



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE POSTGRADO

FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN “SNACK” FRITO CON INCORPORACIÓN DE UN INGREDIENTE FUNCIONAL

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de
Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial

SUSANA MARYORI PENNA RAMÍREZ

Directores de Tesis

HUGO NÚÑEZ KALASIC

CARMEN SÁENZ HERNÁNDEZ

Profesores consejeros

MARCELA MEDEL MARABOLI

NALDA ROMERO PALACIOS

SANTIAGO - CHILE

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN “SNACK” FRITO CON
INCORPORACIÓN DE UN INGREDIENTE FUNCIONAL**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de
Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial

SUSANA MARYORI PENNA RAMÍREZ

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de Grado)
DIRECTORES DE TESIS		
Hugo Núñez Kalasic Ingeniero Agrónomo, Mg.Sc.	7,0	Aprobado
Carmen Sáenz Hernández Químico Farmacéutico, Dr.	6,8	Aprobado
PROFESORES CONSEJEROS		
Marcela Medel Marabolí Ingeniero Agrónomo Enólogo, Dr.	6,7	Aprobado
Nalda Romero Palacios Químico Farmacéutico, Mg.Sc.	6,8	Aprobado

Santiago, Chile
2016

Índice de Contenido

Capítulo I: Subproductos de la agroindustria como ingrediente funcional en la elaboración de alimentos fritos	1
Antecedentes generales.....	1
Alimento funcional (AF)	2
Ingrediente funcional (IF).....	2
Producto Alimentario Intermedio (PAI)	2
PAI de Pomasa de manzana	3
PAI de Pomasa de tomate.....	3
PAI de Afrechillo de arroz.....	3
PAI de cladodios de nopal.....	4
Ingrediente funcional	5
Compuestos bioactivos presentes en el IF.....	5
Fritura y alimentos fritos.....	8
Literatura citada	12
Capitulo II: Formulación y elaboración de un “snack” frito con incorporación de un ingrediente funcional.....	19
Resumen.....	19
Abstract.....	20
Introducción.....	21
Hipótesis	22
Objetivos.....	22
Materiales y Métodos.....	23
Lugar de estudio	23
Materiales	23
Métodos	23
Resultados	28
Etapa 1. Optimización del proceso de elaboración del “snack”	28
Etapa 2. Optimización de la formulación base del “snack”	33
Etapa 3. Comparación del “snack” optimizado con el “snack” control	36
Discusión	41
Conclusiones.....	48
Literatura citada	49
Apéndice	54

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Características físicas y tecnológicas del ingrediente funcional	5
Cuadro 2. Principales compuestos bioactivos presentes en los PAI's	6
Cuadro 3. Formulación para las hojuelas fritas en base húmeda (g/100g)	23
Cuadro 4. Puntos del diseño del compuesto central y ortogonal	24
Cuadro 5. Combinaciones de temperatura-tiempo en optimización del proceso de fritura de "snack" T ₀ y T ₁	25
Cuadro 6. Niveles máximos y mínimos de los componentes de la matriz variable.....	25
Cuadro 7. Proporción de ingrediente para cada uno de los tratamientos (%).....	26
Cuadro 8. Aceptabilidad efectuada por panel entrenado, quienes evaluaron los 10 tratamientos de T ₀ propuestos	28
Cuadro 9. Contenido promedio de lípidos de los 10 tratamientos de T ₀ propuestos	29
Cuadro 10. Aceptabilidad efectuada por panel entrenado, quienes evaluaron los 10 tratamientos de T _{IF} propuestos	30
Cuadro 11. Contenido promedio de lípidos de los 10 tratamientos de T _{IF} propuestos	31
Cuadro 12. Valores de temperatura y tiempo óptimos de fritura considerando una maximización de aceptabilidad y una minimización de contenido de lípidos de ambos tratamientos. Valores esperados de aceptabilidad y contenido de lípidos	32
Cuadro 13. Aceptabilidad efectuada por panel entrenado, quienes evaluaron los 10 tratamientos propuestos por el diseño de mezclas	33
Cuadro 14. Relación entre los componentes de la matriz variable y la aceptabilidad	33
Cuadro 15. Relación de los atributos sensoriales y la aceptabilidad.....	34
Cuadro 16. Contenido promedio de lípidos de los 10 tratamientos propuestos por el diseño de mezclas	34
Cuadro 17. Relación entre los componentes de la matriz variable y contenido de lípidos ..	35
Cuadro 18. Cantidad óptima (g/100g) de cada ingrediente considerando una maximización de aceptabilidad y una minimización de contenido de lípidos. Valores esperados de aceptabilidad y contenido de lípidos	36
Cuadro 19. Contenido de humedad (%) y A _w de "snack" control (T ₀) y "snack" óptimo con IF (T _{IF}).....	36

Cuadro 20. Parámetros de color de “snack” control (T_0) y “snack” óptimo con IF (T_{IF})... 37	37
Cuadro 21. Contenido de lípidos, proteínas y cenizas de “snack” T_0 y T_{IF} (g/100 g “snack”)37	37
Cuadro 22. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidantes de “snack” T_0 y T_{IF} (g/100 g “snack”)38	38
Cuadro 23. Contenido de fibra dietética de “snack” T_0 y T_{IF} (g/100 g “snack”)38	38
Cuadro 24. Composición química y calórica de 25 g de “snack”38	38
Cuadro 25. Aceptabilidad de “snack” control y “snack” optimizado con IF a nivel de consumidor39	39
Cuadro 26. Aceptabilidad de “snack” control y “snack” optimizado con IF a nivel de panel entrenado39	39
Cuadro 27. Caracterización sensorial de calidad de “snack” control y “snack” optimizado con IF40	40

Índice de Figuras

Figura 1. A: Estructura química del tocoferol; B: Estructura química del tocotrienol; C: Cuatro isoformas de tocoferoles y tocotrienoles (Nielson y Hansen, 2008).....	7
Figura 2. Diagrama esquemático de la transferencia de calor y masa durante el proceso de fritura (Cocio, 2006).....	9
Figura 3. Línea de flujo para elaboración de “snack” frito	24
Figura 4. Efecto de las variables de proceso sobre la aceptabilidad en T_0	28
Figura 5. Efecto de las variables de proceso sobre el contenido de lípidos de T_0	29
Figura 6. Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de respuesta múltiple del “snack” T_0 según tiempo y temperatura de fritura	30
Figura 7. Efecto de las variables de proceso sobre la aceptabilidad en T_1	31
Figura 8. Efecto de las variables de proceso sobre el contenido de lípidos de T_1	31
Figura 9. Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de respuesta múltiple del “snack” T_1 según tiempo y temperatura de fritura	32
Figura 10. Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de respuesta múltiple según aceptabilidad y contenido de lípidos.....	35
Figura 11. Gráfico de contorno para la optimización de respuesta múltiple según aceptabilidad y contenido de lípidos	36
Figura 12. Diferencia de color de los tratamientos. T_0 es el del lado izquierdo y T_{IF} el que está al lado derecho	37

CAPÍTULO I: SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS FRITOS

Antecedentes generales

Durante la década pasada se han acelerado los cambios experimentados por los hábitos alimentarios y los modos de vida en respuesta a la industrialización, la urbanización, el desarrollo económico y la globalización de los mercados. Esto está teniendo importantes repercusiones en la salud y el estado nutricional de las poblaciones, sobre todo en los países en desarrollo y en los países en transición. El Instituto de Salud Pública de Chile (2006) indicaba que a mayor desarrollo de un país, más son los lípidos y azúcares refinados que se ingieren, produciendo una cantidad de energía que el organismo no alcanza a metabolizar, lo cual se traduce en sobrepeso. Es así como aumenta exponencialmente el riesgo de contraer enfermedades cardíaco y cerebrovasculares, afecciones inmunológicas y algunos cánceres como el mamario, el uterino o el de colon. Debido a estos cambios en los hábitos alimentarios y en el modo de vida, las enfermedades no transmisibles (ENT), incluidas la obesidad, la diabetes mellitus, las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión y algunos tipos de cáncer, son causa cada vez más importantes de discapacidad y muerte prematura en los países tanto en desarrollo como desarrollados (OMS, 2009).

Debido a lo anterior han surgido distintas alternativas para reducir el riesgo de contraer estas enfermedades, entre las cuales se encuentra el uso de ingredientes funcionales para elaborar alimentos funcionales. Scarlbert *et al.* (2005) señalan que un aumento de antioxidantes en la dieta puede reducir el estrés oxidativo y prevenir enfermedades crónicas. Además, un alto consumo de alimentos que contienen fibra está directamente relacionado a una baja incidencia de varios desórdenes y enfermedades comunes con un estilo de vida occidental (por ejemplo, enfermedades intestinales crónicas, diabetes, enfermedad coronaria y cáncer de colon) (Teixeira *et al.*, 2015). Las poblaciones que consumen fibra también están asociadas a menores tasas de obesidad (I-San Lin, 2011).

Por otra parte la agroindustria está experimentando un crecimiento en todo el mundo, el cual, a su vez ha generado varios millones de toneladas de residuos, cuya eliminación directa en el medio ambiente representa una causa importante de contaminación y también una importante pérdida de biomasa que podría ser utilizada para la producción de diferentes productos de alto valor. Hoy en día, hay una tendencia global creciente a la utilización eficiente de los recursos naturales. La generación sostenible de alimentos y el valor añadido de los residuos es el tema más importante en las industrias agrícolas y de procesamiento de alimentos (Dhillon *et al.*, 2013; Carmona, 2013). Estos residuos, muchas veces ricos en compuestos bioactivos, pueden llegar a formar parte de los llamados alimentos funcionales.

Alimentos funcionales (AF)

La Acción Concertada de la Comisión Europea sobre Ciencia de los Alimentos Funcionales en Europa (Functional Food Science in Europe, FuFoSE), coordinada por el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI), describió los alimentos funcionales de la siguiente manera: “un alimento se puede considerar como “funcional” si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de una manera relevante para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas”. La Agencia Europea de Inocuidad Alimentaria (EFSA), por su parte, define un alimento funcional como aquellos alimentos que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos, los cuales entregan beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades (EU Parliament, 2006).

En Chile, el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile (INTA, 2011), se refiere a los alimentos funcionales como “aquellos alimentos que en forma natural o procesada, contienen componentes que ejercen efectos beneficiosos para la salud, que van más allá de la nutrición”. Un alimento funcional puede entonces ser un alimento natural o un alimento que ha sido modificado para tener una influencia funcional sobre la salud y el bienestar del consumidor a través de la adición, eliminación o modificación de componentes específicos (Howlett, 2008).

Ingredientes funcionales (IF)

Un ingrediente funcional se define como aquel componente natural que ha demostrado tener una actividad biológica determinada. La obtención de un IF se realiza mediante el fraccionamiento de las materias primas y el retiro de impurezas mayores para concentrar los compuestos bioactivos. Para ser incluidos en la formulación de alimentos, es necesario conocer sus propiedades físicas, químicas y tecnológicas (Beltrán, 2006).

Productos Alimentarios Intermedios (PAI)

Son productos alimentarios que surgen de la valoración de subproductos, en la búsqueda de funcionalidad nutricional y tecnológica. Son de importancia para la elaboración de productos con un mayor valor añadido debido a que aportan características beneficiosas para la salud además del aspecto nutricional (Gartzia, 2002).

Por lo tanto, los PAI's juegan un papel esencial en la elaboración de alimentos diferenciados, que no sólo cumplen su función de alimentar, sino que aportan otras funciones o características al producto final para mayor valoración por parte del consumidor y en la confección de su dieta actual. En general, los PAI's constituyen sólo una pequeña parte del producto final en peso, pero influyen considerablemente en la aceptación del producto final y en el éxito comercial (Palermo, 2000). Los productos

alimentarios intermedios se pueden utilizar para formular ingredientes funcionales. Entre los PAI's se encuentran los que se describen a continuación.

PAI de Pomasa de manzana

La pomasa de manzana es el subproducto obtenido luego del proceso de extracción del jugo, que incluye piel, restos fibrosos de pulpa, pedúnculos y semillas, correspondiendo al 30% del fruto (Grigoras *et al.*, 2013). En la actualidad, se destina principalmente a alimentación animal (Sudha, 2011), sin embargo, se está ampliando su utilización en la industria alimentaria gracias a su alto contenido de fibra y polifenoles, pudiendo sustituir a antioxidantes sintéticos gracias a sus propiedades antioxidantes (Diñeiro *et al.*, 2009; Sudha, 2011).

Luego de un proceso de lavado, secado (40 °C por 7 horas), molienda y tamizado de la pomasa, se obtiene el PAI de manzana, el cual contiene 8,44 % de proteínas, 4,01 % de lípidos y 1,21 % de cenizas. Además, el contenido de fibra dietética total es 36,94 %, del cual un 34,58 % corresponde a fibra insoluble (Farías, 2010).

PAI de Pomasa de tomate

La pomasa de tomate es un subproducto que está conformado por tejido del pericarpio, piel y semillas, correspondiendo al 4 % del peso del fruto (Altan *et al.*, 2008). Proviene de la industria procesadora del tomate, principalmente de las industrias de elaboración de pasta, salsa y jugo. Los principales compuestos bioactivos extraíbles de los residuos del tomate son licopeno y fibra. La cantidad de licopeno, antioxidante extraíble de los residuos, varía entre 80 y 150 mg/kg, existiendo la mayor concentración de licopeno en la cáscara del fruto (54 mg/100 g) (Carmona, 2013). Del Valle *et al.* (2006) proponen que este subproducto puede ser incorporado a alimentos para mejorar su calidad nutricional, teniendo presente algún efecto negativo que genere esta incorporación en la aceptabilidad del producto.

Para obtener el PAI de tomate es necesario eliminar las impurezas y separar las semillas de la pomasa, para luego realizar el proceso de secado (40 °C por 7 horas), molienda y tamizado. El contenido de proteínas, lípidos y cenizas del PAI de tomate es 1,89 %, 2,18 % y 2,1 %, respectivamente. Además, contiene un 82,42 % de fibra dietética total, correspondiendo a fibra insoluble la mayor fracción (69,75 %) (Bonilla, 2012), la cual es principalmente hemicelulosa (Navarro-González *et al.*, 2011).

PAI de Afrechillo de arroz

El afrechillo de arroz corresponde al pericarpio y germen del grano de arroz, 10-12 % del mismo, y se define como el subproducto obtenido en las etapas de blanqueado y pulido,

luego de la separación de las diferentes capas que envuelven al grano (Parrado *et al.*, 2006). En la actualidad, cerca del 90 % se destina a alimentación animal (Kahlon, 2009).

Una de las desventajas es que este subproducto contiene lipooxigenasa, enzima que degrada los lípidos haciendo que el afrechillo se oxide y no se pueda consumir debido a la rancidez (Kahlon, 2009). Sin embargo, este deterioro puede ser estabilizado con eficacia mediante un calentamiento por microondas seguido de un envasado hermético y almacenado a temperaturas de 4-5 °C (Fatemeh *et al.*, 1999; citado por Samalvides, 2005).

El PAI de afrechillo de arroz se obtiene luego de inactivar la lipooxigenasa en microondas por 4 minutos, para posteriormente realizar el proceso de molienda y tamizado. Respecto a su composición, el PAI contiene 10,69 % de proteínas, 12,63 % de lípidos y 6,57 % de cenizas (Vargas, 2009); siendo las proteínas de alta digestibilidad y valor nutritivo (Kahlon y Smith, 2004). El contenido de fibra dietética total del PAI es 43,67 %, siendo un 42,62 % fibra dietética insoluble (Vargas, 2009).

Sus componentes principales –fibra dietética, ácidos grasos insaturados, fitosteroles, tocoles- han demostrado su propiedad para mejorar el patrón de lípidos en plasma de los roedores, conejos y seres humanos, reduciendo la concentración de triglicéridos y aumentando el nivel de lipoproteína de alta densidad (HDL) (Cicero y Derosa, 2005). Es también una rica fuente de hierro, vitamina B, polifenoles, lisina y γ -oryzanol, el cual tiene una actividad biológica similar a la de la vitamina E (Borresen y Ryan, 2014).

PAI de cladodios de nopal

El polvo de nopal se obtiene por deshidratación y molienda de los cladodios de *Opuntia ficus-indica* previamente desespinaados, lavados y cortados (Sepúlveda, 1995; Linaje-Treviño y de la Fuente-Salcido, 2007). Su contenido de fibra dietética es variable dependiendo entre otros factores de la edad de los cladodios. Según Aguilera (2012), los cladodios de 3 años contienen un 56,37 % de fibra dietética total, siendo 45,33 % fibra insoluble y 11,63 % fibra soluble. Además su contenido de proteínas, lípidos y cenizas corresponde a 1,6 %, 0,3 % y 9,25 %, respectivamente. Sáenz *et al.* (2010) indicaron algunas características químicas y físicas de un polvo de nopal, destacando la contribución de calcio (3,4 g/100g) y de potasio (2,05 g/100g), además de su bajo aporte de sodio (0,02 g/100g).

Este polvo se ha utilizado a nivel experimental para enriquecer con su aporte de fibra productos como sopas de verduras, postres tipo flan, galletas, pastas, cremas o bien en la de fibras dietéticas peletizadas. Esto es de especial interés, teniendo en cuenta que en general las dietas de muchos países son bajas en fibra y que este compuesto es altamente saludable (Sáenz *et al.*, 2006). En México existen productos comerciales como las tortillas, en las que se reemplaza parte de la harina de maíz por polvo de nopal, para aumentar su contenido de fibra.

Ingrediente funcional utilizado en este estudio

Se trabajó con un ingrediente funcional obtenido en el Proyecto InnovaChile 07CT9PZ-04. Está formulado por la mezcla de cuatro PAI's, en iguales proporciones cada uno, los cuales se obtuvieron a partir de residuos agroindustriales: pomasa de manzana (Farías, 2010), pomasa de tomate (Bonilla, 2012), afrechillo de arroz (Vargas, 2009), y restos de poda de cladodios de nopal (Aguilera, 2012). Se determinaron las características físicas y tecnológicas del IF, las cuales se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y tecnológicas del ingrediente funcional

Características físicas	
Humedad	7,3 %
Actividad de agua (Aw)	0,468
Parámetros de color	
L	67,94
a*	6,58
b*	23,18
C*	24,10
h°	74,15
Características tecnológicas	
Granulometría	≤ 250 μm
Densidad	0,37 g/mL
Capacidad de retención de agua (CRA)	2,94 g/g
Capacidad de adsorción de aceite (CAA)	1,34 g/g

Lizama (2012) señaló que dentro de las características tecnológicas del IF, destacaba su baja capacidad de adsorción de aceite (0,89 g/g), la cual se refiere a la máxima cantidad de aceite que puede ser retenida por gramo de material seco (Tamayo y Bermúdez, 1998). Conocer la CAA de una fibra, sugiere los posibles usos como ingrediente funcional en productos alimenticios: por ejemplo, una fibra dietética con alta CAA permitiría la estabilización de alimentos con altos contenidos de grasa y emulsiones (Elleuch *et al.*, 2011), mientras que una baja CAA proporcionaría una sensación no grasosa en productos fritos (Cervantes *et al.*, 2010).

Compuestos bioactivos presentes en el IF utilizado en este estudio

En el Cuadro 2 se observan los principales compuestos bioactivos presentes en cada uno de los PAI's que componen el IF a utilizar en este estudio.

Cuadro 2. Principales compuestos bioactivos presentes en los PAI's que conforman el IF de este estudio

PAI	Compuestos bioactivos
Pomasa de manzana	Fibra dietaria, polifenoles
Pomasa de tomate	Fibra dietaria, polifenoles, licopeno
Afrechillo arroz	Fibra dietaria, tocoles, lisina
Polvo de cladodios de nopal	Fibra dietaria

Fuente: Godoy, 2012.

Fibra dietaria. La Asociación Americana de Químicos de Cereales (2001) define a la fibra dietética como “la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, y lignina, promoviendo efectos fisiológicos beneficiosos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre”. Asimismo, FAO (2004) plantea que la fibra dietética proviene de la pared celular de los vegetales, excepto el almidón resistente, gomas y mucílagos (Gassull y Verdú, 2008), y no puede ser digerida por los seres humanos, por lo tanto no representa una fuente de energía.

Existe una asociación positiva entre el consumo de fibra soluble con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico, mientras que la fibra insoluble se relaciona con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y su interacción con la flora microbiana (Sáenz *et al.*, 2006).

Se estima que una ingesta de 25 a 35 g/día de fibra dietética en los jóvenes y adultos normales contribuye a la prevención de enfermedades crónicas (FAO, 2004). Sin embargo, la ingesta promedio de fibra dietaria en adultos en Chile no supera los 12 g, siendo un valor inferior a lo recomendado (ENCA, 2010).

Licopeno. Es un carotenoide liposoluble responsable de la coloración roja del tomate y sus derivados. Debido a su capacidad antioxidante, se han propuesto diferentes funciones bioquímicas del licopeno en la prevención de enfermedades crónicas: puede atrapar especies reactivas de oxígeno, reducir el daño oxidativo de lípidos, proteínas y ácido desoxirribonucleico (ADN), minimizando el estrés oxidativo, lo cual gracias a su efecto antioxidante puede reducir el riesgo de padecer enfermedades degenerativas, cáncer de próstata y enfermedades cardiovasculares (Carmona, 2013), existiendo un efecto anticancerígeno y antiaterogénico gracias a la intervención en la comunicación intercelular y los mecanismos inmunológicos (Cámara *et al.*, 2013; Altan y Maskan, 2011).

La forma natural del licopeno se presenta como isómero *trans*, sin embargo, el isómero *cis* es el que presenta mayor biodisponibilidad. Esto último se puede atribuir a una menor longitud de las moléculas *cis*, menor tendencia a precipitar en el tracto gastrointestinal y/o

una menor solubilidad en las micelas biliares. Algunos autores también han indicado intensa isomerización durante o después de la absorción en el intestino, lo que explica los niveles más altos de licopeno-*cis* en el plasma sanguíneo (Cámara *et al.*, 2013). También puede sufrir isomerización cuando es expuesto a altas temperaturas, luz, oxígeno, ácidos, siendo el isómero *cis* menos termoestable (Kong *et al.*, 2010).

El licopeno se puede usar como colorante en alimentos y bebidas y también como suplemento alimenticio, solo o con otros carotenoides, como el betacaroteno y la luteína (Carmona, 2013).

Tocoles. Son antioxidantes importantes en los alimentos y se componen de ocho isómeros de origen natural: cuatro tocoferoles (α -T, β -T, γ -T, y δ -T) y cuatro tocotrienoles (α -T3, β -T3, γ -T3, y δ -T3). La estructura molecular de la vitamina E (α -tocoferol) consiste en un anillo cromanol polar ligado a una cadena de isoprenoideas (Figura 1). La estructura de los tocotrienoles difiere de la de los tocoferoles por la presencia de tres dobles enlaces *trans* en la cadena del hidrocarburo. Además, los tocoferoles y tocotrienoles α , β , δ , y γ , difieren con respecto al número y posición de los grupos metilo en el anillo cromanol (Figura 1c) (Nielson y Hansen, 2008).

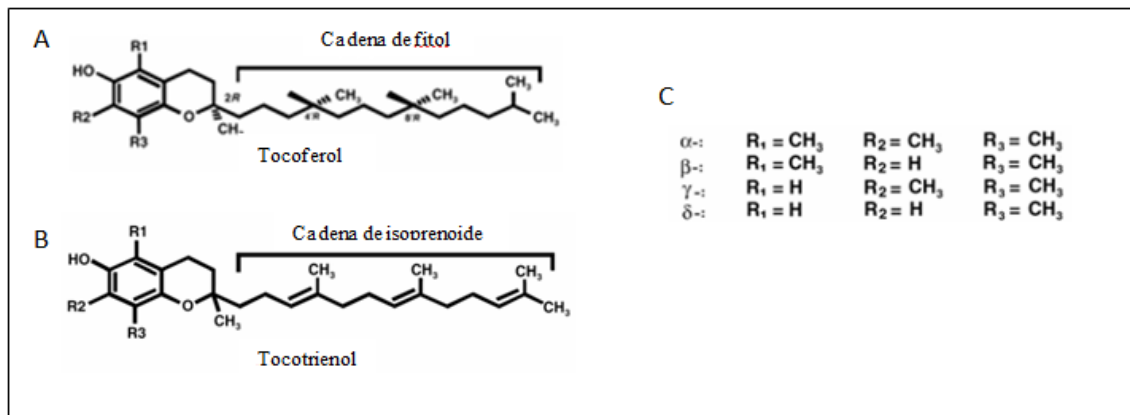


Figura 1. A: Estructura química del tocoferol; B: Estructura química del tocotrienol; C: Cuatro isoformas de tocoferoles y tocotrienoles (Nielson y Hansen, 2008)

Los tocoles se encuentran como componentes menores en aceites vegetales, tales como el aceite de soya, maní, algodón y girasol, así mismo es posible encontrar vitamina E en cereales como el trigo, avena y arroz integral (Goicochea, 2002).

Existen estudios que indican que los tocotrienoles poseen una actividad para neutralizar radicales libres al menos 3 veces mayor comparado con los tocoferoles, asociando el poder antioxidante de los primeros a la inhibición de la peroxidación de las membranas biológicas (Chen y Bergman, 2005).

Ha *et al.* (2005) señalan que una dieta que contenga estos antioxidantes provenientes del afrechillo de arroz disminuiría el nivel de colesterol total y triglicéridos en ratas. Estudios realizados sugieren que tanto los tocoferoles como los tocotrienoles reducen

significativamente el riesgo de cáncer y enfermedades coronarias, además inhiben la oxidación de los productos del colesterol, compuestos considerados mutagénicos y cancerígenos (Zhimin *et al.*, 2001).

Polifenoles. Son considerados metabolitos secundarios de las plantas en respuesta a agentes bióticos y abióticos (Huat Tan y Wei Ong, 2014; Anhê *et al.*, 2013) y son los antioxidantes más abundantes en la dieta, siendo constituyentes de frutas, vegetales, cereales, legumbres, chocolate y bebidas como el té, café y vino. Algunas frutas como la manzana, uva, pera y berries contienen alrededor de 200-300 mg de polifenoles cada 100 g de fruta fresca (Scalbert *et al.*, 2005).

Aunque los estudios en humanos son limitados, en animales y en estudios *in vitro*, se ha observado que el consumo de alimentos que contienen polifenoles facilitaría la pérdida de peso y ayudaría a prevenir el aumento de este; además de mejorar los niveles de glucosa en la sangre, disminuyendo la resistencia a la insulina y la adiposidad, conduciendo a reducir los riesgos de sobrepeso y obesidad (Meydani y Hasan, 2010).

En virtud del efecto anti-inflamatorio y efecto de inhibición del estrés oxidativo, los polifenoles se consideran como una alternativa con enfoque natural para la prevención o el tratamiento incluso de diversas enfermedades crónicas como el cáncer (Heyninck *et al.*, 2014). Anhê *et al.* (2013) proponen que una dieta rica en frutas y verduras es inversamente proporcional a la incidencia de diabetes tipo 2, atribuyendo estos efectos beneficiosos en gran medida a los compuestos fenólicos presentes en los alimentos.

Lisina. Se clasifica dentro de los aminoácidos esenciales, es decir, debe ser ingerida a través de la dieta porque el organismo no lo produce. Es necesaria para el crecimiento debido a que disminuye la excreción urinaria de calcio, ayudando a mantener un nivel adecuado y por lo tanto disminuyendo el riesgo de osteoporosis (Terry, 2007).

Son fuentes de lisina aquellos alimentos ricos en proteína como la carne, huevo, legumbres y cereales. Cabe destacar que el amaranto por presentar un contenido de lisina superior al de los cereales, es considerado buena fuente de proteínas de mayor calidad biológica, siendo un excelente complemento a las proteínas de maíz y trigo (Rodas y Bressani, 2009). El afrechillo de arroz es también una fuente de lisina y según Salmavides (2005) este subproducto contiene 72 mg/g.

Smriga *et al.* (2002) señalan que una dieta deficiente en lisina aumenta la ansiedad producida por estrés en ratas. Adicionalmente, este aminoácido ayuda a mantener un nivel adecuado de nitrógeno en el organismo, colaborando en la síntesis de proteínas, hormonas, enzimas, formación de colágeno así como para la reparación de tejidos (Bender, 1993).

Fritura y alimentos fritos

El proceso de fritura puede ser definido como un proceso de cocción y deshidratado de alimentos, por su inmersión en un fluido comestible (aceite) (Farkas, 1994). Como se observa en la Figura 2, la fritura es un proceso simultáneo de transferencia de calor y masa. El calor es transferido por convección desde el aceite hacia la superficie del alimento, posteriormente la transferencia de calor al interior del alimento ocurre por conducción. La transferencia de masa se caracteriza por la pérdida de agua desde el alimento como vapor de agua y el movimiento de aceite al interior del alimento (Krokida *et al.*, 2000).

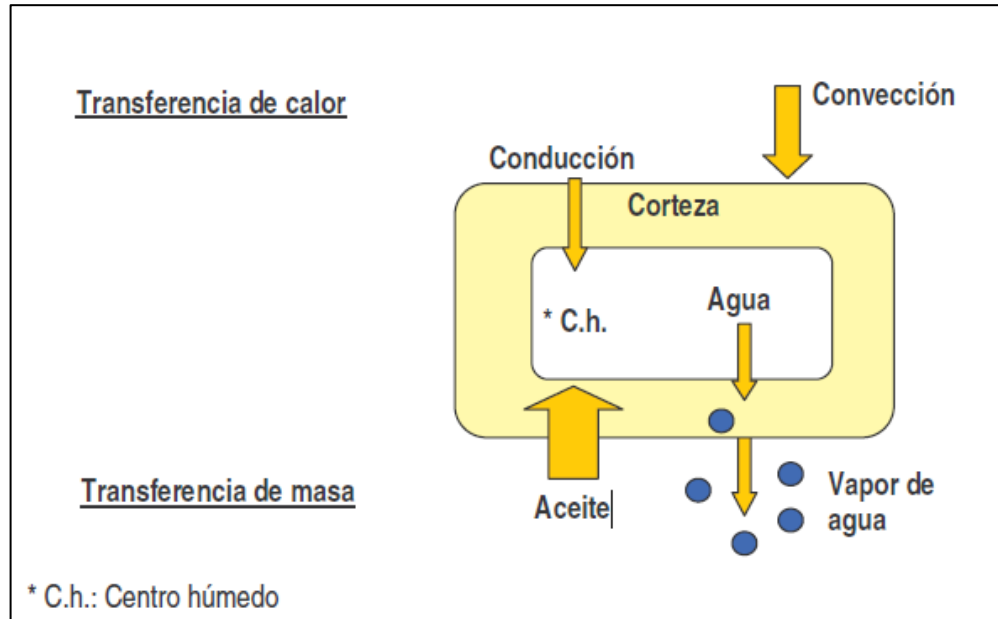


Figura 2. Diagrama esquemático de la transferencia de calor y masa durante el proceso de fritura (Cocio, 2006)

Las temperaturas de fritura están en el rango de 120 °C a 200 °C, pero las temperaturas más comunes se encuentran en el rango de 170 °C a 190 °C (Bouchon, 2002). Gökmen y Şenyuva (2007) plantean que la relación tiempo-temperatura son parámetros importantes en el análisis de cualquier proceso de fritura y para determinar la calidad del producto final.

Debido a las altas temperaturas utilizadas, ocurren importantes cambios microestructurales en los productos fritos (Dueik y Bouchon, 2011), una cantidad de agua se evapora debido a la deshidratación que se produce durante el proceso. Por otra parte, se produce la gelatinización del almidón, las proteínas se desnaturalizan y algunos nutrientes se pierden (como la tiamina y riboflavina, vitaminas, que son inestables a altas temperaturas). Se forma una costra y el alimento adquiere un color dorado, se desarrollan sabores y aromas, todo ello lleva a una textura crujiente y características sensoriales distintivas de un alimento frito (Fellows, 2009; Bordin *et al.*, 2013). No solo estos cambios organolépticos le otorgan, a este tipo de productos, gran aceptación a nivel mundial, a lo que se suma la rapidez de su preparación (Suaterna, 2008).

La absorción de aceite durante la fritura se puede ver afectada por varios factores, dentro de los cuales se encuentran el tipo y calidad del aceite, temperatura y tiempo de fritura, aplicación de pretratamientos, y las características y composición del alimento (Castro *et al.*, 2009). No obstante, se ha demostrado que la mayor parte del aceite se localiza en la región superficial del producto frito (Bouchon, 2002; Aguilera y Gloria, 1997) y hay estudios que indican que la mayor parte es absorbida durante el periodo de enfriamiento posterior a la fritura. Se plantea que durante la fritura el vigoroso escape de vapor de agua podría generar una barrera que previene la migración de aceite al interior de la estructura porosa y como consecuencia la absorción de aceite podría estar limitada durante la mayoría del periodo de inmersión. Como resultado, el aceite absorbido podría ser esencialmente definido como un fenómeno de tensión superficial resultado de la competencia entre el flujo y succión al interior de la corteza porosa una vez que el producto es removido del aceite de fritura y comienza a enfriarse (Bouchon, 2002).

Una forma de reducir la absorción de aceite en alimentos fritos ha sido el uso de fibra dietaria tanto dentro de la matriz del producto, como el uso de un revestimiento superficial. Dado que las propiedades de superficie de los alimentos afectan a la absorción de aceite durante la fritura (Mellema, 2003), la modificación de la superficie por los revestimientos de hidrocoloides puede contribuir a la reducción de la absorción de aceite durante la fritura. Varios hidrocoloides se han probado como un material de revestimiento de barrera al aceite tal como hidroxipropil metil celulosa y metil celulosa, obteniendo con este último una menor absorción de aceite en papas fritas (García *et al.*, 2002). Albert y Mittal (2002) evaluaron pectinas, goma gelano, metil celulosa, aislado de proteína de soya, aislado de proteína de suero de leche, entre otros hidrocoloides, señalando que la menor absorción de aceite y reducción de pérdida de agua al elaborar pasteles fritos se obtuvo utilizando metil celulosa, aislado de proteína de soya y aislado de proteína de suero de leche.

Se ha probado además que la adición de salvado de avena en la matriz de los *puri* (similar a pan frito de alto consumo en India) afecta negativamente la absorción de aceite. Sin embargo, no ocurriría lo mismo al incorporar salvado de trigo (Yadav y Rajan, 2012). Altunakar *et al.* (2004) señalan que la alta capacidad de retención de agua y el desarrollo de viscosidad de las fibras, tienen un gran efecto en la reducción de la absorción de aceite en los productos fritos. La incorporación de nopal crudo y de harina de trigo integral contribuye en la disminución del contenido final de aceite al elaborar “botanas” fritas (Justo *et al.* 2010). Debido a la gelificación térmica de goma gelano, se forma una capa poco permeable al aceite, lo cual evitaría el ingreso excesivo de aceite dentro del alimento (Bajaj y Singhal, 2007).

La popularidad de los procesos de fritura puede atribuirse a las características de los productos obtenidos. La fritura genera, por lo general, productos sabrosos con un exterior crujiente y su parte interior jugosa y suave (Ballard, 2003). El objetivo de la fritura consiste en “sellar” los alimentos en aceite caliente para que los sabores y humedad presentes en ellos sean retenidos en una corteza crujiente, es así como la mayoría de las características deseables de los productos fritos proviene de la formación de una estructura compuesta por una capa externa o corteza crocante, porosa y aceitosa y un interior húmedo y cocido (Suaterna, 2009).

El mercado mundial de productos fritos crece continuamente y está dominado principalmente por las papas fritas y la multinacional *Lays*, la cual tiene marcas asociadas entre ellas *Restó*, *Cheetos*, *Doritos*, *Cheezels* y *Mom's*. Según cifras de Euromonitor, en el caso de Chile el mercado de los snacks facturó US\$ 437,4 millones el año 2012 y sitúa a los chilenos como los segundos consumidores de América Latina con un consumo de 1,4 Kg per cápita, estando en primer lugar México con 3,8 kg al año per cápita (Aguirre, 2013). En el año 2014, en México se consumieron en promedio 157 mil toneladas de papas fritas al año, siendo este país un destino con alto potencial para la exportación de estos productos, ya que un 97 % de los hogares en México consumen alimentos de esta categoría, generando ventas de más US\$ 3.153 millones al año (Multimedios, 2015).

Literatura citada

- Aguilera, J. and H. Gloria. 1997. Determination of oil in fried potato products by differential scanning calorimetry. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 45:781-785.
- Aguilera, P. 2012. Determinación del contenido de compuestos funcionales en polvos de nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill.), provenientes de cladodios de distinto peso. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 20h.
- Aguirre, B. 2013. Seis actores se disputan el mercado de los snack de colores. Disponible en: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=109994>. Leído el 22 de Diciembre 2015.
- Albert, S. and G. Mittal. 2002. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Research International* 35 (5): 445–458.
- Altan, A., K. McCarthy, M. Maskan. 2008. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *Journal of Food Engineering* 84: 231-232.
- Altan, A. and M. Maskan. 2011. Development of Extruded Foods by Utilizing Food Industry By-Products (cap. 6). *En su: Advances in Food extrusion Technology*. 1er ed. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos: CRC Press. 383p.
- Altunakar B, S. Sahin, G. Sumnu. 2004. Functionality of batters containing different gums for deep fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering* 75:522–528.
- Anhê, F., Y. Desjardins, G. Pilon, S. Dudonné, M. Genovese, F. Lajolo, A. Marette. 2013. Polyphenols and type 2 diabetes: A prospective review. *PharmaNutrition* 1: 105–114.
- Asociación Americana de Químicos de Cereales (A.A.C.C.). 2001. The Definition of Dietary Fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemists 46 (3): 112-126.
- Bajaj I. and R. Singhal. 2007. Gellan gum for reducing oil uptake in *sew*, a legume based product during deep-fat frying. *Food Chemistry* 104: 1472–1477.
- Ballard, T. 2003. Aplicación de recubrimientos comestibles en mantener la crujencia de panes fritos. Tesis de Magíster de Ciencias en Sistemas de Ingeniería Biológica. Facultad de Instituto Politécnico de Virginia y la Universidad Estatal, Blacksburg, Virginia, Estados Unidos. 121h.
- Beltrán, M. 2006. Ingredientes funcionales: definiciones, ubicación y uso. *Industria Alimentaria* 28 (4): 36-42.
- Bender, D. 1993. Introducción a la nutrición y el metabolismo. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 345p.

- Bonilla, E. 2012. Efecto de la temperatura de secado sobre la composición química de compuestos bioactivos en un producto alimentario intermedio derivado de la pomasa de tomate. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 28h.
- Bordin K., M. Kunitake, K. Aracava, C. Favar. 2013. Changes in food caused by deep fat frying – A review. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 6 (1): 5-13.
- Borresen, E. and E. Ryan. 2014. Rice Bran: A Food Ingredient with Global Public Health Opportunities (Cap. 22, pp. 301-310). *En: Watson, R., V. Preedy, S. Zibadi (eds.). Wheat and Rice in Disease Prevention and Health: Benefits, risks and mechanisms of whole grains in health promotion. California, Estados Unidos: Elsevier. 573p.*
- Bouchon P. 2002. Modeling oil uptake during frying. Thesis submitted as a partial fulfillment for the degree for Doctor of Philosophy. University of Reading, School of Food Biosciences.
- Cámara, M., M. Sánchez-Mata, V. Fernández-Ruiz, R. Cámara, S. Manzoor, J. Cáceres. 2013. Lycopene: A Review of Chemical and Biological Activity Related to Beneficial Health Effects (Cap. 11, pp. 383-426). *En: Rahman A. (ed.). Studies in Natural Products Chemistry vol. 40. 1er ed. Amsterdam, Países Bajos: Elsevier. 513p.*
- Carmona, I. Agosto, 2013. Utilización de los residuos de la industria del tomate para la obtención de compuestos bioactivos (Rep. N°), Santiago, Chile: ODEPA.
- Castro, D., S. García, P. Prati, F. Fakhouri, F. Collares, E. Vicente. 2009. Reducing of fat uptake in cassava product during deep-fat frying. *Journal of Food Engineering* 94: 390–394.
- Cervantes J., J. Rascón, M. Ramos, M. Sánchez, E. Jiménez. 2010. Estudio de algunas propiedades funcionales de residuos agroindustriales de frutos tropicales. XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. México.
- Chen, M. and C. Bergam. 2005. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -oryzanol contents. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 319–331.
- Cicero, A. and G. Derosa. 2005. Rice bran and its main components: potential role in the management of coronary risk factors. *Current Topics in Nutraceutical Research* 3 (1): 29–46.
- Cocio, C. 2006. Estudio de la distribución del aceite en rodajas de papa frita. Memoria Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Universidad de Chile. 87p.
- Del Valle, M., M. Cámara, M. Torrija. 2006. Chemical characterization of pomace tomato. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 1232-1236.

- Dhillon, G., S. Kaur, S. Kaur. 2013. Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 27: 789–805.
- Diñeiro Y., B. Suárez, A. Picinelli. 2009. Phenolic and antioxidant composition of by-products from the cider industry: Apple pomace. *Food Chemistry* 117: 731–738.
- Dreher, M. 2001. Dietary Fiber Overview. pp.1-16. In: Dreher, M. *Handbook of Dietary Fiber*. Mead Johnson Nutritionals/Bristol-Myers Squibb Company, Evansville, Indiana. 842p.
- Dueik, V. and P. Bouchon. 2011. Development of healthy low-fat snacks: understanding the mechanisms of quality changes during atmospheric and vacuum frying. *Food Reviews International* 27(4): 408-432.
- Elleuch, M., D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, C. Blecker, H. Attia. 2011. Dietary fibre and fiber-rich by-products of food processing: characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* 124: 411-421.
- ENCA, 2010. Encuesta Nacional de Consumo Alimentario: informe final. Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. 329p.
- EU Parliament (European Parliament). 2006. C1 Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on Nutrition and Health Claims made on Foods. 30p.
- Farías, B. 2010. Obtención y caracterización de productos alimentarios intermedios de la pomasa de manzana. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 35h.
- Farkas, B. 1994. Modeling immersions frying as a moving boundary problem. PhD dissertation. University of California, Davis.
- Fellows, P. 2009. Frying (cap. 19, pp. 555-577). *En: Food Processing Technology*. 3 ed. Estados Unidos: CRC Press. 928p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. Necesidades nutricionales (Bol. N° 2). Santiago, Chile. 36p.
- García, M., C. Ferrero, N. Bértola, M. Martino, N. Zaritzky. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3 (4): 391–397.
- Gartzia, I. 2002. Productos Alimentarios Intermedios (PAI). *Revista Industria de Alimentos* 20 (5): 16-20.
- Gassul, M. y J. Verdú. 2008. Fibra alimentaria (cap. 7). *En su: Nutrientes*. Granada, España. 17p.

- Godoy, N. 2012. Evaluación de compuestos bioactivos presentes en ingredientes funcionales. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, grado Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 68p.
- Goicochea, E. 2002. Efecto de la adición de palmitato de ascorbilo en la estabilidad oxidativa de hojuelas de papa elaboradas con una mezcla de oleína de palma y aceite de raps, tipo canola. Tesis Licenciado en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral, Valdivia, Chile. 89p.
- Gökmen, V. and H Şenyuva. 2007. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry* 103 (1): 196–203.
- Grigoras, C., E. Destandau, L. Fougère, C. Elfakir. 2013. Evaluation of apple pomace extracts as a source of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products* 49: 794– 804.
- Ha, T., S. Han, S. Kim, I. Kim, H. Lee, H. Kim. 2005. Bioactive components in rice bran oil improve lipid profiles in rats fed a high-cholesterol diet. *Nutrition Research* 25: 597–606.
- Heyninck, K., G. Haegeman, A. Goel. 2014. Cancer Chemoprevention by Dietary Polyphenols: Role for Epigenetics and Inflammation (Cap. 90, pp. 1199-1216). *En: Watson, R., V. Preedy, S. Zibadi (eds.). Polyphenols in Human Health and Disease. California, Estados Unidos: Elsevier. 1419p.*
- Huat Tan, B. and K. Wei Ong. 2014. Influence of Dietary Polyphenols on Carbohydrate Metabolism (Cap. 9, pp. 95-111). *En: Watson, R., V. Preedy, S. Zibadi (eds.). Polyphenols in Human Health and Disease. California, Estados Unidos: Elsevier. 1419p.*
- Howlett, J. 2008. Functional foods from science to health and claims. *International Life Sciences Institute (ILSI) Europe. 44p.*
- Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile (INTA). 2011. ¿Qué son los alimentos funcionales? Cartilla educativa disponible en: <http://www.inta.cl> . Leído el 6 de Diciembre 2013.
- Instituto de Salud Pública (ISP), Chile. 2006. Estudio de Ácidos Grasos Trans en diversos Alimentos. Pp. 23-27. *En: Martínez, M. (Ed.) Programa de Inocuidad de los Alimentos: Reporte de estudios 2006 - 2007. Subdepartamento de Alimentos y Nutrición, Departamento de Salud Ambiental, Instituto de Salud Pública de Chile. 87p.*
- I-San Lin, R. 2011. Dietary Supplements in the Prevention and Treatment of Childhood Obesity (cap.39, pp. 419-432). *En: Bagchi, D. Global Perspectives on Childhood Obesity. California, Estados Unidos: Elsevier. 521p.*
- Justo, B., A. Peñuelas, C. Aguilar, D. Zanella, B. Corona, A. Guzmán. 2010. Frituras de harina de trigo mejoradas, una experiencia en la Comunidad “La providencia”. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. 7p.

Kahlon, T. 2009. Rice Bran: Production, Composition, Functionality and Food Applications, Physiological Benefits (Cap. 14, pp. 305-321). *En*: Sungsoo, S. and P. Samuel (eds.). *Fiber Ingredients: Food Applications and Health Benefits*. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos: CRC Press. 467p.

Kahlon, T. and G. Smith. 2004. Rice bran: a health-promoting ingredient. *Cereal Foods World* 49 (4): 188-190.

Kong, K., H. Khoo, K. Nagendra, A. Ismail, C. Tan, N. Rajab. 2010. Revealing the Power of the Natural Red Pigment Lycopene. *Molecules* 15: 959-987.

Krokida, M., V. Oreopoulou, Z. Maroulis. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering* 44: 39-46.

Linaje-Treviño, M. y N. de la Fuente-Salcido. 2007. Evaluación Sensorial de Yogurt adicionado con Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como alimento funcional. Memorias del IX Congreso de ciencia de los alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Coahuila. Escuela de Ciencias Biológicas, Unidad Torreón, México. 8p.

Lizama, D. 2012. Caracterización física de tres ingredientes funcionales elaborados a partir de productos alimentarios intermedios (PAI) provenientes de la agroindustria. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 31h.

Mellema, M., 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology* 14 (9): 364–373.

Meydani, M. and S. Hasan. 2010. Dietary Polyphenols and Obesity. *Nutrients* 2: 737-751.

Multimedios. 2015. Consumo de “snacks” y refrescos va en aumento: INEGI. Disponible en: <http://www.multimedios.com/telediario/local/consumo-snacks-y-refrescos-aumento.html>. Leído el 20 de Diciembre 2015.

Navarro-González, I., V. García-Valverde, J. García-Alonso, M. Periago. 2011. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International* 44: 1528–1535.

Nielson, M. and A. Hansen. 2008. Rapid high-performance liquidchromatography determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Cereal Chemistry* 85: 248-251.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2009. Dieta, Nutrición y Prevención de enfermedades crónicas. Disponible en: http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf . Leído el 6 de Diciembre 2013.

- Palermo, E. 2000. Productos Alimentarios Intermedios (PAI). Documentos Cotec sobre oportunidades tecnológicas 16. Fundación para la Innovación Tecnológica, Madrid, España. 52p.
- Parrado, J., E. Miramontes, M. Jover, J. Gutiérrez, L. Collantes, J. Bautista. 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. *Food Chemistry* 98: 742-748.
- Rodas, B. y R. Bressani. 2009. Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59 (1): 82-87.
- Sáenz, C., H. Berguer, J. Corrales, L. Galleti, V. García de Cortázar, I. Higuera, C. Mondragón, A. Rodríguez-Félix, E. Sepúlveda, M. Varnero. 2006. Utilización Agroindustrial del Nopal. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO* 162. Roma, Italia. 165p.
- Sáenz, C., E. Sepúlveda, N. Pak and M. Lecaros. 2010. Chemical and physical characterization of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*) powder. *Italian Journal of Food Science* 22 (4): 416-422.
- Samalvides, H. 2005. Incorporación de pulido de arroz como fuente de compuestos bioactivos en el desarrollo de galletas. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, grado Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 99p.
- Scarlburt, A., C. Manach, C. Morand, C. Rémésy. 2005. Dietary Polyphenols and Prevention of Diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45: 287-306.
- Sepúlveda, E., C. Sáenz, M. Moreno. 1995. Obtención y caracterización de harina de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). En: VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Jalisco, México. 28-31.
- Smriga, M., M. Kameishi, H. Uneyama, K. Torii. 2002. Dietary L-Lysine Deficiency Increases Stress-Induced Anxiety and Fecal Excretion in Rats. *Journal of Nutrition* 132: 3744-3746.
- Suaterna, A. 2008. La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. *Perspectivas en nutrición humana* 10 (1): 77-88.
- Suaterna, A. 2009. Perspectivas en nutrición Humana. La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. Universidad de Antioquia, Colombia. 11p.
- Sudha, M. 2011. Apple Pomace (By-Product of Fruit Juice Industry) as a Flour Fortification Strategy (Cap. 36, pp. 395-405). En: Preedy, V., R. Watson, V. Patel (eds.). *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. 1er ed. California, Estados Unidos: Elsevier. 524p.

Tamayo, Y. y A. Bermúdez. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética (Cap. 19, pp. 181-189). En: Lajolo, M. y E. Wenzel (eds). Temas de Tecnología de alimentos. Fibra Dietética (Vol.2). Instituto Politécnico Nacional, México, CYTED. 287p.

Teixeira, F., L. Rodrigues, B. Sampaio, F. Aline de Moura, M. Bizzani, L. Picolli da Silva. 2015. Biological properties of apple pomace, orange bagasse and passion fruit peel as alternative sources of dietary fibre. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 6: 1–6.

Terry, C. 2007. *L-Lysine Monograph*. *Alternative Medicine Review* 12 (2): 169-172.

Vargas, C. 2009. Obtención y caracterización de un producto alimentario intermedio a partir de afrechillo de arroz. Memoria Ingeniera Agrónoma. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 35h.

Yadav, D. and A. Rajan. 2012. Fibres as an additive for oil reduction in Deep fat fried *poori*. *Journal of Food Science and Technology* 49 (6): 767-773.

Zhimin, X., N. Hua, J. Godber. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2 azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride. *Journal Agriculture Food Chemistry* 49: 2077-2081.

CAPITULO II: FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN “SNACK” FRITO CON INCORPORACIÓN DE UN INGREDIENTE FUNCIONAL

Resumen

El consumo de “snacks” ha ido en aumento en la población debido a que representan una alternativa para quienes desean consumir un alimento entre comidas, sin necesidad de preparación. Sin embargo, el alto contenido de aceite presente en los “snacks” fritos lleva a plantear la opción de reemplazar parte de la formulación base por un ingrediente funcional (IF), con importante contenido de fibra y antioxidantes, para poder disminuir este contenido respecto a un tratamiento control sin incorporación de IF, el cual está compuesto por pomasa de tomate, pomasa de manzana, afrechillo de arroz y polvo de cladodios de nopal. El objetivo de este estudio fue elaborar un “snack” con incorporación de IF y optimizar su proceso y formulación; evaluar física, química y sensorialmente el “snack” desarrollado.

El estudio se dividió en tres etapas. La primera fue la optimización del proceso para el tratamiento control (T_0) y para el tratamiento con 11,5 % de IF (T_1), evaluando tiempo y temperatura de fritura mediante un diseño experimental del compuesto central ortogonal, donde las variables respuesta fueron contenido de lípidos (minimizar) y aceptabilidad sensorial (maximizar). Se obtuvo que los factores óptimos de proceso fueron 169 °C por 2 min 24 s, y 182 °C por 2 min 28 s para T_0 y T_1 , respectivamente. En la segunda etapa se optimizó la formulación mediante un diseño de mezcla “simplex lattice” cúbico especial aleatorizado, evaluando diez tratamientos con matriz variable de Harina de trigo (HT)-Sémola-IF de los cuales se obtuvo un tratamiento óptimo (24,25 % HT, 32,8 % sémola y 9,0 % IF) mediante el criterio de mayor aceptabilidad y menor contenido de lípidos. La tercera etapa fue comparar el óptimo con el “snack” control (26,4 % HT, 39,6 % sémola y 0,0 % IF) utilizando un diseño completamente al azar y cuatro repeticiones por tratamiento.

El “snack” optimizado presentó un mayor contenido de lípidos por lo que la hipótesis propuesta no se cumplió. Además, presentó mayor contenido de cenizas, polifenoles totales, capacidad antioxidante y fibra dietética. El contenido de humedad y puntaje de aceptabilidad sensorial fue menor que el “snack” control. El uso de un ingrediente con importante contenido de fibra insoluble y bajo contenido de fibra soluble no se recomienda al elaborar productos fritos si el objetivo es disminuir el contenido de aceite.

Palabras clave: optimización, fibra dietética, fritura, absorción de aceite

Abstract

The consumption of "snacks" has increased in the population because they represent an alternative for those who want to consume food between meals without preparation. However, the high oil content of fried "snacks" raises the option of replacing part of the base formulation for a functional ingredient (IF), with important fiber and antioxidants, to reduce the content regarding treatment IF control without incorporating, which consists of tomato pomace, apple pomace, rice bran powder and cactus pads. The aims of this study were to develop a "snack" including an IF and optimize the process and formulation; to assess the physical, chemical and sensory characteristics of the "snack" developed.

The study was divided into three stages. The first was to optimize the process for control treatment (T_0) and for treatment with 11.5 % IF (T_1), considering time and temperature of frying by an orthogonal experimental central composite design, where the response variables were Content lipid (minimize) and sensory acceptability (maximize). It was found that the optimum process factors were 169 °C for 2 min 24 s and 182 °C for 2 min for 28 s for T_0 and T_1 , respectively. In the second stage the design was optimized using a mix design "simplex lattice" special cubic randomized, evaluating ten treatments with variable matrix of wheat flour (WF)-semolina-IF of which optimal treatment was obtained (24,25 % WF, 32,8 % semolina and 9,0 % IF) by the criterion of greater acceptability and lower lipid content. The third step was to compare the optimal with "snack" control (26,4 % WF, 39,6 % semolina and 0,0 % IF) using a completely randomized design and four replicates per treatment.

The "snack" optimized presented higher lipid content so the proposed hypothesis was not met. It also had higher ash content, total polyphenols, antioxidant and dietary fiber. The moisture content and sensory acceptability score was lower. The use of an ingredient with important content of insoluble fiber and low in soluble fiber is not recommended when preparing fried products if the goal is to reduce the oil content.

Keywords: optimization, dietary fiber, frying, oil uptake

Introducción

En muchos países incluido Chile, han mejorado en las últimas décadas los niveles de vida, sin embargo, hay también cambios en los hábitos alimentarios (Henríquez *et al.*, 2014). Esto se ha reflejado en el aumento del consumo de “snacks”, con un crecimiento de un 49 % en los últimos cinco años, siendo los chilenos uno de los líderes en el consumo per cápita de “snacks” en Latinoamérica con un gasto de US\$ 26,3 anuales (Henríquez *et al.*, 2014) y un consumo de 1,4 kg per cápita (Crovetto y Uauy, 2013).

Estos cambios en los hábitos de consumo en la población, junto a una disminución de la actividad física y mayor consumo de tabaco y alcohol, han generado un incremento del sobrepeso y por lo tanto un aumento en la incidencia de enfermedades no transmisibles (ENT). Dentro de estas se encuentra la obesidad, hipertensión, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer, siendo causa cada vez más importante de discapacidad y muerte prematura (OMS, 2009). Existe suficiente información científica que documenta el rol de la obesidad infantil, como un determinante importante de la obesidad en la vida adulta, factor de riesgo significativo para el desarrollo de ENT (Crovetto y Uay, 2013). Este hecho ha llevado a organismos como FAO y OMS a recomendar una dieta y estilo de vida más saludables.

Dentro de las recomendaciones de parte de estas organizaciones ha sido aumentar la ingesta de fibra dietética en la dieta, siendo 25-30 g de fibra/día el promedio deseable para contribuir a la prevención de ENT, debido a que existe una asociación positiva entre el consumo de fibra soluble con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico, mientras que la fibra insoluble se relaciona con el aumento del peso de las heces, el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y su interacción con la flora microbiana (Sungsoo y Dreher, 2001).

Los residuos agroindustriales se pueden convertir en una nueva oportunidad para el mercado emergente de alimentos funcionales. Pomazas y afrechillos vislumbran como fuentes de antioxidantes y fibra dietética, los que incorporados a productos de consumo habitual y en la dosis correcta, podrían generar efectos positivos para la salud (Crizel *et al.*, 2013; Riveros, 2012). A partir de materias primas ricas en compuestos bioactivos, es posible elaborar productos alimentarios intermedios (PAI), los cuales corresponden a productos de composición, propiedades tecnológicas y funcionales estandarizadas, con los que es posible la elaboración de ingredientes funcionales (Gartzia, 2002).

En términos generales, existe una mayor demanda por productos que requieran un menor tiempo de preparación y que sean fáciles de consumir (ProChile, 2012), dando espacio a la introducción de nuevos productos en el mercado, los cuales incorporen ingredientes que le entreguen valor agregado al mismo, siendo más llamativos. Además, se observa la tendencia a comer más saludable, a preocuparse por los ingredientes que contienen los alimentos, las propiedades nutritivas que aportan (ChilIndustria, 2013), y a exigir cada vez más sobre el contenido y la funcionalidad de los productos (ProChile, 2012).

Hipótesis

El uso de un ingrediente funcional compuesto por PAI's de tomate, manzana, afrechillo de arroz y polvo de cladodios de nopal, en la elaboración de un "snack" frito produce una menor absorción de aceite comparado con un control sin ingrediente funcional, manteniendo sus características organolépticas.

Objetivos

Objetivo principal:

Elaborar un "snack" frito con incorporación de un ingrediente funcional compuesto por PAI's de tomate, manzana, afrechillo de arroz y polvo de cladodios de nopal con características sensoriales aceptables.

Objetivos específicos:

- Optimizar el proceso y la formulación del "snack" a elaborar, evaluando tiempo y temperatura de fritura.
- Evaluar física, química y sensorialmente el "snack" optimizado, para luego realizar una comparación con el "snack" control, el cual no lleva incorporado el ingrediente funcional en su formulación.

Materiales y Métodos

Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingredientes Funcionales, en el Laboratorio de Productos Vegetales y en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

Materia prima

Se utilizó el ingrediente funcional (IF) descrito en el capítulo I, harina de trigo para panificación (*Triticum aestivum* L.), sémola de trigo candeal (*Triticum durum* Desf.), huevo entero pasteurizado deshidratado (Premium NutrEgg), aceite de girasol alto oleico (De Reyes) y sal de mesa yodada, los cuales fueron adquiridos en el comercio establecido.

Envase

Se utilizó un film de polipropileno biorientado metalizado de baja temperatura de sello, de una permeabilidad al vapor de agua de $0,8 \text{ g/m}^2 \text{ día}$ (90 % HR y $37,8 \text{ °C}$), una permeabilidad al oxígeno de $150 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ (0 % HR y 23 °C) y un espesor total de $30 \text{ }\mu\text{m}$.

Métodos

Se elaboró un “snack” tipo hojuelas fritas, en el que se optimizó el proceso de elaboración, y luego se optimizó la formulación base del mismo. Las etapas fueron las siguientes:

Etapa 1. Optimización del proceso de elaboración del “snack”

El proceso fue optimizado tanto para el “snack” control (T_0) como para la formulación que incorpora ingrediente funcional (T_1). En el Cuadro 3 se presenta la cantidad de cada ingrediente correspondiente a ambos tratamientos.

Cuadro 3. Formulación para las hojuelas fritas en base húmeda (g/100g)

Ingrediente/Tratamiento	T_0	T_1
Harina de trigo	26,4	21,8
Sémola de trigo candeal	39,6	32,7
Ingrediente funcional	0	11,5
Huevo	6	6
Agua	28	28

Procedimiento. La elaboración del “snack” se realizó de acuerdo a una formulación base presentada por Venegas (2001), la cual fue ajustada mediante ensayos previos. Se utilizó una mezcla base de harina de trigo y sémola candeal, huevo entero y agua. La mezcla se amasó durante 5 minutos en forma manual, y se estiró por 15 minutos por medio de una laminadora de masa para pastas Marcato Atlas 150 Roller (Italia). Posteriormente la masa se cortó en porciones circulares de 3 cm de diámetro. Estas se frieron con el método de fritura profunda en una freidora Moulinex One (China), utilizando aceite de girasol alto oleico en relación masa:aceite de 1:15. El tamaño del lote a freír fue 120 g de masa y el aceite se repuso para cada tratamiento. Posteriormente el “snack” se dejó escurrir en papel absorbente por 3 minutos a temperatura ambiente, agregándole a continuación 0,7 % de sal para ser finalmente envasadas. La línea de flujo para elaborar el “snack” se presenta en la Figura 3.

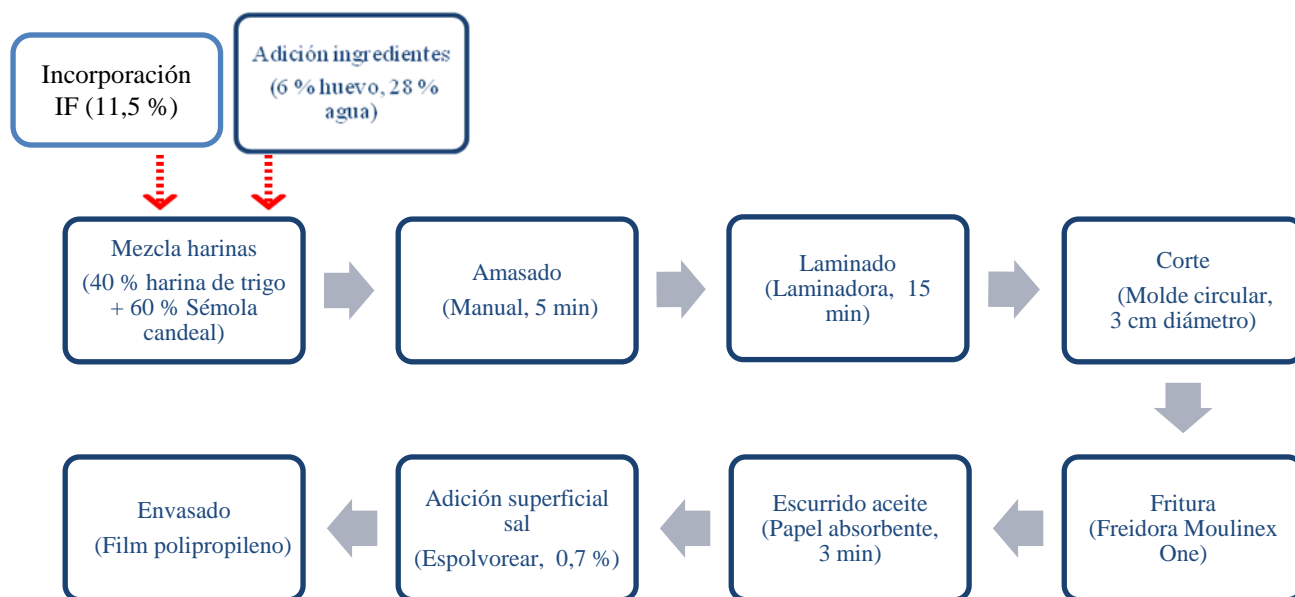


Figura 3. Línea de flujo para elaboración de “snack” frito

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental del compuesto central ortogonal con dos variables independientes: tiempo y temperatura de fritura. En el Cuadro 4 se observa los puntos axiales, centrales y vértices generados en el diseño.

Cuadro 4. Puntos del diseño del compuesto central y ortogonal

	Punto axial	Vértice	Punto central	Vértice	Punto axial
Temperatura (°C)	169	170	180	190	191
Tiempo	55 s	1 min	2 min	3 min	3 min 5 s

La optimización del “snack” se realizó maximizando la variable respuesta aceptabilidad sensorial entregada por un panel sensorial entrenado y minimizando la absorción de aceite del “snack” frito, midiendo el contenido de lípidos con el método de extracción Soxhlet.

La unidad experimental fue 250 g de masa. En el Cuadro 5 se especifica las diferentes combinaciones de temperatura-tiempo evaluadas para ambos tratamientos.

Cuadro 5. Combinaciones de temperatura-tiempo en optimización del proceso de fritura de “snack” T_0 y T_1

N° combinación	Temperatura fritura (°C)	Tiempo fritura (min)
1	180	2
2	170	1
3	190	1
4	170	3
5	190	3
6	169	2
7	191	2
8	180	55 s
9	180	3 min 5 s
10	180	2

Los resultados de aceptabilidad se analizaron mediante análisis de varianza no paramétrica Friedman, mientras que para el contenido de lípidos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un diseño completamente aleatorizado efectuándose la prueba de rango múltiple de Tukey con un nivel de confianza del 95 % en caso de existir diferencias estadísticamente significativas.

Etapla 2. Optimización de la formulación base del “snack”

Para la optimización de la formulación del “snack”, la formulación base se dividió en una matriz fija (huevo y agua, 34 %) y una matriz variable (harina de trigo, sémola de trigo candeal e ingrediente funcional, 66 %). En el Cuadro 6 se observan los niveles mínimos y máximos de los componentes de la matriz variable.

Cuadro 6. Niveles máximos y mínimos de los componentes de la matriz variable

Matriz variable	Nivel mínimo (%)	Nivel máximo (%)
Harina de trigo	21,4	26,4
Sémola de trigo candeal	30,6	35,6
Ingrediente funcional	9	14

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño de mezcla del tipo “simplex lattice” cúbico especial, donde la matriz variable representa el 66 % de la formulación base. En este caso, las variables respuesta fueron aceptabilidad sensorial (maximizar) evaluada por panel entrenado, y contenido de lípidos (minimizar) determinado con el método de extracción Soxhlet. La unidad experimental fue 250 g de masa.

Para definir la matriz se utilizó el software Statgraphics Plus 5.1 y fueron diez los tratamientos a evaluar en esta etapa de la investigación. La formulación de cada uno de ellos se especifica en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Proporción de ingrediente para cada uno de los tratamientos (%)

Ingrediente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<u>Matriz variable</u>										
Harina de trigo	26,4	24,7	24,7	23,1	23,1	23,1	21,4	21,4	21,4	21,4
Sémola de trigo candeal	30,6	32,3	30,6	33,9	32,3	30,6	35,6	33,9	32,3	30,6
Ingrediente funcional	9,0	9,0	10,7	9,0	10,7	12,3	9,0	10,7	12,3	14,0
<u>Matriz fija</u>										
Huevo	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Agua	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28

El análisis de resultados de aceptabilidad y contenido de lípidos se realizó de igual forma que en la Etapa 1.

Etapa 3. Comparación del “snack” optimizado con el “snack” control

Luego de obtener la formulación del producto optimizado, este se comparó con el tratamiento control, el cual no incorpora ingrediente funcional (T₀, Cuadro 3). Para llevar a cabo esta comparación, se realizaron determinaciones analíticas considerando los siguientes aspectos:

Análisis físicos

- **Color:** utilizando un espectrofotómetro HunterLab UltraScan Pro (U.S.A). Se midieron parámetros de color como luminosidad (L*), contribución de rojo (a*), contribución de amarillo (b*), croma (C*) y tono (h°).
- **Actividad del agua (Aw):** se determinó mediante un equipo Rotronic, modelo Hygrolab 2 (U.S.A.).
- **Humedad:** de acuerdo al método A.O.C.S. (1993) a 105 °C en estufa hasta llegar a peso constante.

Análisis químicos

- **Lípidos:** se determinó mediante el uso de extractor Soxhlet, utilizando éter de petróleo según el método A.O.A.C. (1990).

- Proteínas: de acuerdo al método Kjeldahl, según el método A.O.A.C. (1990).
- Cenizas: incineración en mufla a 550 °C por 5 horas, según el método A.O.A.C. (1990).
- Carbohidratos disponibles: se determinó espectrofotométricamente por el método de Antrona (Osborne y Voogt, 1986).
- Fenoles totales: se determinó de acuerdo al método espectrofotométrico de Folin Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) con curva de calibración de ácido gálico.
- Capacidad antioxidante: se determinó de acuerdo con el método espectrofotométrico (DPPH) desarrollado por Brand-Williams *et al.* (1995) y ORAC según el método establecido por Dávalos *et al.* (2004).
- Fibra dietética (total, soluble e insoluble): se cuantificó usando el método enzimático gravimétrico MES - TRIS Buffer (Lee *et al.*, 1992).

Análisis sensorial Para ambos tratamientos se evaluó la aceptabilidad (Apéndice III) y calidad sensorial (Apéndice IV). Para la aceptabilidad se utilizó la escala hedónica con una pauta no estructurada de 0 a 15 cm de longitud, donde 0 es “me disgusta extremadamente” y 15 es “me gusta extremadamente”. La aceptabilidad se llevó a cabo con un panel compuesto por 80 evaluadores no entrenados. En el caso de la calidad se utilizó el método descriptivo con una pauta no estructurada de 0 a 15 centímetros, donde 0 es ausencia del atributo y 15 es la intensidad máxima. Se llevó a cabo con un panel compuesto por 15 evaluadores entrenados, el cual evaluó los atributos de intensidad de color, brillo, aroma herbáceo, sabor herbáceo, crocancia y aceitosidad.

Diseño experimental y análisis estadístico. En esta etapa los datos se analizaron mediante un ANDEVA con un diseño completamente al azar y cuatro repeticiones por tratamiento. En caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$), con un nivel de confianza del 95 %.

Resultados

Etapa 1. Optimización del proceso de elaboración del “snack”

Formulación base (T_0)

En el Cuadro 8 se observan los resultados de aceptabilidad obtenidos para los 10 tratamientos de la formulación base T_0 , en los cuales se observan diferencias estadísticamente significativas. En la Figura 4 se aprecia el gráfico de superficie de respuesta del efecto de las variables de proceso sobre la aceptabilidad.

Cuadro 8. Aceptabilidad efectuada por panel entrenado, quienes evaluaron los 10 tratamientos de T_0 propuestos

Tratamiento	Factores de proceso	Aceptabilidad
7	191 °C 2 min	11,1 a
4	170 °C 3 min	10,8 a b
9	180 °C 3 min 5 s	10,7 a b
10	180 °C 2 min	10,4 a b
1	180 °C 2 min	10,4 a b
5	190 °C 3 min	9,7 b c
6	169 °C 2 min	9,0 c
3	190 °C 1 min	8,2 c
8	180 °C 55 s	5,4 d
2	170 °C 1 min	4,2 e

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor < 0,05). Los valores de aceptabilidad están basados en una escala de 0 a 15 puntos.

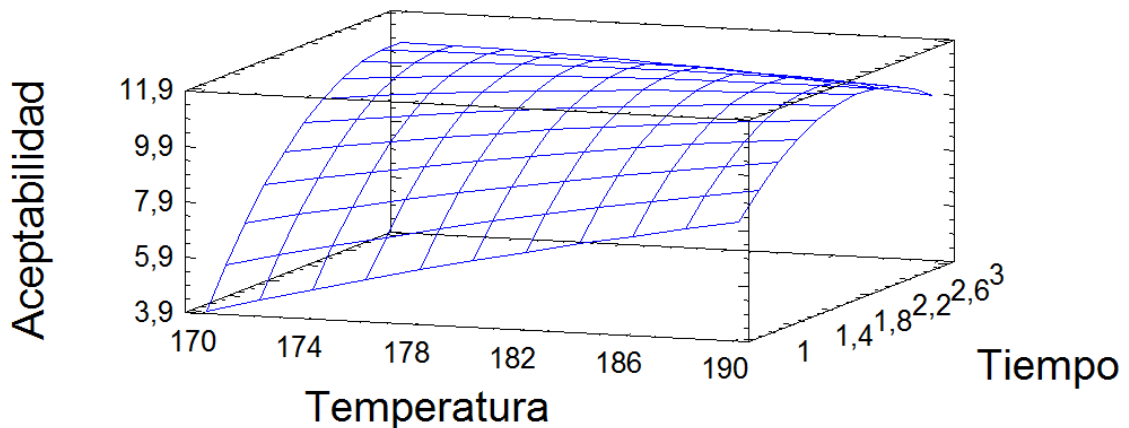


Figura 4. Efecto de las variables de proceso sobre la aceptabilidad en T_0

El Cuadro 9 muestra los valores de contenido de lípidos obtenidos para los 10 tratamientos de la formulación base. De igual forma en la Figura 5 se observa el gráfico de superficie de respuesta del efecto de las variables de proceso sobre el contenido de lípido de T_0 .

Cuadro 9. Contenido promedio de lípidos de los 10 tratamientos de T_0 propuestos

Tratamiento	Factores de proceso	Lípidos (g/100 g b.h.)
5	190 °C 3 min	22,2 a
9	180 °C 3 min 5 s	20,9 b
8	180 °C 55 s	20,7 b
3	190 °C 1 min	19,7 b c
4	170 °C 3 min	19,4 c d
10	180 °C 2 min	19,3 c d e
7	191 °C 2 min	19,2 c d e
1	180 °C 2 min	18,9 c d e
6	169 °C 2 min	18,4 d e
2	170 °C 1 min	18,1 e

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor $< 0,05$).

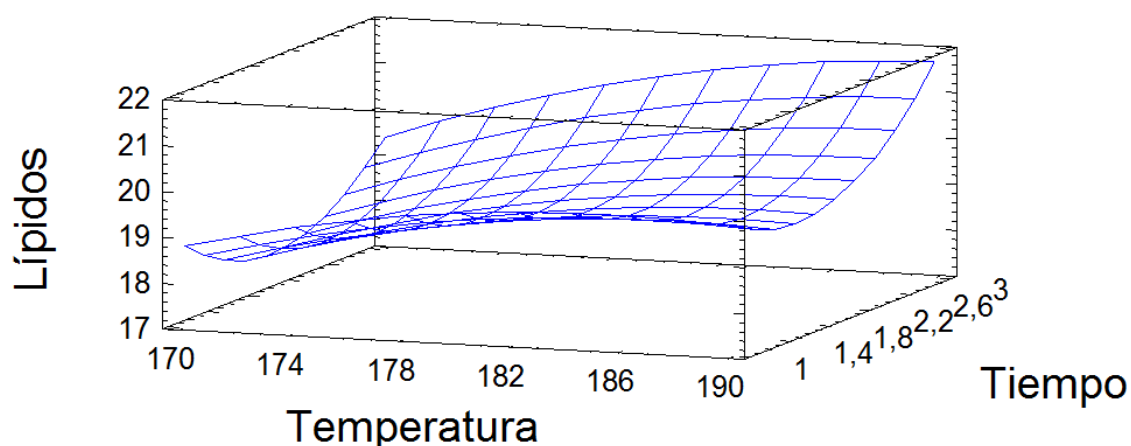


Figura 5. Efecto de las variables de proceso sobre el contenido de lípidos de T_0

La selección del proceso óptimo se realizó de acuerdo a una optimización de respuesta múltiple, es decir, considerando la mejor combinación de las variables temperatura- tiempo de fritura para lograr la mayor aceptabilidad y menor contenido de lípidos. En la Figura 6 se aprecia el gráfico de superficie de respuesta múltiple estimada para el modelo de optimización de respuesta múltiple del “snack” control (T_0), indicando que los valores más altos de conveniencia se alcanzan utilizando una temperatura de 169 °C por un tiempo de fritura de 2 minutos 24 segundos.

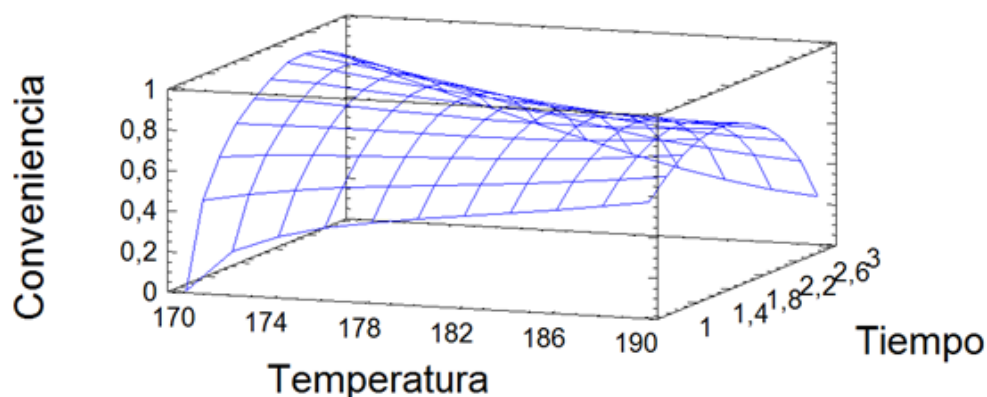


Figura 6. Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de respuesta múltiple del “snack” T_0 según tiempo y temperatura de fritura

Tratamiento con IF (T_1)

En el Cuadro 10 se observan los resultados de aceptabilidad obtenidos para los 10 tratamientos de la formulación con 11,5 % de IF, en los cuales se observan diferencias estadísticamente significativas. En la Figura 7 se aprecia el gráfico de superficie de respuesta del efecto de las variables de proceso sobre la aceptabilidad de T_1 .

Cuadro 10. Aceptabilidad efectuada por panel entrenado, quienes evaluaron los 10 tratamientos de T_1 propuestos

Tratamiento	Factores de proceso	Aceptabilidad
10	180 °C 2 min	10,6 a
9	180 °C 3 min 5 s	10,3 a
1	180 °C 2 min	10,0 a b
7	191 °C 2 min	10,0 a b
5	190 °C 3 min	8,8 b c
4	170 °C 3 min	8,8 c
6	169 °C 2 min	8,7 c
3	190 °C 1 min	8,6 c d
8	180 °C 55 s	8,3 d
2	170 °C 1 min	3,9 e

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor < 0,05). Los valores de aceptabilidad están basados en una escala de 0 a 15 puntos.

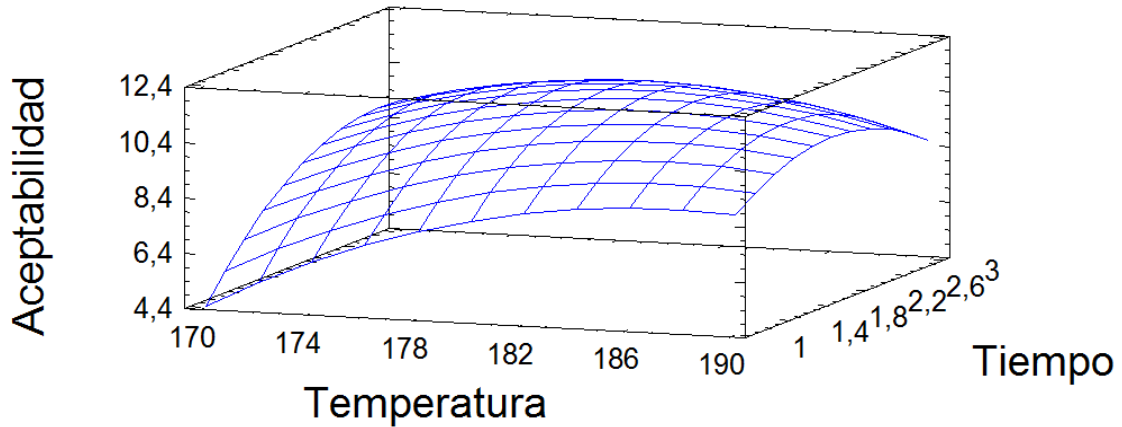


Figura 7. Efecto de las variables de proceso sobre la aceptabilidad en T_1

El Cuadro 11 muestra los valores de % lípidos obtenidos para los 10 tratamientos de la formulación base. De igual forma en la Figura 8 se observa el gráfico de superficie de respuesta del efecto de las variables de proceso sobre el contenido de lípido de T_1 .

Cuadro 11. Contenido promedio de lípidos de los 10 tratamientos de T_{IF} propuestos

Tratamiento	Factores de proceso	Lípidos (g/100 g b.h.)
3	190 °C 1 min	26,1 a
7	191 °C 2 min	25,2 a b
2	170 °C 1 min	25,1 a b
4	170 °C 3 min	24,9 a b
9	180 °C 3 min 5 s	24,8 a b
1	180 °C 2 min	24,5 a b
8	180 °C 55 s	23,4 a b
6	169 °C 2 min	23,1 b
10	180 °C 2 min	23,0 b
5	190 °C 3 min	22,8 b

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor < 0,05).

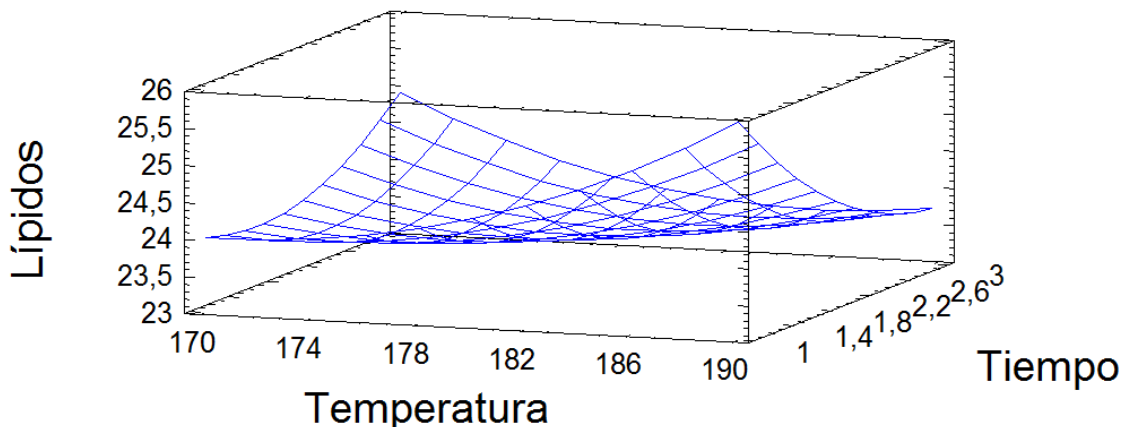


Figura 8. Efecto de las variables de proceso sobre el contenido de lípidos de T_1

En el caso del “snack” con 11,5 % de IF (T_1) la mejor combinación de tiempo y temperatura de fritura para conseguir la mayor conveniencia resultó ser 182 °C durante 2 minutos con 28 segundos (Figura 9), siendo en este caso una temperatura mayor que la óptima generada para el T_0 .

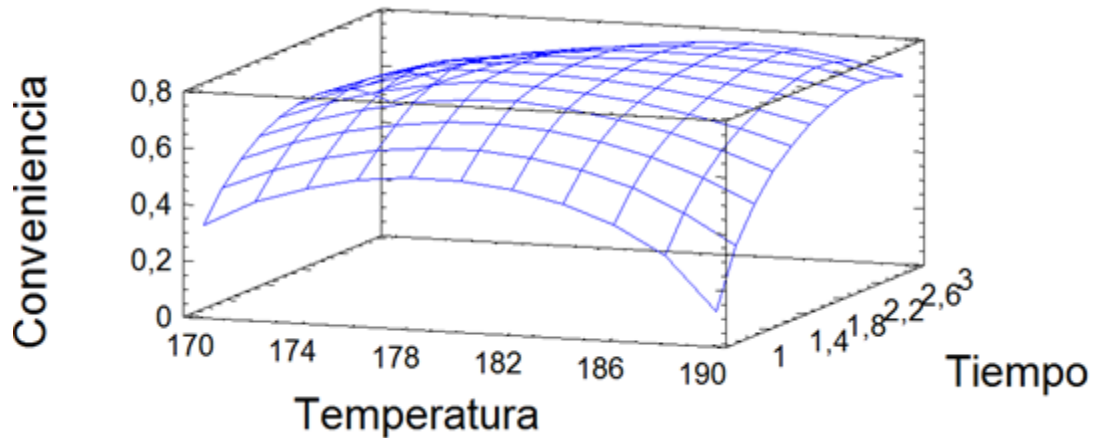


Figura 9. Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de respuesta múltiple del “snack” T_1 según tiempo y temperatura de fritura

El Cuadro 12 resume los valores de tiempo y temperatura óptimos para los dos tratamientos evaluados en esta etapa. Además se observa los valores de aceptabilidad y contenido de lípidos esperados al utilizar los óptimos.

Cuadro 12. Valores de temperatura y tiempo óptimos de fritura considerando una maximización de aceptabilidad y una minimización de contenido de lípidos de ambos tratamientos. Valores esperados de aceptabilidad y contenido de lípidos

	T_0	T_1
Temperatura óptima	169 °C	182 °C
Tiempo óptimo	2 minutos y 24 segundos	2 minutos y 28 segundos
Aceptabilidad esperada	10,3	10,8
Contenido de lípidos esperado (g/100 g b.h.)	18,1	23,6

Es importante mencionar que los valores óptimos de proceso de T_1 son los que fueron utilizados en la siguiente etapa, la cual trata de optimizar la formulación base del “snack”. Los valores óptimos de proceso de T_0 fueron utilizados en la elaboración del tratamiento control en la Etapa 3.

Etapa 2. Optimización de la formulación base del “snack”

Al igual que en la etapa anterior, la formulación se optimizó en base a la maximización de la aceptabilidad y minimización del contenido de lípidos del “snack”.

Caracterización sensorial

Los resultados de aceptabilidad entregados por el panel entrenado (Cuadro 13), muestran que los tratamientos 5, 4, 7, 2, 8, 1, 9 y 3 obtuvieron la mayor aceptación, no encontrándose diferencias significativas entre ellos. Por otra parte el tratamiento 10 destaca por tener el promedio más bajo, siendo este último el tratamiento con la máxima sustitución de ingrediente funcional (14 %).

Cuadro 13. Aceptabilidad efectuada por panel entrenado, quienes evaluaron los 10 tratamientos propuestos por el diseño de mezclas

Tratamiento	Aceptabilidad
5	10,9 a
4	10,6 a b
7	10,4 a b c
2	10,2 a b c
8	10,2 a b c
1	10,1 a b c
9	9,7 a b c
3	9,6 a b c
6	9,6 b c
10	8,8 c

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor < 0,05). Los valores de aceptabilidad están basados en una escala de 0 a 15 puntos.

Con el objetivo de visualizar la relación que existe entre los resultados de aceptabilidad y los distintos componentes de la matriz variable, se realizó una serie de regresiones lineales, cuyos valores de correlación y R^2 se observan en el Cuadro 14, del cual se desprende que el IF es el que más influye en la aceptabilidad del “snack”.

Cuadro 14. Relación entre los componentes de la matriz variable y la aceptabilidad

Componente de la matriz variable	Aceptabilidad	
	Coef. de correlación (r)	R^2
Harina de trigo	0,16	2,60 %
Sémola de trigo candeal	0,61	37,50 %
Ingrediente funcional (IF)	-0,76	58,29 %

Con la finalidad de enriquecer el análisis de optimización integrando variables de respuesta sensorial, se determinó la asociación de los distintos atributos de calidad sensorial evaluados y la aceptabilidad (Cuadro 15).

Cuadro 15. Relación de los atributos sensoriales y la aceptabilidad

Atributo sensorial	Aceptabilidad	
	Coef. de correlación (r)	R ²
Intensidad de color	-0,55	30,74 %
Crocancia	0,49	23,81 %
Aceitosidad	-0,72	52,02 %

La aceitosidad es el atributo sensorial que más influye sobre la aceptabilidad del “snack”, existiendo una relación negativa entre ambos, es decir, mientras más aceitoso se percibe el producto este es menos aceptable.

Determinación de contenido de lípidos

Se midió el contenido de lípidos por duplicado y los resultados se observan en el Cuadro 16. El tratamiento 10, el cual contiene el mayor porcentaje de adición de IF (14 %), es el que posee el mayor contenido de lípidos, no teniendo diferencia estadísticamente significativa respecto al tratamiento 6, el cual posee el segundo mayor contenido de reemplazo de IF (12,3 %). Por otra parte, se encuentra el tratamiento 2 con el menor contenido de IF (9 %) y la vez el menor contenido de lípidos.

Cuadro 16. Contenido promedio de lípidos de los 10 tratamientos propuestos por el diseño de mezclas

Tratamiento	Lípidos (g/100 g b.h.)
10	26,3 ± 0,22 a
6	25,6 ± 0,09 a b
9	25,3 ± 0,47 b
7	24,4 ± 0,12 c
3	24,3 ± 0,23 c
1	24,3 ± 0,07 c
8	24,2 ± 0,39 c
4	24,2 ± 0,05 c
5	23,9 ± 0,05 c
2	22,8 ± 0,15 d

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p-valor < 0,05).

La situación anterior es similar a lo ocurrido en la Etapa 1, en donde a mayor incorporación de ingrediente funcional se obtiene un “snack” con mayor contenido de lípidos. En el Cuadro 17 se observa la relación entre los ingredientes de la matriz variable y el contenido de lípidos. Estos resultados muestran que existe una correlación positiva entre el IF y el contenido de lípidos, lo cual se traduciría en que a mayor reemplazo de IF mayor es el % de lípidos del “snack”.

Cuadro 17. Relación entre los componentes de la matriz variable y contenido de lípidos

Componente de la matriz variable	Contenido de lípidos (bh)	
	Coef. de correlación (r)	R ²
Harina de trigo	-0,48	22,83 %
Sémola de trigo candeal	0,36	13,10 %
Ingrediente funcional (IF)	0,84	69,82 %

Selección de la formulación óptima

La selección de la formulación óptima se realizó de acuerdo a una optimización de respuesta múltiple, es decir, considerando la mejor combinación de los ingredientes de la matriz variable para lograr la mayor aceptabilidad y menor contenido de lípidos. En la Figura 10 se muestra el gráfico de superficie de respuesta estimada para el modelo de optimización del “snack”.

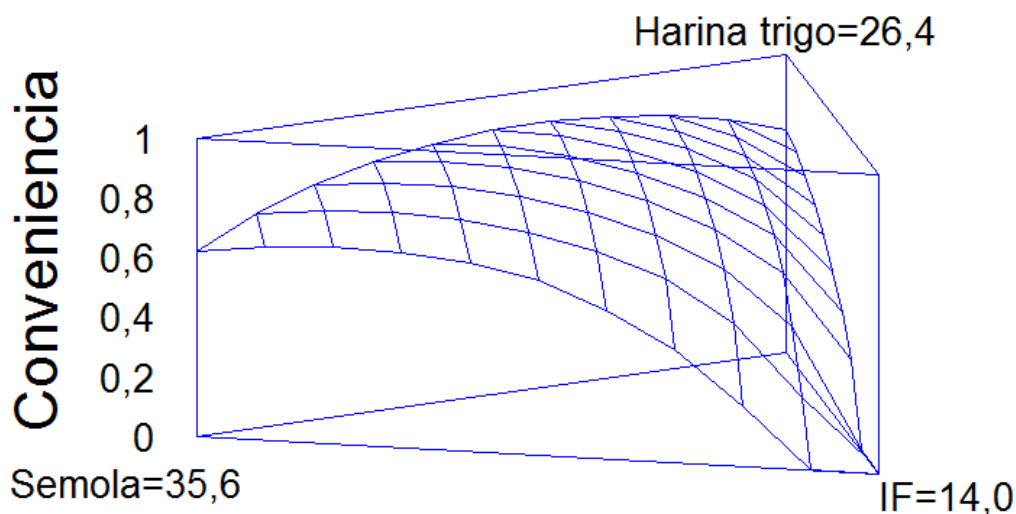


Figura 10. Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de respuesta múltiple según aceptabilidad y contenido de lípidos

El gráfico de contorno para la optimización de respuesta múltiple (Figura 11), muestra que los valores óptimos de los ingredientes se encuentran en la zona adyacente al lado del ingrediente funcional (IF).

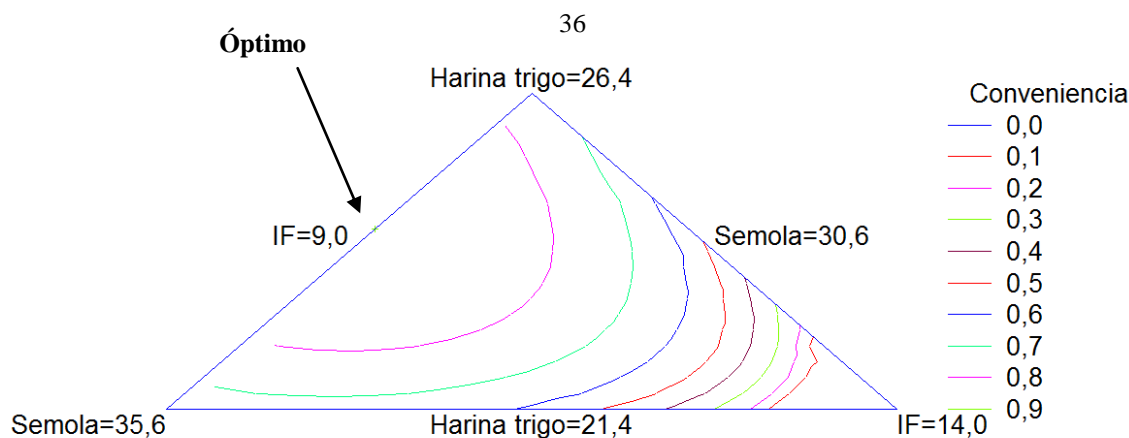


Figura 11. Gráfico de contorno para la optimización de respuesta múltiple según aceptabilidad y contenido de lípidos

El Cuadro 18 resume los valores óptimos de cada ingrediente para lograr la mayor aceptabilidad y el menor contenido de lípidos. Además, se observa los valores de aceptabilidad y contenido de lípidos esperados al utilizar la formulación y el proceso óptimo de fritura.

Cuadro 18. Cantidad óptima (g/100g) de cada ingrediente considerando una maximización de aceptabilidad y una minimización de contenido de lípidos. Valores esperados de aceptabilidad y contenido de lípidos

	Cantidad óptima (g/100g)
Harina de trigo	24,2
Sémola de trigo candeal	32,8
Ingrediente funcional (IF)	9,0
Aceptabilidad esperada	10,4
Contenido de lípidos esperado (g/100 g b.h.)	23,6

Etapa 3. Comparación del “snack” optimizado con el “snack” control

Análisis físicos

Humedad y Actividad de agua (Aw). En relación a los valores de humedad presentes en el Cuadro 19, se observa que existe diferencia estadísticamente significativa entre la formulación base y el tratamiento optimizado con IF.

Cuadro 19. Contenido de humedad (%) y Aw de “snack” control (T_0) y “snack” óptimo con IF (T_{IF})

Tratamiento	Humedad (%)	Aw
T_0	$3,15 \pm 0,4$ a	$0,190 \pm 0,03$ a
T_{IF}	$2,02 \pm 0,1$ b	$0,133 \pm 0,01$ b

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor < 0,05).

Color. En el Cuadro 20 se observan los valores de luminosidad (L), contribución del color rojo (a*), contribución del color amarillo (b*), saturación el color (C*) y tono (h°) medidos en la superficie del “snack”.

Cuadro 20. Parámetros de color de “snack” control (T₀) y “snack” óptimo con IF (T_{IF})

	L	a*	b*	C*	h°
T₀	63,6 ± 2,1 a	3,7 ± 0,4 b	22,3 ± 1,4 a	22,6 ± 1,5 a	80,7 ± 0,5 a
T_{IF}	50,9 ± 3,2 a	6,8 ± 0,6 a	17,4 ± 2,0 b	18,7 ± 2,1 b	68,5 ± 0,6 b

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p-valor < 0,05).

Los resultados muestran que la formulación con IF presenta valores inferiores de luminosidad y contribución al amarillo (b*), en comparación a la formulación base. El valor de a* en cambio, fue mayor para T_{IF} observándose una tendencia hacia el color rojo al adicionar ingrediente funcional (Figura 12).



Figura 12. Diferencia de color de los tratamientos. T₀ es el del lado izquierdo y T_{IF} el que está al lado derecho

Análisis químicos

La comparación entre la formulación base (T₀) y la optimizada que incorpora ingrediente funcional (T_{IF}) se presenta en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Contenido de lípidos, proteínas y cenizas de “snack” T₀ y T_{IF} (g/100 g “snack”)

g/100 g	T₀	T_{IF}
Lípidos	20,3 ± 0,6 b	24,9 ± 0,5 a
Proteínas	9,6 ± 0,6 a	8,8 ± 0,2 a
Cenizas	1,31 ± 0,05 b	1,90 ± 0,05 a
H. de carbono disponibles	60,6 ± 2,38 a	53,1 ± 0,94 b

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p-valor < 0,05). * ENN: Extracto no nitrogenado, calculado por diferencia.

Del Cuadro 22 se desprende que el “snack” optimizado que incorpora IF presenta un contenido significativamente mayor de fenoles totales y capacidad antioxidante, respecto al “snack” control.

Cuadro 22. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidantes de “snack” T₀ y T_{IF} (g/100 g “snack”)

	Fenoles totales (mg EAG/100 g “snack”)	Capacidad antioxidante DPPH (μmol Eq TROLOX /100 g “snack”)	Capacidad antioxidante ORAC (μmol Eq TROLOX/100 g “snack”)
T₀	46,93 \pm 5,4 b	1035,0 \pm 77,9 b	1136,4 \pm 65,7 b
T_{IF}	107,34 \pm 9,9 a	1272,2 \pm 79,6 a	2860,4 \pm 222,6 a

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p-valor < 0,05).

Fibra dietética

En el Cuadro 23 se aprecia que el contenido de fibra dietética de T_{IF} es más del doble que el contenido de fibra de T₀.

Cuadro 23. Contenido de fibra dietética de “snack” T₀ y T_{IF} (g/100 g “snack”)

	FDI (g/100g)	FDS (g/100g)	FDT (g/100g)
T₀	4,08 \pm 0,30 b	1,32 \pm 0,45 b	5,41 \pm 0,53 b
T_{IF}	9,12 \pm 0,64 a	2,60 \pm 0,13 a	11,72 \pm 0,70 a

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p-valor < 0,05). FDI: Fibra Dietética Insoluble; FDS: Fibra Dietética Soluble; FDT: Fibra Dietética Total.

El Cuadro 24 presenta la composición química de una porción de 25g de ambos “snack” analizados.

Cuadro 24. Composición química y calórica de 100 g y una porción de 25 g de “snack” control (T₀) y “snack” optimizado (T_{IF})

	100 g T₀	Porción T₀	100 g T_{IF}	Porción T_{IF}
Energía (Kcal)	463,6	115,9	471,7	117,8
Carbohidratos disponibles (g)	60,6	15,1	53,1	13,3
Proteínas (g)	9,6	2,4	8,8	2,2
Lípidos (g)	20,3	5,1	24,9	6,2
Fibra dietética total (g)	5,2	1,3	11,7	2,9
FDI	4	1	9,1	2,3
FDS	1,2	0,3	2,6	0,6
Fenoles totales (mg EAG)	46,8	11,7	107,2	26,8
Sodio (mg)	282	70,5	282	70,5

Análisis sensorial

Aceptabilidad

Este análisis se realizó en base a las respuestas emitidas por 80 consumidores, de los cuales 44 correspondieron al género femenino y 36 al género masculino. El 82,5 % correspondió a jóvenes entre 18 y 25 años, mientras que el 17,5 % de los evaluadores tiene entre 27 y 60 años. Como muestra el Cuadro 25, al comparar los productos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre el “snack” control y el “snack” optimizado con IF, alcanzando un nivel importante de aceptación por parte de los consumidores.

Cuadro 25. Aceptabilidad de “snack” control y “snack” optimizado con IF a nivel de consumidor

	Aceptabilidad
T₀	12,73 a
T_{IF}	11,23 a

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor $< 0,05$). Los valores de aceptabilidad están basados en una escala de 0 a 15 puntos.

Se realizó también una prueba de aceptabilidad a nivel de panel entrenado en la cual se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los productos. En el Cuadro 26 se aprecia que el panel entrenado otorgó menor puntuación a ambos tratamientos, lo cual se puede atribuir a que el panelista entrenado “castiga” la aceptabilidad al analizar con profundidad el producto que está evaluando, no así el consumidor quien tan solo valora de 0 a 15 su nivel de aceptación.

Cuadro 26. Aceptabilidad de “snack” control y “snack” optimizado con IF a nivel de panel entrenado

	Aceptabilidad
T₀	11,2 a
T_{IF}	10,0 b

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor $< 0,05$). Los valores de aceptabilidad están basados en una escala de 0 a 15 puntos.

Calidad

Los parámetros de calidad fueron evaluados por 15 jueces entrenados y los resultados se muestran en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Caracterización sensorial de calidad de “snack” control y “snack” optimizado con IF

Atributo	T₀	T_{IF}
Intensidad de color	3,9 b	10,5 a
Brillo	4,8 a	3,8 a
Aroma herbáceo	1,9 a	2,6 a
Sabor herbáceo	2,3 b	3,0 a
Crocancia	12,3 a	9,2 b
Aceitosidad	5,6 a	5,4 a

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según Tukey (p -valor < 0,05). Los valores están basados en una escala de 0 a 15 puntos.

Discusión

Etapa 1. Optimización del proceso de elaboración del “snack”

Tanto para T_0 como para T_1 la mínima respuesta de aceptabilidad se obtuvo al utilizar los valores más bajos de temperatura y de tiempo de fritura (170 °C y 1 minuto), debido a que el producto no quedaba con la crujencia necesaria para lograr una mayor valoración (Cuadro 8 y Cuadro 10). En el caso de T_0 la máxima respuesta de aceptabilidad se logró con 191 °C y 2 min, mientras que T_1 la alcanzó con el punto central 180 °C por 2 minutos, sin embargo, no existe diferencia significativa en la aceptabilidad obtenida en ambos casos de tiempo y temperatura. Kayacier *et al.* (2014) reportaron una menor aceptabilidad en los tratamientos al utilizar una menor temperatura de fritura (170 °C).

Respecto al contenido de lípidos, la máxima respuesta se obtuvo al utilizar 190 °C por 3 minutos, y 190 °C por 1 minuto para T_0 y T_1 , respectivamente. Por otra parte, la mínima respuesta se obtuvo con 170 °C por 1 min en el caso de T_0 , y con 190 °C por 3 minutos en el caso de T_1 (Cuadro 9 y Cuadro 11). Estudios previos han determinado que no existe una correlación entre la temperatura y la absorción de aceite en rodajas de papas, Gamble y Rice (1987) no encontraron una correlación entre la temperatura del aceite y el contenido de aceite en fritura de papas, pero concluyeron que temperaturas bajas del aceite resultaron en bajo contenido de aceite en etapas tempranas del proceso de fritura. Nonaka *et al.* (1977) encontraron que el contenido de aceite se incrementa con un aumento en la temperatura de fritura cuando las rodajas de papas se fríen.

Lo anterior concuerda con Cocio (2006) y con lo obtenido en ambos casos, ya que a mayor temperatura mayor fue el contenido de lípidos del “snack”. Krokida *et al.* (2000) también reportó un mayor contenido de aceite en papas fritas al aumentar la temperatura del aceite. Sin embargo, Bertrand (2006) propone que con una elevada temperatura de fritura, la costra se forma rápidamente evitando el desplazamiento del agua desde interior del alimento hacia la superficie del mismo, quedando atrapada en las paredes del producto e impidiendo un mayor ingreso de aceite. Así lo demostraron Kita *et al.* (2007) al observar que la cantidad de aceite absorbido disminuye al incrementar la temperatura de fritura independiente del tipo de aceite utilizado al elaborar papas fritas.

El método de superficie de respuesta múltiple establece los valores de los factores que optimizan el valor de las variables respuestas en forma conjunta (Fernández y Piñeiro, 2004). De acuerdo a esto, para conseguir el menor contenido de lípidos y a la vez una mayor aceptabilidad, para elaborar T_1 se debe emplear una temperatura de fritura mayor (182 °C) que la temperatura óptima de fritura del T_0 (169 °C), durante tiempos similares 2 min 24 s en el caso de T_0 , y 2 min 28 s en el caso de T_1 (Cuadro 12).

El tiempo de fritura tuvo un efecto significativo y positivo en el contenido de lípidos de T_0 , donde este incrementó al aumentar el tiempo de fritura. En el caso de T_1 no hubo un efecto significativo del tiempo en el contenido de lípidos. Algunos estudios han demostrado que la mayor parte del aceite no penetra al producto durante la fritura, sino que es durante el

período de enfriamiento luego que ha sido removido de la freidora (Ufheil y Escher, 1996; Moreira *et al.*, 1997; Moreira y Barruffet, 1998; Pedreschi *et al.*, 2008).

Cabe señalar que el valor promedio de lípidos para T₁ fue mayor que el del T₀ (24,3 % y 19,7 %, respectivamente), lo cual indicaría que el ingrediente funcional utilizado para elaborar el T₁, no cumpliría con la hipótesis propuesta en el inicio de esta investigación, es decir, que el IF no disminuiría la absorción de aceite, sino más bien genera un aumento de este contenido. Esto se analizará en profundidad en la Etapa 2 y 3.

Etapa 2. Optimización de la formulación base del “snack”

Respecto a la relación que existe entre la aceptabilidad y los distintos componentes de la matriz variable, se observó una correlación negativa entre la incorporación de IF y la respuesta sensorial (Cuadro 14), lo cual explica el valor más bajo de aceptabilidad del producto al tener el mayor porcentaje de reemplazo (Cuadro 13). Aunque dotar al alimento de una funcionalidad puede no necesariamente modificar sus características sensoriales (Urala y Lähteenmäki, 2004), en muchos casos la inclusión de compuestos bioactivos aporta sabores ácidos, amargos, salados o astringentes que alteran las características sensoriales del alimento base, pudiendo existir un posible rechazo por parte de quien lo consume (Lutz *et al.* 2008; Siró *et al.*, 2008; Verbeke, 2006; Bruzzone, 2014).

Los resultados de asociación entre la aceptabilidad y los atributos de calidad sensorial evaluados indican que al aumentar la intensidad de color del producto, la aceptabilidad disminuye (Cuadro 15). Esto se atribuye principalmente a la adición del IF, el cual presenta un color “beige” con tinte rojo lo cual puede influir en la apariencia y aceptabilidad del producto final (Lizama, 2012). Lo mismo ocurre con la aceitosidad del “snack”, la cual se traduce en una respuesta negativa en la aceptabilidad al causar la sensación poco agradable y de ser un producto menos saludable. Por otro lado, la crocancia presenta una correlación positiva con la aceptabilidad, siendo más aceptable un producto que presente la crocancia óptima.

En cuanto al contenido de lípidos ocurre la misma situación de la Etapa 1, en donde a mayor incorporación de ingrediente funcional se obtiene un “snack” con mayor contenido de lípidos (Cuadro 16). Estos resultados mostraron que existe una correlación positiva entre el IF y el contenido de lípidos, lo cual se traduciría en que a mayor reemplazo de IF mayor es el % de lípidos del “snack” (Cuadro 17). Debido a esto, al momento de seleccionar la formulación óptima se determinó que para lograr el menor contenido de lípidos se debe adicionar la mínima cantidad de IF, en este caso corresponde a un 9 % (Cuadro 18).

Esto contrasta con investigaciones realizadas donde se utiliza fibra como barrera para el ingreso de aceite hacia interior del alimento. Lee y Inglett (2007) estudiaron el uso de un hidrocoloide de avena rico en β -glucano (C-Trim-30) y reportaron que este producto reduce la absorción de aceite al ser utilizado como cobertura de productos fritos, gracias a los efectos combinados de elevada viscosidad y a la reducción de la pérdida de humedad, los cuales contribuyeron de forma sinérgica para la reducción del contenido de aceite. Yadav y Rajan (2012) utilizaron salvado de avena y salvado de trigo como aditivos para reducir la

absorción de aceite en *puri* frito a 180 °C por 45 segundos, y obtuvieron que el primero contribuyó a retener la humedad y a absorber menos aceite, mientras que el salvado de trigo tuvo un efecto contrario. El efecto del salvado de avena sobre la absorción de aceite se atribuye principalmente a la fibra soluble (alta capacidad de retención de agua) presente este ingrediente (FDS: 9,2 %; FDI: 6,4 %), ya que mediante la hidratación de la fibra con agua, esta molécula ocupa los poros de la fibra lo que reduce la unión del aceite a la fibra. El menor contenido de fibra soluble en el salvado de trigo (FDS: 4,7 %; FDI: 26,7 %) fue lo que generó la diferencia en cuanto a absorción de aceite respecto a los resultados obtenidos con salvado de avena. Esta situación concuerda con lo sucedido en este estudio, donde el ingrediente funcional utilizado contiene un 45,9 % de FDI y un 8,1 % de FDS, existiendo una menor retención de la humedad y por lo tanto un mayor ingreso de aceite hacia el “snack”.

Kayacier *et al.* (2014) reemplazaron parte de harina de trigo por fibra de manzana al elaborar chips fritos, los resultados mostraron que los chips con un 15 % de adición de fibra y fritos a 180 °C por 40 segundos presentaron un 32,8 % de lípidos, mientras que el tratamiento sin fibra y con igual temperatura y tiempo de fritura resultó tener un contenido de lípidos menor (29 %), siendo estos valores más altos que los obtenidos por el “snack”.

Etapa 3. Comparación del “snack” optimizado con el “snack” control

Los resultados de análisis físicos reflejan que T_{IF} contiene menor humedad (2,02 %) que T_0 (3,15 %), lo cual se puede atribuir a que el T_{IF} , al ser frito a una mayor temperatura (182 °C) por un tiempo similar al tiempo de fritura de T_0 (2 min 24 s), pierde más agua durante el proceso lo cual se ve reflejado en una menor humedad final (Cuadro 19). No obstante, ambos tratamientos se encuentran bajo el 5 % de humedad, límite máximo permitido para “snacks” en Chile según el Reglamento Sanitario de los alimentos (MINSAL, 2010). Un estudio de papas chips fritas a 180 °C durante 2 minutos tuvieron una humedad promedio de 2 % (Crosa *et al.*, 2014), mientras que hojuelas fritas a 190 °C por 1 minuto tuvieron una humedad de 3,4 %, valor mayor que los “snack” debido a el menor tiempo de fritura utilizado (Venegas, 2001).

Debido a la baja cantidad de agua residual presente en ambos tratamientos, estos se encuentran en una zona de alta estabilidad ante reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, ya que presentan una baja actividad de agua (A_w). Se ha demostrado que la A_w es un factor clave para el crecimiento microbiano y producción de toxinas. En general, el límite inferior de actividad de agua es 0,91 para la mayoría de las bacterias, 0,88 para la mayoría de las levaduras y 0,80 para la mayoría de los hongos (Badui, 2006).

Respecto al color, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros evaluados. El tratamiento con IF presentó una menor luminosidad y a la vez un menor valor de b^* respecto al tratamiento control. Por otra parte, el T_{IF} destacó por su color oscuro lo cual se traduce en un valor superior de contribución al rojo (a^*) comparado con T_0 (Cuadro 20). Esto está dado principalmente porque el IF adicionado a la formulación de T_{IF} posee un color beige con tinte rojo, color otorgado por la pomasa de tomate y pomasa de manzana. Otros alimentos elaborados con el mismo ingrediente funcional presentaron

igual tendencia de los valores de L, a*, b*, C* y h° (Riveros, 2012; Guzmán, 2015), donde el tratamiento con adición de IF presentó valores inferiores de saturación de color (C*) y tono (h°).

Los valores obtenidos en cenizas presentan diferencias significativas, siendo el contenido de cenizas mayor el de T_{IF} (1,90 %) (Cuadro 21), valor similar a los 1,92 % de cenizas en pan con 8 % de IF obtenido por Guzmán (2015), estudio en el que reportó un aumento del contenido de cenizas a medida que aumentaba la incorporación de ingrediente funcional, cuyo aporte de cenizas es 7,3 %. Riveros (2012) obtuvo 2,9 % de cenizas al elaborar un galletón con 9,3 % de IF. Kayacier *et al.* (2014) indicaron un contenido de cenizas de 0,34 % al adicionar 7,5 % de fibra de manzana a chips de harina de trigo fritos a 190 °C por 60 segundos, mientras que los chips con 15 % de fibra de manzana fritos a 190 °C por 50 segundos presentaron 0,54 % de cenizas., indicando también que la principal razón del incremento de este contenido es porque las fibras son ricas en minerales.

El contenido de lípidos fue mayor y estadísticamente significativo en el tratamiento con IF (24,9 %), respecto al control (20,3 %). Este resultado indicaría que, en este caso y bajo las condiciones realizadas en esta investigación, la incorporación de un ingrediente funcional con importante contenido de fibra no contribuiría a disminuir el contenido de lípidos del “snack” frito, tal como se discutió en la Etapa 2. Aunque los tratamientos presentan altos valores de lípidos por ser productos fritos, su contenido es inferior a una papa chip comercial *Lays* tradicional (33 g/100 g) y similares, en el caso de T_{IF}, a tortillas de maíz saladas comerciales *Tostitos* (26 g/100 g). Además, se encuentran dentro de lo permitido para este tipo de alimentos según el Reglamento Sanitario de los Alimentos, siendo un 40 % de lípidos el límite máximo. Venegas (2001) obtuvo hojuelas fritas con un 27,2 %, 28,3 % y 29,0 %, para el tratamiento control, con 10 % de reemplazo por harina de cotiledón de algarrobo (HCA), y 20 % de reemplazo, respectivamente. Se observó un aumento del contenido de lípidos a medida que aumentó la adición de HCA, sin embargo, el autor no profundizó la razón de aquel aumento.

En cuanto al contenido de proteínas los tratamientos no presentaron diferencias significativas, sin embargo, este valor fue mayor para el control sin IF debido principalmente a que la harina de trigo (7,8 % de proteínas) y la sémola (12 % de proteínas) aportan en conjunto mayor contenido proteico que el IF (8 % de proteína).

El contenido de hidratos de carbono disponibles presentó diferencias estadísticamente significativas, siendo este contenido inferior en el tratamiento con IF (53,1 %) respecto al tratamiento control (60,6 %), debido a que se reemplazó con IF parte de la mezcla de harina y sémola. El IF presenta un 15,5 % de hidratos de carbono disponibles, en contraste con el 88,5 % y 86,8% que contienen la harina de trigo y sémola de trigo candeal, respectivamente (Venegas, 2001). Este mismo autor obtuvo valores similares para hojuelas fritas, teniendo un 58,9 % de carbohidratos disponibles el tratamiento control, y 51,8 % el tratamiento con 10 % de reemplazo de la mezcla de harina y sémola por HCA.

Los resultados de fenoles totales y capacidad antioxidante indican que existe diferencia estadísticamente significativa entre el T₀ y T_{IF}, donde el tratamiento con adición de ingrediente funcional contiene más del doble de fenoles totales (107,34 mg EAG/100 g

“snack”) y capacidad antioxidante ORAC (2860,4 $\mu\text{mol Eq TROLOX}/100\text{ g}$ “snack”) respecto al tratamiento control (46,93 mg EAG/100 g “snack”; 1136,4 $\mu\text{mol Eq TROLOX}/100\text{ g}$ “snack”) (Cuadro 22). Existe además una correlación positiva entre fenoles totales y capacidad antioxidante, al igual que lo obtenido por Czerwinski *et al.* (2004) quienes analizaron la correlación entre el contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante de harina de avena y harina de amaranto. Guzmán (2015) observó un aumento en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a medida que aumentaba el porcentaje de reemplazo del ingrediente funcional en la elaboración de pan de molde, siendo 55,45 mg EAG/100g de pan cuando se adicionaba 8 % de IF a la formulación base, valor sobre el cual se encuentra el “snack” con IF. Esta diferencia puede estar relacionada con el tiempo que se mantiene la temperatura de proceso utilizada para elaborar el alimento. En el caso del pan de molde este fue de 55 minutos a 180-200°C, mientras que la fritura del “snack” fue a 182 °C por 2 minutos y 28 segundos.

Li *et al.* (2012) plantean que generalmente los alimentos procesados contienen menor valor nutricional en comparación con el producto fresco o menos procesado porque las pérdidas ocurren durante el procesamiento del producto por las altas temperaturas empleadas. En un estudio sobre el efecto de la fritura sobre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de papas fritas de color rojo y púrpura, se demostró que la fritura a 170 °C por 2 minutos afecta negativamente la concentración de estos compuestos y la actividad antioxidante de los mismos. Además, la actividad de captación de radicales tuvo una correlación significativa con el contenido de antocianinas y polifenoles totales (Kita *et al.*, 2013). Por otra parte, un tratamiento térmico severo disminuiría la actividad antioxidante y el contenido de fitoquímicos, y tiempos de fritura extremadamente largos crearían productos de la reacción de Maillard y aumentaría la actividad antioxidante (Carunchia *et al.*, 2015).

Los valores obtenidos respecto al contenido de fibra dietética (FD) indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos, siendo el contenido de FDT de T_{IF} (11,71 %) significativamente superior al de T_0 (5,41 %) (Cuadro 23). El “snack” con incorporación de IF proporciona 2,9 g de fibra dietética total por porción (25 g) (Cuadro 24), es decir un 12 % de la dosis diaria de referencia (en base a Valores de referencia diarios para adultos, adolescentes y niños mayores de 4 años, utilizados en el etiquetado nutricional de alimentos en Chile) lo que la hace al producto T_{IF} una “buena fuente de fibra dietética”, de acuerdo al artículo 120 del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010).

La mayoría de los productos presentan un contenido de FDI mayor que FDS, contribuyendo a mejorar el tránsito intestinal, sin embargo, es la FDS la que produce los mayores efectos sobre niveles de glucosa, insulina, y sobre el colesterol, además de tener la capacidad de fermentar en el colon, produciendo ácidos grasos de cadena corta como butirato, acetato y propionato (Brownlee, 2011; Bourgues *et al.*, 2009; Prieto y Villaseñor, 2009). Se considera que una proporción FDS/FDI óptima es 1:3 (Pak, 2001), valor que concuerda con el obtenido en ambos tratamientos evaluados.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009) recomienda una ingestión diaria de 27 a 40 g de fibra dietética mientras que Food and Drugs Administration (FDA, 1995) propone a

individuos adultos un consumo de 25 g de fibra por día cada 2000 kcal/día. Por otra parte, el Instituto Nacional del Cáncer (NCI, Estados Unidos) considera un consumo óptimo entre 20-30 g/día para la prevención de cáncer de colon, sugiriendo no excederse de los 35 g/día de fibra dietética (Abad *et al.*, 2007). Así mismo la FAO (2004) estima que una ingesta de 25 a 35 g/día de fibra dietética en los jóvenes y adultos normales contribuye a la prevención de enfermedades crónicas. En los niños mayores de dos años y hasta los dieciocho, se recomienda el consumo de la cantidad que resulte de sumar 5 g/día a su edad (ejemplo: un niño de cuatro años debería ingerir aproximadamente 9 g de fibra al día). De esta manera, a partir de los 18 años alcanzaría el consumo adecuado de un adulto (Escudero y González, 2006).

La aceptabilidad evaluada a nivel de panel entrenado (T_0 : 11,2 (74,7 %); T_{IF} : 10,0 (66,7 %)) entrega una respuesta técnica de apreciación que sirvió para caracterizar el tratamiento control y el tratamiento con IF durante las tres etapas del estudio (Cuadro 25). En esta última, hubo diferencias significativas fundamentalmente porque el panelista entrenado analiza en profundidad el producto, no así los consumidores que en general tienden a percibir el producto de un modo más general e integrado y además, no están acostumbrados a analizar el significado de los diferentes términos frecuentemente utilizados durante la evaluación sensorial (Lawless y Claesen, 1994).

No obstante, la apreciación real se consiguió al evaluar la aceptabilidad de los consumidores, quienes reflejaron una gran aceptación y no discriminaron entre ambos tratamientos, es decir, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (T_0 : 12,73 (84,9 %); T_{IF} : 11,23 (74,9 %)) y por lo tanto ellos aceptan de la misma forma ambos “snack” (Cuadro 26). Valores similares de aceptabilidad a nivel de consumidor obtuvo Guzmán (2015) al elaborar un pan de molde con el mismo ingrediente funcional, donde el tratamiento con 8 % de incorporación de IF obtuvo 10,36 puntos (69,1 %); Riveros (2012) obtuvo 4,8 puntos (68,6 %) en una escala de 7 puntos al elaborar un galletón de avena con 9,3 % de IF. Cabe decir que la mayor aceptabilidad del “snack” está dada por el proceso de fritura donde el alimento adquiere un color dorado, se desarrollan sabores y aromas, lo que lleva a la textura crujiente y características sensoriales distintivas de un alimento frito (Fellows, 2009; Bordin *et al.*, 2013). Respecto a los “snack” de este estudio, entre las observaciones realizadas por los consumidores estuvo la facilidad de comer el “snack”, encontrándolo sabroso y un buen producto en general.

Tanto en la evaluación del panel entrenado como en la evaluación de consumidores, la aceptabilidad del “snack” control fue mayor que la aceptabilidad del “snack” con IF optimizado. Albert y Mittal (2002) plantean que el uso de nuevos ingredientes sobre una formulación base, puede producir modificaciones, organolépticas, propiedades nutricionales y mecánicas. Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que se observa una amplia diferencia en la intensidad de color, donde el “snack” con IF presenta mayor valoración debido a la adición del ingrediente funcional. También se apreciaron diferencias significativas en la evaluación del atributo de sabor herbáceo. Por otro lado, el T_0 presentó mayor crocancia que el T_{IF} (Cuadro 27). Rabetafika *et al.* (2014) plantean que la pomasa de manzana disminuye la dureza del producto final. Sudha *et al.* (2007) reportaron una disminución no significativa en color, textura y calidad en general al incorporar 0 a 20 % de pomasa de manzana en queque, pero la adición de 30 % causó una disminución

significativa en las características sensoriales. Hu *et al.* (2009) encontraron una disminución significativa en la aceptabilidad y calidad sensorial al incorporar 3 % de salvado de arroz a la formulación de pan, disminuyendo la suavidad y masticabilidad de este tratamiento respecto al control.

En este contexto, la evaluación sensorial con consumidores se vuelve una etapa esencial en el desarrollo de un producto, de modo de asegurar al consumidor final un producto de buena calidad y por lo tanto la aceptación del mismo luego de lanzado al mercado (Bertrand, 2006; Ramadan, 2006; Bruzzone, 2014). El desarrollo de productos realmente nuevos e innovadores usualmente requiere tiempos de diseño mucho más prolongados, requiriendo una mayor inversión en tecnología e incluso en marketing, ya que el consumidor tiene que ser re-educado acerca de la novedad (Linnemann *et al.*, 2006).

Conclusiones

Al optimizar el proceso de obtención de un “snack” frito, factores como tiempo y temperatura de fritura, afectan la pérdida de humedad y por lo tanto la absorción de aceite, siendo esta mayor cuando se incrementa la temperatura y el tiempo.

Al elaborar este tipo de “snack”, con incorporación de un ingrediente funcional con importante contenido de fibra dietética, se obtiene que a mayor reemplazo, mayor es el contenido final de lípidos del producto, por lo tanto la hipótesis se rechaza.

El “snack” con IF presenta mayor contenido de fibra dietética respecto al control, característica que le confiere cierta ventaja, ya que el consumo de fibra contribuye a otorgar efectos positivos en la salud. Además, el “snack” optimizado presenta mayor contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante, menor contenido de proteínas y de carbohidratos disponibles, y un color más oscuro que el control

Con la adición de 9 % de IF, los atributos de calidad, como intensidad de color y crocancia, se ven afectados en forma negativa. Sin embargo, con este nivel de reemplazo se obtiene un “snack” con buena aceptación por parte de los consumidores, sin diferencias significativas respecto al control.

Literatura citada

- Abad, A., S. Bendersky, C. Genevois, L. Granzella, M. Montonati, G. Olagnero. 2007. Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietista, Buenos Aires, Argentina 121 (25): 20 – 33.
- Albert, S. and G. Mittal. 2002. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Research International* 35 (5): 445–458.
- American Oil Chemists Society (A.O.C.S.). 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. 4th ed. Chanpaing, IL. Estados Unidos.
- Association Official of Analytical Chemists (A.O.A.C.). 1990. Official Methods of Analysis of the Association Official of Analytical Chemists. 14th ed. Washington DC, EEUU. 1141p.
- Badui, S. 2006. Agua (Cap. 1, 1-27). *En: Química de los alimentos*. Ciudad de México, México: Pearson Educacion. 736p.
- Bertrand, M. 2006. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108 (3): 200 – 211.
- Bordin K., M. Kunitake, K. Aracava, C. Favar. 2013. Changes in food caused by deep fat frying – A review. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 6 (1): 5-13.
- Bourges H., E. Casanueva, J. Rosado. 2009. Recomendaciones de Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana, Bases Fisiológicas Tomo 2. Editorial Médica Panamericana, Distrito Federal, México. 164-167.
- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier. C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* (28): 25-30.
- Brownlee, I. 2011. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids* 25: 238 – 250.
- Bruzzone, F. 2014. Aplicación de metodologías de caracterización sensorial con consumidores en el desarrollo de postres lácteos funcionales. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos Facultad de Química - Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 113p.
- Carunchia, M., L. Wang, J. Han. 2015. The use of antioxidants in the preservation of snack foods (Cap. 19, pp. 447-474). *En: Shahidi, F. (ed.): Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. Massachusetts, Estados Unidos: Elsevier. 487p.

ChilIndustria. 2013. Disponible en: <http://www.chil.org/agroindustria/news/2013/12/11/10-tendencias-de-la-industria-de-alimentos-2014>. Leído el 15 de Noviembre 2015.

Cocio, C. 2006. Estudio de la distribución del aceite en rodajas de papa frita. Memoria Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Universidad de Chile. 87p.

Crizel, T., A. Jablonski, A. Ríos, R. Rech, S. Hikmann. 2013. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT - Food Science and Technology* 53: 9-14.

Crosa, M., M. Elichalt, V. Skerl, M. Cadenazzi, L. Olazábal, R. Silva, G. Suburú, M. Torres, F. Vilaró, G. Estellano. 2014. Chips de papa, la fritura en vacío y beneficios para la salud. *INNOTEC Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay* 9:70-74.

Crovetto, M. y R. Uauy. 2013. Recomendaciones para la prevención del cáncer dadas por el Fondo Mundial para la Investigación sobre Cáncer (FMIC): análisis de la situación en Chile. *Revista Médica de Chile* 141: 626-636.

Czerwinski, J., E. Bartnikowska, H. Leontowicz, E. Lange, M. Leontowicz, E. Katrich, S. Traktenberg, S. Gorinstein. 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol containing diets. *Journal of Nutritional Biochemistry* 15: 622-629.

Dávalos, A., C. Gómez-Cordovés, B. Bartolomé. 2004. Extending applicability of oxygen radical absorbance capacity (ORAC-fluorescein) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 48-54.

Escudero, E., P. González. 2006. La fibra dietética. Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital La Fuenfría, Madrid, España. *Nutrición Hospitalaria* 21 (2): 61 – 72.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Necesidades nutricionales (Bol. N° 2). Santiago, Chile. 36p.

FDA (Food and Drug Administration). 1995. Guide to Nutrition Labeling and Education Act (NLEA) requirements. Disponible en: <http://www.fda.gov/iceci/inspections/inspectionguides/ucm074948.htm>. Leído el 20 de Octubre 2015.

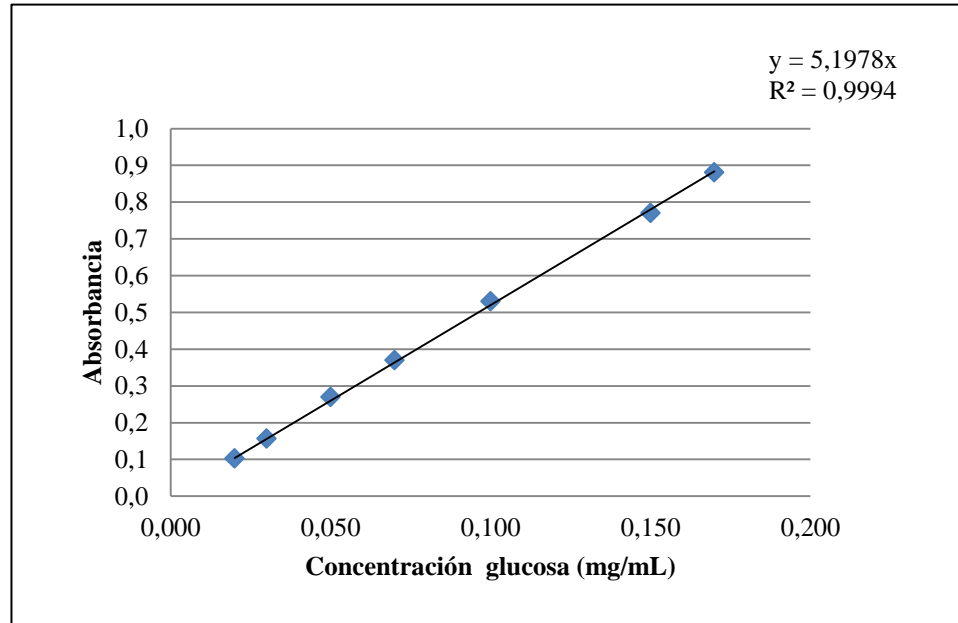
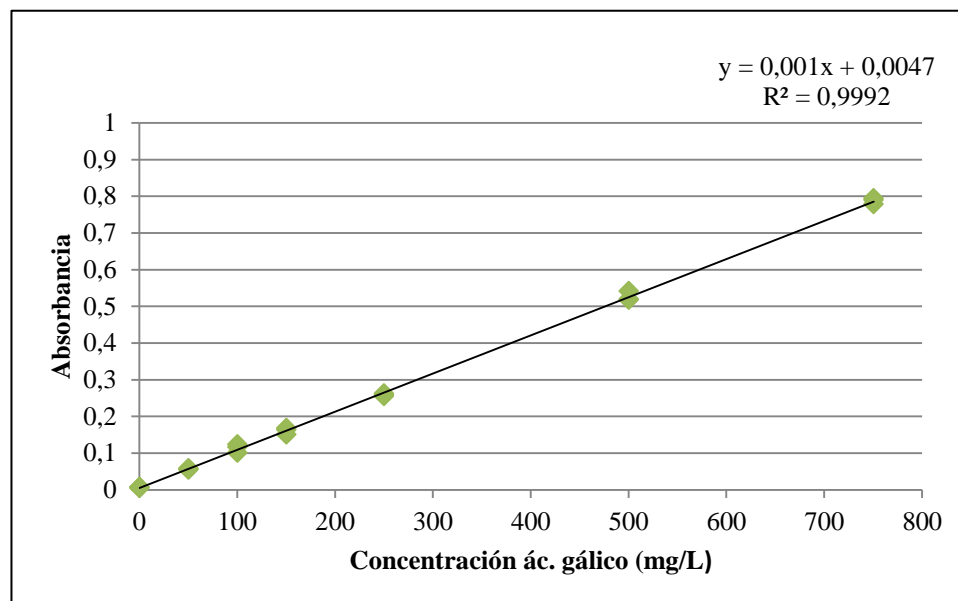
Fellows, P. 2009. Frying (cap. 19, pp. 555-577). *En: Food Processing Technology*. 3 ed. Estados Unidos: CRC Press. 928p.

Fernández, C. y M. Piñeiro. 2004. Superficies de respuesta. Métodos y diseños. 29p.

- Gamble, M. and P. Rice. 1987. Effect of pre-fry drying on oil uptake and distribution in potato crisps manufacture. *International Journal of Food Science and Technology*, 22: 535-548.
- Gartzia, I. 2002. Productos alimentarios intermedios (PAI). *Revista Industria de Alimentos* 20 (5): 16-20.
- Guzmán, M. 2015. Formulación y caracterización de pan de molde con adición de un ingrediente funcional proveniente de subproductos de la agroindustria. *Memoria Ingeniero Agrónomo*. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 30p.
- Henríquez, I., M. Karelavic, P. Sánchez, D. Vega. 2014. Emprendimiento snacks saludables “fresh 'n go”. Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial, Mención Administración, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 217h.
- Hu, G., S. Huang, S. Cao, Z. Ma. 2009. Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chemistry* 115: 839–842.
- Kayacier, A., F. Yüksel, S. Karaman. 2014. Response surface methodology study for optimization of effects of fiber level, frying temperature, and frying time on some physiochemical, textural, and sensory properties of wheat chips enriched with apple fiber. *Food and Bioprocess Technology* 7:133-147.
- Kita, A., G. Lisinska, G. Golubowska. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry* 102: 1–5.
- Kita, A., A. Bakowska-Barczak, K. Hamouz, K. Kulakowska, G. Lisinska. 2013. The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red- and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 32: 169–175.
- Krokida, M., V. Oreopoulou, Z. Maroulis. 2000. Water loss and oil uptake as a function of fryinf time. *Journal of Food Engineering* 44: 39-46.
- Lawless, H. and M. Claasen. 1994. Application of the central dogma in sensory evaluation. *Food Technology* 47 (6): 139-146.
- Lee, S., L. Proxy, J. de Vries. 1992. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods-enzymatic-gravimetric methods, MES-TRIS buffer: collaborative study. *Journal of AOAC International* 75 (3): 395-416.
- Lee, S. and G. Inglett. 2007. Effect of an oat beta-glucan-rich hydrocolloid (C-trim30) on the rheology and oil uptake of frying batters. *Journal of Food Science* 72 (4): 222-226.
- Li, H., R. Tsao, Z. Deng. 2012. Factors affecting the antioxidant potential and health benefits of plant foods. *Canadian Journal of Plant Science* 92: 1101-1111.

- Linnemann, A., M. Benner, R. Verkerk, M. Boekel. 2006. Consumer-driven food product development. *Trends in Food Science & Technology* 17: 184-190.
- Lizama, D. 2012. Caracterización física de tres ingredientes funcionales elaborados a partir de productos alimentarios intermedios (PAI) provenientes de la agroindustria. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 31h.
- Lutz, M., D. Morales, S. Sepúlveda, M. Alviña. 2008. Evaluación sensorial de preparaciones elaboradas con nuevos alimentos funcionales destinados al adulto mayor. Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos Funcionales (CIDAF), Facultad de Farmacia, Universidad de Valparaíso, Región de Valparaíso, Chile. 11p.
- MINSAL (Ministerio de salud), Chile. 2010. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Dto n° 997/96. 179p.
- Moreira, R., X. Sun, Y. Chen. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep fat frying. *Journal of Food Engineering* 31: 485-498.
- Moreira, R. and F. Barrufet. 1998. A new approach to describe oil absorption in fried foods: a simulation study. *Journal of Food Engineering* 35: 1-22.
- Nonaka, M., R. Sayre, M. Weaver. 1977. Oil content of french fries as affect by blanch temperatures, fry temperatures and melting point of frying oils. *American Potato Journal* 54: 151-159.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2009. Dieta, Nutrición y Prevención de enfermedades crónicas. Disponible en: http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf. Leído el 6 de Diciembre 2013.
- Osborne, D. y P. Voogt. 1986. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Zaragoza, España: Ed. Acribia.
- Pak, N. 2001. Dietary fiber intake in Chile: Recommendations and actual consumption patterns (cap. 43, pp. 808-819). *En*: Dreher M., S. Sungsoo (eds.) *Handbook of dietary fiber*. Nueva York, Estados Unidos. 842p.
- Pedreschi, F., C. Cocio, P. Moyano, E. Troncoso. 2008. Oil distribution in potato slices during frying. *Journal of Food Engineering* 87 (2): 200-212.
- Prieto, P. y S. Villaseñor. 2009. Fibra. Órgano Informativo del Instituto de Nutrición y Salud Kellogg's® sobre la Relación entre la Nutrición y la Salud. 36p.
- ProChile. 2012. Disponible en: <http://www.prochile.gob.cl/noticias/ocho-tendencias-alimentarias-para-la-proxima-decada/>. Leído el 10 de Noviembre 2015.

- Rabetafika, H., B. Bchir, C. Blecker, A. Richel. 2014. Fractionation of apple by-products as source of new ingredients: Current situation and perspectives. *Trends in Food Science and Technology* 40: 99-114.
- Ramadan, R., M. Mostafa., A. Mohamed. 2006. Correlation between physicochemical analysis and radical-scavenging activity of vegetable oil blends as affected by frying of French fries. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108 (8): 670 – 678.
- Riveros, L. 2012. Elaboración de un galletón de avena libre de azúcar con adición de un ingrediente funcional hipoglicémico. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 64h.
- Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.
- Siró, I., E. Kápolna, B. Kápolna, S. Lugasi. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review. *Appetite* 51: 456-467.
- Sudha, M., V. Baskaran, K. Leelavathi. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry* 104: 686–692.
- Sungsoo, S. and M. Dreher. 2001. *Handbook of dietary fiber*. 842p.
- Ufheil, G. and F. Escher. 1996. Dynamics of oil uptake during deep fat frying in potato slices. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 29: 640–644.
- Urala, N. and L. Lähteenmäki. 2004. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Quality and Preference* 15: 793-803.
- Venegas, D. 2001. Incorporación de harina de cotiledón de algarrobo chileno (*Prosopis chilensis* (MOL) Stuntz) en la elaboración de hojuelas fritas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 64p.
- Verbeke, W. 2006. Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health. *Food Quality and Preference* 17: 126-131.
- Yadav, D. and A. Rajan. 2012. Fibres as an additive for oil reduction in Deep fat fried *poori*. *Journal of Food Science and Technology* 49 (6): 767-773.

APÉNDICE I**Curva de calibración D (+) - Glucosa****APÉNDICE II****Curva de Ácido Gálico**

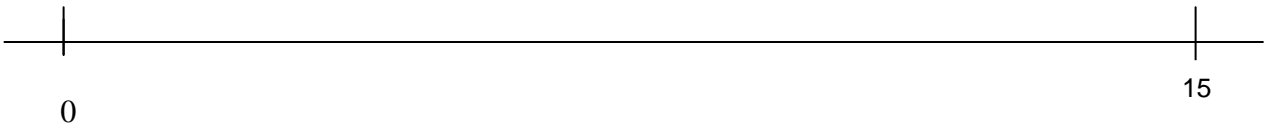
APÉNDICE III

EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD DE “SNACK”

Nombre: _____
Fecha: _____

Indique con una **línea vertical** sobre la escala horizontal que va de 0 a 15 cm, el punto que mejor describa la aceptabilidad del producto, donde el 0 es “me disgusta extremadamente” y el 15 es “me gusta extremadamente”.

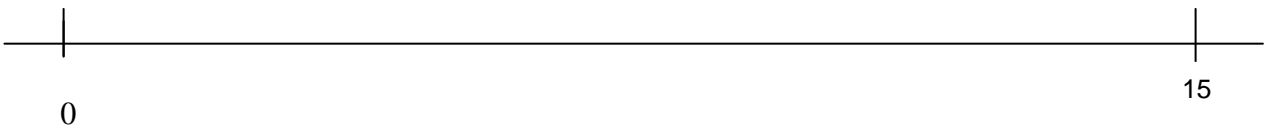
Muestra N° _____



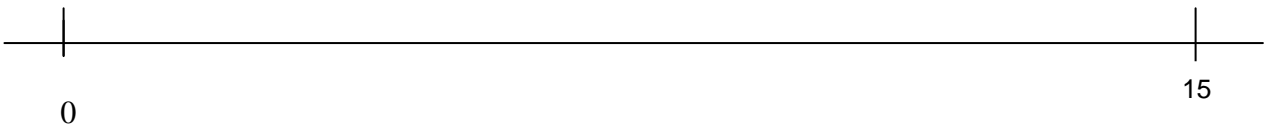
Muestra N° _____



Muestra N° _____



Muestra N° _____



COMENTARIOS:.....
.....

Gracias.

APÉNDICE IV
EVALUACIÓN DE CALIDAD DE “SNACK”

Nombre: _____

Fecha: _____

Muestra N° _____

A continuación se presenta una lista de descriptores para la evaluación de la calidad sensorial de un “snack”. Indique con una **línea vertical** sobre la escala horizontal que va de 0 a 15 cm, el punto que mejor describa la intensidad de cada uno de los atributos de la muestra, donde el 0 indica ausencia o extremadamente bajo y el 15 extremadamente alto.

	Intensidad de color	
0		15
	Brillo	
0		15
	Aroma herbáceo	
0		15
	Sabor herbáceo	
0		15
	Crocancia	
0		15
	Aceitosidad	
0		15

COMENTARIOS:.....

.....

Gracias.