



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas  
Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química  
Ingeniería en Alimentos

**PROFESOR PATROCINANTE**

**Luis Puente D.**

Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química  
Universidad de Chile

**DIRECTORES DE MEMORIA**

**Luis Puente D.**

Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química  
Universidad de Chile

**Catalina Valenzuela A.**

Departamento de Ingeniería Química  
y de Bioprocesos  
Pontificia Universidad Católica de Chile

**“ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN SNACK EN BASE A PURÉ DE  
MANZANA CON INCORPORACIÓN DE FIBRA SOLUBLE”**

*Proyecto de Memoria para optar  
al título de Ingeniera en Alimentos*

**DANIELA NICOLE PIÑA CARRASCO**

**SANTIAGO – CHILE**

**2015**

## DEDICATORIA

“La vida no te está esperando en ninguna parte, te está sucediendo. No se encuentra en el futuro como una meta que has de alcanzar, está aquí y ahora, en este mismo momento, en tu respirar, en la circulación de tu sangre, en el latir de tu corazón.

Cualquier cosa que seas, es tu vida.”

Osho

A mis padres y hermana

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a todos quienes ayudaron e hicieron posible la realización de esta memoria, como a quienes me acompañaron y estuvieron a mi lado durante todo el período de mi carrera.

Agradezco de forma principal a mis padres, mis maestros de vida, quienes desde un principio creyeron en mí, me brindaron comprensión, paciencia y amor. A ellos quienes me enseñaron que con constancia y voluntad, nada es imposible.

A mi hermana Francisca, quien siempre estuvo influyendo en todos mis avances. Mi motivadora personal, mi aliada. Sin duda, a mi mejor amiga.

A mis queridas amigas, por su compañía y alegría quienes de una u otra manera siempre estuvieron familiarizadas con mi proyecto.

Agradezco también a Catalina Valenzuela, patrocinadora y directora de esta tesis, quien me brindó la oportunidad de formar parte de este proyecto y de nuevos conocimientos. Además de facilitarme todos los materiales e instalaciones en el laboratorio de Biomateriales del Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos de la Pontificia Universidad Católica.

Agradezco al profesor Luis Puente, quien me orientó, incentivó y contribuyó en importantes pasos durante mi carrera y desarrollo de esta memoria.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS .....	vi
INDICE DE FIGURAS .....	vii
INDICE DE ECUACIONES.....	viii
INDICE DE ANEXOS .....	ix
RESUMEN .....	xii
SUMMARY .....	xiii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Situación actual del mercado de fruta y verdura mundial .....	3
2.2 Situación actual del mercado del snack saludable .....	3
2.2.1 Ventajas de un snack en base a frutas .....	4
2.3 Descripción de la Manzana en general.....	5
2.3.1 Situación nacional de la producción y exportación de la manzana .....	6
2.3.2 Conserva de Puré de Manzana:.....	7
2.3.3 Deshidratación y ventajas de reducir el agua de los alimentos .....	8
2.4 Secado Convectivo .....	9
2.5 Textura de los alimentos.....	9
2.5.1 Test de extensibilidad.....	10
2.6 Láminas de fruta o “Fruit leather” .....	10
2.6.2 Composición de las láminas de fruta.....	11
2.7 Fibra dietética en los alimentos .....	12
2.7.1 Consumo de Fibra dietética recomendada.....	14
2.7.2 Fibra dietética en la manzana .....	14
2.8 La inulina como ingrediente .....	14
2.9 Descriptores de un alimento con fibra adicionada .....	16
2.10 Microencapsulación .....	17
2.11 Color Instrumental.....	19
3. HIPOTESIS.....	20
4. OBJETIVOS.....	20

4.1	Objetivo general.....	20
4.2	Objetivos específicos.....	20
5.	<i>MATERIALES Y MÉTODO</i> .....	21
5.1	Materiales .....	21
5.1.1	Lugar de trabajo .....	21
5.1.2	Materia prima .....	21
5.1.3	Utensilios y Equipos .....	21
5.2	Metodología.....	22
5.2.1	Ensayos preliminares .....	22
5.2.2	Plan de trabajo .....	22
5.2.3	Elaboración de las láminas de fruta. ....	23
5.3	Análisis a la Materia Prima: .....	28
5.3.1	Grados Brix .....	28
5.3.2	pH.....	28
5.3.3	Medición de la Humedad.....	28
5.4	Modelado del comportamiento de secado de las láminas de manzana.....	28
5.5	Ensayos Mecánicos de Textura a láminas de manzana .....	29
5.6	Color Instrumental de las láminas de manzana .....	31
5.7	Evaluación Sensorial: .....	31
6.	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....	33
6.1	pH y ° Brix.....	33
6.2	Medición de la Humedad .....	33
6.3	Curva de Secado .....	33
6.4	Análisis de Textura .....	40
6.5	Análisis de color.....	45
6.5.1	Color de la materia prima .....	45
6.5.2	Color de las láminas de manzana .....	46
6.6	Análisis Sensorial .....	50
6.6.1	Atributos de calidad.....	50
6.6.2	Aceptabilidad.....	52
6.7	Elaboración de un snack con buena fuente de fibra .....	53
7.	<i>CONCLUSIONES</i> .....	54
8.	<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	56
9.	<i>ANEXOS</i> .....	64

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la manzana.....	5
Tabla 2: Polisacáridos no almidáceos .....	13
Tabla 3: Oligosacáridos Resistentes .....	13
Tabla 4: Propiedades funcionales de la inulina en la formulación de algunos productos .....	15
Tabla 5: Esquema de trabajo para 4 porcentajes distintos de fibra adicional incorporada .....	23
Tabla 6: Metodología de inclusión de fibra a las láminas de fruta.....	23
Tabla 7: Formulación de lámina de fruta control y lámina con inclusión directa de fibra .....	24
Tabla 8: Formulación de lámina de fruta con inulina incluida encapsulada.....	24
Tabla 9: Formulación final de las láminas de fruta con un 12% de humedad .....	24
Tabla 10: Datos para el cálculo de la humedad del puré de manzana.....	33
Tabla 11: Tiempo de secado (h) de las distintas formulaciones.....	39
Tabla 12: Módulo de Fuerza Máxima (Newton) para cada muestra distinta .....	41
Tabla 13: Módulo de Extensibilidad (milímetros) para cada muestra distinta.....	42
Tabla 14: Módulo de Energía de Ruptura (milijoule) para cada muestra distinta .....	43
Tabla 15: Módulo de Tracción (Mpa) para cada muestra distinta.....	44
Tabla 16: Valores promedios del color y luminosidad de la lámina control .....	45
Tabla 17: Valores promedios del parámetro L* para las distintas formulaciones .....	46
Tabla 18: Valores promedios del parámetro a* para cada muestra .....	47
Tabla 19: Muestra los valores de b* para cada muestra .....	48
Tabla 20: Muestra los valores de la variación total de color ( $\Delta E$ ) con respecto al control, según la ecuación 3.....	49
Tabla 21: Evaluación descriptiva global de 2 láminas de fruta con distinto tratamiento, con respecto a la muestra control. ....	50
Tabla 22: Valores de aceptabilidad de los distintos tratamientos .....	52
Tabla 23: Promedios de los pesos netos en gramos de las láminas de fruta para cada formulación.....	53

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción y exportación nacional de manzanas 2000-2011 (ODEPA 2012)	7
Figura 2: Polímero natural alginato (ALG)	18
Figura 3: Línea de proceso para la obtención de láminas de fruta de puré de manzana.	25
Figuras 4: Curvas de secado de Humedad (Kg H <sub>2</sub> O/Kg ms) – Tiempo (h) de cada serie con las distintas cantidades de inulina añadida.	35
Figura 5: Las curvas de secado de Velocidad (kg H <sub>2</sub> O/ h/m <sup>2</sup> ) - Humedad (kg H <sub>2</sub> O/ kg ms)	38
Figura 14: Información nutricional de una lámina de fruta comercial.	53
Figura 6: Gráfico de Tiempo de secado en horas por cada serie desarrollada	81
Figura 7: Gráfico de Módulo de Fuerza Máxima medido en Newton, de acuerdo al tipo de serie.	81
Figura 8: Gráfico de Módulo de extensibilidad medido en milímetros por cada serie.	82
Figura 9: Gráfico de Módulo de Energía de Ruptura en mili joule.	82
Figura 10: Gráfico de Módulo de Tracción en Mega Pascal según el tipo de serie	83
Figura 11: Gráfico de Valores promedios de Luminosidad L* por cada serie	83
Figura 12: Gráfico de Valores promedios del parámetro a*, para cada serie.	84
Figura 13: Gráfico de Valores promedios del parámetro b*, para cada serie.	84

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Modelado del comportamiento de secado .....	29
Ecuación 2: Cálculo del Módulo de tracción.....	30
Ecuación 3: Cálculo de diferencia de color ( $\Delta E$ ).....	31

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de evaluación sensorial .....	64
Anexo 2: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para tiempos de secado (horas) por Serie, según método 95,0% LSD. ....	65
Anexo 3: Tabla ANOVA para tiempo de secado (horas) por Serie.....	65
Anexo 4: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para tiempos de secado (horas) por Cantidad de fibra añadida, según método 95,0% LSD. ....	65
Anexo 5: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza máxima (Newton) por Serie, según método 95,0% LSD. ....	66
Anexo 6: Tabla de ANOVA para Fuerza máxima (Newton) por Serie .....	66
Anexo 7: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza Máxima (Newton) por Cantidad de fibra añadida, según método 95,0% LSD. ....	66
Anexo 8: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Extensibilidad (mm) por Serie, según método 95,0% LSD. ....	67
Anexo 9: Tabla 23 ANOVA para Extensibilidad (milímetros) por Serie .....	67
Anexo 10: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Extensibilidad (mm) por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	67
Anexo 11: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Energía de Ruptura (Joule) por Serie, según método 95,0% LSD. ....	68
Anexo 12: Tabla de ANOVA para Energía de Ruptura (Joule) por Serie .....	68
Anexo 13: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Energía de Ruptura (Joule) por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	68
Anexo 14: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Módulo de Tracción (Mpa) por Serie, según método 95,0% LSD. ....	69
Anexo 15: Tabla ANOVA para Módulo de Tracción (Mpa) por Serie .....	69
Anexo 16: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Módulo de Tracción (Mpa) por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	69
Anexo 17: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de L* por Serie, según método 95,0% LSD. ....	70
Anexo 18: Tabla ANOVA para valores de L* por Serie .....	70

Anexo 19: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de $L^*$ por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	70
Anexo 20: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de $a^*$ por Serie, según método 95,0% LSD. ....	71
Anexo 21: Tabla ANOVA para valores de $a^*$ por Serie .....	71
Anexo 22: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de $a^*$ por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	71
Anexo 23: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de $b^*$ por Serie, según método 95,0% LSD. ....	72
Anexo 24: Tabla ANOVA para valores de $b^*$ por Serie .....	72
Anexo 25: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de $b^*$ por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	72
Anexo 26: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Valores $\Delta E$ por Serie, según método 95,0% LSD. ....	73
Anexo 27: Tabla ANOVA para Valores $\Delta E$ por Serie .....	73
Anexo 28: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Valores $\Delta E$ por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	73
Anexo 29: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de color en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD. ....	74
Anexo 30: Tabla ANOVA para Intensidad de color en Análisis Sensorial por Serie..	74
Anexo 31: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de color en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	74
Anexo 32: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Rugosidad en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD. ....	75
Anexo 33: Tabla ANOVA para Rugosidad en Análisis Sensorial por Serie .....	75
Anexo 34: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Rugosidad en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD. ....	75
Anexo 35: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de sabor a fruta en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD. ....	76
Anexo 36: Tabla de ANOVA para Intensidad de sabor a fruta en Análisis Sensorial por Serie.....	76

Anexo 37: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de sabor a fruta en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.	76
Anexo 38: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de dulzor en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.	77
Anexo 39: Tabla ANOVA para Intensidad de dulzor en Análisis Sensorial por Serie	77
Anexo 40: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de dulzor en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.	77
Anexo 41: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Gomosidad en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.	78
Anexo 42: Tabla ANOVA para Gomosidad en Análisis Sensorial por Serie	78
Anexo 43: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Gomosidad en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.	78
Anexo 44: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor residual en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.	79
Anexo 45: Tabla ANOVA para Sabor residual en Análisis Sensorial por Serie	79
Anexo 46: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor residual en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.	79
Anexo 47: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.	80
Anexo 48: Tabla ANOVA para Aceptabilidad en Análisis Sensorial por Serie	80
Anexo 49: Tabla 25de Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor residual en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.	80

## RESUMEN

En la última década, la producción de manzana en Chile ha tenido una tasa de crecimiento anual superior a 7%, lo que demuestra un alto incremento de la productividad por hectárea, por lo cual, se hace necesario buscar nuevas soluciones de industrialización al creciente volumen de descarte de exportación y que se adapten a las nuevas tendencias en los hábitos de consumo. Las láminas de fruta, elaboradas mediante la deshidratación de un puré de fruta, son productos “snacks” saludables, ya que son a base de frutas y responden a nuevos desafíos de la nutrición.

El objetivo de este trabajo fue elaborar y caracterizar física, química y sensorialmente, láminas de manzana con inclusión de inulina, para lograr un snack con “buena fuente” de fibra. Para esto, se definieron 3 tratamientos para incluir la inulina: la serie 1 fue de manera directa, la serie 2 fue encapsulada con alginato de calcio y la serie 3 fue inulina más alginato libres, sin encapsular. Por su parte cada tratamiento contempló 4 fórmulas con distinta cantidad de fibra, 0,5 g (B), 1,0 g (C), 1,5 g (D) y 2,0 g (E).

Se evaluó el tiempo de secado, la humedad final y la velocidad de secado, donde destacaron las muestras de la serie 1 por presentar mayor similitud al comportamiento de la lámina control. Ocurrió lo mismo con las mediciones de textura, como el Módulo de Fuerza Máxima, Módulo de Energía de Ruptura y el Módulo de Tracción. Con lo que respecta a la variación total de color con respecto al control, la muestra con 1,5 g de inulina incluida directamente (serie 1) fue la que destacó por tener el menor valor del muestreo. Con los parámetros estimados en el análisis sensorial, la aceptabilidad de la lámina con inulina encapsulada (tratamiento 2), fue la mejor evaluada.

Finalmente las láminas de manzana con 2,0 g de inulina incluida, en una porción de 8,67 g de peso neto, cumplen con el descriptor de “buena fuente” de fibra.

## SUMMARY

### **“PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF A SNACK ON THE BASIS OF APPLE PUREE WITH INCORPORATION OF SOLUBLE FIBER”**

In the last decade, apple production in Chile has had an annual growth rate of over 7%, which shows a high increase in productivity per hectare, therefore, it is necessary to find new solutions to the growing volume industrialization discard export and adapt to new trends in consumer habits. Fruit sheets, prepared by dehydrating a fruit puree are products healthy "snacks" because they are from fruit and respond to new challenges of nutrition.

The aim of this study was to develop and characterize physical, chemical and sensory, including apple slices inulin for a snack with "good source" of fiber. For this, three treatments were defined to include inulin: Series 1 was directly, Series 2 was encapsulated in calcium alginate, and Series 3 was more free alginate inulin unencapsulated. Meanwhile contemplated four formulas each treatment with different amounts of fiber, 0.5g (B), 1.0 g (C) 1.5 g (D) and 2.0 g (E).

We evaluated the drying time, the final moisture and drying speed, where samples of Series 1 highlighted by presenting greater similarity to the behavior of the controlling sheet. It was the same with texture measurements, as Maximum Strength Module, Power Module Rupture and tensile modulus. With regard to the total change in color with respect to the control sample with 1.5 g of inulin and includes them (number 1) was the one that stood out for having the lowest value of sampling. With the estimated parameters in the sensory analysis, the acceptability of the sheet with encapsulated inulin (treatment 2) was the best evaluated.

Finally the apple slices with 2.0 g of inulin included in a portion of 8.67 g net weight, meet the descriptor of "good source" of fiber.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Debido al ritmo agitado que se lleva en las grandes ciudades y al poco tiempo para preparar y/o cocinar nuestros propios alimentos, la mayoría de las personas prefieren productos de consumo rápido, sin embargo esta nueva forma de alimentación ha tendido a presentar serios problemas para la salud. Sin ir más lejos, la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2010, declara que el número de personas con exceso de peso ha aumentado desde un 61% a un 67% y las con obesidad, desde un 21,9% a un 25,1% desde el año 2003 hasta el 2010, respectivamente. Lo mismo ocurrió con la diabetes Mellitus tipo 2, donde creció desde un 6,3% a un 9,4%.

El descubrimiento de que determinados alimentos poseen compuestos biológicamente activos y beneficiosos para la salud más allá de la nutrición básica, abrió una nueva etapa en la ciencia de la nutrición. Estos compuestos o sus metabolitos han sido denominados «funcionales», identificando las potencialidades de los alimentos como promotores de salud física y la salud mental. Las frutas y hortalizas son particularmente ricas en fibra, fitoquímicos como los terpenos (carotenoides en frutos de color amarillo, naranja y rojo y limonoides en cítricos), fenoles (los colores azul, rojo y violeta de las cerezas, uvas, berenjenas, berries, manzanas y ciruelas), entre otros (Zacarías y colaboración, 2006).

La fibra dietética, polisacáridos estructurales de las plantas, contribuyen a la regulación del tránsito intestinal, favorece a mantener los niveles de glucosa en la sangre y a eliminar parte del colesterol circulante. La fibra dietética es útil en dietas contra la obesidad pues al digerirse en un bajo porcentaje, proporciona pocas calorías y el mayor tiempo y energía necesarios para mastigarla, hacen que se llegue antes al reflejo de la saciedad. Actualmente, en un adulto sano se considera óptima la ingesta diaria de 20 a 35 g de fibra dietética (FAO, 2014).

El desarrollo de nuevos productos alimenticios debe adaptarse, por tanto, a las carencias nutricionales y al ritmo de vida agitado, de la población. Dentro de este

marco de cambios y respondiendo a las necesidades actuales es donde aparecen los productos saludables de consumo rápido entre-comidas o “healthy snacks”. El consumo de estos productos, se ha visto incrementado de manera importante en los últimos años. Ovaskainen y colaboración, 2010, han reportado que los consumidores de este tipo de productos, están en el rango de edades entre uno y setenta años. Por lo que un snack saludable debe abarcar un amplio rango de consumidores.

En respuesta a esta situación, se ha planteado elaborar nuevos productos saludables e innovadores (Valenzuela y Aguilera, 2013). Un prototipo de esto, son las láminas de fruta o “fruit leather”, como se denominan en inglés, son una excelente alternativa tanto en el orden nutricional como empresarial ya que son alimentos en base a puré de fruta, la cual puede ser aprovechada desde los excedentes de frutas que no cumplen con estándares de calidad- de exportación por ejemplo- pero que sin embargo se conservan frescas e inocuas, para ser materia prima de un subproducto.

Por lo anterior expuesto, se fijó como objetivo general, elaborar y caracterizar láminas de una fruta, la cual estuviera dentro de los primeros lugares en el ranking de exportación nacional (ODEPA, 2012). Por ello se trabajó con el puré de manzana y con la inclusión de una fibra soluble para lograr un snack saludable, con una “buena fuente” de fibra y que presentara similitudes físicas con la lámina control (lámina de fruta sin adición de una fibra soluble).

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Situación actual del mercado de fruta y verdura mundial**

La actual producción mundial de frutas y hortalizas frescas es de 1350 millones de toneladas métricas (MTM), un 43% más con respecto al decenio 1994-2004. La producción de fruta fresca es de aproximadamente 488 MTM de los cuales 369 se producen en países en desarrollo (Elhadi, 2009). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda el consumo de al menos 400g de fruta y hortalizas al día, sin embargo el consumo promedio es menor en la mayoría de los países. Para lograr éste consumo promedio (146 Kg/año/persona) es necesario que el mundo disponga de 876 MTM/año. Esto significa que se produce más de lo necesario para asegurar el consumo mínimo, más aún cuando la media actual del consumo es de aproximadamente 200g/día/persona, lo cual indica que la población mundial sólo necesitaría una tercera parte (alrededor de 438 MTM) de lo que se produce actualmente (Elhadi, 2009). Además, las pérdidas de poscosecha en fruta y hortaliza a nivel mundial son del orden de 5 % en países desarrollados y de 20 a 50 % en países en desarrollo, éstas pérdidas hacen que en alguna regiones no se puede cumplir ni si quiera con el consumo mínimo recomendado.

Por lo anterior, todos los métodos que permitan alargar la vida útil de las frutas y hortalizas son de vital importancia para asegurar el aprovisionamiento de estos alimentos de las comunidades que lo requieran. Es así, que el desarrollo de nuevos productos con tecnologías alimentarias, como la deshidratación, son un aporte a la solución del reto de la nutrición mundial.

### **2.2 Situación actual del mercado del snack saludable**

Según un estudio de la ODEPA, "Agricultura 2014", afirma que existen grandes desafíos, pues hay una profundización de cambios en la demanda por alimentos. Esto se debe a que al envejecimiento promedio de la población mundial, junto con la ampliación del trabajo femenino fuera del hogar, continuará generando una demanda creciente por alimentos preparados, semi-preparados y los de consumo fuera de casa. Además, la mayor disponibilidad de ingresos, particularmente en un segmento de la

población, generará una demanda más variada y por productos diferenciados. Asimismo, se profundiza una tendencia donde el alimento ya no cumple solamente una función de nutrición. En este proceso, se observa el fortalecimiento de la preocupación por la calidad y la inocuidad de los alimentos y también emergen nuevas tendencias tales como la “aliventura”, donde la comida se transforma en una forma de “viajar desde el comedor” y donde los alimentos exóticos, étnicos o simplemente diferentes, constituyen nuevas atracciones. Asimismo, y desde una perspectiva de salud, continúan creciendo los productos frescos y naturales, incorporándose además el concepto de alimento funcional, donde se busca rescatar y potenciar el valor nutracéutico de los alimentos (ODEPA, 2012).

### **2.2.1 Ventajas de un snack en base a frutas**

El consumo de frutas y hortalizas es considerado como un indicador de hábitos dietarios que conducen a una buena salud. Los fitoquímicos presentes en vegetales juegan un importante rol en la capacidad de promover salud. Estudios epidemiológicos han demostrado que una dieta rica en frutas y hortalizas puede disminuir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, incluyendo cardiovasculares y cáncer (Verbeyst y cols. 2010), además el consumo de frutas puede contribuir a la pérdida de peso (Oliveira y cols. 2003). De esta manera si un snack se elaborara en base a frutas estaría directamente relacionado con la prevención de enfermedades ya señaladas, además de ofrecer nutrientes, vitaminas, minerales, fibra e incluso, sumar antioxidantes según la fruta con la que sea elaborado.

Por otro lado, Chile cuenta con un prestigio como productor confiable de fruta fresca de calidad y con un potencial de industria para desarrollar nuevos productos con valor agregado. Ambos factores hacen que el mercado de snacks de fruta deshidratada represente una oportunidad para las empresas productoras en desarrollar productos y marcas para exportar al mercado (Prochile, 2011).

### 2.3 Descripción de la Manzana en general

El fruto del manzano (*Malus pumila* Mills), corresponde a un pomo, la parte carnosa se forma a partir de tejido del receptáculo del cáliz de la flor del manzano, posee cinco carpelos, generalmente con dos semillas cada uno, más o menos unidos en la cavidad calicinal, la que tiene forma de copa (Medel 1998).

Según Arthey 1996, la manzana posee un pH entre 2,8 – 3,3 y tiene alrededor de 11% de azúcares, pero esto varía según el cultivar y según las condiciones de cultivo. En general, el agua y azúcares constituyen en conjunto un 95% de los componentes de la manzana por lo que el contenido de azúcares varía de acuerdo al contenido de agua (CORFO, 2012).

Específicamente, la manzana corresponde al grupo de frutas acuosas que se caracterizan por poseer entre un 80 y 90% de agua. El resto de los componentes son principalmente glúcidos, una pequeña cantidad de materia nitrogenada: albúminas, globulinas; aminoácidos libres; y el extracto etéreo que comprende principalmente la capa de cera que cubre la epidermis evitando la evaporación excesiva de agua por la superficie del fruto. Además de estos componentes hay ácidos orgánicos y compuestos polifenólicos. La manzana es rica en sustancias flavonoides y antioxidantes que favorecen el aumento de las defensas en el organismo. En la Tabla 1 se muestra la composición química de esta fruta donde además, cuenta con las vitaminas A, B y C en mayor proporción comparada con la pera (Maffei 2006).

Tabla 1: Composición química de la manzana

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad mediana (200 g)	Recomendaciones día-hombre	Recomendaciones día-mujer
<b>Energía (Kcal)</b>	53	89	3000	2300
<b>Proteínas (g)</b>	0,3	0,5	54	41
<b>Lípidos Totales (g)</b>	-	-	100-117	77-89
AG saturados (g)	-	-	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	-	-	67	51
AG poliinsaturados (g)	-	-	17	13

$\omega$ -3 (g)	-	-	3,3-6-6	2,6-5,1
C 18:2 linoleico ( $\omega$ -6) (g)	-	-	10	8
Colesterol (mg/1000kcal)	0	0	<300	<230
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	12	20,2	375-413	288-316
<b>Fibra (g)</b>	2	3,4	>35	>25
<b>Agua (g)</b>	85,7	144	2500	2000
<b>Calcio (mg)</b>	6	10,1	1000	1000
<b>Hierro (mg)</b>	0,4	0,7	10	18
<b>Yodo (<math>\mu</math>g)</b>	2	3,4	140	110
<b>Magnesio (mg)</b>	5	8,4	350	330
<b>Zinc (mg)</b>	0,1	0,2	15	15
<b>Sodio (mg)</b>	2	3,4	140	110
<b>Potasio (mg)</b>	120	202	3500	3500
<b>Fósforo (mg)</b>	8	13,4	700	700
<b>Selenio (<math>\mu</math>g)</b>	-	-	70	55
<b>Tiamina (mg)</b>	0,04	0,07	1,2	0,9
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,02	0,03	1,8	1,4
<b>Equivalentes niacina (mg)</b>	0,2	0,3	20	15
<b>Vitamina B6 (mg)</b>	0,03	0,05	1,8	1,6
<b>Folatos (<math>\mu</math>g)</b>	5	8,4	400	400
<b>Vitamina B12 (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	2	2
<b>Vitamina C (mg)</b>	10	16,8	60	60
<b>Vitamina A: Eq. Retinol (<math>\mu</math>g)</b>	4	6,7	1000	800
<b>Vitamina D (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	15	15
<b>Vitamina E (mg)</b>	0,2	0,3	12	12

Fuente: Moreiras y Cols. 2013

### 2.3.1 Situación nacional de la producción y exportación de la manzana

De acuerdo a la Odepa la superficie plantada de manzanas se mantuvo estable durante la década 2000-2010 (ODEPA, 2012). Sin embargo, la producción tuvo una tasa de crecimiento anual superior a 7%, con lo que se duplicó durante el período, lo que demuestra un alto incremento de la productividad por hectárea. Este incremento se ha obtenido a través de mejores prácticas culturales y la introducción de variedades más productivas.

Igualmente, el volumen de exportaciones se duplicó durante el período de diez años, registrando una tasa de crecimiento anual de 8% y alcanzando un récord

histórico en 2010, tal como la muestra la figura 2, ubicándose como la especie frutícola con mayor volumen exportado en ese año a nivel nacional. La proporción de la producción nacional exportada como manzanas frescas se ha mantenido alrededor de 50% (Bravo, 2011). Con esta última cifra, se puede considerar por lo tanto, que existe una importante cantidad de fruta que no se exporta como producto fresco y que un importante porcentaje de la fruta que tiene como destino comercio nacional, pasa a ser materia prima para la fabricación de subproducto.

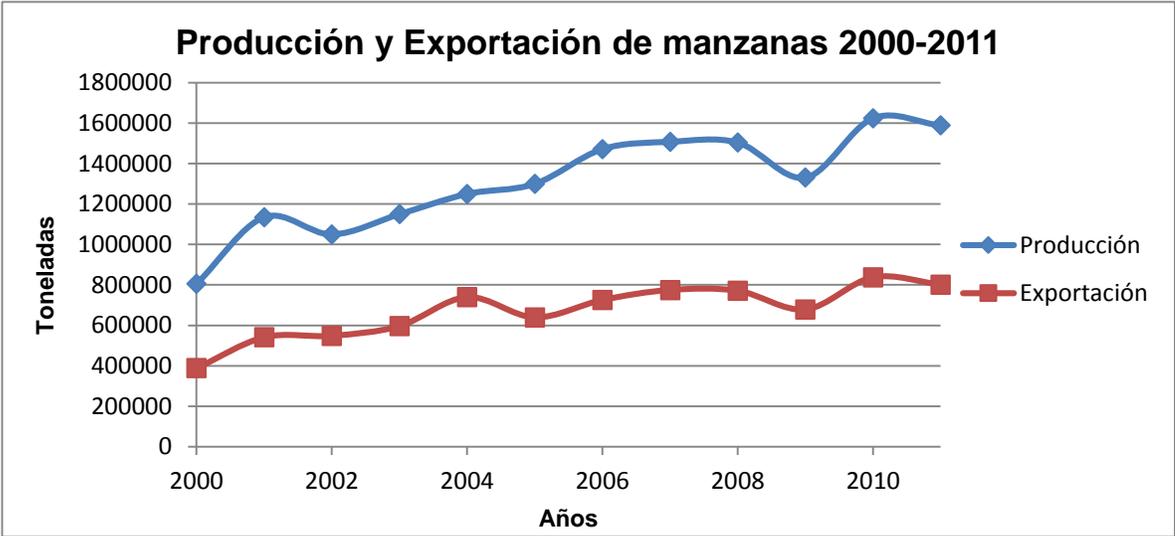


Figura 1: Producción y exportación nacional de manzanas 2000-2011 (ODEPA 2012)

En lo que respecta a este último periodo, desde 2010 al 2013, la superficie plantada con manzanos, rojos y verde, según la ODEPA, aumentó desde 35.029 a 37.545 hectáreas, respectivamente, estableciéndose como el segundo cultivo frutícola más importante del país luego de la uva de mesa (ODEPA, 2012).

**2.3.2 Conserva de Puré de Manzana:**

Según la Norma del Codex, 2001, del subcomité de frutas y hortalizas elaboradas en Chile, para la compota de manzana en conserva, se entiende por puré de manzanas, el producto: (a) preparado con manzanas lavadas y limpias, que se ajusten a las características de la manzana (*Malus domesticus* Borkhausen), que pueden haberse pelado y que, después del corte, están sanas; (b) preparado con o sin los

otros ingredientes autorizados que se describen en la Sección 3.1.2 de la Norma; y (c) tratado térmicamente de manera apropiada, antes o después de haber sido cerrado herméticamente en un envase para evitar su deterioro (Norma del Codex 2001).

Además puede presentar factores esenciales de composición. La manzana, como ingrediente básico y otros ingredientes autorizados como: sal, especias, azúcares (según se define en el Codex Alimentarius y/u otras materias azucaradas como la miel) y agua (Norma del Codex 2001).

Los conceptos revisados anteriormente dan cuenta de la situación internacional de la alimentación, la producción nacional de la manzana y cuánto porcentaje de esta es descartada como producto directo pero que sin duda puede ser usado como materia prima para nuevos productos con un valor agregado.

### **2.3.3 Deshidratación y ventajas de reducir el agua de los alimentos**

La deshidratación ha sido considerada como uno de los principales métodos de conservación (Bórquez y cols. 2010) reduciendo la actividad de agua, considerando que frutas y hortalizas pueden contener un 90% o más de agua, de tal manera que no sean productos fácilmente susceptibles a la descomposición microbiana y reacciones enzimáticas indeseables (Zhang y cols. 2006).

En general, es un reto a nivel industrial, el desarrollo de alimentos deshidratados que suplan una demanda cada vez más exigente. Los consumidores potenciales se enfocan en productos de alta calidad y bajo costo, por lo tanto es importante desarrollar las tecnologías de deshidratación que permitan producir alimentos con propiedades fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas aceptables para el consumidor y altos rendimientos para el productor. Algunos estudios se han enfocado en analizar varios tratamientos para reducir el consumo de energía, otros han intentado reducir el tiempo de proceso y mejorar la transferencia de calor; y por último se han investigado tecnologías de deshidratación combinadas que han demostrado un efecto favorable,

tales como reducir el consumo de energía, aumentar el rendimiento del procesamiento y mejorar la calidad (Pardo y Leiva 2009).

Otra razón para eliminar el agua de los alimentos, además de la conservación, es la de reducir su peso y el volumen del alimento, logrando economizar en envases y costos de transporte. Por otro lado el producto al ser estable, puede ser almacenado a temperatura ambiente (Potter 1999).

#### **2.4 Secado convectivo**

El secado convectivo de alimentos es un proceso que implica la transferencia de calor y masa simultáneamente. La transferencia de calor es una función del coeficiente de transferencia de calor externo y la conductividad térmica del puré de fruta, mientras que la tasa de transferencia de masa depende en general, del coeficiente de difusividad y la masa de agua dentro de la masa del puré secado. En el estudio de Cheman y Taufik (1995), describen un modelo mecánico de secado de la capa delgada de un material como un proceso competitivo entre la evaporación y las reacciones de condensación. En el estudio, también se correlacionan la velocidad de secado de la pulpa de kiwi extendida sobre una bandeja de metal y con el carácter interno del material de prueba. Llegaron a la conclusión de que el modelo cinético obtenido era aplicable a las diferentes configuraciones de secado.

#### **2.5 Textura de los alimentos**

La corriente actual de normalización y estandarización internacional ha concentrado en definir a la textura relacionada a “Todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptible por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos” (Mayor, 2011). Con base a esta definición de textura, al aplicar un esfuerzo sobre un alimento, es factible medir de forma instrumental las características mecánicas primarias (dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad) y secundarias (fragilidad, masticabilidad y gomosidad).

Las propiedades físicas de los tejidos vegetales son susceptibles de cambio durante el proceso de secado. El encogimiento es uno de los principales cambios físicos que se produce. Es resultado del colapso de los capilares durante la evaporación del agua, que tiene un impacto negativo en la calidad de los productos. Al principio, la contracción provoca cambios en la forma del producto. Estos cambios se deben a los esfuerzos desarrollados mientras el agua se retira del tejido (Witrowa y Rzaca, 2009).

Evidentemente, como se desprende de la definición anterior, la textura de los alimentos es esencialmente una experiencia humana que surge de la interacción con el alimento y su estructura y con el comportamiento cuando es manipulado o masticado. La percepción de la textura a menudo constituye un criterio por el cual se juzga su calidad y frecuentemente es un factor importante para seleccionar un artículo o rechazarlo. Por este motivo, es necesario recurrir a métodos objetivos que permitan su medida.

### **2.5.1 Test de extensibilidad**

Durante la aplicación de la prueba de extensibilidad, se trata de simular la manipulación que sufre la lámina de fruta durante su consumo; se determinan las propiedades de elasticidad y firmeza, que sufre este snack al adicionar fibra soluble y, por otro lado, evaluar si la metodología de inclusión de fibra, también influye en dichas propiedades (Sagar y Suresh, 2010).

### **2.6 Láminas de fruta o “Fruit leather”**

Las láminas de fruta, también llamadas cueros, pieles o rollos de fruta, comenzaron a ser estudiadas en 1942 como una solución para obtener raciones de combate para las fuerzas armadas, por su alto contenido energético y pueden ser almacenadas entre temperaturas  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta  $40^{\circ}\text{C}$  sin sufrir ningún tipo de deterioro. El origen de las láminas de fruta es Norteamérica, pero su consumo se ha extendido

al Centro y Sudamérica, África del norte, Europa, países Mediterráneos, Medio Oriente (Ewaidah y Hasan, 1999).

Las láminas de fruta son elaboradas mediante la deshidratación de un puré de fruta (Vijayanand y cols., 2000). Estas pueden ser preparadas de muchas frutas, por ejemplo, manzana, papaya, guayaba, durazno, mango, naranja, plátano, berries, ciruela, uva, fresa, kiwi, y una serie de combinaciones de ellas. Son alimentos estables, con baja actividad de agua y de sabor y textura muy agradable (Vijayanand y cols., 2010). Algunas propiedades de las láminas de fruta son: sabor a fruta natural, textura uniforme, flexibles, nutritivas, y de bajo costo de producción. Las láminas de frutas, están dirigidas a los mercados de alimentos saludables (Joshi y cols., 2010).

### **2.6.2 Composición de las láminas de fruta**

El nivel de polisacáridos en los purés de fruta varía dependiendo de la fruta cultivada y la madurez, así como de las condiciones culturales y ambientales (Vatthanakul y cols., 2010).

Los azúcares en los purés de fruta funcionan como agentes plastificantes en las pieles de fruta. El principio por el cual el puré de fruta se convierte, después del secado en un material flexible es por la gelificación de pectinas de alto metoxilo en presencia de azúcares y pH ácido (Chemmanur y Sin, 1997). Se forman redes de gel de pectina, debido a las interacciones polímero-polímero estabilizadas por una combinación de interacciones hidrofóbicas y enlaces de hidrógeno que conduce a la formación de zonas de unión. El pH ácido promueve la unión de hidrógeno entre los grupos carboxilo no esterificados de los polisacáridos, altos grados de esterificación de metilos del polisacárido promueve las interacciones hidrofóbicas intermoleculares, y un alto contenido de azúcar deseca el polisacárido, lo que permite contactos más estrechos entre los polímeros (Fishman y Cooke, 2009).

## **2.7 Fibra dietética en los alimentos**

Los alimentos ricos en fibra han despertado un gran interés debido a la importancia que tienen sobre la salud del hombre, la que se asocia a las propiedades físicas y químicas que poseen sus componentes. Entre estas propiedades cabe señalar la capacidad de retención de agua que provoca un aumento del volumen de las heces y por lo tanto, la velocidad de tránsito y la capacidad de fermentar de la fibra, provocando el crecimiento de la microflora intestinal y la adsorción de sales biliares, colesterol y cationes (Pennacchiotti, 1989).

Por sus propiedades de solubilidad, las fibras dietéticas se dividen en: Fibra dietética soluble (FDS) y Fibra dietética insoluble (FDI). La FDS es la fracción de la fibra dietética total (FDT) soluble en agua. Comprenden las pectinas, gomas, mucílago, inulina, hemicelulosa y la celulosa modificada. La FDS puede variar entre 15% a 50% de la FDT, según el método analítico empleado. Por otro lado la FDI, es la fracción de la FDT que es insoluble en agua. Comprende celulosas, hemicelulosa y lignina (Lajolo y Wenzel, 1998).

Con las nuevas definiciones, el número de sustancias que se incluyen en el concepto de fibra ha aumentado y es probable que la investigación que se está llevando a cabo en este campo permita que nuevos productos puedan ser incluidos en el concepto de fibra dietética. Los principales componentes serían:

- a. *Polisacáridos no almidáceos*: Los polisacáridos son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos. El almidón digerido y absorbido en el intestino delgado es un polisacárido, por ello se utiliza el término polisacáridos no almidáceos para aquellos que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra. Podríamos clasificarlos en celulosa,  $\beta$ -glucanos, hemicelulosa, pectinas y análogos, gomas y mucílago. La Tabla 2 muestra los distintos polisacáridos no almidáceos y sus fuentes (Escudero y González, 2006).

Tabla 2: Polisacáridos no almidáceos

<b>Compuesto</b>	<b>Características y Fuentes de obtención</b>
Celulosa	Compuesto más abundante de las paredes vegetales Fuentes: verduras, frutas, frutos secos y cereales (salvado)
β- Glucanos	Fuentes: vegetales
Hemicelulosa	Se encuentra asociados a la celulosa como constituyente de las paredes Fuentes: vegetales y salvado
Peptina y análogos	Se encuentran en la laminilla media de la pared de células vegetales Fuente: cítricos y la manzana
Gomas	Proviene de la transformación de polisacárido de la pared celular Fuente: Arábica, karaya, tragacanto, gelana.
Mucílagos	Constituyentes celulares normales y con capacidad de retención hídrica Fuente: Semillas del plátano, flores de malva, semillas de lino, chía y algas

Fuente: Escudero y González, 2006

- b. *Oligosacáridos resistentes*: Hidratos de carbono con un nivel de polimerización menor a los no almidáceos. Tienen de tres a diez moléculas de monosacáridos. Se dividen en fructooligosacáridos (FOS) e inulina, galactooligosacáridos (GOS), xilooligosacáridos (XOS), isomaltooligosacáridos (IMOS). La Tabla 3 muestra los distintos oligosacáridos resistentes y sus fuentes.

Tabla 3: Oligosacáridos Resistentes

<b>Compuesto</b>	<b>Características y Fuentes de obtención</b>
Fruto oligosacáridos (FOS)	Levanos. Fuente: Producido por bacterias Inulina. Fuente: Achicoria, cebolla, ajo, alcachofa
Galacto oligosacáridos (GOS)	Fuente: leche de vaca, legumbres

Xigo oligosacáridos (XOS)	Fuente: frutas, verduras, miel y leche
Isomaltos oligosacáridos (IMOS)	Fuente: salsa de soja, miel.

Fuente: Escudero y González, 2006

### **2.7.1 Consumo de Fibra dietética recomendada**

En general, el consumo de fibra en la dieta occidental es de 15 a 20 g/día, muy por debajo de la recomendación de la Asociación Americana de Dietética. Para adultos, ella es de 20 a 35 g/día o de 10 a 13 gramos de fibra por cada 1.000 calorías. Se recomienda que esta cantidad se alcance mediante el consumo de alimentos naturales que aportan una variedad de tipos de fibra, como también minerales y vitaminas (Valenzuela y Maiz, 2006). En el caso de Chile, el doctor Augusto Brizzolara afirma que el consumo de fibra vegetal no alcanza hoy los 10 gramos diarios.

### **2.7.2 Fibra dietética en la manzana**

La fibra dietética está naturalmente presente en los cereales, verduras, frutas y frutos secos. La cantidad y la composición de fibras difieren de alimentos en alimentos. Algunos alimentos no amiláceos pueden proporcionar de 20 a 35 g/100 g de peso seco y los que contienen almidón aportan aproximadamente 10 g/100 g de peso seco. Específicamente, el contenido de fibra de frutas y verduras es 1,5 a 2,5g/100 g de peso seco. La manzana en particular, presenta 2,5 g de total de fibra dietética/ 100 gr de peso seco (Selvendran y Robertson, 1994).

## **2.8 La inulina como ingrediente**

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento presente en muchas plantas, vegetales, frutas y cereales y por tanto forma parte de nuestra dieta diaria. A nivel industrial, la inulina se obtiene de la raíz de la achicoria y se usa como ingrediente en los alimentos, ofreciendo ventajas tecnológicas e importantes beneficios a la salud. La tabla 4 muestra un resumen de sus aplicaciones en la industria alimentaria.

En la actualidad, la presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como “alimento funcional”, que por definición sería aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional. El efecto positivo a la salud se refiere a una mejoría de las funciones del organismo o a la disminución del riesgo de una enfermedad (Roberfroid, 2005).

La inulina tiene propiedades similares a las del almidón, actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles. Los geles se pueden formar por efecto mecánico o térmico, y el obtenido por el segundo método presenta mejor textura y firmeza (Kip P y cols., 2005).

Tabla 4: Propiedades funcionales de la inulina en la formulación de algunos productos (Franck, 2002).

<b>Aplicación</b>	<b>Funcionalidad</b>
Productos untables	Estabilidad de emulsión, textura y capacidad de ser untado.
Productos horneados	Disminución de $a_w$ , sustituto de azúcares
Cereales de desayuno	Crujencia, capacidad de expansión
Preparación con frutas (no ácidas)	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, sustituto de azúcar, sinergismo con edulcorantes

## **2.9 Descriptores de un alimento con fibra adicionada**

Para enfocar uno de los objetivos específicos, es necesario conocer los descriptores. Estos ayudan, por un lado a definir o determinar la cantidad de alimento que se consume normalmente en una oportunidad. Además permite cuantificar el contenido de nutrientes que aporta el alimento consumido en una oportunidad y finalmente se puede comparar el valor nutritivo de productos semejantes.

En cuanto a la declaración de nutrientes, en la rotulación y publicidad de un producto, el artículo 106 del párrafo II del Reglamento Sanitario de los alimentos (Reglamento Sanitario de los Alimentos, 2014) incluye:

a) declaración de propiedades nutricionales: cualquier representación que afirme, sugiera o implique que un producto alimenticio posee propiedades nutricionales particulares, especialmente, pero no sólo en relación con su valor energético y contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, sino también por su contenido de vitaminas, minerales, colesterol y fibra dietética;

b) declaración de propiedades saludables: cualquier representación que afirme, sugiera o implique que existe una relación entre un alimento, un nutriente u otra sustancia contenida en un alimento y una condición relacionada con la salud;

c) descriptor: el término o palabra con que se define o describe determinada característica que se le atribuye a un alimento;

Para destacar las cualidades de un alimento o producto en cuanto a determinados nutrientes, el Artículo 120 sólo se permite el uso de los descriptores como:

a) buena fuente: una porción de consumo habitual que contiene entre el 10% y 19 % de la recomendación diaria para un determinado nutriente;

b) alto: una porción de consumo habitual que contiene 20 % o más de la recomendación diaria para un nutriente particular;

c) fortificado, enriquecido: el alimento se ha modificado para aportar adicionalmente por porción un 10 % o más de la Dosis Diaria de Referencia (DDR) para un nutriente particular o fibra dietética. La fortificación o enriquecimiento deberá contar con autorización del Ministerio de Salud (Reglamento Sanitario de los Alimentos, 2014).

## **2.10 Microencapsulación**

La microencapsulación puede ser definida como el proceso de atrapamiento de moléculas, gotas de líquidos o gases dentro de una cubierta inerte para su aislamiento y protección del ambiente externo. Esta tecnología es principalmente utilizada para la inmovilización, protección, liberación controlada, estructuración y funcionalidad de moléculas con fines específicos (Poncelet y Teunou, 2002).

El producto resultante del proceso de microencapsulación es denominado microcápsula. En las microcápsulas el principio activo se encuentra incluido en una especie de reservorio (núcleo) recubierto por una membrana compuesta por el material de recubrimiento.

La microencapsulación puede ser realizada para (Ghosh, 2006):

- Proteger sustancias sensibles al ambiente externo. Cuando se incorporan en las microcápsulas, pueden ser protegidas en cierta medida de las sustancias químicas, acción enzimática, y de las condiciones físico-químicas y mecánicas.

- Ocultar las propiedades organolépticas de la sustancia como el color, sabor y olor.

- Obtener una liberación controlada y selectiva de una droga o principio activo. La encapsulación puede tener el objetivo de limitar la liberación, o en algunos casos para que sea disponible más rápidamente (Lopretti y cols., 2007).



con altos niveles de calcio se obtienen asociaciones permanentes (Meera y Abraham, 2006).

El alginato ha sido usado debido a sus múltiples ventajas tanto para el consumo humano como versatilidad en aplicaciones industriales. Tales aspectos han sido compilados en la literatura por Imeson (2010), resaltando el efecto prebiótico de los alginatos de bajo peso molecular, los beneficios de su ingesta como fibra dietaria para la reducción de los niveles de azúcar y colesterol en sangre, así como, la capacidad para prolongar la vida útil en productos. Las nuevas tendencias tecnológicas se han enfocado en la producción de alimentos reestructurados y funcionales a partir de compuestos activos como antioxidantes, vitaminas, aminoácidos, minerales e incluso de pequeñas moléculas como células, enzimas y microorganismos probióticos beneficiosos para la salud, y por tanto, de su conservación en los alimentos durante el procesamiento y almacenaje (Lupo y cols., 2012). El alginato posee propiedades gelificantes, estabilizantes y espesantes, razones por las cuales ha sido de gran interés para la industria alimentaria.

### **2.11 Color Instrumental**

El color y la apariencia son los primeros atributos que evalúa el consumidor en los productos, seguidos de sabor (flavor), textura y valor nutritivo (Barrett y cols., 2010).

La CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) propuso un nuevo espacio cromático. El sistema CIE Lab\* describe el color en términos de coordenadas rectangulares ( $L^* a^* b^*$ ). Específicamente  $a^*$  es la coordenada cromática que determina las variaciones entre verde (-) rojo (+),  $b^*$  azul (-) amarillo (+),  $L^*$  determina la luminosidad eje perpendicular al espacio  $a^*$  y  $b^*$  que va desde el negro ( $L^* = 0$ , abajo) al blanco ( $L^* = 100$ , arriba). Estos atributos permiten inferir el color de una muestra y determinar la diferencia de color total entre pares de muestras (Klein, 2010).

### **3. HIPOTESIS**

Es posible encontrar una fibra soluble y una metodología para añadirla a las láminas de fruta de puré de manzana, para conseguir un snack con “buena fuente de fibra”, sin variar significativamente, las propiedades físicas y mecánicas del producto original.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general**

Evaluar las respuestas que se producen al añadir fibra soluble a las láminas de fruta, comparando las características físicas, mecánicas y sensoriales.

#### **4.2 Objetivos específicos**

- Encontrar una fibra soluble, tal que, al ser incorporada, no influya significativamente en aspectos visuales (textura, burbujas y color)
- Desarrollar la metodología de inclusión de fibra a las láminas de fruta, ya sea de forma directa o encapsulada
- Evaluar el efecto que se produce al incluir fibra, sobre la curva de secado.
- Identificar las diferencias fisicoquímicas que presenta las láminas de frutas, con fibra añadida, de aquellos que no poseen.
- Evaluar a través de análisis sensoriales las diferencias entre fibra encapsulada de otra que no, además de conocer la aceptabilidad de ambos productos.

## **5. MATERIALES Y MÉTODO**

### **5.1 Materiales**

#### **5.1.1 Lugar de trabajo**

La investigación se realizó en el laboratorio de Biomateriales del Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

#### **5.1.2 Materia prima**

- Para la elaboración de las láminas de fruta se necesitaron conservas de puré de manzana, de un mismo lote (Conserva Pentzke SA, San Felipe, Chile), adquirido en un supermercado local.
- Agua destilada
- Fibra Inulina, fibra natural soluble en un 90%, marca Terrium, también fue adquirida en un supermercado local.
- El Alginato y Cloruro de Calcio, sin marca registrada, fueron proporcionados por el mismo laboratorio.

#### **5.1.3 Utensilios y Equipos**

Se trabajó con: Vasos graduados de 50 y 100 ml, varilla de vidrio, platillos de aluminio, espátula, bandejas, marco de acrílico, jeringa, cronómetro, refractómetro, balanza granataria, una cámara secador (Köttermann 2736, Hänigsen, Alemania), pHmetro, Analizador de textura universal TA.XT2i ( Stable Microsystems, Godalming, Surrey, Reino Unido ) y un colorímetro (HunterLab, modelo 45/0 LAV, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, EE.UU.).

## **5.2 Metodología.**

### **5.2.1 Ensayos preliminares**

Estos ensayos fueron decisivos para elegir la fibra con la que se trabajaría en la inclusión de fibra directa y encapsulada.

En una primera etapa se trabajó con mucílago de chíá por ser un producto desechado en el laboratorio. Este mucílago es un ingrediente con múltiples ventajas industriales. Como por ejemplo, usarlo para darle consistencia a productos lácteos, de confitería, dietéticos, salsas, cereales, bebidas y carnes. Para gelificar postres y gelatinas, para estabilizar emulsiones, como la mayonesa. Y además para fabricar nuevos productos, como panificados, aderezos. También para formular productos que reemplacen gomas en la industria, lo que promueve una nueva materia prima ecológica para las industrias del papel, pinturas, minería, tabaco, textil, explosivos, tratamiento de agua y perforación petrolera.

Sin embargo, dicha fibra fue descartada de la investigación de las láminas de manzana por 2 factores. El primero fue que no logró igualar la apariencia ni el color de la muestra control y en segundo lugar fue que debido a su tamaño, dificultó la encapsulación.

De esta manera se determinó trabajar con una fibra comúnmente comerciable, y por lo tanto de fácil acceso, como la inulina.

### **5.2.2 Plan de trabajo**

A fin de esquematizar el plan de trabajo se planteó 4 cantidades de inclusión de fibra adicional para 3 series de distintas metodologías de esta inclusión, el cual es resumido en las tablas 5 y 6.

Tabla 5: Esquema de trabajo para 4 porcentajes distintos de fibra adicional incorporada

<b>Fibra adicional (%)</b>	<b>0,5* (B)</b>	<b>1,0* (C)</b>	<b>1,5* (D)</b>	<b>2,0* (E)</b>
<b>Tipo de serie (según la metodología de inclusión de fibra)</b>	Serie 1	Serie 1	Serie 1	Serie 1
	Serie 2	Serie 2	Serie 2	Serie 2
	Serie 3	Serie 3	Serie 3	Serie 3

\* Porcentaje correspondiente al total de fibra por 100 gr de producto

Cabe señalar que los porcentajes elegidos, fueron seleccionados para que el producto final llegara a ser un snack con buena fuente de fibra.

Tabla 6: Metodología de inclusión de fibra a las láminas de fruta

<b>Tipo de Serie</b>	<b>Definición de la inclusión de fibra</b>
<b>1</b>	Inulina Libre
<b>2</b>	Inulina Encapsulada
<b>3</b>	Inulina + Alginato sin encapsular

### 5.2.3 Elaboración de las láminas de fruta.

Según ensayos preliminares se trabajó con 3 diferentes metodologías de inclusión de fibra. Estas son: Inulina incluida directamente, encapsulada con Alginato de Sodio y finalmente inulina más Alginato sin encapsular, agregada directamente. Además se elaboró láminas de control.

En los 3 casos se varió la cantidad de fibra incorporada, con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 g de fibra soluble en 100 g de muestra. Por lo cual se ponderó la cantidad de puré y la cantidad de fibra para obtener la misma cantidad de sólidos totales y de agua.

Los porcentajes de ingredientes ocupados se detallan en la tabla 7 y 8

Tabla 7: Formulación de lámina de fruta control y lámina con inclusión directa de fibra

<i>Control e Inulina Libre</i>					
<b>Muestra</b>	<b>Control (A)</b>	<b>0,5% (B)</b>	<b>1,0% (C)</b>	<b>1,5% (D)</b>	<b>2,0% (E)</b>
<b>Fibra (g)</b>	0	0,5	1	1,5	2,0
<b>Agua (g)</b>	0	2,04	4,08	6,11	8,15
<b>Puré (g)</b>	100	97,46	94,92	92,39	89,85
<b>Total (g)</b>	100	100	100	100	100

Tabla 8: Formulación de lámina de fruta con inulina incluida encapsulada

<i>Muestra con Inulina encapsulada</i>				
<b>Muestra</b>	<b>0,5% (B)</b>	<b>1,0% (C)</b>	<b>1,5% (D)</b>	<b>2,0% (E)</b>
<b>Agua (g)</b>	2,1	4,2	6,3	8,4
<b>Puré (g)</b>	97,39	94,78	92,17	89,56
<b>Inulina (g)</b>	0,49	0,47	1,46	1,943
<b>Alginato (g)</b>	0,01	0,03	0,04	0,057
<b>Total (g)</b>	100	100	100	100

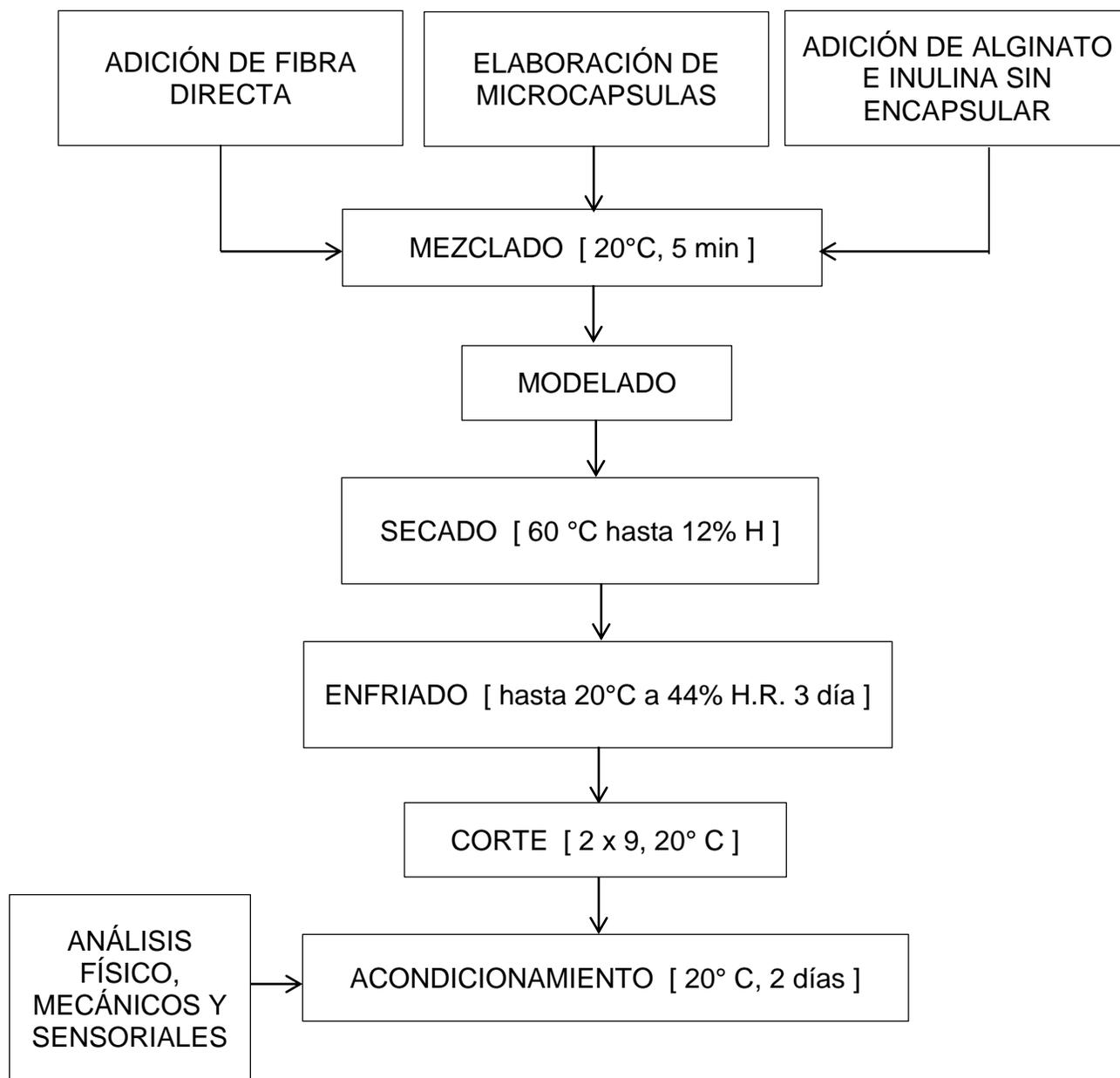
En la siguiente Tabla (9) se detalla las cantidades en porcentaje que cada lámina alcanzaba cuando llegaban a 12% de humedad.

Tabla 9: Formulación final de las láminas de fruta con un 12% de humedad

<i>Láminas de puré de manzana</i>					
<b>Muestra</b>	<b>Control (A)</b>	<b>0,5% (B)</b>	<b>1,0% (C)</b>	<b>1,5% (D)</b>	<b>2,0% (E)</b>
<b>Agua</b>	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %
<b>Sólidos</b>	88 %	88 %	88 %	88 %	88 %
<b>Fibra</b>	11,2 g	13,8 g	16,5 g	19,3 g	22,4 g
<b>1 porción (15g)</b>	1,68 g	2,06 g	2,47 g	2,90 g	3,36 g

Luego de conocer las medidas de cada ingrediente, se procedió a la preparación de cada serie. La preparación de las láminas de puré de manzana se ilustra en el diagrama de bloques del proceso de la figura 3.

Figura 3: Línea de proceso para la obtención de láminas de fruta de puré de manzana.



- Pesado: De acuerdo con la serie a preparar se pesan en una balanza analítica, todos los ingredientes, por separado.
- Mezclado: En primer lugar se mezcla la fibra con agua, se diluye y se incorpora un poco de puré pesado, para evitar formar grumos. Finalmente se mezcla con todo el puré restante y se revuelve hasta formar una pasta líquida, homogénea.
- Moldeado: Una vez preparada la mezcla, se extiende sobre una lámina de silicona superpuesta en una bandeja de aluminio, para evitar que la lámina se pegue. Esta queda limitada por un cuadro de acrílico de 15 x 15 cm y por 2 mm de alto. La mezcla se nivela por dicha área cuadrada, con una varilla de vidrio para lograr una lámina muy delgada y uniforme, hasta lograr una hoja de puré de fruta.
- Secado: El secado es la etapa más importante en la fabricación de láminas de fruta. Se llevó a cabo en una cámara de secado (Köttermann 2736, Hänigsen, Alemania) usando aire caliente a una temperatura de  $60 \pm 1$  ° C desde una humedad del 80,3 % humedad hasta un contenido de humedad final aproximada de 0,12 Kg H<sub>2</sub>O / Kg. El tiempo de secado fue de 5 horas aproximadamente. Sin embargo, este varía según la formulación.
- Enfriado: Las superficies de goma junto con las láminas de fruta, se acondicionan en un desecador con Carbonato de Potasio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) a 44% de Humedad Relativa a 20° C, para homogeneizar la humedad del producto, durante 3 días.
- Corte: Las láminas se desmontan y se cortan en rectángulos de 2 x 9 cm.

- Acondicionamiento: Luego de ser cortados, permanecen 2 días más en el mismo desecador a temperatura ambiente (20°C), con el objetivo de ambientarse y homogeneizar la humedad en los puntos de corte.
- Análisis Mecánico: Se realizó una prueba mecánica de tracción, determinándose la extensibilidad, fuerza de ruptura (kN), energía de ruptura (J) y porcentaje de alargamiento. Con el objetivo de simular la masticabilidad.
- Análisis de Color: Este análisis físico consistió en determinar color por las coordenadas L\*, a\* y b\*.
- Análisis Sensorial: Para conocer el perfil descriptivo de cada producto y cual se asemejó más al patrón, se realizó un test de diferencia contra-control, con 10 jueces entrenados.
- Análisis Estadístico: Los resultados de la investigación fueron analizados estadísticamente mediante el programa Statgraphics Plus 5.0, a través de análisis de varianza con un nivel de significancia del 95%.

### **5.3 Análisis a la Materia Prima:**

#### **5.3.1 Grados Brix**

Los grados Brix fueron medido con un refractómetro marca Zeis Opton del Laboratorio, calibrado a 20° C y el resultado se expresó en ° Brix. El resultado final se determinó por triplicado.

#### **5.3.2 pH**

Se realizó la medición instrumental del pH del puré de manzana, usando un pH metro, marca Hanna, modelo HI223, mediante inmersión directa del electrodo en la muestra. El resultado final se determinó por triplicado.

#### **5.3.3 Medición de la Humedad**

Para la determinación de la humedad del puré de manzana, se utilizó el método termogravimétrico descrito por la A.O.A.C (1995). Este método se basa en el secado de la muestra a 105 ° C y presión atmosférica hasta obtener un peso constante.

Se pesaron 5 g de muestra en capsulas de aluminio, por triplicado, durante 24 h, tiempo necesario para llegar a peso constante. Pasado este tiempo, se pesaron las 3 capsulas con puré seco y se calculó por diferencia de peso final menos el inicial.

### **5.4 Modelado del comportamiento de secado de las láminas de manzana**

Se utilizó la ecuación semiempírica que se basa en el mecanismo de la difusión, tanto para las láminas control, como para las 3 series diferentes. Dicha ecuación ha sido utilizada en investigaciones pasadas que se relacionan estrechamente con la presente (Lopez y cols., 2000), (Madamba, 2003), (Nguyen, 2007).

Ecuación de Modelado del comportamiento de secado

$$\ln MR = \ln \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = A - Kt, \quad (1)$$

Donde  $t$  es el tiempo de secado (h),  $M_0$  es el contenido inicial de humedad del puré de manzana (g de agua / g de sólido seco),  $M$  es el contenido de humedad en el tiempo  $t$  (g de agua / g de sólido seco),  $M_e$  es la humedad de equilibrio en el tiempo infinito (g de agua / g de sólido seco). Debido a que el valor de  $M_e$  es relativamente pequeño en comparación a  $M$  o  $M_0$ , se asume igual a cero [55].  $MR$  se representó como el porcentaje de humedad en el tiempo y no como un número asimétrico.  $K$  es una constante de velocidad de secado ( $h^{-1}$ ) y  $A$  es otra constante. El valor de  $K$  se determinó a partir de la pendiente de la gráfica de  $\ln (MR)$  (moisture ratio) en función del tiempo de secado. Para obtener la Velocidad de secado se utilizó el valor de  $K$  multiplicado por el peso del sólido seco (SHI y cols., 2008).

En esta etapa de secado, se determinó la cinética de secado de las láminas de fruta bajo condiciones específicas de una cámara secador (Köttermann 2736, Hänigsen, Alemania) usando aire caliente a una temperatura de  $60 \pm 1$  ° C hasta un contenido de humedad final aproximada de 0,12 Kg H<sub>2</sub>O / Kg materia seca (ms). Las bandejas con la lámina de silicona más la lámina de fruta, se pesaron rápidamente en intervalos de 10 minutos hasta llegar a la humedad estimada. Por lo tanto se determinó la variación de humedad (Kg H<sub>2</sub>O / Kg ms) en función del tiempo (h) de las láminas de fruta. También se calculó la velocidad de secado para cada tratamiento, realizándose las curvas correspondientes a cada uno de ellas.

### **5.5 Ensayos Mecánicos de Textura a láminas de manzana**

Las tiras de manzana de 2 x 9 cm, pre cortadas al centro en los costados, se pusieron a prueba para la extensibilidad en un Analizador de textura universal TA.XT2i (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, Reino Unido). Cada tira de manzana, por separado se colocó entre una probeta, tipo abrazadera, unida al brazo móvil del analizador de textura y el otro extremo fue fijado a la plataforma fija. La separación de

las mordazas inicial fue de 30 mm. La velocidad de ensayo se fijó a 0,8 mm s<sup>-1</sup>, utilizando una célula de carga 5000 N, para la calibración. Se realizaron 6 repeticiones para cada una de las 3 series. La prueba se llevó a cabo rápidamente para reducir al mínimo la exposición de las muestras a la temperatura y humedad ambiental.

A partir de la curva de fuerza vs desplazamiento obtenido, la fuerza de ruptura se tomó como la máxima Fuerza (N) requerida para romper la muestra. La Energía de ruptura (J) se calculó como el área bajo la curva de deformación antes de la ruptura (Henneman y Malone, 1993). El Módulo de tracción en la ruptura (MPa) se calculó como se describe por Gujral y Brar, 2003.

Ecuación para el cálculo del Módulo de tracción

$$\text{Modulo de Tracción (MPa)} = \frac{\text{Tensile stress}}{\text{Tensile strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (2)$$

Donde F es la fuerza de ruptura, A es el área de sección transversal constante de la muestra original (ancho x grosor), L es la longitud inicial entre mordazas y  $\Delta L$  es el cambio en la longitud (extensibilidad) hasta el punto de ruptura. Resistencia a la tracción en el punto de ruptura (módulo de tracción) representa la tensión de tracción máxima que puede ser sostenida por la muestra durante la prueba.

Se sujetó con las dos pinzas, se sometió a una tensión hasta su rompimiento y se obtuvo un gráfico de fuerza vs distancia. Con el cual se determinó el módulo de deformación (pendiente: desde el punto inicial hasta la fuerza máxima antes del punto del rompimiento), el trabajo W para la ruptura (área bajo la curva, hasta el punto de rompimiento), distancia de extensibilidad (desde el punto inicial hasta la fuerza máxima de ruptura), fuerza máxima de ruptura (fuerza necesaria que debe aplicarse para provocar la ruptura).

## **5.6 Color Instrumental de las láminas de manzana**

Para determinar la igualdad o desigualdad de color entre dos muestras de alimentos se ha utilizado la diferencia matemática sobre los parámetros cromáticos del sistema CIELab\* (Pereira y cols., 2006). La ecuación 3 permite obtener las diferencias de color ( $\Delta E$ ) entre dos muestras:

Ecuación para el cálculo de diferencia de color ( $\Delta E$ )

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

Dónde:

$\Delta L$ : L\* muestra - L\*referencia

$\Delta a$ : a\* muestra - a\*referencia

$\Delta b$ : b\* muestra - b\*referencia

El color se determinó usando un colorímetro (HunterLab, modelo 45/0 LAV, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, EE.UU.) después de la calibración con estándares de vidrio blanco y negro. Se considerará los valores "L\*", "a\*" y "b\*". Las mediciones de color de las láminas de puré, se realizaron en 6 tiras de cada triplicado, para cada muestra (B, C, D y E) de cada serie.

## **5.7 Evaluación Sensorial:**

Se llevó a cabo una evaluación sensorial de diferencia contra-control, ensayo sensitivo de diferenciación, para determinar posibles diferencias entre dos productos con distinto proceso, es decir entre una lámina de fruta con inclusión de fibra directa y otra encapsulada, cada una de ellas comparadas con la muestra control.

Este test sólo evaluó 2 muestras, una muestra con inulina libre sin encapsular y la otra muestra con inulina encapsulada, con la intención de que los panelistas

desarrollen un perfil descriptivo global de cada muestra con respecto al control. La ficha de evaluación se puede ver en el Anexo 1

En este test la magnitud de la diferencia se evaluó en una escala de -5 hasta el 5, donde -5 correspondía a “mucho menos”, -2 “algo menos”, 0 “igual al control”, 2 “algo más” y 5 “mucho más” según el atributo a comparar. Los panelistas conocían la muestra patrón pero desconocían que muestra tenía inulina con o sin encapsular. El test se llevó a cabo con 10 jueces.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 pH y ° Brix

El valor tanto del pH, como de los grados Brix, promediando un triplicado de muestra, fue de  $4,24 \pm 0,2$  y  $36,0 \pm 0,3$  respectivamente

### 6.2 Medición de la Humedad

Conocer el valor de la humedad de la materia prima fue fundamental para lograr las formulaciones de las 3 series.

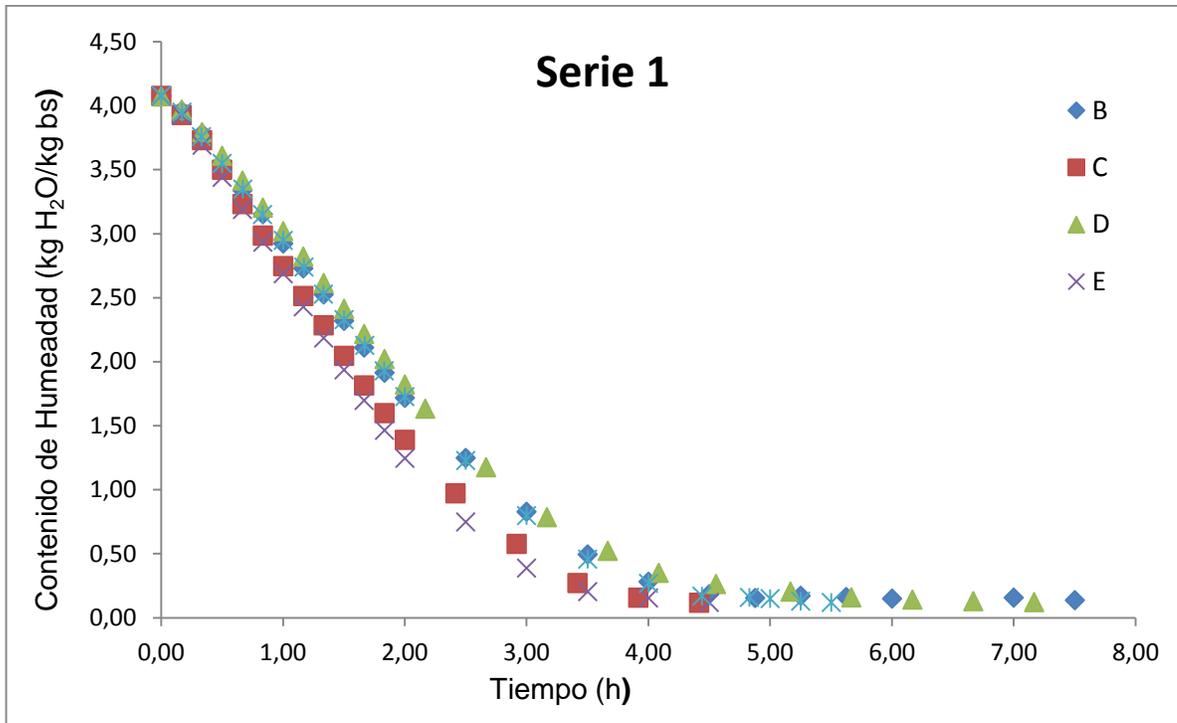
La tabla 10 muestra todos los valores necesarios para calcular el porcentaje final de humedad del puré de manzana. Todos los valores son el resultado del triplicado.

Tabla 10: Datos para el cálculo de la humedad del puré de manzana

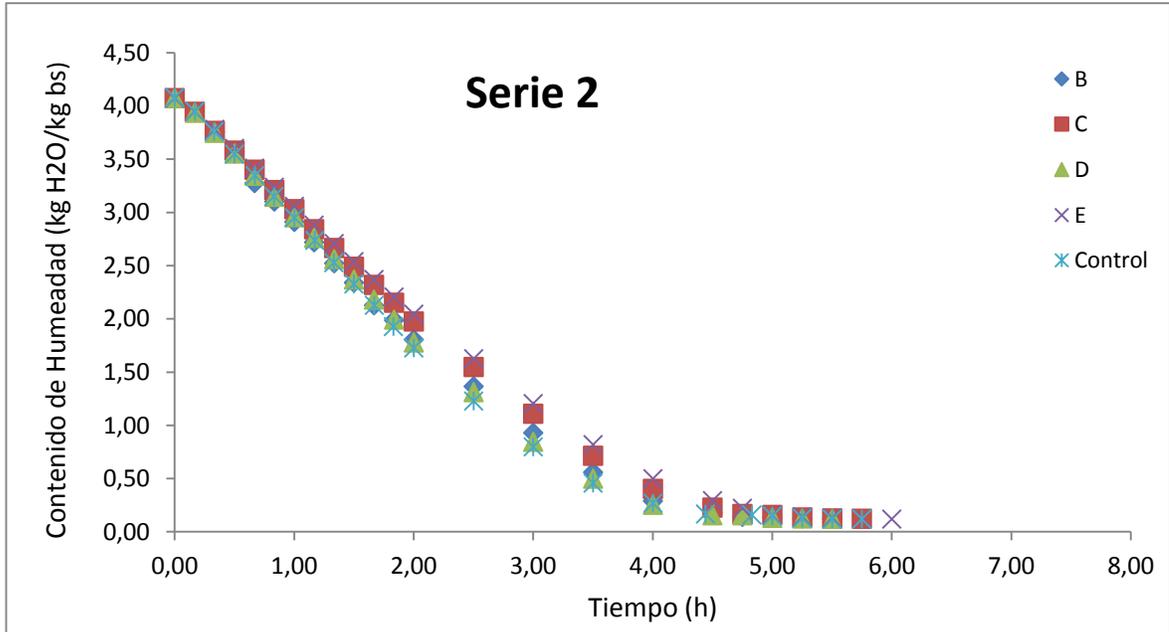
<b>Cápsula (g)</b>	<b>Cápsula + puré (g)</b>	<b>Puré (g)</b>	<b>Cápsula final (g)</b>	<b>% de Humedad</b>
10,62	13,63	3,01	13,03	80,3
10,58	13,62	3,04	13,03	80,4
10,52	13,53	3,01	12,94	80,3

### 6.3 Curva de Secado

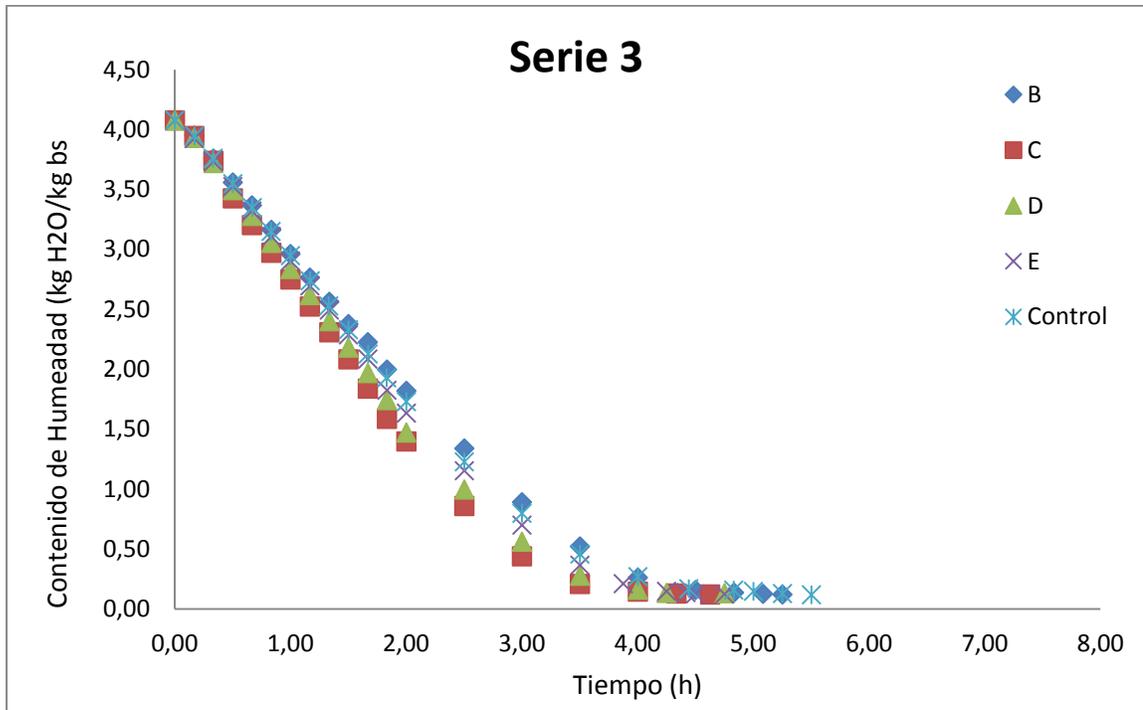
Las curvas de secado de la Humedad (Kg H<sub>2</sub>O/ Kg base seca (bs)) presente en las láminas, medida en el Tiempo (horas), de las 3 series se presentan en la figura 4.



4 a. Serie 1, inclusión de inulina libre. Donde B corresponde a 0,5 g de inulina, C a 1,0 g, D a 1,5 g y E a 2,0 g.



4 b. Serie 2, inclusión de inulina encapsulada con alginato. Donde B corresponde a 0,5 g de inulina, C a 1,0 g, D a 1,5 g y E a 2,0 g.



4 c. Serie 3, inclusión de inulina y alginato sin encapsular. Donde B corresponde a 0,5 g de inulina, C a 1,0 g, D a 1,5 g y E a 2,0 g.

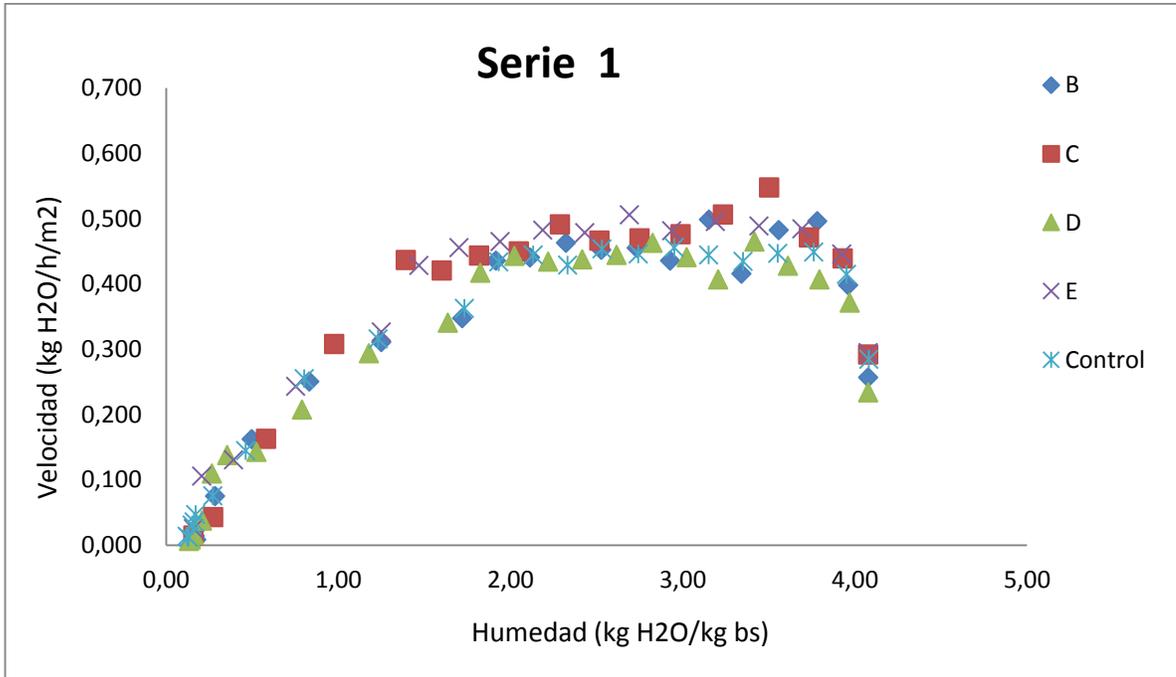
Figuras 4: Curvas de secado de Humedad (Kg H<sub>2</sub>O/Kg ms) – Tiempo (h) de cada serie con las distintas cantidades de inulina añadida.

Cada una de las 3 curvas de secado de las láminas de manzana, contienen las 4 formulaciones distintas (Figura 4). Estas muestran que el contenido de humedad, presenta un modelo exponencial decreciente durante el proceso de secado hasta llegar a una humedad de aproximadamente 0,12 Kg H<sub>2</sub>O / Kg ms. En general las curvas de secado de las 3 series, siguieron un comportamiento similar para todas las formulaciones. Para la muestra de control, sin adición de fibra adicional, el tiempo tomó 5,13 horas de secado para alcanzar 0,12 Kg H<sub>2</sub>O / Kg de ms. La adición de Inulina soluble libre (Figura 4 a) mostró una disminución en dicho tiempo en todas las formulaciones, dónde las muestra B y D, son las que más se acercan al tiempo de la muestra control, mientras que las muestras C y E disminuyeron notoriamente, a 4,5 y 4,0 horas respectivamente. En el caso de la adición de Inulina encapsulada (Figura b),

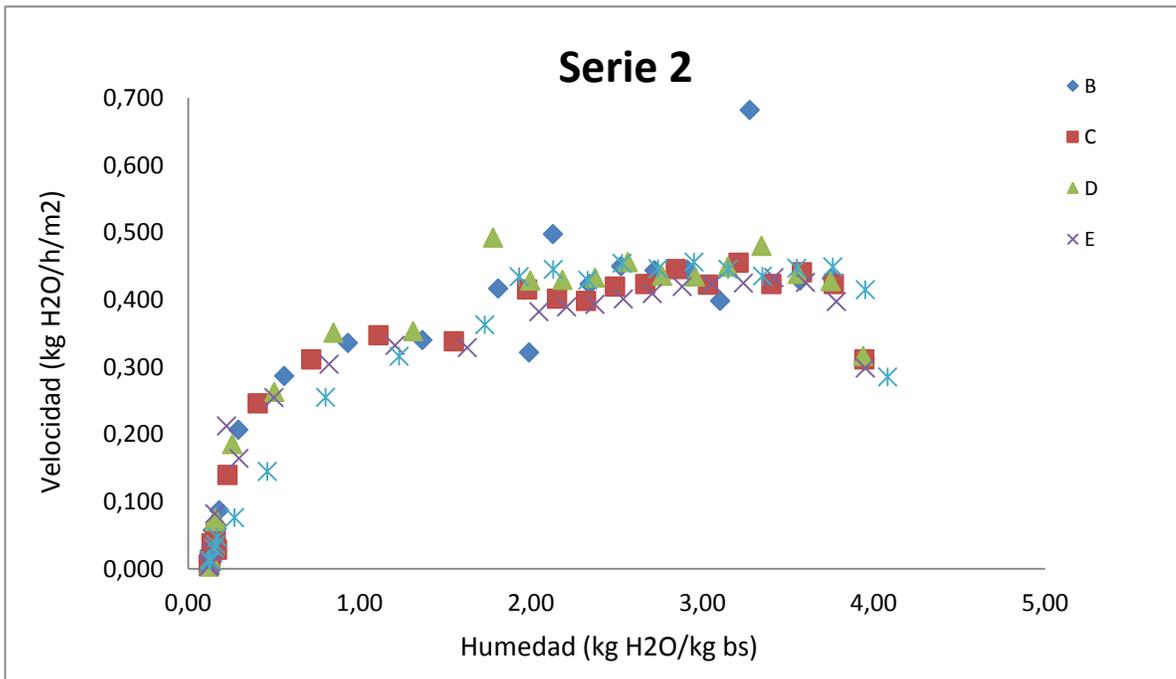
3 muestras C, D y E alcanzaron valores de tiempo de secado menor a la muestra control y sólo la muestra B superó el tiempo de secado de la muestra. Lo mismo ocurrió con las muestras con inclusión de Inulina más Alginato sin encapsular (Figura c), donde las 3 muestras C, D y E presentaron una disminución en el tiempo de secado, mientras que la muestra B superó al tiempo de la muestra control con 5,42. La respuesta a estos resultados, considerando que las dos series con alginato, una encapsulada (serie 2) y otra sin encapsular (serie 3), presentaron la misma tendencia en la curva de secado, es que el agua libre interactuó de distinta forma cuando se agregó este componente ya que, se sabe que la relación entre humedad y  $a_w$  no es directamente correspondiente a la cantidad de agua del alimento, sino más bien a la forma en que se relaciona en él (Figuerola, 2002). En este caso, la fibra libre sin alginato presentó un comportamiento más similar a la muestra control, por lo que se infiere que la cantidad de fibra añadida, no interfiere en este parámetro.

De la figura 4 a se desprende, gracias a las pendientes de cada curva (B, C, D y E), que toman menos tiempo en llegar al 12 % de humedad, con una pendiente promedio de -3,5. En segundo lugar se posiciona la serie 3 (figura 4 c) donde presenta una pendiente promedio de -4,0 y finalmente la serie 2 (figura 4 b) con una pendiente promedio de -4,5. Por lo que se vuelve a respaldar que la fibra libre, añadida en esa cantidad, no causa cambios ni en el tiempo ni en la velocidad de secado de las láminas de fruta. Por lo tanto no logra ejercer sus funciones como agente espesante, retenedor de agua y estabilizador de geles.

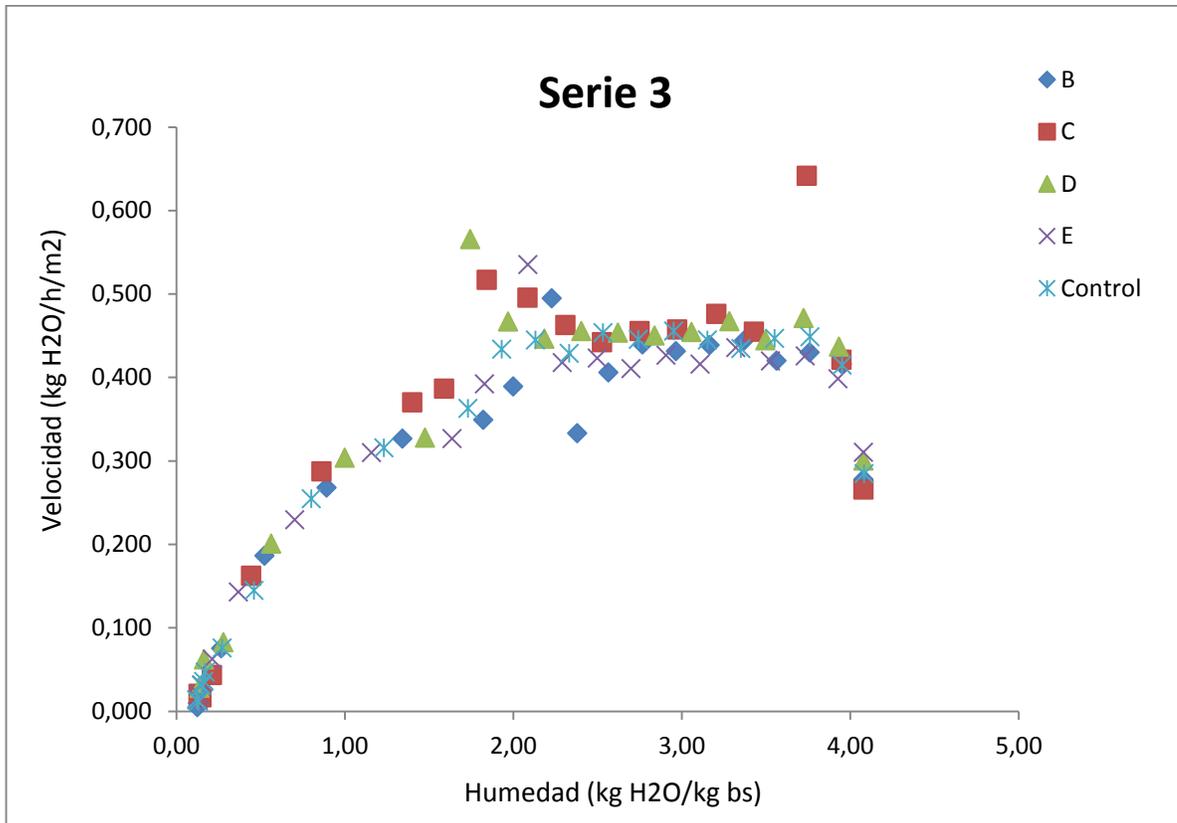
Sin embargo para un mayor análisis de dichos aspectos de secado (tiempo y velocidad), se estudiaron las gráficas de velocidad de secado de las 3 series, las que se presentan a continuación.



5 a. Serie 1, inclusión de inulina libre. Donde B corresponde a 0,5 g de inulina, C a 1,0 g, D a 1,5 g y E a 2,0 g.



5 b. Serie 2, inclusión de inulina encapsulada con alginato. Donde B corresponde a 0,5 g de inulina, C a 1,0 g, D a 1,5 g y E a 2,0 g.



5 c. Serie 3, inclusión de inulina y alginato sin encapsular. Donde B corresponde a 0,5 g de inulina, C a 1,0 g, D a 1,5 g y E a 2,0 g.

Figura 5: Las curvas de secado de Velocidad (kg H<sub>2</sub>O/ h/m<sup>2</sup>) - Humedad (kg H<sub>2</sub>O/ kg ms)

Cada una de las 3 curvas de velocidad de secado de las láminas de manzana, contienen las 4 formulaciones distintas (Figuras 5). De las imágenes 5 a, 5 b y 5 c se aprecian 2 períodos, el primero que tiene que ver con una velocidad de secado constante, donde la velocidad con que se elimina agua de la superficie del sólido, es igual que la velocidad con que llega a ella desde el interior del mismo. De esta manera la superficie del material se mantiene constantemente mojada y se comporta como una masa de líquido. De aquí que la velocidad de secado sea igual a la velocidad de evaporación del agua, que será a su vez proporcional a la velocidad de flujo de calor que llega desde el aire al sólido. Esta etapa en el caso de la imagen b, llegó a una velocidad y humedad menor que en el caso de las otras dos series. En efecto, estas series 1 y 3, presentaron una curva similar.

El segundo periodo que se aprecia en las 3 imágenes, corresponde a una velocidad de secado decreciente, donde la humedad de las láminas sigue disminuyendo hasta alcanzar la humedad de equilibrio. Cuando la disminución de la velocidad de secado es lineal con el contenido en humedad, se supone que la evaporación del agua que contiene el material continua produciéndose en la misma forma que en el periodo de velocidad constante, con la salvedad de que no ocurre en toda la superficie, ya que comienzan a aparecer zonas secas, de manera que la velocidad de secado disminuye a medida que lo hace la superficie mojada (Maupoey y cols., 2001). En esta segunda etapa, las 3 series marcaron curvas muy similares con respecto a todas sus formulaciones. Por lo que se infiere que tanto la inulina libre como encapsulada no afectan en esta última etapa de la velocidad de secado

Para precisar más profundamente en la cinética de secado se analizaron los tiempos de secado de cada muestra y de cada cantidad de fibra añadida. Dichos datos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Tiempo de secado (h) de las distintas formulaciones

Series	TIEMPO (h)			
	B	C	D	E
1	5,10 <sup>A, a</sup> ± 0,36	4,50 <sup>A, a</sup> ± 0,07	5,17 <sup>A, a</sup> ± 1,77	4,00 <sup>A, a</sup> ± 0,58
2	5,37 <sup>A, a</sup> ± 0,12	4,53 <sup>A, a</sup> ± 0,25	4,35 <sup>A, a</sup> ± 0,33	4,65 <sup>A, a</sup> ± 0,17
3	5,42 <sup>A, a</sup> ± 0,14	4,63 <sup>A, a</sup> ± 0,22	4,75 <sup>A, a</sup> ± 0,45	4,63 <sup>A, a</sup> ± 0,14

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Como se observa en la tabla 11, los tiempos de secado de todas las formulaciones no presentan diferencias significativas entre ellas. Se destaca que la serie 1 contiene

las dos cantidades de fibra, 0,5 % (B) y 1,5% (D) que tiene un tiempo más similar al tiempo de secado del control, considerando que este fue de  $5,13 \pm 0,66$  (horas).

Con el objetivo de ahondar en el tiempo de secado, se tomó el tiempo en que la humedad pasa de ser descendiente a ser constante, en el tiempo (Ver figura 6). En cuanto a de la serie 1, este cambio en la humedad se produce a las  $3,6 \pm 0,2$  horas, la serie 2 a las  $3,7 \pm 0,06$  horas y la serie 3 a las  $3,7 \pm 0,03$ . De esta forma queda reflejado que el tiempo no es una cifra que muestre diferencias tales que sean significativas.

Con el fin de evidenciar gráficamente estos resultados, se presenta la Figura 6. Ver en Anexo 50. De acuerdo a esta figura, se puede concluir que aquellas pieles de fruta con 0,05 g de inulina, requieren más tiempo hasta lograr humedad constante, indistinto del modo de inclusión de fibra. En cuanto a la muestra con inclusión de 0,2 g de inulina directa, tardó menos tiempo en llegar a la humedad deseada.

#### **6.4 Análisis de Textura**

Es importante definir las propiedades elásticas de las láminas de fruta pues tienen una estrecha relación con la textura. Somers (1965) reporta que pequeños cambios en la humedad de los tejidos vegetales está asociado con cambios profundos en el módulo elástico. Razón por lo cual se estandarizó tanto la humedad, como la temperatura de almacenamiento de todas las formulaciones.

La firmeza de las láminas se midió aplicando una fuerza hasta el momento de la ruptura de éstas. Dicha fuerza fue considerada como máxima. Los resultados de la medición se presentan en la tabla 12.

Tabla 12: Módulo de Fuerza Máxima (Newton) para cada muestra distinta

Módulo de fuerza máxima (Newton)				
Series	B	C	D	E
1	5,57 <sup>A ab</sup> ± 0,18	4,21 <sup>A a</sup> ± 0,29	4,00 <sup>A b c</sup> ± 1,55	4,09 <sup>A c</sup> ± 0,26
2	4,65 <sup>B ab</sup> ± 0,18	6,36 <sup>B a</sup> ± 0,39	8,19 <sup>B b c</sup> ± 0,45	7,26 <sup>B c</sup> ± 0,50
3	5,46 <sup>C ab</sup> ± 0,13	3,66 <sup>C a</sup> ± 0,24	4,30 <sup>C b c</sup> ± 0,16	6,77 <sup>C c</sup> ± 0,71

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo a la tabla 11, existen diferencias significativas entre las 3 series. Además se presentaron diferencias significativas entre cantidades, donde la cantidad E se destacó, pues la fuerza máxima aplicada se diferenció de la formulación B y C. La C a su vez también marcó diferencias con D.

De la tabla anterior se desprende que los resultados de la serie 1 fueron los que se relacionaron mejor con el valor de fuerza máxima que obtuvo la lámina control, la cual dio un valor de  $4,55 \pm 0,25$  (Newton). A diferencia con la serie 2, que presenta valores muy superiores a los de la muestra control. La serie 3, por otro lado, tampoco marcó valores similares a la muestra, pues no presentó una tendencia, sin embargo, al igual que la serie 2, la resistencia mecánica también fue superior.

Los valores distantes con los de la muestra control, en general de las 3 series, se expresa porqué la deshidratación produce la ruptura y degradación de la lámina media, la separación y ruptura de las paredes celulares, la lisis del citoplasma, la pérdida de la funcionalidad de la membrana y el colapso estructural de las células, (Moraga, 2002) estas pueden ocasionar cambios físico químicos tales como la cristalización de la celulosa, despolimerización y solubilización de pectinas, cambios en los sólidos solubles, encogimiento, así como cambios en las propiedades mecánicas relacionadas

con la textura . Contreras (2008), reportó que ello se debe a que la temperatura del aire provoca un cambio en la solubilidad de las pectinas, relacionando con un incremento de la fracción hidrosoluble y una disminución del oxalato soluble y de la pectina residual, que hace que las muestras deshidratadas presenten mayor resistencia mecánica.

En la figura 7, presente en Anexo 51, se aprecia gráficamente que la muestra con 1,5 de inulina encapsulada destacó en el módulo de fuerza por sobre el resto de las muestras. Esta característica se atribuye, ya que la inulina encapsulada se encuentra encapsulada dentro de la matriz polimérica y por lo tanto no está disponible sus ventajas de gelificante (Franck, 2002) y por lo tanto esta serie presentó mayor resistencia mecánica que el resto de las muestras, que si tenían la inulina biodisponible.

Tabla 13: Módulo de Extensibilidad (milímetros) para cada muestra distinta

<b>Módulo de Extensibilidad (milímetros)</b>				
<b>Series</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>1</b>	5,81 <sup>Aa</sup> ± 0,56	6,04 <sup>Abc</sup> ± 0,50	7,10 <sup>Ac</sup> ± 0,56	7,01 <sup>Ab</sup> ± 0,57
<b>2</b>	5,35 <sup>Ba</sup> ± 0,44	6,30 <sup>Bbc</sup> ± 0,23	5,82 <sup>Bc</sup> ± 0,19	5,58 <sup>Bb</sup> ± 0,13
<b>3</b>	6,50 <sup>Ca</sup> ± 0,62	7,96 <sup>Cbc</sup> ± 0,58	8,34 <sup>Cc</sup> ± 0,75	6,66 <sup>Cb</sup> ± 0,49

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

A la vista de los resultados de la tabla 13, las tres series presentan diferencias significativas entre ellas. En el caso de las distintas formulaciones, las muestras C no tienen diferencias significativas con las muestras D ni E.

Con respecto a los resultados obtenidos por la serie 2 se puede inferir que la disminución de estos valores, en comparación con los  $6,63 \pm 0,46$  milímetros de la

muestra control, se debe a que la inulina al estar encapsulada no puede desarrollar sus propiedades, las ya mencionadas en el marco teórico. La inulina actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles.

Por otro lado y visualizando la figura 8, presente en Anexo 52, también se aprecia que la serie 3 destacó por sus mayores valores de extensibilidad, condición que, según Roberfroid (2005), se asocia a un efecto sinérgico entre la inulina y el alginato, ya que ambos se encuentran en estado libre y tiene la habilidad de espesante al ser disueltos en agua, generando un aumento en la viscosidad de la solución en la que se disolvieron (Funami y cols., 2009), dando como resultados una mayor elongación con respecto al resto de las muestras.

Tabla 14: Módulo de Energía de Ruptura (milijoule) para cada muestra distinta

Series	Módulo de Energía de Ruptura (milijoule)			
	B	C	D	E
1	22,12 <sup>Aa</sup> ± 1,88	17,69 <sup>Aa</sup> ± 1,43	17,09 <sup>Ab</sup> ± 2,15	21,73 <sup>Ab</sup> ± 5,45
2	17,94 <sup>Ba</sup> ± 1,81	29,76 <sup>Ba</sup> ± 3,36	37,09 <sup>Bb</sup> ± 2,53	30,76 <sup>Bb</sup> ± 3,14
3	23,84 <sup>Ca</sup> ± 2,19	18,96 <sup>Ca</sup> ± 2,08	22,80 <sup>Cb</sup> ± 3,44	32,18 <sup>Cb</sup> ± 5,09

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Nuevamente en la tabla 14, se apreciaron diferencias significativas entre las tres series. Sin embargo los datos muestran que hubieron 2 tendencias entre las formulaciones de fibra añadida, donde las muestras B y C no presentaron diferencias significativas entre ellas, ocurriendo lo mismo con las muestras D y E, no obstante, sí entre ambos.

Con respecto a los  $20,27 \pm 3,03$  milijoule de Energía de Ruptura de la muestra control, fue la serie 1 quien presentó valores más cercano a la muestra estándar

Cabe señalar que la textura de las frutas y vegetales tiene su base en la estructura celular, de manera que existe un efecto combinado de la presión de turgencia de los componentes celulares y de la elasticidad de las paredes celulares lo que determina las propiedades viscoelásticas de los tejidos vegetales. Estas propiedades están también afectadas por la composición de la fracción péctica de la pared celular y especialmente por la fuerza de las uniones celulares a través de la lámina media y el grado de empaquetamiento celular. La fuerza de las uniones celulares y el nivel de turgencia son determinantes del comportamiento mecánico (Crapiste, 2000)

De acuerdo a la figura 9, presente en Anexo 53, la muestra con 1,5 g de inulina encapsulada presentó la mayor energía de ruptura tanto de su misma serie, como del resto de las muestras. Las muestras con inulina incorporada directamente (serie 1) mostraron menor fuerza de ruptura, destacándose aquella con 1,5 g de fibra.

Tabla 15: Módulo de Tracción (Mpa) para cada muestra distinta

Series	Módulo de Tracción (Mpa)			
	B	C	D	E
1	5,48 <sup>Ab</sup> ± 0,91	4,18 <sup>Aa</sup> ± 0,68	3,28 <sup>Aab</sup> ± 1,60	3,38 <sup>Ab</sup> ± 0,84
2	5,00 <sup>Bb</sup> ± 1,02	5,78 <sup>Ba</sup> ± 1, 12	8,03 <sup>Bab</sup> ± 1,49	7,46 <sup>Bb</sup> ± 1,58
3	4,85 <sup>Ab</sup> ± 1,04	2,65 <sup>Aa</sup> ± 0,56	2,98 <sup>Aab</sup> ± 0,69	5,86 <sup>Ab</sup> ± 1,22

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

A diferencia de los datos de textura analizados anteriormente, el módulo de tracción, tal como se aprecia en la tabla 15, solamente la Serie 2 presenta diferencias significativas con la 1 y 3. Nuevamente la explicación recae en que las propiedades de

la inulina son, de alguna forma, silenciadas al estar encapsuladas. Además, con respecto a los  $3,94 \pm 0,78$  (Mpa) obtenido en la muestra control, la mayoría del muestreo se aleja de ese valor. Por lo que tanto la inulina libre, encapsulada o libre más alginato, influyen en esta característica

La respuesta mecánica de las láminas deshidratadas puede ser resultado del comportamiento de la matriz celular y de la fase líquida interna del tejido que contiene a los sólidos solubles, ambas con diferente interacción con el agua (Moraga, 2002). Dependiendo del contenido en agua, de los cambios en la pared celular así como de la composición de la fracción hidrosoluble pueden observarse diferencias en el comportamiento mecánico de las láminas. La solubilización de pectina, por ejemplo, asociada a la deshidratación, influiría, en la desunión celular.

De acuerdo a la figura 10, representada en Anexo 54, al igual que con el módulo de energía de ruptura, la muestra con 1,5 g de inulina encapsulada presentó la mayor tracción dentro de todo el muestreo, además de destacarse esta misma serie por sobre las 2 restantes (serie 1 y 3). En el caso de las series 1 y 3, muestran un comportamiento similar en la tracción o elasticidad. De este resultado se desprende que las muestras con inulina encapsulada requieren mayor presión para sufrir un cambio de forma.

## **6.5 Análisis de color**

### **6.5.1 Color de la materia prima**

Puesto que uno de los objetivos específicos de este estudio es encontrar una fibra que al añadirla no provoque cambios significativos en la lámina, con respecto al control, es importante considerar el color de la lámina control.

Tabla 16: Valores promedios del color y luminosidad de la lámina control

<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
78,2 ± 1,06	5,2 ± 0,50	24,0 ± 3,2

### 6.5.2 Color de las láminas de manzana

En el caso de las frutas y vegetales el color depende de la presencia de cuatro tipos fundamentales de pigmentos, carotenoides, antocianinas, clorofilas y compuestos fenólicos, los cuales pueden cambiar durante el procesado y almacenamiento. Para hacer una comparación cromática a continuación se muestran las coordenadas L\*, a\* y b\*, según la serie y la cantidad de fibra incluida.

Tabla 17: Valores promedios del parámetro L\* para las distintas formulaciones

Series	Valores de L*			
	B	C	D	E
1	78,2 <sup>A</sup> a <sub>a</sub> ± 1,1	78,5 <sup>A</sup> b <sub>b</sub> ± 0,4	78,9 <sup>A</sup> a <sub>a</sub> ± 1,7	78,6 <sup>A</sup> a <sub>a</sub> ± 1,0
2	77,2 <sup>B</sup> a <sub>a</sub> ± 0,8	78,5 <sup>B</sup> b <sub>b</sub> ± 0,5	77,2 <sup>B</sup> a <sub>a</sub> ± 0,9	77,2 <sup>B</sup> a <sub>a</sub> ± 0,7
3	77,8 <sup>B</sup> a <sub>a</sub> ± 0,6	78,3 <sup>B</sup> b <sub>b</sub> ± 0,9	76,4 <sup>B</sup> a <sub>a</sub> ± 1,0	76,0 <sup>B</sup> a <sub>a</sub> ± 1,0

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

De la tabla 17, se pueden desprender varias observaciones. Una de ellas es las diferencias significativas que resultan al comparar las series entre sí, donde la serie 2 y 3 no presentan diferencias entre ellas en la luminosidad, sin embargo la serie 1 si tiene estas diferencias con la 2 y 3. Esto se puede interpretar porque estas últimas series en su formulación contienen alginato, componente que influenciaría en la claridad, ya que ambas series 2 y 3 presentan valores menores a la muestra control. Recordemos que la coordenada L\* recibe el nombre de claridad o luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100. Por lo tanto dichas muestras presentan menor claridad, según lo expuesto en la tabla 17. Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a acciones enzimáticas, que suelen inactivarse mediante tratamientos de escaldado del puré o a través del secado mismo de las láminas, sin embargo este proceso fue

estándar para todas las muestras. Por lo que solo se asocia a una influencia del alginato en este parámetro.

Se suma a esta explicación que la serie 1, con la cantidad B presenta igual valor de  $L^*$  que la muestra control.

Notoriamente, se desprende de la figura 11, presente en Anexo 55 que las muestras presentes con alginato influyen en este parámetro. Por otro lado la inulina no afecta en la luminosidad del producto.

Tabla 18: Valores promedios del parámetro  $a^*$  para cada muestra

Series	Valores de $a^*$			
	B	C	D	E
1	4,1 <sup>Aa</sup> ± 0,8	4,3 <sup>Ac</sup> ± 0,4	5,1 <sup>Aab</sup> ± 0,8	5,0 <sup>Abc</sup> ± 0,4
2	6,4 <sup>Ba</sup> ± 0,3	5,6 <sup>Bc</sup> ± 0,2	5,9 <sup>Bab</sup> ± 0,2	5,7 <sup>Bbc</sup> ± 0,5
3	5,5 <sup>Ca</sup> ± 0,4	5,1 <sup>Cc</sup> ± 0,5	5,2 <sup>Cab</sup> ± 1,0	4,8 <sup>Cbc</sup> ± 0,5

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En el caso de la coordenada  $a^*$  existe diferencias significativas con cada una de las tres series. Por otro lado, en comparación con las cantidades de inulina añadida, la fórmula B presenta diferencias con todo el resto, excepto con D. Lo mismo ocurre con C donde se diferencia con todas las formulaciones, menos con E. Cabe destacar que la coordenada  $a^*$  representa la cantidad de rojo (+)/ verde (-). Por lo tanto, según lo reflejado por la tabla 18, la serie 1 presenta valores menores a la muestra control, por lo que su color tiene una leve tendencia al color verde. En el caso de la serie 2, ocurre lo contrario, donde los valores fueron superiores a la muestra control, por lo que estas láminas presentaron colores levemente más rojizos. Finalmente la serie 3, fue la

que tuvo valores más cercanos a la muestra control, donde la cantidad D destacó por tener igual valor de la coordenada  $a^*$ , que la muestra control.

De acuerdo a lo graficado por la figura 12, presente en Anexo 56, se observa que todas las muestras de la serie 2, destacan por su alcance a mayores valores del parámetro de color  $a^*$ . Mientras que las 4 formulaciones de la serie 3 presenta más homogeneidad en el valor  $a^*$ .

Tabla 19: Muestra los valores de  $b^*$  para cada muestra

Series	Valores de $b^*$			
	B	C	D	E
1	29,2 <sup>Aa</sup> ±1,9	23,1 <sup>Abc</sup> ± 1,4	25,7 <sup>Ab</sup> ± 3,3	19,9 <sup>Ac</sup> ± 2,7
2	26,3 <sup>Ba</sup> ± 0,7	26,4 <sup>Bbc</sup> ± 1,1	26,2 <sup>Bab</sup> ± 0,8	26,2 <sup>Bc</sup> ± 1,9
3	23,2 <sup>Ca</sup> ± 0,9	22,1 <sup>Cbc</sup> ± 3,0	22,7 <sup>Cab</sup> ± 4,3	21,3 <sup>Cc</sup> ±1,4

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Los valores publicados en la tabla 18 dan cuenta de una notoria diferencia entre las tres series y al igual que la coordenada  $a^*$ , presenta la misma tendencia de diferencias significativas entre las formulaciones B, C, D y E. Sin embargo, la coordenada  $b^*$  contempla la cantidad de amarillo (+) /azul (-), por lo que se intuye que la serie 2 presentó una coloración levemente más amarilla, mientras que la serie 3 tuvo una propensión leve hacia el color azul, en comparación a la muestra control.

De acuerdo a la figura 13 la que se visualiza en Anexo 57, representa la poca variación que tuvieron todas las muestras de la serie 2 con respecto a este parámetro. Sin embargo fue la serie 3 aquella que presentó una estrecha similitud con los valores de la muestra control.

Tabla 20: Muestra los valores de la variación total de color ( $\Delta E$ ) con respecto al control, según la ecuación 3

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Serie 1</b>	3,71 <sup>A a</sup>	1,18 <sup>A a</sup>	0,89 <sup>A a</sup>	3,79 <sup>A a</sup>
<b>Serie 2</b>	2,92 <sup>A a</sup>	2,27 <sup>A a</sup>	2,18 <sup>A a</sup>	2,14 <sup>A a</sup>
<b>Serie 3</b>	2,31 <sup>A a</sup>	2,36 <sup>A a</sup>	2,43 <sup>A a</sup>	3,04 <sup>A a</sup>

Valores promedios. Las letras minúsculas comparan horizontalmente el contenido de fibra, mientras que las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La tabla 20 busca reflejar las diferencias de cada promedio de cada una de las tres series con sus respectivas cantidades de inulina incluida, con respecto al control. La presente tabla no muestra desviación estándar, ya que se compara con un solo valor, el promedio. Se pretende, por lo tanto dimensionar si existen diferencias significativas reales del muestreo en comparación con la muestra control.

Según los datos de la tabla 20, se desprende que no existen diferencias significativas ni entre series, ni cantidades de fibra incluida. Sin embargo, la serie 1 contiene tanto la menor como la mayor diferencia de color ( $\Delta E$ ) de todos los parámetros cromáticos ( $a^*$  y  $b^*$ ) y de luminosidad ( $L^*$ ), correspondiente a la cantidad de fibra D y E, respectivamente. No obstante los valores de  $\Delta E$ , no representan cambios considerables en el croma y tampoco en el caso de la coordenada  $L^*$ , ya que los valores presentes son de baja magnitud. Según Heredia y colaboradores (2003), la fibra añadida en un producto en concentraciones altas modifica moderadamente la coloración del mismo. Por lo que se asume que las cantidades de fibra añadida no lograron una alteración significativa.

Por otra parte, en ciertas láminas hubo apariciones modestas de coloraciones marrones, las que se pueden asociar a reacciones de pardeamiento no enzimático, como la reacción de Maillard, propiciada por las altas temperaturas, pardeamiento de

tipo enzimático y/o producido por la caramelización de los azúcares (Guerrero y Núñez, 1991).

## 6.6 Análisis Sensorial

Se realizó una evaluación sensorial para 2 tratamientos. El primero eran láminas de fruta con inulina libre sin encapsular (Tratamiento 1) y el segundo era láminas de fruta con inulina encapsulada (Tratamiento 2).

### 6.6.1 Atributos de calidad

Los jueces evaluaron y clasificaron cuál de las dos muestras testeadas se igualaba mejor a la muestra control. Los atributos evaluados se resumen en la tabla 21.

Tabla 21: Evaluación descriptiva global de 2 láminas de fruta con distinto tratamiento, con respecto a la muestra control.

Tratamiento	Intensidad de color	Rugosidad (Apariencia)	Intensidad de sabor	Intensidad de dulzor	Elasticidad	Sabor residual
1	-3,7 <sup>A</sup> ± 0,5	-1,3 <sup>A</sup> ± 1,8	-0,1 <sup>A</sup> ± 2,1	0,4 <sup>A</sup> ± 1,3	0,7 <sup>A</sup> ± 1,6	0 <sup>A</sup> ± 2,3
2	-0,7 <sup>B</sup> ± 0,8	1,0 <sup>B</sup> ± 1,1	-0,5 <sup>A</sup> ± 0,9	-0,7 <sup>B</sup> ± 1,42	0,2 <sup>B</sup> ± 0,8	-0,1 <sup>A</sup> ± 0,7

Valores promedios. Las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo a lo que muestra la tabla 20, tres de seis atributos presentaron diferencia significativas entre las dos muestras. Estas fueron intensidad de color, rugosidad (apariencia) e intensidad de dulzor. Mientras que la intensidad a sabor frutal, elasticidad y sabor residual fueron los atributos que los jueces no encontraron diferencias entre ambas muestras. Con respecto al sabor residual, los jueces debieron evaluar un sabor extraño, ajeno al normal del puré de manzana. No se le especificó

una característica particular, como dulce o ácida, ya que eso podría anticipar sus respuestas.

En la intensidad de color, los jueces si detectaron diferencia entre la muestra con fibra incluida directamente con aquella incluida en forma de cápsula. Esta situación puede tener como respuesta la diferencia en el grosor de cada lámina, ya que si bien este parámetro se trató de estandarizar, no se logró en un 100%. Además, según la tabla 20, las diferencia de color ( $\Delta E$ ) no alcanzaron a ser significativas. Es importante recordar que todas las láminas de manzana producidas, fueron del mismo lote de conserva de puré, por lo que los pigmentos totales de la manzana, como la clorofila, carotenoides y antocianinas, estuvieron presentes en la misma cantidad en todas las formulaciones. Por otro lado, los jueces no presentaron diferencias entre ellos.

En el caso de la rugosidad ambas muestras fueron clasificadas con una rugosidad distinta. El tratamiento 1 presenta menor y el tratamiento 2 mayor rugosidad que la muestra control. De acuerdo con Sagar y Kumar (2010), los cambios asociados con los cambios de textura en frutas son la cristalización de la celulosa, la degradación de la pectina y la gelatinización del almidón. Se suma a esto que las cápsulas tenían un tamaño que era detectable a la vista, ya que la técnica ocupada para encapsular fue de extrusión. Los jueces, no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Si bien, la intensidad de dulzor presentó diferencias significativas entre ambas muestras, también las hubo entre los jueces, por lo que se recomienda evaluar este atributo con más jueces. No obstante la literatura muestra que la inulina contiene azúcares libres (glucosa, fructosa, sacarosa) y es ampliamente utilizada en la industria de alimentos como edulcorante dietético ya que aporta entre un 10 a 30% del poder de dulzura de la sacarosa (Franck, 2002). Por lo que es totalmente posible que la muestra con inulina libre se haya percibido más dulce que la encapsulada, por parte de los jueces.

En cuanto a la intensidad del sabor, elasticidad y sabor residual era de esperarse que no tuvieran diferencias significativas ya que, si bien la encapsulación se emplea para enmascarar sabores, hay una pérdida parcial de componentes volátiles y de

sabor por efecto de la deshidratación, metodología que se realizó bajo las mismas condiciones a todas las láminas. En el caso de la gomosidad, si bien en los análisis de textura hubo diferencias significativas, por la poca cantidad evaluada (2,0 gramos de fibra en 100 gr de producto húmedo) no sería fácil de percibir, por jueces no entrenados.

### 6.6.2. Aceptabilidad

Tabla 22: Valores de aceptabilidad de los distintos tratamientos

Tratamiento	Aceptabilidad
1	5,8 <sup>A</sup> ± 0,8
2	6,4 <sup>A</sup> ± 0,7

Valores promedios. Las letras mayúsculas comparan verticalmente la metodología de inclusión. Letras diferentes implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Como se puede observar en la tabla 22, los valores de aceptabilidad no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, variando entre 5,8 y 6,4; los cuales están entre las categorías “me gusta levemente” y “me gusta moderadamente”, respectivamente. Sin embargo hubo una mayor inclinación de los jueces, por las láminas de fruta con inulina encapsulada. Esta preferencia puede tener explicación en que las láminas de fruta con fibra encapsulada, presentan un color más intenso y una mejor apariencia, atributos que se encuentran netamente relacionados con el sentido visual.

## 6.7 Elaboración de un snack con buena fuente de fibra

Tabla 23: Promedios de los pesos netos en gramos de las láminas de fruta para cada formulación.

Promedio de Peso Neto (g) de las láminas de fruta				
	B	C	D	E
<b>Serie 1</b>	9,38	8,54	9,49	8,29
<b>Serie 2</b>	9,49	8,63	8,77	9,1
<b>Serie 3</b>	8,91	8,75	9,23	8,63
<b>Promedio</b>	9,26	8,64	9,16	8,67

La Tabla 23 muestra los promedios de los pesos en gramos obtenidos una vez terminado el proceso de secado por cada lámina desarrollada. Con estos valores se puede inferir que los pesos de cada formulación (0,5, 1,0; 1,5 y 2,0 g de fibra) no tienen una relación directa con el peso.

Por otro lado, la Asociación Americana de Dietética promueve un consumo diario de 20 a 35 g de fibra, por lo tanto para que un alimento sea una buena fuente de fibra debe aportar entre un 10% a 19% de dicho nutriente. En el caso de la formulación E con 2,0 g de fibra total, si el consumidor come una porción de 8,67 g de lámina de manzana estaría por lo tanto ingiriendo un alimento con buena fuente de fibra.

Paralelamente, SunRype es una marca Canadiense que produce distintos productos saludables, entre ellos, las láminas de fruta. Como se observa en la figura 6 la información nutricional de una lámina de Wild Berry, muestra que contiene 1 g de fibra en una porción de 14 g de peso neto (Sunrype, 2014)

<b>Nutrition Facts</b>	<b>Amount / Teneur</b>	<b>% DV / % VQ*</b>	<b>Amount / Teneur</b>	<b>% DV / % VQ*</b>
<b>Valeur nutritive</b>	<b>Fat / Lipides 0 g</b>	<b>0 %</b>	<b>Carbohydrate / Glucides 12 g</b>	<b>4 %</b>
Per 1 bar (14 g) pour 1 barre (14 g)	Saturated / saturés 0 g	0 %	Fibre / Fibres 1 g	3 %
<b>Calories 45</b>	+ Trans / trans 0 g		Sugars / Sucres 10 g	
	Cholesterol / Cholestérol 0 mg		Protein / Protéines 0.2 g	
	Sodium / Sodium 5 mg	1 %		
*% Daily Value / % valeur quotidienne Vit A 0 % • Vit C 2 % • Calcium 0 % • Iron / Fer 0 %				

Figura 6: Información nutricional de una lámina de fruta comercial.

## 7. CONCLUSIONES

- Las láminas de fruta son parte de una nueva tendencia de snack saludables, en este trabajo fueron fabricadas en base a puré de manzana. Son fuente de vitaminas, minerales, carbohidratos y fibras.
- La inclusión de inulina a las láminas se desarrolló bajo 3 metodologías: la primera directamente, la segunda se encapsuló con alginato y la tercera incluía alginato más inulina, sin encapsular. Las 3 formulaciones actuaron positivamente en la curva de secado, es decir no presentaron diferencias significativas. Sin embargo aquellas muestras con inulina libre, destacaron por asemejarse más al comportamiento de la lámina control, en cuánto a términos de secado – curva de contenido de humedad en el tiempo, tiempo de secado y velocidad de secado-.
- En cuanto a los análisis de textura, el Módulo de Fuerza Máxima, Módulo de Energía de Ruptura y el Módulo de Tracción de las muestras con inulina libre (serie 1), presentaron una tendencia a igualar el valor de la muestra control. En el caso del Módulo de Extensibilidad fue la muestra de 2,0 g de la serie 3 la que igualó la muestra control.
- Con respecto a los análisis de color para el parámetro L\* las muestras con inulina libre (serie 1), presentaron valores más estrechos a los mostrados por la muestra control. Para las coordenadas cromáticas a\* y b\*, fueron las muestras con inulina más alginato sin encapsular (serie 3), las que exhibieron una tendencia a los mismos valores de la muestra control. Con lo que respecta a la variación total de color con respecto al control, la muestra con 1,5 g de inulina incluida directamente (serie 1) fue la que destacó por tener el menor valor del muestreo, liderando de esta manera, como la muestra más cercana al color de la muestra control.

- Como resultado de la evaluación sensorial descriptiva para 2 muestras con 2,0 g de inulina añadida y con distinto método de inclusión -el primero, agregada de forma directa y el segundo agregada de forma encapsulada- se concluyó que la intensidad de color, rugosidad (apariencia visual) e intensidad de dulzor tuvieron diferencias significativas, es decir los jueces identificaron cambios entre ambos tratamientos. Por otro lado, los jueces no encontraron diferencias significativas en la intensidad de sabor (frutal), gomosidad y sabor residual de las láminas de fruta. En último lugar, la aceptabilidad del producto fue evaluada con mejor puntuación para la lámina con inulina encapsulada (tratamiento 2) ya que los aspectos visuales como intensidad de color y la apariencia de la textura resultaron más atractivos para los jueces.
- Finalmente las láminas de manzana con 2,0 g de inulina incluida, en una porción de 8,67 g de peso neto cumple con el descriptor de “buena fuente” de fibra.
- Del presente trabajo se concluye por lo tanto que las láminas de fruta con inclusión de fibra, no solo son un alimento de calidad, nutritivos, funcionales y de fácil y rápido consumo, sino que además, la hace atractiva a varias industrias puesto que su producción no influye significativamente en sus costos ya que al agregar fibra de forma directa, factores como tiempo secado no tienen variación con respecto a un producto sin fibra incluida.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Arthey, D. 1996. Procesado de frutas. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España. 273 p.
- Barrett D., Beaulieu J., Shewfelt T. (2010). Color, Flavor, Texture and Nutrition Quality of Fresh-Cut fruit and vegetables: Sensible Levels, Instrumental and Sensory measurement, and the effects of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50: 369- 389p.
- Boletín frutícola Enero- Febrero 2012 <  
<http://www.odepa.cl/odepaweb/servicios-informacion/Boletines/BFruticola0312.pdf> >
- Bórquez R.M., Canales E.R. y Redon J.P. (2010). Osmotic desydratation of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 99: 121-127p.
- Bravo J. Odepa, Mercado de la Manzana, 2011. <  
<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/4096.pdf>>
- Bryshila Lupo Pasin, Carmen González Azón, Alicia Maestro Garriga, 2012. Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3 (1): 130-151p.
- Calidad en frutas y hortalizas. FAO, <  
<http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s08.htm>>
- Castro E. y Roger A. Parámetros mecánicos y de textura en los alimentos. (2007). 8-13p.
- Cheman Y. y Sin K. (1997). Processing and consumer acceptance of fruit leather from the unfertilised floral parts of Jack fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 75 (1): 102-108p.

- Cheman, Y. y Taufik. 1995. Development and stability of jack fruit leather. *Tropical Science* 35 (3): 245-250p.
- Cheman Y. y Sin K. (1997). Processing and consumer acceptance of fruit leather from the unfertilised floral parts of Jack fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 75 (1): 102-108p.
- Chile, Corporación de fomento de la producción (CORFO). 1980. Estudio de alternativas para la Industrialización de la Manzana. 326 p.
- Chiralt, A.; Martínez-Navrrete, N.; Martínez-Monzó, J.; Talens, P.; Moraga, G.; Ayala, A.; Fito, P. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49, 129-135p.
- Contreras Monzón C. (2008). Influencias del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratada.
- Corporación de fomento de la producción (CORFO) Chile, 2012. Estudio de alternativas para la Industrialización de la Manzana. 326 p.
- Crapiste, G. (2000). Simulation of drying rates and quality changes during the dehydration of foodstuffs. En: J. Lozano; C. Añon; E. Parada-Arias; G. Barbosa-Cánovas (Eds.): *Trends in Food Engineering. Food Preservation Technology Series*. 135-148p.
- De Oliveira MC, Sicjhieri R, Sanchez A. Weight loss associated with a daily intake of three apples or three pears among overweight women. *Nutrition*. 2003; 19:253-256p.
- Elhadi, M (2009). ¿Es necesario producir más fruta y verduras en el mundo? Sitio Web Horticultura Internacional <http://www.horticom.com/revistaonline/extras/extra09/extra/09pdf>
- Encuesta nacional de Salud [ENS], 2010. [En línea]. <<http://www.redsalud.gov.cl/porta1/url/item/99bbf09a908d3eb8e04001011f014b49.pdf>>

- Escudero Álvarez y González Sánchez. Fibra dietética. Nutrición hospitalaria 2006.
- Ewaidah E. y Hasan B., 1992. Prickly pear sheets: a new fruit product. *Internacional Journal of Food Science and Technology* 27 (3): 353- 358p.
- FAO, 2014 Calidad en frutas y hortalizas. [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s08.htm>>
- Figuerola, F. 2002. Procesamiento por disminución de la actividad de agua.p.33-38. IN: Alternativas de procesamiento industrial para berries. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N°51. 51p.
- Fishman M. y P. Cooke (2009). The structure of high- methoxyl sugar acid gels of citrus pectin as determined by AFM. *Carbohydrate Research* 344 (14): 1793-1797p.
- Franck, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British J Nutr* 2002; 87: 287-291p.
- Franck, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British J Nutr* 2002; 87: 287-291.
- Funami T., Fang Y., Noda S., Ishihara S., Nakauma M, Draget K., Nishinari K. y Phillips G. 2009. Rheological properties of sodium alginate in an aqueous system during gelation in relation to supermolecular structures and Ca<sup>2+</sup> binding. *Food Hydrocolloids*. 23 (7): 1746-1756
- Ghosh, S. 2006. Functional Coatings and Microencapsulation: A General Perspective. [www.johnwiley.com.au](http://www.johnwiley.com.au).
- Gombotz, W., Wee, S. 1998. Protein Release from Alginate Matrices. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 31, 267–285p.
- Guerrero, L.; Núñez, M. (1991). El proceso de secado en los alimentos. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, diciembre, 111-115p.

- H.S. Gujral y S.S. Brar (2003). Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather. *International Journal of Food Properties*, vol.6, n° 2, 269-279p.
- Henneman, A. and Malone, N. 1993. *Drying Fruit Leathers*. [En línea] <<http://lancaster.unl.edu/factsheets/116-94.htm>>
- Heredia, A; Jiménez, A; Fernández-Bolaños, J; Guillen, R; Rodríguez, R. 2003. *Fibra alimentaria*. Madrid España. Disponible en: [http://books.google.hn/books?id=LS7QkrC2SIQC&pg=PA49&dq=coloracion+cuando+se+a%C3%B1ade+fibra+dietetica&hl=es&ei=5xmyTuL\\_DLLE0AGZnJCwBA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC0Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false](http://books.google.hn/books?id=LS7QkrC2SIQC&pg=PA49&dq=coloracion+cuando+se+a%C3%B1ade+fibra+dietetica&hl=es&ei=5xmyTuL_DLLE0AGZnJCwBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC0Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false)
- Imeson, A. 2010. *Food stabilizers, thickeners and gelling agents*. United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Isabel Zacarías H., Tito Pizarro Q., Lorena Rodríguez O., Daniela González A., Alejandra Domper R. *Revista Chilena Nutrición* Vol. 33, Suplemento N°1, Octubre 2006. Programa «5 AL DÍA» Para promover el consumo de verduras y frutas en Chile. <[http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182006000300010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182006000300010&script=sci_arttext)>
- Joshi APK, Rupasinghe HPV, Pitts NL. Sensory and nutritional quality of the apple snacks prepared by vacuum impregnation process. *J Food Quality*. 2010; 33:758-767p.
- Kip P, Meyer D, Jellema R. Inulin improve sensoric and textural properties of low fat yogurts. *Int Dairy J* 2005; 16: 1098- 1103p.
- Klein, G (2010). *Industria color physics*. SpringerLink [En línea] <<http://www.springerlink.com/content/978-1-4419-1196-4/#section=717903&page=7&locus=41>>
- Kurt, I., Gudmund, S., Olav, S. 1997. Alginate Based New Materials. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2(1-2), 47-55p.

- Lajolo F., Wenzel de Meneses, E. 1998. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. Fibra dietética. CYTED, México. 286p.
- Lopez, A.;Iguaz, A.;Esnoz, A.;Virseda, P. Thin-layer drying behaviour of vegetable wastes from wholesale market. *Drying Technology* 2000, 18(4-5), 995-1006.
- Lopretti, M., Barreiro, F., Fernandes, I., Damboriarena, A., Ottati, C., Olivera, A. 2007. Microencapsulación de Compuestos de Actividad Biológica. Publicación anual del laboratorio tecnológico del Uruguay. No. 2.
- Lupo Pasin B., González Azón C., Maestro Garriga A., 2012. Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3 (1): 130-151p.
- Madamba, A.P.P.S. Thin layer drying models for osmotically pre-dried young coconut. *Drying Technology* 2003, 21(9), 1759-1780.
- Maffei, M. P. Industrialización de la manzana: Análisis de alternativas. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo, mención frutales y viñas). Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales, 1986. pp 39-60p.
- Maupoey P., Grau A., Barat J., y Albors A. 2001. Introducción al secado de alimentos por aire caliente, Editorial Universidad politécnica de Valencia. 50- 52 p.
- Mayor L. (2011) Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin fruit. *Journal of Food Engineering* 103: 29-37p.
- Medel R., Heinsohn G. Y Zavala, J. 1998. Calidad y rendimientos de manzanos cv. Prima sobre portainjertos M.26, MM 106 y Franco. *Rev. Frutícola* 19 (3): 111 – 117p.

- Meera, G., Abraham E. 2006. Polyionic Hydrocolloids for the Intestinal Delivery of Protein Drugs: Alginate and Chitosan — a Review. *Journal of Controlled Release*. 114: 1–14p.
- Moraga, G. (2002). Aspectos fisicoquímicos relacionados con la crioprotección de fresa y kiwi. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado M. (editores). *Tablas de composición de alimentos*. Madrid. 2013.
- Nguyen, M.H.;Price, W.E. Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season. *Journal of food engineering* 2007, 79(1), 200-207.
- Norma del Codex Stand 17-1987. Rev. 1- 2001 para el puré de Manzana. <[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/16/CXS\\_017\\_Rev-%202001\\_PURE\\_MANZ\\_CONSERVA.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/16/CXS_017_Rev-%202001_PURE_MANZ_CONSERVA.pdf)>
- ODEPA 2012. Una perspectiva de mediano plazo. *Agricultura Chilena al 2014*. [En línea] <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servicios-informacion/publica/Agricultura2014.pdf>>
- Oliveira MC, Sicjhieri R, Sanchez A. Weight loss associated with a daily intake of three apples or three pears among overweight women. *Nutrition*. 2003; 19:253-256p
- Ovaskainen, M. L., H. Tapanainen &H. Pakkala (2010). "Changes in the contribution of snacks to the daily energy intake of Finnish adults." *Appetite* 54(3): 623-626p.
- Pardo M. y Leiva A (2009) Combination of technologies for the dehydration of pineapple. *Ingeniería y Competitividad*, 11: 57-65p
- Pennacchiotti I. 1989. La fibra dietaría y su importancia en la salud humana. *Alimentos* 14 (3): 60-63p.

- Pereira L., Ferrari C., Mastrantonio S., Rodriguea A. y Hubinger M. (2006). Kinetic aspect, texture and color evaluation of some tropical fruit during osmotic dehydration. *Drying Technology* 24: 475-484p.
- Poncelet, D., Teunou, E. 2002. Bioencapsulation of Nutraceuticals for Food Applications. Workshop Brussels, Belgium. 26-30p.
- Potter N., 1999. *Ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España. 667p
- Prochile. Estudio de mercado, Sanck de fruta deshidratada en EE.UU. Agosto 2011 <[http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files\\_mf/documento\\_08\\_12\\_11174052.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files_mf/documento_08_12_11174052.pdf) >
- Reglamento Sanitario de los Alimentos. Titulo 2 De los Alimentos, Parrafo II De la rotulación, Articulo 106. < [http://www.sernac.cl/wp-content/uploads/leyes/decreto/ds\\_977-96\\_reglamento\\_alimentos.pdf](http://www.sernac.cl/wp-content/uploads/leyes/decreto/ds_977-96_reglamento_alimentos.pdf) >
- Roberfroid M. *Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients*. Boca Raton, USA: CRC Press. 2005. 370 p.
- Roberfroid M. *Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients*. Boca Raton, USA: CRC Press. 2005. 370 pp.
- Sagar, V. y Kumar, S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 47(1), 15–26
- Selvendran R. R., & Robertson, J. A. (1994). Dietary fibre in foods: Amount and type. In R. Amado, & J. L. Barry (Eds.), *COST-92. Metabolic and physiological aspects of dietary fibre in food* (pp.11–20). Luxembourg: Commission of the European Communities.
- SHI, J., Pan, Z., McHugh, T., Wood, D., Hirschberg, E. & Olson, D. (2008). Drying and quality characteristics of fresh and sugar-infused blueberries dried with infrared radiation heating. *Food Science and Technology*, 41: 1962-1972.
- Somers, G. F. (1965). Viscoelastic properties of storage tissues from potatoes, apple and pear. *J. Food Sci.* 30,922.

- Sunrype 2014. 100% Fruit Snack, Nutritional Information of fruit go wildberry (en línea) <<http://www.sunrype.ca/products/fruit-go-wildberry>>
- Valenzuela B. y Maiz G. Role of dietary fiber in enteral nutrition. Rev Chil Nutr Vol. 33, Suplemento N°2, Noviembre 2006, pags: 342-351p.
- Valenzuela C. and Aguilera J.M., 2013. Fruit Leathers: Properties, applications and future prospects.
- Vatthanakul, S., A. Jangchud, K. Jangchud, N. Therdthai & B. Wilkinson (2010). "Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach." Food Quality and Preference 21(3): 339-345p.
- Venkata, N., Muthu, P., Narayan, S., Surya, K., Seetha, P., Srawan, G. 2010. Microencapsulation Techniques, Factors Influencing Encapsulation Efficiency. Journal of Microencapsulation. 27(3), 187–197p.
- Verbeyst L, Oey I, Van der Plancken I, Hendrickx M, Van Loey A. Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. Food Chem. 2010; 123(2): 269-274p.
- Vijayanand P., Yadav A. y Narasimham P. (2000). Storage Stability of Guava Fruit Bar Prepared Using a New Process. Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie 33 (2): 132-137p.
- Witrowa- Rajchert D. y Rzaca M (2009). Effect of drying method on the microstructure and physical properties of dried apples. Drying Technology 27: 903 -909p.
- Zacarías H. Isabel, Pizarro Q. Tito, Rodríguez O. Lorena, González A. Daniela, Domper R. Alejandra. Revista Chilena Nutrición Vol. 33, Suplemento N°1, Octubre 2006. Programa «5 AL DÍA» Para promover el consumo de verduras y frutas en Chile.
- Zhang M., Tang J., Mujumdar A.S and Wang S (2006). Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology 17: 524-534p.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1: Ficha de evaluación sensorial

#### TEST DE DIFERENCIA CONTRA CONTROL- LÁMINAS DE MANZANA

Nombre:..... Fecha:.....

**Instrucciones:**

- Evalúe el control primero y antes de cada muestra codificada.
- Evalúe las muestras de izquierda a derecha.
- Para cada muestra, clasifique GRADO Y DIRECCIÓN de diferencia con el control en cada atributo.

#### MUESTRA.....CON RESPECTO AL CONTROL:

Primero mire la muestra, compárela con el control y evalúe lo siguiente:

**INTENSIDAD DE COLOR:**

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Mucho más claro			Algo más claro		Igual al control		Algo más oscuro			Mucho más oscuro

**APARIENCIA (RUGOSIDAD):**

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Mucho menos granuloso			Algo menos granuloso		Igual al control		Algo más granuloso			Mucho más granuloso

Ahora, por favor, pruebe la muestra y luego el control:

**INTENSIDAD DE SABOR FRUTAL:**

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Mucho menos intensa			Algo menos intensa		Igual al control		Algo más intensa			Mucho más intensa

**INTENSIDAD DE DULZOR:**

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Mucho menos dulce			Algo menos dulce		Igual al control		Algo más dulce			Mucho más dulce

**GOMOSIDAD (ELASTICIDAD):**

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Mucho menos intenso			Algo menos intenso		Igual al control		Algo más intenso			Mucho más intenso

**SABOR RESIDUAL:**

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Mucho menos intenso			Algo menos intenso		Igual al control		Algo más intenso			Mucho más intenso

Anexo 2: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para tiempos de secado (horas) por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Tiempo de secado según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	12	4,595	0,167152	X
1	12	4,73333	0,167152	X
2	12	4,74167	0,167152	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			-0,00833333	0,482771
1 - 3			0,138333	0,482771
2 - 3			0,146667	0,482771

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 3: Tabla ANOVA para tiempo de secado (horas) por Serie

Análisis de la Varianza para Tiempo de secado - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	0,162867	2	0,0814333	0,24	0,7859
B: Cantidad de fibr	1,4198	3	0,473267	1,41	0,2587
<b>RESIDUOS</b>	<b>10,0583</b>	<b>30</b>	<b>0,335278</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>11,641</b>	<b>35</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 4: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para tiempos de secado (horas) por Cantidad de fibra añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Tiempo de secado según Cantidad de fibra

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	9	4,46111	0,193011	X
2	9	4,54444	0,193011	X
3	9	4,79333	0,193011	X
1	9	4,96111	0,193011	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0,416667	0,557456
1 - 3			0,167778	0,557456
1 - 4			0,5	0,557456
2 - 3			-0,248889	0,557456
2 - 4			0,0833333	0,557456
3 - 4			0,332222	0,557456

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 5: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza máxima (Newton) por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Fuerza máx según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	32	4,46563	0,202791	X
3	32	5,04938	0,202791	X
2	32	6,61594	0,202791	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-2,15031	0,569759
1 - 3			*-0,58375	0,569759
2 - 3			*1,56656	0,569759

Anexo 6: Tabla de ANOVA para Fuerza máxima (Newton) por Serie

Análisis de la Varianza para Fuerza máx - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	79,1331	2	39,5665	30,07	0,0000
B: Cantidad de Inul	20,9924	3	6,99747	5,32	0,0020
<b>RESIDUOS</b>	<b>118,438</b>	<b>90</b>	<b>1,31597</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>218,563</b>	<b>95</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 7: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza Máxima (Newton) por Cantidad de fibra añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Fuerza máx según Cantidad de Inulina

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	24	4,745	0,234163	X
1	24	5,22708	0,234163	XX
3	24	5,49667	0,234163	XX
4	24	6,03917	0,234163	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0,482083	0,657901
1 - 3			-0,269583	0,657901
1 - 4			*-0,812083	0,657901
2 - 3			*-0,751667	0,657901
2 - 4			*-1,29417	0,657901
3 - 4			-0,5425	0,657901

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 8: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Extensibilidad (milímetros) por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Extensibilidad según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	32	5,76344	0,113366	X
1	32	6,49125	0,113366	X
3	32	7,36375	0,113366	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*0,727813	0,318512
1 - 3			*-0,8725	0,318512
2 - 3			*-1,60031	0,318512

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 9: Tabla 24 ANOVA para Extensibilidad (milímetros) por Serie

Análisis de la Varianza para Extensibilidad - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	41,0877	2	20,5438	49,95	0,0000
B: Cantidad de Inul	19,0087	3	6,33625	15,41	0,0000
<b>RESIDUOS</b>	<b>37,0133</b>	<b>90</b>	<b>0,411259</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>97,1097</b>	<b>95</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 10: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Extensibilidad (milímetros) por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Extensibilidad según Cantidad de Inulina

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	24	5,88792	0,130904	X
4	24	6,41583	0,130904	X
2	24	6,76625	0,130904	XX
3	24	7,08792	0,130904	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-0,878333	0,367785
1 - 3			*-1,2	0,367785
1 - 4			*-0,527917	0,367785
2 - 3			-0,321667	0,367785
2 - 4			0,350417	0,367785
3 - 4			*0,672083	0,367785

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 11: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Energía de Ruptura (Joule) por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Energía de ruptura según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	32	19,6566	0,935955	X
3	32	24,4472	0,935955	X
2	32	28,8866	0,935955	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-9,23	2,62965
1 - 3			*-4,79062	2,62965
2 - 3			*4,43937	2,62965

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 12: Tabla de ANOVA para Energía de Ruptura (Joule) por Serie

Análisis de la Varianza para Energía de ruptura - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	1363,74	2	681,872	24,32	0,0000
B: Cantidad de fibr	741,171	3	247,057	8,81	0,0000
RESIDUOS	2522,91	90	28,0324		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>4627,83</b>	<b>95</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 13: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Energía de Ruptura (Joule) por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Energía de ruptura según Cantidad de fibra

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	24	21,3025	1,08075	X
2	24	22,1371	1,08075	X
3	24	25,66	1,08075	X
4	24	28,2208	1,08075	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			-0,834583	3,03645
1 - 3			*-4,3575	3,03645
1 - 4			*-6,91833	3,03645
2 - 3			*-3,52292	3,03645
2 - 4			*-6,08375	3,03645
3 - 4			-2,56083	3,03645

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 14: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Módulo de Tracción (Mpa) por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Módulo de tracción según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	32	4,07844	0,269603	X
3	32	4,08594	0,269603	X
2	32	6,56656	0,269603	X
Contraste		Diferencias		+/- Límites
1 - 2			*-2,48813	0,757474
1 - 3			-0,0075	0,757474
2 - 3			*2,48062	0,757474

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 15: Tabla ANOVA para Módulo de Tracción (Mpa) por Serie

Análisis de la Varianza para Módulo de tracción - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	131,673	2	65,8364	28,31	0,0000
B: Cantidad de fibr	23,8885	3	7,96282	3,42	0,0205
<b>RESIDUOS</b>	<b>209,335</b>	<b>90</b>	<b>2,32595</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>364,896</b>	<b>95</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 16: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Módulo de Tracción (Mpa) por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Módulo de tracción según Cantidad de fibra

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	24	4,20208	0,311311	X
3	24	4,76292	0,311311	XX
1	24	5,10792	0,311311	X
4	24	5,56833	0,311311	X
Contraste		Diferencias		+/- Límites
1 - 2			*0,905833	0,874655
1 - 3			0,345	0,874655
1 - 4			-0,460417	0,874655
2 - 3			-0,560833	0,874655
2 - 4			*-1,36625	0,874655
3 - 4			-0,805417	0,874655

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 17: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de L\* por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para L según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	36	77,1472	0,167662	X
2	36	77,5278	0,167662	X
1	36	79,0528	0,167662	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*1,525	0,470307
1 - 3			*1,90556	0,470307
2 - 3			0,380556	0,470307

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 18: Tabla ANOVA para valores de L\* por Serie

Análisis de la Varianza para L - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	73,2191	2	36,6095	36,18	0,0000
B: Cantidad de fibr	57,63	3	19,21	18,98	0,0000
<b>RESIDUOS</b>	<b>103,222</b>	<b>102</b>	<b>1,01198</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>234,071</b>	<b>107</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 19: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de L\* por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para L según Cantidad de fibra

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	27	77,263	0,193599	X
3	27	77,4963	0,193599	X
1	27	77,737	0,193599	X
2	27	79,1407	0,193599	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-1,4037	0,543063
1 - 3			0,240741	0,543063
1 - 4			0,474074	0,543063
2 - 3			*1,64444	0,543063
2 - 4			*1,87778	0,543063
3 - 4			0,233333	0,543063

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 20: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de a\* por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para a según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	36	4,85	0,0960826	X
3	36	5,15278	0,0960826	X
2	36	5,92222	0,0960826	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-1,07222	0,269521
1 - 3			*-0,302778	0,269521
2 - 3			*0,769444	0,269521

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 21: Tabla ANOVA para valores de a\* por Serie

Análisis de la Varianza paraa - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Serie	22,0006	2	11,0003	33,10	0,0000
B:Cantidad de fibr	6,3825	3	2,1275	6,40	0,0005
<b>RESIDUOS</b>	<b>33,8994</b>	<b>102</b>	<b>0,332347</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>62,2825</b>	<b>107</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 22: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de a\* por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para a según Cantidad de fibra

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	27	5,0	0,110947	X
4	27	5,18889	0,110947	XX
3	27	5,38889	0,110947	XX
1	27	5,65556	0,110947	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*0,65556	0,311216
1 - 3			0,266667	0,311216
1 - 4			*0,466667	0,311216
2 - 3			*-0,388889	0,311216
2 - 4			-0,188889	0,311216
3 - 4			0,2	0,311216

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 23: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de b\* por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para b según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	36	22,3194	0,440887	X
1	36	24,4806	0,440887	X
2	36	26,2556	0,440887	X

Contraste	Diferencias	+/- Límites
1 - 2	*-1,775	1,23673
1 - 3	*2,16111	1,23673
2 - 3	*3,93611	1,23673

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 24: Tabla ANOVA para valores de b\* por Serie

Análisis de la Varianza parab - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	279,768	2	139,884	19,99	0,0000
B: Cantidad de fibr	201,352	3	67,1173	9,59	0,0000
<b>RESIDUOS</b>	<b>713,77</b>	<b>102</b>	<b>6,99774</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>1194,89</b>	<b>107</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 25: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para valores de b\* por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para b según Cantidad de fibra

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	27	22,4741	0,509093	X
2	27	23,8741	0,509093	XX
3	27	24,8481	0,509093	XX
1	27	26,2111	0,509093	X

Contraste	Diferencias	+/- Límites
1 - 2	*2,33704	1,42805
1 - 3	1,36296	1,42805
1 - 4	*3,73704	1,42805
2 - 3	-0,974074	1,42805
2 - 4	1,4	1,42805
3 - 4	*2,37407	1,42805

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 26: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Valores  $\Delta E$  por Serie, según método 95,0% LSD.

**Contraste Múltiple de Rangos para E según Serie**

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	4	2,37772	0,43398	X
1	4	2,39348	0,43398	X
3	4	2,5334	0,43398	X
Contraste		Diferencias		+/- Límites
1 - 2		0,01575		1,50177
1 - 3		-0,139925		1,50177
2 - 3		-0,155675		1,50177

Anexo 27: Tabla ANOVA para Valores  $\Delta E$  por Serie

**Contraste Múltiple de Rangos para E según Cantidad de Fibra**

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	3	1,83483	0,501117	X
2	3	1,9379	0,501117	X
1	3	2,97813	0,501117	X
4	3	2,9886	0,501117	X
Contraste		Diferencias		+/- Límites
1 - 2		1,04023		1,7341
1 - 3		1,1433		1,7341
1 - 4		-0,0104667		1,7341
2 - 3		0,103067		1,7341
2 - 4		-1,0507		1,7341
3 - 4		-1,15377		1,7341

Anexo 28: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Valores  $\Delta E$  por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

**Análisis de la Varianza para E - Sumas de Cuadrados de Tipo III**

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	0,058749	2	0,0293745	0,04	0,9620
B: Cantidad de Fibr	3,62633	3	1,20878	1,60	0,2844
RESIDUOS	4,52013	6	0,753356		
TOTAL (CORREGIDO)	8,20521	11			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 29: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de color en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Intensidad de color según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	10	-3,7	0,182574	X
2	10	-0,7	0,182574	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-3,0	0,584088

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 30: Tabla ANOVA para Intensidad de color en Análisis Sensorial por Serie

Análisis de la Varianza para Intensidad de color - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	45,0	1	45,0	135,00	0,0000
B: Jueces	5,2	9	0,577778	1,73	0,2125
<b>RESIDUOS</b>	<b>3,0</b>	<b>9</b>	<b>0,333333</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>53,2</b>	<b>19</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 31: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de color en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Intensidad de color según Jueces

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	2	-3,0	0,408248	X
5	2	-2,5	0,408248	X
9	2	-2,5	0,408248	X
10	2	-2,5	0,408248	X
1	2	-2,5	0,408248	X
7	2	-2,0	0,408248	XX
6	2	-2,0	0,408248	XX
3	2	-2,0	0,408248	XX
8	2	-2,0	0,408248	XX
4	2	-1,0	0,408248	X

Anexo 32: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Rugosidad en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Rugosidad según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	10	-1,3	0,558271	X
2	10	1,0	0,558271	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*-2,3	1,78601

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 33: Tabla ANOVA para Rugosidad en Análisis Sensorial por Serie

Análisis de la Varianza para Rugosidad - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	26,45	1	26,45	8,49	0,0172
B: Jueces	10,05	9	1,11667	0,36	0,9289
<b>RESIDUOS</b>	<b>28,05</b>	<b>9</b>	<b>3,11667</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>64,55</b>	<b>19</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 34: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Rugosidad en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Rugosidad según Jueces

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
6	2	-1,0	1,24833	X
7	2	-1,0	1,24833	X
1	2	-0,5	1,24833	X
2	2	-0,5	1,24833	X
10	2	-0,5	1,24833	X
3	2	-0,5	1,24833	X
5	2	0,0	1,24833	X
9	2	0,5	1,24833	X
8	2	1,0	1,24833	X
4	2	1,0	1,24833	X

Anexo 35: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de sabor a fruta en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

**Contraste Múltiple de Rangos para Intensidad de sabor a frura según Serie**

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	10	-0,5	0,496655	X
1	10	-0,1	0,496655	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0,4	1,58889

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 36: Tabla de ANOVA para Intensidad de sabor a fruta en Análisis Sensorial por Serie

**Análisis de la Varianza para Intensidad de sabor a frura - Sumas de Cuadrados de Tipo III**

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	0,8	1	0,8	0,32	0,5830
B: Jueces	27,2	9	3,02222	1,23	0,3836
RESIDUOS	22,2	9	2,46667		
TOTAL (CORREGIDO)	50,2	19			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 37: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de sabor a fruta en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

**Contraste Múltiple de Rangos para Intensidad de sabor a frura según Jueces**

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
7	2	-2,0	1,11056	X
2	2	-1,5	1,11056	X
8	2	-1,0	1,11056	X
1	2	-1,0	1,11056	X
6	2	-0,5	1,11056	X
5	2	-0,5	1,11056	X
10	2	-0,5	1,11056	X
4	2	1,0	1,11056	X
3	2	1,5	1,11056	X
9	2	1,5	1,11056	X

Anexo 38: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de dulzor en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Intensidad de dulzor según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	10	-0,7	0,287711	X
1	10	0,4	0,287711	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*1,1	0,92044

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 39: Tabla ANOVA para Intensidad de dulzor en Análisis Sensorial por Serie

Análisis de la Varianza para Intensidad de dulzor - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	6,05	1	6,05	7,31	0,0243
B: Jueces	25,05	9	2,78333	3,36	0,0427
<b>RESIDUOS</b>	<b>7,45</b>	<b>9</b>	<b>0,827778</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>38,55</b>	<b>19</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 40: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Intensidad de dulzor en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Intensidad de dulzor según Jueces

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
7	2	-2,0	0,643342	X
4	2	-1,5	0,643342	XX
1	2	-1,0	0,643342	XXX
5	2	-1,0	0,643342	XXX
10	2	0,0	0,643342	XXXX
9	2	0,0	0,643342	XXXX
8	2	0,5	0,643342	XXX
6	2	1,0	0,643342	XX
2	2	1,0	0,643342	XX
3	2	1,5	0,643342	X

Anexo 41: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Gomosidad en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Gomosidad según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	10	0,2	0,437798	X
1	10	0,7	0,437798	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0,5	1,40059

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 42: Tabla ANOVA para Gomosidad en Análisis Sensorial por Serie

Análisis de la Varianza para Gomosidad - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Serie	1,25	1	1,25	0,65	0,4402
B: Jueces	10,45	9	1,16111	0,61	0,7666
<b>RESIDUOS</b>	17,25	9	1,91667		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	28,95	19			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 43: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Gomosidad en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Gomosidad según Jueces

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	2	-0,5	0,978945	X
2	2	-0,5	0,978945	X
8	2	0,0	0,978945	X
6	2	0,0	0,978945	X
10	2	0,0	0,978945	X
3	2	0,5	0,978945	X
7	2	1,0	0,978945	X
5	2	1,0	0,978945	X
1	2	1,5	0,978945	X
9	2	1,5	0,978945	X

Anexo 44: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor residual en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Sabor residual según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	10	-0,1	0,499444	X
1	10	0,0	0,499444	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0,1	1,59781

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 45: Tabla ANOVA para Sabor residual en Análisis Sensorial por Serie

Análisis de la Varianza para Sabor residual - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Serie	0,05	1	0,05	0,02	0,8905
B: Jueces	28,45	9	3,16111	1,27	0,3650
RESIDUOS	22,45	9	2,49444		
TOTAL (CORREGIDO)	50,95	19			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 46: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor residual en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Sabor residual según Jueces

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
6	2	-2,5	1,11679	X
2	2	-1,5	1,11679	XX
5	2	-1,0	1,11679	XX
10	2	0,0	1,11679	XX
1	2	0,0	1,11679	XX
8	2	0,5	1,11679	XX
4	2	0,5	1,11679	XX
7	2	1,0	1,11679	XX
3	2	1,0	1,11679	XX
9	2	1,5	1,11679	X

Anexo 47: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad en Análisis Sensorial por Serie, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Aceptabilidad según Serie

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Serie	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	10	5,8	0,216025	X
2	10	6,4	0,216025	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			-0,6	0,691102

\* indica una diferencia significativa.

Anexo 48: Tabla ANOVA para Aceptabilidad en Análisis Sensorial por Serie

Análisis de la Varianza para Aceptabilidad - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Serie	1,8	1	1,8	3,86	0,0811
B: Jueces	5,8	9	0,644444	1,38	0,3192
RESIDUOS	4,2	9	0,466667		
TOTAL (CORREGIDO)	11,8	19			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Anexo 49: Tabla de Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor residual en Análisis Sensorial por Cantidad de Inulina añadida, según método 95,0% LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Aceptabilidad según Jueces

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Jueces	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
9	2	5,5	0,483046	X
4	2	5,5	0,483046	X
2	2	5,5	0,483046	X
1	2	6,0	0,483046	X
6	2	6,0	0,483046	X
7	2	6,0	0,483046	X
3	2	6,0	0,483046	X
8	2	6,5	0,483046	X
10	2	7,0	0,483046	X
5	2	7,0	0,483046	X

Anexo 50: Gráfico de Tiempo de secado en horas por cada serie desarrollada

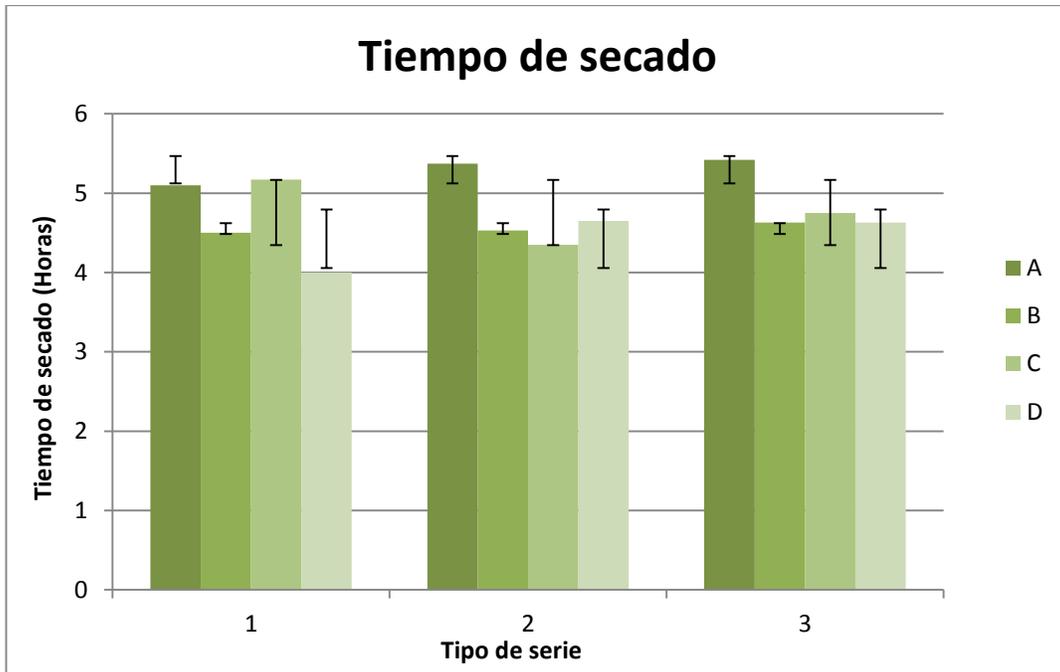


Figura 7: Gráfico de Tiempo de secado en horas por cada serie desarrollada

Anexo 51: Gráfico de Módulo de Fuerza Máxima medido en Newton, de acuerdo al tipo de serie.

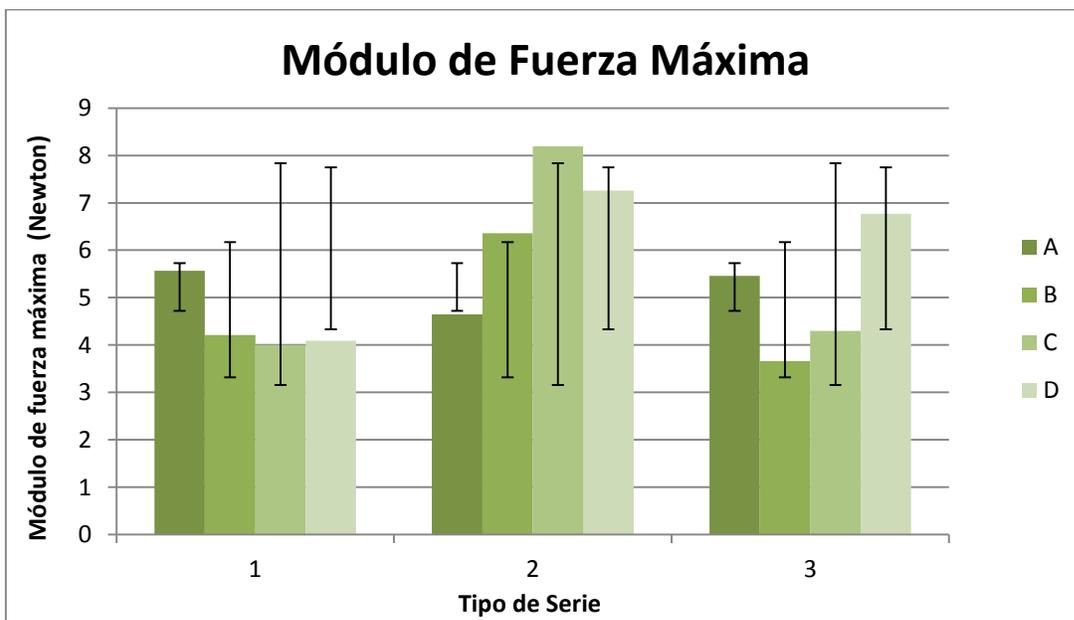


Figura 8: Gráfico de Módulo de Fuerza Máxima medido en Newton, de acuerdo al tipo de serie

Anexo 52: Gráfico de Módulo de extensibilidad medido en milímetros por cada serie.



Figura 9: Gráfico de Módulo de extensibilidad medido en milímetros por cada serie.

Anexo 53: Gráfico de Módulo de Energía de Ruptura en mili joule.

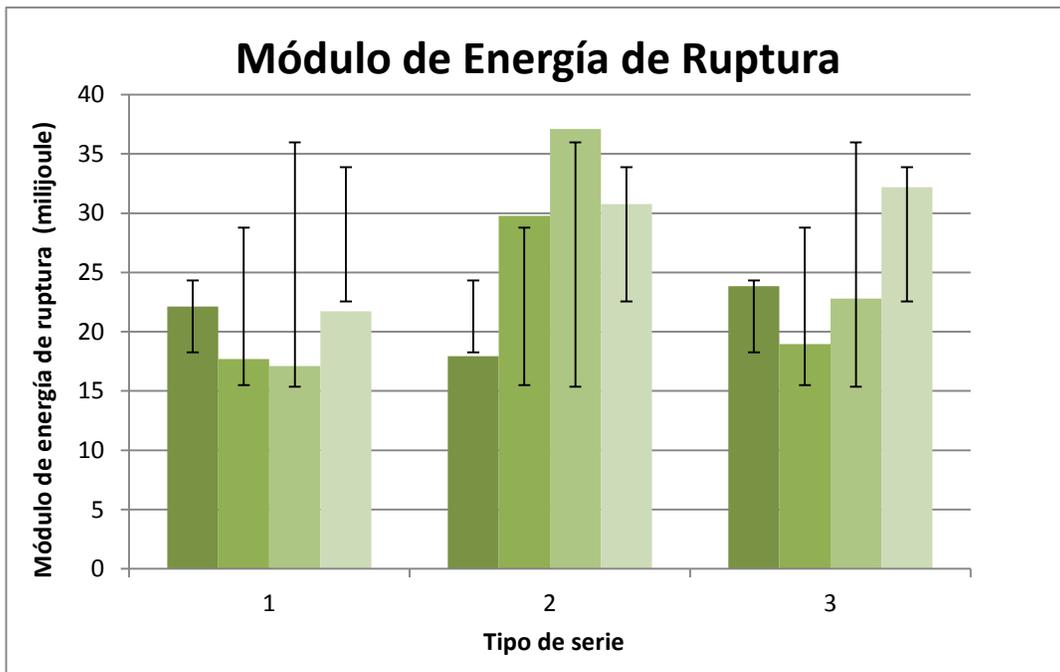


Figura 10: Gráfico de Módulo de Energía de Ruptura en mili joule.

Anexo 54: Gráfico de Módulo de Tracción en Mega Pascal según el tipo de serie

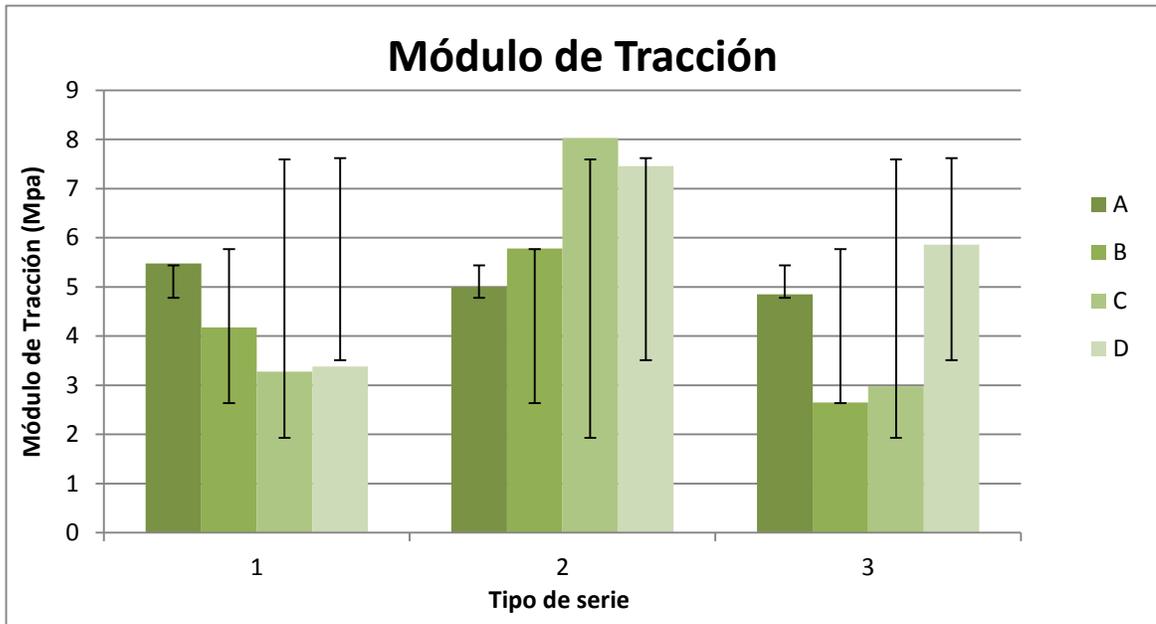


Figura 11: Gráfico de Módulo de Tracción en Mega Pascal según el tipo de serie

Anexo 55: Gráfico de Valores promedios de Luminosidad L\* por cada serie

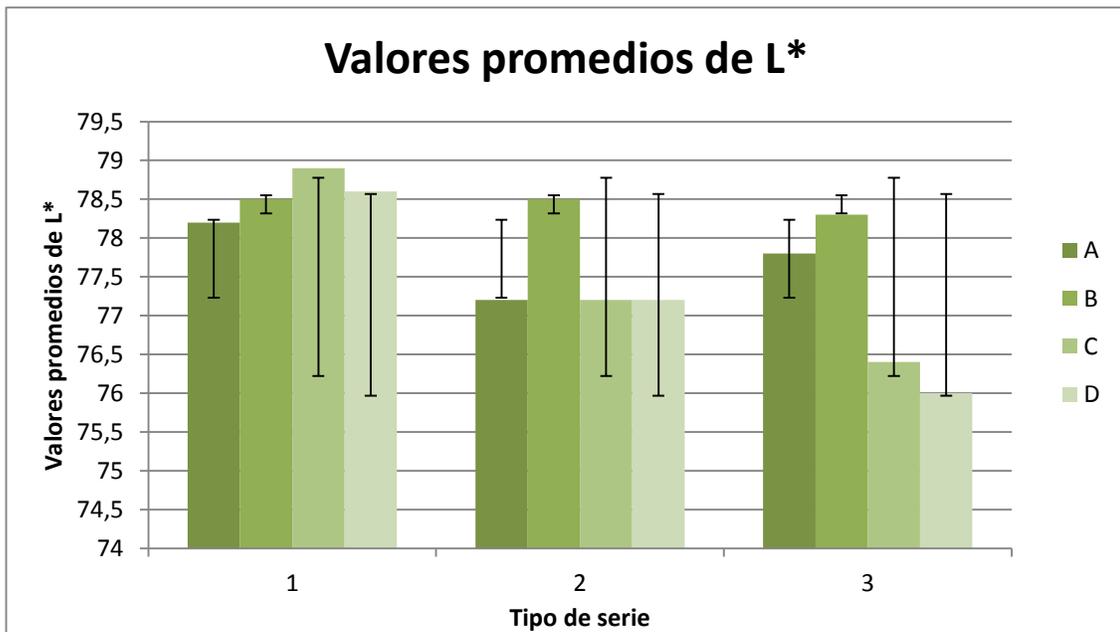


Figura 12: Gráfico de Valores promedios de Luminosidad L\* por cada serie

Anexo 56: Gráfico de Valores promedios del parámetro  $a^*$ , para cada serie.

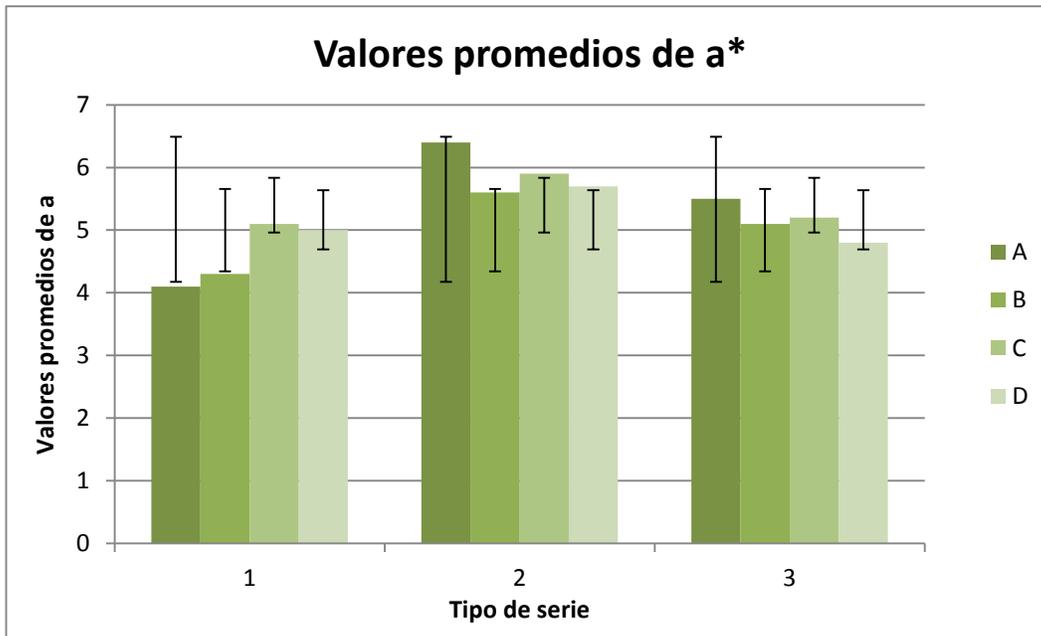


Figura 13: Gráfico de Valores promedios del parámetro  $a^*$ , para cada serie.

Anexo 57: Gráfico de Valores promedios del parámetro  $b^*$ , para cada serie.

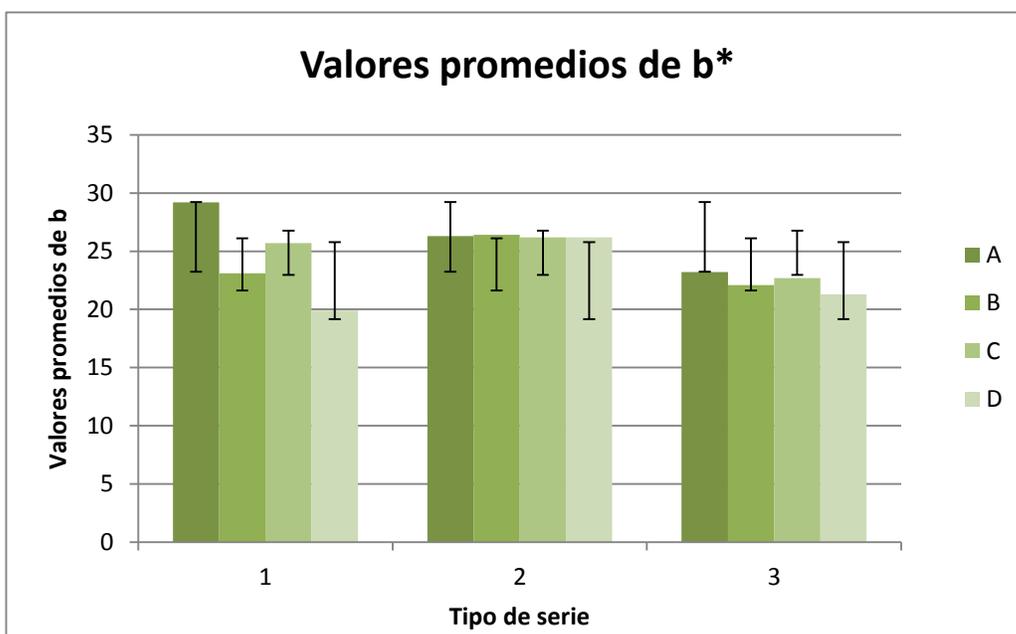


Figura 14: Gráfico de Valores promedios del parámetro  $b^*$ , para cada serie.

