

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE TRES
INGREDIENTES FUNCIONALES ELABORADOS A
PARTIR DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS
INTERMEDIOS (PAI) PROVENIENTES DE LA
AGROINDUSTRIA**

DOMINIC ANTONELLA LIZAMA JARA

Santiago, Chile
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE TRES
INGREDIENTES FUNCIONALES ELABORADOS A
PARTIR DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS
INTERMEDIOS (PAI) PROVENIENTES DE LA
AGROINDUSTRIA**

**PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THREE
FUNCTIONAL INGREDIENTS MADE FROM
INTERMEDIATE FOOD PRODUCTOS (IFP) FROM
AGRO-INDUSTRY**

DOMINIC ANTONELLA LIZAMA JARA

Santiago, Chile
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE TRES
INGREDIENTES FUNCIONALES ELABORADOS A
PARTIR DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS
INTERMEDIOS (PAI) PROVENIENTES DE LA
AGROINDUSTRIA**

Memoria para optar a al título profesional de: Ingeniero Agrónomo

DOMINIC ANTONELLA LIZAMA JARA

	Calificación
Profesor Guía Hugo Núñez K. Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs.	7,0
Profesores Evaluadores Carmen Sáenz H. Químico Farmacéutico, Dra.	6,5
Jaime Auger S. Ingeniero Agrónomo, Ms. Ph. D.	5,5

Santiago, Chile
2012

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	3
Palabras Claves.....	3
ABSTRACT	4
Key words.....	4
INTRODUCCIÓN	5
Objetivos.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
Lugar de trabajo.....	8
Material de estudio.....	8
Materiales.....	9
Métodos.....	9
Tratamiento y Diseño Experimental.....	9
Procedimiento.....	9
Variables medidas.....	9
Análisis estadístico.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Caracterización física.....	12
Humedad y Actividad de Agua.....	12
Color.....	12
Caracterización tecnológica.....	14

Granulometría.....	14
Densidad Aparente.....	15
Capacidad de Retención de Agua e Hinchamiento.....	16
Índice de Absorción de Agua e Índice de Solubilidad de Agua.....	17
Capacidad de adsorción de aceite.....	18
Capacidad espumante y Estabilidad de la Espuma.....	19
Capacidad de Intercambio Catiónico.....	20
Concentración Mínima de Gelificación.....	21
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
APÉNDICE	28

RESUMEN

El interés actual por alimentos más saludable, ha centrado las investigaciones en los compuestos bioactivos (CB) presentes en productos vegetales, capaces de entregar beneficios más allá de la nutrición.

Se utilizaron subproductos agroindustriales ricos en CB, como la pomasa de tomate (licopeno, fibra dietética y compuestos fenólicos), pomasa de manzana (fibra dietética y polifenoles), afrechillo de arroz (fibra dietética y tocoles) y cultivos subexplotados como harina de paleta de nopal (fibra dietética y fenoles) y harina integral de amaranto (proteínas, ácidos grasos insaturados y fibra dietética), para desarrollar cinco Productos Alimentarios Intermedios (PAI), los cuales se mezclaron en proporciones definidas con un objetivo de salud, obteniendo tres Ingredientes Funcionales (IF), con la acción Hipolipémica, Hipoglicémica e Hipocolesterolémica.

De acuerdo a lo anterior, se propone caracterizar física y tecnológicamente estas tres alternativas de IF, con el objeto de determinar sus posibles usos alimentarios. El desarrollo de esta investigación, se realizó en dos etapas: preparación del material de estudio (mezclas de PAI para obtener los tres IF) y caracterización física y tecnológica de los IF.

De la caracterización física, los valores de humedad (9,19%) y actividad de agua (0,459), no presentaron diferencias significativas entre los IF. En cuanto al análisis de color, el IF1 mostró el mayor L (70,12) y menor a* (1,63) y b* (20,35). En la caracterización tecnológica, la granulometría de los IF fue de 250 micrometros (>90%) y el IF2 obtuvo la menor densidad aparente (0,37g/mL). De los análisis de hidratación, la capacidad de retención de agua presentó los valores más altos para los IF1 e IF2 (6,15 y 5,94g/g respectivamente), en cuanto a la capacidad de hinchamiento, el IF2 mostró el mayor valor (7,35mL/g) y el índice de absorción de agua fue mayor para los IF2 e IF3 (6,00 y 6,18 g/g). La capacidad de absorción de aceite fue mayor para el IF1 (0,93 g/g). El análisis de la capacidad de intercambio catiónico mostró mayores valores para el IF3 (1,70 meq de H⁺/g).

Los resultados obtenidos sugieren una potencialidad de usos para los tres ingredientes funcionales en el área de panadería, pastas y snacks.

Palabras clave

Ingredientes funcionales, compuestos bioactivos, hipolipémico, hipoglicémico e hipocolesterolémico.

ABSTRACT

The current interest in healthy foods, has focused research on bioactive compounds (CB) present in vegetable products, able to deliver benefits beyond nutrition.

Agroindustrial byproducts rich in CB - such as tomato pomace (lycopene, dietary fiber and phenolic compounds), apple pomace (dietary fiber and polyphenols), rice bran (dietary fiber and tocopherols) - and underexploited crops such as cactus paddle flour (dietary fiber and phenols) and amaranth wholegrain flour (proteins, unsaturated fatty acids, and dietary fiber) were used to develop five Intermediate Food Products (PAI), which were mixed in defined proportions for health benefits, to obtain three Functional Ingredients (IF), with Hypolipemic, Hypoglycemic, and Hypocholesterolemic activity.

According to the above, propose to characterize, physically and technologically, these three IF alternatives in order to determine their possible alimentary uses. This research was developed in two stages: study material preparation (PAI mixtures to obtain the three IF) and physical and technological characterization of IF.

The moisture content (9.19%) and water activity (0.459) of the IFs were not significantly different. In the color analysis IF1 showed the greatest L (79.12) and lowest a* (1.63) and b* (20.35). The technological characterization study found that the three IFs had granulometry of 250 micrometers (>90%) and IF2 had the lowest apparent density (0.37 g/mL). In the hydration analysis, the water retention capacity showed the highest values for IF1 and IF2 (6.15 and 5.94 g/g respectively), whereas for swelling capacity, IF2 showed the highest value (7.35 mL/g) and water absorption index was greatest in IF2 and IF3 (6.00 and 6.18 g/g respectively). Fat adsorption capacity was greatest in IF1 (0.93 g/g). IF3 obtained the highest values in the cation exchange capacity analysis (1.70 meq of H⁺/g).

The results suggest a potential use of these three functional ingredients in bakery products, pasta and snack.

Keys words

Functional ingredients, bioactive compounds, hypolipemic, hypoglycemic, hypocholesterolemic

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayoría de las investigaciones de carácter nutricional, se orientan a la relación existente entre la alimentación y las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), más que a problemas de carencia, siendo estas consideradas, la principal causa de defunción en el mundo. Las ECNT son de larga duración y, por lo general, de progresión lenta tales como enfermedades cardíacas, respiratorias, infartos, cáncer y diabetes (OMS, 2010).

De acuerdo a la última encuesta nacional de salud (MINISTERIO DE SALUD (MINSAL), 2010), el principal factor de riesgo en el desarrollo de las ECNT es el estilo de vida que ha adquirido la población, referido a la nutrición y actividad física. Es por ello que el llevar una vida sedentaria, una dieta desequilibrada (sólo un 15,7% de la población consume 5 o más porciones de frutas y verduras al día), con hábitos inadecuados como el tabaquismo y el consumo de alcohol en forma excesiva, contribuyen a la morbilidad causada por este tipo de enfermedades.

Estudios epidemiológicos que demuestran efectos beneficiosos sobre la salud, producto del consumo de diferentes tipos de dietas y el mayor conocimiento acerca de la composición de los alimentos, han contribuido a identificar determinados componentes como factores implicados en la prevención de algunas patologías. Estos compuestos considerados bioactivos (CB), se encuentran naturalmente en la dieta, aunque no se les puede considerar esenciales, son de gran importancia para la salud (Muñoz *et al.*, 2010). De acuerdo a Dentali (2002), los CB ofrecen efectos fisiológicos deseables más allá de los proporcionados por la nutrición básica, los que se encuentran en pequeñas cantidades en alimentos principalmente de origen vegetal y poseen un efecto biológico medible a una concentración fisiológica razonable, afectando benéficamente a la salud (Muñoz *et al.*, 2010), pudiendo clasificarse de acuerdo al impacto en el funcionamiento y la salud de las personas, siendo algunos de ellos fibra dietética, polifenoles, carotenoides y tocoles (Sáyago-Ayerdi y Goñi, 2010).

La fibra dietética se define como polisacáridos que no contienen almidón, provenientes de la pared celular de las plantas y que resisten la hidrólisis de las enzimas del sistema digestivo humano (Gallaher y Schneeman, 2001). Sus principales beneficios radican en mejorar la función del intestino grueso y atenuar los niveles de colesterol y glucosa en la sangre (Escudero y González, 2006). El consumo promedio en Chile de fibra dietética en adultos es de 17,8 g/día y se sugiere incrementarlo entre 25-30 g/día (Pak, 2000), en beneficio de la salud. De acuerdo a Manzanos *et al.* (2006), las pieles de tomate contienen un 64% de fibra total, considerándose una buena fuente de ésta.

Los polifenoles son compuestos provenientes del metabolismo secundario de las plantas, encontrándose los flavonoides y los no flavonoides (Padilla *et al.*, 2008), y por tanto componentes comunes de los alimentos de origen vegetal, considerándose los principales antioxidantes de nuestra dieta (Scalbert *et al.*, 2005). Para los no flavonoides se han

descrito más de cinco mil compuestos en el reino vegetal, y de los cuales se subdividen seis grupos de compuestos; antocianidinas, flavanoles, flavanonas, flavonoles, flavonas e isoflavonas presentes por ejemplo en uvas (rojas y moradas), té verde, frutas cítricas, manzanas, perejil y soja respectivamente (Portal Antioxidante, s/a). La actividad antioxidante de estos compuestos, consecuencia de su estructura química, ha generado interés, por los efectos benéficos para la salud en los alimentos que los poseen (Scalbert y Williamson, 2000). Además existen otros compuestos como licopeno, de la familia de los carotenoides, que presenta esta misma propiedad, ya que protege o retarda significativamente la oxidación (Li *et al.*, 2005) disminuyendo el riesgo al desarrollo de cáncer y enfermedades cardiovasculares.

Los tocoferoles y tocotrienoles (tocolos), son compuestos liposolubles conocidos genéricamente como vitamina E. Se encuentran en buenas cantidades en vegetales, frutas, semillas y nueces (Panfili *et al.*, 2003) y su actividad biológica se relaciona con su poder antioxidante mediante la inhibición de la peroxidación de las membranas biológicas (Zhimin *et al.*, 2001).

Durante el procesamiento de la mayoría de las materias primas vegetales, existe una pérdida considerable de los CB que contienen, debido a la eliminación de las partes externas del pericarpio, tras su pelado y refinación. Estos residuos concentran en gran cantidad CB de interés para la industria alimentaria.

La pomasa de tomate, compuesta de semillas, cáscara y restos de pulpa, presenta cantidades significativas de fibra, vitamina A y C, antioxidantes, principalmente en forma de licopeno y compuestos fenólicos (Mota y García, 2004), siendo el contenido de licopeno en la piel del tomate tres veces mayor que en el tomate total (Shi and Le Maguer, 2000).

La pomasa de manzana representa entre un 15-20% de la fruta procesada, posee restos fibrosos de la pulpa, cáscara y semilla, rica en pectinas, ácidos orgánicos, fibra dietética y taninos (Anrique, 1992). Wolfe y Liu (2003), señalan que la fibra de manzana posee mejor calidad que otras fibras dietéticas por la presencia de CB asociados, tales como flavonoides, polifenoles y carotenoides.

El afrechillo de arroz, corresponde a la capa externa del grano y el germen obtenido tras la industrialización del grano, representa entre un 10-12% del arroz "paddy". El afrechillo está compuesto por fibra dietética, lípidos, proteínas y vitaminas del grupo B y E. Si bien se lo considera como una fuente de vitaminas, no se utiliza en alimentación humana (Iqbal *et al.*, 2005).

El amaranto es un pseudo cereal cuyo valor nutricional y funcional ha despertado bastante interés, debido a su composición química y aporte nutricional, resultando beneficioso para la industria alimentaria. De acuerdo a Tosi *et al.* (2001) al moler el grano de amaranto (harina), se obtiene una fracción rica en fibra dietética, una fracción rica en proteínas y una

rica en almidón, y posee un alto contenido de compuestos antioxidante como los polifenoles (Li *et al.*, 2005).

La harina de nopal obtenida por secado y molienda de sus cladodio es rica en fibra dietética especialmente soluble (mucílagos) y baja en lípidos, hidratos de carbono y proteínas (Sáenz, 2006), posee pigmentos (clorofila y carotenoides) y vitamina C, buscada entre otros motivos por sus propiedades antioxidantes.

El uso de estas materias primas como ingredientes alimenticios requiere un proceso de estabilización y concentración de los CB, para obtener un producto alimenticio intermedio (PAI), el cual es un producto complementario que da un valor agregado a los alimentos que lo contienen (Gartzia, 2002). El uso de estos PAI, como parte de la composición de Ingredientes Funcionales (IF) con acción hipolipidémica, hipoglicémica e hipocolesterolémica, utilizados en la formulación de alimentos da origen a un Alimento Funcional (AF), el cual se puede definir como una nueva gama de alimentos procesados, que al contener en su formulación CB, y al ser incluidos en la dieta del ser humano, ofrecen efectos fisiológicos deseables más allá de los proporcionados por la nutrición básica (Dentali, 2002).

La distinta composición de los IF implicará diferencias en sus características físicas como color y contenido de humedad, como también, en sus propiedades tecnológicas, entre ellas, propiedades de hidratación (capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de hinchamiento (CH), Índice de solubilidad en agua (ISA), entre otros), los cuales pueden influir en su comportamiento durante los procesos de producción de un alimento y su aceptación.

Por lo anterior, resulta importante caracterizar física y tecnológicamente los tres IF, entregando con ello información útil para sus futuros usos alimentarios.

Objetivo

Caracterizar física y tecnológicamente distintas formulaciones de ingredientes funcionales elaborados a partir de PAIs provenientes de la agroindustria y cultivos sub explotados.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar del estudio

La investigación se efectuó en los laboratorios de Ingredientes Funcionales y de Productos Vegetales del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Material de estudio

Se utilizaron cinco PAIs, obtenidos de acuerdo al Proyecto InnovaChile 07CT9PZ-04 “Ingredientes patentables para la industria alimentaria, con potencial funcional en la prevención y control de la obesidad y diabetes”. Estos fueron; tomate, manzana, arroz, nopal y amaranto, cuyas materias primas fueron obtenidas de las agroindustrias Tres Montes-Lucchetti (Ex Aconcagua Foods) y Patagonia Fresh S.A. de la VI región, para pomasa de tomate y manzana respectivamente. Empresas Tucapel de la VII región, para afrechillo de arroz, predios de Til-Til y la Estación experimental Las Cardas de la RM y IV regiones respectivamente, para paletas de nopal y predios de Pirque de la RM para amaranto.

Los cinco PAI con una granulometría de 250 micrometros, al ser mezclados en distintas proporciones, constituyeron tres formulaciones de Ingredientes Funcionales (IF). Las proporciones de los IF se basaron de acuerdo a lo señalado por Oyarzún (2010)¹(Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición porcentual los tres Ingredientes Funcionales

	Arroz %	Amaranto %	Manzana %	Nopal %	Tomate %	Propiedad Potencial
IF1	44,5	11,1	22,2	22,2	0	Hipolipémica
IF2	25,0	0	25,0	25,0	25,0	Hipoglicémica
IF3	46,2	7,60	15,4	15,4	15,4	Hipocolesterolémica

¹ Amaya Oyarzún. 2010. Estudiante de Doctorado en Nutrición y Alimentos de la Universidad de Chile. Informe de Avance de Tesis.

Materiales

- Agitador de tamiz RETSCH AS 200 con tamices de 40, 60, 80 y 100 (8x2 “C.Y M.B.O.S.).
- Determinador de aw ROTRONIC instrument corp, Hidrolab 2.
- Centrífuga HEHICH zentrifugen, CIENTIEC instrument científicos S.A.
- Colorímetro de reflectancia Minolta CR-200b.
- Film de polipropileno bi-orientado metalizado de baja temperatura de sello SIGDOPACK.

Método

Tratamiento y Diseño Experimental

Se utilizó un diseño totalmente al azar con 3 tratamientos (IF1, IF2 e IF3) y 4 repeticiones, siendo la unidad experimental 100 gramos de IF.

Procedimiento

Una vez obtenidos los cinco PAIs previamente tamizados a 250 micrones, se mezclaron y homogenizaron en las proporciones antes señaladas, con el objeto de obtener los 3 IF requeridos en el estudio, en unidades de 100 g cada uno. Una vez realizada esta labor cada unidad de IF se guardó en envases de film de polipropileno bi-orientado metalizado de baja temperatura de sello, de una permeabilidad al vapor de agua de 0,8 g/m² día (90% HR y 37,8°C), una permeabilidad al oxígeno de 150 cm³/m²día (0% HR y 23°C) con un espesor total de 30 µm, y se selló herméticamente. Los tratamientos se mantuvieron en un ambiente fresco y seco, dentro de las instalaciones del laboratorio de Ingredientes Funcionales, durante el desarrollo de la investigación, resguardando la correcta apertura y cierre hermético de los envases luego de cada una de las evaluaciones experimentales realizadas a los Ingredientes Funcionales.

Variables medidas

Las mediciones que se realizaron a los tratamientos se agrupan de la siguiente manera:

- Caracterización física de los IF
- Caracterización tecnológica de los IF

Caracterización física de los Ingredientes Funcionales. Se midieron los siguientes parámetros:

- * Actividad de agua (aw). Medida con un determinador de aw ROTRONIC instrument corp, Hidrolab 2.
- * Humedad. Determinado por secado en estufa a 105° C hasta peso constante, de acuerdo al método de la AOAC 925.10 (1984).
- * Color. Medido a través de los parámetros de color: luminosidad (L), contribución del color rojo (a*) y del color amarillo (b*), calculando el croma (C*) y el tono (h*) según lo propuesto por McGuire (1992).

La caracterización física de un alimento, entrega indicadores respecto a la estabilidad y uso de una materia prima, siendo útil para la industria alimentaria.

Caracterización tecnológica de los Ingredientes Funcionales. Se midieron los siguientes parámetros:

- * Hinchamiento. Representa la capacidad de hidratación de la materia prima, relacionada con la capacidad higroscópica. Método realizado de acuerdo a lo señalado por Kuniak and Marchessault (1972, citado por Femenia *et al.*, 1997)
- * Granulometría. Indicador del tamaño de partícula de un alimento. Determinado por medio del uso de mallas de números, 40, 60, 80 y 100 mesh o 425, 250, 175 y 150 micrometros respectivamente, con agitación mecánica. De acuerdo a lo señalado en el método de la AACC (1999).
- * Densidad Aparente. Determinado por medio del volumen alcanzado por la muestra y su posterior peso (Kaur y Singh, 2005).
- * Capacidad de absorción de agua (IAA) e Índice de solubilidad (ISA). Capacidad que posee un ingrediente para asociarse y retener agua en condiciones donde ésta es limitante. Medido de acuerdo a lo señalado por Anderson *et al.* (1969).
- * Capacidad espumante. Cantidad de espuma formada por unidad de sólido. Determinado de acuerdo a lo señalado por Lin *et al.* (1974, citado en Kaur Singh, 2005).
- * Estabilidad de la espuma. Estabilidad de la espuma en el tiempo. Determinado de acuerdo a lo señalado por Lin *et al.* (1974, citado en Kaur Singh, 2005).

- * Concentración Mínima de Gelificación. Mínima concentración de ingrediente con la cual se forma un gel. Medido según lo señalado por Sathe *et al.* (1982, citado en Kaur y Singh, 2005).
- * Capacidad de retención de agua (CRA). Cantidad máxima de agua que puede ser retenida por un ingrediente. Determinado a través del método realizado según McConell *et al.* (1974, citado por Zambrano *et al.*, 2001).
- * Capacidad de adsorción de aceite (CAA). Máxima cantidad de aceite que puede ser retenida por las harinas. Determinado de acuerdo a Lin *et al.* (1974).
- * Intercambio catiónico. Capacidad de un material para retener cationes intercambiables. Determinado por el método indicado por Mc Connell *et al.* (citado por 1974 en Zambrano *et al.*, 2001).
- * Tiempo de Vaciado. Indicador de fluidez de un material. Se determinó el tiempo que demora el material en deslizarse (Larrauri, 1995).
- * Velocidad de Vaciado. Indicador de fluidez de un material. Utilizando los datos obtenidos en el tiempo de vaciado se calculará la velocidad de vaciado (Larrauri, 1995).
- * Ángulo de Reposo. Indicador de estabilidad de un material. Medida empírica de la fluidez relativa y los sólidos particulados, y está influenciado por el contenido de humedad y el tamaño de partículas. Medido por medio de ángulo entre el cono formado por el material y la superficie (Larrauri, 1995).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), con el fin de establecer si existían diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con respecto a las propiedades estudiadas. En el caso de existir diferencias significativas se realizó una prueba de rango múltiple LSD, al 5%, empleando el software STATGRAPHICS plus versión 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física

Humedad y Actividad de agua

En el Cuadro 1 se presentan los valores de humedad y actividad de agua (a_w) de los tres Tratamientos de IFs.

Cuadro 1. Contenido de Humedad (%) y A_w de los tres IFs

Muestra	Humedad (%)	A_w
IF-1	9,49 \pm 0,26 a	0,456 \pm 0,02 a
IF-2	8,90 \pm 0,11 a	0,452 \pm 0,01 a
IF-3	9,19 \pm 0,33 a	0,470 \pm 0,01 a

Valores Promedios \pm D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ($p < 0,05$), según test de Duncan.

La determinación de humedad no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, lo que puede explicarse, por la homogeneidad en los procesos de obtención de los PAI de tomate, manzana y tuna.

De acuerdo a lo reportado por Salmavides (2005) en pulido de arroz estabilizado, el contenido de humedad (9,4%) fue similar a lo obtenido en los IF, y acorde a lo exigido por el Reglamento Sanitario de Alimentos (MINISTERIO DE SALUD (MINSAL), 2010) para harinas, 15% máximo. Sin embargo, los valores registrados por Videla (2010) en PAI Amaranto (1,17%) y Bonilla (2011) en PAI Tomate (2,25%), fueron menores al de los IF, pudiendo ser explicado, por los dos procesos de secado a los cuales fueron sometidos los PAI, siendo el primero 40 o 60°C (tratamientos) y el segundo 40°C hasta obtener un A_w aproximado de 0,5.

De mismo modo, la actividad de agua (a_w) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, y sus valores fluctuaron entre 0,45 y 0,47, imposibilitando reacciones químicas, biológicas y desarrollo microbiano que puedan alterar negativamente los ingredientes. Estos valores obtenidos de a_w , fueron similares a los reportados por Sáenz *et al.* (2011) para polvo de nopal (0,40-0,45).

Color

En el Cuadro 2 se presentan los parámetros de color de los tres tratamientos de IFs.

Cuadro 2. Parámetros de color de los tres IF

Muestra	L	a*	b*	C*	h*
IF-1	70,12 ± 0,09 a	1,63 ± 0,18 b	20,35 ± 0,06 c	20,4 ± 0,05 c	80,42 ± 0,33 a
IF-2	67,69 ± 0,18 b	5,66 ± 0,12 a	26,26 ± 0,04 a	26,9 ± 0,07 a	77,84 ± 0,37 b
IF-3	68,38 ± 0,17 c	5,33 ± 0,09 a	24,79 ± 0,04 b	25,4 ± 0,06 b	77,87 ± 0,18 b

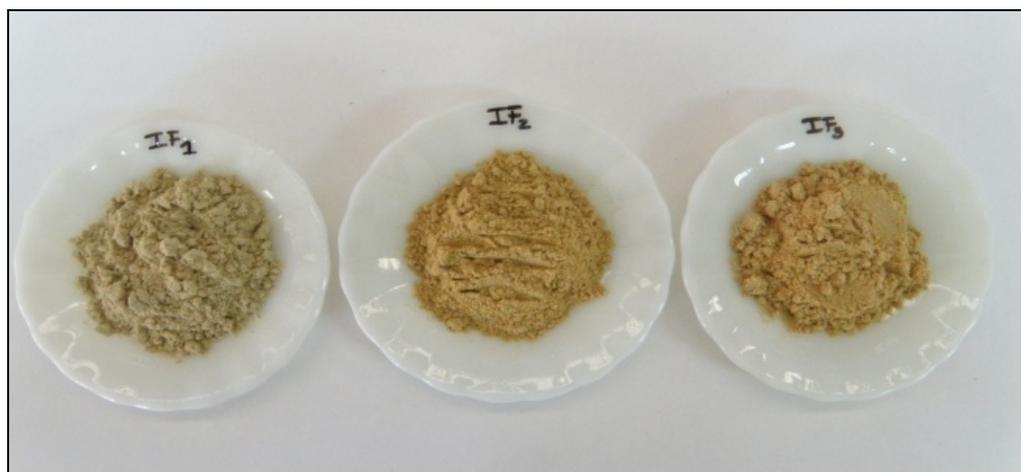
Valores Promedios ± D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ($p < 0,05$), según test de Duncan

Como se muestra en el Cuadro 2, el parámetro de luminosidad (L) presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo IF3 mayor y significativamente distinto con IF1 e IF2. Esto puede explicarse, debido a la mayor presencia de los PAI afrechillo de arroz, manzana y amaranto que componen el IF1, que contribuyen con una mayor luminosidad.

La contribución del color rojo (a^*) y color amarillo (b^*) también presentó diferencias significativas, siendo el IF1 significativamente distinto a IF2 e IF3 respecto de a^* , debido a la ausencia del PAI tomate en su formulación. En el caso de b^* , se observó diferencias significativas en todos los tratamientos, presentando un mayor valor de b^* (contribución de amarillo) el IF3, debido a la mayor presencia del PAI arroz en su composición.

Respecto a la saturación del color (C^*), se observan diferencias significativas en todos los tratamientos, siendo el tratamiento IF2 el que posee la mayor saturación de color con C^* 26,9. En cuanto al tono (h^*) solo el IF1 posee diferencias significativas respecto a los otros tratamiento.

Vargas (2009) registró en PAI Arroz, valores similares a los obtenidos en los IF, en cuanto a los parámetros b^* y C^* , debido al mayor porcentaje del PAI Arroz en la formulación de los tres tratamientos. Sáenz *et al.* (2011) reportó para polvo de nopal, valores similares en los parámetros L y a^* , del IF2 por la mayor presencia del PAI Nopal en su formulación.

**Figura1.** Color de los tres Ingredientes Funcionales

Caracterización tecnológica

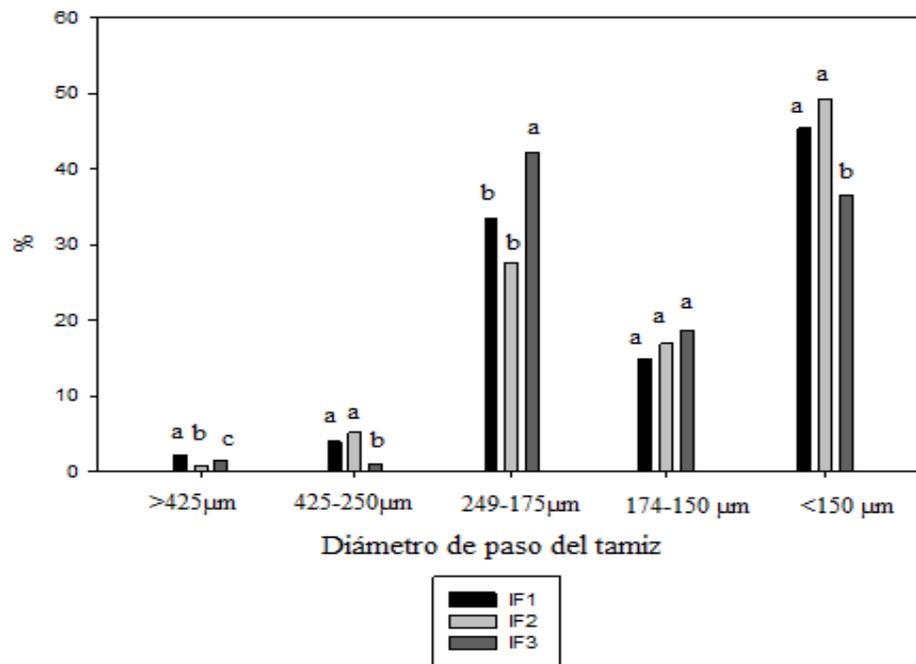
Debido a un mayor interés en la utilización de harinas provenientes de semillas en la preparación de alimentos, resulta de especial importancia conocer las propiedades tecnológicas que definen a los ingredientes (Kaur y Singh, 2005), entregando información de interés para el procesamiento, potenciales usos y limitaciones.

Granulometría

En la Figura 2 se presenta la composición granulométrica porcentual de los tres tratamientos IFs.

Con el objeto de corroborar el tamaño de partícula de los ingredientes funcionales, se determinó la granulometría de estos, mediante cinco tamices desde 150 hasta 425 micrometros, como muestra la Figura 2.

Figura 2. Porcentaje promedio de diferentes tamices en tres harinas de IF's



Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las barras ($p < 0,05$), según test de Duncan.

Del análisis de granulometría, se observa que los tratamientos IF1, IF2 e IF3 poseen un alto porcentaje 94%, 94,1% y 97,6, respectivamente, de tamaño de partículas, que se encuentra en el rango de <250 micrometros y entre 40 y 50% tienen tamaño <150 μm .

Del análisis estadístico se observa que, solo el rango 174-150 μ m, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, a diferencia de lo observado en los otros rangos de tamaño de partículas.

De acuerdo a lo señalado por Videla (2010) en afrechillo de amaranto, el tamaño de partículas fue mayor a 250 micrometros, quedando retenido un 41,7% en el tamiz de 425 micrometros, pudiendo ser explicado por una molienda insuficiente, y un mayor contenido de humedad (13,13%), factores que podrían afectar la granulometría.

Densidad aparente

En el Cuadro 3 se presenta los valores de densidad aparente de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 3. Densidad aparente de los tres IFs

Muestra	Densidad (g/mL)
IF-1	0,41 \pm 0,00 a
IF-2	0,37 \pm 0,00 c
IF-3	0,39 \pm 0,00 b

Valores Promedios \pm D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ($p < 0,05$), según test de Duncan

De acuerdo al análisis estadístico, las densidades aparentes fueron significativamente diferentes, entre ellas, siendo el tratamiento IF2 el de menor densidad (0,37 g/mL). Esto puede explicarse, debido al mayor contenido de PAI tomate en su composición, producto de baja densidad por su composición y delgadez de la misma.

Videla (2010) reportó para afrechillo de amaranto valores de densidad aparente de 0,48 g/mL, con un contenido de humedad mayor (13,13%) y Vargas (2009) valores de 0,44 g/mL para afrechillo de arroz estabilizado. Para harina de paleta entera de nopal, Espinoza (2012) informó densidades entre 0,53 y 0,57 g/mL, de plantas de las localidades Til-Til y Las Cardas respectivamente.

Respecto a los análisis de **velocidad de vaciado, tiempo de vaciado y ángulo de reposo**, considerados originalmente en esta investigación, no fue posible determinarlos, debido, a la imposibilidad de deslizamiento de los IFs, por el instrumento (embudo) requerido en el método utilizado (Larrauri, 1995). Esto puede explicarse, por la baja densidad de los tratamientos, impidiendo la medición de velocidad de la caída, sin una fuerza adicional más que la propia gravedad, en comparación a la densidad que poseía el material utilizado por el método original (0,6-0,7g/mL).

Las propiedades de hidratación de la fibra dietética se refieren a su capacidad para retener agua dentro de su matriz. Una fibra con una alta capacidad de hidratación podría aumentar el peso de las heces y, potencialmente, reducir la tasa de absorción de nutrientes desde el intestino, así como también, aumentar la viscosidad del alimento añadido (Navarro-González *et al.*, 2011).

Capacidad de Retención de agua y Capacidad de Hinchamiento

En el Cuadro 4 se presentan los valores obtenidos de Capacidad de retención de agua (CRA) y Capacidad de Hinchamiento (CH) para los tres tratamientos IFs.

Cuadro 4. Capacidad de Retención de agua (CRA) e Hinchamiento de los tres IFs

Muestra	CRA (g/g)	CH (mL/g)
IF-1	6,15 ± 0,38 a	6,58 ± 0,09 b
IF-2	5,94 ± 0,39 a	7,35 ± 0,34 a
IF-3	4,79 ± 0,13 b	6,33 ± 0,15 b

Valores Promedios ± D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ($p < 0,05$), según test de Duncan

El análisis de CRA presentó diferencias significativas entre el tratamiento IF3 y los tratamientos IF1 e IF2. Del mismo modo, el análisis de capacidad de hinchamiento, registró diferencias significativas entre el tratamiento IF2 respecto a IF1 e IF3, siendo el IF2 el de mayor valor con 7,35 mL/g.

Los altos valores de capacidad de retención de agua y de capacidad de hinchamiento, pueden ser explicados por la rica composición de fibras presentes en cada una de las materias primas vegetales, utilizadas para desarrollar estos ingredientes, las cuales actúan como capturadores de moléculas de agua en presencia de un exceso de este.

De acuerdo a Bonilla (2011), para PAI de tomate se reportó un contenido de Fibra Dietética Total (FDT) de 84,48% y un 13,06% de Fibra Dietética Soluble (FDS). Del mismo modo, Videla (2010) registró para afrechillo de amaranto valores de 29,78% de FDT y 3,10% de FDS.

Espinoza (2012) reportó para PAI nopal un contenido de FDT de 57,74% y de FDS de 8,39%, explicando la elevada CRA (6,05 g/g) y Capacidad de Hinchamiento (8,65 mL/g) obtenidos, pudiendo ser este PAI el principal factor de influencia para en el análisis de CH.

Farías (2010), reportó para PAI de manzana, un 36,94% de FDT, que es mayor al contenido de la mayoría de las frutas, y registrando valores de 10,64 mL/g para capacidad de hinchamiento.

Una alta capacidad de hinchamiento, señala un adecuado uso en la industria de panificación, debido a que, soluciona problemas relacionado con la pérdida de volumen y humedad, proporcionando mayor estabilidad durante la vida de anaquel, al favorecer una apariencia de frescura (Cervantes *et al.*, 2010).

Conocer la CRA de una fibra, sugiere posibilidades de uso como ingredientes en productos alimenticios: por ejemplo, fibras dietéticas con alta CRA pueden utilizarse como ingredientes funcionales para evitar la sinéresis y modificar la viscosidad y textura de algunas formulaciones de alimentos (Elleuch *et al.*, 2011).

Índice de Absorción de agua e Índice de solubilidad en agua

En el Cuadro 5 se presentan los valores obtenidos de Índice de absorción de agua (IAA) e Índice de solubilidad en agua (ISA) para los tres tratamientos IFs.

Cuadro 5. Índice de Absorción de Agua (IAA) e Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de los tres IFs.

Muestra	IAA (g/g)	ISA (%)
IF-1	5,14 ± 0,29 b	28,0 ± 1,63 a
IF-2	6,00 ± 0,11 a	23,0 ± 3,42 a
IF-3	6,18 ± 0,27 a	22,0 ± 1,15 a

Valores Promedios ± D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ($p < 0,05$), según test de Duncan

Las propiedades de absorción de la fibra dietética se relacionan con la estructura química de los componentes polisacáridos así como también con otros factores, tales como porosidad, tamaño de partícula, pH y temperatura (Elleuch *et al.*, 2010).

El análisis de ISA no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, a diferencia del análisis de IAA, donde los valores obtenidos, presentaron diferencias significativas entre el tratamiento IF1 y los IF2 e IF3, siendo el IF1 el de menor valor.

Es importante mencionar, que durante la investigación se determinó el IAA para cada uno de los PAI que componen los tratamientos de IF (Apéndice 1), obteniéndose valores entre 2,52 y 12,61g/g, para PAI Afrechillo de arroz y nopal respectivamente, siendo este último el que se observa con el máximo índice de absorción de agua.

Bonilla (2011) reportó para PAI tomate, valores superiores (9,93 a 10,73 g/g) de IAA, a los obtenidos en los tratamientos IFs. Valores similares reportó por Navarro-González *et al.* (2011) para piel de tomate.

Figuroa (2009) reportó valores de 5,2 a 6,0% de ISA y de 5,6 a 6,4g/g de IAA, indicando que la harina de cotiledón de espino presentó un buen índice de absorción de agua y pocos compuestos solubles.

Capacidad de adsorción de aceite

En el Cuadro 6 se presentan los valores obtenidos de capacidad de adsorción de aceite (CAA) para los tratamientos IF1, IF2 e IF3.

Cuadro 6. Capacidad de adsorción de aceite de los tres IFs

Tratamiento	CAA (g/g)
IF1	0,93±0,10 a
IF2	0,89±0,05 ab
IF3	0,65±0,10 b

Valores Promedios ± D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ($p < 0,05$), según test de Duncan

La capacidad de adsorción de aceite, se refiere a la máxima cantidad de aceite que puede ser retenida por gramo de material seco, como por ejemplo una determinada fibra, en presencia de un exceso de aceite bajo la acción de una fuerza patrón (Tamayo y Bermúdez, 1998).

Del análisis estadístico se desprende que los tratamientos IF1 e IF3 son significativamente distintos, pero no así, con el tratamiento IF2. Siendo el tratamiento IF3 el con menor capacidad de adsorción de aceite.

Navarro-González *et al.* (2011), reportaron para piel de tomate valores similares (1,46 g de aceite/g) a los obtenidos por los IF. Así también, Femenia (1997) reportó valores de 0,9 a 2,1 g/g, comparable a los valores de las frutas y hortalizas (<2 g/g) pero inferior a los valores de los cereales (2,4g/g).

De acuerdo a la revisión de fibras dietéticas entregada por Elleuch *et al.* (2011), las CAA para fibra dietética concentrada de naranja y durazno, fueron similares (1,27 y 1,09 g aceite/g respectivamente) a las obtenidas en los IF, sin embargo, para afrechillo de arroz desgrasado y residuos de espárrago (4,54 y 5,28 g aceite/g), fueron mayor a los registrados.

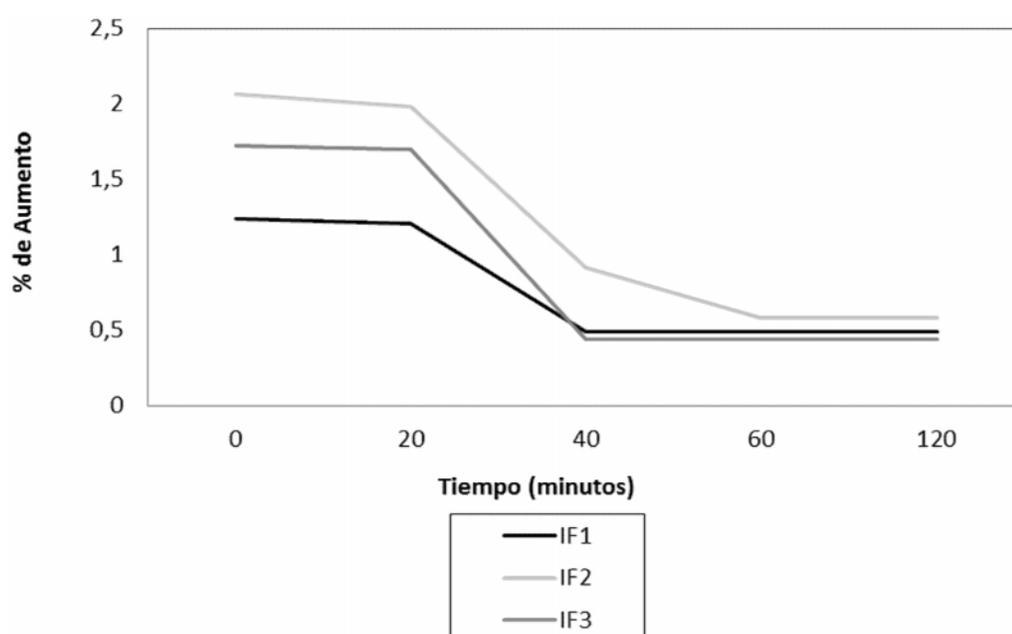
Conocer la CAA de una fibra, sugiere los posibles usos como ingrediente funcional en productos alimenticios: por ejemplo, una fibra dietética con alta CAA permitiría la

estabilización de alimentos con altos contenidos de grasa y emulsiones (Elleuch *et al*, 2011). Y una baja CAA, proporcionara una sensación no grasosa en productos fritos (Cervantes *et al.*, 2010).

Capacidad Espumante y Estabilidad de la espuma

En la Figura 2 se presentan el aumento porcentual respecto al tiempo de los tres tratamientos IFs, en la capacidad espumante y estabilidad de la espuma.

Figura 3. Capacidad espumante y Estabilidad de la espuma de los tres IF.



Del gráfico anterior, se desprende que la capacidad espumante (columna vertical) de los tres tratamientos es muy baja, reflejado en los porcentajes de aumento de volumen inicial (obtenidos luego de mezclar cada IF con agua, alcanzando para IF1, IF2 e IF3; 1,24%, 2,06% y 1,72% respectivamente).

Al mismo tiempo, se observa la baja estabilidad de la espuma obtenida por los IF (columna horizontal), en un periodo de 120 minutos, siendo casi inexistente al finalizar el periodo.

Lo anterior puede ser explicado por el bajo contenido de proteínas de alguno de los PAI que componen los IF, PAI Tomate, 1,89%, PAI arroz 8,94% y PAI manzana 8,44%, presentes en los tratamientos, las cuales al ser batidas se activan superficialmente formando espuma (Kaur y Singh, 2005).

Kaur y Singh (2005) reportaron en harina de garbanzo un porcentaje de aumento del 7% de aumento, así también Figueroa (2009) obtuvo valores de 2,0 a 3,3% de aumento en la capacidad espumante de la harina de cotiledón de espino, y para la estabilidad de la espuma indicó que fue casi nula, debido a un excesivo batido, lo que provocó una fatiga proteica, determinando una ruptura de la estructura de la burbuja.

Conocer la Capacidad Espumante y Estabilidad de la espuma de los tratamientos (IF) es relevante para establecer o limitar algunos usos alimentarios, como por ejemplo, no resultan aptos para ser incorporados a una crema para batir.

Capacidad de Intercambio Catiónico

En el Cuadro 7 se presentan los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) para los tres tratamientos IFs.

La capacidad de intercambio catiónico se refiere a la capacidad que tienen las fibras de formar complejos insolubles con iones inorgánicos o minerales.

Cuadro 7. Capacidad de Intercambio Catiónico de los tres IFs.

Tratamiento	CIC (meq de H ⁺ /g)
IF1	1,35±0,04 b
IF2	1,15±0,07 b
IF3	1,70±0,12 a

Valores Promedios ± D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas (p<0,05), según test de Duncan

Del análisis estadístico se observan diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el IF3 mayor y significativamente distinto que los tratamientos IF1 e IF2.

Valores similares obtuvo Espinoza (2012), en harina de nopal con y sin epidermis/clorénquima 0,53 y 1,15 meq H⁺/g respectivamente. Del mismo modo, Bonilla (2011) obtuvo para PAI de tomate valores de 0,96 meq de H⁺/g y Chau y Huang (2003), reportaron para piel de Naranja (*Citrus sinensis*) valores de 0,45 y 0,997 meq H⁺/g.

Las fibras dietéticas con una alta capacidad de intercambio catiónico podría entrapar, desestabilizar y desintegrar las emulsiones de lípidos, lo que lleva a la disminución de la difusión y absorción de los ácidos grasos, incluidos el colesterol (Furda, 1990; citado por Chau *et al.*, 2004).

Concentración mínima de gelificación

En el Cuadro 8 se presentan los valores porcentuales de concentración mínima de gelificación para los tres tratamientos IFs, obtenidos, tras la dilución en agua con temperatura de los tres IFs en concentraciones de 2 a 16%, y posterior refrigeración, hasta formar la gelificación.

Cuadro 8. Concentración mínima de gelificación de los tres IFs.

Concentración (%)	Tratamientos		
	IF1	IF2	IF3
2	-	-	-
4	-	-	-
6	-	-	-
8	-	-	-
10	Gel	Gel	-
12	Gel firme	Gel Firme	Gel
14	Gel muy firme	Gel muy firme	Gel firme
16	Gel muy firme	Gel muy firme	Gel muy firme

La gelificación consiste en la transformación de una proteína del estado sólido a estado gel, viéndose favorecido por el calor, en condiciones adecuadas, induciendo la formación de una estructura tridimensional (Saavedra, 2010).

Del cuadro anterior se observa que el nivel de gelificación para todos los tratamientos se obtiene con concentraciones superiores a 8% pudiendo ser explicado por las proteínas y carbohidratos presentes en las materias primas, que compiten por agua entre el proceso de gelación y la gelatinización (Kaur y Singh, 2005).

Las concentraciones mínimas de gelificación de los IF, son mayores a los de gelificantes y espesantes utilizados normalmente en la industria, agar o carragenanos, las cuales con una concentración inferior al 0,05% estabilizan suspensiones y forman geles firmes (Pasquel, 2010).

CONCLUSIONES

De la investigación y las condiciones de este estudio se puede concluir que:

- El color de los tres IF no mostró ser un color neutro (IF1 beige y beige con tinte rojo para los IF2 e IF3), es decir, puede influir en la apariencia y aceptabilidad del producto final, restringiendo con ello sus usos alimentarios.
- De los análisis de propiedades tecnológicas se desprende que:
 - Los valores de capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua, describen la buena capacidad de hidratación de los IFs, debido a la presencia de fibra dietética presentes en los PAI, siendo el PAI nopal el componente de mayor relevancia por su alto contenido de fibra soluble. Esta capacidad puede resultar favorable en la matriz alimentaria sopa, si se desean utilizar el IF como un espesante y enriquecer su calidad nutritiva.
 - La baja capacidad de adsorción de aceite registrada para todos los tratamientos, puede contribuir a disminuir la adsorción de aceite, tras un proceso de fritura, transformando un alimento tradicional en uno más saludable.
 - La alta capacidad de intercambio catiónico presente en los IF, muestra el alto contenido de fibra dietética presente en las materias primas que lo constituyen, corroborando su potencial funcional.
- Los usos alimentarios para los IF, de acuerdo a sus características físicas, varían desde productos de panificación, pastas y snack.

BIBLIOGRAFÍA

- A.A.C.C. 1999. Determinación de la granularidad de sémola y Harina: Método de tamizado. 66-20p. In: American Association of Cereal Chemical Approved methods Minneapolis USA.
- Anderson, R., H. Conway, V. Pfeifer y E. Griffin. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today* 14(4-7):11-12.
- Anrique, R. 1992. Caracterización nutricional y uso de algunos subproductos para alimentación de rumiantes. In: L. Latrille y O. Balochi, (Eds). *Producción Animal*. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción Animal 16:295-330.
- A.O.A.C. 1984. Official methods on analysis of the association of official analytical chemist. 14th ed. Virginia, E.U.A. 1241p.
- Bonilla, E. 2011. Efecto de la Temperatura de Secado sobre la composición química y de compuestos bioactivos en pomasa de tomate. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 34p.
- Cervantes J., J. Rascón, M. Ramos, M. Sánchez y E. Jiménez. 2010. Estudio de algunas propiedades funcionales de residuos agroindustriales de frutos tropicales. XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. México.
- Chau, C., C. Chen and M. Lee. 2004. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber rich fractions. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 37:155-160.
- Chau, C. and Y. Huang. 2003. Comparison of the chemicals composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. cv Liucheng. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51:2615-2618.
- Dentali, S. 2002. Regulation of functional foods and dietary supplements. *Food Technology* 56(6):59-94.
- Elleuch, M., D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, C. Blecker and 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.
- Escudero, E. y P. González. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* 21(2):61-72.

- Farias, B. 2010. Obtención y caracterización de productos alimentarios intermedios de la pomasa de manzana. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 37p.
- Femenia, A., C. Lefebvre, Y. Thebaudin, J. Robertson and C. Boureois. 1997. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of Food Science* 62(4): 635-639.
- Figueroa, K. 2009. Caracterización de las propiedades tecnológicas de la harina de cotiledón de la semilla de espinillo (*Acacia caven* (Molina) Molina). Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 24p.
- Gartzia, I. 2002. Productos alimentarios intermedios (PAI). *Revista Industrial de Alimentos* 5(20):16-20.
- Gallagher, D. and B. Schneeman. 2001. Dietary fiber. In: B. Bowman and R. Russel. *Present Knowledge in Nutrition*. 8th ed. Washington, DC. 805p.
- Iqbal, S., M. Bhangar and F. Anwar. 2005. Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food Chemistry* 93: 265-272.
- Kaur, M. and N. Singh. 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 91: 403- 411.
- Larrauri, J., B. Borroto, U. Perdomo e Y. Tabares. 1995. Elaboración de una bebida en polvo a base de fibra dietética: Fibrilax. *Alimentaria* 260:23-25.
- Lin, M., E. Humbert and F. Sosulski. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. *Journal of Food Science* 39:368.
- Li, W., F. Shan, S. Sun, H. Corke and T. Beta. 2005. Free radical scavenging properties and phenolics content of chinese black-grained cereal chemistry and quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53:8533-8536.
- Manzanos, M.J., Z. Rikondo and C. Bald. 2006. Dietary fiber physicochemical and technological behavior of a tomato by-product from spanish canning industry. Congress Internacional IUFOST (International Union of Food Science and Technology). Conference. "Food is life". Poster. Nantes, september 2006.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12):1254-1255.

MINISTERIO DE SALUD (MINSAL). 2010. Encuesta Nacional de Salud ENS 2009-2010. Disponible en: <http://www.redsalud.gov.cl/portal/url/item/99bbf09a908d3eb8e04001011f014b49.pdf>. Leído el 5 de marzo de 2011.

Mota, V. y L. García. 2004. Uso de subproductos industriales de tomate en el enriquecimiento de harina de maíz con fibra dietética y proteína para la elaboración de arepas. *Agronomía Tropical* 54(2): 145-159.

Muñoz, S., C. Gómez y A. Gil. 2010. Compuestos bioactivos de los alimentos de origen vegetal y obesidad. *Nutrición Clínica en Medicina* 4(3):138-152.

Navarro-González, I., V. García-Valverde, J. García-Alonso y M. Periago. 2011. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International* 44(5):1528-1535.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2010. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Disponible en: http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf. Leído: 15 de marzo de 2010.

Padilla, F., A. Rincón y L. Bou-Rached. 2008. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58(3):303-308.

Pak, N. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. Centro de Nutrición Humana, Facultad de Medicina. *Anales de la Universidad de Chile Sexta Serie* N°11.

Panfili, G., A. Fratianni and M. Irano. 2003. Normal phase high-performance liquid chromatography method for determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:3940-3944.

Pasquel, A. 2010. Gomas: Una aproximación a la industria de alimentos. Disponible en: http://www.alimentariaonline.com/media/ma035_gomas.pdf. Leído: 15 de octubre de 2011.

Portal Antioxidante s/a. Antioxidantes en Alimentos: Principales Fuentes y sus contenidos. Disponible en: <http://portalantioxidantes.com/antioxidantes-en-alimentos/>. Leído: 20 de mayo de 2010.

Saavedra, J. 2010. Caracterización del proceso de obtención de aislados de proteína de lupinus silvestre del estado de hidalgo. Tesis de Magíster Ingeniero en Alimentos. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología sección de estudio de Posgrado e investigación. Instituto Politécnico Nacional. México. 69p.

Sáenz, C. 2006. Características y Composición química de los nopales. pp. 7-22. In: Sáenz, C. *et al.*, Utilización Agroindustrial del Nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Roma. 165p.

Sáenz, C., M. Yoong, F. Figuerola, I. Chiffelle and A. Estévez. 2011. Cactus pear cladodes powders as a source of dietary fibre: purification and properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 63(3): 283-289.

Salmavides, H. 2005. Incorporación de pulido de arroz como fuente de compuestos bioactivos en el desarrollo de galletas. Tesis magister Cs. Agropecuarias Ingeniero agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 99p.

Sáyago-Ayerd, S y I. Goñi. 2010. *Hibiscus sabdariffa* L: Fuente de fibra antioxidante. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 60:79-84.

Scalbert, A y G. Williamson. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal Nutrition* 130:2109S-2114S.

Scalbert, A., C. Manach., C., Morand and C., Rémésy. 2005. Dietary polyphenols and the Prevention of Diseases. *Food Science and Nutrition* 45:287-306.

Shi, J and M. Le Maguer. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40(1):1-42.

Tamayo, Yolanda y Ana Silva Bermúdez. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. En temas de Tecnología de alimentos, Vol 2. Fibra Dietética, editado por Lajolo, M y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. 181-189 p.

Tosi, E.A., H. Lucero y R. Masciarelli. 2001. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranth cruentus*) grain by differential milling. *Food Chemistry* 73: 441-443.

Vargas, C. 2009. Obtención y Caracterización de un producto alimenticio intermedio a partir de afrechillo de arroz. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 35p.

Videla, A. 2010. Obtención y caracterización de un producto alimenticios intermedio a partir de Afrechillo de amaranto. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 32p.

Wolfe, K.E. and R.H. Liu. 2003. Apple peel as value-added food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:1676-1683.

Zambrano, M., Y. Gallardo y R. Melendez. 2001. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. pp 195-209 In: Lajolo, F. M. Saura-Calixto, F. Wittig de Penna, E. Wenzel de Meneses, E. Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Sao Paulo, Brasil. 469p.

Zhimin, X., NA; H., and Gober; JS. 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.

APÉNDICE

Cuadro 1. Índice de Absorción de Agua (IAA) de los cinco PAI utilizados en la formulación de los IF.

Muestra	IAA (g/g)
Afrechillo de Arroz	2,52
Amaranto	8,04
Manzana	4,94
Tomate	5,92
Nopal	12,61

Fuente: Elaboración Propia