



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

*“Caracterización Tecno-Funcional del Extracto Proteico del
Salvado de Arroz”*

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Paulina del Rocío Herrera Sáenz

GUAYAQUIL –ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A mi madre, ejemplo de trabajo y esfuerzo, por todo su amor y su apoyo que me permitieron realizar mis estudios universitarios.

A mi esposo e hijos quienes cedieron su tiempo y me apoyaron incondicionalmente.

A la ingeniera Grace Vásquez por su guía, apoyo y paciencia.

A cada uno de los compañeros y maestros que colaboraron conmigo durante la realización de éste trabajo.

DEDICATORIA

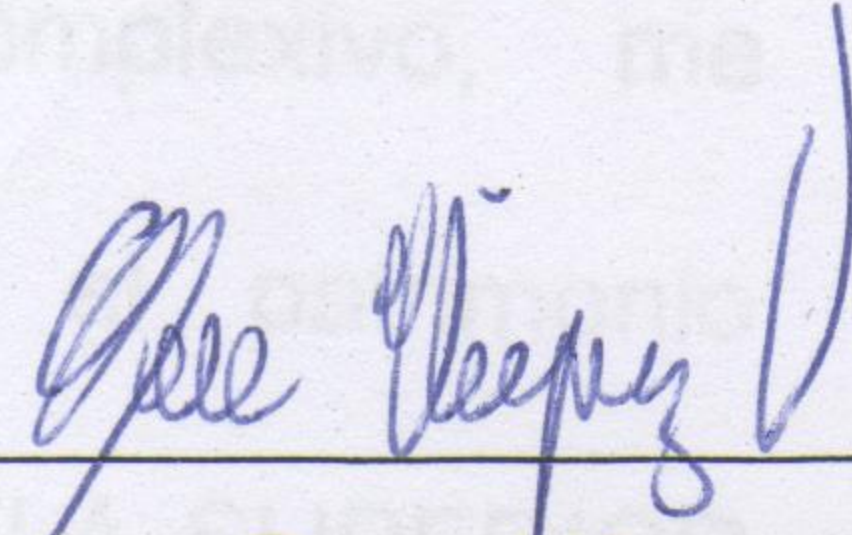
A mi amado Jesús, el que hace que lo que parece imposible sea posible, quien resucita sueños olvidados y te deja ver que a su lado todo lo puedes.

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” Fil. 4:13

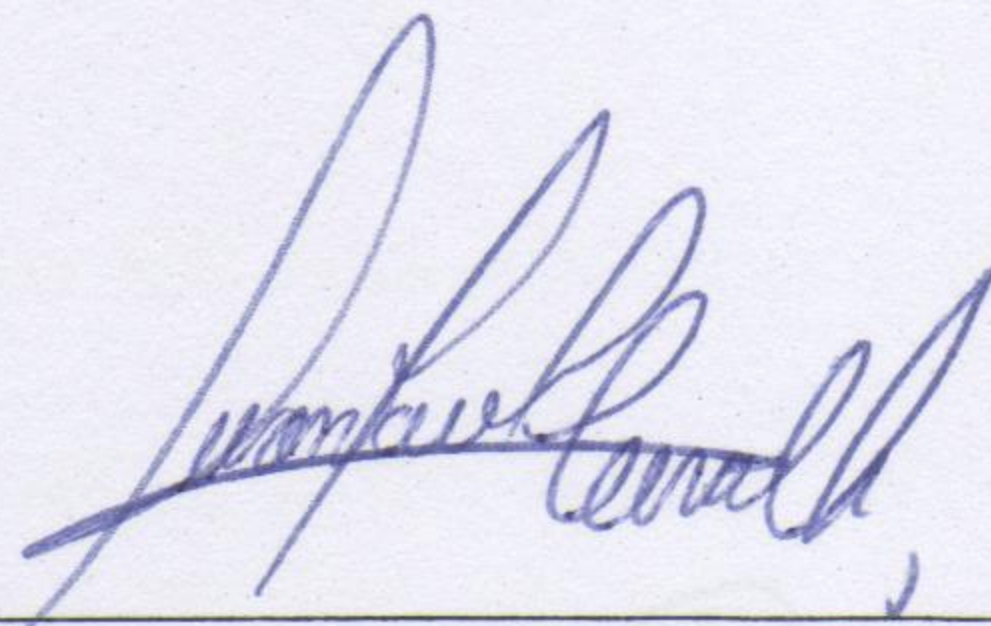
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Grace Vásquez V.
DIRECTORA DEL EXAMEN
COMPLEXIVO



Dr. Juan Manuel Cevallos C.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Examen Complexivo, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Paulina Herrera

Paulina del Rocío Herrera Sáenz

RESUMEN

Además de su aporte nutricional, las proteínas poseen propiedades funcionales muy específicas que al ser adicionadas a ciertos alimentos contribuyen a mejorar las características tecnológicas de los mismos. Estas propiedades tecno-funcionales influyen en características como la cremosidad, opacidad, adherencia, textura y atributos sensoriales de los alimentos. Es por eso que existe la necesidad de evaluar estas propiedades para poder entender el comportamiento de un producto alimenticio durante su procesamiento.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades tecno-funcionales del extracto proteico del salvado de arroz, obtenido mediante tratamiento alcalino y enzimático, a fin de proveer la información tecnológica que fomente su uso como un ingrediente de alto valor nutricional y funcional en las formulaciones de nuevos productos.

Se midieron propiedades tecno-funcionales de hidratación (capacidad de retención de agua y poder de hinchamiento) y de superficie (actividad espumante, estabilidad de la espuma, actividad emulsificante y estabilidad de la emulsión) en cada uno de los extractos y se realizó una comparación

entre los resultados obtenidos para cada método de extracción a través de una análisis de varianza. Se determinó que no existe diferencia significativa para las propiedades de hidratación entre los extractos. La capacidad de retención de agua fue de 2g/g y no se observó hinchamiento en las muestras. En las propiedades de superficie, el extracto obtenido por tratamiento enzimático mostró mejores resultados con una actividad espumante del 42,5% y una actividad emulsificante del 80%; además mostró mayor estabilidad de la espuma con un 70.84%. En la estabilidad de la emulsión, el extracto obtenido por tratamiento alcalino mostró una mayor estabilidad con un 99.29%. Basados en estos resultados se sugirieron los posibles usos de los extractos en la industria alimentaria.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.2.1. Justificación.....	4
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivo Especifico.....	6
1.4. Metodología del proyecto.....	7

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Revisión Bibliográfica de Concentrados y Aislados Proteicos de Origen Vegetal.....	9
2.2. Caracterización Tecno-funcional de Extractos Proteicos.....	17
2.2.1. Propiedades de Hidratación.....	19
2.2.2. Propiedades de superficie.....	22
2.3. Aplicaciones de Extractos Proteicos en la Industria Alimentaria.....	27

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	29
3.1. Proceso de Obtención de Proteínas.....	29
3.2. Caracterización del Extracto Proteico Liofilizado.....	32
3.3. Determinación de la propiedades Tecno-Funcionales del Extracto Proteico.....	32
3.3.1 Capacidad de retención de agua.....	32
3.3.2. Poder de Hinchamiento.....	33
3.3.3. Actividad Espumante.....	33
3.3.4. Actividad Emulsificante.....	34

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.....	35
--------------------	----

4.1. Capacidad de Retención de Agua.....	36
4.2. Poder de Hinchamiento.....	36
4.3. Actividad espumante.....	36
4.4. Actividad emulsificante.....	38
4.5. Discusión.....	39
CAPÍTULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

CRA	Capacidad de Retención de Agua
EA	Actividad Emulsificante
ETA	Extracto Proteico obtenido por Tratamiento Alcalino
ETE	Extracto Proteico obtenido por Tratamiento Enzimático
ES	Estabilidad de la emulsión
FA	Actividad Espumante
FS	Estabilidad de la espuma
PPV	Productos Proteínicos Vegetales
SA	Salvado de Arroz
SP	Poder de Hinchamiento

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Metodología del proyecto	8
Figura 2.1. Clasificación de las propiedades tecno-funcionales	19
Figura 2.2. Fases de los sistemas coloidales	23
Figura 3.1. Método de extracción alcalina	30
Figura 3.2. Método de extracción enzimática	31
Figura 4.1. CRA para SA, ETE, ETA.....	36
Figura 4.2. Actividad espumante (%)	37
Figura 4.3. Estabilidad de la espuma (%).....	38
Figura 4.4. Actividad emulsificante (%).....	38
Figura 4.5. Estabilidad de la emulsión (%).....	39

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Fuentes de proteína de origen Vegetal	12
Tabla 2 Aplicaciones de extractos proteicos en la industria.	28
Tabla 3 Métodos de análisis utilizados	32
Tabla 4 Análisis Físico Químicos	35
Tabla 5 Propiedades tecno-funcionales de ETA y ETE	43

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente examen complejo abarca principalmente lo siguiente:

El capítulo 1 resume las diferentes investigaciones realizadas en miras de utilizar el salvado de arroz (SA) como ingrediente en la elaboración de alimentos para consumo humano y luego se plantea la importancia de realizar el estudio de las propiedades tecno-funcionales del extracto proteico de salvado de arroz ecuatoriano para determinar sus posibles usos en la industria. Además se establecen los objetivos y la metodología a seguir durante la investigación.

En el capítulo 2 se realiza una revisión bibliográfica donde se resumen cronológicamente los avances realizados por los investigadores referentes a la obtención, caracterización y aplicación de los concentrados y aislados proteicos de origen vegetal y específicamente del salvado de arroz, así como una descripción de las propiedades funcionales de las proteínas y su importancia en la formulación y procesamiento de alimentos.

En el capítulo 3 se describen los métodos y materiales utilizados tanto para la obtención de los extractos como para su caracterización tecno-funcional.

Luego de detallar los métodos utilizados se procede, en el capítulo 4 a presentar los resultados de la determinación de las propiedades tecnofuncionales de cada extracto y se desarrolla una discusión acerca de los mismos.

Finalmente en el capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron al concluir la investigación.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Se han realizado varios estudios en miras de impulsar el uso del SA en la elaboración de alimentos de consumo humano. Un grupo de investigadores de la Universidad de Arkansas preparó e investigó las propiedades tecno-funcionales de un aislado proteico de SA obteniendo como resultado propiedades espumantes similares a la de la clara de huevo y un contenido aminoacídico que cumplía las demandas nutricionales de niños de 2-5 años (Wang, Hettiarachchy, Qi, & Burks, 1999). Otros investigadores propusieron el uso de los concentrados y aislados proteicos del SA como un ingrediente alimenticio rico en proteínas a causa de sus propiedades espumantes y emulsificantes (Bera & Mukherjee, 1989) (Gnanasambandam & Hettiarachchy, 1995).

Otros estudios de las propiedades tecno-funcionales del SA muestran su potencial al compararlas con las propiedades de la caseína de la leche (Chandi & Sogi, 2007), y han mostrado su eficacia en la mejora de la textura y valor nutricional de galletas (Yadav, Yadav, & Chaundhary, 2011) y del pan (Sadawarte, Sawate, V.D., & G.M., 2007). Además se ha estudiado el uso del SA para fines médicos como la restauración de desórdenes microvasculares (Justo, Claro, Herrera, & Rodriguez, 2013).

1.2. Planteamiento del Problema

El SA ecuatoriano está siendo subutilizado como fuente proteica para alimentación animal. Una de las razones para esto es la falta de industrialización del SA que permita su utilización como ingrediente en formulaciones alimenticias para consumo humano. La evaluación de las propiedades tecno-funcionales del extracto proteico del SA es un paso esencial para determinar sus posibles usos en la industria.

1.2.1. Justificación

Las proteínas son responsables de muchas de las propiedades tecno-funcionales que influyen en la aceptación de un producto alimenticio por parte del consumidor. Es por eso que ellas juegan un

rol fundamental en el procesamiento de alimentos y el desarrollo de nuevos productos (Ogunwolu, F.O., Mock, Santos, & Awonorin, 2009).

Las propiedades tecno-funcionales son específicas para cada alimento y dependen de su genotipo y de las condiciones ambientales. En el caso de los extractos proteicos dependen también del método y condiciones de extracción utilizados. Por lo tanto, no es posible generalizar y asumir que el SA producido en el Ecuador tendrá las mismas características tecno-funcionales que los evaluados en investigaciones internacionales. Aún dentro del país las propiedades del SA dependerán de diversos factores como la variedad del arroz, lugar de procedencia, condiciones medioambientales, etc. Por ese motivo se hace necesario evaluar independientemente las propiedades tecno-funcionales del extracto de SA que es objeto de este estudio, para así proveer la información necesaria que ayudará a determinar en qué sistemas alimenticios puede ser utilizado.

Dentro de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir se encuentra la necesidad de lograr una soberanía alimentaria que permita al país producir alimentos que satisfagan las necesidades

nutricionales de la población. Siendo que en el Ecuador las dos principales causas de mortalidad son enfermedades crónicas como la Diabetes mellitus (7,15%) y enfermedades hipertensivas (7,03%) (INEC, 2010) y que además existe una deficiencia calórico proteica que es la causa de un índice de desnutrición infantil en niños menores de 2 años del 24% (INEC-ENSANUT, 2012), el extracto proteico de SA utilizado como ingrediente en los alimentos contribuiría al desarrollo de una mejor alimentación de la población y a satisfacer esa deficiencia calórico proteica en los niños ecuatorianos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar de forma comparativa las propiedades del extracto proteico del salvado de arroz obtenido por hidrólisis enzimática y alcalina.

1.3.2. Objetivos específicos

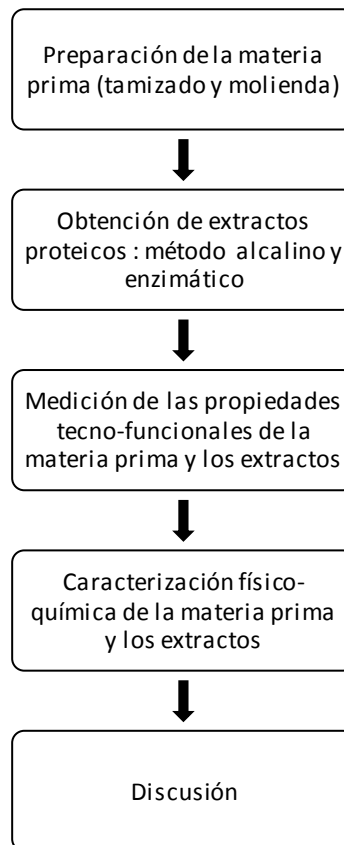
- Realizar análisis físico-químicos del salvado de arroz y sus extractos proteicos

- Obtener extractos proteicos del salvado de arroz por hidrólisis enzimática y alcalina.
- Analizar y evaluar las características tecno-funcionales de los extractos.

1.4. Metodología del proyecto

La investigación que se plantea es principalmente de tipo descriptivo pues busca medir una serie de propiedades independientes que luego permitirán describir las características funcionales del producto. Se podría también considerar esta investigación como exploratoria, puesto que aunque existe una teoría completamente desarrollada al respecto de las propiedades tecno-funcionales esta ha sido desarrollada en un contexto extranjero y la presente investigación utiliza producto local como materia prima. La investigación se llevará a cabo en las instalaciones los laboratorios de Biomedicina, Suelos y Bromatología de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. La metodología de la investigación se describe en la figura 1.1., la cual comienza con la preparación del SA al tamizarlo y fraccionarlo. Luego se da paso a la obtención de los extractos proteicos de SA mediante tratamiento alcalino (ETA) y enzimático (ETE) a los que luego se les medirán atributos como capacidad de retención de

agua (CRA), poder de hinchamiento (SP), actividad espumante (FA) y estabilidad de la espuma(FS), capacidad emulsificante (EA) y estabilidad de la emulsión(ES) con el fin de caracterizar cada extracto y poder realizar una comparación de sus atributos a través de un análisis de varianza. Finalmente se realizará la medición de algunas de las características físico-químicas de los extractos y se sugerirán posibles usos en la industria.



Elaborado por: Paulina Herrera 2015

Figura 1.1. Metodología del Proyecto

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Revisión Bibliográfica de Concentrados y Aislados Proteicos de Origen Vegetal

Características y Obtención de los concentrados proteicos

Según Linden y Loriet (1994), los concentrados proteicos vegetales resultan de un enriquecimiento del material en su contenido proteínico, mediante una separación paulatina de sus componentes no proteínicos (Lípidos, fibra, carbohidratos, minerales, etc.), de tal manera que sus propiedades nutricionales no se pierdan. Según el Codex, para productos de soya, un concentrado debe tener entre 65 y 90% de proteína en base seca y en el caso de productos de otro tipo de vegetales son considerados proteicos cuando tienen un porcentaje de proteína mayor al 40% (CODEX A. , 1995).

Para lograr la separación de estos componentes existen varios métodos, siendo los principales:

- Extracción con agua ajustada al punto isoeléctrico (Sair, 1959).
- Extracción con agua tras tratamiento térmico (McAnelly, 1964).
- Extracción mediante soluciones hidroalcohólicas (Campbell, Kraut, Yackel, & Yang, 1985).

Características y Obtención de aislados proteicos

Los aislados proteicos son la forma comercial más purificada de los extractos proteicos, que se logra eliminando los polisacáridos, oligosacáridos y algunos otros componentes ya sea por hidrólisis y posterior precipitación o por adición de ácidos minerales, controlando los diferentes parámetros como pH, temperatura, solubilidad y otros, que permiten el enriquecimiento de la proteína requerida (Badui, 1981).

El proceso de obtención de aislados proteicos consiste en eliminar o disminuir los componentes no deseados de tal manera que se obtenga un producto final con un 90% o más de proteína. Este proceso se realiza comúnmente en dos etapas:

- En la primera etapa las proteínas son solubilizadas para separarlas del resto de compuestos no solubles en medio alcalino.
- La segunda etapa tiene como objetivo la concentración y purificación de las proteínas y pueden utilizarse dos métodos: la precipitación isoeléctrica con su posterior separación por centrifugación (Goncalves, y otros, 1997) (Sanchez-Vioque, Clemente, Vioque, Bautista, & Millan, 1999) y la concentración proteica por ultrafiltración (Chakraborty, 1986).

Fuentes de Proteína Vegetal

En la década de los sesenta, científicos desarrollaron métodos para extraer las proteínas de la harina de soya desgrasada y las transformaron en una variedad de productos concentrados, refinados y altamente industrializados. Entre ellos encontramos a la proteína de soya texturizada, inventada y patentada por la compañía Archer Daniels Midland y utilizada principalmente como un extensor cárnico (Shurtleff & Aoyagui, 2013). A partir de entonces y hasta hoy las harinas, concentrados y aislados de soya han sido utilizados extensamente en un sin número de productos alimenticios. Sin embargo, el enfoque en la soya desvió por mucho tiempo la atención de otros productos proteínicos vegetales (PPV)

con similares y en ocasiones mejores características. Hoy en día las proteínas de otras semillas oleaginosas, granos, leguminosas, algas y hojas están siendo estudiadas por varios investigadores que, al reconocer la magnitud de las necesidades proteínicas futuras del mundo, saben que es necesario investigar todas las fuentes potenciales (Tabla 1). Además de desarrollar alimentos con alto contenido proteico para la población malnutrida y hambrienta, mucho esfuerzo se está direccionando hacia encontrar proteínas económicas para la industria alimentaria local (Kinsella, 1976).

TABLA 1
FUENTES DE PROTEÍNA DE ORIGEN VEGETAL

Fuente	Características	Referencia
Girasol	Las proteínas de girasol presentan una buena solubilidad en agua y una capacidad de retención de agua similar a la de la soya (2-5g/g). Tanto concentrados como aislados poseen buenas propiedades espumantes y emulsificantes.	Salgado (2009)
Almendra	El aislado de almendra posee una capacidad espumante comparable al aislado de soya a pH 5-6; una mejor absorción de aceite y actividad emulsificante y una menor viscosidad.	Sze-Tao & Sathe (2000)
Quinua	El aislado de quinua tiene una composición aminoacídica alta con 10 aminoácidos esenciales que muestran su alto valor nutricional. Posee una alta capacidad de retención y adsorción de agua.	Silva (2006)
Colza	Es una semilla oleaginosa comparable a la soya en cuanto a su absorción de agua y con una mayor absorción de aceite. Tiene altos contenidos de lisina, metionina y cisteína lo que le dan un valor nutricional tan alto como el de la proteína animal. El aislado es alto en propiedades emulsificantes.	Ohlson & Anjou (1979)

Elaborado por: Herrera,2015

Concentrados y aislados proteicos del SA

La calidad nutricional de las proteínas de arroz es sólo inferior a la avena y supera a la del trigo y maíz. Son hipoalergénicas y poseen propiedades anticancerígenas (Tang, Hettiarachchy, Horax, & Eswaranandam, 2003). A causa de estas y otras propiedades, el arroz es considerado un alimento funcional. La proteína del SA contiene abundante ácido glutámico y aspártico (FAO, 2004) y aunque en menor proporción, aminoácidos esenciales como treonina, valina, tirosina, histidina y arginina (Tang, Hettiarachchy, Horax, & Eswaranandam, 2003). Además, contiene de un 3-4% de lisina (Anderson & Guraya, 2001) que en los cereales es un aminoácido limitante, convirtiéndose en el cereal con mayor contenido de este aminoácido esencial y destacándose una vez más su alto valor nutricional.

Para la obtención de los concentrados y aislados proteicos de SA se pueden utilizar métodos de extracción alcalina, enzimática y también métodos físicos. En arroz, la vía más conveniente y simple para obtener productos de alto contenido proteico resulta ser la extracción alcalina seguida de una precipitación ácida (Shih, 2003). Sin embargo, la exposición de la proteína a condiciones alcalinas extremas podría cambiar sus características nutricionales, por

ejemplo: la conversión de residuos de cisteína y serina de las proteínas en lisinoalanina tóxica (Anderson & Guraya, 2001). No obstante, la hidrólisis enzimática no afecta el valor nutricional de las proteínas. Adicionalmente, la hidrólisis enzimática puede mejorar las características físico-químicas, funcionales y sensoriales de las proteínas nativas (Kristinsson & Rasco, 2000).

En 1989, M.B. Bera & Mukherjee (1989) estudiaron algunas de las propiedades tecno-funcionales de los concentrados de SA preparados a partir de salvado desgrasado y sin desgrasar. Propiedades como nitrógeno soluble, actividad emulsificante y espumante fueron medidas a diferentes valores de pH y concentración de sales. Se concluyó que por encima y por debajo del punto isoelectrico (pH 4,5) la solubilidad y por consiguiente las propiedades tecno-funcionales aumentaban y que a mayor concentración de sales se reducía la solubilidad y se afectaban las propiedades espumantes y emulsificantes.

En 1995, Gnanasambandam y Hettiarachchy (1995) investigaron las propiedades tecno-funcionales de concentrados proteicos de S.A obtenidos a partir de S.A comercial no estabilizado y estabilizado con calor, con extracción alcalina y precipitación isoelectrica. Las

dos clases de SA mostraron su máxima solubilidad a pH 8 y el porcentaje de proteína obtenido fue de 71,5% y 50.9% respectivamente. Además las dos clases mostraron diferencias en su contenido aminoacídico. Concluyeron por lo tanto que, si bien el SA estabilizado inactiva las lipasas y conserva la calidad en el almacenamiento causa un efecto irreversible cuantitativo y cualitativo en la extracción de la proteína.

Hamada (2000), estudia la solubilidad y capacidad emulsificante de concentrados obtenidos a partir de la hidrólisis enzimática utilizando una combinación de exo y endo proteasas obteniendo buenos resultados en cuanto al incremento de estas propiedades en el concentrado. Tang, Hettiarachchy, Horax, y Eswaranandam, (2003) realizan estudios sobre la capacidad espumante e hidrofobicidad superficial de hidrolizados enzimáticos de SA estabilizado. Chandi y Sogi (2007) estudian la capacidad de ligar agua, absorción de aceite, actividad emulsificante y espumante de SA desgrasado, concluyendo que los resultados son comparables a los de las propiedades de la caseína y que por lo tanto existe un buen potencial en la industria para el concentrado de SA. Bandyopadhyay, Misra, y Ghosh (2008) estudian la solubilidad,

capacidad espumante y emulsificante de hidrolizados de arroz con diferente grado de hidrólisis.

En el año 2009 investigadores coreanos buscaron incrementar la pureza de la proteína del aislado de SA y mejorar sus propiedades tecno-funcionales a través de la hidrólisis enzimática y/o tratamiento térmico. Como resultado se obtuvo un mayor incremento de la solubilidad (un 97% a pH 10) en el aislado que fue primero hidrolizado enzimáticamente y luego autoclavado. Una modificación del método involucró autoclavado e hidrólisis con proteasas y produjo una mejora en la actividad emulsificante del aislado a valores de pH mayores a 6 (Yeom, Lee, Ha, & Bae, 2010).

Finalmente entre el 2011 y el 2014 las investigaciones han sido enfocadas en mejorar el proceso de extracción a través de la estabilización del SA (Khan, 2011) (Fabian & Ju, 2011) (Zhang, 2012) y el uso de nuevas tecnologías como extracción asistida por microondas y ultrasonido (Patsanguan, 2014), además de evaluar las propiedades tecno-funcionales de las fracciones proteicas (Kumar & Kar, 2013) y de productos en los cuales se ha utilizado el SA como ingrediente (Yu & Lee, 2013) (Chinma, 2014).

2.2. Caracterización tecno-funcional de extractos proteicos

Las propiedades tecno-funcionales de los PPV son uno de los mayores atractivos para su uso como ingrediente en sistemas alimentarios. Estas propiedades son intrínsecas de cada alimento y proveen características tecnológicas deseables tanto para la calidad del producto final como para el comportamiento del sistema durante su procesamiento. “El uso exitoso de los PPV en la formulación de alimentos depende de sus propiedades tecno-funcionales (Granito, Guinand, Pérez, & Pérez, 2008).”

Las propiedades tecno-funcionales son todas las propiedades no nutricionales que influyen el comportamiento de las proteínas en un alimento. Éstas afectan principalmente la textura del alimento, pero también pueden determinar su comportamiento durante el procesamiento y almacenamiento.

Éstas dependen del tamaño molecular, forma, composición aminoacídica, secuencia, carga y distribución de la misma, estructura secundaria, ordenamientos terciarios y cuaternarios de los segmentos peptídicos, cross-linking intra e inter cuaternarios, relación hidrofobicidad/hidrofilicidad y relación

rigidez/flexibilidad en respuesta a las condiciones externas

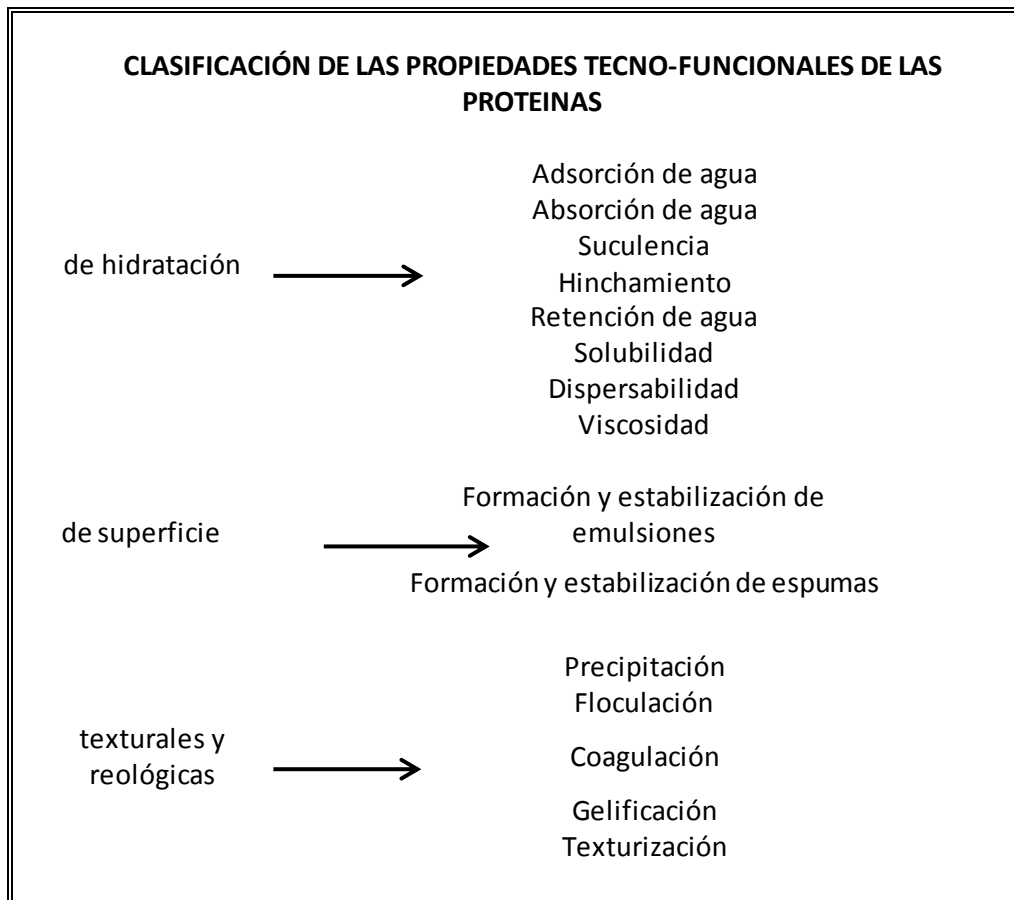
(Pincirolli, 2010).

Existen varios factores que afectan directamente a estas propiedades, entre ellos existen factores intrínsecos y medioambientales como: estructura de la proteína, pH, temperatura, salinidad, presencia de azúcares, condiciones del proceso, métodos de secado y almacenamiento (Horiński, 2013).

Las propiedades tecno-funcionales se pueden clasificar en tres grupos principales (Cheftel, Cug, & Lorient, Proteínas Alimentarias, 1989) (Horiński, 2013).

1. Propiedades de hidratación (interacción proteína –agua)
2. Propiedades de superficie, y
3. Propiedades dependientes de la interacción proteína-proteína

Estos grupos no son totalmente independientes puesto que en algunos casos las propiedades tienen características tanto de interacción proteína-proteína como de interacción proteína –agua, por ejemplo: viscosidad y solubilidad.



Elaborado por: Paulina Herrera 2015

Figura 2.1. Clasificación de las propiedades tecno-funcionales

2.2.1 Propiedades de hidratación

Las propiedades de hidratación son aquellas propiedades dependientes de la interacción proteína-agua. Adsorción, absorción y retención de agua, suculencia, hinchamiento, dispersibilidad, solubilidad, viscosidad son propiedades de hidratación. Cada una

de estas propiedades va a influenciar las funciones de las proteínas en los diferentes sistemas alimenticios, tanto en su formulación como en su procesamiento y almacenamiento. Por ejemplo, la adsorción es importante en productos de bajo contenido de agua y en procesos de secado y almacenamiento; la solubilidad en bebidas y productos emulsionados o espumados y la absorción, hinchamiento y retención de agua son características importantes en productos semisólidos como embutidos, masas y geles, pues al retener agua sin disolverse imparten cuerpo, viscosidad y textura (Cheftel, Cug, & Lorient, 1993).

El estudio de estas propiedades se hace necesario puesto que la mayoría de los alimentos son sistemas sólidos hidratados. Además, si se quiere utilizar concentrados y aislados proteicos en polvo se tiene que hidratarlos primero, lo que una vez más muestra la importancia del estudio de estas propiedades.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA está definida como la capacidad de un material hidratado para retener agua cuando es sometido a una fuerza externa como la centrifugación. Se expresa como gramos de agua retenidos por un gramo de muestra. La CRA se ve influenciada por factores de

diversa naturaleza, por un lado se encuentran los factores intrínsecos de las moléculas proteicas como son las interacciones hidrofóbicas, puentes hidrógeno, puentes disulfuro, ácidos, bases y de fuerzas de Van der Waalls presentes; y por otro lado existen factores de medio en el que se encuentra la proteína como concentración de sales, pH, temperatura y el tiempo consumido en alcanzar el equilibrio que también van a influenciar la retención de agua (Kneifel, Abert, & Richard, 1991). La CRA tiene relación directa con la solubilidad, a mayor solubilidad mayor CRA. Es por eso que en el punto isoeléctrico, donde la solubilidad es más baja, la CRA estará a un mínimo valor y se incrementará a medida que el pH se aleja del mismo (Horianski, 2013).

Esta propiedad juega un rol importante en la textura de diversos alimentos especialmente en masas horneadas (Cheftel, Cug, & Lorient, 1993) y en la viscosidad intrínseca que es de gran importancia en la elaboración de quesos, masas y dulces (Kneifel, Abert, & Richard, 1991).

Poder de Hinchamiento

El SP consiste en el aumento de volumen que se observa al hidratar el material y dejarlo reposar sin aplicar ninguna fuerza

externa. El SP es una propiedad tecno-funcional importante puesto que la mayoría de los alimentos son sistemas hidratados. El hinchamiento de las proteínas es el primer paso en su disolución y puede definirse como la captación espontánea de agua por una matriz proteica (Zayas, 1997). Esta propiedad varía dependiendo de la fuente de proteína, tamaño de la partícula, pH, fuerza iónica y temperatura. La absorción de agua y el hinchamiento cambian las propiedades hidrodinámicas de un sistema alimenticio. Estas propiedades se ven reflejadas en el espesamiento y aumento de la viscosidad, lo que influencia las características de flujo. El hinchamiento puede ser un buen indicador de la viscosidad. Proteínas con un poder de hinchamiento limitado tienen una alta viscosidad a relativamente bajas concentraciones (Pomeranz, 1991).

2.2.2 Propiedades de superficie

Muchos sistemas alimenticios están constituidos por dos fases o por una mezcla de líquidos inmiscibles. Estas fases pueden ser líquido-líquido o gas-líquido. En el caso gas-líquido el límite de división entre las dos fases se denomina superficie y en caso líquido-líquido se denomina interfase. A su vez, las fases se denominan: fase dispersa que es la formada por las partículas de gas o líquido y la

fase continua que es el medio en el cual se encuentran dispersas las partículas.

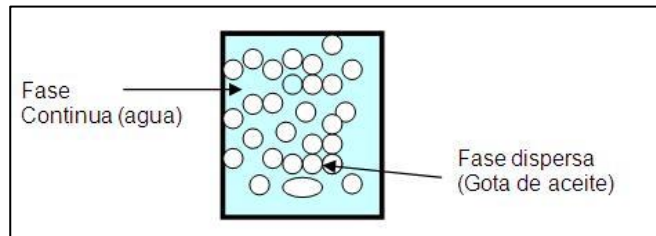


Figure 2.2. Fases de los Sistemas Coloidales

Un aspecto importante de estos sistemas coloidales (sistemas formados por dos fases) es que cuando se produce una dispersión de un alimento, por ejemplo al hacer una mayonesa, hay un gran incremento en la superficie de la fase dispersa.

Entre las propiedades de superficie se tiene principalmente a la actividad espumante y la actividad emulsificante. Las espumas y emulsiones están presentes en una gran variedad de alimentos procesados tales como merengues, malvaviscos, productos de pastelería-confitería, cremas batidas, aderezos, algunas pastas, helados, suflés, espuma de cerveza e incluso en el pan.

Las propiedades superficiales requieren un grado de hidratación y de solubilización proteica elevado (Chandi & Sogi, 2007). En las

emulsiones y espumas las proteínas actúan como agentes tensoactivos (Cheftel, Cug, & Lorient, Proteínas Alimentarias, 1989) (Wilde & Clark, 1996) (Damodaran, 1997) teniendo la habilidad de reducir la tensión interfasial y formar una película protectora alrededor de las burbujas o gotitas de aceite ayudando no solo a la formación de espumas y emulsiones, sino también a su estabilización.

Espumas

La espuma se define como un sistema bifásico que consiste en una masa de burbujas de gas dispersadas en un líquido o un sólido. (<http://www.fbioyf.unr.edu.ar/>). En las espumas o batidos, hay una fase continua de capas líquidas delgadas, llamadas laminillas, que separan las burbujas de aire. Las burbujas de aire de una espuma pueden variar mucho de tamaño, oscilando un diámetro de 1 μm a varios cm. Las finas burbujas de aire dispersas en el alimento son las que le dan la suave textura y la sensación de ligereza, así como un aumento de la dispersión y perceptibilidad de aromas.

Las propiedades espumantes se ven afectadas por factores como pH, concentración de sales, azúcares y lípidos presentes, concentración proteica, tensión interfasial y energía libre interfasial.

No todas las proteínas pueden espumar, y aquellas que lo hacen varían ampliamente en su capacidad espumante (MacRitchie, 1998). Para que una proteína pueda espumar esta debe ser soluble en agua y flexible, de tal manera que pueda formar una película cohesiva de aire-agua (Cheftel, Cug, & Lorient, 1989). El hecho de que una proteína tenga la capacidad de espumar no es suficiente, además debe ser capaz de mantener la espuma estable en el tiempo. La estabilidad de las espumas depende de la rigidez de la película interfásica, la viscosidad de la fase líquida y la presencia de partículas sólidas que permitan estabilizar la película interfásica. (Lindent y Lorient, 1996). Es por esto que la adición de compuestos proteicos que actúen como agentes tensoactivos reduciendo la tensión interfásica incrementa la estabilidad de las espumas.

Emulsiones

Las emulsiones son sistemas bifásicos donde uno de dos líquidos inmiscibles se encuentra disperso en el otro. Una emulsión estable debe contener por lo menos tres tipos de componentes: la fase dispersa, el medio de dispersión (fase continua) y un agente emulsificante. Si las gotas de aceite son dispersadas en una fase acuosa se conoce como una emulsión aceite-agua (ej. leche, nata,

mayonesa) y si la fase continua es el aceite se conoce como emulsión agua-aceite (ej. margarina).

La estabilidad de una emulsión se ve afectada por diversos factores como son la distribución del tamaño de gota, la viscosidad de la fase continua, la temperatura, la diferencia de densidad entre fases, la relación volumétrica entre fases, las propiedades de la película interfasial y el trabajo mecánico (agitación, batido) al que se somete la emulsión (Wagner, 2000). Existen tres procesos fundamentales de desestabilización de las emulsiones:

- Cremado: consiste en la separación de las gotas de aceite a causa de la gravedad que forza al líquido menos denso a subir.
- Floculación: es la adhesión de las gotas sin fusionarse y sin variación en la distribución de tamaño de gotas.
- Coalescencia: es la fusión irreversible de las gotas de la emulsión para crear gotas más grandes con la eliminación de parte de la interfase líquido/líquido.

Como ya se mencionó las proteínas actúan como agentes emulsionantes formando una película que protege las gotas de aceite y estabiliza la emulsión. Un factor del medio de gran

importancia en la formación y estabilización de una emulsión es el pH. En el punto isoeléctrico las propiedades emulsificantes son mínimas puesto que la solubilidad es mínima existiendo una correlación entre la actividad emulsificante y la solubilidad (Bera & Mukherjee, 1989), estas propiedades incrementan a pH menores o mayores al punto isoeléctrico.

2.3. Aplicaciones de Extractos Proteicos en la Industria Alimentaria

La obtención y elaboración de extractos proteicos vegetales se realiza en miras de aprovechar tanto sus características nutricionales, como sus propiedades tecno-funcionales. Entre las principales razones para el uso de los extractos de proteínas vegetales se puede mencionar las siguientes:

- Mejorar el valor nutricional de los alimentos
- Mejorar las características organolépticas y de textura de los productos.
- Mejorar las propiedades tecno-funcionales del producto final como resultado del enriquecimiento proteico.
- Valorar las producciones alimenticias tradicionales, dándoles una mejor utilización para beneficio de la población (Callisaya, 2011).

Los extractos de proteínas vegetales se han convertido en una herramienta valiosa para la elaboración de una amplia variedad de productos. En la tabla 2 se observa algunos de estos productos y las propiedades tecno-funcionales y nutricionales aprovechadas en su elaboración.

TABLA 2

APLICACIONES DE EXTRACTOS PROTEICOS EN LA INDUSTRIA

ALIMENTO	USO S	REFERENCIA
Pastelería	Mejoran la textura y el color.	Seyam, et al. (1983)
Embutidos	Mejoran la textura por su capacidad de retención de agua	Seyam, et al. (1983)
Carnes magras	Reducen de los niveles de colesterol	Sautier, et al. (1986)
Formulas infantiles	Tienen un alto valor nutritivo y son hipoalergénicos	Helm & Burks (1996)
Bebidas nutritivas	Proveen flexibilidad de formulación y efectos hipolipidemicos	Vioque, et al. (2001)
Carnes de aves deshuesadas	Mejoran el color y textura	Kolar, et al. (1985)
Sopas, salsas y aderezos	Mejoran la textura por sus propiedades de viscosidad, emulsificación, retención de agua y efectos hipolipidemicos	Salunkhe, et al. (1992)
Películas para recubrimiento de alimentos	Mejoran las propiedades de cohesión y adhesión	Malathi (2013)

Elaborado por: Herrera, 2015

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Proceso de obtención de proteínas

La proteína del SA fue extraída utilizando dos métodos: el método alcalino y el método enzimático. El proceso de extracción de cada tratamiento se encuentra esquematizado en las figuras 3.1. y 3.2. respectivamente. Para la extracción alcalina se utilizó NaOH 1N y para la extracción enzimática se utilizó una mezcla enzimática compuesta de β -glucanasa, pectinasa y hemicelulasa.

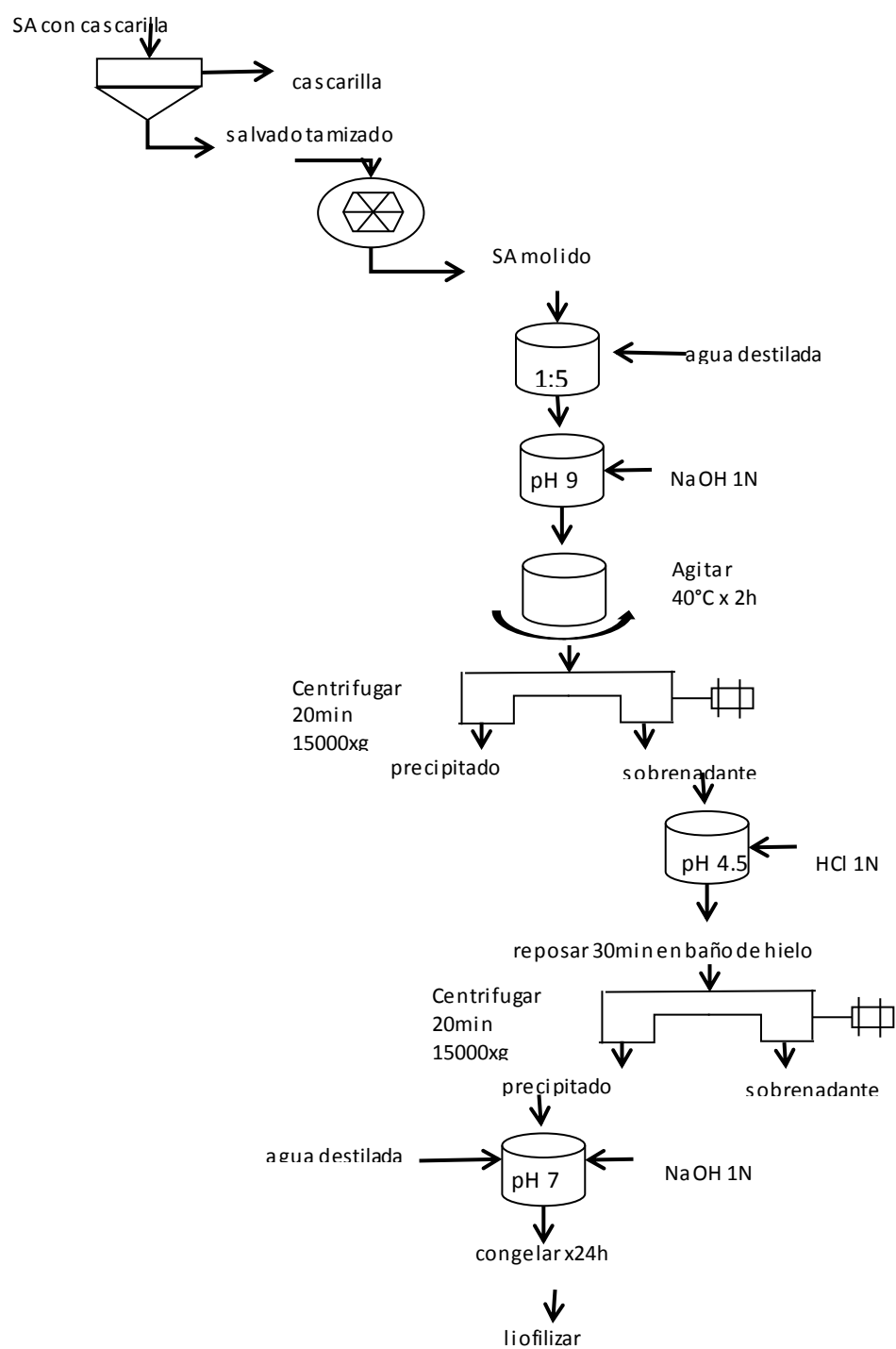


Figura 3.1. Método de extracción alcalina (Herrera 2015)

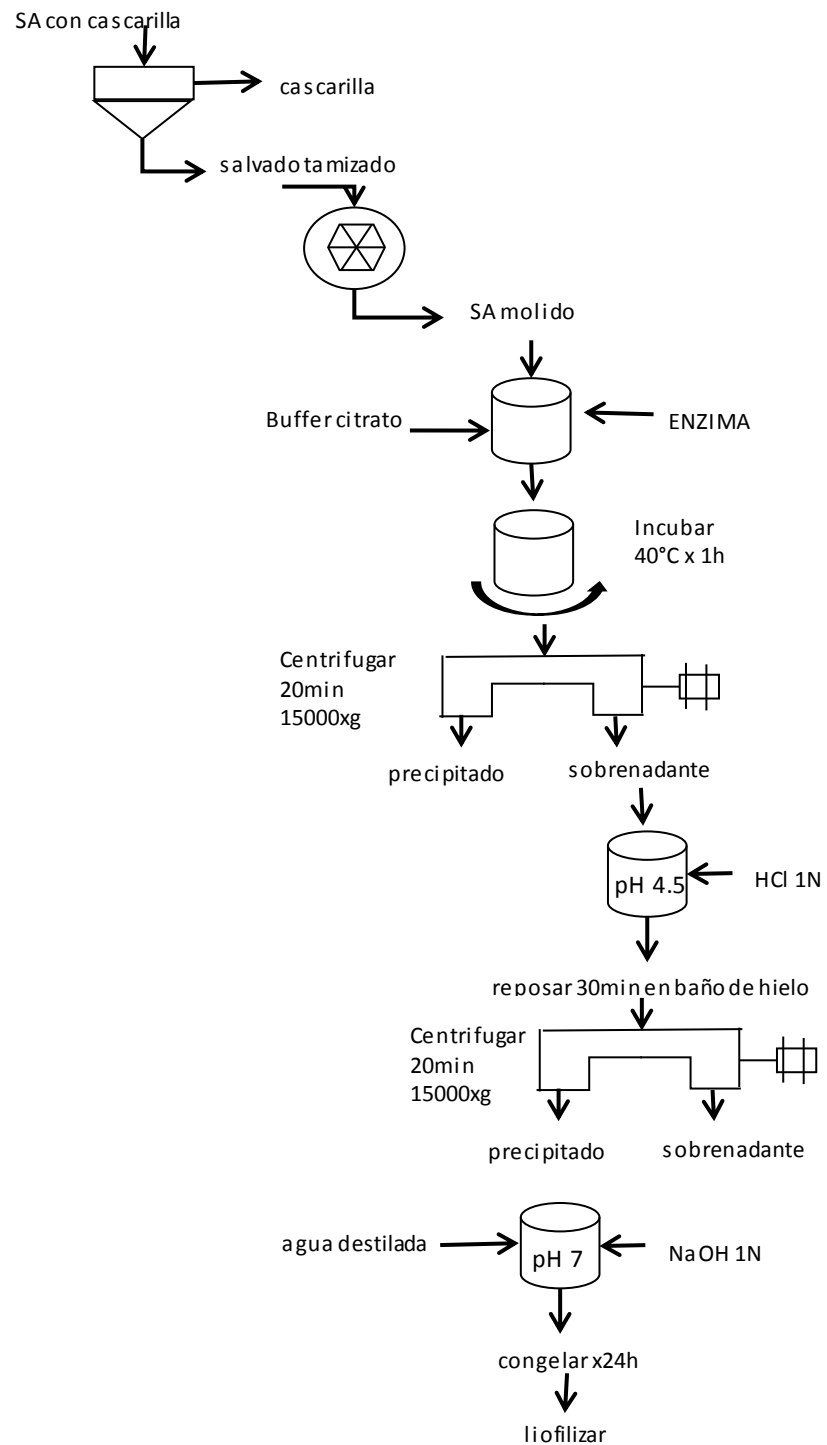


Figura 3.2. Método de Extracción Enzimática (Herrera 2015)

3.2. Caracterización del extracto proteico liofilizado

Al ETA y el ETE liofilizados y al SA sin tratamiento se les realizó la determinación de actividad de agua, proteína total y pH utilizando los métodos descritos en la tabla 3.

TABLA 3
MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS

Actividad de agua	Método fotoeléctrico-punto de rocío
Proteína Total	NTE INEN 519
pH	NTE INEN 526

Elaborado por: Herrera,2015

3.3. Determinación de las propiedades tecno-funcionales del extracto proteico

3.3.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

CRA (g de H₂O/ g de muestra) se determinó usando el método AACC 56:30 modificando proporcionalmente las cantidades utilizadas y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{CRA} = \frac{\text{g H}_2\text{O} - \text{g sobrenadante}}{\text{g muestra (bs)}}$$

3.3.2 Poder de Hinchamiento

El poder de hinchamiento se determinó utilizando el método de Galuarte y Rosell (2011) modificado y se calculó dividiendo el volumen total de la muestra hinchada para el peso original de la muestra seca.

3.3.3 Actividad espumante

FA se determinó utilizando el método de Martínez, Calvino, y Rossell (2014). FA fue calculada de la siguiente manera:

$$FA=(vif/vts)*100$$

Donde vif es el volumen de la espuma a los 30s y vts es el volumen total de la suspensión.

Estabilidad de la espuma (FS)

Para determinar FS se registró también el volumen de la espuma a los 20min y 60 min y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$FS=(vff/vif)*100$$

Donde vff es el volumen de la espuma a los 20min o 60 min y vif el volumen de la espuma a los 30s.

3.3.4 Actividad emulsificante

EA se determinó según el método de Yasumatsu, Sawada, & Moritaka (1972) modificado y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$EA = v_{fe} / v_{ie} * 100$$

Donde v_{fe} es el volumen final de la emulsión y v_{ie} es el volumen inicial de la emulsión.

Estabilidad de la Emulsión (ES)

Para medir la estabilidad de la emulsión, se registraron los volúmenes de la emulsión luego de 30 y 120min de reposo. La estabilidad respecto al tiempo se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$ESt = v_{t\ 30\ o\ t60} / v_{ie} * 100$$

Donde v_t es el volumen de la emulsión a los 30 o 60 min y v_{ie} es el volumen inicial de la emulsión.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

A continuación en la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos, tanto de la materia prima como de los tratamientos aplicados. Cabe mencionar que para dicha caracterización se realizó un ajuste del pH de los tratamientos a un valor cercano a la neutralidad. Esto permitiría realizar una comparativa de las propiedades tecno-funcionales.

TABLA 4
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

	SA	ETA	ETE
Aw	0.52 ±0.001	0.29 ±0.03	0.15±0.02
Proteína %	7.33±0.48	32.79±0.68	57.58±0.38
Ph	6.77 ±0.01	6.79±0.09	6.46±0.03

Elaborado por: Herrera,2015

4.1. Capacidad de retención de agua

Según la gráfica 4.1 se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados y el salvado sin tratamiento.

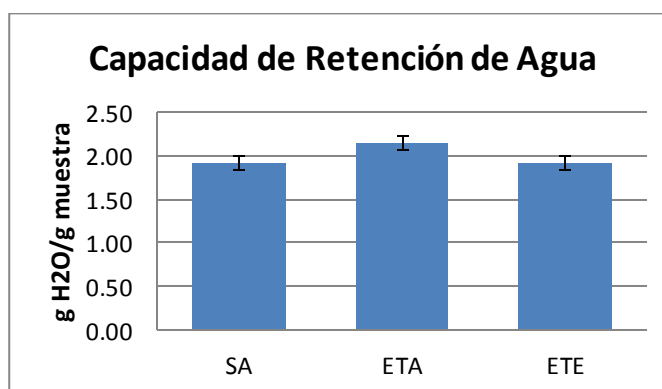


Figura 4.1. CRA para SA, ETE, ETA

4.2 Poder de hinchamiento

No se observó hinchamiento en las muestras de extractos proteicos: alcalino y enzimático. Por el contrario se observó hinchamiento de la muestra de SA con un valor de 2ml/g.

4.3 Actividad espumante

Se estableció por ANOVA que existe una diferencia significativa en la actividad espumante presentada en los extractos obtenidos por el

tratamiento alcalino y enzimático. Siendo el tratamiento enzimático el que mayor actividad presentó (Figura 4.2.).

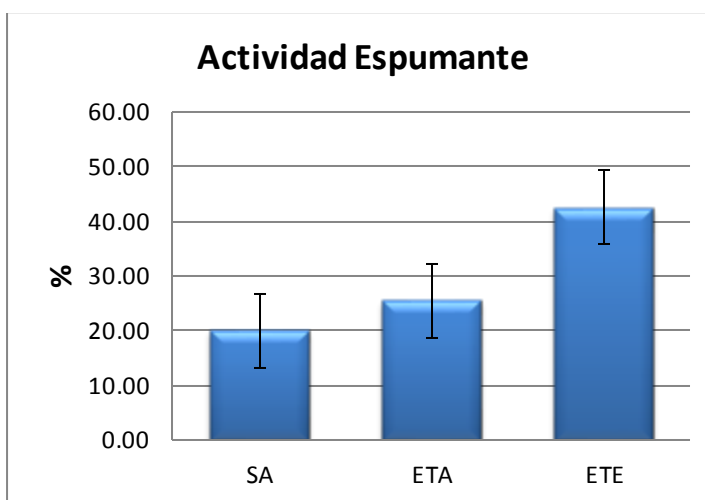


Figura 4.2. Actividad Espumante (%)

Por otro lado, también se analizó la estabilidad de la espuma donde los valores obtenidos con el tratamiento enzimático fueron superiores a los presentados por los extractos obtenidos por tratamiento alcalino. (Fig. 4.3.)

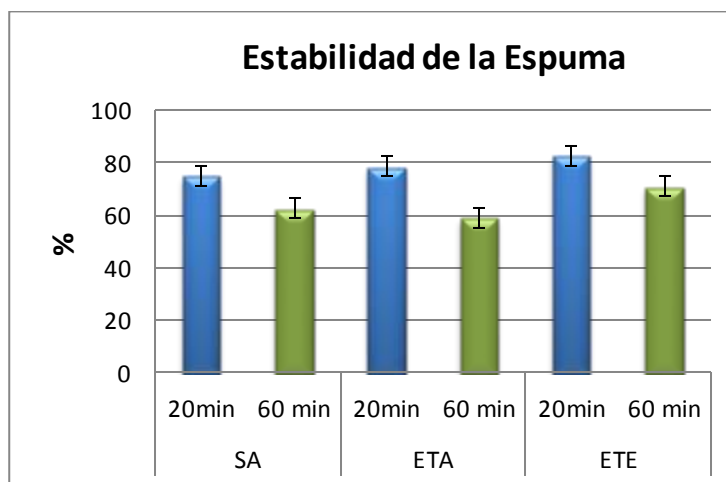


Figura 4.3. Estabilidad de la Espuma (%)

4.4. Actividad emulsificante

Estadísticamente se demostró que si existe diferencia significativa en la actividad emulsificante entre los tratamientos enzimático y alcalino. Siendo el extracto proteico obtenido por el método enzimático el que mayor porcentaje presentó.

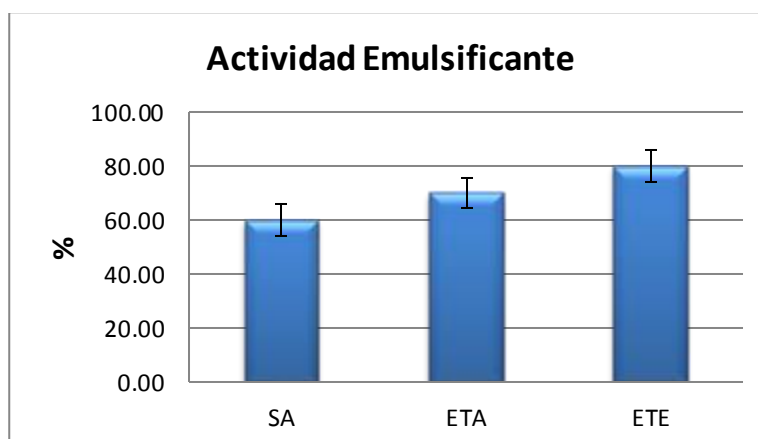


Figura 4.4. Actividad Emulsificante (%)

En cuanto a la estabilidad de las emulsiones obtenidas, el extracto alcalino se mostró más estable en el tiempo observado.

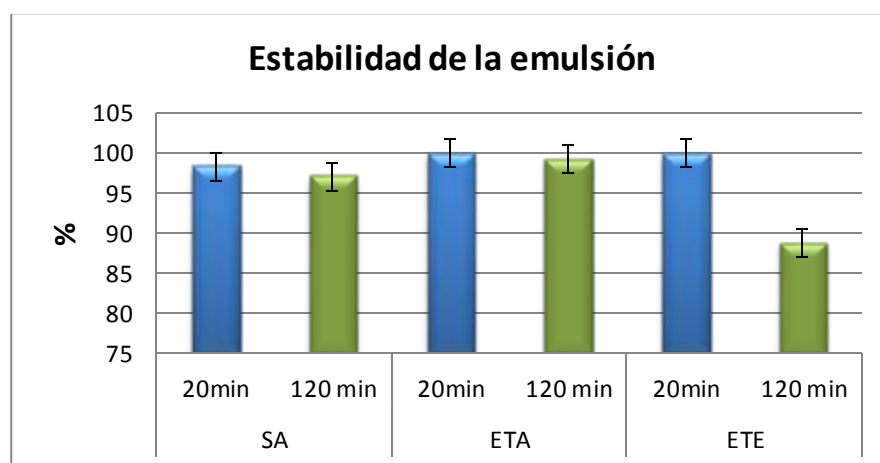


Figura 4.5. Estabilidad de la Emulsión (%)

4.5. Discusión

Las propiedades tecno-funcionales de las proteínas son dependientes de una gran variedad de factores unos relacionados con el tamaño molecular, composición aminoacídica, estructura, relación hidrofobicidad/hidrofilicidad, carga neta y distribución de las cargas, entre otras. Otros relacionados con el medio como pH, aw, fuerza iónica; así como, la presencia de lípidos, polisacáridos, azúcares y agentes tensoactivos.

Al evaluar los resultados de esta investigación uno de los factores de gran importancia son las condiciones de extracción de las

proteínas. En el presente trabajo se buscará establecer como los tratamientos enzimáticos y no enzimáticos afectan las propiedades tecno-funcionales de los extractos obtenidos.

Basados en los resultados, se puede establecer que los tratamientos aplicados no producen cambios significativos en las propiedades de hidratación de las proteínas tanto en el salvado sin tratamiento como en el SA con tratamiento. La CRA que presentaron las muestras evaluadas fue de 2g/g, lo cual es comparable a los obtenidos por (Patsanguan, 2014) para aislados de SA. Este valor de CRA se encuentra dentro del rango recomendado para su aplicación en alimentos viscosos (Aletor, Oshodi, & Ipinmoroti, 2002). La capacidad de retener agua es muy importante especialmente en alimentos como productos cárnicos y de panificación por lo que se sugeriría su uso como ingrediente.

Al evaluar el poder de hinchamiento de los extractos no se observó ninguna propiedad de hinchamiento. Por lo que, no se recomienda medir esta propiedad tecnológica en extractos proteicos, se sugiere medir otras propiedades de hidratación como solubilidad, absorción y dispersabilidad que permita establecer el comportamiento de la interacción proteína-agua de los extractos.

En cuanto a las propiedades de superficie, las propiedades espumantes del extracto enzimático son significativamente mayores que las del extracto alcalino, tanto para actividad espumante como para la estabilidad de la espuma. La actividad espumante disminuye con el desdoblamiento de la estructura proteica y la reducción del tamaño molecular, además la presencia de proteínas parcialmente hidrolizadas favorece a la estabilidad de la espuma (<http://www.fbioyf.unr.edu.ar>). El tratamiento alcalino al ser más agresivo resulta en una mayor hidrólisis de la molécula (Wang, Hettiarachchy, Qi, & Burks, 1999) y por lo tanto su capacidad de formación de espuma es menor que la del tratamiento enzimático. El porcentaje de FA de los extractos evaluados se encuentra en un rango de 25 a 42. Estos valores son comparables a los reportados por Yeom, et al (2009) para un aislado e hidrolizado enzimático de salvado de arroz y por González (1996) en concentrados de amaranto. De la misma manera la FS es también comparable a la obtenida por Yeom, et al (2009).

La capacidad de formar espuma es una característica deseable para los extractos proteicos puesto que los hace útiles como ingredientes en productos de panadería y pastelería principalmente.

De la misma manera, la actividad emulsificante del extracto enzimático evaluado fue mayor que la del extracto alcalino. En las emulsiones, así como en las espumas, es necesaria una hidrólisis parcial de las moléculas que permita una interacción estable en la interfase aceite-agua; una hidrólisis excesiva ocasiona una reducción de la funcionalidad de la proteína, lo que generalmente ocurre en un tratamiento alcalino. Los valores de EA de los extractos evaluados alcalino y enzimático fueron del 70-80% respectivamente, esto es comparable a los resultados obtenidos por en otras investigaciones para concentrados de salvado de arroz desgrasado y sin desgrasar. (Bera & Mukherjee, 1989).

Respecto a la estabilidad de las emulsiones en el tiempo, los extractos enzimático y alcalino resultaron bastante estables con valores de 88 y 99% respectivamente hasta 120 min. Los extractos proteicos gracias a su actividad emulsificante pueden comportarse como agentes tensoactivos, útiles en la elaboración de merengues, cremas batidas, pan, pastas, aderezos, productos de pastelería y confitería.

TABLA 2
PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES DE ETA Y ETE

Tratamientos	CRA (g H ₂ O/g)	SP (ml/g)	FA %	EA %
ETA	2.15±0.03	--	25.5±0.5	70±0
ETE	1.91±0.1	--	42.5±2.5	80±0

Elaborado por: Herrera,2015

Al comparar en conjunto las diferentes propiedades tecno-funcionales evaluadas en los extractos (Tabla 5) se puede observar que el ETE posee mejores características tecnológicas. Por otro lado, la desventaja que presentan los ETA por la formación de compuestos tóxicos como la lisinoalanina y lantionina (Anderson & Guraya, 2001) (Bera & Mukherjee, 1989) y la pérdida de aminoácidos esenciales como la cisteína y arginina. Estos argumentos indican que el tratamiento enzimático para la producción de extractos proteicos de SA sería el más adecuado.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Al evaluar la funcionalidad de los extractos proteicos, obtenidos tanto por tratamiento alcalino como enzimático, se puede concluir que las condiciones de extracción si influyen en las propiedades tecno-funcionales de superficie pero no en las propiedades de hidratación.
2. Con respecto a las propiedades tecno-funcionales de hidratación (CRA), presenta similares resultados en todas las muestras evaluadas. En el caso del SA sin tratamiento se debe a la presencia de otros componentes como carbohidratos totales (fibra) que contribuyen en la retención del agua. En el caso de los extractos proteicos esta propiedad se ve favorecida la composición mayoritaria en albúminas y globulinas que presentan propiedades hidrofílicas.

3. El tratamiento enzimático debido a su especificidad de acción resultó ser menos ofensivo para las proteínas en comparación con el tratamiento alcalino, lo que le confiere mejores propiedades tanto espumantes como emulsificantes a los extractos proteicos obtenidos.
4. Observando en conjunto todas las propiedades tecno-funcionales estudiadas estas sugieren que el extracto proteico de SA obtenido por tratamiento enzimático podría ser utilizado como ingrediente funcional en productos de panadería y pastelería; además, por su capacidad emulsificante y de retención de agua podría ser utilizado en la elaboración de productos cárnicos, sopas, aderezos y salsas; incluso, dependiendo de la cantidad que se añada puede contribuir en el incremento del aporte proteico de dichos productos.

Recomendaciones

1. Para poder ampliar la información tecnológica en cuanto a la interacción proteína-agua de los extractos se recomienda que en lugar de medir poder de hinchamiento, se midan propiedades como absorción de agua, solubilidad, dispersibilidad y viscosidad.
2. Para poder realizar una mejor comparación de la propiedades emulsificantes de los extractos de SA con otros extractos proteicos,

se recomienda medir el índice de actividad emulsificante (IAE) por absorbancia.

3. Este estudio deja abierta la posibilidad de desarrollos tecnológicos donde se evalúen de las propiedades tecno-funcionales aplicando extractos proteicos de SA en una variedad de matrices alimentarias.

APÉNDICES

APÉNDICE A

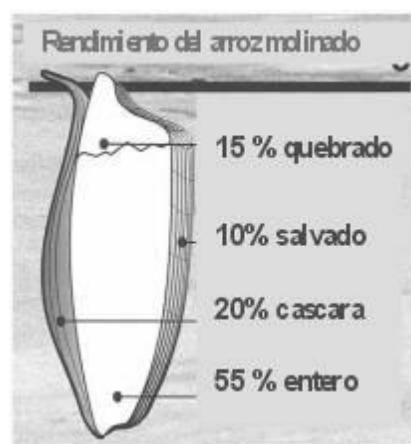
PRODUCCIÓN DE ARROZ PADDY EN EL ECUADOR AÑO 2012

Elementos	Año 2012
Área Cosechada (Ha)	371,170.00
Producción (toneladas)	1,565,535.28
Semilla (toneladas)	29,000.00
Rendimiento (Hg/Ha)	42,178.39

Fuente: FAOSTAT 2013

APÉNDICE B

RENDIMIENTO DEL ARROZ PILADO



Fuente: Shih, 2003

APÉNDICE C

NORMA CODEX PARA PPV

NORMA GENERAL DEL CODEX PARA LOS PRODUCTOS PROTEÍNICOS VEGETALES

CODEX STAN 174-1989

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente norma se aplica a los productos proteínicos vegetales (PPV) destinados a utilizarse en alimentos y que se preparan mediante diversos procesos de separación y extracción de proteínas unicelulares. Los PPV se fabrican para utilizarlos en alimentos que requieren ulterior preparación, y en la industria de elaboración de alimentos. La presente norma no se aplica a ningún producto proteínico vegetal regulado por una determinada norma del Codex para productos en la que se haya establecido un nombre específico.

2. DESCRIPCIÓN

Los PPV a que se aplica esta norma son productos alimenticios obtenidos de materias vegetales mediante la reducción o eliminación de algunos de los principales constituyentes no proteínicos (agua, aceite, almidón, otros carbohidratos), de manera que se obtiene un contenido en proteína (N x 6,25) del 40 por ciento o más. El contenido de proteínas se calcula sobre la base del peso en seco, con exclusión de vitaminas y minerales añadidos.

3. FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICIÓN Y CALIDAD Y NUTRICIONALES

3.1 **Materias primas**

Semillas limpias, en buen estado, maduras, secas, y esencialmente exentas de materias extrañas de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación, o PPV de menor contenido proteínico pero que satisfagan las especificaciones contenidas en esta norma.

3.2 Los PPV se ajustarán a los requisitos de composición que se indican a continuación salvo en lo que respecta a determinados requisitos, que podrán variar en tipos específicos de PPV.

3.2.1 **Contenido de humedad**

El contenido de humedad será suficientemente bajo como para asegurar la estabilidad microbiológica de conformidad con las condiciones de almacenamiento recomendadas.

3.2.2 **Proteínas crudas (N 6,25)**

No deberán ser menos del 40 por ciento sobre la base del peso en seco, excluidas las vitaminas, minerales, aminoácidos y aditivos alimentarios.

3.2.3 **Ceniza**

La cantidad de ceniza que se obtenga mediante incineración no deberá exceder del 10 por ciento referido al peso en seco.

3.2.4 **Grasa**

El contenido de grasa residual deberá ser compatible con las buenas prácticas de fabricación.

3.2.5 **Fibra cruda**

Cuando se trata de productos no regulados por una norma específica para el producto, el contenido de fibra cruda no deberá exceder del 10 por ciento referido al peso en seco.

3.3 Ingredientes facultativos

- a) Carbohidratos, incluidos los azúcares b) grasas y aceites comestibles
- c) otros productos proteínicos
- d) vitaminas y minerales e) sal
- f) hierbas aromáticas y especias

3.4 Factores nutricionales

La elaboración deberá controlarse cuidadosamente y ser suficientemente minuciosa para garantizar un aroma y sabor agradable óptimos, así como para controlar factores antinutricionales tales como inhibidores de tripsina, hemaglutininas, glucosinolatos, etc., de acuerdo con el uso a que se destinan. Cuando sea necesario controlar la actividad de los inhibidores de tripsina en un alimento, se deberá definir el máximo nivel permisible tomando como base el estado del producto terminado. Algunos PPV se elaboran en condiciones de baja temperatura para evitar la pérdida de solubilidad proteínica o de actividad enzimática. Estos PPV para fines especiales deberán ser analizados para estimar el valor nutritivo de las proteínas después de someterlos a un tratamiento térmico apropiado. La elaboración no debe ser tan intensa que menoscabe notablemente el valor nutritivo.

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

Durante la manufactura de los PPV se podrán utilizar las siguientes clases de coadyuvantes de elaboración, según aparecen registrados en el inventario consultivo de la Comisión del Codex Alimentarius:

- Reguladores de la acidez
- Agentes antiespumantes
- Agentes solidificantes
- Preparaciones de enzima
- Disolventes para extracción
- Agentes antiestáticos
- Agentes para el tratamiento de harinas
- Agentes para el control de la viscosidad

5. CONTAMINANTES

Los PPV no deberán contener metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

6. HIGIENE

- 6.1 Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de esta Norma se preparen de conformidad con las secciones pertinentes del *Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene – Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969).

- 6.2 En la medida compatible con las buenas prácticas de fabricación, el producto deberá estar exento de materias objetables.
- 6.3 Cuando se analice el producto con métodos adecuados de muestreo y examen, dicho producto:
- a) deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
 - b) no deberá contener sustancias que procedan de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
 - c) no deberá contener otras sustancias tóxicas en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

7. ENVASADO

Los PPV se envasarán en recipientes higiénicos apropiados que mantengan el producto en condiciones higiénicas y al abrigo de la humedad durante su almacenamiento y transporte.

8. ETIQUETADO

Además de las disposiciones de la *Norma General para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

8.1 Nombre del alimento

- 8.1.1 El nombre del alimento a declararse en la etiqueta deberá ser: "Producto proteínico de ...", llenando el espacio en blanco con el nombre de la fuente específica de las proteínas vegetales, v. gr. maní, semillas de algodón, colza.
- 8.1.2 El contenido proteínico del PPV deberá declararse por referencia al peso en seco.
- 8.1.3 El nombre podrá incluir un término que describa con precisión la forma física del producto, v. gr. "gránulos" o "fragmentos".
- 8.1.4 Cuando se someta el PPV a un proceso de texturización, el nombre del producto podrá incluir un calificativo apropiado, como "texturizado" o "estructurado".

8.2 Lista de ingredientes

En la etiqueta se declarará la lista completa de los ingredientes en orden decreciente de proporciones, excepto que, cuando se hayan añadido vitaminas y minerales, estos ingredientes se indicarán como grupos separados de vitaminas y minerales, respectivamente, sin que dentro de tales grupos sea necesaria su enumeración en orden decreciente de proporciones.

8.3 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información sobre los envases no destinados a la venta al por menor figurará o bien en los envases o en los documentos que los acompañan, salvo que el nombre del producto, el marcado de la fecha y las instrucciones para la conservación, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o del envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o del envasador podrán ser sustituidos por una señal de identificación, siempre que tal señal sea claramente identificable con los documentos que lo acompañen.

9. MÉTODOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo.

APÉNDICE D

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES EMULSIFICANTES DE LAS PROTEÍNAS

Métodos para determinar las propiedades emulsificantes:

Propiedad	Técnicas
Medición del tamaño de gota	Microscopía óptica y de fluorescencia, contador Coulter, espectroturbidimetría
Actividad emulsificante (AE)	Tamaño de partícula, conductividad diferencial, turbimetría
Índice de Actividad Emulsificante (IAE)	turbimetría
Capacidad emulsificante (EC)	Cambio en la viscosidad, resistencia eléctrica y apariencia de la emulsión por su ruptura
Estabilidad de emulsión (ES)	Centrifugación, calentamiento
Hidrofobicidad superficial	HPLC, unión de ligandos hidrófobos, fluorescencia intrínseca, pruebas espectrofluorimétricas

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/50486901/emulsiones-teoria>

APÉNDICE E

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DE ALGUNAS PROTEÍNAS

Cuadro 2. Capacidad de absorción-retención de agua para diversas proteínas. (Tomado de J. R. Quinn et D. Paton, *Cereal Chemistry*, 1979, 56, 38).

Proteína	Capacidad de absorción-retención de agua (g de agua por g de muestra inicial a temperatura ambiente)	
	Medida en presencia de un exceso de agua	Medida en presencia de una pequeña cantidad de agua («a saturación»)
Concentrado proteico de guisantes	1,05	1,31
Concentrado proteico de soja (Promosoy 100)	3,10	3,00
Aislado proteico de soja (Promine D)	3,50	3,85
Aislado proteico de soja (Supro 620)	6,70	5,50
Concentrado proteico de colza	4,50	3,29
Caseinato de sodio	0,00	2,33
Clara de huevo	1,30	0,67
Concentrado proteico de lactosuero	0,00	0,97

APÉNDICE F

ANÁLISIS DE VARIANZA PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES

ANOVA CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1 (Salvado)	2	3.848645	1.924322	0.001056
Column 2 (Alcalino)	2	4.305965	2.152983	0.001261
Column 3 (Enzimático)	2	3.828445	1.914222	0.018731

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.072929	2	0.036465	5.197144	0.105999	9.552094
Within Groups	0.021049	3	0.007016			
Total	0.093978	5				

ANOVA ACTIVIDAD EMULSIFICANTE

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	2	120	60	0
Column 2	2	140	70	0
Column 3	2	160	80	0

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	400	2	200	65535	#DIV/0!	9.552094
Within Groups	0	3	0			
Total	400	5				

ANOVA ACTIVIDAD ESPUMANTE

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1 (Salvado)	2	40	20	0
Column 2 (Alcalino)	2	51	25.5	0.5
Column 3 (Enzimático)	2	85	42.5	12.5

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	550.3333	2	275.1667	63.5	0.003506	9.552094
Within Groups	13	3	4.333333			
Total	563.3333	5				

BIBLIOGRAFÍA

1. Aletor, O., Oshodi, A., & Ipinmoroti, K. (2002). Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. *Food Chemistry*, 63-68.
2. Anderson, A., & Guraya, H. (2001). Extractability of protein in physically processed rice bran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 969-972.
3. Badui, S. (1981). *Química de los Alimentos*. Mexico: Alhambra Mexicana.
4. Bandyopadhyay, K., Misra, G., & Ghosh, S. (2008). Preparation and characterization of protein hydrolysates from indian defatted rice bran meal. *Journal of Oleo Science*, 47-52.
5. Bera, M., & Mukherjee, R. (1989). Solubility, Emulsifying and Foaming Properties of Rice Bran Protein Concentrates. *Journal of Food Science Volume 54*, 142-145.
6. Callisaya, J. C. (2011). *Aislados Proteínicos de Granos Andinos "Quenopodiaceas" Quinoa "Chenopodium Quinoa" y Cañihua "Chenopodium Pallidicaule" por Precipitación Isoeléctrica*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
7. Campbell, M., Kraut, C., Yackel, W., & Yang, H. (1985). Soy Protein Concentrate. *New Protein Foods*.

8. Chakraborty, P. (1986). Coconut protein isolate by ultrafiltration. *Food Engineering and Process Vol 2*, 308-315.
9. Chandi, G., & Sogi, D. (2007). Functional Properties of Rice Bran Protein Concentrates. *Journal of Food Science Volume 79*, 592-597.
10. Cheftel, J., Cug, J., & Lorient, D. (1989). *Proteínas Alimentarias*. Zaragoza: Editorial Acribia.
11. Cheftel, J., Cug, J., & Lorient, D. (1993). Amoniácidos, péptidos y proteínas. En *Química de los Alimentos* (págs. 275-414). Editorial Acribia.
12. Chinma, C. e. (2014). Effect of addition of protein concentrate from natural and yeast fermented rice bran on the rheological and technological properties of wheat bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 290-297.
13. CODEX. (174-1989). *Patente nº 174-1989*.
14. CODEX. (175-1989). *Patente nº 175-1989*.
15. CODEX, A. (1995). Norma General del Codex Alimentarius para los productos proteínicos vegetales. *Codex Alimentarius Volumen 7*, 113-120.
16. Damodaran, S. (1997). Protein Stabilized Foams and Emulsions. En *Food Proteins and their application* (págs. 57-110). New York: Marcel Dekker Inc.

17. Fabian, C., & Ju, Y. (2011). A review on rice bran protein: Its properties and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol 59 Iss. 9.
18. FAO. (2004). *Rice fact sheet*. Obtenido de Food and Drug Administration: <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>
19. FAOSTAT. (s.f.). Obtenido de <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
20. Galuarte, M., & Rosell, C. (2011). Physicochemical Properties and Enzymatic Hydrolysis of Different Starches in the Presence of Hydrocolloids. *Carbohydrate Polymers*, 237-244.
21. Gnanasambandam, R., & Hettiarachchy, N. (1995). Protein Concentrates from Unstabilized and Stabilized Rice Bran: Preparation and Properties. *Journal of Food Science Volume 60*, 1067-1069.
22. Goncalves, N., Vioque, J., Clemente, A., Sánchez, R., Bautista, J., & Millán, F. (1997). Obtención y caracterización de aislados proteicos de colza. *Grasas y Aceites Volume 48*, 282-289.
23. Gonzalez, E. (1996). Evaluación de las propiedades funcionales de un concentrado proteínico de amaranto modificado por quimi tripsina.
24. Granito, M., Guinand, J., Pérez, D., & Pérez, S. (2008). Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente para alimentos. *Interciencia*, 64-70.
25. Hamada, J. (2000). Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases. *Journal of Food Science*, 305-310.

26. Helm, R., & Burks, A. (1996). Hypoallergenicity of rice bran protein. *Cereal Foods World Volume 41*, 839-843.
27. Horianski, M. (2013). *Aula virtual FCEQ y N*. Obtenido de <http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/claroline/backends/download.php?url=L0FwdW50ZXNfZGVfdGVvcu1hL1Byb3RI7W5hc19Qcm9wX2RIX3N1cGVyZmljaWVfMjAxNC5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=IA818>
28. <http://www.fbioyf.unr.edu.ar/>. (s.f.). *Espumabilidad*. Obtenido de Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmaceuticas: http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/113309/mod_resource/content/1/TEAL.pdf
29. INEC. (2010). *Indicadores Básicos de Salud Ecuador 2010*. Ministerio de Salud Pública.
30. INEC-ENSANUT. (2012). *Estadísticas Sociales: ESANUT*. Obtenido de Ecuador en cifras: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ENSANUT.pdf
31. Justo, M., Claro, C. V., Herrera, M., & Rodriguez, R. (2013). Microvascular disorders in obese Zucker rats are restored by a rice bran diet. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*.
32. Khan, S. e. (2011). Functional Properties of Protein Isolates Extracted from Stabilized Rice Bran by Microwave, Dry Heat, and Parboiling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2416-2420.

33. Kinsella, J. (1976). Functional Properties of Proteins in Food: A Survey. *Critical Reviews in Food*, 219-220.
34. Kneifel, W., Abert, T., & Richard, J. (1991). Water holding capacity of proteins with special regard to milk proteins and methodological aspects- A review. *Journal of Dairy Science*, 2027-2041.
35. Kolar, C., Richert, S., Decker, C., Steinke, F., & Vander Zanden, R. (1985). Isolated soy proteins. En A. A. Wilcke, *New protein food*. New York: Academic Press.
36. Kristinsson, H., & Rasco, B. (2000). Biochemical and functional properties of atlantic salmon muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 657-666.
37. Kumar, R., & Kar, A. (2013). Comparative studies of extraction and functional properties of rice bran protein fractions. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 101-106.
38. Linden, G., & Loriet, D. (1994). Bioquímica Agroindustrial. Revalorización Alimentaria de la Producción Agrícola. 65-70.
39. MacRitchie, F. (1998). Proteins at liquid interfaces. En D. Mobius, & R. Miller. Amsterdam: Elsevier Science.
40. MAGAP/CGSIN/DAPI. (s.f.). Recuperado el 29 de Diciembre de 2014, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/tablas-2000-2014/file/3479-tablas-2010-2014>
41. Malathi, A. (2013). *Biodegradable films for food packaging*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/malathingowdac1/malathi-seminar-i>

42. Martinez, M., Calvino, A., & Rossell, M. (2014). Effect of Different Extrusion Treatments and Particle Size Distribution on the Physicochemical Properties of Rice Flour. *Food and Bioprocess Technology Vol 7*, 2657-2655.
43. McAnelly, J. (1964). *Patente nº 31422571*. U.S.
44. Ogunwolu, S., F.O., H., Mock, H., Santos, A., & Awonorin, S. (2009). Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew nut. *Food Chem*, 852-858.
45. Ohlson, R., & Anjou, K. (1979). Rapeseed protein products. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 431-437.
46. Patsanguan, S. e. (2014). Rice bran protein isolates: Preparation and their physico-chemical and functional properties. *Food and Applied Bioscience Journal*, 169-182.
47. Pincirolli, M. (2010). *Proteínas de Arroz: Propiedades estructurales y funcionales*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.
48. Pomeranz, Y. (1991). *Functional Properties of Food Components*. San Diego: Academic Press Inc.
49. Sadawarte, S., Sawate, A., V.D., P., & G.M., M. (2007). Enrichment of bread with rice bran protein concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 195-197.
50. Sair, L. (1959). *Patente nº 2881076*. U.S.
51. Salgado, P. (2009). *Proteínas de Girasol: aislamiento, caracterización y aplicaciones en la industria alimentaria*.

52. Salunkhe, D., Chavan, J., Adsule, R., & Kadam, S. (1992). *World Oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold.
53. Sanchez-Vioque, R., Clemente, A., Vioque, J., Bautista, J., & Millan, F. (1999). Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L): Chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chem*, 237-243.
54. Sautier, C., Flament, C., Doucet, C., & Suquet, J. (1986). Effects of eight dietary proteins and their aminoacid contents on serum, hepatic and fecal steroids in the rat. *Nutr. Rep. Internat*, 1051-1061.
55. Seyam, A., Banasik, O., & Breen, M. (1983). Protein isolate from Navy and Pinto beans: their use in macaroni products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 499-502.
56. Shih, F. (2003). Review: An update on the processing of high-protein rice products. *Nahrung/Food Volume 47*, 420-424.
57. Shurtleff, W., & Aoyagui, A. (2013). *Soy Info Center*. Obtenido de http://www.soyinfocenter.com/HSS/protein_concentrates.php
58. Silva, J. (2006). Obtención, caracterización y relación estructura-funcionalidad de un aislado proteico de quinua organica proveniente de la VI región de Chile. Santiago.
59. Sze-Tao, K., & Sathe, S. (2000). Functional Properties and in vitro digestibility of almond protein isolate. Tallahassee, Florida, USA: Department of Nutrition, Food and Exercise Sciences, Florida State University.

60. Tang, S., Hettiarachchy, N., Horax, R., & Eswaranandam, S. (2003). Physicochemical properties and functionality of rice bran protein hydrolyzate prepared from heat-stabilized defatted rice bran with the aid of enzymes. *Journal of Food Science*, 152-157.
61. Vioque, J., Sánchez, R., Pedroche, J., Yust, M., & Millán, F. (2001). Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados proteicos. *Grasas y Aceites Volume 52*, 127-131.
62. Wagner, J. (2000). Propiedades Superficiales. En *Caracterización funcional y estructural de proteínas*. (págs. 41-47). Editorial CYTED-EUDEBA.
63. Wang, M., Hettiarachchy, N., Qi, M., & Burks, S. (1999). Preparation and Functional Properties of Rice Bran Protein Isolate. *J. Agric. Food Chem Volume 47*, 411-416.
64. Wilde, P., & Clark, D. (1996). Propiedades Superficiales. En *Methods of Testing Protein Functionality* (págs. 111-148). London: Blackie Academic and Professional.
65. Yadav, R., Yadav, B., & Chaundhary, D. (2011). Extraction, Characterization and utilization of rice bran protein concentrate for biscuit making. *British Food Journal*, 1173-1182.
66. Yasumatsu, K., Sawada, K., & Moritaka, S. (1972). Whipping and Emulsifying Properties of Soybean. *Agricultural and Biological Chemistry*, 719-727.

67. Yeom, H., Lee, E., Ha, M., & Bae, D. (2010). Production and physicochemical properties of rice bran protein isolates prepared with autoclaving and enzymatic hydrolysis. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 62-70.
68. Yu, J., & Lee, O. (2013). Rice bran protein concentrate can reduce fat accumulation in rats fed high-fat diet. *The FASEB Journal*.
69. Zayas, J. (1997). *Functionality of Proteins in Food*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
70. Zhang, H. (2012). Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. *Food Research International*, 359-363.