



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE SNACKS DE APIO
(*Apium graveolens*) CORTADOS EN DOS FORMATOS Y ELABORADOS POR
DOS METODOS DE SECADO**

Tesis para optar al Grado de Magister en Ciencias Agropecuarias

Bq. CHRISTIAN NARVÁEZ ALDÁZ

Directores de Tesis

Dr. MARCO SCHWARTZ MELGAR
Dr. ÍTALO CHIFFELLE GÓMEZ

Profesores consejeros

Mg. Sc. HUGO NUÑEZ KALASIC
Dra. MARCELA MEDEL MARABOLI

SANTIAGO – CHILE
2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE SNACKS DE APIO
(*Apium graveolens*) CORTADOS EN DOS FORMATOS Y ELABORADOS POR
DOS METODOS DE SECADO

ANTIOXIDANT CAPACITY AND ACCEPTABILITY OF CELERY SNACKS
(*Apium graveolens*) CUT IN TWO FORMATS AND PREPARED BY TWO
DRYING METHODS

Bq. CHRISTIAN NARVÁEZ ALDÁZ

SANTIAGO – CHILE
2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE SNACKS DE APIO
(*Apium graveolens*) CORTADOS EN DOS FORMATOS Y ELABORADOS POR
DOS METODOS DE SECADO

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de Magister en
Ciencias Agropecuarias.

Bq. CHRISTIAN NARVÁEZ ALDÁZ

Calificaciones

DIRECTORES DE TESIS

Marco Schwartz Melgar Químico, M.Sc., Dr.	6,9
--	-----

Ítalo Chiffelle Gómez Bioquímico, Dr.	7,0
--	-----

PROFESORES CONSEJEROS

Hugo Nuñez Kalasic Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,2
---	-----

Marcela Medel Maraboli Ingeniera Agrónoma, Dra.	6,2
--	-----

SANTIAGO – CHILE
2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en mi camino, darme la sabiduría y la fortaleza necesaria cada día.

A mis padres, Marcelo y Martha, que por su apoyo, esfuerzo y enseñanza me han ayudado a labrar mi camino, ser mejor persona, a mi hermana Salma por ser parte de la alegría de mi hogar.

A mis directores de tesis Dr. Marco Schwartz y Dr. Ítalo Chiffelle, le agradezco enormemente por su constante apoyo académico y personal, por su paciencia, dedicación y sus consejos. A la profesora Marcela Sepúlveda por sus valiosos aportes en el desarrollo de esta investigación.

A las autoridades y colaboradores de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Ciencias Agronómicas que mostraron su total apertura a todas las inquietudes y solicitudes generadas durante mi paso por el programa de postgrado

A los colaboradores de cada laboratorio donde se realizó la investigación por su apoyo y apertura en cada uno de los análisis requeridos

A mis amigos y compañeros del programa de magister que me brindaron su compañía durante el trayecto de la maestría.

A la SENESCYT y al Gobierno del Ecuador, por la beca otorgada y al soporte brindado durante mis estudios de postgrado.

DEDICATORIA

*A Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria
A mis padres, familiares cercanos y amigos queridos
por estar siempre ahí apoyándome en cada proyecto
que emprendo en mi vida.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE SNACKS DE APIO (<i>Apium graveolens</i> L)	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1. Consumo y procesamiento de hortalizas	2
1.1 Secado por aire caliente	3
1.2 Secado por liofilización	3
LITERATURA CITADA.....	7
CAPÍTULO II: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE SNACKS DE APIO (<i>Apium graveolens</i> L) Y SU CARACTERIZACIÓN	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14
HIPÓTESIS.....	16
OBJETIVOS	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Ubicación del estudio.....	17
Materiales.....	17
Métodos.....	18
Objetivo 1. Elaborar un snack derivado de apio	19
Objetivo 2. Caracterizar física, química, microbiológicamente el snack de apio ...	22
Objetivo 3. Evaluar la calidad sensorial técnica y hedónica de los snacks de apio elaborados	23
Análisis estadístico.....	24
RESULTADOS	25
Elaboración de un snack derivado de apio	25
Caracterización de la materia prima.....	25
Caracterización física y químicas del snack de apio	26
Análisis microbiológico de los snacks de apio	29
Análisis sensorial de los snacks de apio.....	29
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	37
LITERATURA CITADA.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles en hortalizas	5
Cuadro 2. Composición química del apio en 100 g de materia fresca.....	5
Cuadro 3. Estructura de los tratamientos	21
Cuadro 4. Determinación del tiempo de deshidratación del apio en el túnel de secado	25
Cuadro 5. Área de los snacks elaborados	25
Cuadro 6. Características morfológicas, físicas y químicas del apio fresco.....	26
Cuadro 7. Resultados del análisis estadístico	26
Cuadro 8. Contenido final de humedad y actividad de agua en los snacks elaborados según los diferentes factores.	27
Cuadro 9. Contenido de fibra dietética total, insoluble y soluble en los snacks elaborados según los diferentes factores.	27
Cuadro 10. Parámetros de color en los snacks elaborados según los diferentes factores.	28
Cuadro 11. Polifenoles totales para los snacks elaborados en los snacks elaborados según los diferentes factores.....	28
Cuadro 12. Capacidad antioxidante en los snacks elaborados según los diferentes factores.	29
Cuadro 13. Resultados del recuento de microorganismos de los diferentes tratamientos	29
Cuadro 14. Resultados del test de calidad de los diferentes tratamientos	30
Cuadro 15. Resultados de aceptabilidad de los diferentes tratamientos	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de agua en el proceso de liofilización.....	4
Figura 2. Diagrama de flujo “Elaboración de snack”	18
Figura 3. Cortado de la materia prima a: corte vara; b: corte rebanada.....	19
Figura 4. Secado por aire caliente.....	20
Figura 5. Piezas de apio en la cámara de secado	20
Figura 6. Piezas de apio envasadas al vacío en la funda de polipropileno.	21
Figura 7. Diagrama de componentes de los descriptores de la calidad técnica sensorial de los distintos tratamientos.	31
Figura 8. Snacks de apio deshidratado.....	33
Figura 9. Curva de secado para el apio en forma de vara y rebanada en el horno de secado	42

ABREVIATURAS

a_w	Actividad de agua
L	Luminosidad
a^*	Gradiente de rojo a verde
b^*	Gradiente de amarillo a azul
ufc	Unidad formadora de colonia
d	día
NMP	Número más probable
sp	Especie
d	día
PCM	Prueba Comparación Múltiple de Medias

**CAPITULO I: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE
SNACKS DE APIO (*Apium graveolens*)**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Consumo y procesamiento de hortalizas

Existe una sólida evidencia científica que demuestra los beneficios de una dieta rica en frutas y hortalizas en la prevención de enfermedades de la vida moderna como la hipertensión, diabetes y obesidad (Peñas et al., 2014; OMS, 2014). Las hortalizas son una fuente destacada de fibra y antioxidantes (Espin et al., 2016; Juárez et al., 2015), además proveen varias vitaminas del complejo B como la tiamina esencial en el metabolismo de hidratos de carbono (Presti et al., 2015; Lupin y Rodríguez, 2014).

Sin embargo, las hortalizas en general son perecibles y solo están disponibles en determinadas épocas del año, por lo cual son sometidas a diferentes tratamientos como la deshidratación con el objetivo de extender su vida útil y así ponerlos a disposición durante todo el año (Barbosa et al., 2015). Es así que se han desarrollado productos derivados de estos vegetales, como snacks, sazonadores, aderezos etc. (Schwartz et al., 2014a; Edelson et al., 2015).

Las hortalizas deshidratadas se comercializan principalmente como producto de uso industrial, y se consumen generalmente como “snacks”. Se define a los snacks como alimentos en porciones pequeñas, que no requieren de preparación previa para consumirlas y que están destinados a satisfacer el hambre entre y después de las comidas formales (Riaz, 2016). Según la OMS (2014) existe un aumento de su consumo motivado por las características mencionadas anteriormente. En los últimos años ha existido desarrollo en la formulación de snacks sanos, saludables y atractivos como opción frente a formas tradicionales de snacks que se caracterizan por su alto contenido de hidratos de carbono, cloruro de sodio y/o grasa (Rojas, 2012).

La calidad de los snacks depende de la composición química del alimento fresco y del método de elaboración. En este sentido, es importante hacer una buena selección de la materia prima y escoger un método de procesamiento que afecte mínimamente a las características originales del producto fresco (Megías et al., 2014; Nowak et al., 2016).

Una de las primeras operaciones dentro del procesamiento de hortalizas es el cortado que generalmente provoca un aumento de la tasa de respiración, lignificación y pardeamiento enzimático y no enzimático, derivando en cambios tanto en el color, aroma y gusto (Ares et al., 2007). Heredia (2009) y Pradas et al. (2015) estimaron los cambios sucedidos en la capacidad antioxidante de diversas hortalizas frescas recién cortadas entre ellos el apio e indicaron que el contenido final de antioxidantes depende del balance entre la velocidad de la oxidación de polifenoles que se cataliza por las enzimas oxidativas que ingresan producto de la ruptura celular, y la rapidez de la síntesis de polifenoles de las células adyacentes, proceso que ocurre en orden de reparar el daño, este balance a su vez dependerá del área de cortado. Otros compuestos como el licopeno y los carotenoides no mostraron cambios significativos lo que sugiere que los polifenoles son los mayores contribuyentes en el cambio en la capacidad antioxidante en hortalizas frescas recién cortadas (Odriozola et al., 2008).

Por otro lado, la deshidratación es una operación muy usada en el procesamiento de vegetales, debido a que ofrece un medio de preservación estable y seguro (Murcia et al., 2009). Esta se refiere a la eliminación de agua de una sustancia, retardando de esta

manera el deterioro físico, químico, bioquímico y microbiológico de un vegetal (Ratti, 2001, Peñas et al., 2013).

1.1 Secado por aire caliente

Este método consiste en dirigir sobre el alimento una corriente de aire caliente y de humedad controlada (Schwartz et al., 2014a). El aire caliente produce deshidratados que pueden tener una vida extendida hasta por un año (Park et al., 2016).

El proceso conlleva transmisión de calor mediante convección al producto con el objeto de alcanzar el calor latente de vaporización del agua, provocando de esta manera transferencia de agua del alimento al exterior del núcleo a la superficie y de la superficie al medio exterior, impulsada por un gradiente de presión de vapor (Orrego, 2008).

Este proceso generalmente conduce a la alteración de las características sensoriales y en algunos casos, de compuestos funcionales termosensibles, debido a los tiempos de exposición y las temperaturas elevadas generalmente empleadas en el proceso (Abano et al., 2011; Hincapie et al., 2010).

A pesar de estos efectos negativos, es el método común para deshidratar alimentos debido al bajo consumo de energía y al costo reducido de producción con respecto a otros métodos de secado (Lavelli et al., 2007). Por este método se deshidrata todo tipo de hortalizas, granos, semillas, carnes, etc. Se usa ampliamente en la elaboración de snacks, polvos para infusiones y especias saborizantes (Gómez, 2009).

1.2 Secado por liofilización

La liofilización es un proceso de secado mediante sublimación, previa congelación, con el fin de evitar daños térmicos a componentes termosensibles y el colapso del tejido celular, minimizando el cambio en las dimensiones y la forma original de la hortaliza fresca (Cortés et al., 2015 y Caballero et al., 2016).

Este método consta esencialmente de dos pasos, el primero consiste en congelar el producto y el segundo eliminar el agua sólida por sublimación (Ramirez, 2007). La congelación debe ser rápida con el objeto de obtener cristales pequeños de esa manera disminuir el daño en los espacios intercelulares, mientras que para que suceda la sublimación de manera adecuada esta debe ocurrir a presión baja (Ibarz y Barbosa, 2005). En la Figura 1 se presenta el diagrama de fases de agua en el proceso de liofilización, donde se observa las condiciones de presión y temperatura necesarias para que ocurra la sublimación (Karelovic, 2012).

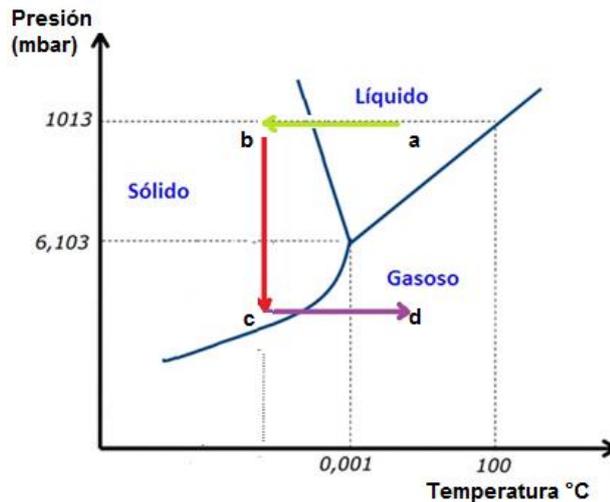


Figura 1. Fases de agua en el proceso de liofilización. a-b: Congelamiento del producto. b-c: El producto se lleva a un ambiente de baja presión mediante una cámara de vacío. c-d: Mediante una fuente externa de calor o por la temperatura ambiente, aumenta la temperatura y se produce la sublimación (Karelovic, 2012).

A pesar de las ventajas que ofrece la liofilización su uso en la industria alimentaria está limitado por su alto consumo de energía y largo tiempo de procesamiento comparado con métodos convencionales (Orrego, 2008). En muchos casos el costo de liofilización hasta 200 % mayor que secado por aire caliente (Jiang et al., 2013).

Debido a estas razones se usa principalmente en la elaboración de productos de alto valor agregado como vacunas, vitaminas, leche materna, etc. (Duan et al., 2015). En relación a la industria de alimentos se elaboran liofilizados como ingredientes industriales y en los últimos años alimentos de acceso directo al consumidor (Pei et al., 2014) tales como frutas, cereales y productos marinos como el camarón (Schwartz, 2014a). Park (2014) definió diversas ventajas de la liofilización sobre métodos convencionales de secado en hortalizas como rábanos y espárragos, sin embargo, como lo menciona Alu'datt et al. (2016) estas ventajas están condicionadas a la especie, variedad de la materia prima y las condiciones en las que suceda la liofilización.

2. Apio

El apio es una hortaliza de la familia Apiaceae de sabor característico y aroma anisado tenue (Krarup et al., 2008). Se valora por su reducido aporte calórico a la dieta y su consumo contribuye a la ingesta de fibra dietaria y antioxidantes (Loaiza et al., 2003; Malhotra., 2012). Además por sus atributos sensoriales tales como su destacada crujencia y textura firme (Nowak et al., 2016).

La capacidad antioxidante es la manera general de expresar el contenido total de antioxidantes en una fruta u hortalizas. En el caso del apio el aporte de antioxidantes a la dieta está dada por el contenido de vitamina C, carotenos y polifenoles, desde un criterio nutricional la zona interna es más rica en polifenoles, por lo tanto, más susceptible al daño enzimático (Carrozi et al., 2012). Hay que precisar que sin bien es cierto mientras mayor sea el contenido de antioxidantes, mayor será la cantidad total de antioxidantes que podría ingresar al organismo, se debe tener en cuenta otras consideraciones como la estructura química, la sinergia y la biodisponibilidad de los antioxidantes presentes en el

alimento por lo cual no es posible realizar una comparación directa entre la capacidad antioxidante de frutas y hortalizas (Gougoulis, 2014). Sin embargo se dispone de numerosos datos de polifenoles en hortalizas ricas en antioxidantes, como referencia en el Cuadro 1 se observa el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de hortalizas usadas dentro de la industria alimentaria.

Cuadro 1. Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles en hortalizas

Hortaliza	Capacidad	Polifenoles Totales
	Antioxidante ($\mu\text{mol ET /100 g de materia fresca}$)	($\text{mg EAG/100 g de materia fresca}$)
Albahaca fresca cruda	21269	819
Cilantro Fresco	9448	516
Cebolla blanca	2447	86
Champiñón Fresco	2101	71
Berro	1930	172
Tomate fresco	1499	32
Apio	290	17

ET: equivalente trolox. EAG: Expresado como ácido gálico.

Fuente: portalantioxidantes.com

Asimismo el apio posee propiedades antiinflamatorias y diuréticas (Modaresi et al., 2012). Estas propiedades dependen de la composición química, en el Cuadro 2 se detalla dicha composición.

Cuadro 2. Composición química del apio en 100 g de materia fresca.

Componente	Unidad	Valor
Agua	g	92,81
Energía	kcal	16
Proteína	g	0,69
Lípidos totales	g	0,17
Hidratos de Carbono (por diferencia)	g	2,97
Fibra (dietaria) total	g	1,6
Azucares totales	g	1,34
Calcio	mg	40
Fósforo	mg	23
Magnesio	mg	10
Potasio	mg	260
Sodio	mg	80
Zinc	mg	0,13
Vitamina C	mg	5,1
Tiamina	mg	0,021
Riboflavina	mg	0,057
Niacina	mg	0,320
Vitamina B6	mg	0,074

Fuente: USDA (2017)

En la industria alimentaria tanto las hojas como los tallos o peciolo del apio son usados como materia prima en la elaboración de conservas, jugos y snacks tanto en estado fresco como deshidratados (Tobyn et al., 2011).

El consumo del apio contribuye a la disminución del colesterol, promueve el sistema inmunológico saludable, es diurético, antiinflamatorio entre otras propiedades (Malhotra et al., 2012). A pesar de estos beneficios en estado fresco es usado generalmente como ingrediente en ensaladas, esta hortaliza puede ser transformado en un producto atractivo y de fácil consumo, como son los snacks (Schwartz et al, 2014b; Goñi et al, 2012). En este sentido los peciolo se pueden cortar para dar origen a diferentes formatos con el objetivo de mejorar la apariencia e incrementar la aceptabilidad del consumidor (Viña y Chaves, 2008). El método usado para deshidratar apio generalmente es mediante la exposición al aire caliente lo que provoca una pérdida drástica en la forma y en el volumen respecto al material fresco provocando cambios a nivel sensorial sobre todo en la apariencia, además provoca una disminución del contenido de antioxidantes como polifenoles y vitamina C (Malhotra et al., 2012).

De acuerdo con lo dicho es necesario caracterizar el producto final en función de los compuestos bioactivos que pueden haber sufrido cambios durante el procesamiento (Caballero et al, 2016). Del mismo modo para determinar la calidad sensorial se debe estimar los siguientes atributos: apariencia, color, aroma típico y sabor característico. La apariencia sensorial considera todo lo que visualmente se percibe en el alimento, como el tamaño, el color, la uniformidad y la presencia de defectos; su importancia radica en que es la primera impresión que el consumidor tiene del producto (Méndez, 2013; Sepúlveda et al., 2012). La textura por su parte depende principalmente de la deformación del alimento al aplicarle presión, la mejor evaluación de la textura se da por medio de las sensaciones experimentadas en la boca (Hernández, 2005).

LITERATURA CITADA

- Abano, E. and M. Haile. 2011. Influence of Air Temperature on the Drying Kinetics and Quality of Tomato Slices. *Journal of Food Processing & Technology*, 02(05): 1–9.
- Alu'datt, M.; H. Rababah; T. Alhamad; M. N. Obaidat; M. M. Gammoh; S. Ereifej et al. 2016. Evaluation of different drying techniques on the nutritional and biofunctional properties of a traditional fermented sheep milk product. *Food Chemistry*, 190(May): 436–441.
- Ares, G.; P. Lema and I. Martinez. 2007. Influence of cut and packaging film on sensory quality of fresh-cut butterhead lettuce (*Lactuca Sativa* L., CV. Wang), *Ciencia y tecnología de alimentos*, 31(2008): 48–66.
- Barbosa, C.; M. R. Alves.; M. B. Rocha. and P.P. Oliveira. 2015. Modified atmosphere packaging of precooked vegetables: Effect on physicochemical properties and sensory quality. *Food Chemistry*, 194, 391–398.
- Caballero, B.; P.M. Finglas; and F. Toldrá. 2016. Drying: Physical and Structural Changes, Drying Principles and Types (cap. 3, pp. 1273-2011). En su: Encyclopedia of Food and Health 1273-1283p.
- Carrozi, L.; M.G. Goñi; L. Di Gerónimo; S.I. Roura y A Yommi. 2012. Caracterización de compuestos antioxidantes presentes en apio según el estadio de madurez, *Asociacion argentina de horticultura* (7600): 5–11.
- Cortés, M.; H. Herrera y C Rodriguez.; 2015. Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas Farmaceuticas y Alimentarias*, 47–56.
- Duan, X.; X. Yang; G. Ren; Y. Pang; L. Liu; and Y. Liu, 2015. Technical Aspects in Freeze Drying of Foods. *Drying Technology*, 3937
- Edelson, L. R.; C. Mokdad and N. Martin. 2016. Prompts to eat novel and familiar fruits and vegetables in families with 13 year-old children: Relationships with food acceptance and intake. *Appetite*, 99, 138–148.
- Espin, S.; S. Gonzalez-Manzano; C. Taco; Q Poveda; A. Durán; A. M. Gonzalez-Paramas, and C. Santos-Buelga. 2016. Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*, 194, 1073–1080.
- Gómez, C.; D. Pérez Conesa; M. J. Bernal Cava; M. J. Periago Castón and G. Ros Berruezo, 2009. Compuestos funcionales de la leche materna. *Enfermería Global*, (16): 1–14.
- Gómez, M. 2009. Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México. 12-32p.
- Goñi, M.G.; N. Di Gerónimo; L. Carrozi; A. Yommi y S. I. Roura. 2012. Caracterización de compuestos antioxidantes presentes en apio según el estadio de madurez, *Revista de horticultura*, (7600): 5–11.

- Gougoulias, N. 2014. Comparative study on polyphenols and antioxidant activity of some herbs and spices of the *Lamiaceae* and *Umbelliferae* family. *Oxidation Communications*, (22): 2–11.
- Heredia, J. B., and L. Cisneros-Zevallos. 2009. The effects of exogenous ethylene and methyl jasmonate on the accumulation of phenolic antioxidants in selected whole and wounded fresh produce. *Food Chemistry*, 115(4): 1500–1508.
- Hernández, E. 2005. Evaluación sensorial. Guía didáctica, curso de Tecnología de cereales y oleaginosas. Universidad nacional abierta y a distancia, Facultad de Ciencias básicas e ingeniería. Bogotá, Colombia. 128p.
- Hincapié, G, M. M.Omaña, C. Hincapié, Z. Arias, y L. M. Vélez, 2010. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2): 85–93.
- Ibarz, A. y G.V. Barbosa-Canóvas. 2005. Deshidratación por Liofilización (cap. 18, pp. 583-625). En su: Operaciones unitarias en la ingeniería de Alimentos. Ediciones muniaprens México. 612-616p.
- Jiang, H.; M. Zhang; A. S. Mujumdar; and R. X. Lim. 2015. Comparison of drying characteristic and uniformity of banana cubes dried by pulse-spouted microwave vacuum drying, freeze drying and microwave freeze drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(9): 1827-1834.
- Juániz, I.; I. Ludwig; A. Huarte; E. Pereira-Caro; G. Moreno-Rojas and M. P. De Peña. 2015. Influence of heat treatment on antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of selected vegetables. *Food Chemistry*, 197, 466–473.
- Karelovic, F. I. 2012. Influencia del método de congelamiento en el daño microestructural de arándanos liofilizados. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile 9 – 61p.
- Krurup, C.; S. Fernandez y K. Nakashima. 2008. Manual electrónico de poscosecha de hortalizas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas e Ingeniería Forestal 12p.
- Lavelli, V.; B. Zanoni; and A. Zaniboni, 2007. Effect of water activity on carotenoid degradation in dehydrated carrots. *Food Chemistry*, 104(4): 1705–1711.
- Loaiza, J. G.; M. E. Mangrich, R. Campos-Vargas, and M. E. Saltveit. 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3): 305–311.
- Lupin. B. y E. Rodríguez. 2014. El consumo de hortalizas orgánicas: atributos valorados de calidad. *Faces*, 15 (32-33): 25-47.
- Malhotra, S. 2012. Celery (cap. 12, pp. 249-267). En su: Handbook of Herbs and Spices. 249–267p.
- Megías Pérez, R.; J. Gamboa; A.C. Soria; M.Villamiel and A. Montilla. 2014. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits. *Food Chemistry*, 150, 41–48.
- Méndez, M. F. 2013. Elaboración y caracterización de un snack de zapallo italiano (*Curcubita pepo* L.) con incorporación de esencias aromáticas. Tesis de grado para

obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile 29 - 30 p.

- Modaresi, M.; G. Ghalamkari and A. Jalalizand. 2012. The Effect of Celery (*Apium graveolens*) Extract on the Reproductive Hormones in Male Mice. *APCBEE Procedia*, 4, 99–104.
- Murcia, M. A.; A. M. Jimenez-Monreal; L. Garcia-Diz; M. Carmona; L. Maggi and Martinez-Tomé 2009. Antioxidant activity of minimally processed (in modified atmospheres), dehydrated and ready-to-eat vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8): 2103–2110.
- Nowak, D.; P. Piechucka; D. Witrowa-Rajchert and A. Wiktor. 2016. Impact of material structure on the course of freezing and freeze-drying and on the properties of dried substance, as exemplified by celery. *Journal of Food Engineering*, 180, 22–28
- Odriozola, L; R. Martin-Belloso y O. Martin-Belloso 2008. Effect of minimal processing on bioactive compounds and colour attributes of fresh cut tomatoes LWT *Food Science Thecnology*, 41, 217-226.
- OMS (Organización mundial de la salud). 2014. Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles. Montevideo 36p.
- Orrego, C. 2008. Liofilización (cap. 2, pp 49-92). En su: Congelación y liofilización de alimentos. Departamento de ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales 56-61p
- Park, H. J.; Y. Lee and J-B. Eun. 2016. Physicochemical characteristics of kimchi powder manufactured by hot air drying and freeze drying. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 5, 193–198.
- Pei, F.; Y. Shi; X. Gao, F. Wu; A. M. Mariga, W. Yang et al. 2014. Changes in non-volatile taste components of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during different stages of freeze drying and freeze drying combined with microwave vacuum drying. *Food Chemistry*, 165, 547–554.
- Peñas, E.; B. Sidro; M. Ullate; C. Vidal-Valverde and J. Frias. 2013. Impact of storage under ambient conditions on the vitamin content of dehydrated vegetables. *Food Science and Technology International*, 19(2): 133–41.
- Portal electrónico de antioxidantes [en línea]. Santiago de Chile, Universidad de Chile. Recuperado en: <<http://www.portalantioxidantes.com/base-de-datos-de-antioxidantes-de-hortalizas/>>. Consultado el: 02 de julio de 2017.
- Presti, G.; S. Cau; A. Oppo; and P. Moderato. 2015. Increased Classroom Consumption of Home-Provided Fruits and Vegetables for Normal and Overweight Children: Results of the Food Dudes Program in Italy. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 47(4): 338–344. e1.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods, a review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311–319.
- Ramirez, J.S. 2007. Liofilización de alimentos, Universidad del Valle. Cali Colombia. *Revista Reciteia*, 6, 02-36.
- Riaz, M.N. 2016. Snacks and Food Processing (cap. 7 pp 441-422). En su: Encyclopedia

of Grains. Second Edicion. 414-422p.

- Schwartz, M.; M. Sepúlveda; F. Méndez; W. Kern; I. Chiffelle; V. Quitral; F. et al 2014a. Elaboración y caracterización de un snack de zapallo italiano (*Cucurbita pepo* L.) 65° Congreso 2014 de la Sociedad Agronómica de Chile. *Revista Simiente*, Volumen 84 (1-4).
- Schwartz, M.; M. Sepúlveda; T. Rendi; W. Kern; V. Quitral; F. Vio, e I. Zacarías. 2014b. Desarrollo de un snack saludable de naranja para escolares. 65° Congreso 2014 de la Sociedad Agronómica de Chile. *Revista Simiente*, 84 (1-4).
- Sepúlveda, M., V. Quitral; M. Schwartz; F. Vio; I. Zacarías, y W. Kern, 2012. Propiedades saludables y calidad sensorial de snack de manzanas destinadas a alimentación escolar. *Archivo Latinoamericano de Nutrición* (61) 4: 423-428.
- Tobyn, G.; A. Denham and M. Whitelegg. 2011. *Apium graveolens*, wild celery. *Medical Herbs*, 79–89.
- Viña, S. and Z. Chaves. 2008. Effect of heat treatment and refrigerated storage on antioxidant properties of pre-cut celery (*Apium graveolens* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 43(1): 44–51.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2017. Basic Report 11143, California 19–20p

**CAPÍTULO II: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE
SNACKS DE APIO (*Apium graveolens*) Y SU CARACTERIZACIÓN**

RESUMEN

Dentro de la elaboración de snacks de hortalizas operaciones como el cortado y el secado por aire caliente están relacionados en los cambios a nivel de los compuestos antioxidantes y de la calidad sensorial del producto final. En este contexto se usaron dos formatos de corte y se liofilizaron con el objetivo de tener un snack que conserve los compuestos funcionales respecto al material fresco y sea aceptable para el consumidor. El objetivo de este trabajo es comparar la capacidad antioxidante y la aceptabilidad en snacks de apio cortados en dos formatos y deshidratados por dos métodos de secado, mediante la caracterización física, química y sensorial. Se elaboraron varas de 3,0 mL y 2,7 mL de volumen respectivamente, tanto las varas como las rebanadas fueron sometidas a deshidratación por aire caliente o liofilización.

Los snacks alcanzaron un rango de a_w entre 0,25 a 0,44 lo que asegurara su estabilidad microbiológica, resultaron ser saludables por presentar un alto aporte en fibra dietaria alrededor de 45 %, la capacidad antioxidante aumentó respecto al material fresco. Además independiente del tipo de corte, los snacks liofilizados presentaron mayor capacidad antioxidante (80,12 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de materia seca), que los snacks deshidratados por aire caliente (48,37 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de materia seca).

Asimismo los snacks liofilizados, independiente del formato de corte, presentaron mayor aceptabilidad y calidad sensorial debido a que tuvieron mejor apariencia y sabor característico y menor fibrosidad en caso de la rebanada. En consecuencia los snacks liofilizados, en cualquier formato, son un aporte a la alimentación saludable por su aporte en fibra y antioxidantes y su calidad sensorial e inocuidad.

Palabras Claves: Alimentos saludables, Hortalizas, Deshidratación, Cantidad de antioxidantes, Análisis Sensorial

ABSTRACT

Within the preparation of vegetable snacks operations such as cutting and drying by hot air are related in the changes at the level of antioxidant compounds and the sensorial quality of the final product. Thus, two cutting formats and freeze drying were used in order to have a snack that preserves the functional compounds with respect to fresh celery and is acceptable to the consumer. The objective of this work is to compare the antioxidant capacity and the acceptability in celery snacks cut in two formats and dehydrated by two drying methods, through the physical, chemical and sensorial characterization. Sticks and slices of 3,0 mL and 2.7 mL of volume respectively were made, both ones were subjected to hot air dehydration and freeze drying.

The snacks reached a range of a_w from 0,25 to 0,44, which would ensure their microbiological stability, proved to be healthy because they presented a high contribution in dietary fiber around 45%, the antioxidant capacity increased with respect to the fresh material. Also, no matter the cutting format, freeze-dried snacks presented higher antioxidant capacity (80,12 $\mu\text{mol ET} / 100 \text{ g dry matter}$) than hot air dehydrated snacks (48,37 $\mu\text{mol ET} / 100 \text{ g dry matter}$).

Likewise, freeze-dried snacks, no matter the cutting format, presented greater acceptability and sensorial quality because they had better appearance and characteristic flavor and less fibrosity in case of the slice. Consequently, the freeze-dried snacks, in any format, are a contribution to healthy diet due to its contribution in fiber, antioxidant, also sensorial and innocuous quality.

Keywords: Healthy food, Vegetables, Dehydration, Antioxidants, Sensory Analysis

INTRODUCCIÓN

Un 67% de la población chilena tiene sobrepeso, la tasa más elevada entre los países de Sudamérica, la tercera de Latinoamérica y el Caribe y décima en el mundo. En cuanto a obesidad infantil, el país se ubica quinto en el mundo en sobrepeso más obesidad (Afshin et al., 2017). Esto se debe principalmente al consumo de alimentos con alto valor energético y de fácil adquisición. Por ello, es necesario aumentar la oferta de alimentos saludables (Schwartz et al., 2014). Entre ellos se destaca a las hortalizas cuyos compuestos funcionales cumplen diferentes funciones en el organismo según su estructura química, así se tiene la fibra dietaria que contribuye al movimiento intestinal, vitaminas y polifenoles que actúan como antioxidantes neutralizando radicales libres asociados al estrés oxidativo (Rodríguez, 2015; Romero et al, 2001). A su vez el estrés oxidativo está relacionado a procesos de envejecimiento y de enfermedades crónicas no transmisibles como cáncer a nivel digestivo y la diabetes mellitus (OMS, 2014). Sin embargo en estado fresco, las hortalizas, son perecibles por lo tanto es de interés procesarlos para extender su tiempo de vida útil, y de este modo generar diversos productos derivados de hortalizas entre ellos los snacks (Gómez et al., 2009).

Los snacks tradicionalmente se han caracterizado por su alto contenido en azúcares, cloruro de sodio y grasa en función de elaborar un producto atractivo para el cliente (Schwartz et al., 2014). Sin embargo hoy se ha ampliado la gama y las propiedades alimenticias en ellos con el objetivo de elaborar productos saludables, las características finales de estos productos dependerán principalmente de la composición química de la hortaliza y del tipo de tratamiento (Sousa et al., 2015).

Dentro de la hortalizas que se usan en la industria alimentaria tenemos al apio el cual destaca por su reducido aporte calórico, sus propiedades nutricionales y sus características sensoriales como su sabor característico y su crujencia (Nowak et al., 2016). Asimismo representa un aporte de antioxidantes como la vitamina C, carotenos y polifenoles a la dieta y contribuye a la ingesta de fibra dietaria (Malhotra 2012).

Los tallos o peciolas y las hojas del apio se consumen generalmente en estado fresco como ensaladas o acompañamiento para pizzas, al ser procesados operaciones como el cortado y el secado están relacionados en los cambios de compuestos funcionales y en los atributos sensoriales. Por un lado, el peciolo del apio se puede cortar en diferentes formatos en función de hacerlo atractivo para el consumidor, sin embargo Carrozi et al. (2015) y Guzek et al. (2015) indican que al ser cortado ocurren efectos como lignificación y la liberación de enzimas que induce a una posible disminución de la cantidad de antioxidantes y al pardeamiento en la zona cortada, que a su vez puede tener un impacto negativo en los atributos sensoriales, estos cambios están asociados al área cortada, ya que a mayor área cortada, existe mayor exposición al ataque enzimático.

Por otro lado la deshidratación es un proceso que retarda el deterioro físico, químico, bioquímico y microbiológico de la hortaliza (Peñas et al., 2013). Es usada en el procesamiento de vegetales, debido a que ofrece un medio de preservación estable y seguro (Murcia et al., 2009). El método común de deshidratación es el secado por aire caliente debido al bajo consumo de energía y al costo reducido de producción (Lavelli et al, 2007). Por este método se deshidrata todo tipo de hortalizas, granos, semillas, carnes, etc. Se usa ampliamente en la elaboración de snacks, polvos para infusiones y especias saborizantes (Gómez, 2009).

La deshidratación por aire caliente conlleva un flujo de vapor del centro hasta la superficie, lo que provoca tensiones en la estructura celular, teniendo un efecto en la reducción de dimensiones y una variación en la forma del alimento (Orrego, 2008; Schawrtz et al., 2014). En el caso del apio, el calor conduce a la alteración de la apariencia, color, textura y a la degradación de compuestos funcionales termosensibles como polifenoles y la vitamina C debido a los tiempos de exposición y las temperaturas elevadas, empleadas en el proceso (Abano et al., 2011).

Una alternativa al secado es la liofilización, es un proceso que se basa en la sublimación, previa congelación, bajo estas condiciones se disminuye los daños en los compuestos termosensibles como polifenoles, vitaminas y reduce las pérdidas de compuestos responsables del gusto y aroma (Cortés et al., 2015; Caballero et al., 2016). A nivel sensorial generalmente ocurren cambios en la apariencia ya que la superficie adquiere un aspecto esponjoso, además la intensidad de la crujencia característica del apio fresco se puede ver reducida (Orrego, 2008; Antal et al., 2013). A pesar de las nuevas características adquiridas es posible que los snacks liofilizados con menor área de corte tengan la misma o mayor aceptabilidad que los snacks deshidratados por aire caliente con mayor área de corte.

Según lo expuesto, en este estudio se comparó la aceptabilidad y la capacidad antioxidante de snacks elaborados en dos formatos distintos y por dos métodos de secado con el objetivo de establecer las características más favorables para la elaboración de snacks deshidratados de apio, que a su vez sea un aporte en el aumento del consumo de alimentos saludables.

HIPÓTESIS

Los snacks de apio liofilizados, cortados en formato rebanada, tienen mayor capacidad antioxidante y aceptabilidad que aquellos elaborados por aire caliente cortados en formato vara y rebanada.

OBJETIVOS

Objetivo general

Comparar la capacidad antioxidante, aceptabilidad y calidad sensorial técnica en snacks de apio cortados en dos formatos elaborados por dos métodos de secado.

Objetivos específicos

- Elaborar snacks derivado de apio.
- Caracterizar física, química, microbiológicamente los snacks de apio elaborado en dos formatos (varas y rebanadas) y dos métodos de secado (aire caliente y liofilización).
- Evaluar la calidad sensorial técnica y hedónica de los snacks de apio elaborados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El ensayo y las evaluaciones físicas, químicas y sensoriales se realizaron en los laboratorios de Alimentos Saludables y Evaluación Sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología pertenecientes a Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. El análisis microbiológico se desarrolló en el laboratorio de Microbiología del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile.

Materiales

Se utilizaron para la elaboración de los “snacks” apio de la especie *Graveolens* y variedad *Dulce* adquiridos en el comercio formal (supermercados Líder de San Ramón) basados en recomendaciones del Manual de Poscosecha de la Universidad Católica de Chile (Krarup et al., 2008), se escogió unidades frescas, con un peso promedio de 1,0 kg y con dimensiones en promedio 15 cm de diámetro y 50 cm de largo, las unidades de apio se conservaron a 8 ± 1 °C hasta el procesamiento.

En el laboratorio se caracterizó la materia prima mediante la evaluación del contenido de humedad, color y pH, para este objetivo se usaron un humidímetro Precisa XM 60, un colorímetro de reflectancia Minolta modelo CR-400 y un potenciómetro marca Fischer Accumet modelo 210, respectivamente.

Los materiales usados para cortar los peciols de apio fueron una hoja de acero inoxidable con mango de polipropileno marca tramontina y una tabla de picar. Se usó film de calidad alimentaria metalizada de polipropileno biorientado con espesor de 20 μm , permeabilidad al vapor de agua de 0,2 $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ y al oxígeno de 30 $\text{mL}/\text{m}^2\text{d}$ en condiciones de temperatura ambiental de 30 °C como máximo a una humedad no mayor de 80 % para elaborar las bolsas (12x10 cm) que se emplearon para envasar los snacks (Sigdopack, 2012). El contenido total de las bolsas de 5 g de snacks. Asimismo, las muestras deshidratadas se conservaron en condiciones óptimas a 8 ± 1 °C hasta su evaluación.

Métodos

La presente investigación se estructura según los objetivos planteados como se describe a continuación:

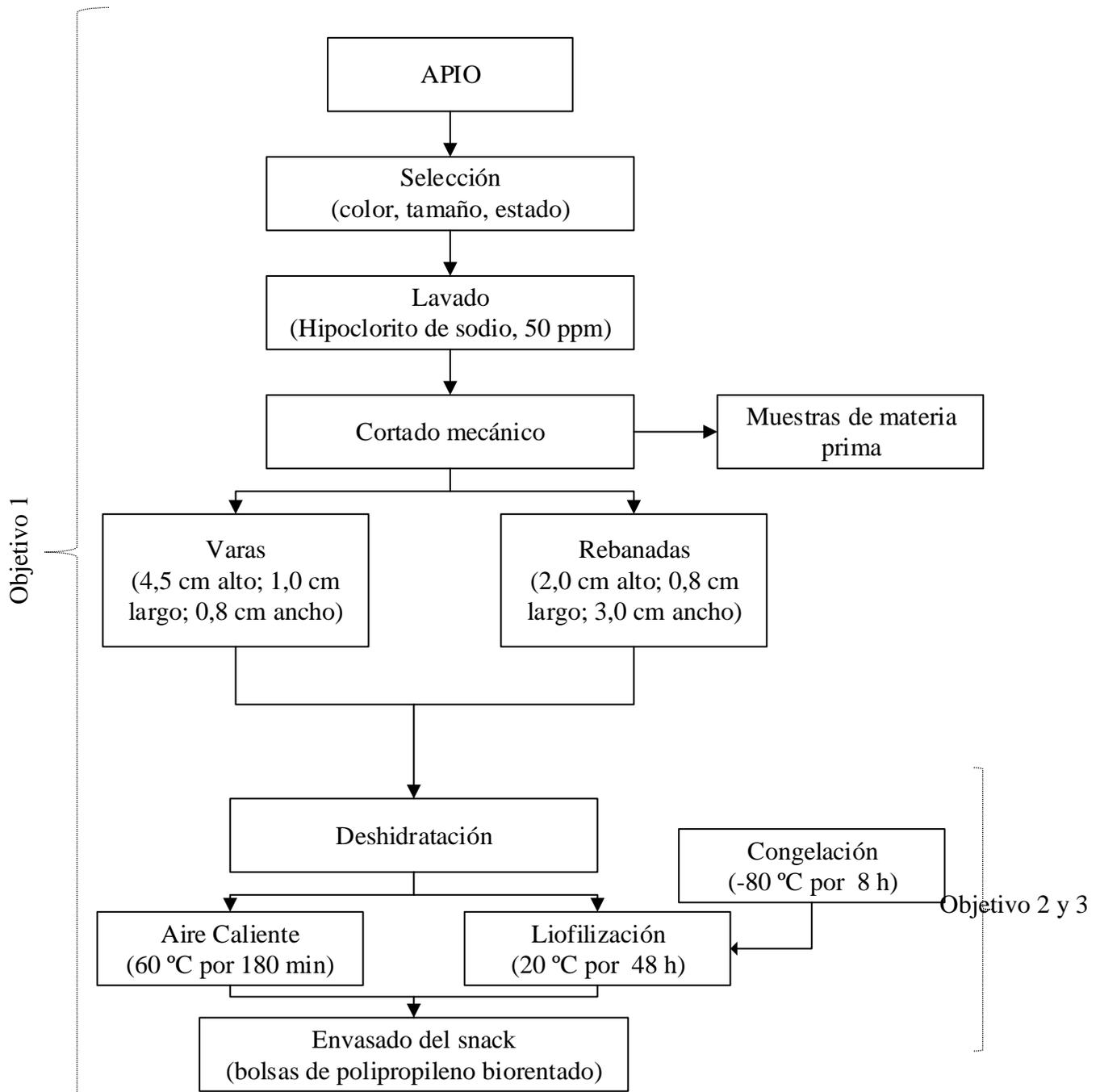


Figura 2. Diagrama de flujo "Elaboración de snack"

Objetivo 1. Elaborar un snack derivado de apio

La elaboración de snack de apio se realizó de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 2, el cual está estructurado de las siguientes etapas:

1. Selección de la materia prima

Para la selección del apio en el mercado se consideraron unidades de color uniforme verde y se descartó aquel material que presentó daño físico. Una vez en el laboratorio se procedió a una caracterización morfológica (peso y largo total de la planta y del peciolo), física y química (estado de madurez) de cada unidad. Para lo cual las plantas fueron deshojadas comenzando desde la zona externa hacia la interna. Esta zonificación nos permitió trabajar con peciolos uniformes (Carrozi et al., 2015).

2. Lavado

Una vez eliminado el follaje se realizó un lavado superficial para eliminar el exceso de partículas resultantes de cosecha. Para lo cual fueron sumergidas en solución de hipoclorito de sodio 50 ppm por 10 min, con el objetivo de disminuir la carga microbiológica inicial.

3. Cortado

Previo al cortado, se eliminó de cada unidad la parte no utilizable para la elaboración del snack, realizando un corte desde el nodo y la parte distal del mismo, dejando unidades de peciolos de 15 cm de longitud en promedio, Esta sección según lo menciona Carrozi et al (2015), corresponde al 100 % de la porción comestible o utilizable para la elaboración de productos mínimamente procesados

Cada unidad se cortó de manera manual obteniendo rebanadas de dimensiones: 2,0 cm de alto; 0,8 cm de largo y 3,0 cm de ancho y varas de dimensiones: 4,5 cm de alto; 1,0 cm de largo; 0,8 cm de ancho en promedio. Se determinó el volumen mediante el método de desplazamiento de agua. Además se midió el área total y cortada, con la ayuda de papel milimétrico. En la Figura 3 se puede observar las piezas cortadas de apio fresco.

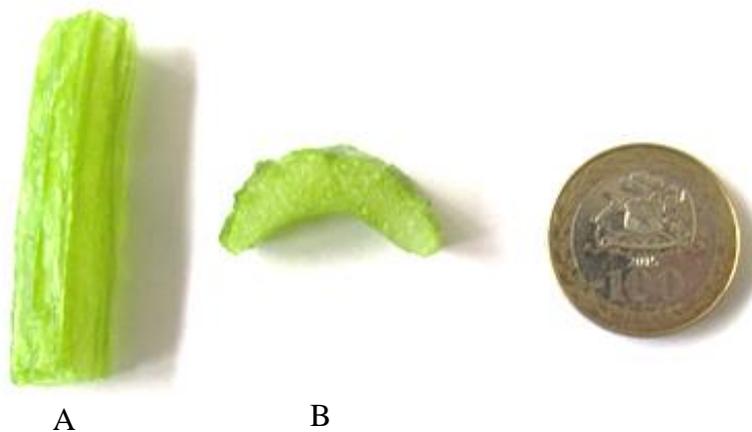


Figura 3. Cortado de la materia prima a: corte vara; b: corte rebanada

4. Secado

4.1 Secado por aire caliente

Las varas y las rebanadas por separado fueron puestas de manera homogénea sobre las bandejas, luego ingresaron al túnel de secado por aire caliente, en el cual la velocidad y la temperatura fueron 4 m/s y 60°C respectivamente, se adaptaron estas condiciones de estudios anteriores en deshidratación de hortalizas (Schwartz et al., 2014; Zacarías, 2011). El tiempo de secado empleado fue 180 minutos hasta alcanzar una humedad entre 7% a 4 % p/p. Para esta estimación se elaboró una curva de secado donde se tomaron muestras del tunel de secado cada 30 min hasta alcanzar un porcentaje de humedad deseado (Apéndice 1).



Figura 4. Secado por aire caliente. Piezas de apio cortadas en forma de vara (izquierda) en forma de rebanada (derecha).

4.2 Secado por aire liofilización

Las varas y las rebanadas fueron colocadas en envases plásticos en un bio freezer marca Thermo- Scientific, modelo Forma 86 (Alemania) hasta alcanzar la temperatura de -80 °C, por 8 h. Posteriormente las unidades congeladas ingresaron al liofilizador, marca Operón, modelo FDG (Alemania). Durante la deshidratación la presión se mantuvo en 1 mbar y la temperatura a -55 °C durante 48 horas. El tiempo de liofilizado se estimó en ensayos previos.

Una vez terminado el proceso de deshidratación se determinó el rendimiento a partir de las unidades de apio entero, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{snack (g)}}{\text{apio fresco (g)}} \times 100$$



Figura 5. Piezas de apio en la cámara de secado (izquierda), piezas de apio liofilizadas (derecha)

5. Envasado

Las muestras se colocaron en las bolsas de polipropileno evitando el contacto directo con las manos; fueron pesadas y posteriormente envasadas al vacío bajo condiciones de temperatura y tiempo ya establecidas en el equipo; las características del film fueron descritas en la página 17. Una vez selladas fueron almacenadas hasta el inicio de los análisis correspondientes.

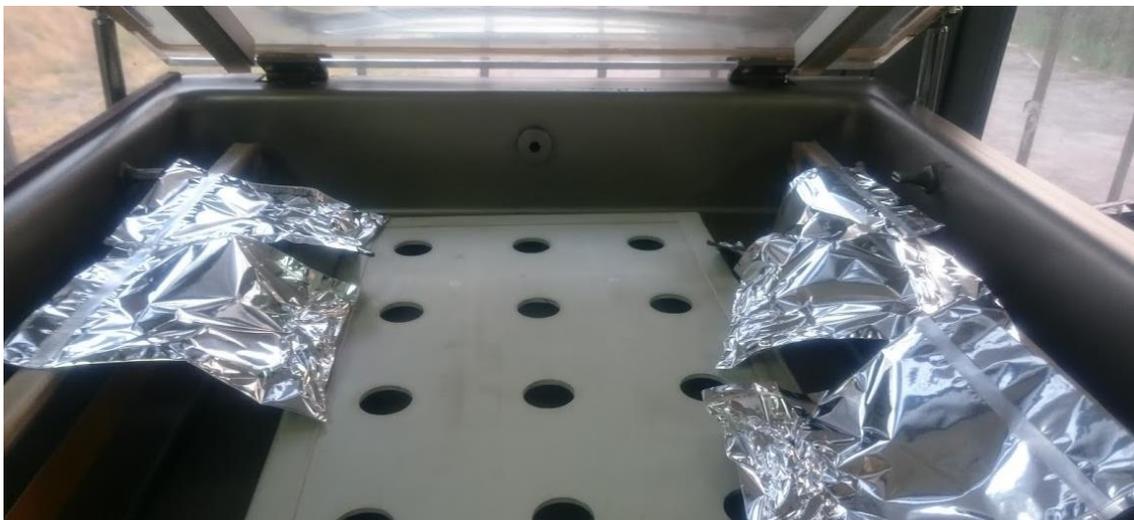


Figura 6. Piezas de apio envasadas al vacío en la funda de polipropileno.

Para analizar los efectos del formato de corte y el tipo de secado se consideró un diseño experimental aleatorizado con estructura en parcelas divididas donde el efecto de la parcela principal fue el tipo de secado y el efecto de la subparcela fue el formato de corte. Se establecieron cuatro repeticiones para cada tratamiento, para lo cual se aleatorizaron las piezas de apio cortados tanto en Vara (V) como en Rebanada (R), dentro de Horno de aire caliente (AC) y del mismo modo dentro del Liofilizador (L). La unidad experimental fue de 1,6 kg de apio fresco colocados en la bandeja en el caso del horno de aire caliente y en una placa en el caso del liofilizador. En el Cuadro 3 se describe la estructura de los tratamientos.

Cuadro 3. Estructura de los tratamientos

Tratamiento	Factor Formato de corte	Factor Tipo de Secado
V-L	Vara	Liofilización
R-L	Rebanada	Liofilización
V-AC	Vara	Aire caliente
R-AC	Rebanada	Aire caliente

Objetivo 2. Caracterizar física, química, microbiológicamente el snack de apio

Previo a la caracterización de los snacks se evaluó a la materia prima con el objetivo de tener material homogéneo para lo cual se pesó 100 g, mientras que en el caso de los snacks se pesó 400 g tanto de las rebanadas como de las varas deshidratadas. Los parámetros considerados fueron:

1. pH

Se determinó a través del potenciómetro. El análisis se efectuó a una pulpa preparada de las rebanadas y varas frescas del vegetal (AOAC, 2007). Cabe mencionar que este parámetro se evaluó exclusivamente en la materia prima.

2. Sólidos Solubles

La medición se llevó a cabo empleando un refractómetro según método descrito (AOAC, 2007). Los resultados fueron expresados en porcentaje, cabe mencionar que este parámetro se evaluó exclusivamente en la materia prima.

3. Fibra dietaria

Se utilizó el método enzimático gravimétrico (Lee et al., 1992), basado en la digestión enzimática con proteasa y amiloglucosidasa para remover proteínas y almidón, precipitación y posterior secado donde se determinó cenizas del cual se obtuvo fibra dietaria total, soluble e insoluble.

4. Polifenoles Totales

En primer lugar se preparó un extracto en metanol que servirá para la determinación de polifenoles y capacidad antioxidante (Gougoulías, 2014). Para lo cual se pesó 5 gramos de apio fresco y 0,5 g de snacks, los que fueron añadidos a 20 mL de metanol (80% p/p). El contenido fue triturado en un homogeneizador (Ultra-turrax IKA®- T18 basic, Brasil), centrifugado a 3000 rpm por 15 min a 4 °C, filtrado con papel whatman 2 y almacenado en tubos Falcón.

La cantidad de polifenoles totales fue determinada a través del método Folin-Ciocalteu (Bou-Rached et al, 2008). Se añadió 100 µL del extracto filtrado a 200 µL de reactivo Folin-Ciocalteu, después de 5 min, se agregó 800 µL de Na₂CO₃ 700 mM y se midió la densidad óptica a 765 nm en un espectrofotómetro (ASYS®- UVM 340, Alemania). La concentración se expresó en mg EAG/100 g de muestra.

5. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante fue determinada en base al método de Brand – Williams (Brand et al., 1995) utilizando el reactivo 2,2' diphenyl-1-1-picrylhydrazyl (DPPH). Para esto se diluyó 0,25 mL del extracto filtrado en 1 mL del reactivo DPPH 1 mmol/L, luego de transcurrida la reacción en oscuridad por 30 min, se midió la absorbancia en espectrofotómetro (ASYS®- UVM 340, Alemania) a 517 nm una vez transcurrido 10 min y después a un intervalo de 20 a 25 min hasta que se estabilice el valor de la absorbancia en la muestra. La concentración se expresó en µmol ET/ 100g de muestra.

6. Color

Se usó un colorímetro de reflectancia (marca Minolta-CR-300, Japón) utilizando la técnica de medición del espacio de color CIE L^* , a^* y b^* , que corresponde a un estándar internacional para la medición de color desarrollado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE, por su sigla en francés), donde L^* representa la luminosidad (valores varían de 0 a 100), y a^* y b^* son dos componentes cromáticos (cuyos valores están comprendidos entre -120 y 120): el componente a^* , que incluye las tonalidades verdes (valores negativos) y rojas (valores positivos); y el componente b^* , que considera tonalidades azules (valores negativos) y amarillos (valores positivos) (Minolta, 2007).

7. Humedad.

Se determinó en un equipo marca Precisa, modelo XM 60 (Japón). Se pesó 0,5 g de muestra, posteriormente se la colocó en la bandeja del humidímetro, hasta alcanzar a peso constante a una temperatura de 90°C, de acuerdo con el método AOAC (2007).

8. Actividad de agua

Se determinó en un equipo Rotronic Instrument Cop. Modelo Higrolab 2 (Alemania). Método propuesto por AOAC (2007).

9. Análisis microbiológico

Basado en los requerimientos del Reglamento Sanitario de Alimentos (MINSAL, 2016) para frutas y verduras desecadas o deshidratadas (Anexo 3), se realizaron los análisis mediante las técnicas de Venegas et al. (1999), las que se describen a continuación:

Recuento de hongos y levaduras. Se realizó en el medio papa dextrosa a 25° C y se contabilizó después de 5 días

Recuento total de mesófilos. Se utilizó el medio de cultivo Plate count agar a 37 °C por 24 – 48 horas.

Determinación de coliformes. Se realizó un ensayo de presunción en el medio caldo lauril sulfato triptosa, se efectuó un ensayo de confirmación a los tubos que produjeron gas para los que se utilizó bilis verde brillante lactosa para comprobar la presencia de coliformes, posterior se realizó la prueba específica para *Escherichia coli*.

Salmonella Se utilizó distintos medios de cultivos: caldo nutritivo, caldo tetrionato, caldo selenito, agar salmonella –shiguella (SS), agar TSI, agar LIA y agar MIO. Cada prueba se llevó a cabo 37°C por 24 – 48 h.

Objetivo 3. Evaluar la calidad sensorial técnica y hedónica de los snacks de apio elaborados

Se evaluó la calidad sensorial con la ayuda de un grupo entrenado de 12 panelistas del laboratorio de análisis sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Los panelistas fueron instruidos tomando en cuenta los siguientes atributos: apariencia, color, homogeneidad del color; aroma típico, sabor característico, textura en función de: fibrosidad y crujencia. Para evaluar cada uno de estos atributos se utilizó una escala lineal de 0 a 15 puntos, donde cero corresponde a la menor presencia o intensidad del atributo, según corresponda, y quince a lo más alto.

Para el cálculo de la calidad total sensorial del producto se determinó el perfil sensorial del snack ponderando a 10 % a la apariencia, 5 % color y 5 % homogeneidad del color; 20 % aroma, 30 % sabor y 30 % textura (corresponde a 15 % fibrosidad y 15 % crujencia), tomando como referencia snacks elaborados con similares características (Schwartz et al., 2014; Zacarías et al., 2011). Las muestras evaluadas fueron presentadas en sus respectivos envases, en platos pequeños codificados con 3 dígitos al azar. La pauta de evaluación se realizó según lo descrito por Araya (2007) (Anexo 1).

Además se evaluó la calidad hedónica mediante la prueba de aceptabilidad con la ayuda de un panel de 80 panelistas no entrenados o consumidores, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm (Anexo 2), donde 0 corresponde a rechazo total y 15 a aceptabilidad (Araya, 2007).

Análisis estadístico.

Los resultados de la caracterización química y física fueron analizados de acuerdo a un diseño aleatorizado, mediante análisis de varianza a través de modelos generales lineales y mixtos del software estadístico INFOSTAT (versión 2008). Se evaluó la existencia de interacción entre los factores “Formato de Corte” y “Tipo de Secado”, y en caso de existir diferencias significativas entre tratamientos, los datos se sometieron a una prueba de comparación múltiple de medias (PCM) de Fisher, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Cuando no existió interacción, se procedió a evaluar los factores.

Los datos del análisis sensorial no tuvieron una distribución normal por lo cual resultados fueron analizados mediante un análisis no paramétrico a través de la prueba de Friedman considerando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Elaboración de un snack derivado de apio

En el Cuadro 4 se observa el intervalo de tiempo en los cuales se determinó la humedad para el caso de la deshidratación por aire caliente. Los valores de humedad se estabilizan cuando han transcurrido 180 min de secado a las condiciones descritas en la página 20.

Cuadro 4. Determinación del tiempo de deshidratación del apio en el túnel de secado

Tiempo (min)	Rebanada (% Humedad)	Vara (% Humedad)
30	87,83	87,06
60	76,83	71,14
90	56,38	58,36
120	33,13	32,63
140	12,51	25,85
160	8,36	13,09
180	4,71	4,41
200	3,28	4,21
220	3,87	4,73
240	3,44	4,16

En el Cuadro 5 se muestra el porcentaje del área cortada de cada uno de los formatos, hay que señalar que durante los ensayos previos se modificaron las dimensiones de la vara con el objetivo de tener el mismo tiempo de deshidratación en los dos formatos de corte, lo que provocó que la rebanada tenga mayor área de corte y por lo tanto este mayor expuesta al ataque de enzimas.

Cuadro 5. Área de los snacks elaborados

Tipo de Corte	Área de Corte (cm ²)	Área Restante (cm ²)	Área Total (cm ²)	Área de Corte (%)
Rebanada	2,87	3,26	6,13	46,86 ± 1,84 a
Vara	3,21	4,68	7,89	40,96 ± 1,93 b

Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (n = 4). Letras minúsculas diferentes en la columna indican diferencia estadística (p < 0,05; PCM: Fisher) para área de corte.

Caracterización de la materia prima

En el Cuadro 6 se presentan en promedio los resultados de los análisis morfológicos, físicos y químicos realizados en apio fresco usadas en la investigación. Los valores están expresados en base húmeda.

Los resultados de la caracterización morfológica, física y química de la materia prima, cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante son muy cercanos a los reportados por Carrozi et al. (2015) y Malhotra (2012) las diferencias se podrían explicar por variaciones importantes entre cultivares, especies, las condiciones agroclimáticas regionales y el momento de la cosecha (Schmidt-Hebbel et al., 1992).

Cuadro 6. Características morfológicas, físicas y químicas del apio fresco

Característica	Unidades	Apio
Peso total de la planta	(g)	982,61 ± 11,08
Largo total de la planta	(cm)	50,33 ± 5,25
Largo del peciolo	(cm)	15,19 ± 0,04
pH		6,19 ± 0,04
Humedad	(%)	0,96 ± 0,21
Solidos Solubles	(%)	4,55 ± 1,88
Aw		0,96 ± 0,21
Polifenoles Totales	(mg EAG/100 g)	10,00 ± 3,25
Capacidad antioxidante	(µmol ET/100g)	7,31 ± 6,02
Color		
L*		28,46 ± 0,55
a*		-11,93 ± 0,42
b*		21,96 ± 0,16

Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (n = 3)

En consecuencia de acuerdo los valores registrados en el Cuadro 6 y a los datos de literatura, se puede afirmar que la materia prima utilizada en la investigación, presentan características morfológicas, físicas y químicas deseables para la elaboración de snacks.

Caracterización física y químicas del snack de apio

Los formatos de apio fueron analizados física y químicamente posteriormente a la deshidratación y envasado del producto terminado. En cuanto al rendimiento a partir de las unidades de apio enteras fue de 4,0 % para los snacks deshidratados por aire caliente y 2,5 % para los liofilizados.

Respecto al análisis estadístico, (Cuadro 7), no se observó interacción entre los factores “Formato de Corte” y “Tipo de Secado”, por lo cual se analizó cada uno de los factores, donde solo se observó diferencias estadísticas debidas solamente al factor “Tipo de Secado”

Cuadro 7. Resumen de los resultados del análisis estadístico de los parámetros físicos y químicos

Factor	Humedad	Aw	FDT	FDS	FDI	L*	a*	b*	PT	CA
“Factor de Corte	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
“Tipo de Secado”	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Interacción	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: no existe diferencias estadísticas; * diferencias estadísticas al nivel de 5 % de significancia ; Aw: actividad de agua; FDT: Fibra Dietaria Total; FDS: Fibra Dietaria Soluble; FDI: Fibra Dietaria Insoluble; L*, a*, b*: Parámetros de medición de color; PT: Polifenoles Totales; CA: Capacidad Antioxidante

a. Contenido de humedad y actividad de agua

En el Cuadro 8 se muestran los resultados para humedad y actividad de agua (a_w) para los factores de los tratamientos se observa que los snacks deshidratados por aire caliente tienen mayor humedad y a_w que los snacks deshidratados por aire caliente, además existe una relación entre los valores de humedad y el a_w .

Cuadro 8. Contenido final de humedad (%) y actividad de agua en los snacks elaborados según los diferentes factores.

Tipo de secado	Formato de Corte		
	Vara	Rebanada	Promedio
	Humedad (%)		
Aire caliente	6,68 ± 0,28	6,31 ± 0,38	6,49 ± 0,26 a
Liofilización	3,77 ± 0,63	3,06 ± 0,59	3,42 ± 0,50 b
Promedio	5,22 ± 1,05 A	4,68 ± 1,29 A	
	A _w		
Aire caliente	0,49 ± 0,003	0,39 ± 0,001	0,44 ± 0,07 a
Liofilización	0,27 ± 0,002	0,20 ± 0,005	0,24 ± 0,04 b
Promedio	0,38 ± 0,05 A	0,29 ± 0,02 A	

Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (n = 4). Letras minúsculas diferentes en la columna indican diferencia estadística para factor “Tipo de Secado”. Letras mayúsculas en la fila indican diferencia estadística para factor “Formato de Corte” (p <0,05, PCM de Fisher).

b. Contenido de Fibra Dietaria

En el Cuadro 9 se muestra el contenido de fibra dietética insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT), los resultados indican que no hay diferencia estadística significativa entre los factores de los tratamientos.

Cuadro 9. Contenido de fibra dietética total, insoluble y soluble (g/100 g muestra seca) en los snacks elaborados según los diferentes factores.

Tipo de secado	Formato de Corte		
	Vara	Rebanada	Promedio
	FDI (g/100 g muestra seca)		
Aire caliente	41,60 ± 4,63	38,63 ± 2,05	40,11 ± 3,10 a
Liofilización	40,75 ± 4,11	41,59 ± 4,86	40,17 ± 1,77 a
Promedio	41,17 ± 2,65 A	40,11 ± 4,24 A	
	FDS		
Aire caliente	4,01 ± 0,97	4,10 ± 1,32	4,06 ± 0,07 a
Liofilización	3,55 ± 0,19	4,92 ± 1,19	4,24 ± 1,63 a
Promedio	3,78 ± 0,90 A	4,51 ± 0,65 A	
	FDT		
Aire caliente	45,61 ± 5,50	42,73 ± 2,15	44,17 ± 3,05 a
Liofilización	44,30 ± 4,30	46,51 ± 3,67	45,41 ± 2,41 a
Promedio	44,96 ± 3,01A	44,62 ± 3,87 A	

Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (n = 4). FDI: Fibra Dietaria Insoluble; FDS: Fibra Dietaria Soluble; FDT: Fibra Dietaria Total. Letras minúsculas diferentes en la columna indican diferencia estadística para factor “Tipo de Secado”. Letras mayúsculas en la fila indican diferencia estadística para factor “Formato de Corte” (p <0,05, PCM de Fisher).

c. Color

En el Cuadro 10 se presentan los resultados los cuales indican que los snacks liofilizados tienen mayor luminosidad (L^*), se acercan más a la tonalidad verde (a^*) y a la tonalidad amarilla (b^*) que los snacks deshidratados por aire caliente.

Cuadro 10. Parámetros de color en los snacks elaborados según los diferentes factores.

Tipo de secado	Formato de Corte		
	Vara	Rebanada	Promedio
L^*			
Aire caliente	36,48 ± 4,20	34,32 ± 0,96	35,40 ± 2,01 b
Liofilización	52,55 ± 0,69	54,30 ± 1,98	53,47 ± 2,45 a
Promedio	44,52 ± 2,92 A	44,31 ± 3,14 A	
a^*			
Aire caliente	- 5,63 ± 0,18	- 8,00 ± 1,15	- 6,82 ± 0,94 b
Liofilización	-12,14 ± 1,59	-12,78 ± 1,17	- 12,46 ± 0,88 a
Promedio	- 8,89 ± 0,56A	-10,39 ± 0,97 A	
b^*			
Aire caliente	19,10 ± 2,44	18,80 ± 1,29	18,95 ± 1,00 b
Liofilización	22,53 ± 1,72	26,40 ± 2,59	24,47 ± 0,96 a
Promedio	20,82 ± 0,85 A	22,60 ± 0,72 A	

Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (n = 4). L^* : luminosidad; a^* : tonalidades verdes y rojas; b^* : tonalidades amarillas y azules Letras minúsculas diferentes en la columna indican diferencia estadística para factor “Tipo de Secado”. Letras mayúsculas en la fila indican diferencia estadística para factor “Formato de Corte” ($p < 0,05$, PCM de Fisher).

d. Polifenoles totales

El contenido de polifenoles de los snacks se muestra en el Cuadro 11. Se puede observar que independiente del tratamiento, aumentó la concentración de polifenoles respecto al material fresco (10 mg EAG/100g de apio fresco). Además los resultados indican que los snacks liofilizados tienen mayor concentración de polifenoles totales que los snacks deshidratados por aire caliente.

Cuadro 11. Polifenoles totales (mg EAG/100 g de muestra seca) para los snacks elaborados en los snacks elaborados según los diferentes factores.

Tipo de secado	Formato de Corte		
	Vara	Rebanada	Promedio
Aire caliente	161,91 ± 6,25	228,28 ± 17,81	195,10 ± 10,41 b
Liofilización	368,59 ± 24,67	377,69 ± 16,04	373,14 ± 6,01 a
Promedio	265,25 ± 14,03 A	302,98 ± 10,95 A	

Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (n = 4). PT: Polifenoles Totales (mg EAG/100 g de muestra seca). Letras minúsculas diferentes en la columna indican diferencia estadística para factor “Tipo de Secado”. Letras mayúsculas en la fila indican diferencia estadística para factor “Formato de Corte”. ($p < 0,05$, PCM de Fisher)

e. Capacidad antioxidante

En el Cuadro 12 se detalla la capacidad antioxidante para los diferentes factores de los tratamientos, se puede observar que aumentó la capacidad antioxidante en los snacks elaborados respecto al apio fresco (7,31 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de apio fresco). Los resultados indican que los snacks liofilizados tienen mayor capacidad antioxidante que los snacks cortados por aire caliente.

Cuadro 12. Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de muestra) en los snacks elaborados según los diferentes factores.

Tipo de secado	Formato de Corte		
	Vara	Rebanada	Promedio
Aire caliente	56,97 \pm 14,03	46,51 \pm 13,84	48,37 \pm 3,51 b
Liofilización	84,32 \pm 9,38	82,19 \pm 9,60	80,12 \pm 5,31 a
Promedio	67,16 \pm 3,98 A	61,33 \pm 2,95 A	

Los valores corresponden al promedio \pm desviación estándar (n = 4). CA: Capacidad Antioxidante ($\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de muestra). Letras minúsculas diferentes en la columna indican diferencia estadística para factor "Tipo de Secado". Letras mayúsculas en la fila indican diferencia estadística para factor "Formato de Corte". (p < 0,05, PCM de Fisher)

Análisis microbiológico de los snacks de apio

En el cuadro 13 se observa el bajo crecimiento de los microorganismos indicadores de contaminación. Estos resultados indican que los snacks elaborados cumplen lo exigido por el Reglamento Sanitario de Alimentos (MINSAL, 2016) (Anexo 3).

Cuadro 13. Resultados del recuento de microorganismos de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Hongos (ufc/g)	Levaduras (ufc/g)	Escherichia coli (NMP/g)	Salmonella sp.
V-L	5	100	<3	Ausencia
R-L	10	90	<3	Ausencia
V-AC	30	<10	<3	Ausencia
R-AC	34	<10	<3	Ausencia

UFC: unidades formadores de colonia, NMP: número más probable, sp: sin determinar la especie

Análisis sensorial de los snacks de apio

a. Calidad sensorial del snack

En el Cuadro 14 se presentan los resultados del test de calidad de las muestras de los snacks de apio para cada tratamiento. El análisis estadístico indica que los snacks liofilizados, V-L y R-L, tienen mayor calidad sensorial, independiente del tipo de corte, que los snacks deshidratados por aire caliente.

Cuadro 14. Resultados del test de calidad de los diferentes tratamientos

T.	Apariencia	Color	H. Color	Aroma	Sabor Característico	Fibrosidad	Crujencia	Calidad Total
V-L	9,99a	12,08a	11,36a	9,72a	10,66a	4,04b	7,41a	9,08a
R-L	11,1a	10,31a	10,51a	8,54ab	9,9 a	6,10a	5,60bc	8,58a
V-AC	4,22b	5,84b	5,95b	5,31bc	4,26 b	3,05b	2,65c	5,09b
R-AC	5,37b	5,85b	5,95b	3,36c	7,39 a	5,33a	6,52b	5,79b

Los valores corresponden al promedio \bar{X} . Letras minúsculas diferentes en las filas indican diferencia estadística ($p < 0,05$). T: Tratamiento; H: Homogeneidad

b. Aceptabilidad del snack

En el Cuadro 15 se presentan los resultados de la aceptabilidad con el panel no entrenado. Los resultados estadísticos indican que, independiente del tipo de corte, los snacks liofilizados tienen mayor aceptabilidad que los snacks deshidratados por aire caliente. Además se observa que los valores se correlacionan positivamente con la evaluación de la calidad sensorial (Cuadro 13).

Cuadro 15. Resultados de aceptabilidad de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Aceptabilidad
R-L	10,29 a
V-L	9,88 a
R-AC	6,10 b
V-AC	6,04 b

Los valores corresponden al promedio \bar{X} . Letras minúsculas diferentes en las columnas indican diferencia estadística ($p < 0,05$).

En la Figura 7 corresponde a un análisis de componentes, brevemente se puede mencionar que los componentes principales son variables artificiales que se obtienen como resultado de las combinaciones entre las variables originales, esto permite diseñar un mapa o una fotografía de dos dimensiones donde se pueda observar la relación entre los descriptores y los tratamientos, rescatando en este caso más del 90 % de la varianza original, en lugar de hacerlo en el hiper espacio de siete dimensiones o en figuras por separado. Cada componente está caracterizado en términos de las variables originales según la matriz de correlación entre las variables originales (Apéndice II). En este caso para el componente principal 1 o CP1 se observa coeficientes de correlación positivos importantes para sabor característico, apariencia, homogeneidad del color y el color, por lo tanto este primer componente está ligado a dichos parámetros. Por otro lado para el componente principal 2 o CP2 se observa coeficientes de correlación positivos importantes para fibrosidad y crujencia por lo tanto el segundo componente va a estar ligado a estos atributos.

Además, la Figura 7 es posible determinar los tratamientos que el conjunto de panelistas consideró semejante, en este sentido se puede observar que los panelistas encontraron características semejantes en los snacks dentro del tipo de secado, independiente del formato de corte.

Finalmente se puede observar que los atributos de sabor característico, apariencia, homogeneidad de color y color son los que guardan mayor relación a los snacks liofilizados.

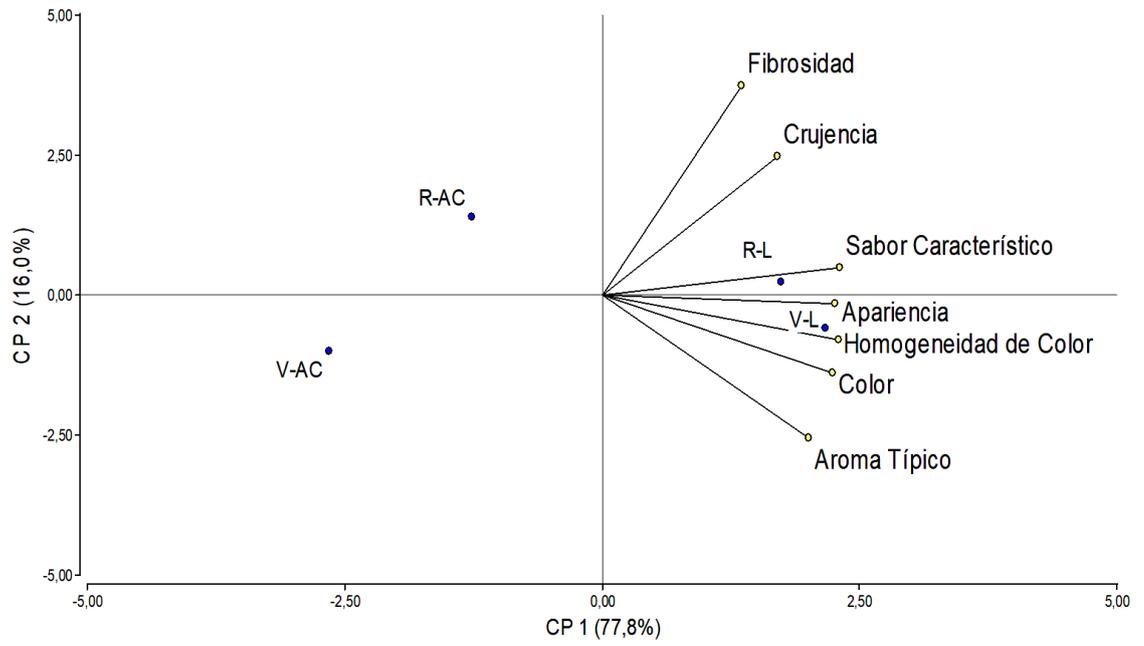


Figura 7. Diagrama de análisis de componentes de los descriptores de la calidad técnica sensorial de los distintos tratamientos. V-L: vara-liofilización; R-L: rebanada-liofilización; V-AC: vara- aire caliente; R-AC: rebanada- aire caliente.

DISCUSIÓN

Caracterización física y químicas del snack de apio

a. Contenido de humedad y actividad de agua

Los snacks liofilizados tuvieron menor humedad que los snacks deshidratados por aire caliente, esta diferencia estadísticas se deben principalmente al tipo de secado usado, a pesar de que existió diferencias estadística en el área de corte de los dos formatos (Cuadro 5), la humedad no se vio afectada, probablemente porque se trabajó con unidades de volumen similar.

La relación entre los valores obtenidos para el porcentaje de humedad y a_w no es directamente proporcional, en este sentido como lo menciona Figuerola (2002), no necesariamente un bajo valor de humedad indica un a_w bajo, ya que la medición de humedad y a_w , respecto a la cantidad de agua del alimento es diferente. Méndez (2013) y Schwartz et al. (2014) obtuvieron similares resultados en snacks deshidratados de zapallo italiano, zanahoria y betarragas. Por otro lado los valores de a_w fueron de alrededor de 0,2 para los snacks liofilizados y 0,4 para los snacks deshidratados por aire caliente. Con esta baja actividad de agua se asegura no exista desarrollo de bacterias patógenas ni hongos que puedan causar alteraciones en el alimento o en la salud del consumidor.

b. Contenido de fibra dietética

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos. En este sentido hay que recordar que la fibra dietética o dietaria total está conformada por la suma de la fracción insoluble (celulosa, gran parte de hemicelulosa y ligninas), y solubles (pectinas, gomas, mucilagos y ciertas hemicelulosas), que presentan diferentes funciones fisiológicas (Hincapie et al., 2010; Román, 2004). Estos componentes de la fibra dietaria de manera general no son susceptibles cambios debido a la exposición de calor. Sin embargo según Quirós et al. (2012), el secado convectivo provoca en la mayoría de hortalizas y verduras que los enlaces glicosídicos puedan romperse causando la solubilización de la fibra insoluble, así como, la degradación de la fibra soluble en fragmentos más pequeños. Esto explicaría las leves diferencias entre los valores estimados para los cuatro tratamientos.

Los altos valores obtenidos de fibra dietética responden al proceso de deshidratación de los snacks, el que tiene un efecto de concentración. En este sentido el producto deshidratado aporta mayor cantidad de fibra total que una porción igual de apio fresco ya que 100 g de apio fresco se determinó 3,6 g de fibra dietética total. Es importante destacar que en la elaboración de los snacks no se eliminó la piel de apio donde se encuentra el mayor contenido de fibra en el peciolo de esta hortaliza (Carrozi et al., 2015).

El contenido promedio de fibra dietaria fue superior al 40 %. Este aporte de fibra total en cada porción (20 g) de estos snacks, corresponde aproximadamente a 45% de la ingesta diaria deseable para un adulto normal (8,95 g en promedio/20 g de porción), que de acuerdo a Pak (2000) es de 20 -35 g/día.

c. Color de los snacks

Los snacks liofilizados tuvieron mejor brillo (L^*) se acercaron más a las tonalidades verdes (a^*) y a las tonalidad amarilla (b^*) que los snacks deshidratados por aire caliente, sin importar el formato de corte. Estos resultados se explicarían por el proceso de degradación de polifenoles debido a la exposición al calor y al oxígeno en el túnel de secado lo que provoca el pardeamiento lo que conlleva el oscurecimiento y la pérdida de las tonalidades originales del apio (Cuadro 10) en los snacks deshidratados por aire caliente como lo menciona Pradas et al. (2015).

En la Figura 8 se observan los snacks deshidratados de apio correspondientes a cada tratamiento, donde se muestra el área cortada del snack en el caso del apio liofilizado.



Figura 8. Snacks de apio deshidratado: A: Apio fresco; B: Vara deshidratada por aire caliente; C: rebanada deshidratada por aire caliente; D: Vara liofilizada; E: Rebanada liofilizada.

d. Polifenoles Totales en los snacks de apio

Los resultados indican que los snacks liofilizados, sin importar el formato de corte, tuvieron mayor concentración de polifenoles totales que los deshidratados por aire caliente. Las diferencias encontradas se deben principalmente a la degradación favorecida por el pardeamiento ocurrido por la exposición al calor y a la oxidación en presencia de oxígeno durante el secado por aire caliente, fenómenos ausentes en la liofilización ya que la pérdida de agua ocurre en ausencia de calor y en una cámara sometida a vacío lo que impide la acción de las enzimas y del oxígeno (Pei et al., 2014; Park et al., 2016). Por

otro lado la concentración de polifenoles en todos los tratamientos aumentó respecto al apio fresco (10 mg EAG/100g de apio fresco), lo que indica un efecto de concentración que responde a la deshidratación tanto por liofilización como por aire caliente (Schwartz et al., 2014).

En este sentido, en otros estudios realizados en hortalizas deshidratadas como zanahoria, betarraga y zapallo italiano se señala que el secado convectivo en las condiciones propuestas no se degrada completamente a los polifenoles (Achaerandio, 2008). Esto explicaría por qué incluso en el secado por aire caliente se observó el aumento de la cantidad de polifenoles totales respecto al material fresco.

e. Capacidad antioxidante en los snacks de apio

Los resultados obtenidos sugieren que los snacks liofilizados, independiente del tipo de corte, tienen mayor capacidad antioxidante que los snacks deshidratados por aire caliente, este resultado se ve influido, como lo señala Murcia et al. (2009) y Yang (2016), no solo por la cantidad de antioxidantes, además hay que tomar en cuenta la sinergia y la estructura química de los mismos durante el ensayo. En el apio entre los compuestos que presentan actividad antioxidante tenemos la vitamina C, carotenoides, tocoferoles y principalmente polifenoles (Malhotra, 2012). Esto explicaría la correlación directa que se observa entre los resultados de la concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante de los snacks elaborados.

Además esta correlación también explicaría el aumento de capacidad antioxidante en todos los tratamientos respecto al apio fresco (7,31 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de apio fresco). A pesar de que esta relación no sea general para todas las hortalizas, se manifiesta, al igual que en el caso de los polifenoles, el efecto de concentración debido a la deshidratación (Schwartz et al., 2014).

Aunque el consumo de alimentos ricos en antioxidantes es claramente beneficiosa para la salud, no se ha definido hasta el día de hoy una dosis diaria de ingesta recomendada (Ingesta Dietética de Referencia, DRI) debido a que no está claro la efectividad de estos in vivo ni la modalidad para medir su efectividad (Gougoulis., 2014). Sin embargo la ingesta de vitamina C, uno de los compuestos presentes en la mayoría de hortalizas que presentan actividad antioxidante, es de 90 mg en hombres y 75 mg en mujeres adulto/as al día (Soto, 2016).

Análisis microbiológico de los snacks de apio

Los análisis microbiológicos realizados a los snacks de apio incluyeron un recuento de hongos y levaduras, recuento total de mesófilos aerobios mesófilos (RAM), determinación de coliformes (específicamente *Escherichia coli*) y salmonella. En general las hortalizas son deshidratadas en un rango de 57 – 93 °C, intervalo que cubre los puntos de muerte térmica de algunos mohos, lo que asegura un bajo crecimiento tanto de estos como de levaduras. Sin embargo, el estado inicial de la materia prima, los materiales, equipos, el proceso de elaboración, inclusive la diferencia de contenido de humedad entre las piezas de los snacks, son factores que explicarían las diferencias en el resultado del crecimiento microbiano mostrado en el Cuadro 13. Es importante destacar que después de la cosecha de las hortalizas comienza de inmediato el proceso de senescencia, por lo que el grado y la velocidad de incremento de la población de microorganismos dependerán

del producto y las condiciones de almacenamiento, considerando que el alto contenido acuoso del apio conduce a un acelerado deterioro, es importante realizar un control microbiológico. Además todo producto alimenticio con destino al consumo humano debe ceñirse al Reglamento Sanitario de Alimentos de Chile, el cual pretende garantizar la inocuidad de estos productos y así proteger la salud y nutrición de las personas. En este caso, el snack desarrollado debe cumplir los requerimientos para las Frutas y Verduras desecadas y deshidratadas, tal como se especifica en el Reglamento (MINSAL, 2016) (Anexo 3).

Para la determinación de salmonella se realizó una prueba específica en agar Salmonella–shiguella, donde no se observó crecimiento de Salmonella, descartando su presencia en los snacks de apio elaborado.

Dados estos resultados se puede afirmar que los snacks de apio elaborado son inocuos y microbiológicamente seguros para el consumo humano ya que cumple con los requisitos establecidos por el Reglamento Sanitario de Alimentos (Anexo 3).

Calidad sensorial del snack

Los resultados indican que los snacks liofilizados tuvieron mejor calidad sensorial que aquellos deshidratados por aire caliente. Sin embargo existieron variaciones en la evaluación de ciertos atributos. A continuación se realiza la descripción por atributos de la evaluación sensorial de snack de apio:

Los resultados de la evaluación del aspecto visual indican que los snacks liofilizados independiente del tipo de corte, tienen mejor apariencia que los snacks deshidratados. Esto se podría deber a que en los snacks deshidratados existe una reducción del volumen y una variación en la forma del alimento respecto al material fresco. Los resultados de la evaluación del color y de la homogeneidad del mismo se deben principalmente al pardeamiento ocurrido por efecto del calor y acción enzimática en las zonas cortadas que tuvo lugar durante la deshidratación.

Los resultados de la determinación de aroma típico sugieren que los snacks liofilizados conservaron mejor el aroma típico del apio que los snacks deshidratados por aire caliente, inclusive los panelistas mencionaron que se intensificó el aroma típico en snacks liofilizados, por otro lado manifestaron que el tratamiento V-AC adquirió un aroma extraño producto del pardeamiento.

La evaluación del sabor característico indica que los tratamientos V-L, R-L y R-AC tienen mejor sabor característico que V-AC. Estos resultados se deben a que, al igual que en la evaluación del aroma, existió un aumento en la intensidad del sabor del apio en los snacks liofilizados y por otro lado los snacks correspondientes al tratamiento R-AC adquirieron cierta gomosidad que fue llamativa según mencionaron los panelistas. Finalmente el sabor de los snacks del tratamiento V-AC además de perder el sabor característico del apio fresco no adquirió ninguna otra característica que fuera atractiva para los panelistas.

Como se indicó con anterioridad, la textura se evaluó en función de la fibrosidad y de la crujencia. Los resultados indicaron que los snacks en forma de rebanadas, independiente del tipo de secado, tuvieron menor fibrosidad que los snacks cortados en forma de vara, esto se debe principalmente al corte transversal del formato en rebanada que reduce la

longitud de las fibras del tejido vascular y por lo tanto disminuye la sensación de fibrosidad, inclusive en el tratamiento R-AC los panelistas manifestaron la ausencia de este atributo, resultado que se debe principalmente debido a la exposición al calor (Quirós et al., 2012).

Los resultados de la evaluación de la crujencia apuntaron a que el tratamiento V-L y R-L fueron los más crujientes que el resto de tratamientos, esto se atribuye a que se quebraban con mayor facilidad aumentando la percepción en el oído externo que es el primero en percibir la sensación de crujencia según lo menciona Sullivan (2017). La Figura 7 indica la relación del comportamiento de los descriptores respecto a los tratamientos, la estructuración de los componentes principales que se puede observar en la matriz de correlaciones (Apéndice II) explicaría que los parámetros visuales (apariencia, color y homogeneidad del color) y el sabor se dirijan hacia los valores positivos del eje de las abscisas, mientras que los parámetros de textura (fibrosidad y crujencia) se dirijan hacia los valores positivos del eje de las ordenadas. Además se puede observar que los panelistas encontraron características semejantes en los snacks dentro del tipo de secado, independiente del formato de corte.

Finalmente se puede observar que los atributos de sabor característico, apariencia, homogeneidad de color y color son los que guardan mayor relación a los snacks liofilizados por lo que se puede asumir que son los atributos más influyentes en la determinación de la calidad sensorial de dichos snacks, lo que coincide con los resultados de la evaluación descriptiva.

Aceptabilidad de snack de apio

Los resultados de la evaluación de la aceptabilidad realizada por panelistas no entrenados o consumidores indicaron que los snacks liofilizados obtuvieron mayor aceptación, que los snacks deshidratados por aire caliente, lo que sugiere una correlación con la evaluación descriptiva.

CONCLUSIONES

Los snacks liofilizados, independiente del formato de corte, tienen mayor capacidad antioxidante y aceptabilidad que los snacks deshidratados por aire caliente. Además se destaca el aporte de fibra dietética y cantidad de polifenoles respecto al apio fresco, a nivel sensorial en general el sabor característico y la apariencia son los atributos mejor evaluados

Es posible elaborar snacks a base de unidades deshidratadas y liofilizadas de apio (*Apium Graveloens*) en dos formatos, desde el punto microbiológico bajo las condiciones del ensayo.

Según todo lo expuesto los snacks liofilizados, independiente del formato de corte, se presentan como una alternativa a los deshidratados por aire caliente, por su aporte en antioxidantes y calidad sensorial. Estas cualidades pueden incentivar el consumo de alimentos derivados de hortalizas, en particular de apio.

LITERATURA CITADA

- Abano, E. and M. Haile. 2011. Influence of Air Temperature on the Drying Kinetics and Quality of Tomato Slices. *Journal of Food Processing & Technology*, 02(05): 1–9.
- Achaerandio, I.; M. Fernando; C. Guell; F. Lopez y A Rozek. 2008. Efecto del secado convectivo en la estabilidad de los compuestos fenólicos añadidos a alimentos sólidos mediante deshidratación osmótica. p 1-6. *In: II Congreso Iberoamericano de seguridad alimentaria*. Barcelona España.
- Afshin A.; M. Forounzafar; B. Reitsma; P. Sur; K. Estep; A. Lee et al. 2014 Health Effects of Overweight and Obesity in 195 countries over 25 years. *The New England Journal of Medicine*, 22 (1): 39-47
- Antal, T., B. Kenedek and L. Sikolya. 2013. Physical properties of freeze dried vegetables by different thermal and chemical pretreatments 2013. *Journal of Synergy and Technical Development*, 02(06): 1–6.
- AOAC, 2007. Detección de patógenos. (cap. 8, pp. 999 -1079). En su: Official methods of analysis of analytical chemist. Ed Patricia Cunniff, Maryland USA. 1067p.
- Araya, E. 2007. Curso: Evaluación sensorial de los alimentos (cap. 4 pp 70-91). En su: Guía de laboratorio. Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago de Chile. 81p.
- Brand, W.; M. E. Cuvelier and C. Berset 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technol*, 28.1 (1995): 25-30
- Bou-Rached, L.; F. Padilla; y A. Rincón. 2008. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 58 (3): 304 - 308
- Caballero B.; P.M. Finglas; and F. Toldrá. 2016. Drying: Physical and Structural Changes, Drying Principles and Types (cap. 3, pp. 1273-2011). En su: *Encyclopedia of Food and Health* 1273-1283p.
- Carrozi, L.; M.G. Goñi; L. Di Gerónimo; S.I. Roura y A Yommi. 2012. Caracterización de compuestos antioxidantes presentes en apio según el estadio de madurez. *Asociación argentina de horticultura*, (7600): 5–11.
- Cortés M.; H. Herrera y C Rodríguez.; 2015. Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas Farmacéuticas y Alimentarias*, 47–56.
- Figuerola F. 2002. Procesamiento por disminución de la actividad agua. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Publicaciones Misceláneas Agrícolas (51): 33-38
- Gougoulas N. 2014. Comparative study on polyphenols and antioxidant activity of some herbs and spices of the *Lamiaceae* and *Umbelliferae* family. *Oxidation Communications*, (22): 2–11.
- Gómez, C.; D. Pérez Conesa; M. J. Bernal Cava; M. J. Periago Castón and G. Ros

- Berruezo, 2009. Compuestos funcionales de la leche materna. *Enfermería Global*, (16): 1–14.
- Gómez, M. 2009. Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México. 12–32p.
- Guzek, D., D. Głabska, K. Gutkowska, J. Wierzbicki, A. Wozniak, and A. Wierzbicka. 2015. Influence of cut and thermal treatment on consumer perception of beef in Polish trials. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(2): 533–538.
- Heredia, J. B., and L. Cisneros-Zevallos. 2009. The effects of exogenous ethylene and methyl jasmonate on the accumulation of phenolic antioxidants in selected whole and wounded fresh produce. *Food Chemistry*, 115(4): 1500–1508.
- Hernández, E. 2005. Evaluación sensorial. Guía didáctica, curso de Tecnología de cereales y oleaginosas. Universidad nacional abierta y a distancia, Facultad de Ciencias básicas e ingeniería. Bogotá, Colombia. 128p.
- Hincapié, G, M. M.Omaña, C. Hincapié, Z. Arias, y L. M. Vélez, 2010. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2): 85–93.
- Juániz, I., I. Ludwig; A. Huarte; E. Pereira-Caro; G. Moreno-Rojas and M. P. De Peña. 2015. Influence of heat treatment on antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of selected vegetables. *Food Chemistry*, 197, 466–473.
- Krarp. C.; S. Fernandez y K. Nakashima. 2008. Manual electrónico de poscosecha de hortalizas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ciencias Agronomicas e Ingenieria Forestal 12p.
- Lavelli, V.; B. Zanoni; and A. Zaniboni, 2007. Effect of water activity on carotenoid degradation in dehydrated carrots. *Food Chemistry*, 104(4): 1705–1711.
- Lee, S.; L. Prosky and J. de Vries. 1992. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods; enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS bufer: collaborative study. *Journal of AOAC international* 75 (3): 395-416.
- Malhotra, S. 2012. Celery (cap. 12, pp. 249-267). En su: *Handbook of Herbs and Spices*. 249–267p.
- Mendez, M. F. 2013. Elaboracion y caracterizacion de un snack de zapallo italiano (*Curcubita pepo* L.) con incorporacion de esencias aromaticas. Tesis de grado para obtner el título de Ingeniero Agronomo. Facultad de agronomia. Universidad de Chile 29 - 30 p.
- MINSAL, Chile. 2016. Reglamento Sanitario de Alimentos. Santiago, Chile.
- Minolta, 2007. By creating scales of hue, lightness, and saturati3n, we can measure color numerically. (cap. 1, pp 4-24). En su: *User Manual to precise color communication, color control from perception to instrumentation*. 62p.
- Murcia, M. A.; A. M. Jimenez-Monreal; L. Garcia-Diz; M. Carmona; L. Maggi and Martinez-Tomé 2009. Antioxidant activity of minimally processed (in modified

- atmospheres), dehydrated and ready-to-eat vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8): 2103–2110.
- Nowak, D.; P. Piechucka; D. Witrowa-Rajchert and A. Wiktor. 2016. Impact of material structure on the course of freezing and freeze-drying and on the properties of dried substance, as exemplified by celery. *Journal of Food Engineering*, (180): 22–28
- OMS (Organización mundial de la salud). 2014. Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles. Montevideo 36p.
- Orrego, C. 2008. Liofilización (cap. 2, pp 49-92). En su: Congelación y liofilización de alimentos. Departamento de ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales 56-61p
- Pak, N. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile Sexta Serie* 6 (11): 119-130.
- Park, H. J.; Y. Lee; J-B. Eun. 2016. Physicochemical characteristics of kimchi powder manufactured by hot air drying and freeze drying. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 5: 193–198.
- Pei, F.; Y. Shi; X. Gao, F. Wu; A. M. Mariga, W. Yang et al. 2014. Changes in non-volatile taste components of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during different stages of freeze drying and freeze drying combined with microwave vacuum drying. *Food Chemistry*, 165: 547–554.
- Peñas, E.; B. Sidro; M. Ullate; C. Vidal-Valverde and J. Frias. 2013. Impact of storage under ambient conditions on the vitamin content of dehydrated vegetables. *Food Science and Technology International*, 19(2): 133–41.
- Pradas, I.; J. Moreno; M. Rojas and M. D. Luque de Castro, 2014. Effect of Processing on Active Compounds in Fresh-Cut Vegetables. *Processing and Impact on Active Components in Food*, 47(6): 2213-2217
- Quirós, A.; H. Palafox, R. Robles and G. González. 2011. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, 13(March): 3–11.
- Rojas, P. A. 2012. Elaboración y caracterización de un snack a base de betarraga y zanahoria. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de agronomía. Universidad de Chile 8 - 25 p.
- Román, M y F Valencia 2004. La fibra dietaria como alimento funcional. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 11 (2): 12-17
- Rodríguez, S. 2015. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biol. Colombia*, 13(3): 27–36.
- Romero, F.; M. Gomez; V. Ortega; F.J. Martínez; E. Ordoñez y A. Luna. 2001. Modificaciones estructurales y ultraestructurales en la mucosa gastrointestinal por acción de radicales libres. Posible efecto protector del etanol. *Revista de Toxicología*, 18(2): 72-74.
- Sepúlveda, E. 2008. Manual de trabajos prácticos de análisis de alimentos. Santiago de Chile: Departamento de Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 49p.

- Schwartz, M; M. Sepúlveda; V. Quitral; W. Kern; F. Vio; y I. Zacarías. 2014. Snacks de frutas y hortalizas, sanos, saludables y atractivos para la población escolar. Congreso “Innovación en el sector de la horti y fruticultura: Una muestra sectorial de la Región Metropolitana”. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Programa Regional de CONICYT.
- Schmidt-Hebbel, H.; I. Pennacchiotti, L. Masson y M. A. Mella. 1992. Tabla de composición química de alimentos chilenos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. Octava Edición.
- Sigdopack.2012.http://www.sigdopack.cl/espanol/TOLERANCIA/TOLERANCIAS_metalizados.pdf. Leído el 12 de marzo 2017
- Soto, R. 2016. Capacidad antioxidante in vitro de cuatro variedades de tubérculos de *Solanum Tuberosum* L. “papa” (cruda y cocida , con y sin cáscara). *Revista Científica Tzhoeco*, 6(2): 3-5.
- Sullivan, M. G., M. G. O’Sullivan, 2017. Chapter 3 – Sensory Affective (Hedonic) Testing. *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development*, 39–57
- Venegas, N. 1999. Control microbiológico de alimentos (cap. 32, pp 130-148). En su: Técnicas actualizadas y métodos acelerados. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 135p
- USDA (United States Department of Agriculture). 2016. Basic Report 11143, California 19–20p
- Yang, R., S. C. S., Tsou, T., Lee, P. M., Hanson, and P. Lai. 2016. Antioxidant Capacities and Daily Antioxidant Intake from Vegetables Consumed in Taiwan, *Science and Technology, Pingtung, Taiwan ROC*, 69–77.
- Zacarías, I., F. Vio; M. Schwartz, y M. Sepúlveda 2011. Snack en base a manzana. Un Producto saludable e innovador, desarrollado para mejorar la dieta de la población. *Revista Industrial*, (68): 66- 68

APÉNDICE I

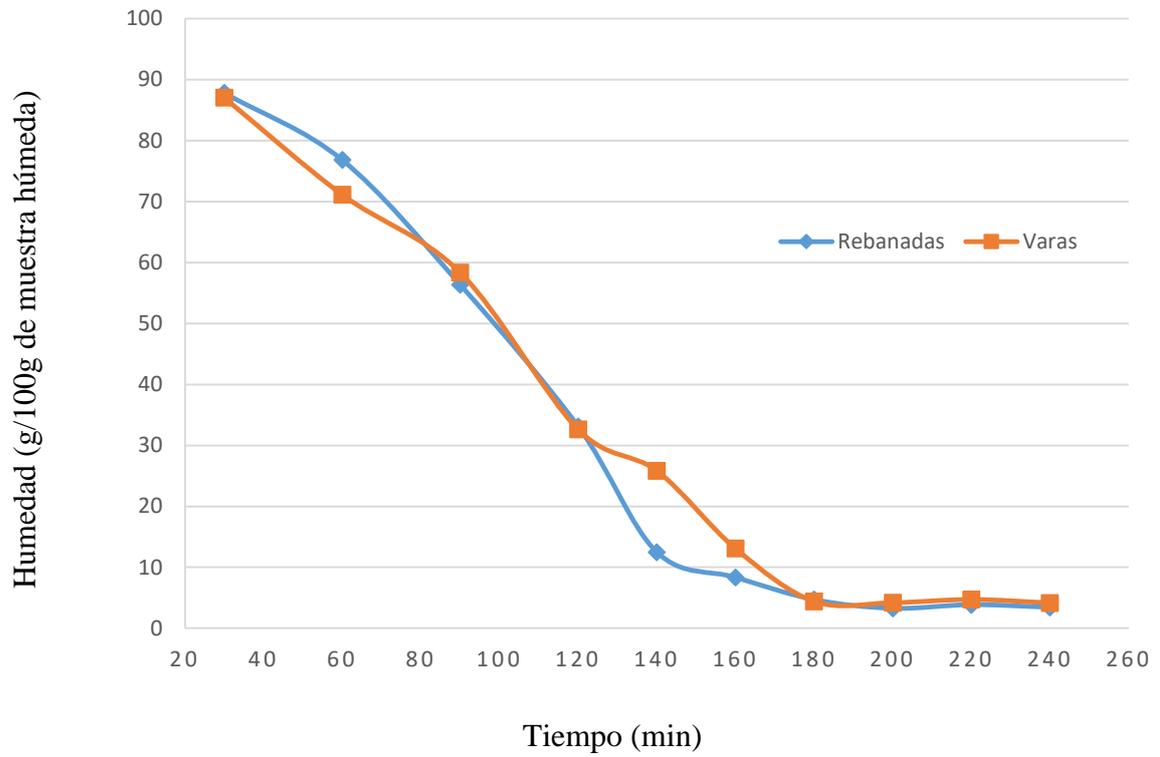


Figura 9. Curva de secado para el apio en forma de vara y rebanada en el horno de secado

APENDICE II

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados

Casos leídos 5

Casos omitidos 0

Variables de clasificación

Tratamiento

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	5,27	0,75	0,75
2	1,23	0,18	0,93
3	0,50	0,07	1,00
4	0,00	0,00	1,00
5	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	1,00
7	0,00	0,00	1,00

Autovectores

Variables	e1	e2
Apariencia	0,42	-9,4E-04
Color	0,42	-0,24
Homogeneidad Color	0,42	-0,20
Aroma Típico	0,38	-0,44
Sabor Característico	0,42	0,18
Fibrosidad	0,21	0,72
Crujencia	0,32	0,41

Matriz de correlaciones con las variables originales

Variables	CP 1	CP 2
Apariencia	0,97	-1,0E-03
Color	0,96	-0,26
Homogeneidad Color	0,97	-0,23
Aroma Típico	0,87	-0,48
Sabor Característico	0,97	0,20
Fibrosidad	0,47	0,79
Crujencia	0,72	0,46

Correlación cofenética= 0,990

ANEXO 1**Pauta de Evaluación Sensorial****Snack de apio**

Nombre.....N°.....

Edad.....Fecha.....

INSTRUCCIONES

A continuación se presenta una muestra de snacks de apio. Evalúe la muestra y marque con una línea vertical la calificación para los atributos evaluados.

Apariencia

0 UNIDADES DESHECHAS	UNIDADES ENTERAS 15
----------------------	---------------------

Color

0 PARDEADO	VERDE CLARO 15
------------	----------------

Homogeneidad del color

0 AUSENTE	HOMOGÉNEO 15
-----------	--------------

Aroma típico

0 AUSENTE	MUY PRONUNCIADO 15
-----------	--------------------

Sabor característico

0 AUSENTE	MUY PRONUNCIADO 15
-----------	--------------------

Fibrosidad

0 AUSENTE	ADECUADO 15
-----------	-------------

Crujencia

0 AUSENTE	MUY PRONUNCIADA 15
-----------	--------------------

ANEXO 2

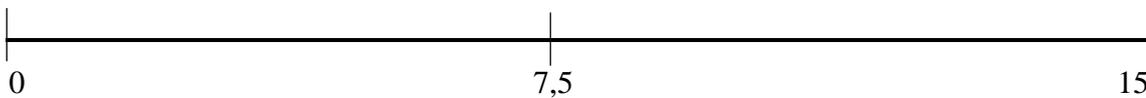
Pauta de Evaluación Sensorial

Snack de apio

Nombre.....
Edad.....
Fecha.....Nº.....
...

INSTRUCCIONES

A continuación se presenta una muestra de snacks de apio. Evalúe la muestra y marque con una línea vertical la calificación para los atributos evaluados.



GRACIAS

Anexo 3. Parámetros microbiológicos para frutas y verduras desecadas o deshidratadas

Parametro	Plan de muestreo				Límite por gramo	
	Categoría	Clases	n	c	m	M
Mohos	3	3	5	2	10^2	10^3
Levaduras	3	3	5	2	10^2	10^3
E. Coli	5	3	5	2	10	5×10^2
Salmonella en 50 g	10	2	5	0	0	-

Fuente: Ministerio de Salud 2016