4,10	4,12	4,40	4,31	4,36	4,32	4,28
6 (20% / 55 °C)	4,00	3,98	4,40	3,99	4,30	4,43	4,22	4,33	4,28	4,41	4,14	4,39	4,32	4,51
7 (30% / 25 °C)	3,97	3,81	4,26	3,79	3,95	4,17	3,76	3,99	3,84	4,16	3,92	3,98	3,75	3,71
8 (30% / 40 °C)	3,97	4,20	3,83	4,15	4,26	4,46	4,05	4,18	3,91	4,35	4,00	3,92	4,00	4,09
9 (30% / 55 °C)	3,97	4,31	4,23	4,13	4,13	4,25	4,45	4,34	4,21	4,34	3,97	4,02	4,14	4,24

Cuadro 2
CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA Y COLOR PARA CADA TRATAMIENTO EN CADA BLOQUE

Características	Tratamientos	Bloques													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Textura	1 (10% / 25 °C)	MoD	MoD	MoD	MoD	MoS									
	2 (10% / 40 °C)	MoD	MoD	MoD	MoD	MoD	MD								
	3 (10% / 55 °C)	MoD	MoD	MoD	MoD	MoD	MD	MD	MD	ED	ED	ED	ED	ED	ED
	4 (20% / 25 °C)	MoS	MoS	MoS	MoS	MoS	MS								
	5 (20% / 40 °C)	MoS	MoS	MoS	MoS	LS	LS	LS	LS	LS	MoD	MoD	MoD	MoD	MoD
	6 (20% / 55 °C)	MoS	MoS	MoS	MoS	LD	LD	LD	LD	LD	ED	ED	ED	ED	ED
	7 (30% / 25 °C)	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	LS						
	8 (30% / 40 °C)	MS	MS	MS	MS	LD	LD	LD	LD	MoD	MoD	MoD	MoD	MoD	MoD
	9 (30% / 55 °C)	MS	LS	LS	LS	LS	MoD	MoD	MoD	MoD	MD	MD	MD	MD	MD
Color	1 (10% / 25 °C)	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC
	2 (10% / 40 °C)	AC	AC	AC	AC	AO									
	3 (10% / 55 °C)	AC	AC	AMO	AMO	AMO	AMO	MC	MC	MO	MO	MO	MO	MO	MO
	4 (20% / 25 °C)	AB	AB	AB	APB	APB	AMO								
	5 (20% / 40 °C)	AB	AB	AO											
	6 (20% / 55 °C)	AB	AB	AB	MC	MC	MC	MO							
	7 (30% / 25 °C)	AB	AB	AB	APB	APB	AMO								
	8 (30% / 40 °C)	AB	AB	AB	APB	APB	AMO	AMO	MC	MC	MC	MO	MO	MO	MO
	9 (30% / 55 °C)	AB	APB	APB	AMO	AMO	MO	MO	MO	MO	MEO	MEO	MEO	MEO	MEO

LEYENDA: TEXTURA: ES: Extremadamente Suave
LD: Ligeramente Duro
COLOR: AC: Amarillo Característico
AMO: Amarillo con manchas oscuras

MS: Muy Suave
MoD: Moderadamente Duro
AB: Amarillo brillante
MC: Marrón claro

MoS: Moderadamente Suave
MD: Muy Duro
APB: Amarillo poco brillante
MO: Marrón oscuro

LS: Ligeramente Suave
ED: Extremadamente duro
AO: Amarillo Opaco
MEO: Marrón extremadamente

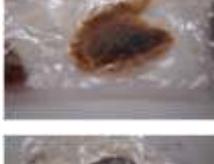
Tratamientos	Semana 0	Semana 13	
		Muestra	Repetición
Tratamiento 1: 10% Hum. / 25 °C			
Tratamiento 2: 10% Hum./ 40 °C			
Tratamiento 3: 10% Hum./ 55 °C			
Tratamiento 4: 20% Hum./ 25 °C			
Tratamiento 5: 20% Hum./40 °C			
Tratamiento 6: 20% Hum./55 °C			
Tratamiento 7: 30% Hum./ 25 °C			
Tratamiento 8: 30% Hum./ 40 °C			
Tratamiento 9: 30% Hum./ 55 °C			

Figura 4. Fotografías comparativas del estado inicial y final de las tajadas deshidratadas de mango en su almacenamiento.

Cuadro 3
VALORES DEL RECUENTO MICROBIANO (ufc/g)

Tratamientos	Bloques			
	1	2	3	4
10% / 25 °C	66	17	6	11
10% / 40 °C	66	29	54	8
10% / 55 °C	66	13	6	10
20% / 25 °C	81	18	7	14
20% / 40 °C	81	8	31	11
20% / 55 °C	81	18	3	8
30% / 25 °C	90	14	310	350
30% / 40 °C	90	11	47	8
30% / 55 °C	90	6	8	8

Recuento de levaduras y mohos

Los factores: ácidos orgánicos, pH del alimento, oxígeno presente, conservantes y temperatura, combinados con la a_w , según Barbosa y Vega (2000), afectan la inhibición de los microorganismos. El CYTED (2002) y Madigan et al. (1999) dicen que el crecimiento y supervivencia de los microorganismos están fuertemente influenciados por el pH, pudiendo desarrollarse en frutas, mohos a pH de 1,5 a 11,0 y levaduras a 1,5 a 8,0. Los pH (Cuadro 1) registrados, fueron apropiados para el desarrollo de los dos grupos de microorganismos (Cuadro 3), dentro de los rangos establecidos. Cheftel et al. (2000) afirmó que los productos deshidratados no son estériles y muchas veces la reducción del número de microorganismos como resultado de las operaciones de deshidratación es baja.

CONCLUSIONES

El tratamiento que garantizó la estabilidad durante el almacenamiento de las tajadas deshidratadas de mango sin conservante fue el de 10% de humedad relativa / 25 °C, correspondiendo a muestras con 35° Brix, el valor de monocapa de 4,88 g H₂O/100 g materia seca, 1,76% de ácido cítrico, pH de 4,09 y carga microbiana de 11 ufc/g considerándose como inocuo.

El color amarillo característico permaneció durante los 90 días de almacenamiento y su textura mejoró pasando de moderadamente duro a moderadamente suave.

La textura de las tajadas deshidratadas de mango, para los tratamientos 10% de humedad relativa/25 °C y 20% de humedad relativa/25 °C pasó de moderadamente duro a moderadamente suave y de moderadamente suave a muy suave, respectivamente, es decir, se ablandaron. Para los tratamientos restantes, con-

forme la temperatura aumentó, la textura se vio más afectada, finalizando con una calificación de muy duro y extremadamente duro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J.y D; Aguilera. (2001). Métodos para Medir Propiedades Físicas en la Industria de Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).440p.
- Balarezo B., A.; Garrido L., V.; Lopez y J. Ramos. (1997). Manual Manejo del Cultivo del Mango. - Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Piura. Perú. 35p.
- Barbosa C., y G; Vega. (2000). Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España). 297p.
- Casp, A y R. Abril. (1999). Procesos de Conservación de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España). 494p.
- CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (2002). Temas en Tecnología de Alimentos. Vol I. Editorial Alfaomega. México. 337p.
- Cheftel, J.C.; Cheftel, H.; Besancon, P. (2000). Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol. I y II. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España). 404p.
- Gonzalo, M. (2004). Influencia de la Temperatura, el Envase y la Atmósfera en la Conservación de Uvas Pasas y de Albaricoques Deshidratados [En línea]. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Valencia-España. Disponible en: http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UV/AVAILABLE/TDX-0721104-122256//miranda.pdf
- Madigan, M.; Martinko, J y J. Parker. (1999). Brock - Biología de los Microorganismos. 8^{va} Edición. Editorial Prentice Hall. Madrid (España). 986p.
- Manzino, R.; Salas, D.; Garay, L. (2006). Polipropileno [en línea]. Facultad de Ingeniería - Industrias y Servicios. Universidad Nacional de Cuyo- Argentina. Disponible en: <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/archivos/industrias/2006polipropileno.pdf>.
- Salazar N., L. M.; Guevara P, A. (2000). Obtención de Carambola (*Averrhoa carambola l.*) Deshidratada por Osmosis [en línea]. Anales científicos de UNALM Disponible en: http://tumi.lamolina.edu.pe/resumen/anales/abril_junio_2000.pdf