



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**Efecto de la aplicación de películas comestibles formuladas  
con biopolímeros en la conservación de kiwi deshidratado.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**Ingeniero en Alimentos.**

**PRESENTA:**

**Rosa Isela Martínez Gutiérrez.**

**ASESORA:**

**I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez.**

**Cuautitlán Izcalli, Estado de México 2016.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

**Efecto de la aplicación de películas comestibles formuladas con biopolímeros en la conservación de kiwi deshidratado**

Que presenta la pasante: Rosa Isela Martínez Gutiérrez

Con número de cuenta: 407069413 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Febrero de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez	
VOCAL	I.B.Q. Norma Beatriz Casas Alencaster	
SECRETARIO	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
1er. SUPLENTE	I.A. Evangelina Hernández Granada	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	

NOTA: los sindocales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

IHM/mmgm\*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, que bajo mis convicciones y experiencias vividas sé que nunca me dejo sola en el principio, transcurso y culminación de mi carrera.

A mi familia por ser el principal soporte y motor en mi vida.

Rosa María Gutiérrez Vega y Manuel Martínez Vicente, papás, gracias absolutas por todo lo que han hecho por mí; a ustedes les debo lo que soy hoy en día. Gracias por cuidarme de una y mil maneras, por brindarme su apoyo, por su educación, tiempo, espacio, paciencia, consejos y palabras precisas; son todo un ejemplo a seguir. Gracias por confiar en mí a lo largo de este proyecto. Mejores padres no pude haber tenido, en esta y mil vidas más los seguiría eligiendo. Orgullosa por siempre de ser su hija, los amo demasiado.

Liliana Berenice Martínez Gutiérrez y Cynthia Verónica Martínez Gutiérrez, no solo hermanas sino también amigas y cómplices en todo lo que he hecho; mil gracias por nunca soltar mi mano cuando más las necesite. Siempre han tenido en mí a su principal admiradora, me inspire en ustedes durante este trabajo porque son excelentes mujeres en toda la extensión de la palabra por lo tanto la frase: “De grande quiero ser como mi hermanas” siempre estuvo presente. Las adoro.

Abdiel Domínguez Martínez, Manuel Darío De La Cruz Martínez, María Angélica Gutiérrez Toral, Kenya Olimpia Gutiérrez Toral, Jesús Eduardo Olimpo Gutiérrez Toral y Daniel Ochoa Martínez; mis sobrinos, primos y todos a la vez mis hermanitos, que aunque sea difícil de creer, su compañía, imaginación y ocurrencias alimentaban más y más mis ganas por salir adelante para que algún día ustedes vieran en mi un ejemplo para sus vidas, los quiero tanto.

Hermelinda Gutiérrez Vega, Ana Lilia Gutiérrez Vega, Jorge Alberto Gutiérrez Vega, Lucila Martínez Vicente y Angélica Toral Altamirano; mis tíos más cercanos y que siempre han representado para mí un apoyo esencial durante mi vida, gracias por estar presente durante este trayecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, excelentes casas de estudio que no solo alimentaron mi crecimiento profesional sino también personal. Las mejores experiencias las viví en estas instituciones tanto por las fuentes de conocimiento que adquirí así como también por las personas que llegue a conocer.

A todos mis profesores, cercana o no mi relación con ellos todos sin excepción alguna llenaron mis expectativas; gracias por compartir su sabiduría y enriquecer a mi persona.

A mi asesora de tesis I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez que me instruyo de la mejor manera en mi proyecto, gracias por guiarme y apoyarme en absolutamente todo; por inspirarme a ser mejor cada día a

través de sus ánimos, palabras e historias. A mis sinodales, I.B.Q. Norma Beatriz Casas Alecanster, Dra. María Trejo Márquez, I.A. Evangelina Hernández Granada y M. en C. Selene Pascual Bustamente; por alentarme a continuar a través de sus consejos, recomendaciones, opciones y correcciones; me llevo lo mejor de mi jurado en mis bolsillos, gracias infinitas.

En general a mis compañeros y amigos de la generación I.A 31, cada uno de ellos contribuyo a mi desarrollo personal y académico, de ellos solo obtuve buenas experiencias que me sirvieron durante mi aprendizaje.

En especial las siguientes personas, no solo fueron un apoyo primordial durante este proceso sino también fueron como mi segunda familia, agradezco de antemano su bella y valiosa amistad. Excelentes personas: Melissa Sarahí Jaramillo Suárez, Maricela De La Cruz Santiago, Cesar Guillermo Vargas Rojas, Arturo Antonio Matencio Arroyo, Javier Marck Zarate Barenca, Juan Guerrero, Marco Iván Vera Márquez, Paola Briseño y Victor Cruz; muchas gracias por siempre creer en mi incluso cuando yo no podía hacerlo, por todos los buenos y malos momentos, más buenos que malos pero siempre permaneciendo ahí y para mí, por sus consejos, por comprenderme, por hacer tan divertido este recorrido.

No fue un camino fácil, fue muy duro y arduo, lleno de complicaciones gracias a todas las personas mencionadas anteriormente, ustedes ayudaron a que este viaje fuera el mejor de mi vida.

<b>INDICE</b>	<b>PÁGINA</b>
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. ANTECEDENTES .....	3
1.1 Origen del kiwi .....	3
1.2 Clasificación botánica.....	3
1.3 Descripción del fruto .....	3
1.4 Variedades de kiwi .....	4
1.5 Producción mundial del kiwi.....	5
1.6 Composición química y valor nutrimental del kiwi .....	5
1.7 Microorganismos que afectan la calidad del kiwi .....	6
1.8 Conservación poscosecha del kiwi .....	7
1.9 Deshidratación osmótica.....	8
1.9.1 Generalidades .....	8
1.9.2 Mecanismo de deshidratación osmótica .....	8
1.9.3 Principales etapas en la preparación de productos deshidratados osmóticamente .....	9
1.10 Secado.....	10
1.10.1 Generalidades .....	10
1.10.2 Mecanismo de secado.....	10
1.10.3 Métodos generales de secado .....	11
1.10.4 Equipo para secado.....	11
1.11 Películas comestibles.....	12
1.11.1 Definición.....	12
1.11.2 Generalidades y funciones.....	13
1.11.3 Requerimientos, ventajas y aplicación en alimentos .....	14
1.11.4 Características y composición de películas comestibles.....	15
1.11.5 Hidrocoloides: Polisacáridos .....	16

1.11.6	Interacción de biopolímeros y aditivos.....	18
1.11.7	Formas de aplicación de películas comestibles y recubrimientos comestibles.....	20
1.11.8	Propiedades de las películas comestibles .....	20
2.	METODOLOGÍA.....	23
2.1	Problema.....	23
2.2	Objetivo general .....	23
2.3	Objetivos particulares.....	23
2.3.1	Objetivo particular 1 .....	23
2.3.2	Objetivo particular 2.....	23
2.3.3	Objetivo particular 3.....	23
2.4	Cuadro metodológico .....	24
2.5	Materiales y métodos.....	25
2.5.1	Material biológico.....	25
2.5.2	Métodos de deshidratación .....	25
2.5.3	Determinación de humedad inicial (materia prima y producto final deshidratado) .....	26
2.5.4	Elaboración de películas .....	27
2.5.5	Métodos de evaluación de las películas.....	28
2.5.5.1	Medida del espesor de las películas.....	28
2.5.6	Caracterización mecánica.....	29
2.5.6.1	Textura.....	29
2.5.7	Caracterización de barrera .....	29
2.5.7.1	Permeabilidad al vapor de agua.....	29
2.5.7.2	Permeabilidad al oxígeno .....	31
2.5.8	Caracterización fisicoquímica .....	33
2.5.8.1	Determinación de pH.....	33
2.5.8.2	Determinación de ángulo de contacto.....	33
2.6	Métodos de evaluación de las propiedades del Kiwi.....	34

2.6.1	Propiedades texturales del producto (Perfil de textura).....	34
2.6.2	Propiedades físicas del producto (Color).....	34
2.6.3	Propiedades químicas del producto (Humedad) .....	36
2.6.4	Propiedades microbiológicas del producto (Determinación de mohos) .....	36
2.7	Análisis estadístico .....	37
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
3.1	Determinación de humedad inicial (materia prima y producto final deshidratado) .....	37
3.2	Espesor de las películas .....	38
3.3	Caracterización mecánica de las películas.....	39
3.4	Caracterización de barrera de las películas.....	41
3.5	Caracterización fisicoquímica de las películas .....	43
3.6	Aplicación del recubrimiento comestible (inmersión) .....	44
3.7	Métodos de evaluación de las propiedades del kiwi.....	44
3.7.1	Perfil de textura del kiwi .....	44
3.7.2	Color del kiwi .....	51
3.7.3	Humedad del kiwi.....	53
3.7.4	Determinación de mohos en kiwi .....	54
3.8	Rentabilidad de la aplicación de películas comestibles .....	56
3.8.1	Método de precio promedio de mercado .....	57
3.8.2	Costos variables.....	58
	(Costos fijos unitarios y precio del producto) .....	58
	CONCLUSIONES.....	62
	RECOMENDACIONES .....	64
	BIBLIOGRAFÍA .....	65
	ANEXOS.....	73

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1. Producción mundial del kiwi.....	5
Figura 2. <i>Botrytis cinérea</i> .....	6
Figura 3. Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso en la solución hipertónica. ....	9
Figura 4. Etapas principales en el procesamiento de productos deshidratados osmóticamente. ....	9
Figura 5. Monómeros del ácido algínico. ....	17
Figura 6. Estructura química del sorbitol.....	18
Figura 7. Fórmula química del benzoato de sodio.....	19
Figura 8. Métodos de evaluación de las películas comestibles.....	21
Figura 9. Métodos de evaluación de las propiedades del kiwi.....	22
Figura 10. Elaboración de kiwi secado por aire caliente. ....	25
Figura 11. Elaboración de kiwi por deshidratado osmótica y secado convectivo. ....	26
Figura 12. Diagrama de proceso para la elaboración de películas comestibles por el método de moldeado. .....	28
Figura 13. Micrómetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Corp., Kanawava Japón). ....	28
Figura 14. Pesafiltros.. ....	29
Figura 15. Texturómetro LLOYD TA 500. ....	29
Figura 16. Sistema hermético para armar las celdas.....	30
Figura 17. Cabina.....	30
Figura 18. Sistema elaborado a nivel laboratorio para la determinación de la permeabilidad al oxígeno. .....	32
Figura 19. Potenciómetro (Hanna Instruments pH 209). ....	33
Figura 20. Equipo para determinar ángulo de contacto. ....	33
Figura 21. Texturómetro TA XT2.....	34
Figura 22. Determinación de color. ....	35
Figura 23. Gráfica de color CIELAB.....	35
Figura 24. Termobalanza (Ohaus MB 45). ....	36
Figura 25. Estufa donde se llevó a cabo la incubación de las muestras.....	36
Figura 26. Contador de colonias. ....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

## PÁGINA

Tabla 1. Clasificación Botánica del kiwi. ....	3
Tabla 2. Principales partes de la planta de kiwi. ....	3
Tabla 3. Composición química y nutrimental de kiwi fresco. ....	6
Tabla 4. Métodos tradicionales en la poscosecha del kiwi. ....	7
Tabla 5. Tipos de secadores utilizados comúnmente en la industria. ....	12
Tabla 6. Usos posibles de películas y recubrimientos comestibles.....	13
Tabla 7. Usos de películas comestibles en alimentos. ....	15
Tabla 8. Características de algunos almidones usados en la industria alimentaria.....	17
Tabla 9. Composición de las soluciones filmogénicas. ....	27
Tabla 10. Valores de humedad y desviación estándar de los datos. ....	37
Tabla 11. Efecto de las concentraciones de sorbitol en la variable de respuesta espesor.....	38
Tabla 12. Efecto de las concentraciones de sorbitol en las propiedades mecánicas.....	39
Tabla 13. Efecto de las concentraciones de sorbitol en las propiedades de barrera. ....	42
Tabla 14. Efecto de las concentraciones de sorbitol en las propiedades fisicoquímicas. ....	43
Tabla 15. Determinación del perfil de textura en kiwi secado con aire caliente (puntos controles y muestras con película).....	45
Tabla 16. Determinación del perfil de textura en kiwi deshidratado osmóticamente (puntos controles y muestras con película).....	48
Tabla 17. Parámetros del color por el método CIELAB y CIELCH en kiwi secado con aire caliente (puntos controles y muestras con películas). ....	52
Tabla 18. Parámetros del color por el método CIELAB y CIELCH en kiwi deshidratado osmóticamente (puntos controles y muestras con películas). ....	52
Tabla 19. Determinación del contenido de humedad en kiwi secado con aire caliente (puntos controles y muestras con películas). ....	53
Tabla 20. Determinación del contenido de humedad en kiwi deshidratado osmóticamente (puntos controles y muestras con películas). ....	54
Tabla 21. UFC por g de mohos en agar papa-dextrosa acidificado incubadas 120 horas a 30°C para kiwi secado con aire caliente (sin y con película).....	55
Tabla 22. UFC por g de mohos en agar papa-dextrosa acidificado incubadas 120 horas a 30°C para kiwi deshidratado osmóticamente (sin y con película). ....	56
Tabla 23. Precios de los productos similares ofertados en el mercado.....	57

Tabla 24. Estimación del precio promedio de frutas deshidratadas comerciales.....	58
Tabla 25. Costos de materia prima.....	58
Tabla 26. Costos fijos de la empresa.....	59
Tabla 27. Costos de la elaboración de kiwi secado con aire caliente con película de sorbitol 1.5%.....	59
Tabla 28. Costos de la elaboración de kiwi deshidratado osmóticamente con película de sorbitol 1.5%. .....	60

<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b>	<b>PÁGINA</b>
Ecuación 1. Determinación de la velocidad de transmisión de vapor de agua .....	30
Ecuación 2. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua .....	30
Ecuación 3. Valor de presión parcial de vapor de agua en la superficie del film .....	31
Ecuación 4. Flujo de agua presente en el film .....	31
Ecuación 5. Concentración molar total de aire y vapor de agua.....	31
Ecuación 6. Difusividad del vapor de agua presente en el aire.....	31
Ecuación 7. Unidades para permeabilidad al vapor de agua.....	31
Ecuación 8. Cálculo de permeabilidad al Oxígeno .....	32
Ecuación 9. Unidades para permeabilidad al Oxígeno .....	32
Ecuación 10. Angulo de tono.....	35
Ecuación 11. Cromaticidad .....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

## PÁGINA

Gráfica 1. Comparación del parámetro de dureza de las películas comestibles. ....	39
Gráfica 2. Determinación del parámetro de módulo de compresión de las películas comestibles. ....	40
Gráfica 3. Determinación del parámetro de trabajo de ruptura de las películas comestibles. ....	40
Gráfica 4. Determinación del parámetro de distancia de ruptura de las películas comestibles ....	41
Gráfica 5: Análisis de dureza, gomosidad y masticabilidad en el producto secado con aire caliente. ...	45
Gráfica 6. Análisis del parámetro de cohesividad en el producto secado con aire caliente.....	46
Gráfica 7. Análisis del parámetro de adhesividad en el producto secado con aire caliente.....	47
Gráfica 8. Análisis del parámetro de elasticidad en el producto secado con aire caliente.....	47
Gráfica 9. Análisis de dureza, gomosidad y masticabilidad en el producto deshidratado osmóticamente. .....	49
Gráfica 10. Análisis del parámetro de cohesividad en el producto deshidratado osmóticamente. ....	50
Gráfica 11. Análisis del parámetro de adhesividad en el producto deshidratado osmóticamente. ....	50
Gráfica 12. Análisis del parámetro de elasticidad en el producto deshidratado osmóticamente. ....	51

## **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de películas comestibles empleadas como método de conservación en kiwi deshidratado; se trabajó con la variedad de kiwi pulpa verde “Hayward” por ser la más disponible comercialmente. Se elaboraron soluciones formadoras de películas empleando una mezcla de biopolímeros (almidón de maíz nativo - alginato de sodio) y como agente plastificante el sorbitol el cual se trabajó en concentraciones de 1.5% y 1.875%. Por otra parte, las películas pre-formadas se obtuvieron por el método de casting a las cuales se les realizó la caracterización mecánica, de barrera, térmica y fisicoquímica. Una vez realizada la caracterización de las películas se procedió a la inmersión del producto deshidratado para llevar a cabo la evaluación de parámetros de calidad tales como perfil de textura, color, humedad y determinación de mohos, elaborando a la par un comparativo con el producto deshidratado sin película.

Para garantizar que tan viable es la aplicación de las películas en el producto deshidratado se determinó la rentabilidad del proyecto mediante la estimación del precio por medio de la obtención del precio promedio de mercado, costos variables y costos fijos unitarios.

Finalmente los resultados obtenidos en la caracterización de las películas mostraron que las películas que cumplieron con los requerimientos de proteger al producto deshidratado contra factores como el O<sub>2</sub> y vapor de agua fueron las que se trabajaron a la concentración 1.5 % de sorbitol, de igual forma estas películas fueron las que menos costos generaban; la aplicación de estas películas en el producto final, de manera general, suponen cambios mínimos sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del mismo en comparación con las muestras del producto deshidratado que no se encontraban recubiertas por películas.

## INTRODUCCIÓN

El kiwi es un fruto perteneciente a la familia *Actinidiaceae*, que se caracteriza por ser una planta trepadora de climas templados, originaria del sur de China (Navarrete, 2010). Este fruto de piel velluda y pulpa verde es importante por su gran aporte en vitamina C y E, alto contenido en fibra, bajo en colesterol, efectos anti-cancerígenos, capacidad antioxidante y anti-inflamatoria además de fortalecer el sistema inmunológico y aumentar las defensas en el organismo (Arisó, 2009). En el 2010, las importaciones de kiwi en México han sido de 3,598 toneladas (Navarrete, 2010), sin embargo, las pérdidas post-cosecha se presentan a causa de la alta respiración y podredumbre del fruto y hacen que su vida de anaquel sea corta; por tanto no es factible tenerlo sin procesar largos periodos; para la conservación del kiwi existen diferentes métodos tales como la refrigeración, congelación, secado y deshidratación osmótica; estos dos últimos métodos aumentan la vida útil del fruto por un tiempo aproximado de 6 meses, sin embargo se busca aumentar el tiempo de conservación del mismo; una de las alternativas que ayuda a lo anterior de un forma práctica y natural es la aplicación de películas comestibles. Las películas comestibles se definen como capas continuas y delgadas, de un material comestible formado sobre un alimento (recubrimiento) o colocado (lo que indica que debe ser pre-formado) sobre o entre los componentes de los alimentos. Su propósito es el de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos, pigmentos, etc.; servir como vehículos de otros ingredientes con un propósito específico diferente como la incorporación en las formulaciones de agentes antimicrobianos, antioxidantes, saborizantes y colorantes; y/o mejorar la integridad mecánica o características de manejo del alimento en cuestión, de esta manera protegen al producto y prolongan su vida de anaquel (Krochta *et al.*, 2002). Las películas elaboradas a partir de polisacáridos comúnmente son transparentes, flexibles, no se ven afectadas por aceites, grasas o solventes orgánicos no polares, son eficaces como barrera a los gases y sensibles a la humedad (Guilbert, 1994), ésta última propiedad se puede mejorar por el uso de aditivos como los plastificantes y utilizando una combinación de polisacáridos, por lo que el objetivo del trabajo es elaborar películas a partir de una mezcla conformada por almidón de maíz nativo y alginato de sodio con un agente plastificante (sorbitol) a dos diferentes concentraciones con la finalidad de establecer efectos sobre el kiwi deshidratado. El almidón de maíz por su capacidad de hinchamiento en solución y por su cualidad de retrogradación de los almidones permite usarlos como gelificantes permitiendo la formación de películas resistentes a la alta tensión, lisas, transparentes y generan una barrera moderada a los gases. Por otra parte el alginato de sodio forma películas transparentes, flexibles y son eficaces como barrera a los gases (González M. A., 2012).

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 Origen del kiwi

El kiwi es una fruta originaria del sur de China, este pequeño fruto de piel velluda y pulpa verde fue introducido a principios del siglo XX en Nueva Zelanda, donde obtuvo el nombre por su parecido con el ave nacional del país. Desde ahí, en la década del 70 se extendió a otros lugares de clima templado, como Chile, donde ha tenido un especial desarrollo (Navarrete, 2010). Corresponde a una especie hoy en día difundida y cultivada con fines comerciales en varios países del mundo. Actualmente en México, una de las intenciones es que se pueda producir específicamente en la zona de Jalisco ya que las condiciones climatológicas de Nueva Zelanda y Jalisco presentan similitudes, es así como a finales del año 2009 se tuvo interés por desarrollar el cultivo de la Actinidia en algunos terrenos propios que se creen propicios para ello (Kiwiguru, 2010).

## 1.2 Clasificación botánica

Esta interesante y deliciosa fruta tropical pertenece a la clasificación botánica mostrada en la tabla 1.

**Tabla 1. Clasificación Botánica del kiwi.**

<b>Familia</b>	<i>Actinidiaceae</i>
<b>Género</b>	Actinidia
<b>Especie</b>	Deliciosa
<b>Orden</b>	Theales
<b>Subclase</b>	Dilleniidae
<b>Nombre común</b>	Kiwi, kiwifruit, grosella de China, yang tao, Actinidia
<b>Nombre científico</b>	Actinidia chinensis
<b>Hábitat de crecimiento</b>	Árboles o lianas leñosas

Fuente: Villafuerte (2008).

## 1.3 Descripción del fruto

Las partes principales de la planta se exponen en la tabla 2.

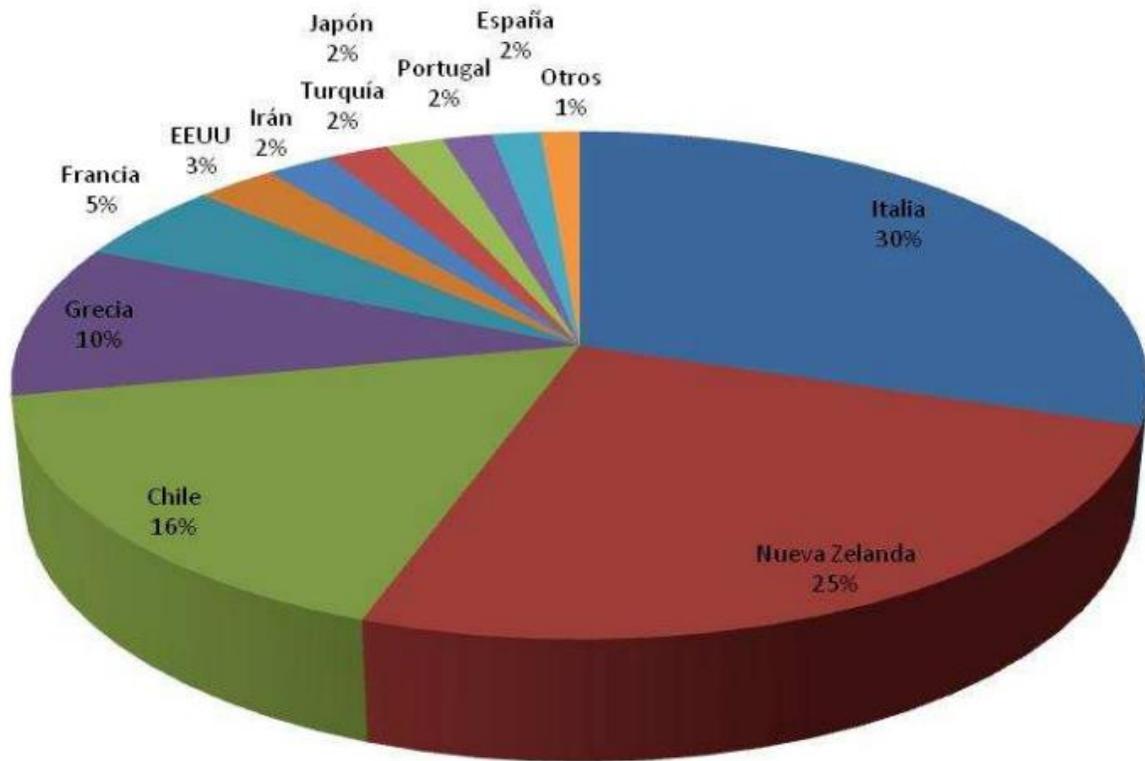
**Tabla 2. Principales partes de la planta de kiwi.**

	<b>PARTES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Raíz		Es carnosa, muy ramificada, susceptible a deshidratación, asfixia y pudriciones.
Tronco		Alcanza una altura de 1.8-2.1 m y su diámetro a los 30 años puede ser de 20 cm.



### 1.5 Producción mundial del kiwi

En la figura 1 se citan los países productores de kiwi en el mundo los cuales se encuentran localizados principalmente en Europa (Italia, Francia, Grecia, Portugal y España) y Oceanía (Nueva Zelanda) mientras que en América apenas 2 mercados están entre los 10 primeros productores mundiales de kiwi (Chile y Estados Unidos) (Villafuerte, 2008).



**Figura 1. Producción mundial del kiwi (%).**  
Fuente: FAO (2011).

### 1.6 Composición química y valor nutrimental del kiwi

Los análisis hechos al fruto de kiwi para estudiar su valor nutritivo son numerosos. La tabla 3 muestra la composición química y valor nutritivo del kiwi de acuerdo a análisis basados en variedades “Zespri Green”, “Zespri Gold” y “Zespri Sungold”. Lo que más destaca de esta fruta es su riqueza en vitamina C, se trata de una fruta poco calórica, que aporta una cantidad moderada de hidratos de carbono y azúcares; contiene una alta cantidad de fibra soluble para regular los niveles de colesterol y azúcar en la sangre, así como para facilitar el tránsito intestinal, ideal en personas que sufren estreñimiento. Así mismo ejerce un ligero efecto saciante, muy conveniente para las personas que quieren perder peso. El kiwi también presenta un contenido muy interesante en ácido fólico (un solo kiwi cubre el 20% de las necesidades diarias recomendadas), básico para prevenir malformaciones fetales, anemias y reducir el

riesgo cardiovascular. En vitamina E, aporta el 10% de las necesidades diarias aconsejadas, el hecho de que en el kiwi se encuentre esta vitamina junto con la C lo convierte en una fruta con gran poder antioxidante. En cuanto a su contenido en minerales, encontramos magnesio, muy importante para mantener en buen estado el sistema circulatorio y los músculos; también aporta potasio que ayuda a regular el ritmo cardiaco, prevenir los coágulos y la tensión arterial. Además le confiere cierto efecto diurético. Posee calcio en un 5% de la cantidad diaria recomendada. Por todo ello, el kiwi se puede considerar una fruta con efectos anticancerígenos y propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, que mejora el sistema inmunológico y aumenta las defensas del organismo (Arisó, 2009).

**Tabla 3. Composición química y nutricional de kiwi fresco.**

COMPONENTE	POR CADA 100g
AGUA	83 g
CARBOHIDRATOS	12 g
FIBRA	3.4 g
PROTEÍNAS	1 g
CENIZAS	0.81 g
LÍPIDOS	0.4 g
VITAMINA C (ácido ascórbico total)	100 mg
ENERGÍA	72 kcal (306 kJ)

Fuente: Zespri (2011).

### 1.7 Microorganismos que afectan la calidad del kiwi

El cultivo del kiwi se ha mostrado muy resistente a plagas y enfermedades, de forma que no presenta ningún problema fitosanitario que cause perjuicio comercial. No obstante, comienzan a aparecer las primeras enfermedades no de forma habitual, en la figura 2 se muestra la principal enfermedad en el cultivo del kiwi, *Botrytis cinérea* es una podredumbre gris causada por hongos y afecta a los frutos durante el almacenamiento, por una mala ventilación o lluvias dentro de la plantación. La infestación primaria ocurre principalmente antes o durante la cosecha en el huerto (Villafuerte, 2008).



**Figura 2. *Botrytis cinérea*.**

Fuente: CIREN (1988).

Como medidas preventivas para su control se recomienda aplicar un tratamiento antes de la recolección con Thiram y Captan (fungicidas) y una pulverización de pre-cosecha con fitosanitarios como Beromil, Iprodina, Vinclozolina y Procimidona además de preservar una buena cadena de frío durante su post – cosecha (CIREN,1988).

### 1.8 Conservación poscosecha del kiwi

Los kiwis a temperatura ambiente, en lugar fresco y dentro de un envase o bolsa hermética, pueden conservarse bien alrededor de unas dos semanas. Por ser un fruto climatérico, es conveniente que la temperatura del fruto sea de 0°C para evitar la respiración y la emisión del etileno. El kiwi es muy sensible al etileno pudiendo madurar en 3 días en concentraciones de 1 a 2 partes por millón debido a su baja actividad respiratoria (Red de Mercas, 2006). Para plazos más dilatados también se pueden guardar en frigorífico y admiten congelación y atmosferas controladas (tabla 4).

**Tabla 4. Métodos tradicionales en la poscosecha del kiwi.**

MÉTODO	PRINCIPIO	CONDICIONES
Refrigeración	Reducción de la temperatura de un alimento retirando el calor sensible del mismo. Generalmente se manejan temperaturas de entre 0° a 4°C.	Las temperaturas de refrigeración del kiwi oscilan entre 0° y 3°C (0° y 1°C más habitual).
Congelación	Reducción de la temperatura por debajo de aquella en la que se empiezan a formar cristales en un material alimenticio o eliminación de calor latente del objeto en estudio. Maneja temperaturas del orden de hasta -30°C.	El kiwi tiene un punto de congelación comprendido entre -2° y -2.5°C, manteniendo la humedad relativa superior al 95%.
Atmosferas controladas	Se generan bajando sustancialmente los niveles de oxígeno y elevando los niveles de dióxido de carbono. Reduce al mínimo la respiración y consecuentemente la maduración del fruto. Conserva la firmeza de la pulpa.	<p><b>1) 2 a 3 % de oxígeno.</b></p> <p><b>2) 3 a 6 % de dióxido de carbono.</b></p>

**Fuentes:** Red de Mercas (2006), Orrego (2008), Infoagro Systems (2013).

Sin embargo, el kiwi es muy susceptible a la aplicación de los métodos anteriormente citados por lo general ocasionan ciertos daños en él, por ejemplo: la refrigeración y la congelación prolongadas o a temperaturas inadecuadas pueden producir alteraciones en la piel y marchitamiento de la pulpa del fruto mientras que si no se mantiene una humedad relativa elevada, el kiwi se deshidrata fácilmente por lo cual se propicia a una pérdida de peso y arrugamiento; los niveles por debajo del 1% de oxígeno alteran el sabor del fruto y por encima del 7% de dióxido de carbono causan roturas internas (Lauro *et al.*, 2013).

Al tratarse de un producto perecedero y que alrededor de un 25% de la producción no puede destinarse al mercado en estado fresco por no tener un calibre o aspecto adecuados, el procesado parece una alternativa interesante (Fúster *et al.*, 1994; Fang *et al.*, 2008). Además, cabe considerar la creciente demanda por parte de los consumidores de productos listos para consumir, que sean saludables, inocuos y semejantes al producto fresco. Entre algunos métodos de conservación alternativos que se pueden aplicar para el procesamiento del kiwi se encuentran la deshidratación osmótica y el secado convectivo que se exponen a continuación.

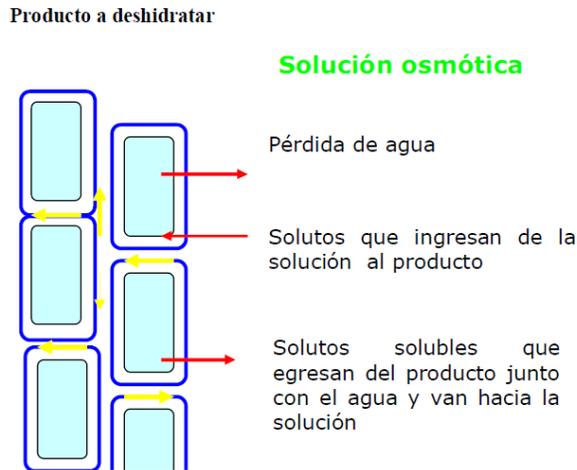
## **1.9 Deshidratación osmótica**

### **1.9.1 Generalidades**

Es un proceso de eliminación parcial de agua basado en el gradiente de agua y actividad de solubilidad a través de la membrana semipermeable de una célula. Se ha propuesto la aplicación de tratamientos osmóticos como un paso intermedio antes del secado o la congelación, para reducir la carga de agua del producto con una mejora simultánea de la calidad. Se ha propuesto también que la ósmosis es una técnica potencial para producir alimentos de humedad intermedia. La deshidratación osmótica con recirculación de jarabe osmótico requiere dos a tres veces menos energía que el secado convectivo. A temperaturas de proceso relativamente bajas (hasta 50°C), mejora el color del producto y la retención del sabor (Sharma *et al.*, 2003).

### **1.9.2 Mecanismo de deshidratación osmótica**

La deshidratación osmótica implica sumergir materiales alimenticios de humedad alta en una solución osmótica, por lo general una solución de azúcar o de cloruro de sodio. La solución osmótica donde se sumerge la materia prima debe ser una solución hipertónica, es decir, que tiene una alta presión osmótica y baja actividad de agua, siendo la fuerza impulsora para que el agua del alimento se difunda en el medio, originándose así una transferencia de masa desde la región de mayor concentración hacia la de menor concentración (Kaymak y Sultanoglu, 2000). En resumen, la deshidratación osmótica de alimentos incluye dos tipos de transferencia de masa: la difusión del agua del alimento a la solución y la difusión de solutos de la solución al alimento tal como se muestra en la figura 3. En el primer tipo, la fuerza conductora de la transferencia de masa es la diferencia de presión osmótica, mientras en la segunda es la diferencia de concentraciones (Barbosa-Canovas, 2000).

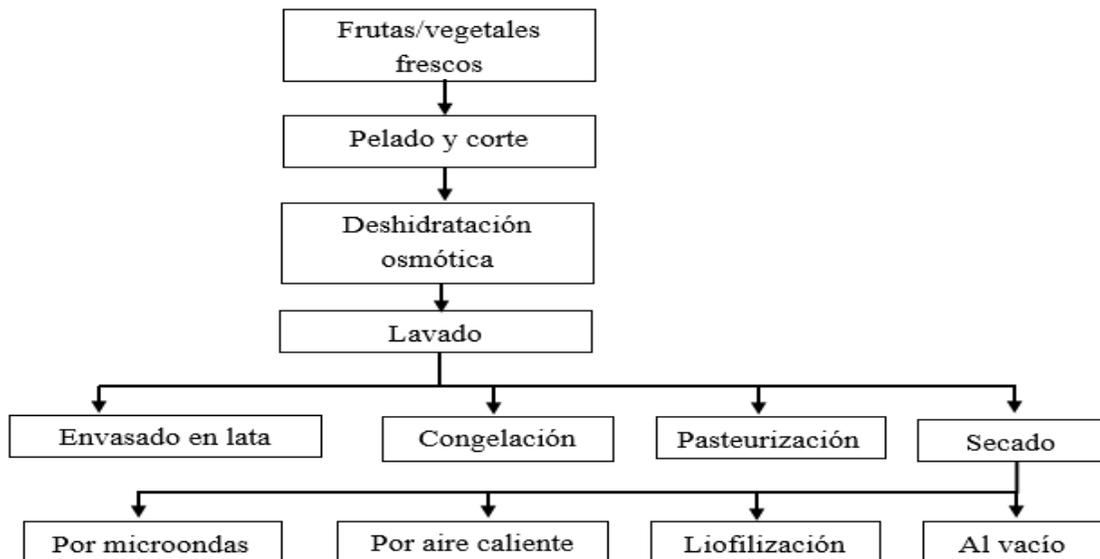


**Figura 3. Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso en la solución hipertónica.**

Fuente: Della (2010).

### 1.9.3 Principales etapas en la preparación de productos deshidratados osmóticamente

La deshidratación osmótica se usa como pretratamiento de muchos procesos para mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales del alimento sin modificar su integridad (Torreggiani, 1993). Generalmente precede a procesos como la congelación (Pointing *et al.*, 1966); (Ramallo *et al.*, 2002; Bianchi *et al.*, 2009), liofilización (Hawkes y Flink, 1978), secado al vacío (Della, 2010) o secado por aire caliente (Della, 2010). A continuación en la figura 4 se esquematizan las principales etapas en el procesamiento de productos deshidratados osmóticamente.



**Figura 4. Etapas principales en el procesamiento de productos deshidratados osmóticamente.**

Fuente: Della (2010).

Por lo general, la deshidratación osmótica no disminuye la actividad acuosa del alimento de tal manera de se estabilice totalmente, sino que sólo extiende su vida útil. Por ello la necesidad de aplicar otros procesos posteriores como secado, congelado o liofilizado, entre otros posibles. La pérdida de agua puede ser aproximadamente del 50-60% de su contenido inicial, existiendo entonces la posibilidad de producir significativas modificaciones en el volumen, forma y estructura del alimento (Della, 2010).

## **1.10 Secado**

### **1.10.1 Generalidades**

Un propósito del secado es aumentar la vida de anaquel de los alimentos mediante la reducción de la actividad de agua, lo que inhibe el crecimiento microbiano y la actividad de las enzimas (Sharma *et al.*, 2003). Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5% en peso en los alimentos, para preservar su sabor y su valor nutritivo. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los alimentos secos pueden almacenarse durante periodos bastante largos (Geankoplis, 1998). El secado es la aplicación de calor en condiciones controladas para eliminar el agua de los alimentos (Sharma *et al.*, 2003). La eliminación de agua del alimento seleccionado debe de ser la mayor cantidad posible bajo las siguientes condiciones controladas: temperatura, humedad, velocidad y circulación del aire (Romero, 2010). En esta operación se somete el producto húmedo a la acción de una corriente de aire caliente y seco, evaporándose el líquido con el consiguiente aumento de la humedad del aire. El punto final o límite de la desecación estará en la eliminación del líquido (normalmente agua) del material, hasta que la humedad de dicho material esté en equilibrio con el aire que le rodea; es decir, hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido sea igual a la presión parcial de la corriente gaseosa (Marcilla, 1998).

### **1.10.2 Mecanismo de secado**

Al secar un sólido en el seno de una masa de aire tiene lugar simultáneamente transferencia de materia y transmisión de calor. El agua contenida en el sólido se desplaza hacia la interfase y posteriormente al seno del gas. El gradiente de temperatura entre el aire y el sólido provoca la transmisión de calor.

Los fenómenos que suceden son (Marcilla, 1998):

1. Transferencia de materia a través del sólido. Se produce por capilaridad (altos niveles de humedad) y difusión (bajos niveles de humedad).
2. Transferencia de vapor de agua desde la interfase sólido-gas al seno del gas. Se produce por transporte turbulento.
3. Transferencia de calor desde el seno del gas a la interfase. Se produce por conducción, convección o radiación.
4. Transferencia de calor desde la interfase al seno del sólido. Sólo puede tener lugar por conducción.

### **1.10.3 Métodos generales de secado**

En general, los distintos métodos para llevar a cabo la desecación de sólidos o líquidos pueden ser de tipo mecánicos (prensado y centrifugación) o físico-químicos (evaporación superficial, liofilización, absorción, adsorción y congelación) (Marcilla, 1999). De todas estas técnicas, las más utilizadas en la deshidratación de productos agroalimentarios son la evaporación superficial (secado por aire caliente, secado a vacío, secado solar y secado por microondas), la deshidratación osmótica (convencional, a vacío o pro pulsos de vacío) y la liofilización. En ocasiones estas técnicas se combinan para la obtención de un determinado producto (deshidratación osmótica + secado por aire caliente) (Fito *et al.*, 2001).

### **1.10.4 Equipo para secado**

Uno de los criterios de clasificación de tipos de secadores se basa en la manera de transmitir calor, fundamentalmente, por convección, conducción y radiación (tabla 5).

A continuación se explica el modo de operación del secador de flujo transversal: El aire circula perpendicularmente al lecho a secar, en la parte inferior del equipo se halla una fuente de calor y desde ella asciende el aire caliente por convección forzada que penetra a través de charolas sobre las que se coloca la materia prima. El aire húmedo se elimina por la parte del techo (parte superior del equipo).

**Tabla 5. Tipos de secadores utilizados comúnmente en la industria.**

<b>TIPO DE SECADORES</b>	<b>PRINCIPIO</b>	<b>EJEMPLOS</b>
Directos o convectivos	Se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor por convección fundamentalmente y que arrastran fuera del secador los vapores producidos. En estos equipos la corriente de aire caliente es impulsada a través del secador por medio de ventiladores.	Secador de horno o estufa, secador de bandejas, secador de flujo transversal, secador continuo de túnel, secador de torre o bandejas giratorias, secador de lecho fluidizado, secador rotatorio y secador por aspersion.
Indirectos o por conducción	Se caracterizan por que en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálica.	Secador de tambor y secador indirecto al vacío con anaqueles.
Por radiación	Se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto. Esta energía se produce eléctricamente (infrarrojos) o por medio de refractarios únicamente calentados con gas.	Microondas y secador solar.

**Fuente:** Fito *et al* ( 2001).

En general para que un producto deshidratado se conserve por un tiempo prolongado es necesario resguardarlo de la presencia de humedad y de oxígeno, motivo por el cual la aplicación de películas comestibles resulta ser una buena opción ya que confieren propiedades de barrera al alimento seco ayudando a contrarrestar estos efectos. Por tanto es necesario hacer referencia a los aspectos más relevantes de películas comestibles en el siguiente apartado.

## **1.11 Películas comestibles**

### **1.11.1 Definición**

Las películas comestibles se definen como capas continuas y delgadas, de un material comestible formado sobre un alimento (recubrimiento) o colocado (lo que indica que debe ser pre-formado) sobre o entre los componentes de los alimentos y proveen un medio para acarrear ingredientes a los alimentos o aditivos y mejoran el manejo de los mismos. Estas películas actúan como una barrera a los elementos externos (factores como humedad, aceite, vapor), así protegen al producto y prolongan su vida de anaquel creando un efecto similar al metodo de atmosferas controladas (Krochta y De Mulder -Johnston, 1997; Krochta *et al.*, 2002).

### 1.11.2 Generalidades y funciones

Durante los siglos XII y XIII, la inmersión de las naranjas y los limones en cera para retardar la pérdida de agua se practicaba en China (Hardenberg, 1967). En Inglaterra, en el siglo XVI, se cubrían alimentos con grasa para prevenir la pérdida de humedad (Labuza y Contreras- Medellín, 1981). En 1930, en Estados Unidos, se utilizaba cera caliente para cubrir frutas cítricas y emulsiones aceite – agua para cubrir frutas frescas y vegetales. A partir de 1950 hay reportes en la literatura de películas hechas a base de polisacáridos, proteínas, lípidos y mezclas, las más exitosas fueron las películas hechas a base de lípidos (monoglicéridos acetilados, ceras y surfactantes) y se usaron para bloquear la transferencia de humedad, reducir la abrasión superficial durante el manipuleo y controlar el escaldado en manzanas (Kester y Fennema, 1986). Actualmente, las películas y recubrimientos comestibles tienen diversas aplicaciones, incluyendo envolturas para embutidos, recubrimientos de chocolate para frutos secos y frutas, y recubrimientos de cera para frutas y verduras. Las dificultades técnicas involucradas en la producción de alimentos estables sugieren que las películas y recubrimientos comestibles se podrían utilizar en una mayor medida de lo que son actualmente (Krochta *et al.*, 2002). Las películas o recubrimientos comestibles pueden cumplir muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destacan el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, al realizar una o más funciones indicadas en la tabla 6, donde se mencionan además los tipos de películas existentes; por película compuesta <sup>a</sup> se entiende la combinación de componentes lipídicos e hidrocoloides para formar una bicapa o conglomerado.

**Tabla 6. Usos posibles de películas y recubrimientos comestibles.**

<b>FUNCIÓN/APLICACIÓN</b>	<b>TIPO ADECUADO DE PELÍCULA</b>
Retardar migración de humedad	Lípido , película compuesta <sup>a</sup>
Retardar migración de gas (O <sub>2</sub> Y CO <sub>2</sub> )	Hidrocoloide, lípido o película compuesta
Retardar migración de aceite y grasa	Hidrocoloide
Retardar migración de soluto	Hidrocoloide, lípido o película compuesta
Mejorar la integridad estructural o propiedades de manejo	Hidrocoloide, lípido o película compuesta
Retener compuestos volátiles del sabor	Hidrocoloide, lípido o película compuesta
Vehículo de aditivos alimentarios	Hidrocoloide, lípido o película compuesta

**Fuente:** Greener y Fennema (1994).

Pueden emplearse como barrera a gases y vapor de agua, para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento como es el caso en el recubrimiento de frutas y hortalizas frescas, en donde la función primordial es la de restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente y reducir la absorción de oxígeno por la fruta para disminuir la tasa de la actividad respiratoria (Kester y Fennema, 1986). Las

películas comestibles también pueden ser utilizadas como revestimientos protectores de los ingredientes de los alimentos que son susceptibles a la oxidación. Los revestimientos de polisacáridos en frutos secos sirven para este propósito (Murry y Luft, 1973). La disminución de la migración de los lípidos es otra aplicación potencial para las películas comestibles. La migración de las grasas y aceites puede ser un problema en la industria de la confitería, especialmente en productos como el chocolate (Nelson y Fennema, 1991; Paulicka, 1986).

Una de las ventajas de esta tecnología es el hecho de que estos materiales pueden servir como vehículos de otros ingredientes con un propósito específico diferente, así por ejemplo, se han incorporado en las formulaciones agentes antimicrobianos, saborizantes, antioxidantes y pigmentos. También pueden mejorar las propiedades de manejo mecánico o integridad estructural de un producto alimentario, como sucede en productos compuestos de muchas partículas discretas. Tal es el caso de la parte de encima de una pizza en donde podría utilizarse una película para mantener sus componentes en su lugar durante la distribución del producto; las cubiertas pueden ofrecer alguna protección física en productos que son susceptibles a daños físicos durante el transporte como en frutas y hortalizas frescas. Adicionalmente, las películas y recubrimientos representan una alternativa a los materiales comerciales de empaque que se emplean en los productos alimentarios, pues desde el punto de vista de protección del ambiente, se conciben como menos costosos que los plásticos por lo que su uso con este propósito reduciría significativamente la basura del envasado asociada con los alimentos frescos y procesados (Krochta *et al.*, 2002).

### **1.11.3 Requerimientos, ventajas y aplicación en alimentos**

Debido a que las películas son tanto componentes del alimento como empaques del mismo deben reunir los requisitos siguientes (Krochta *et al.*, 2002):

1. Buenas cualidades sensoriales
2. Alta eficiencia mecánica y de barrera
3. Estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana
4. Deben estar libres de tóxicos
5. Seguros para la salud
6. De tecnología simple
7. No deben de tener contaminantes
8. De bajo costo tanto de materiales como en los procesos

Algunas de las ventajas de utilizar películas comestibles son (Guilbert, 1994):

1. Pueden ser ingeridas por el consumidor

2. Su costo es generalmente bajo
3. Su uso reduce los desechos y la contaminación ambiental
4. Pueden mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos
5. Pueden ser usadas en alimentos heterogéneos como barrera entre los componentes

En la tabla 7 se presentan diversas aplicaciones de las películas comestibles en alimentos.

**Tabla 7. Usos de películas comestibles en alimentos.**

PROPÓSITO	APLICACIÓN
Proteger contra humedad y oxígeno	Pescado fresco, queso, carne, productos cárnicos, alimentos de humedad intermedia, alimentos secos, botanas, nueces
Retardar el crecimiento microbiano externo	Alimentos de humedad intermedia
Controlar el balance de humedad en un alimento heterogéneo	Alimentos heterogéneos como pastel, pizza, pies, sandwiches, alimentos heterogéneos congelados
Evitar la penetración de salmueras	Alimentos en salmuera congelados (camarón, cangrejo)
Mejorar las propiedades mecánicas de un alimento para su posterior procesamiento	Camarón, cangrejo, cacahuates, botanas
Mejorar la integridad estructural	Alimentos liofilizados, carne reestructurada, carne, pescado
Disminuir la migración de humedad	Alimentos batidos, horneados y congelados, frutas de humedad intermedia , botanas , nueces
Proteger las piezas de un alimento empacado en bolsa	Queso o cubos de queso , alimentos congelados, frutas , helado
Mejorar la apariencia	Productos de confitería, nueces , botanas, frutas de humedad intermedia, productos horneados
Impartir o mejorar el color, sabor y palatabilidad	Alimentos varios
Preservar sabores	Frutas de humedad intermedia, alimentos secos
Contener porciones para disolver después en agua o alimentos calientes	Sopas deshidratadas, té o café instantáneo, polvos para preparar bebidas, sazónadores, edulcorantes
Contener porciones para dispersar en alimentos	Nutrientes para alimentos enriquecidos, aditivos, enzimas, aceites o grasas para panificación

**Fuente:** Guilbert (1994).

#### 1.11.4 Características y composición de películas comestibles

Los componentes de las películas alimenticias se clasifican en tres categorías (Krochta *et al.*, 2002): hidrocoloides, lípidos y componentes compuestos. Los hidrocoloides incluyen proteínas, derivados de celulosa, alginatos, pectinas, almidones y otros polisacáridos. Los lípidos incluyen ceras, acilgliceroles y ácidos grasos; y los componentes compuestos contienen componentes lípidos e hidrocoloides. Del tipo de componente dependerán las propiedades de cada película.

### 1.11.5 Hidrocoloides: Polisacáridos

Los biopolímeros de altos pesos moleculares y solubles en agua son denominados comúnmente hidrocoloides. Las películas o recubrimientos formulados con hidrocoloides tienen aplicaciones en los casos en los que el control de la migración del vapor de agua no es el objetivo, ya que éstas son excelentes como barrera para la difusión del O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y lípidos. La mayoría de estas películas también tienen propiedades mecánicas y estructurales deseables que las hacen útiles para mejorar la integridad estructural de productos frágiles. Son sensibles al calor y no aportan sabor al alimento (Kester y Fennema, 1986; Kester y Fennema, 1989). Las películas elaboradas a partir de polisacáridos comúnmente son transparentes, flexibles, no se ven afectadas por aceites, grasas o solventes orgánicos no polares, son eficaces como barrera a los gases, sensibles a la humedad debido a su naturaleza hidrofílica y se adhieren bien a las superficies cortadas de frutas y hortalizas (Baldwin *et al.*, 1995a.; Guilbert, 1994). Hay gran disponibilidad, generalmente son de bajo costo y no son tóxicos. Entre las ventajas potenciales de los recubrimientos a base de polisacáridos se pueden mencionar que no son grasosos, son películas de bajas calorías y pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas sin alto riesgo de desarrollar condiciones de anaerobiosis, por lo que su aplicación en la agricultura se ha vuelto popular debido a sus propiedades para modificar la atmósfera interna de una manera similar a las atmósferas controladas (Nisperos-Carriedo, 1994). Entre los polisacáridos formadores de películas están incluidos la celulosa, pectinas, almidón, almidones químicamente modificados, alginatos, quitosano, carragenina y gomas vegetales (Kester y Fennema, 1986; Kester y Fennema, 1989).

#### 1) Almidón

El almidón es el carbohidrato de reserva energética más abundante en los tejidos vegetales. Se encuentra en grandes cantidades en los tubérculos, semillas de cereales y leguminosas y en algunas frutas. Su concentración varía según el estado de madurez de la fuente. Está constituido por dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina. En términos generales, por su contenido en amilosa, los almidones pueden ser clasificados en diferentes grupos como son los almidones cerosos (waxy) que tienen muy poca cantidad de amilosa, alrededor de 1-2%; los normales que contienen entre 17-24% de amilosa y los altos en amilosa que contienen 70% o más de este polímero (Badui, 2006; Herrera *et al.*, 2003; Tovar, 2008). Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui, 2006; Herrera *et al.*, 2003). La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal (tabla 8).

**Tabla 8. Características de algunos almidones usados en la industria alimentaria.**

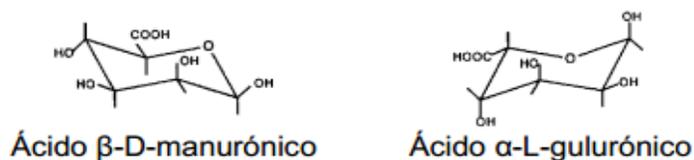
Tipo de cereal	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Tamaño del granulo (micras)
Maíz ordinario	69-74	26-31	62-72	5-25
Maíz con alto contenido de amilosa	20-45	55-80	67-80	5-25
Papa	73-77	18-27	58-67	5-100
Arroz	83	17	62-78	2-5
Tapioca	82	18	51-65	5-35
Maíz céreo o waxy	99-100	0-1	63-72	5-25
Sorgo céreo o waxy	99-100	0-1	67-74	5-25
Trigo	76	24	58-64	11-41

Fuente: Badui (2006).

El almidón de maíz se caracteriza generalmente por ser un polvo fino de coloración blanco a ligeramente amarillento, con un olor natural, por su capacidad de hinchamiento en solución y por su cualidad de retrogradación de los almidones permite usarlos como gelificantes permitiendo la formación de películas resistentes a la alta tensión, lisas y transparentes que generan una barrera moderada a los gases (González M. A., 2012).

## 2) Alginato

Polisacárido que se extrae de las algas café de las *Feoficeae* como sales de sodio, calcio o potasio, donde es el componente estructural de las paredes celulares de las mismas. Comercialmente se extrae de *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea*, *L. digitata* y *Ascophyllum nodosum*. En la figura 5 se muestra su estructura química que corresponde a un polímero lineal conformado por dos tipos de unidades monoméricas: ácido  $\beta$  (1,4)-D-manosilurónico y ácido  $\alpha$  (1,4)-L-gulosilurónico (Badui, 2006).



**Figura 5. Monómeros del ácido alginico.**

Fuente: Badui (2006).

El alginato de sodio es un polvo de color crema, prácticamente sin olor ni sabor, tiene la capacidad de formar películas transparentes, flexibles y eficaces como barrera a los gases, aceites y grasas (González M. A., 2012).

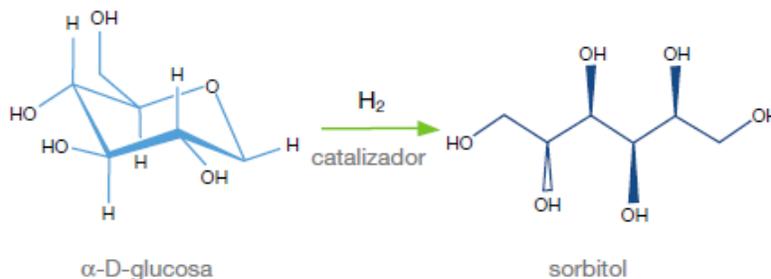
### 1.11.6 Interacción de biopolímeros y aditivos

Para impartir propiedades mecánicas, nutricionales y organolépticas a las películas, se utilizan diversos aditivos como agentes antimicrobianos, ácidos orgánicos, antioxidantes, colorantes, saborizantes, plastificantes y otros componentes nutritivos (Guilbert, 1994). Los aditivos pueden ser:

- **Plastificantes:** son sustancias no volátiles, de alto punto de ebullición, no separadoras de sustancias, son añadidos en las películas para incrementar la flexibilidad, resistencia al corte y dureza, así como para reducir la fragilidad. Actúan disminuyendo las fuerzas intermoleculares en la cadena del polímero, produciendo un decremento en la fuerza de cohesión, en la tensión y en la temperatura de transición vítrea. El plastificante debe ser miscible con el polímero y de ser posible, soluble en el solvente (Guilbert, 1994). Según este mismo autor, los plastificantes comúnmente usados en alimentos son: mono-, di- y oligosacáridos (glucosa, jarabes, miel), polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y sus derivados) y lípidos y derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster y surfactantes).

#### 1) Sorbitol

El sorbitol fue identificado por primera vez cuando se aisló del fruto del fresno de montaña en 1872. En la actualidad se produce industrialmente mediante la hidrogenación catalítica de soluciones de  $\alpha$ -D-glucosa (figura 6). Químicamente es un poliol que cuenta con seis carbonos y seis grupos hidroxilo.



**Figura 6. Estructura química del sorbitol.**

**Fuente:** Tate y Lyle (2010).

La estructura química del sorbitol y su naturaleza polialcohólica garantiza excelentes propiedades funcionales, como las siguientes:

1. Gran estabilidad térmica. Las soluciones no se pardean hasta temperaturas superiores a  $180^{\circ}\text{C}$ .

2. Gran estabilidad química. Es resistente a los ácidos y álcalis y no experimenta las reacciones de Maillard.
3. Gran estabilidad microbiana.
4. Bajo valor calórico (2.4 Kcal/g).

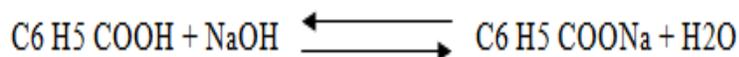
En la industria de alimentos se emplea para controlar la  $A_w$ , mejorar la plasticidad, actuar como humectante, reducir las calorías y proporcionar una solución que no daña los dientes. En formulaciones de confitería gelificada y aireada, mejora la estabilidad y duración, reduciendo el endurecimiento y la viscosidad, controla los puntos de congelación de la formulación y los tiempos de proceso, genera un efecto refrescante en la boca y mejora la masticación (Tate y Lyle, 2010).

El sorbitol en jarabe al 70% es un líquido incoloro, inodoro y de sabor dulce, no inflamable, actúa como agente plastificante por lo cual la incorporación de este compuesto conlleva a disminuir las fuerzas intermoleculares a lo largo de las cadenas poliméricas, lo cual mejora la movilidad molecular de los componentes. Modifica la rigidez del material en cuestión. Se cree que los grupos polares (-OH) a lo largo de las cadenas del plastificante, desarrollan puentes de hidrogeno entre el polímero y el plastificante, remplazando así las interacciones polímero-polímero (Aguilar, 2005).

- Conservadores: Se utilizan conservadores que puedan controlar el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias, como el benzoato de sodio, ácido benzoico, ácido ascórbico, ácido propiónico y sorbato de potasio. Debido a que el conservador se difunde hacia el alimento la efectividad del conservador respecto al tiempo es limitada, por lo que la acción del conservador en base a la concentración inicial es reducida (Baldwin *et al.*, 1995).

#### 1) Benzoato de sodio

Producto que se obtiene de la reacción química entre el ácido benzoico y el hidróxido de sodio, cuya fórmula condensada es  $C_6H_5COONa$ , su peso molecular: 144.11 g/mol (figura 7).



**Figura 7. Fórmula química del benzoato de sodio.**

**Fuente:** NMX-F-337-S-1979.

Polvo o gránulos de color blanco, inodoros o con olor ligero; su sabor es astringente y dulce. Soluble en agua (NMX-F-337-S-1979). Es un conservador que inhibe la actividad de los microorganismos tales

como levaduras, bacterias y mohos. Funciona a un pH menor o igual a 4.5. La dosis máxima permitida en alimentos es de 0.1 % (Badui, 2006).

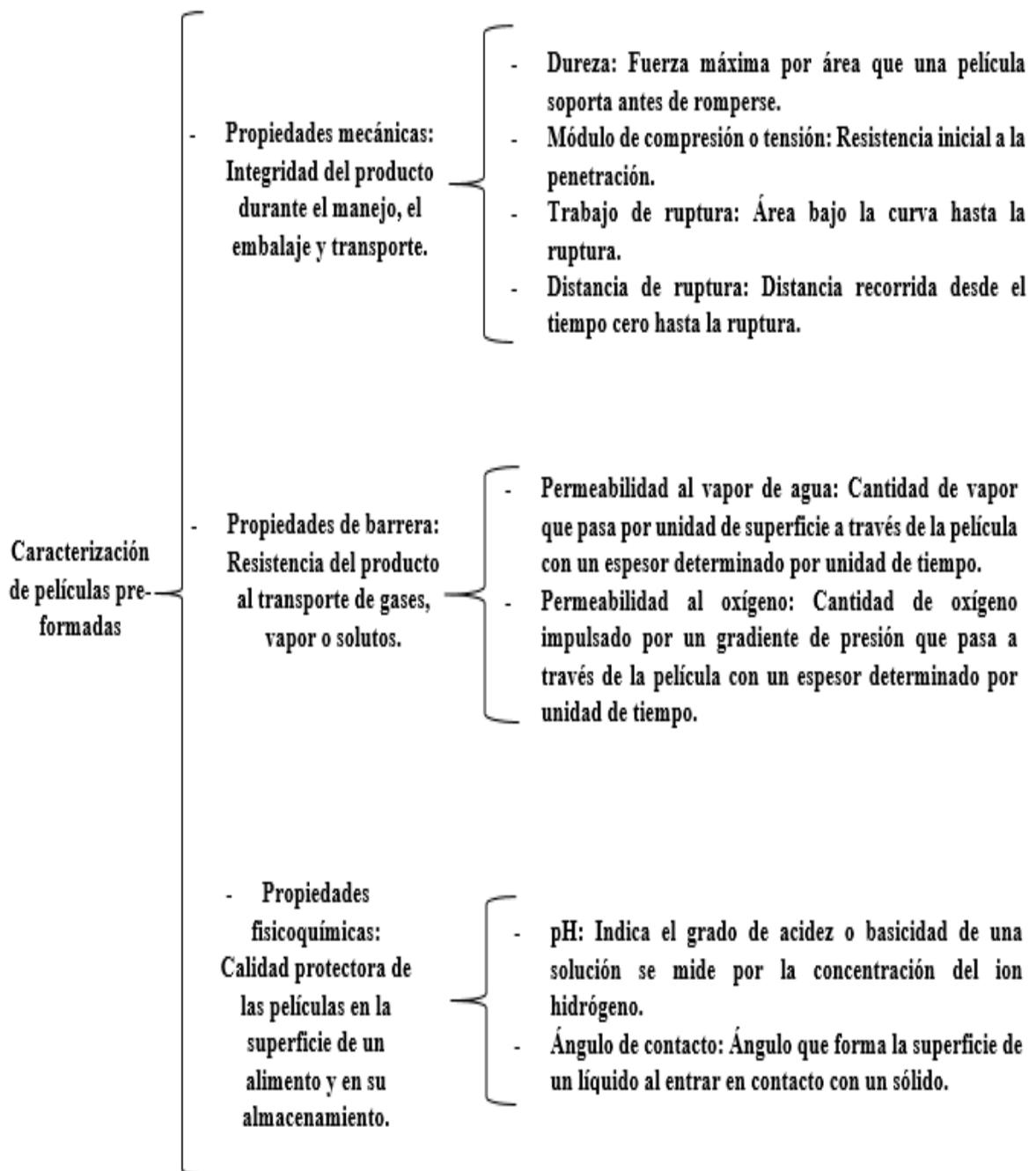
#### **1.11.7 Formas de aplicación de películas comestibles y recubrimientos comestibles.**

Los procedimientos de aplicación del recubrimiento dependen mayoritariamente del tipo de producto que se desee recubrir:

- **Inmersión (superficies irregulares):** Es el método más adecuado para productos con superficies irregulares que requieren un recubrimiento uniforme (Baldwin *et al.*, 1997). El producto debe ser lavado y secado previamente, luego se sumerge en la solución de recubrimiento, garantizando un mojado completo. Tras la inmersión, se deja drenar el material sobrante y se procede al secado (Krochta *et al.*, 2002).
- **Moldeo (películas independientes):** Esta técnica permite la obtención de películas independientes que facilitan la caracterización e investigación de sus propiedades, para optimizar los resultados. Consiste en verter solución formadora de película sobre una superficie plana y se procede a su posterior secado. Después la película es retirada de la superficie, de forma independiente (Krochta *et al.*, 2002).

#### **1.11.8 Propiedades de las películas comestibles**

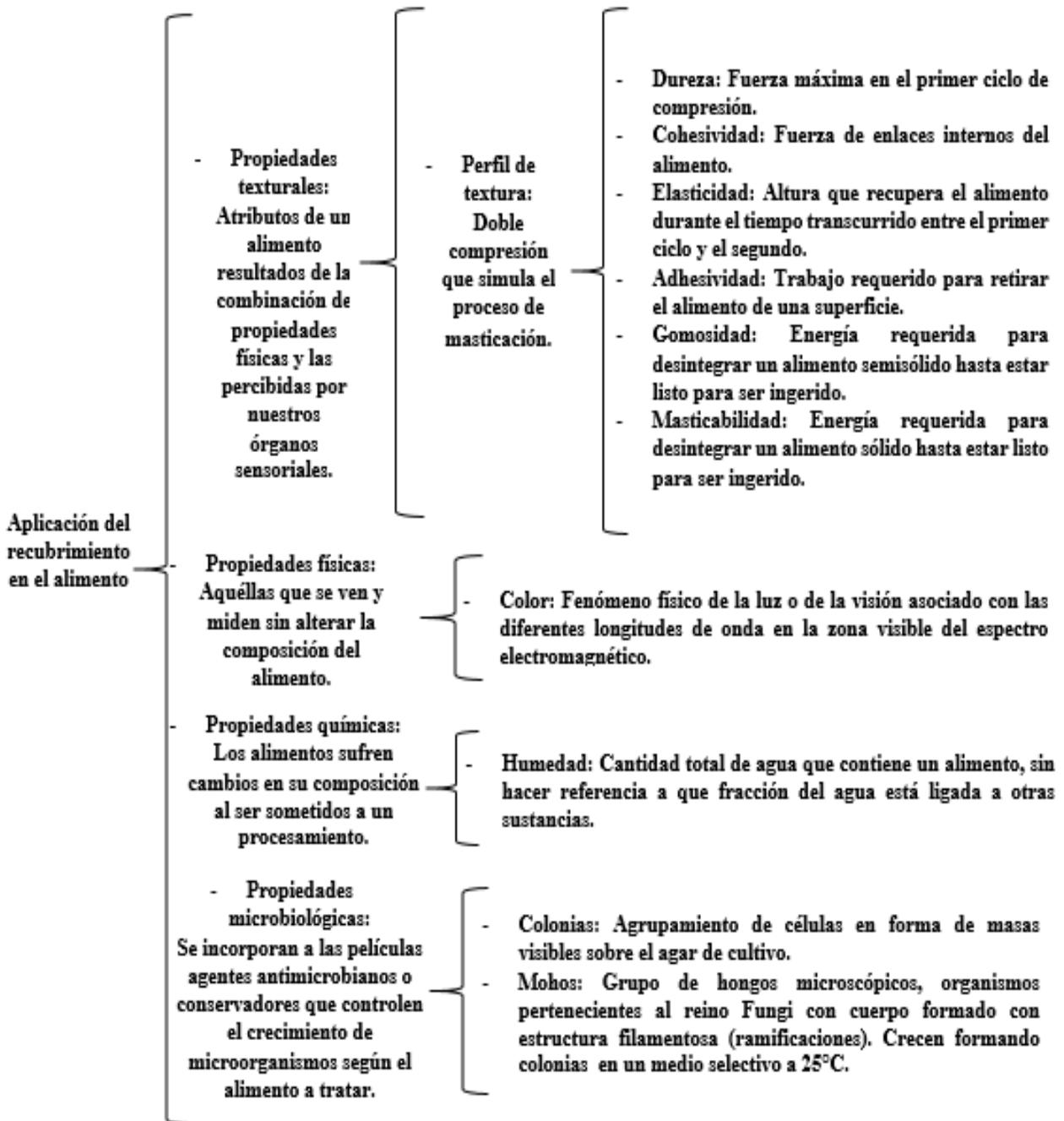
La figura 8 resume el procedimiento de caracterización de una película comestible que puede incluir el estudio de las propiedades mecánicas (textura), propiedades de barrera a la transferencia de materia (permeabilidad al vapor de agua y permeabilidad al oxígeno) y propiedades fisicoquímicas (pH y ángulo de contacto).



**Figura 8. Métodos de evaluación de las películas comestibles.**

**Fuente:** Adamson (1990), Debeaufort y Quezada (1998), Conesa (2000), Ayranci y Tunc (2003), Román (2006), Ventosa (2012), Domínguez y Jiménez (2012), Krochta *et al* (2012), Rodríguez (2012).

Mientras que para la evaluación del efecto de la aplicación del recubrimiento en el alimento (figura 9) se citan el Análisis de Perfil de Textura (TPA por sus siglas inglés), físicas (color), químicas (humedad) y microbiológicas (mohos).



**Figura 9. Métodos de evaluación de las propiedades del kiwi.**

**Fuente:** NMX-F-428-1982, NOM-111-SSA1-1994, Rosenthal (2001), Roudot (2004), Sahin y Gulum (2009).

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Problema**

Buscar nuevas alternativas para la conservación del kiwi debido a su rápida maduración por ser un fruto climatérico.

### **2.2 Objetivo general**

Desarrollar películas comestibles formuladas con biopolímeros como método de conservación en kiwi deshidratado realizando una caracterización de las mismas para su estudio individual y posteriormente analizar el efecto del recubrimiento sobre los parámetros de calidad en el producto final.

### **2.3 Objetivos particulares**

#### **2.3.1 Objetivo particular 1**

Elaborar películas a base de almidón de maíz- alginato de sodio (2.1% y 2.1%) empleando como agente plastificante el sorbitol a la concentración de 1.5% y almidón de maíz – alginato de sodio (1.875% y 1.875%) empleando como agente plastificante el sorbitol a la concentración de 1.875% (Método de moldeo) y realizar la caracterización mecánica, de barrera y fisicoquímica para el estudio de las mismas seleccionando la formulación con las mejores propiedades para el recubrimiento del kiwi.

#### **2.3.2 Objetivo particular 2**

Evaluar propiedades texturales, físicas, químicas y microbiológicas en kiwi (secado con aire caliente y deshidratado osmóticamente-secado con aire caliente) con y sin recubrimiento realizando un comparativo para establecer que tanto mejoran o no las características del producto por la adición del mismo.

#### **2.3.3 Objetivo particular 3**

Determinar la rentabilidad de la aplicación de recubrimientos comestibles en el producto final por medio de un análisis económico para establecer que tan sustentable es este método de conservación dentro del mercado de productos deshidratados.



## 2.5 Materiales y métodos

### 2.5.1 Material biológico

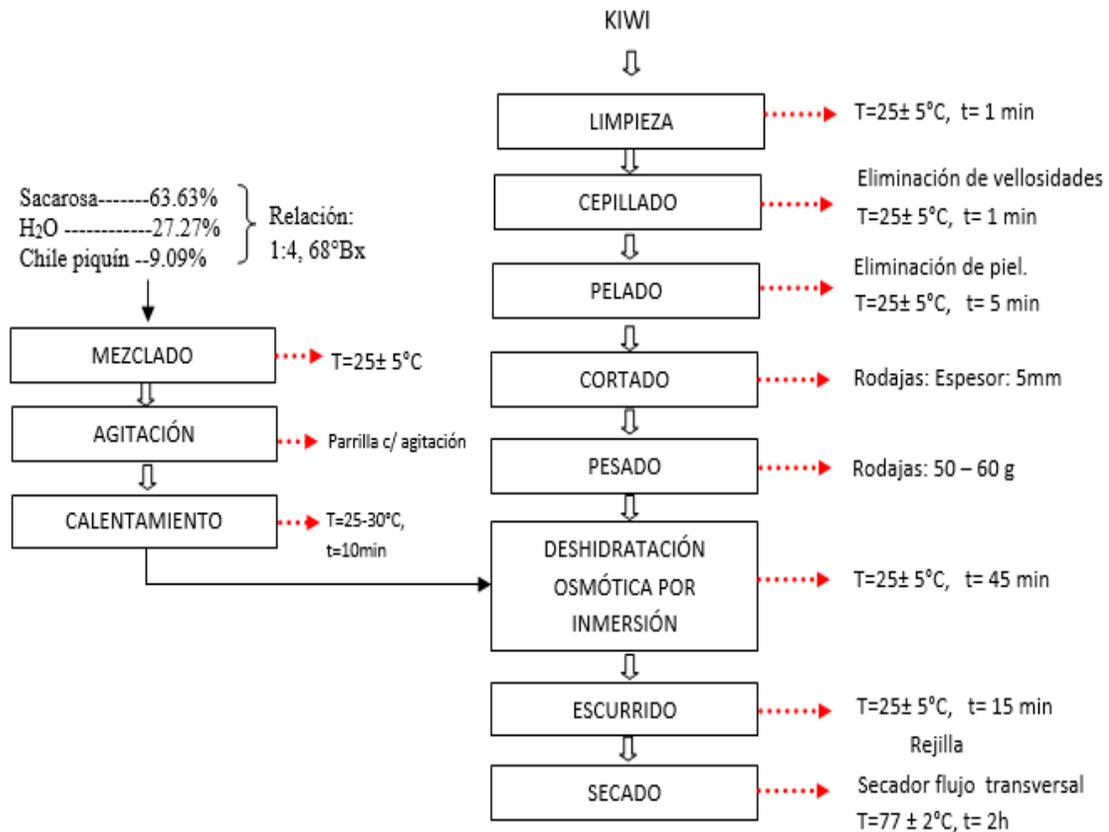
La variedad de kiwi estudiada fue la de pulpa verde “Hayward” la más abundante en el mercado y fue adquirida en Walmart Cuautitlán Izcalli Estado de México. Los frutos utilizados se encontraban en estado de madurez fisiológica y se descartaron aquellos frutos que presentaron daños mecánicos, fisiológicos, enfermedades o plagas. La sacarosa y el chile piquín fueron los componentes de la solución osmótica, esta materia prima estuvo disponible a granel en la Comercial Mexicana Cuautitlán Izcalli Estado de México.

### 2.5.2 Métodos de deshidratación

En las figuras 10 y 11 se muestran los procesos de elaboración del kiwi por medio de los dos métodos de secado.



Figura 10. Elaboración de kiwi seco por aire caliente.



**Figura 11. Elaboración de kiwi por deshidratado osmótica y secado convectivo.**

### 2.5.3 Determinación de humedad inicial (materia prima y producto final deshidratado)

La humedad tanto en materia prima (kiwi fresco) como en producto final (kiwi deshidratado osmóticamente y secado por aire caliente) se determinó por el método de secado de estufa que se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua mediante calentamiento hasta alcanzar el peso constante, expresándose el resultado como porcentaje de humedad (Pearson, 1998). Para esta determinación se utilizó una estufa (Blue M Electric Company D-2631-Q) y una balanza analítica (Ohaus Pioneer TM), el principio operacional incluyó la preparación de la muestra (homogenización: cortado de las rodajas en cuadros), pesado, secado a 100 °C, enfriamiento en un desecador y pesado nuevamente de la muestra. Esta prueba se realizó por triplicado.

### 2.5.4 Elaboración de películas

Como primer punto se llevó a cabo la elaboración de las soluciones formadoras de películas donde se empleó como matriz hidrocoloide una combinación de biopolímeros conformada por almidón de maíz nativo (ALMIDÓN GLOBE BA) y alginato de sodio, como agente plastificante se adicionó jarabe de sorbitol USP al 70% y como conservador se incorporó benzoato de sodio de grado alimenticio; todos los reactivos fueron suministrados por Droguería Cosmopolita casa matriz. Se obtuvieron dos formulaciones (alta y baja concentración de sorbitol) por cada una se prepararon 500 ml, las cantidades correspondientes de cada reactivo en cada formulación se indican en la tabla 9.

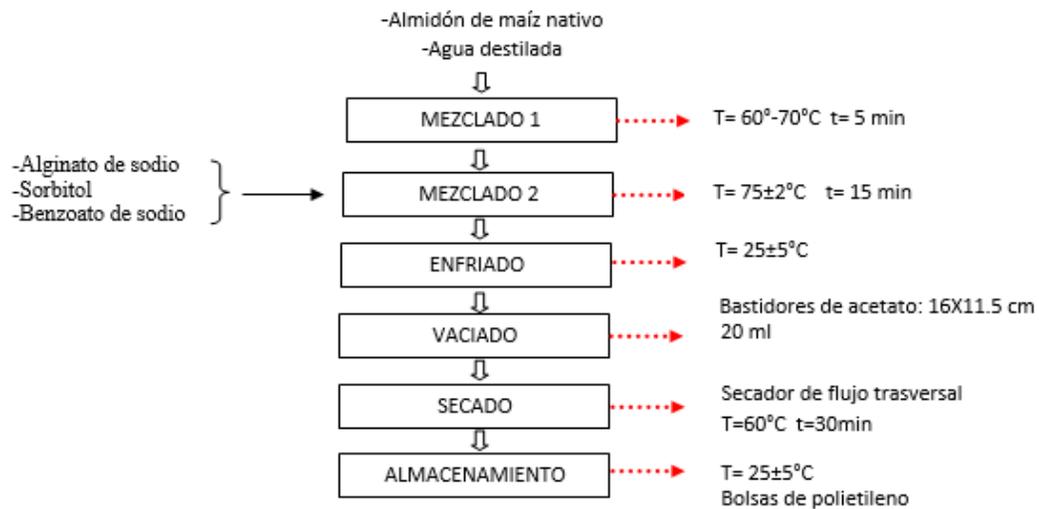
**Tabla 9. Composición de las soluciones filmogénicas.**

<b>Formulación 1 (Alta concentración de Sorbitol)</b>		<b>Formulación 2 (Baja concentración de Sorbitol)</b>	
<b>Componente</b>	<b>%</b>	<b>Componente</b>	<b>%</b>
Almidón de maíz	1.875	Almidón de maíz	2.1
Alginato de Sodio	1.875	Alginato de Sodio	2.1
Sorbitol	1.875	Sorbitol	1.5
Benzoato de Sodio	0.05	Benzoato de Sodio	0.05
Agua destilada	94.325	Agua destilada	94.25

Los componentes se fueron modificando de acuerdo a las siguientes cuestiones:

- 1) Por tratarse de una mezcla de biopolímeros (almidón de maíz nativo y alginato de sodio) se procuró trabajar en proporciones de 50-50%.
- 2) La concentración del plastificante se obtuvo en base a que este brindará mejor estabilidad a las soluciones en cuanto a su estructura, es decir que fueran más homogéneas sin presencia de grumos y sin separación de fases, esto con el propósito de ofrecer un producto final aceptable por el consumidor (análisis visual)
- 3) El benzoato de sodio se trabajó en una cantidad de 0.05% ya que el que el nivel máximo permitido para su consumo es menor a 0.1%.
- 4) Finalmente se dejó como componente mayoritario el agua utilizando la cantidad necesaria para dispersar adecuadamente a los demás componentes.

Por otro lado, en la figura 12 se muestra de manera general el procedimiento para la elaboración de las películas comestibles por medio del método de moldeado.



**Figura 12. Diagrama de proceso para la elaboración de películas comestibles por el método de moldeado.**

Para lograr películas de calidad y de características adecuadas, fue necesario poner a punto la metodología anterior por lo que se ajustaron tiempos de mezclado de las soluciones así como también las condiciones necesarias para el secado y en la obtención de las muestras. Una vez que se seleccionaron las formulaciones se procedió a obtener las películas por moldeo vertiendo las soluciones en bastidores de acetato sobre una superficie plana para una adecuada distribución de las mismas; sometiénolas finalmente a un secado convectivo a una temperatura aproximada de 60°C, a primer instancia las películas presentaron las siguientes características: transparentes, sin sabor, sin olor y con un textura lisa.

### 2.5.5 Métodos de evaluación de las películas

#### 2.5.5.1 Medida del espesor de las películas

Un micrómetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Corp., Kanawava Japón), fue utilizado para medir el espesor (mm) de las películas (figura 13). Se tomaron 3 mediciones en diferentes puntos de las películas, calculando posteriormente el promedio para cada muestra; el cual fue requerido para la determinación de las propiedades barrera.

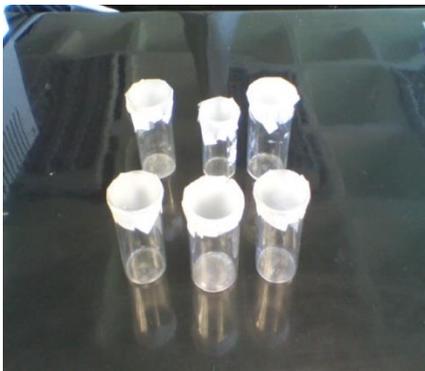


**Figura 13. Micrómetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Corp., Kanawava Japón).**

## 2.5.6 Caracterización mecánica

### 2.5.6.1 Textura

En este ensayo de penetración se obtuvieron muestras de películas de 2 cm de diámetro para fijarlas en una base de apoyo, en este caso fueron pesafiltros (las películas se sujetaron a la boquilla de los pesafiltros con cinta adhesiva) (figura 14). Posteriormente, se determinó por triplicado y mediante curvas de fuerza contra distancia los siguientes parámetros: dureza también considerada como fuerza de ruptura (kgf) que gráficamente representa el punto máximo alcanzado en la curva antes de la fractura total de la muestra, módulo de compresión (kg/mm) que corresponde a la sección o tramo de la curva donde la muestra expone una resistencia inicial a la penetración (primer punto de quiebre antes de que la muestra se rompa totalmente), trabajo de ruptura (kgmm) referido al área bajo la curva hasta la ruptura y distancia de ruptura (mm) que va desde el tiempo cero hasta la ruptura final, lo anterior utilizando un texturómetro (LLOYD TA 500) (figura 15); con un cilindro de 1/8" a una velocidad constante de 1.70 mm/s (Román, 2006; Domínguez y Jiménez, 2012).



**Figura 14. Pesafiltros.**



**Figura 15. Texturómetro LLOYD TA 500.**

## 2.5.7 Caracterización de barrera

### 2.5.7.1 Permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) se determinó mediante el método gravimétrico (recomendado por la ASTM -E96-1995 y las leyes de Fick y de Henry) con algunas modificaciones. Este método consiste en colocar la película cuya permeabilidad se desea medir sobre una celda parcialmente llena con agua destilada, solución salina saturada o desecante (en este caso se utilizó agua destilada); dejando una capa de aire estanco por debajo de la película (figura 16). La celda una vez ensamblada y la película sellada correctamente a la misma, se pesan y se ubican en un ambiente (cabina) bajo condiciones controladas de temperatura y humedad (figura 17).



**Figura 16. Sistema hermético para armar las celdas.**



**Figura 17. Cabina.**

En este dispositivo, la diferencia de presión parcial de vapor de agua entre el interior y el exterior de la celda ( $p(w_0) - p(w_2)$ ) provee la fuerza impulsora para que el flujo de vapor de agua pase a través de la película. La ganancia o pérdida de peso de la celda fue monitoreado en función del tiempo, obteniéndose una recta luego de alcanzado el peso constante. Se hicieron tres repeticiones.

Como se indica en la ecuación 1, a partir de la pendiente de la curva peso versus tiempo ( $J$ ) se calcula la velocidad de transmisión de vapor de agua ( $VTVA$ ) y teniendo en cuenta las presiones parciales de vapor de agua en ambas caras de la película y el espesor de las mismas, se calcula la PVA (ecuación 2).

$$VTVA = \frac{J}{t \cdot A} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$PVA = \underbrace{\frac{VTVA}{P_{w1} - P_{w2}}}_{\text{Permeación}} \cdot L \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde:

$VTVA$  = velocidad de transmisión de vapor de agua ( $g \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ )

$J$  = pendiente de la curva de pérdida de peso en el tramo lineal ( $g \cdot s^{-1}$ )

$A$  = área efectiva para la transmisión de vapor de agua ( $m^2$ )

$P_{w1}$  = presión parcial de vapor de agua en la superficie del film en la cara orientada hacia el interior de la celda (Pa)

$P_{w2}$  = presión parcial de vapor de agua en la superficie del film en la cara orientada hacia el exterior de la celda (Pa)

$L$  = espesor del film (m)

El método fue diseñado para determinar la PVA de polímeros hidrofóbicos sintéticos, por lo cual ciertas suposiciones podrían no ser válidas para materiales hidrofílicos. Así, resulta necesario aplicar un

método de corrección. El método ASTM establece que la resistencia al transporte de agua, a través del espacio de aire entre la superficie del agua y el film es despreciable ( $P_{W0} = P_{W1}$ ). Sin embargo, para films hidrofílicos, esto no se cumple y puede inducir a importantes errores en la permeabilidad calculada. Así, para considerar el efecto de la capa estanca de aire en las medidas de PVA, los valores de  $P_{w1}$  tendrán que ser calculados a partir de las ecuaciones 3-6 (Gennadios *et al.*, 1994):

$$P_{W1} = P_t - (P_t - P_{W0}) \cdot e^{-\frac{N_w h_i}{cD}} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$N_w = (6.43 E^{-11}) V T V A \quad \text{Ecuación 4}$$

$$c = \frac{P_t}{R.T} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$D = 0.26 \left(\frac{T}{298}\right)^{1.8} \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde:

$P_t$  = presión total del sistema (Pa)

$P_{w0}$  = presión de vapor saturado del agua a la temperatura de trabajo (Pa)

$N_w$  = flujo de agua en el film ( $\text{g.mol.cm}^2.\text{s}^{-1}$ )

$h_i$  = distancia entre el agua destilada y el film (m)

$c$  = concentración molar total de aire y vapor de agua ( $\text{g.mol.cm}^{-3}$ )

$D$  = difusividad del vapor de agua en el aire ( $\text{cm}^2.\text{s}^{-1}$ )

$T$  = temperatura de trabajo (K)

$R$  = constante universal de los gases ( $\text{Pa.cm}^3.\text{g.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )

Finalmente en la ecuación 7 tenemos que la permeabilidad al vapor de agua se expresa en las siguientes unidades:

$$PVA = \left(\frac{\text{g.mm}}{\text{KPa.h.m}^2}\right) \quad \text{Ecuación 7}$$

### 2.5.7.2 Permeabilidad al oxígeno

La medición para la transmisión de oxígeno a través de películas comestibles se basó en el método de la ASTM 1988. El método implica que fluya una corriente de oxígeno puro en un lado de la película y una corriente de nitrógeno puro por la otra cara de la película. El nitrógeno acarrea la transmisión de oxígeno, la cual se analiza al otro lado de la película junto con un análisis químico húmedo al final (titulaciones) (ASTM, 1988); (Ayranci y Tunc, 2003).

El equipo para la determinación de permeabilidad al oxígeno fue diseñado a nivel laboratorio (Universidad IBEROAMERICANA) (figura 18). Se obtuvieron muestras circulares de películas con 4 cm de diámetro; cada muestra se colocó entre dos placas cuadradas de vidrio cerrando herméticamente con un empaque y pinzas de metal. Ambas placas contaban con tubos. El oxígeno entraba a la placa de vidrio sobre un lado de la película a partir de un tubo y salía desde el otro con una velocidad de flujo controlada para mantener constante la presión de oxígeno en ese compartimento.

La placa en el otro lado de la película se purgó con una corriente de nitrógeno que entraba desde un tubo y que salía en el otro. Este nitrógeno actuó como un vehículo para el oxígeno permeado desde el otro lado de la película para finalmente realizar el sistema de análisis en húmedo, el cual contenía originalmente soluciones de sulfato de manganeso 0.5M y yoduro de potasio 0.5M (diluido en NaOH al 0.1 N). A este sistema húmedo con el oxígeno permeado se le adicionó HCl 0.1N y se tituló con tiosulfato de sodio 0.1N. Se realizaron 3 repeticiones y se calculó la permeabilidad al oxígeno con la ecuación 8, conociendo que cada cuatro moles de tiosulfato de sodio representan uno de oxígeno disuelto:

$$PO_2 = \frac{m \cdot d}{A \cdot t \cdot \Delta P} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

**m** = masa de O<sub>2</sub> a través de la película después de restado el blanco (g)

**d** = espesor de la película (m)

**A** = área (m<sup>2</sup>)

**t** = tiempo (días)

**ΔP** = diferencia de presión de O<sub>2</sub> (entre los dos lados de la película que fue mantenida a 40 psi y se reporta en atmosferas)

En la ecuación 9 se exponen las unidades en las que se reporta la permeabilidad al oxígeno:

$$PO_2 = \left( \frac{g}{m \cdot día \cdot atm} \right) \quad \text{Ecuación 9}$$



**Figura 18. Sistema elaborado a nivel laboratorio para la determinación de la permeabilidad al oxígeno.**

## 2.5.8 Caracterización fisicoquímica

### 2.5.8.1 Determinación de pH

Las muestras a tratar fueron las soluciones filmogénicas. Esta determinación fue por triplicado y se efectuó por medio de un potenciómetro (Hanna Instruments pH 209) (figura 19). Las muestras se encontraban a temperatura ambiente. El resultado obtenido en cada repetición fue por lectura directa del equipo.



**Figura 19. Potenciómetro (Hanna Instruments pH 209).**

### 2.5.8.2 Determinación de ángulo de contacto

El equipo que se utilizó en esta determinación fue un medidor de ángulo de contacto (figura 20) se obtuvieron muestras de películas de 1.5 x 4 cm con la finalidad de cubrir el área del portaobjetos, una vez que la película fue colocada sobre el portaobjetos, en la superficie de ésta se dejó caer una gota de agua destilada contenida en una jeringa (ubicada en la parte superior del equipo) para finalmente tomar lectura directa en el medidor de ángulo. Los resultados se reportaron en grados sexagesimales ( $^{\circ}$ ). Se realizaron 3 repeticiones.



**Figura 20. Equipo para determinar ángulo de contacto.**

## 2.6 Métodos de evaluación de las propiedades del Kiwi

### 2.6.1 Propiedades texturales del producto (Perfil de textura)

En este ensayo se utilizó un texturómetro TA XT2 (figura 21) para determinar por triplicado los siguientes parámetros: dureza (kgf), cohesividad (adimensional), elasticidad (mm), adhesividad (g.s), gomosidad (kgf) y masticabilidad (kgf). Para la compresión de la muestra se ocupó un cilindro de  $\frac{1}{2}$ " con una celda de carga de 50 N a una velocidad de 50 mm/min y un tiempo de espera entre el primero y segundo ciclo de 6 s.



**Figura 21. Texturómetro TA XT2.**

### 2.6.2 Propiedades físicas del producto (Color)

El color se determinó con un colorímetro (marca Minolta® modelo CR400) (figura 22) el cual utiliza una fuente de luz para iluminar la muestra, la luz reflejada fuera del objeto pasa a través de unos filtros de vidrio rojo, verde y azul y un fotodetector detecta la cantidad de luz que pasa a través de los filtros. Los datos obtenidos por lectura directa fueron luminosidad o brillo (L), a y b. Los valores de a en abscisas van de los valores negativos para el verde a valores positivos para el rojo, los valores de b en ordenadas van de los valores negativos para el azul a valores positivos para el amarillo y L representa la luminosidad desde la reflexión nula (L=0, color negro) a reflexión difusa perfecta (L=100, color blanco).

Se recurrió al sistema de color CIELCH donde los valores a y b se transforman a coordenadas polares o cilíndricas con el fin de obtener los valores ángulo de tono (H)(ecuación 10), que es un valor angular que indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano, donde el eje X corresponde a los valores de a y el eje Y a los de b ( $0^\circ$ =color rojo-púrpura;  $90^\circ$ =color amarillo;  $180^\circ$ =color azul-verdoso y  $270^\circ$ =color azul) y la cromaticidad (C) indicada en la ecuación 11 que expone la intensidad o concentración del color predominante dentro del cuadrante (McGuire, 1992) (figura 23).

Los resultados se obtuvieron a partir del siguiente cálculo:

$$H = \arctan (b/a)$$

Ecuación 10

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

Ecuación 11

El ángulo tono indicará qué tan rojo, amarillo, verde o azul será, mientras que la magnitud o cromaticidad indicará qué tan intensa será esa tonalidad o saturación. El Valor L que tanto hay de un componente blanco o negro, ya que L=0 (negro); L=100 (blanco).



Figura 22. Determinación de color.

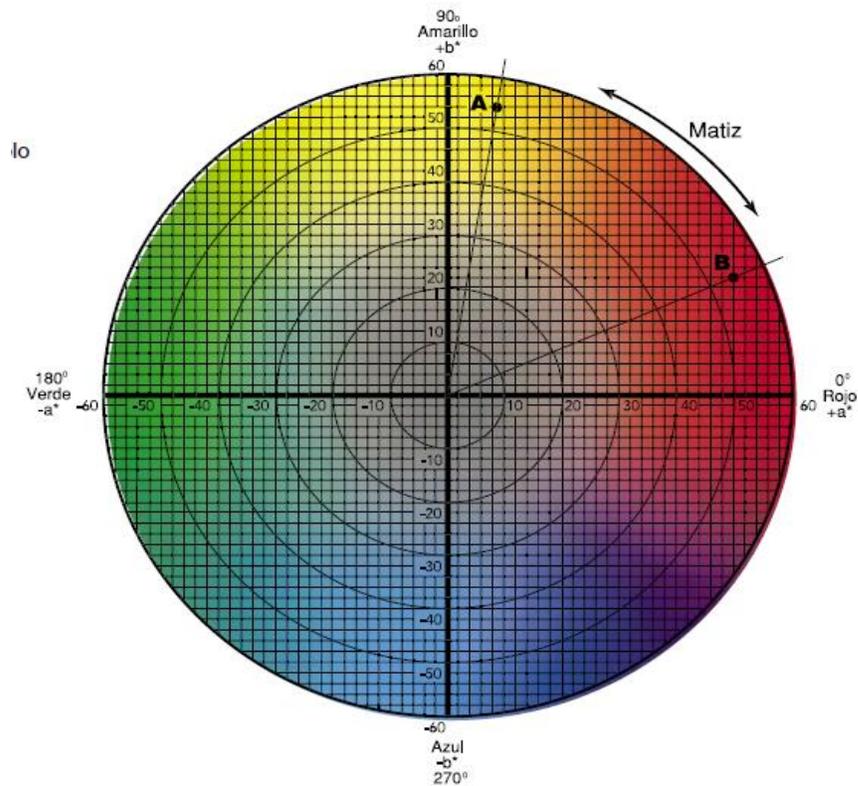
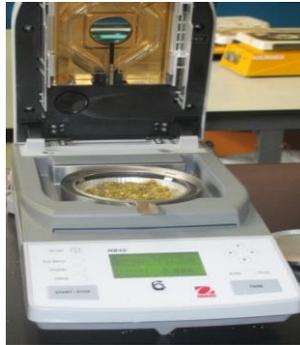


Figura 23. Gráfica de color CIELAB.

### 2.6.3 Propiedades químicas del producto (Humedad)

La determinación de humedad por Termobalanza tiene el siguiente fundamento: La humedad es tomada como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pesar la muestra y una lámpara infrarroja para secar (NMX-F-428-1982) . Esta prueba se llevó a cabo en una Termobalanza (Ohaus MB 45) (figura 24) a una temperatura de 100°C en un tiempo estimado de 10 minutos. Se tomaron muestras de 5 g y se realizaron 3 repeticiones. El resultado obtenido fue por lectura directa del equipo, expresado en %.



**Figura 24. Termobalanza (Ohaus MB 45).**

### 2.6.4 Propiedades microbiológicas del producto (Determinación de mohos)

Se aplicó el método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos según la NOM-111-SSA1-1994, el método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH de 3.5 e incubado a una temperatura de 25+/- 1°C, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos.

La incubación de las muestras fue de 3 a 5 días a 30°C en una estufa (Blue M) con termostato y provista de un termómetro calibrado (figura 25). Finalmente se llevó a cabo el conteo de colonias en un contador de colonias de campo oscuro con luz adecuada, placa de cristal cuadrículada y lente amplificador (figura 26). Los resultados se expresaron en UFC (unidades formadoras de colonias). Cabe mencionar que esta prueba se llevó a cabo después de 3 meses de elaborar las muestras.



**Figura 25. Estufa donde se llevó a cabo la incubación de las muestras.**



**Figura 26. Contador de colonias.**

### **2.7 Análisis estadístico**

Los análisis se realizaron por triplicado, aplicando un diseño complementado al azar (DCA) y su correspondiente análisis de varianza (ANOVA) donde la comparación de medias se llevó a cabo por el método de diferencia mínima significativa mediante el software Minitab 15 Español. (Gutiérrez y Vara, 2008).

## **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Determinación de humedad inicial (materia prima y producto final deshidratado)**

Los resultados obtenidos en la determinación de humedad se muestran en la tabla 10, los datos presentados muestran el promedio de humedad tanto para el kiwi en estado fresco como para el kiwi deshidratado en sus dos presentaciones  $\pm$  desviación estándar, esta es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio.

**Tabla 10. Valores de humedad y desviación estándar de los datos.**

<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>
Kiwi (materia prima)	83.02 $\pm$ 2.84
Kiwi secado por aire caliente	5.64 $\pm$ 0.29
Kiwi deshidratado osmóticamente y secado por aire caliente	4.45 $\pm$ 0.30

Como se puede observar al someter al kiwi a un proceso de secado se reduce su humedad hasta un rango de 77 a 78 % aproximadamente. En el caso del kiwi (materia prima) se reportó una humedad de 83.02%, valor que fue satisfactorio ya que la literatura indica que el kiwi en estado fresco posee una humedad inicial entre los siguientes valores: 80-83% (CIREN, 1988); (Zespri, 2013). Mientras que en el kiwi secado por aire caliente se obtuvo un valor alto de humedad (5.64 %) en comparación al reportado en el kiwi deshidratado osmóticamente (4.45 %), esto pudo ser debido a que este último producto fue sometido

a deshidratación osmótica previamente al secado convectivo, cuestión que favorece a la reducción de humedad. La determinación de humedad en los puntos controles se llevó a cabo con la finalidad de verificar cuanta humedad se gana o se pierde una vez que el fruto ha sido recubierto con las soluciones formadoras de películas, resultados que se presentan más adelante.

### 3.2 Espesor de las películas

Los resultados para la determinación del espesor de las películas se muestran en la tabla 11, es preciso indicar que esta prueba fue realizada previamente a la determinación de las propiedades barrera y se tiene lo siguiente: a medida que el espesor de la película aumenta, la resistencia a la transferencia de masa a través de ella incrementa (O<sub>2</sub> y vapor de agua) (Bertuzzi *et al*, 2002) hecho que se analiza más adelante.

**Tabla 11. Efecto de las concentraciones de sorbitol en la variable de respuesta espesor.**

MUESTRA	ESPESOR (m)
Películas con sorbitol 1.5 %	$4.83 \times 10^{-8} \pm 2.38$ a
Películas con sorbitol 1.875 %	$4.06 \times 10^{-8} \pm 2.83$ b

Los valores representan la media de 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar, letras diferentes indican que hay diferencia significativa en los espesores de las dos formulaciones  $P < 0.05$ .

En la tabla anterior se puede observar que a mayor concentración de plastificante menor es la cantidad de espesor y viceversa; esto puede ser atribuido al hecho de que la adición de agentes plastificantes provoca un debilitamiento de las fuerzas intermoleculares a lo largo de las cadenas poliméricas, lo que causa una disminución del esfuerzo tensil y un aumento en la flexibilidad de las películas (Casariego *et al.*, 2008); es decir entre mayor sea la concentración del plastificante más espacios libres habrá entre las moléculas del polímero por eso se imparte mayor movimiento y fácil manejo de las mismas por lo tanto la estructura de estas adquieren menor grosor; por el lado contrario se tiene que a menor concentración de plastificante se reduce la eficiencia de ablandamiento o mejor dicho se obtienen valores mayores de espesor puesto a que los espacios libres entre las moléculas son escasos y se obtiene una estructura más compacta y más gruesa; a su vez las películas a 1.5% de sorbitol fueron las que mayor contenido de almidón tenían, Collazo *et. al* (2014) encontraron en su trabajo que el espesor tiende a aumentar a medida que se incrementa el porcentaje de almidón; según Domínguez y Jiménez (2012) lo mismo sucede con la cantidad de alginato de sodio ya que se considera un material rígido por lo tanto a mayor concentración de este material mayor incremento en la variable de espesor.

### 3.3 Caracterización mecánica de las películas

Este estudio tuvo como finalidad conocer la integridad de las películas comestibles durante su manipulación y almacenamiento. Los resultados correspondientes a la caracterización mecánica se exponen en la tabla 12.

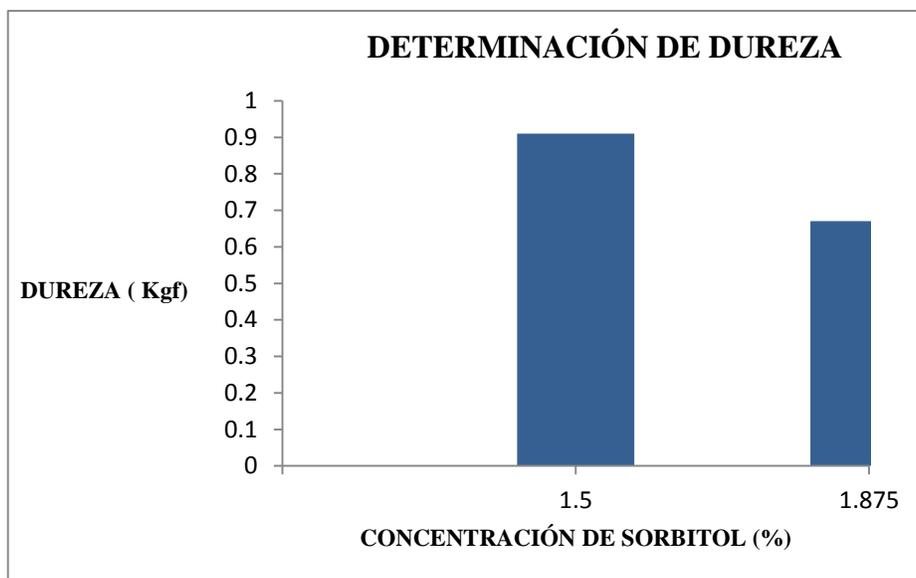
**Tabla 12. Efecto de las concentraciones de sorbitol en las propiedades mecánicas.**

MUESTRA	DUREZA (kgf)	MODULO DE COMPRESIÓN (kg/mm)	TRABAJO DE RUPTURA (kgmm)	DISTANCIA DE RUPTURA (mm)
Películas con sorbitol 1.5%	0.91 ± 0.35 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.0059 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.59 <sup>a</sup>	2.96 ± 0.94 <sup>a</sup>
Películas con sorbitol 1.875%	0.67 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.88 ± 0.46 <sup>a</sup>

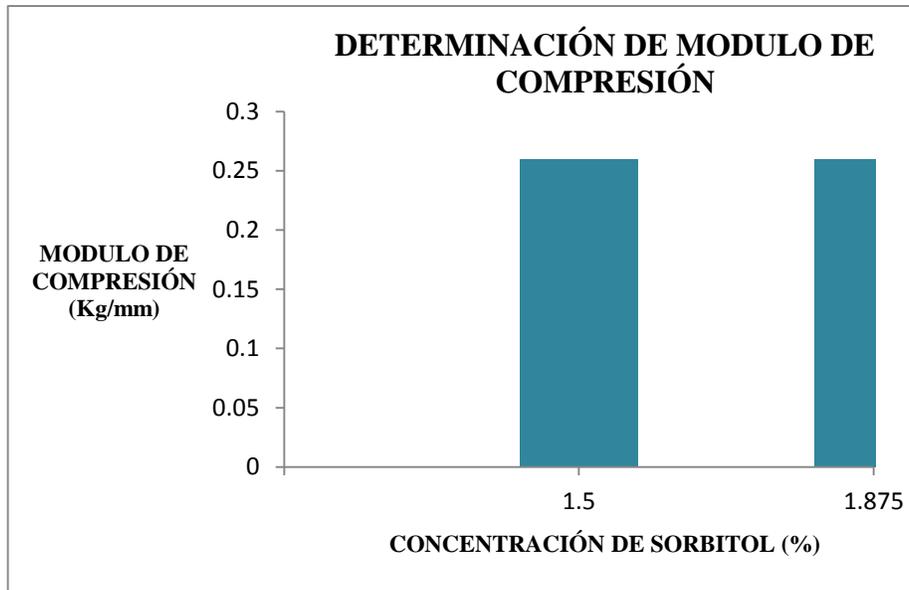
Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras iguales en cada columna indican que no hay diferencia significativa en las propiedades mecánicas de las dos formulaciones P >0.05.

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa (P >0.05), es decir, el factor de la concentración de plastificante no afectó en los parámetros estudiados.

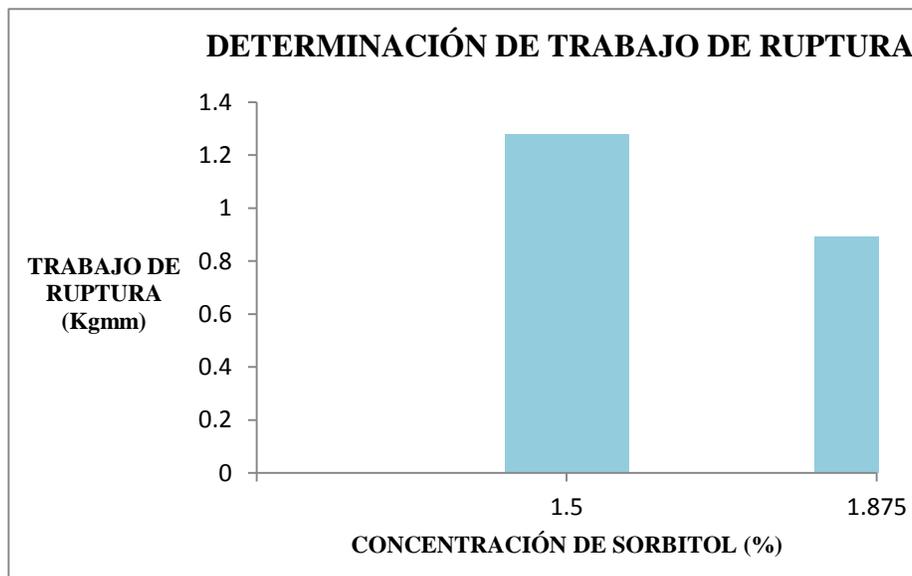
Para conseguir una mejor apreciación se presentan las gráficas 1 (dureza), 2 (módulo de compresión), 3 (trabajo de ruptura) y 4 (distancia de ruptura).



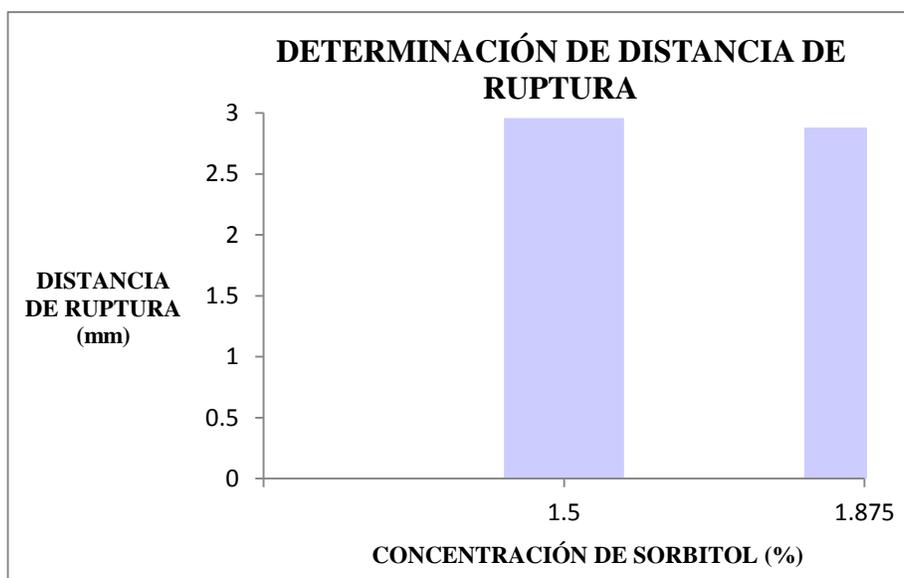
**Gráfica 1. Comparación del parámetro de dureza de las películas comestibles.**



**Gráfica 2. Determinación del parámetro de módulo de compresión de las películas comestibles.**



**Gráfica 3. Determinación del parámetro de trabajo de ruptura de las películas comestibles.**



**Gráfica 4. Determinación del parámetro de distancia de ruptura de las películas comestibles.**

Por medio de las gráficas anteriores se corrobora que los valores obtenidos entre los dos tipos de películas comestibles son similares no teniendo variación considerable durante su estudio, sin embargo de manera muy particular en la gráfica 1, se observó el comportamiento encontrado por Guerrero y Ruíz (2005) quienes confirman que al aumentar la concentración de un plastificante, la película se suaviza de igual forma se encuentra una relación con el espesor de las películas a valores bajos de espesor, la película presentará valores bajos de dureza (Ventosa, 2012), tal como se comprobó en la determinación de espesor, las películas que presentaron menor espesor fueron las de 1.875% y en esta determinación estas mismas reportaron ligeramente valores bajos de dureza con respecto a las películas con 1.5 % de sorbitol. Se tiene también que un incremento en el contenido de amilosa dará como resultado películas con mayor dureza Talja *et. al* (2008) resultando que las películas a 1.5 % de sorbitol fueron las que presentaron esta tendencia lo cual basado a lo anterior se puede deber a que estas tenían más contenido de almidón en su formulación y por lo tanto mayor cantidad de amilosa presente.

### **3.4 Caracterización de barrera de las películas**

A fines de resguardar al producto deshidratado contra la transferencia de materia (oxígeno y vapor de agua) se realizó esta determinación de propiedades de barrera. De acuerdo a lo observado en la tabla 13 se tiene que a menor concentración de plastificante se producen valores bajos de permeabilidad al vapor de agua y al oxígeno mientras que para la mayor concentración los valores reportados son altos, obteniendo que existe diferencia entre las dos concentraciones de sorbitol.

**Tabla 13. Efecto de las concentraciones de sorbitol en las propiedades de barrera.**

MUESTRA	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/Pa.m.s)	PERMEABILIDAD AL OXÍGENO (g/m <sup>2</sup> . día.atm)
Películas con sorbitol 1.5 %	$8.49 \times 10^{-11} \pm 6.34 \times 10^{-12}$ <sub>a</sub>	$1.87 \times 10^{-8} \pm 1.46 \times 10^{-10}$ <sub>a</sub>
Películas con sorbitol 1.875 %	$1.06 \times 10^{-10} \pm 3.85 \times 10^{-12}$ <sub>b</sub>	$1.95 \times 10^{-8} \pm 5.94 \times 10^{-11}$ <sub>b</sub>

Los valores representan la media de 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar, letras diferentes en cada columna indican que hay diferencia significativa en las propiedades de barrera de las dos formulaciones  $P < 0.05$ .

Para el caso de la permeabilidad al vapor de agua la literatura expone lo siguiente: los plastificantes reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas del polímero e incrementan el volumen libre, en consecuencia existe más espacio para que las moléculas de agua migren (Bertuzzi et al, 2002); por lo tanto al aumentar la concentración del plastificante aumenta la permeabilidad al vapor de agua. Las películas a 1.5% de sorbitol resultaron ser poco permeables al vapor de agua, hecho que puede ser atribuido no solo a la menor cantidad de plastificante sino también a la fracción de amilosa del almidón; en su trabajo Maran *et al.*, (2013) midieron la PVA de películas de almidón de maíz y sorbitol, sosteniendo que la baja permeabilidad al vapor de agua se debió a la composición de las mismas ya que el almidón que utilizaron contenía un 28% de amilosa, fracción conocida por tener un carácter hidrofóbico. En cuanto a la determinación de la permeabilidad al oxígeno, se tiene un comportamiento similar a la determinación de permeabilidad al vapor de agua, a mayor concentración de plastificante más permeable es la película al oxígeno. En este caso también se puede atribuir que las películas a 1.5% de sorbitol resultaron poco permeables debido a que contenían mayor cantidad de almidón, el cual es una barrera eficaz contra el oxígeno según Osés (2006). Como se había citado anteriormente al correlacionar la variable de espesor en la determinación de permeabilidad al vapor de agua y al oxígeno se tiene que a mayor espesor incrementa la resistencia de la película a la transferencia de masa y de vapor de agua; los resultados fueron satisfactorios como se puede corroborar en la determinación de espesor puesto que la concentración 1.5% de sorbitol presentó valores más grandes de espesor y por lo tanto estas películas impusieron mayor resistencia al paso del vapor de agua y de oxígeno. De esta manera en este proyecto se encontró una relación dependiente entre el espesor de la película y la concentración del plastificante.

### 3.5 Caracterización fisicoquímica de las películas

A continuación, en la tabla 14 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de pH y ángulo de contacto:

**Tabla 14. Efecto de las concentraciones de sorbitol en las propiedades fisicoquímicas.**

MUESTRA	pH	ANGULO DE CONTACTO (° sexagesimales)
Películas con sorbitol 1.5 %	5.34 ± 0.04 <sub>a</sub>	78 ± 0 <sub>a</sub>
Películas con sorbitol 1.875 %	5.31 ± 0.01 <sub>a</sub>	72 ± 0 <sub>b</sub>

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada columna indican que hay diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas de las dos formulaciones  $P < 0.05$ .

La determinación de pH se realizó en las soluciones formadoras de películas a 25°C y se obtiene que ambas concentraciones no presentan diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) además de que los valores dentro de la escala de pH guardan una tendencia al carácter ácido. Esto se puede deber a que de manera individual cada componente de la solución presenta valores ácidos; el almidón de maíz nativo con un pH entre 5.5 a 6.5, el alginato de sodio entre 3 a 4, sorbitol en jarabe al 70% entre 5 a 7 y el benzoato de sodio con un pH menor o igual a 4.5 (datos proporcionados por Droguería Cosmopolita), las condiciones anteriores propician al crecimiento de mohos y levaduras que son unos de los principales microorganismos que suelen atacar a los productos deshidratados, por tal como parte de los parámetros de calidad a fines de ofrecer un producto aceptable por el consumidor se decidió realizar la determinación de mohos en el producto deshidratado con y sin película, resultados que se mencionan más adelante, no obstante en esta determinación se obtuvieron valores finales por debajo del pH óptimo (5.6) para su crecimiento (Andino y Castillo, 2010). Se observó que el tiempo de conservación de las mismas relativamente fue largo lo que se puede atribuir a factores como la temperatura ya que los recubrimientos se mantuvieron en refrigeración durante la experimentación establecida y a la presencia del benzoato de sodio incorporado en las formulaciones de las mismas. Por otra parte se tiene para ángulo de contacto, que la concentración del plastificante si presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ); en los dos casos las fuerzas adhesivas entre el líquido (agua) y el sólido (superficie de la película) resultaron ser más grandes en comparación con las fuerzas cohesivas del líquido debido a que se obtuvieron valores de ángulo de contacto menores a 90° sexagesimales lo que quiere decir que el agua tiende a mojar la superficie de las películas, no obstante, de acuerdo al comportamiento observado en la tabla se tiene que las películas a alta concentración de sorbitol resultaron tener una naturaleza más hidrofílica, es decir estas tuvieron una composición más afín al agua (entre más agudo sea el ángulo existe mayor tendencia a que el líquido

moje el sólido) (Adamson, 1990), lo anterior se pudo deber a que al aumentar la concentración de sorbitol, su acción como lubricante y humectante incrementa, de igual forma puede ser atribuido a que estas películas tuvieron partes con mayor engrosamiento y otras partes más delgadas; según Murillo (2011) la rugosidad o imperfección de la superficie de una película pueden ser causantes de una desviación del ángulo que nos ocupa. Por otro lado para la concentración baja de sorbitol, el agua tardó más en mojar la superficie de las películas tal vez a que estas estas contenían en mayor proporción almidón de maíz nativo y según Maran *et al*, (2013) consideraron en su estudio que la amilosa es una parte hidrófoba ya que la naturaleza lineal, flexible y de gran longitud le confiere la capacidad de enrollarse formando una estructura helicoidal de esta forma dentro de la hélice se propicia un entorno hidrofóbico (Tovar, 2008), por lo tanto la superficie de estas mismas repelaron la presencia de agua.

### **3.6 Aplicación del recubrimiento comestible (inmersión)**

Las rodajas de kiwi (secado con aire caliente y deshidratado osmóticamente/secado con aire caliente) fueron recubiertas con las soluciones filmogénicas sorbitol 1.5% recurriendo al método de inmersión, estas se mantuvieron en contenedores de plástico durante 1 minuto y su exceso se eliminó por escurrido. Después las rodajas recubiertas se sometieron a un secado convectivo en un secador de flujo transversal a 70°C hasta que estas quedaran completamente con el recubrimiento adherido. El producto recubierto y los puntos controles fueron almacenados en bolsas de polietileno con cierre hermético evitando su exposición a lugares húmedos.

### **3.7 Métodos de evaluación de las propiedades del kiwi**

Enseguida se exponen los parámetros de calidad evaluados en los puntos controles y en las muestras con película para llevar a cabo el comparativo entre estas y concluir si la aplicación de la película seleccionada es efectiva en cuanto a la conservación del producto. En primer orden se hace hincapié a los resultados correspondientes al producto secado con aire caliente y posteriormente al producto deshidratado osmóticamente.

#### **3.7.1 Perfil de textura del kiwi**

Los parámetros obtenidos se obtuvieron por medio del perfil de textura, determinación que basa en la imitación de la masticación por medio de un texturómetro donde se realiza una doble compresión, en la tabla 15 se muestran los resultados del kiwi secado con aire caliente.

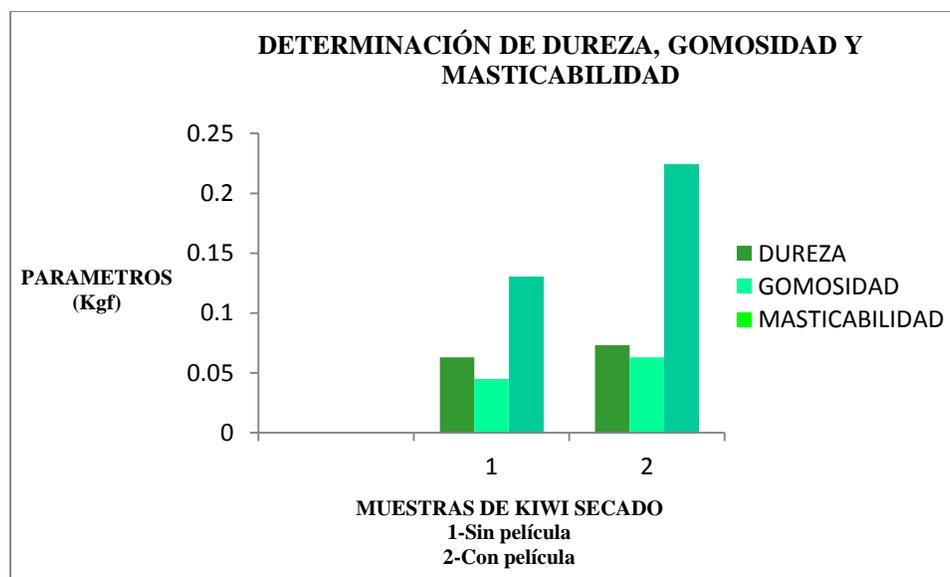
**Tabla 15. Determinación del perfil de textura en kiwi secado con aire caliente (puntos controles y muestras con película).**

PARAMETRO	KIWI SECADO CON AIRE CALIENTE	KIWI SECADO CON AIRE CALIENTE CON PELÍCULA 1.5 % SORBITOL
<b>DUREZA (Kgf)</b>	0.063 ± 0.004 a	0.073 ± 0.004 b
<b>COHESIVIDAD (adimensional)</b>	0.719 ± 0.017 a	0.869 ± 0.036 b
<b>ADHESIVIDAD (g.seg)</b>	1.133 ± 0.040 a	1.995 ± 0.105 b
<b>ELASTICIDAD (mm)</b>	2.845 ± 0.226 a	3.531 ± 0.293 b
<b>GOMOSIDAD (Kgf)</b>	0.045 ± 0.003 a	0.063 ± 0.004 b
<b>MASTICABILIDAD (Kgf)</b>	0.130 ± 0.017 a	0.224 ± 0.024 b

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada fila indican que hay diferencia significativa en las propiedades texturales de las muestras  $P < 0.05$ .

Como se puede observar en la tabla anterior todos los valores de los parámetros evaluados tienden a incrementar una vez que se le aplica la película comestible al kiwi secado con aire caliente.

En la gráfica 5 se concentraron los resultados obtenidos en el estudio de los parámetros de dureza, gomosidad y masticabilidad.

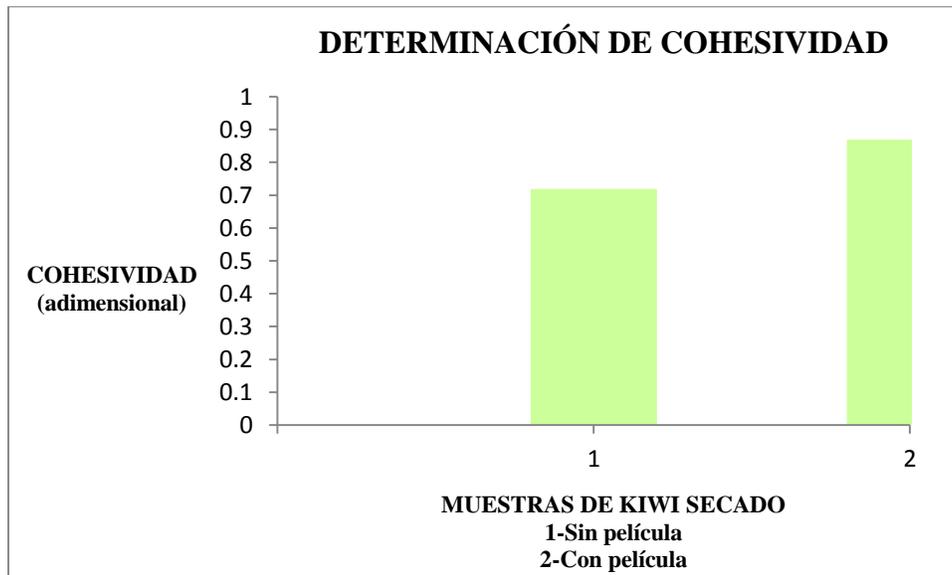


**Gráfica 5: Análisis de dureza, gomosidad y masticabilidad en el producto secado con aire caliente.**

Para el parámetro de dureza, en las muestras con película se requirió de más fuerza para poder comprimirlas durante el primer ciclo de masticación, lo anterior se pudo deber a que el alginato de sodio es un material que se vuelve más rígido después de la gelación o por pérdida de agua durante el secado

convectivo al que fueron sometidas las muestras una vez que se les aplicó el recubrimiento (Zamora, 2011). Mientras que para gomosidad, con respecto a las muestras con película, los resultados exponen una baja destrucción de la estructura del producto a lo largo de las dos compresiones. Por último en el parámetro de masticabilidad los resultados arrojaron que las muestras con películas requirieron de una mayor fuerza para masticarlas pasando de un estado sólido hasta un estado tal que permita su deglución esto denota que son productos duros, cohesivos y elásticos según Zuluaga (2012) o bien se trata de productos poco deformables frente a un proceso mecánico (masticación) al que sean sometidos.

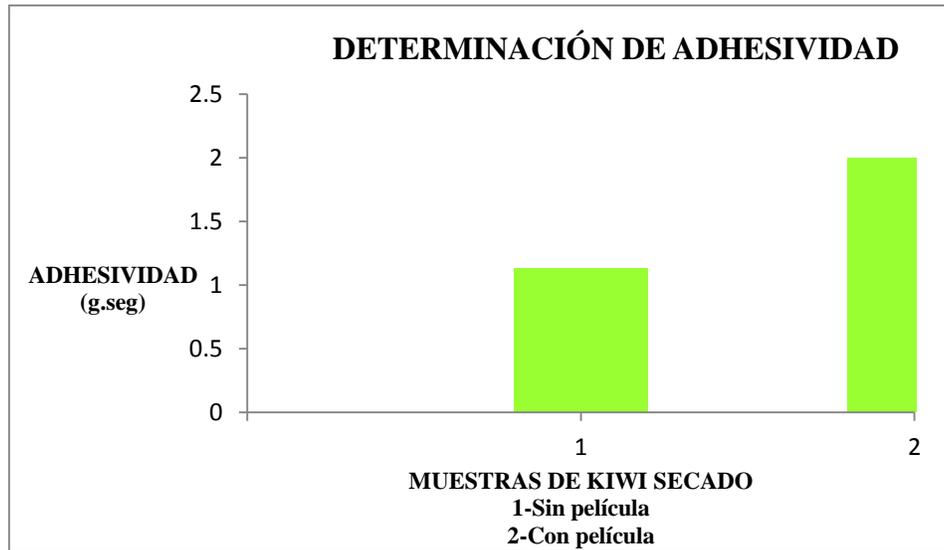
En la gráfica 6 se exponen los resultados para el parámetro de cohesividad.



**Gráfica 6. Análisis del parámetro de cohesividad en el producto seco con aire caliente.**

Al obtener valores altos de cohesividad se puede decir que los polímeros (almidón de maíz-alginato de sodio) en la película forman fuertes enlaces moleculares dificultando así su separación en cuanto a la estructura del alimento se refiere.

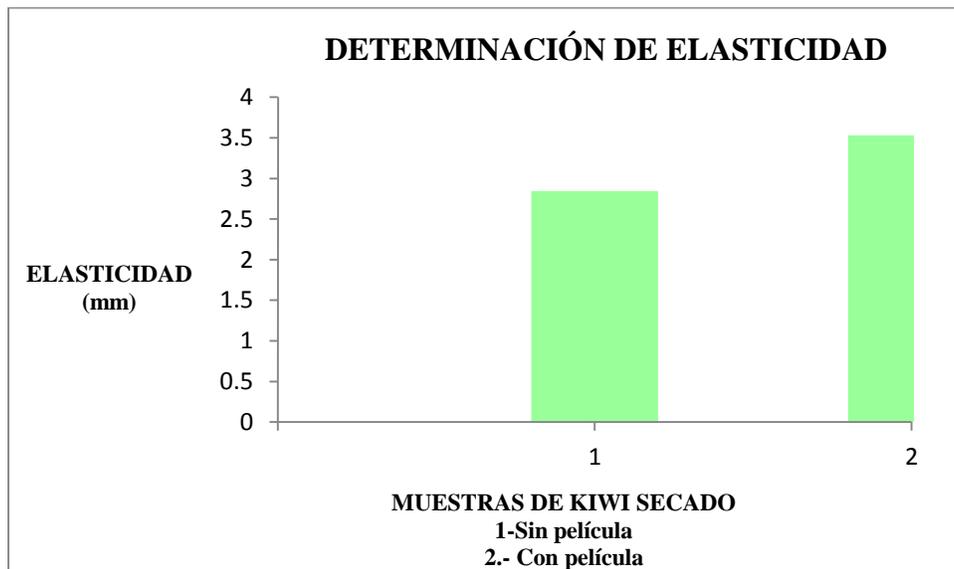
Para el parámetro de adhesividad se obtuvieron valores positivos (gráfica7).



**Gráfica 7. Análisis del parámetro de adhesividad en el producto secado con aire caliente.**

Lo anterior se puede deber a que la fuerza de atracción entre la superficie de la muestras y la superficie con la que tuvieron contacto que en este caso fue la geometría utilizada fue nula o escasa.

En la gráfica 8 se muestra el parámetro de elasticidad.



**Gráfica 8. Análisis del parámetro de elasticidad en el producto secado con aire caliente.**

En cuanto a la determinación de elasticidad, las muestras con películas presentaron mayor habilidad de regresar a su forma original luego de ser sometidas a los dos ciclos de compresión esto probablemente a causa de la presencia del plastificante que penetra entre las cadenas del polímero separándolas y aumentando así el volumen libre haciendo que las cadenas se deslicen con mayor libertad facilitando así el manejo del producto durante su almacenamiento evitando pérdidas por roturas o quiebre, esto aunado al hecho de que las películas de almidón y alginato ofrecen mayor elasticidad a un producto según Wang *et al* (2007). En general se concluye una vez más que las muestras con película tuvieron mayor contacto con la geometría lo que se traduce a que estas pudieran tener mayor duración en la boca durante el proceso de la masticación; este comportamiento fue observado y reportado por Meullenet *et al* (1997) y García (2011) cuando evaluaron la relación dependiente entre escalas de elasticidad y cohesividad en diversos productos de confitería y productos mínimamente procesados.

En la tabla 16 se presenta el análisis de perfil de textura correspondiente a las muestras de kiwi deshidratado osmóticamente.

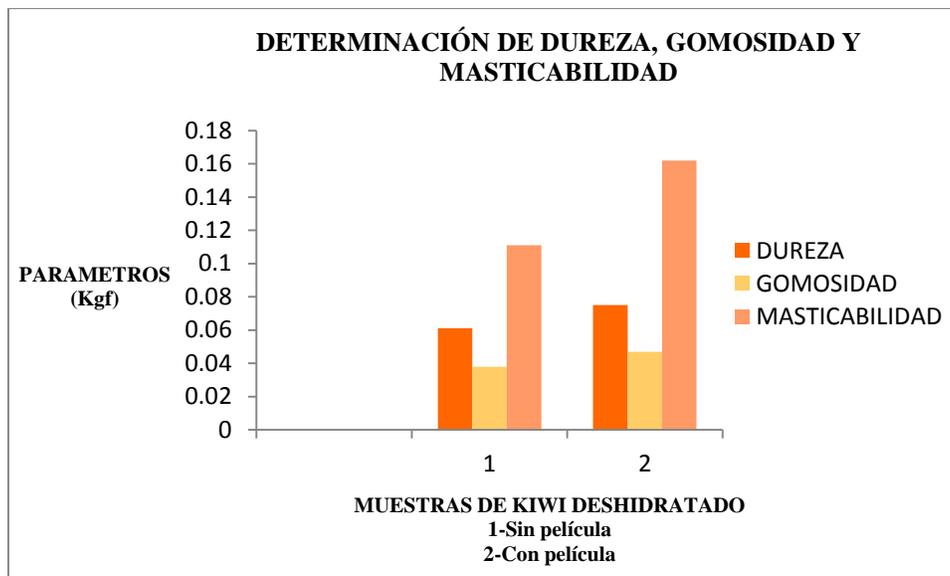
**Tabla 16. Determinación del perfil de textura en kiwi deshidratado osmóticamente (puntos controles y muestras con película).**

PARAMETRO	KIWI DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE	KIWI DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE CON PELÍCULA 1.5 % SORBITOL
<b>DUREZA (Kgf)</b>	0.061± 0.0003 a	0.075 ± 0.0006 b
<b>COHESIVIDAD (adimensional)</b>	0.632 ± 0.042 a	0.631 ± 0.015 a
<b>ADHESIVIDAD (g.seg)</b>	-24.306 ± 0.396 a	-48.055 ± 0.542 b
<b>ELASTICIDAD (mm)</b>	2.898 ± 0.017 a	3.412 ± 0.045 b
<b>GOMOSIDAD (Kgf)</b>	0.038 ± 0.002 a	0.047 ± 0.0005 b
<b>MASTICABILIDAD (Kgf)</b>	0.111 ± 0.007 a	0.162 ± 0.002 b

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada fila indican que hay diferencia significativa en las propiedades texturales de las muestras  $P < 0.05$ .

Como se puede observar de nueva cuenta, los valores obtenidos de los parámetros evaluados incrementan una vez que se aplica la película a las muestras.

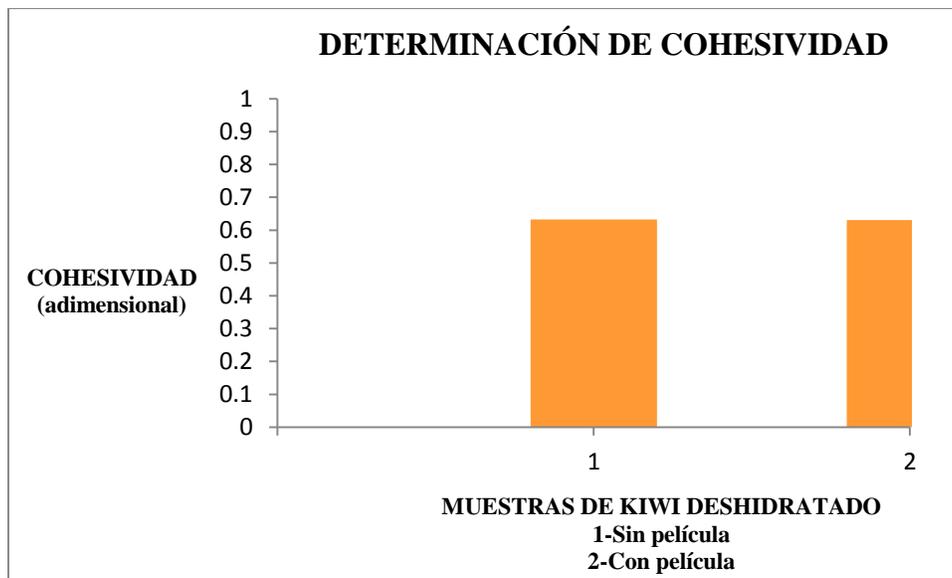
En la gráfica 9 se adjuntaron los valores de dureza, gomosidad y masticabilidad.



**Gráfica 9. Análisis de dureza, gomosidad y masticabilidad en el producto deshidratado osmóticamente.**

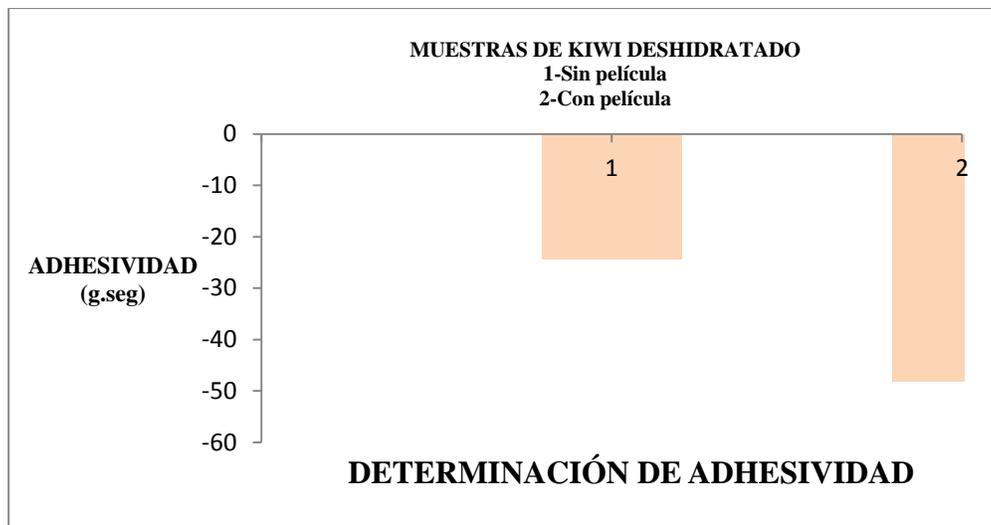
En primer instancia para el parámetro de dureza, con respecto a las muestras con película estas tuvieron mayor dureza probablemente debido a los solutos ganados en la deshidratación osmótica (jarabe: azúcar - chile piquín) lo que provoca que haya mayor concentración de sólidos y por lo tanto una menor disponibilidad de agua en el medio (Zamora, 2011), se sabe que a mayor reducción del contenido de agua, el producto expone cierta dureza. De acuerdo a Bourles (2009) valores bajos de gomosidad indican que un alimento es más suave, tal como en el caso de los puntos controles, mientras que las muestras con películas tuvieron una textura más arenosa teniendo que durante la simulación de la masticación estas requirieron más trabajo para masticarlas debido a que presentaron mayor dureza. Ranhaman y S.F (2005) demostraron en mediciones hechas para pulpa deshidratada de dátiles que la masticabilidad aumenta en forma exponencial con la disminución del contenido de agua; las muestras con película al tener mayor contenido de sólidos presentaron reducción del contenido de agua siendo estas muestras las que requirieron mayor energía para masticar y pasar de un estado sólido a un estado que facilitara su ingesta. Se refleja un mayor rango en cuanto a la masticabilidad ya que este parámetro va ligado a la dureza del alimento; según Hleap y Velasco (2010) existe una relación entre los parámetros masticabilidad y dureza tales parámetros aumentan al reducir el contenido de agua del producto.

Para cohesividad los resultados no presentaron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), es decir la película no tuvo efecto alguno en este parámetro, esto se muestra en la gráfica 10.



**Gráfica 10. Análisis del parámetro de cohesividad en el producto deshidratado osmóticamente.**

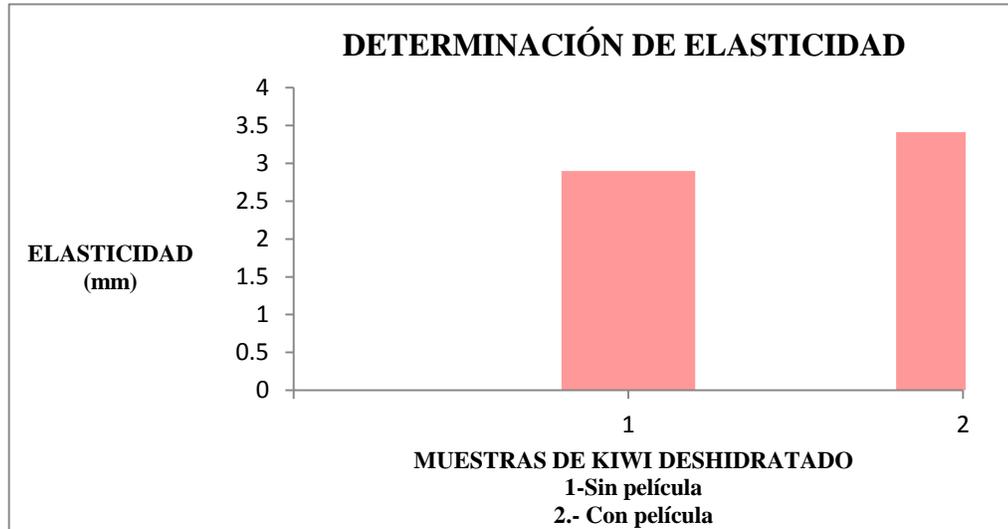
En cuanto a la adhesividad en estas muestras los valores obtenidos fueron negativos (gráfica 11).



**Gráfica 11. Análisis del parámetro de adhesividad en el producto deshidratado osmóticamente.**

Según un estudio realizado en el análisis de propiedades texturales en salchichas de tilapia roja lo anterior indica que la textura de las muestras de kiwi es pegajosa, es decir cuando el producto es consumido este se adhiere al paladar y cuesta más trabajo retirarlo de la superficie en cuestión; en comparación a los puntos controles, las muestras con películas tuvieron más adhesividad esto puede deberse a la mayor cantidad de carbohidratos adquiridos en la deshidratación osmótica y a la presencia de almidón de maíz nativo, alginato de sodio y benzoato de sodio; un contenido mayor de sólidos en superficie promueve un aumento de la adhesividad. (Molina, 2008).

Finalmente en la gráfica 12 se expone el comparativo para el parámetro de elasticidad.



**Gráfica 12. Análisis del parámetro de elasticidad en el producto deshidratado osmóticamente.**

Para elasticidad, los valores más altos corresponden a las muestras con películas lo que indica que estas tuvieron mayor recuperación de su forma después de la doble compresión esto a causa de la presencia del plastificante de las películas que modifica la rigidez del producto en cuestión impartiendo elasticidad al mismo (Aguilar, 2005). Se obtuvo un coeficiente alto de elasticidad lo cual indica mayor resistencia frente a la masticación (De la Cruz-De la Cruz, 2013).

### **3.7.2 Color del kiwi**

En las tablas 17 y 18 se muestran las coordenadas obtenidas en los sistemas CIELAB (\*L) y CIELCH (H y C); en el primer sistema las coordenadas cartesianas (L\*, a\* y b\*) se obtuvieron por lectura directa en un colorímetro Minolta® modelo CR400, a partir de a\* y b\* se calcularon los valores H y C para asignar numéricamente un valor al color definitivo de la muestra; primero se exponen los resultados correspondientes a las muestras de kiwi secado con aire caliente sin y con película y secundariamente los resultados de kiwi deshidratado osmóticamente sin y con película.

**Tabla 17. Parámetros del color por el método CIELAB y CIELCH en kiwi secado con aire caliente (puntos controles y muestras con películas).**

PARAMETRO	KIWI SECADO CON AIRE CALIENTE	KIWI SECADO CON AIRE CALIENTE CON PELÍCULA 1.5 % SORBITOL
L*	22.6 ± 2.0303 a	33.0 ± 1.9296 b
H °	70.1 ± 1.6817 a	80.0 ± 1.2320 b
C	16.9 ± 0.7391 a	21.7 ± 1.24988 b

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada fila indican que hay diferencia significativa en los parámetros de color de las muestras  $P < 0.05$ .

En la tabla anterior se observa que al aplicar la película comestible en el kiwi secado con aire caliente el valor de L\* aumenta lo que denota con respecto a los puntos controles que estas adquieren más luminosidad o se clarifica más el tono de las mismas; una disminución en el valor de L indica un oscurecimiento del producto (Silva *et al*, 2013). Mientras que para el ángulo de tono (H), tomando de referencia la gráfica de color CIELAB (X-RITE, 2002) se obtuvo un valor de 80.0531° cercano a 90°, esto indica que las muestras con película tienen un matiz amarillo (color predominante en el primer cuadrante de la gráfica CIELAB), esta es la primera percepción que se puede captar a cerca del producto, sin embargo al obtener los valores de a y b por lectura directa del equipo se tuvo una tendencia al color verde. El valor de croma (C) expone que tan llamativo o apagado es el color que predomina en el cuadrante correspondiente (X-RITE, 2002), concluyendo finalmente que el color a simple vista de la muestras con película con respecto a los puntos controles es un amarillo verdoso más llamativo.

**Tabla 18. Parámetros del color por el método CIELAB y CIELCH en kiwi deshidratado osmóticamente (puntos controles y muestras con películas).**

PARAMETRO	KIWI DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE	KIWI DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE CON PELÍCULA 1.5 % SORBITOL
L*	23.8300±0.4327 a	24.9633 ±0.4310 b
H	53.5864 ± 1.1394 a	54.4759 ± 2.1355 b
C	17.8483 ± 0.6707 a	23.5695 ± 1.0050 a

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada fila indican que hay diferencia significativa en los parámetros de color de las muestras  $P < 0.05$ .

En la tabla 18 se observa que el valor de L\* aumenta con respecto al obtenido en los puntos controles lo que indica que al aplicar la película a las muestras estas adquieren un color menos obscuro al original, de igual forma para el ángulo de tono (H) este se encuentra dentro del cuadrante 1, de acuerdo al valor obtenido (54.4759°) se obtiene que el matiz que predomina es el rojo mientras que para el valor de croma (C) este aumenta notablemente con respecto de los puntos controles indicando que el rojo es más intenso, la gráfica de color CIELAB indica cómo cambia el croma conforme nos movemos del centro hacia la periferia. Los colores en el centro son grises (apagados o sucios) y conforme avanzamos hacia la periferia se vuelven más saturados (vivos o limpios) (X-RITE, 2002); por lo tanto el color que se percibe a primera instancia es un rojizo menos obscuro, es decir un rojo más llamativo.

### 3.7.3 Humedad del kiwi

Los resultados que se muestran a continuación en la tabla 19 corresponden a la determinación de humedad final de los puntos controles y del producto con película por medio de la termobalanza con el objetivo de saber si el producto deshidratado adquiere más humedad una vez aplicada la película comestible o sí mantiene su porcentaje de humedad constante para lo cual fue necesario retomar los resultados obtenidos en la determinación de humedad inicial en los puntos controles sin película por medio del método de secado de estufa.

**Tabla 19. Determinación del contenido de humedad en kiwi secado con aire caliente (puntos controles y muestras con películas).**

MUESTRA	HUMEDAD (%)
<b>Kiwi secado con aire caliente</b>	5.64 ± 0.29 <span style="float: right;">a</span>
<b>Kiwi secado con aire caliente con película sorbitol 1.5%</b>	8.95 ± 0.02 <span style="float: right;">b</span>

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada columna indican que hay diferencia significativa en el contenido de humedad de las muestras  $P < 0.05$ .

Al realizar la comparación con los resultados obtenidos en esta determinación se tiene que para el caso de los puntos controles sin película el porcentaje de humedad fue de 5.64%; se tiene así que en ambas determinaciones (termobalanza y secado de estufa) el porcentaje de humedad fue el mismo, no varió a lo largo de la experimentación. Para el caso de las muestras con películas el porcentaje de humedad fue de 8.95% con respecto a los puntos controles sin película, la humedad aumento un 3.85%.

Los datos referidos para el caso de las rodajas de kiwi deshidratado osmóticamente con y sin película se presentan en la tabla 20.

**Tabla 20. Determinación del contenido de humedad en kiwi deshidratado osmóticamente (puntos controles y muestras con películas).**

<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>
<b>Kiwi deshidratado osmóticamente</b>	4.45 ± 0.30 <span style="float: right;">a</span>
<b>Kiwi deshidratado osmóticamente con película sorbitol 1.5%</b>	7.53 ± 0.26 <span style="float: right;">b</span>

Los valores representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar, letras diferentes en cada columna indican que hay diferencia significativa en el contenido de humedad de las muestras  $P < 0.05$ .

Comparando los resultados obtenidos en la determinación de humedad inicial en los puntos controles sin película por medio del método de secado de estufa con los resultados obtenidos en la humedad final por medio de la termobalanza se tiene que el porcentaje de humedad fue de 4.45%; en ambas determinaciones el porcentaje de humedad fue el mismo no vario a lo largo de la experimentación. Para el caso de las muestras con películas el porcentaje de humedad fue de 7.53% con respecto a los puntos controles sin película, la humedad aumentó un 3.49%. En las dos tablas se concluye que hubo un aumento ligero de la humedad una vez que se aplica la película comestible al producto deshidratado, factor que tal vez se pueda deber a que la determinación final no se realizó de inmediato a la aplicación del recubrimiento ya que las muestras con las que se trabajó estuvieron en resguardo por un tiempo de 25 días. Sin embargo, de acorde a la literatura el producto final con película, se encuentra dentro del rango de humedad promedio para productos deshidratados en el mercado, el cual data de 7 a 20% (Echeverriarza, 2005).

#### **3.7.4 Determinación de mohos en kiwi**

En la tabla 21, se reportan los resultados correspondientes a la determinación de mohos en las rodajas de kiwi secado con aire caliente sin película y en las rodajas con película de acuerdo a las NOM-092-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994.

**Tabla 21. UFC por g de mohos en agar papa-dextrosa acidificado incubadas 120 horas a 30°C para kiwi secado con aire caliente (sin y con película).**

TRATAMIENTO	DILUCIÓN 1:10	DILUCIÓN 1:100	DILUCIÓN 1:1000	UFC/g
<b>Kiwi secado con aire caliente</b>	1	0	0	10b
<b>Kiwi secado con aire caliente (Con película sorbitol 1.5%)</b>	0	0	0	<10c

\*b- Debe aclararse “valor estimado” por encontrarse los valores fuera del intervalo de 25 a 250 colonias indicando la dilución correspondiente.

\*c- Debe informarse de acuerdo a la menor dilución ensayada y contada, en este caso 1:10.

Como se puede apreciar para el caso de las rodajas sin película, en la mayoría de las diluciones no se encontró crecimiento de mohos en tales casos esto se pudo deber principalmente al secado convectivo al que fueron sometidas las muestras, proceso de conservación que pudo brindar cierta estabilidad frente a la contaminación microbiana. Mientras que para el caso de la dilución primaria se encontraron 10 unidades formadoras de colonias para este tipo de microorganismos lo que lleva a suponer que la presencia de mohos fue probablemente por contaminación del medio que incluye desde el polvo y materia extraña suspendida en el aire y las superficies de contacto previamente contaminadas. Con respecto a las rodajas con película, ninguna muestra presentó crecimiento de mohos lo que significa que la película es efectiva; es decir la aplicación de esta en las muestras en combinación con el proceso de secado contrarrestó la proliferación de microorganismos.

En la tablas 22, se reportan los resultados correspondientes a la determinación de mohos en las rodajas de kiwi deshidratado osmóticamente sin película y en las rodajas con película de acuerdo a las NOM-092-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994.

**Tabla 22. UFC por g de mohos en agar papa-dextrosa acidificado incubadas 120 horas a 30°C para kiwi deshidratado osmóticamente (sin y con película).**

TRATAMIENTO	DILUCIÓN 1:10	DILUCIÓN 1:100	DILUCIÓN 1:1000	UFC/g
<b>Kiwi deshidratado osmóticamente</b>	0	0	0	<10c
<b>Kiwi deshidratado osmóticamente (Con película sorbitol 1.5%)</b>	1	0	0	10b

\*b- Debe aclararse “valor estimado” por encontrarse los valores fuera del intervalo de 25 a 250 colonias indicando la dilución correspondiente.

\*c- Debe informarse de acuerdo a la menor dilución ensayada y contada, en este caso 1:10.

En el caso del kiwi deshidratado osmóticamente sin película no se mostró crecimiento de mohos en todas las diluciones, este método de conservación en combinación con el secado convectivo aplicado posteriormente redujeron el nivel de humedad de las muestras hecho que probablemente prolongo la vida útil de las mismas. Por otra parte para las rodajas con película, se tuvieron 10 unidades formadoras de colonias en la dilución primaria lo que pudo ser causado por contaminación previa del entorno mientras que en las demás diluciones no se reportó crecimiento de mohos; teniendo que la aplicación de la película en este caso contrarrestó la contaminación microbiana. De manera general se concluye que dentro de la composición de la película los factores que ayudaron a este hecho fueron tanto la presencia del conservador como la del plastificante. El benzoato de sodio se caracteriza por inhibir el crecimiento de ciertos microorganismos tales como los hongos (NMX-F-337-S-1979). Según Tate y Lyle (2010), el sorbitol se caracteriza por tener gran resistencia frente a microorganismos. Por lo tanto las pequeñas incidencias de contaminación por mohos se produjeron debido a la contaminación del medio y al mal tratamiento de la muestra a lo largo de la experimentación, un ejemplo: una inadecuada desinfección del área de trabajo así como de los instrumentos con los que se experimentó.

### **3.8 Rentabilidad de la aplicación de películas comestibles**

Se realizó un análisis económico que incluyó el método de precio promedio de mercado, la determinación de costos variables (costos por unidad de producto) y costos fijos unitarios en los que se incurrió para saber el precio del kiwi deshidratado con y sin película concluyendo si es viable o no la aplicación de películas comestibles en el producto final.

### 3.8.1 Método de precio promedio de mercado

Para determinar el precio estimado del producto de kiwi secado con aire caliente se utilizó el método de precio promedio de mercado, que consiste en determinar el promedio de los precios de los productos similares que existen en el mercado (tabla 23).

**Tabla 23. Precios de los productos similares ofertados en el mercado.**

Producto	Marca	Cantidad (g)	Empresa	Precio (\$)
Plátanos deshidratados	Sin marca	250	—	15
Kiwi deshidratado	Sin marca	120	Elaborados artesanalmente (Tepozotlán)	20
Plátanos deshidratados	Sabritas	28	Sabritas	7
Mango deshidratados con chile	Botanas Cimarrón	250	Productora Internacional, S.A. de C.V.	25
Piña deshidratada con chile	Productos PALMA	50	Procesadora Palma, S.A. de C.V.	11

**Fuente:** Romero (2010).

En este sentido, el precio de la botana de fruta deshidratada será el promedio del precio de los productos más populares que ofrecen las empresas competidoras dentro del mercado:

A nivel laboratorio se procesó un kilo de kiwi fresco obteniendo como producto final 100 g de producto deshidratado es por esta razón que se determinó el precio por gramo y luego se multiplicó por 100 g para obtener un precio equivalente en cantidad como se muestra en la tabla 24. Una vez obtenidos estos datos se procede a obtener el precio promedio.

**Tabla 24. Estimación del precio promedio de frutas deshidratadas comerciales.**

<b>Producto</b>	<b>Precio por gramo (\$)</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Empresa</b>	<b>Precio por 100g (\$)</b>
Plátanos deshidratados	0.06	100	_____	6
Kiwi deshidratado	0.166	100	Elaborados artesanalmente (Tepozotlán)	16.6
Plátanos deshidratados	0.25	100	Sabritas	25
Mango deshidratados con chile	0.10	100	Productora Internacional, S.A. de C.V.	10
Piña deshidratada con chile	0.22	100	Procesadora Palma, S.A. de C.V.	22
<b>SUMA</b>				79.6
<b>PROMEDIO</b>				15.92

Como se puede observar, el precio estimado es de \$ 15.92 + \$ 0.165 de la envoltura de celofán, por lo tanto el precio del producto por 100 g sería \$ 16.085 aproximadamente.

Suponiendo que el contenido del paquete de la botana de fruta deshidratada contendrá 40 g, se calculó el precio correspondiente a esta cantidad, el cual fue de \$ 6.434.

### **3.8.2 Costos variables**

#### **(Costos fijos unitarios y precio del producto)**

En la tabla 25 se muestran los costos variables para posteriormente estimar los costos fijos unitarios y el precio aproximado para kiwi deshidratado osmóticamente.

**Tabla 25. Costos de materia prima.**

<b>Materia prima</b>	<b>Costo/kg de materia prima-granel (\$)</b>	<b>Costo/unidad producto</b>
Kiwi	20	\$2(100g)
Chile piquín	40	\$4(100g)
Azúcar	12	\$8.4(700g))
Agua	8	\$2.4(300ml)
Celofán (envoltura)	-	\$0.165 (pieza)
Total	80	\$16.965

El costo por unidad de gastos en materia prima utilizada para la elaboración del producto final es de \$16.965 (CVU).

Suponiendo que la producción esperada (PE) fuera de 2880 kg por mes (microindustria) se estima posible costo total del producto (CT) de la siguiente manera teniendo en cuenta que los costos fijos unitarios se refieren a gastos por servicios y administrativos de la empresa los cuales corresponden a \$15047.00 aproximadamente, la estimación se muestra en la tabla 26.

**Tabla 26. Costos fijos de la empresa.**

Sueldo de empleados y renta	Diario	Mensual	Total Mensual
3 empleados	\$80/persona	\$1920/persona	\$5760
1 administración	\$90/persona	\$2160/persona	\$2160
1 ventas	\$90/persona	\$2160/persona	\$2160
Renta local			\$4000
Gastos por servicios			\$967
Total			\$15047

Por lo tanto mediante el siguiente calculo:

$$CT = CVU + \frac{CFU}{PE}$$

El costo total del producto sería de \$22.18

Entonces el posible precio del producto por 100g sería:  $CVU + CT = P$ , es decir:

$\$16.965 + \$22.18 = \$39.1547 = \$39$  aproximadamente.

Sí el contenido del paquete de la botana de fruta deshidratada contendrá 40 g, se calcula el precio correspondiente a esta cantidad, el cual fue de  $\$15.6 \approx \$16.00$ .

A continuación se muestran en la tabla 27 los costos variables correspondientes a la determinación de los costos fijos unitarios y del precio aproximado para kiwi secado con aire caliente con película.

**Tabla 27. Costos de la elaboración de kiwi secado con aire caliente con película de sorbitol 1.5%.**

Materia prima	Costo/kg de materia prima (\$)	Costo/unidad producto
Kiwi	20	\$2(100g)
Almidón de maíz	42.92	\$0.4506 (10.5g)
Alginato de sodio	974.4	\$10.2312 (10.5g)
Sorbitol	38.28	\$0.2871 (7.5g)
Benzoato de sodio	87.04	\$0.02176 (0.25g)
Agua destilada	7.54	\$3.5532 (471.25ml)
Total	1170.18	\$16.5438

El costo por unidad de gastos en materia prima utilizada para la elaboración del producto final es de \$16.5438 (CVU).

Si la producción esperada sería de 2880 kg al mes y los costos fijos unitarios (CFU) se refieren a gastos por servicios y administrativos de la empresa los cuales corresponden a \$15047.00 aproximadamente, se tiene que el costo total del producto (CT) sería de \$21.7726.

Por lo tanto el posible precio del producto por 100g sería:  $CVU + CT = P$ , es decir:

$\$16.5438 + \$21.7726 = \$38.3122 = \$38$  aproximadamente.

Suponiendo que la botana de fruta deshidratada con película (sustitución de la envoltura de celofán) se venderá a granel por cada 40 g, se calculó el precio correspondiente a esta cantidad, el cual fue de \$ 15.3249= \$15aproximadamente.

En la tabla 28 se muestran los costos variables para posteriormente estimar los costos fijos unitarios y el precio aproximado para kiwi deshidratado osmóticamente con película:

**Tabla 28. Costos de la elaboración de kiwi deshidratado osmóticamente con película de sorbitol 1.5%.**

Materia prima	Costo/kg de materia prima-granel (\$)	Costo/unidad producto
Kiwi	20	\$2(100g)
Chile piquín	40	\$4(100g)
Azúcar	12	\$8.4(700g))
Agua	8	\$2.4(300ml)
Almidón de maíz	42.92	\$0.4506 (10.5g)
Alginato de sodio	974.4	\$10.2312 (10.5g)
Sorbitol	38.28	\$0.2871 (7.5g)
Benzoato de sodio	87.04	\$0.02176 (0.25g)
Agua destilada	7.54	\$3.5532 (471.25ml)
Total	1230.18	\$31.343

El costo por unidad de gastos en materia prima utilizada para la elaboración del producto final es de \$31.343(CVU).

Si la producción esperada sería de 2880 kg al mes y los costos fijos unitarios (CFU) se refieren a gastos por servicios y administrativos de la empresa los cuales corresponden a \$15047.00 aproximadamente, se tiene que el costo total del producto (CT) sería de \$.

Por lo tanto el posible precio del producto por 100 g sería:  $CVU + CT = P$ , es decir:

$\$31.343 + \$36.5676 = \$67.9106 = \$68$  aproximadamente.

Suponiendo que la botana de fruta deshidratada con película (sustitución de la envoltura de celofán) se venderá a granel por cada 40g, se calculó el precio correspondiente a esta cantidad, el cual fue de \$ 27.1642= \$27 aproximadamente.

Se concluye de manera general que los productos con película en comparación con los productos sin película aumentan aproximadamente el doble de precio aunque no de una forma excesiva a excepción del kiwi deshidratado osmóticamente con película, para mayor rentabilidad del producto como estrategia de venta se propuso una presentación del producto en una cantidad de 40 g e incluso se generó la idea de sustituir el empaque por la misma película, es decir que esta misma actué como envase o envoltura y así vender el producto a granel. El producto estaría dirigido principalmente a personas de entre 15 y 50 años de edad, quienes presentan mayor interés en degustar el lanzamiento de nuevos productos. Una vez que el producto tenga aceptabilidad en la población adolescente y adulta se procederá a introducir el producto a la población infantil debido a que se espera la aprobación del producto por parte de personas mayores que puedan recomendar y fomentar el consumo del mismo a un menor. La innovación del producto acompañado de una acertada cadena de publicidad permitirá crear el conocimiento e interés de las personas para el consumo de kiwi deshidratado con película teniendo en cuenta que la gente se inclina a ideas nuevas de consumo.

Como estrategias de mercado se tiene: Diversificación de la producción ya que se fomentará el consumo de kiwi deshidratado y sus productos derivados claramente diferenciados del kiwi en estado fresco (la modernización de la industria del kiwi).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados correspondientes en la caracterización de las películas comestibles se concluye lo siguiente:

En las propiedades mecánicas no se tuvo diferencia significativa entre las dos concentraciones de sorbitol. De igual manera en la determinación de pH en los recubrimientos no se tuvo diferencia significativa.

Las determinaciones que sí tuvieron diferencia significativa fueron las de espesor, propiedades de barrera y ángulo de contacto.

Se encontró una relación dependiente entre espesor y las propiedades de barrera: “A mayor espesor menor fue el paso permitido de oxígeno y vapor de agua a través de la película”, lo anterior lo denotaron las películas a 1.5% de sorbitol.

De igual forma las películas a 1.5% de sorbitol repelieron la presencia de agua en la determinación de ángulo de contacto. En base a lo anterior descrito se optó por seleccionar esta concentración ya que estas películas brindaron mejores propiedades barrera teniendo como finalidad resguardar al producto deshidratado de factores tales como el oxígeno y agua para su conservación.

Respecto a la aplicación del recubrimiento en las rodajas de kiwi secado con aire caliente y deshidratado osmóticamente se obtuvieron diferencias significativas.

Para las propiedades texturales haciendo énfasis en el caso de los kiwis deshidratados osmóticamente, estas muestras tuvieron una textura excesivamente pegajosa; lo cual resulta en un problema que afecta principalmente en la calidad de cualquier producto ya que deriva en una mala presentación del alimento para el consumidor.

En la determinación de color, las películas aclararon el tono de las muestras proporcionando más brillo en la superficie de estas sin embargo en el producto deshidratado osmóticamente fueron mínimas las diferencias que impartieron las películas.

En la determinación de humedad final se presentó un ligero aumento lo anterior probablemente debido a que la determinación no se llevó a cabo de inmediato sino después de un tiempo en el cual las muestras se tuvieron en almacenamiento; lo que pudo haber permitido el paso de humedad en ambos productos fue la presencia de azúcares durante el secado ya que al ser higroscópicas y al incrementar el almacenamiento de las muestras se obtuvo mayor probabilidad de que absorbieran la humedad del medio.

Con respecto a la determinación de mohos, la aplicación de la película en los productos fue efectiva sin embargo se presentaron más incidencias de contaminación en las muestras de kiwi deshidratado osmóticamente probablemente por emplear la materia prima (chile piquín-azúcar) a granel.

En cuanto a la rentabilidad de los productos deshidratados con película a pesar de que estos aumentan el doble de precio con respecto a los puntos controles, tienen como ventajas principales el hecho de que se trata de productos con sabor, color y olor agradable, 100% naturales, sin colorantes ni saborizantes artificiales, bajos en calorías, con alto contenido en fibra, ricos en vitamina C, capacidad antioxidante, para su almacenamiento no requiere de refrigeración o congelación, el mercado no está saturado, no existe competencia directa, tanto materias primas como ingredientes dentro de la formulación son económicos, de fácil adquisición y se realiza un aprovechamiento de residuos generados. Pese a esto los productos que generaron mayores costos durante su elaboración fueron los kiwis deshidratados osmóticamente con película.

## RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda:

- Utilizar en la formulación de las películas un plastificante hidrófobo como un aceite o bien la combinación de dos polioles (glicerol y sorbitol) para conseguir efectos intermedios respecto a la ganancia de humedad aunque no incrementó de forma excesiva este parámetro una vez aplicada la película en el producto; se busca reducir lo más que se pueda este porcentaje .
- En cuanto a los polímeros utilizados, trabajar con otro polisacárido u otra proteína que sustituya al alginato de sodio, reactivo que resultó ser un poco elevado de precio si se tiene como objetivo implementar el proyecto a escala industrial para generar mayor factibilidad.
- Incorporar a la formulación de la película un agente antimicrobiano que brinde mayor estabilidad al producto.
- Elaborar otras pruebas microbiológicas para evaluar otras posibles fuentes de contaminación del producto.
- Realizar pruebas sensoriales para establecer el nivel de preferencia del público al probar el producto en sus diferentes presentaciones (con y sin película) en el dado caso de que el estudio requiera de seguimiento.
- Realizar encuestas para conocer la opinión de la gente en cuanto a la presentación del producto en el mercado y saber si estaría dispuesto a adquirirlo (que precio estaría dispuesto a pagar el público y qué lugares de venta serían más estratégicos para sacar el producto a exposición).

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ADAMSON, A.W. (1990). "Physical Chemistry of Surfaces". Wiley-Interscience, New York.
- AGUILAR, M.A. (2005). "Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate". Tesis de maestro en tecnología avanzada. IPN, México, D.F.
- ANDINO, F., y CASTILLO, Y. (2010). "Un enfoque práctico para la inocuidad alimentaria". UNI-Norte. Recuperado el 21 de Diciembre 2013. Disponible en: <http://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/documento-microbiologia.pdf>
- ANONYMOUS. (1983). "Instruction Manual for the Permatran-WIA". Minneapolis. MN: Mocon Instruments, Inc.
- ARISO, L. (2009). "El kiwi y otros campeones en vitamina C: Acerola, bayas, cítricos y perejil". Océano Ámbar, Barcelona, España.
- ASTM. (1988). "Standard Test Method for Determining Gas permeability Characteristics of Plastic Film and Shetting ". ASTM Book of Standards, D1434-82: 255-266.
- ASTM. (1995). "Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials". Standard Designations: E96-95. En: Annual Book of American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA, USA.
- AYRANCI, E., y TUNC , S. (2003). "A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. Food Chemistry, 80:423-431.
- BADUI, D.S. (2006). "Química de los alimentos". Pearson Educación, México.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. O., & BAKER, R. A. (1995). "Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 35(6): 509-524.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M.O., SHOW, P.E., & BURNS, J.K. (1995)a. "Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees Brix and ascorbic acid levels" . J. Agric. Food Chem, 43: 1321-1331.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS- CARRIEDO, M. O., HAGENMAIER, R. D., & BAKER, R.A (1997). "Use of lipids in coatings for food products". Food Technology, 51(6): 56-64.
- BARBOSA-CANOVAS, G. (2000). "Deshidratación de alimentos ". Acribia, España.
- BERTUZZI, M. A., ARMADA, M., GOTTIFREDI, J. C., APARICIO, A. R., & JIMENEZ, P. (2002). "Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos". Congreso regional de ciencia y tecnología. Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, Buenos Aires.

BIANCHI, M., MILISENDA, P., GUARNASCHELLI, A., & MASCHERONI, R.H. (2009). “Modelado y simulación de procesos de congelación y dehidrocongelación de frutas”. *Ingeniería Alimentaria*, 83: 52- 60.

BIQUET B., y GUILBERT, S. (1986). “Relative diffusivities of water in model intermediate moisture foods”. *Diffusivities relatives de l’eau dans des aliments modeles à humidité intermédiaire*, 19(3): 208-214.

BOURLES, E. (2009). “Impact of vacuum cooking process on the texture degradation of selected apple cultivars”. *J Food Sci*, 74(9): 512-8.

CASARIEGO, A., SOUZA, B.W.S., VICENTE, A.A., TEIXEIRA, J.A., CRUZ, L., & DIAZ, R. (2008). “Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot”. *Food Hydrocolloids*, 22(8): 1452-1459.

CIREN. (1988). “Manual del cultivo del Kiwi (*Actinidia chinensis*)”. Santiago, Chile. Recuperado el 25 de Junio de 2013. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.ciren.cl/gsdlexterna/collect/bdirenci/index/assoc/HASHc4ca.dir/PC07388.pdf>

COLLAZO, B.S., ORTEGA, T.R., TALENS, O. P., & CHIRALT, B. A. (2014). “Films biodegradables a base de almidón de maíz y policaprolactona: Efecto del ácido cítrico como agente de entrecruzamiento”. Universidad Politécnica, Valencia, España.

CONESA, F.J. (2000). “Curso básico de análisis térmico: Termogravimetría, cinética de reacciones y análisis térmico diferencial”. Editorial Club Universitario, España.

DE LA CRUZ- DE LA CRUZ, V. (2013). “Relación del crecimiento de bífido *Bacterium lactis* y *Lactobacillus acidophilus* con almidón de banano como fuente de carbono”. XV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de alimentos, 641-647. Colima, México.

DEBEAUFORT, F., y QUEZADA-GALLO.(1998).“Edible films and Coatings: Tomorrow’s Packagings: A review”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(4): 299-313.

DELLA, R.P. (2010). “Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente”. Tesis de Maestría en tecnología de los alimentos, Escuela de Posgrado Facultad Regional Buenos Aires, Argentina, Buenos Aires.

DOMÍNGUEZ, M., y JIMÉNEZ, M. (2012). “Películas comestibles formuladas con polisacáridos: Propiedades y aplicaciones”. *Temas selectos de Ingeniería en Alimentos*. Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.

DONHOWE, I. G., y FENNEMA, O. (1994). “Edible and Coatings: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. En: *Edible coatings and films to improve food quality*”. Editado por KROCHTA, J.M., BALDWIN, E.A., & NISPEROS-CARRIEDO, M. Ed. Technomic Publishing Co. Estados Unidos.

ECHEVERRIARZA, P. M. (2005). “Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes”. UNESCO Montevideo, Asunción, Paraguay.

ESCOBAR, D.A., SALA, A., SILVERA, C., & MARQUEZ, R. (2008). “Elaboración, caracterización y comparación de películas comestibles en base a aislados de proteínas de suero lácteo (WPI)”. INNOTEC, 3: 57-62.

FANG, L., JIANG, B., & ZHANG, T. (2008). “Effect of combined high pressure and thermal treatment in kiwifruit peroxidase”. Food Chemistry, 109: 802-807.

FAO. (2011). “Producción mundial de kiwi”. Recuperado el 24 de Junio de 2013. Disponible en: <http://www.fundacioncajamarvalencia.es/es/pdf/curso-cultivos-alternativos-y-control-calidad/cultivo-kiwi-granado/cultivo-kiwi-granado.pdf>

FITO, M.P., ANDRÉS, G.A.M., BARAT, B.J.M., & ALBORS, S.A.M. (2001). “Introducción al secado de alimentos por aire caliente”. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 26 de Julio de 2013. Disponible en:

<http://books.google.com.mx/books?id=cUEt038sq90C&pg=PA32&lpg=PA32&dq=secado+por+aire+caliente&source=bl&ots=gfrdmmPwm&sig=Z7EX2AA2tLsPREheGhU-2G-AfH8&hl=es-419&sa=X&ei=qovxUe73FtKJrQGTYDoCA&ved=0CEgQ6AEwBw#v=onepage&q=secado%20por%20aire%20caliente&f=false>

FÚSTER, C., PRÉSTAMO, G., & CANO, M.P. (1994). “Drip Loss, Peroxidase and Sensory Changes in Kiwi Fruit Slices during frozen storage”. Journal of the Science of Food and Agriculture, 64: 23-29.

GARCÍA, L. A. (2011). “Textura y reología de tejidos vegetales mínimamente procesados”. Tesis doctoral. Facultad de ciencias exactas y naturales, Argentina, Buenos Aires.

GARCÍA, M., N, M., E, N. (2000). “Microestructural Characterization of Plasticized Starch-Based Films”. Starch-Stärke, 52(4):118-124.

GARCÍA, J.C., y GARCÍA, G. (2010). “Guía para el cultivo del Kiwi”. Área de experimentación y demostración agroforestal. Recuperado el 1 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5235>

GEANKOPLIS, C.J. (1998). “Procesos de transporte y operaciones unitarias”. CECOSA, México, D.F.

GENNADIOS, A., WELLER, C.L., & GOODING, C.H. (1994). “Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films”. J. Food Eng., 21: 395-409.

GONZÁLEZ, A.G. (2009). “Estabilidad e intercambio de iones calcio en geles de alginato”. Reporte de residencia profesional, ITD, Victoria de Durango, Durango.

GONZÁLEZ, M.A. (2012). “Caracterización de películas de alginato-calcio como matriz soporte conteniendo ácido linoléico”. Recuperado el 20 de Marzo de 2013. Disponible en:

<http://prezi.com/t40pbafh9adx/alginato-propuesta/>

GUERRERO, B.J., y RUÍZ, H.F. (2005). “Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración”. Tesis. Universidad de las Américas, Puebla, Puebla.

GUILBERT, S. (1994). “Technology and application of edible protective films”. En: Food packaging and preservation. Edited by Mathlouthi, Aspen Publishers, London, New York. Recuperado el 20 de Marzo de 2013. Disponible en:

[http://books.google.com.mx/books?id=gNkTBKZrcl0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=gNkTBKZrcl0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

GUILBERT, S., GONTARD, N., & GORRIS, L. G. (1996). “Prolongation of shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings”. LWT Food Science Technology, 29(1-2): 10-17.

---

GUTIÉRREZ, P.H., y VARA, S. R. (2008). “Análisis y diseño de experimentos”. Mc Graw Hill, México, D.F.

GREENER, D.I., y FENNEMA, O. (1994). “Edible Films and Coatings: Characteristics, Formation, Definitions and Testing Methods. En: Edible Coatings and Films to Improve Food Quality”. KROCHTA, J.M., BALDWIN, E.A., & NISPEROS-CARRIEDO, M. (Eds.) Technomic, Lancaster, Pensilvania, EUA. 1-2.

HARDENBERG, R.E. (1967). “Wax and related coatings for horticultural products- A bibliography. Agricultural Research Service Bulletin No. 965. Ithaca, N.Y.

HAWKES, J., y FLINK, J. (1978). “Osmotic concentration of fruits slices prior to freeze dehydration”. Food Proc. Preserv, 2: 265-284.

HERRERA, R.C.H., Bolaños, V.N., & Lutz, C.G. (2003). “Química de alimentos: Manual de laboratorio”. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

HLEAP, J.I., y VELASCO, V.A. (2010). “Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)”. Universidad Nacional de Colombia, 8: 50-54.

INFOAGRO SYSTEMS, S. L. (2013). “El cultivo del kiwi”. Recuperado el 8 de Julio de 2013. Disponible en: [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/kiwi.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/kiwi.htm)

- KAYMAK, F., y SULTANOGLU, M. (2000). "Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple". *Journal of Food Engineering*, 46: 243-247.
- KESTER, J.J., y FENNEMA, O. (1986). "Edible Films and Coatings: A Review". *Food Technol*, 40(12): 47-59.
- KESTER, J.J., y FENNEMA, O. (1989). "Resistance of Lipid Films to Water Vapor Transmission". *JAACS*, 66:1139-1146.
- KIWIGURU. (2010). "Kiwi en México". Recuperado el 1 de Julio de 2013. Disponible en: <http://kiwiguru.wordpress.com/2010/07/17/kiwi-en-mexico/>
- KROCHTA, J.M., y DE MULDER-JOHNSTON, C. (1997). "Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities". *Food Technol*, 51(2): 61-74.
- KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., & NISPEROS-CARRIEDO, M. O. (2002). "Edible coatings and films to improve food quality". CRC Press, U.S.A.
- LABUZA, T., y CONTRERAS-MEDELLIN, R. (1981). "Prediction of moisture protection requirements for foods". *Cereal food world*, 26: 335-343.
- LAURO, H., LIVEROTTI, O., & PERALTA, M. (2013). "Mercado y manejo poscosecha de kiwi". Gerencia de calidad y tecnología, Buenos Aires.
- MARAN, J.P., SIVAKUMAR, V., THIRUGNANASAMBANDHAM, K., & SRIDHAR, R. (2013). "Response surface modeling and analysis of barrier and optical properties of maize starch edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60:412-421.
- MARCILLA, G.A. (1998). "Introducción a las operaciones de separación: Cálculos por etapas de equilibrio". Publicaciones de la Universidad de Alicante, Universidad de Alicante.
- MARCILLA, G.A. (1999). "Introducción a las operaciones de separación: Contacto continuo". Publicaciones de la Universidad de Alicante, Universidad de Alicante.
- MARTÍNEZ, J.C. (2013). "Deshidratación del kiwi (*Actinidia chinensis* p.) de la variedad Hayward por los métodos de secado por charolas y en microondas". Tesis de ingeniería en industrias alimentarias. PPA ITSAT, Xoyotitla, Veracruz. Recuperado el 9 de Julio de 2013. Disponible en: <http://share.pdfonline.com/1096a48289844c739d6ee502dfb69790/proyecto%20comp..htm>
- MCGUIRE, R. G. (1992) "Reporting of objective color measurements". *Hortscience*, 27: 1254-1255.
- MEULLENET, J., CARPENTER, J.A., LYON, B. G., & LYON C. E. (1997). "Bi-cyclical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture". *Journal of Texture Studies*, 28: 101-118.

MOLINA, A. (2008). “Evaluación sensorial de tres formulaciones de productos embutidos escaldados de pescado, tipo salchicha, a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp*)”. Trabajo de grado Ingeniero Industrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Colombia.

MURILLO, M.M. (2011). “Evaluación de propiedades mecánicas, ópticas, antioxidantes y de barrera de películas comestibles elaboradas con emulsiones dobles  $W_1/O/W_2$  adicionadas con extracto de té verde (*camellia sinensis*)”. Tesis de doctorado en biotecnología. UAM, México, D.F.

MURRY, D.G., y LUFT, L. (1973). “Low-D.E. Corn Starch Hydrolysates”. *Food Technol*, 27(3): 32-39.

NAVARRETE, B. J. (2010). “Informe Centro de Competitividad del Maule, Kiwi”. Universidad de Talca, Chile.

NELSON, K., y FENNEMA, O. (1991). “Methylcellulose films to prevent lipid migration in confectionery products”. *J. Food Sci.*, 56(2): 504-508.

NISPEROS-CARRIEDO, M.O. (1994). “Edible coatings and films based on polysaccharides. En: Edible coatings and films to improve food quality”. KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., & NISPEROS-CARRIEDO, M. O. (Eds.) Technomic, Lancaster, Pensilvania, EUA, 305-336.

NMX-F-337-S-1979. Aditivos alimentarios. Conservadores. Benzoato de sodio. Food additives. Preservatives. Sodium Benzoate. Normas mexicanas. Dirección general de normas.

NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza). Foods. Determination of moisture (thermobalance rapid method). Normas mexicanas. Dirección general de normas.

NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

OLIVAS, G. I., y BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. (2005). “Edible coating for fresh-cut fruits”. *Crit. Rev. Food Sci., Nutri.* 45: 657-670.

ORREGO, A.C. (2008). “Congelación y liofilización de los alimentos”. Manizales, Colombia.

OSÉS, F.J. (2006). “Desarrollo, caracterización y aplicaciones alimentarias de recubrimientos comestibles basados en proteínas de suero de leche, almidón y goma de mezquite. Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra, Navarra.

PARZANESE, M. (2010). “Tecnologías para la industria alimentaria: Películas y recubrimientos comestibles”. Alimentos argentinos, una elección natural. Recuperado el 9 de Agosto de 2013. Disponible en: [www.alimentosargentinos.gob.ar](http://www.alimentosargentinos.gob.ar)

PAULICKA, F. (1986). “Quality consideration in the selection of confectionary fats”. *The Manufacturing Confectioner*, (May): 75-81.

- PEARSON, D. (1998). "Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos". Acribia, España.
- POINTING, J.D., WATTERS, G.G., FORREY, R.R., JACKSON, R., & STANLEY, W.L. (1966). "Osmotic dehydration of fruits". *Food Technology*, 20:125.
- RAHMAN, M., y AL-FARSI, S. (2005). "Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content". *Journal of Food Engineering*, 66 (4): 505-511.
- RAMALLO, L., SCHVEZOV, C., & MASCHERONI, R. (2002). "Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de ananá: Un modelo matemático sencillo". Tesis de maestría. Universidad Nacional de Misiones.
- RASTOGI, N.K., RAGHAVARAO, K.S.M.S., NIRANJAN, K., & KNORR, D. (2002). "Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer". *Trends in Food Science & Technology*, 13: 48-59.
- RED DE MERCAS. (2006). "Kiwi (*Actinidia chinensis*. Familia: Actinidiáceas)". Recuperado el 8 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.mercadosmunicipales.es/uploads/frutas/Kiwi.pdf>
- RODRÍGUEZ, N.J. (2012). "Principios de análisis térmico y caracterización textural de sólidos inorgánicos: Casos prácticos". Universidad de Granada, España.
- ROMÁN, J.A. (2006). "Determinación del perfil viscoelástico y de textura en tortillas de maíz adicionadas con goma xantana". Tesis de maestría. IPN, Yautepec, Morelos.
- ROMERO, C.M. (2010). "Factibilidad para la producción y comercialización de una botana de fruta deshidratada en Apizaco, Tlaxcala". Tesis de Maestra en Ingeniería Administrativa. ITA, Apizaco, Tlaxcala.
- ROSENTHAL, J. A. (2001). "Textura de los alimentos, medida y percepción". Acribia, Zaragoza, España.
- ROUDOT, A-C. (2004). "Reología y análisis de la textura de los alimentos". Acribia, Zaragoza, España.
- SAHIN, S., GULUM, S. (2009). "Propiedades físicas de los alimentos". Acribia, Zaragoza, España.
- SHARMA, S.K., MULVANEY, S.J., & RIZVI, S.H. (2003). "Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio". Limusa Wiley, México, D.F.
- SILVA, P.R., DENOYA, G.I., LANGUASCO, J.M., & DELLA ROCCA, P.A. (2013). "Evaluación de los parámetros de color y de textura del Zapallo anco (*Cucurbita moshata*, D.) sometidos a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica". *Proyecciones*. 11(1).
- TALJA, R.A., PEURA, M., SERIMAA, R., & JOUPPILA, K. (2008). "Effect of amylose content on physical and mechanical properties of potato-starch- based edible films". *Biomacromolecules*. 9(2): 658-663.

- TATE, y LYLE. (2010). “Sorbitol”. Amylum Group. Recuperado el 14 de Agosto de 2013. Disponible en:[http://www.tatelyle.co.uk/NR/rdonlyres/ed2wnmpf2m6vqsqwpfclmy544n3vcpn14yjkzyqewsqc662vb3qldr4dru5i6f537iegzugkird2wqtlld6c57bczgg/Espanol\\_Sorbitol.pdf](http://www.tatelyle.co.uk/NR/rdonlyres/ed2wnmpf2m6vqsqwpfclmy544n3vcpn14yjkzyqewsqc662vb3qldr4dru5i6f537iegzugkird2wqtlld6c57bczgg/Espanol_Sorbitol.pdf)
- TERREN, L. (1982). “El Kiwi o Actinidia”. Recuperado el 4 de Julio de 2013. Disponible en: [http://frutales.files.wordpress.com/2011/01/k-06-hd\\_1982\\_13.pdf](http://frutales.files.wordpress.com/2011/01/k-06-hd_1982_13.pdf)
- TORREGGIANI, D. (1993). “Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing”. Food Research International, 26: 59-68.
- TOVAR, B.T. (2008). “Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays L*) obtenido por diferentes métodos de aislamiento”. Tesis de licenciatura en química en alimentos. UAEH, Pachuca de Soto, Hidalgo.
- VENTOSA, F.M. (2012). “Empleo de coberturas a partir de biopolímeros naturales como método de envasado activo de hortalizas”. Tesis de maestría. Universidad de la Habana, La Habana.
- VILLAFUERTE, P. (2008). “Proyecto de factibilidad para la exportación de kiwi al mercado ruso periodo 2007/ 2012”. Tesis de Ingeniería en Comercio Exterior e Integración. FCE, Quito, Ecuador. Recuperado el 26 de Junio de 2013. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/7169/1/38133\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/7169/1/38133_1.pdf)
- WANG, L. Z., HOLMES, J., KERRY, J. F., & KERRY, J. P. (2007). “Assessment of film forming potential and properties of protein and polysaccharide based biopolymer films. International Journal of Food Science & Technology. 42(9): 1128-1138.
- X-RITE. (2002). “Guía para entender la comunicación del color”. Recuperado el 7 de Marzo de 2013. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/comunicacion-del-color-artes-graficas/comunicacion-del-color-artes-graficas.pdf>
- ZAMORA, V.R. (2011). “Elaboración de un alimento funcional a base de *Saccharomyces boulardii* e inulina”. Tesis de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable, Michoacán, México.
- ZESPRI. (2011). “El kiwi en la tabla de valores nutricionales”. Recuperado el 9 de Julio de 2013. Disponible en: [http://www.zespri.eu/es/kiwipedia/el\\_kiwi\\_en\\_la\\_tabla\\_de\\_valores\\_nutricionales](http://www.zespri.eu/es/kiwipedia/el_kiwi_en_la_tabla_de_valores_nutricionales)
- ZESPRI. (2013). “Historia del Kiwi”. Recuperado el 1 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.zesprilatinoamerica.com/historia.htm>
- ZULUAGA, T. A. (2012). “Diseño de metodologías para un equipo universal de ensayos con aplicación en la industria alimenticia”. Tesis de Química Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira.

## **ANEXOS**

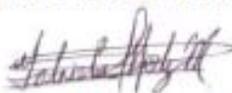
## CERTIFICADO DE ANALISIS

Producto: <b>ALMIDON DE MAIZ (ALMIDON GLOBE BA)</b>		No. Código: 0228
Referencia: 0228/101/120613	Lote: 3VC010	Reg.S.S.A. 128812 "A"
Fecha de fabricación: 04.marzo.2013	Fecha de caducidad: marzo.2016	Cantidad: 300 K
DETERMINACION	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS
Apariencia	Polvo fino	Polvo fino
Amilosa	25 - 30 %	Cumple
Color	Blanco a ligeramente amarillento	Cumple
Materia extraña visible	Libre de materia extraña	Cumple
Humedad	Máximo 12.50 %	11.98 %
pH	6.50 - 6.50	6.05
Dióxido de azufre	50 ppm máximo	3.00
Proteína total	0.55 % máximo	0.53 %
Blancura	-	Pasa la prueba
Residuo insoluble (patrón)	-	A
Catado (olor)	-	Pasa la prueba
Cuenta total, UFC/g	5000 máximo	50
Hongos y levaduras, UFC/g	500 máximo	20
<i>E. Coli</i>	Negativo	Negativo
<i>Salmonella</i>	Negativo	Negativo
Oxidantes residuales	Negativo	Negativo
Los siguientes resultados están basados en análisis frecuenciales:		
Metales pesados (como Pb), ppm <5		
Plomo, ppm <1		
Hierro, ppm <10		
Arsénico, ppm < 2		

Nota: Los sulfitos en cantidades superiores a 10 ppm se consideran agentes sensitivos.

LOS DATOS ANTERIORES FUERON PROPORCIONADOS POR NUESTRO PROVEEDOR

ATENTAMENTE  
DROGUERIA COSMOPOLITA S.A DE C.V.



Q.F.B. GABRIELA HERNÁNDEZ M.  
CED.PROF. 8461019