

Universidad Nacional de San Martín

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**“Obtención de Aislado Proteínico
a partir de Torta de Coco
(Cocos nucifera L.)”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Luz Ana, Viena Vásquez

TARAPOTO — PERU

1,991

— 0 —

A C T A D E S U S T E N T A C I O N

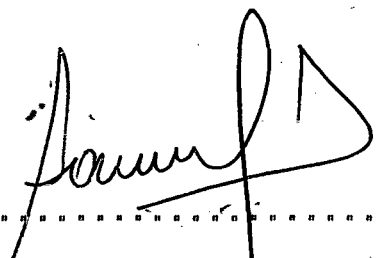
En el Colegio de Ingenieros del Perú-Filial San Martín - Tarapoto, a las 10.00 a.m. del día 16 de Marzo de mil novecientos noventa y uno.

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la TESIS presentada por la Bachiller en Ciencias Ingeniería Agroindustrial Señora **LUZ ANA VIENA VASQUEZ**, titulada:

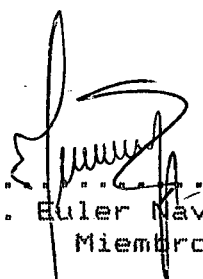
**"OBTENCION DE AISLADO PROTEINICO A PARTIR DE
TORTA DE COCO (Cocos nucifera L.)"**

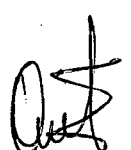
Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO**, con el calificativo **MUY BUENO**. En consecuencia la Sustentante queda en condición de recibir el Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, por el Consejo Universitario, de conformidad con lo establecido en el Artículo 74a del Reglamento General de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 16 de Marzo, 1,991


.....
Ing. Abilio Domínguez B.
Presidente

.....
Ing. Epifanio Martínez M.
Miembro


.....
Ing. Euler Navarro P.
Miembro


.....
Ing. M.Sc. Oscar Mendieta T.
Patrocinador

Mi dedicación,

A mi señora **madre**, por sus
valiosos consejos,

a mi **esposo**, por su permanente
apoyo moral para la publicación
del presente trabajo,

y a toda mi **familia** que me apoyó
de alguna manera para culminar mi
carrera.

AGRADECIMIENTO

La autora desea expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por el apoyo en el financiamiento del presente trabajo de investigación.

Este agradecimiento también se hace extensivo al Ing. M. Sc. Oscar Mendieta Taboada patrocinador y al Ing. Luis Briceño Berrú, profesor adscrito a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria-La Molina por su colaboración en el presente trabajo.

Mi agradecimiento también, al Ing. Luis López Ucariegue y a los señores José Grández Paredes y Luis López, Director y técnicos del Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial - Estación Experimental "El Porvenir"; y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la culminación de este trabajo.

INDICE GENERAL

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| RESUMEN | 1 |
| I. INTRODUCCION | 3 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 5 |
| 1. Generalidades | 5 |
| 2. Clasificación botánica | 6 |
| 3. Producción nacional | 7 |
| 4. Características biológicas del fruto | 7 |
| 4.1. Descripción del fruto | 7 |
| 4.2. Composición química | 9 |
| 4.3. Utilización del fruto | 13 |
| 5. Aislados protéicos de origen vegetal | 19 |
| 5.1. Generalidades | 19 |
| 5.2. Definición | 19 |
| 5.3. Características químicas, biológicas y organolépticas | 20 |
| 5.4. Usos | 22 |
| 5.5. Propiedades funcionales | 23 |
| 5.6. Procesamiento de aislados de proteínas vegetales | 27 |
| 5.6.1. Materia prima | 27 |
| 5.6.2. Flujo de procesamiento | 28 |
| 5.6.3. Extracción de la proteína | 29 |
| 5.6.4. Clarificación | 29 |

| | |
|---|----|
| 5.6.5. Precipitación | 29 |
| 5.6.6. Separación del precipitado | 31 |
| 5.6.7. Secado | 31 |
| 5.6.8. Rendimiento | 32 |
| 5.7. Factores que afectan a la extracción y aislamiento de la proteína | |
| 5.7.1. Extractante | 33 |
| 5.7.2. pH de extracción | 34 |
| 5.7.3. Tiempo y temperatura de ex- tracción | 34 |
| 5.7.4. Relación entre harina y ex- tractante | 35 |
| 5.7.5. Tamaño de las partículas de la harina | 35 |
| 5.7.6. Agitación | 36 |
| 5.7.7. Precipitación de la proteína | 36 |
| 6. Conservación de alimentos deshidratados | 36 |
| 7. Control biológico de calidad de proteínas | 39 |
| III. MATERIALES Y METODOS | |
| 1. Materia prima | 42 |
| 2. Materiales y equipos | 44 |
| 3. Análisis físico químico de la materia prima | |
| 3.1. Humedad | 44 |
| 3.2. Grasa | 45 |
| 3.3. Proteína | 45 |
| 3.4. Fibra cruda | 45 |

| | |
|---|----|
| 3.5. Cenizas | 45 |
| 3.6. Carbohidratos | 45 |
| 3.7. Índice de solubilidad de nitrógeno | 46 |
| 4. Análisis microbiológico de la materia prima | 46 |
| 5. Obtención del aislado proteínico | 46 |
| 5.1. Concentración de la solución extractora | 47 |
| 5.2. Relación harina/solución extractora | 47 |
| 5.3. Tiempo de extracción | 48 |
| 5.4. pH de precipitación | 48 |
| 5.5. Flujo de operaciones para la obtención de aislado proteínico de coco | 48 |
| 6. Análisis físico químico del aislado proteínico de coco | 49 |
| 7. Análisis microbiológico del aislado proteínico de coco | 51 |
| 8. Propiedades funcionales del aislado proteínico de coco | 51 |
| 8.1. Absorción de agua | 51 |
| 8.2. Absorción de grasa | 51 |
| 8.3. Estabilidad de la emulsión | 52 |
| 8.4. Actividad y estabilidad de la espuma | 53 |
| 8.5. Perfiles de solubilidad de nitrógeno | 53 |
| 9. Estabilidad del producto | 54 |
| 9.1. Isotermas de adsorción | 54 |
| 10. Ensayos biológicos del aislado proteínico | 55 |

| | |
|--|-----------|
| 10.1. Digestibilidad y valor biológico | 55 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 56 |
| 1. Caracterización de la materia prima | 56 |
| 1.1. Análisis químico | 56 |
| 1.2. Análisis microbiológico | 59 |
| 2. Parámetros de extracción y precipitación de la proteína | |
| 2.1. Concentración de la solución extractora | 60 |
| 2.2. Relación harina/solución extractora | 62 |
| 2.3. Tiempo de extracción | 64 |
| 2.4. pH de Precipitación de la Proteína | 64 |
| 2.5. Flujo de operaciones para la obtención de aislado proteínico de coco | 66 |
| 2.6. Rendimiento del proceso | 70 |
| 3. Características físicas, químicas y organolépticas del aislado proteínico de coco | |
| 3.1. Composición química | 71 |
| 3.2. Características físicas y organolépticas | 71 |
| 4. Propiedades funcionales del aislado proteínico de coco | |
| 4.1. Absorción de agua | 73 |
| 4.2. Absorción de grasa | 74 |
| 4.3. Estabilidad de la emulsión | 76 |
| 4.4. Batido y estabilidad de espuma | 77 |
| 4.5. Perfiles de solubilidad de nitrógeno | 79 |

| | |
|---|----|
| 5. Análisis microbiológico del aislado proteínico de coco | 79 |
| 6. Conservación del aislado proteínico de coco | 82 |
| 6.1. Isotermas de adsorción | 82 |
| 7. Evaluación biológica | 85 |
| | |
| V. CONCLUSIONES | 87 |
| VI. RECOMENDACIONES | 89 |
| VII. BIBLIOGRAFIA | 90 |
| VIII. ANEXOS | 94 |

INDICE DE CUADROS

| <u>Cuadro No</u> | T I T U L O S | <u>Pág.</u> |
|------------------|---|-------------|
| 1 | Distribución mundial de coco | 6 |
| 2 | Serie histórica de producción nacional | 8 |
| 3 | Composición del fruto de coco | 9 |
| 4 | Composición química del albúmen de coco | 11 |
| 5 | Composición química de torta de coco | 17 |
| 6 | Composición de aminoácidos de harina de coco | 17 |
| 7 | Correlación entre el NSI y absorción de agua de harina de soya | 25 |
| 8 | Humedades relativas de soluciones saturadas | 55 |
| 9 | Composición química de harinas de coco | 57 |
| 10 | Análisis microbiológico de harina de coco | 60 |
| 11 | Composición química del aislado proteínico de coco comparado con otros aislados | 74 |
| 12 | Absorción de agua y aceite del aislado proteínico de coco comparado con productos similares | 75 |
| 13 | Estabilidad de la emulsión del aislado proteínico de coco | 76 |
| 14 | Análisis microbiológico del aislado proteínico de coco | 81 |
| 15 | Digestibilidad y valor biológico del aislado proteínico de torta de Coco | 85 |

I N D I C E D E F I G U R A S

| <u>Figura No</u> | <u>T I T U L O S</u> | <u>Pág.</u> |
|------------------|--|-------------|
| 1 | Partes del interior del fruto de coco | 12 |
| 2 | Corte transversal del coco y localización de las células del endospermo | 12 |
| 3 | Proceso para la producción de aislado protéico de soya | 30 |
| 4 | Influencia de la A_w sobre los cambios químicos, enzimáticos y microbiológicos sobre la estabilidad de los alimentos | 38 |
| 5 | Procesamiento general seguido por la Empresa "Selva Industria" S.A. para obtener aceite y torta de copra | 43 |
| 6 | Procesamiento general para la obtención de aislado proteínico de coco | 50 |
| 7 | Solubilidad de la proteína a diferentes valores de concentración y pH | 61 |
| 8 | Solubilidad de la proteína en función a la relación harina/solución extractora | 63 |
| 9 | Solubilidad de la proteína en función al tiempo de extracción | 65 |
| 10 | Precipitación de la proteína a diferentes valores de pH | 67 |
| 11 | Diagrama de flujo definitivo para la obtención de aislado proteínico de coco | 69 |

| | | |
|----|---|----|
| 12 | Rendimiento del Proceso | 71 |
| 13 | Estabilidad de la Espuma del Aislado Proteínico de coco | 78 |
| 14 | Perfiles de Solubilidad de Nitrógeno del Aislado Proteínico de Coco | 80 |
| 15 | Isotermas de adsorción de Agua del Aislado Proteínico de Coco | 83 |
| 16 | Gráfico de B.E.T. del Aislado Proteínico de Coco | 84 |

R E S U M E N

Se utilizó un Proceso de Extracción alcalina para aislar proteínas a partir de harina de torta de copra comercial y obtener un aislado proteínico.

En el presente estudio se investigaron condiciones de laboratorio para determinar los parámetros de procesamiento. Las variables estudiadas para la extracción de la proteína a condiciones ambientales fueron: 0.01%-0.4% NaOH, proporción Harina/Solución extractora: 1/20-1/80 gr/ml, tiempo de extracción: 5-60 min. Se encontró que la máxima extracción de la proteína se obtenía con una concentración de 0.4% de NaOH con una relación harina/solución extractora de 1/20, pero se consideró la concentración más adecuada de 0.16% NaOH por las características físicas que presentó el producto final. La mínima solubilidad de la proteína de coco coincide justamente en el punto isoeléctrico, encontrándose en el rango de pH=3.9-4.0. El tiempo fue de 20 min. para una extracción completa de esas proteínas.

El aislado proteínico así obtenido, contenía 91.21% de proteína (b.s), 0.62% de grasa, 2.79% de Fibra cruda y 1.58% de cenizas.

Se estudiaron algunas propiedades funcionales como absorción

de grasa (160%), absorción de agua (284%), estabilidad de la emulsión (21.55%), batido (50%) y estabilidad de la espuma (86.32%). y perfiles de solubilidad según el pH, alcanzando máxima solubilidad en el rango de pH entre 8.0-10.0. Concluyendo que el aislado proteínico de coco, tiene buena capacidad de absorber agua y aceite, y es un buen estabilizador de espuma comparado con sus similares; sin embargo la emulsión fue muy inestable al calor.

La evaluación biológica realizada al aislado proteínico de coco, mostró muy buena digestibilidad y buen valor biológico comparado con otras proteínas de origen vegetal.

Así mismo, se determinó el valor de la monocapa del aislado proteínico, siendo está de 4.85 gr agua/gr m.s. y su $A_w=0.25$.

I. INTRODUCCION

La torta de coco, sub producto de extracción de aceite a partir de copra deshidratada, que posee elevado contenido protéico, es destinada actualmente a la elaboración de alimentos balanceados para animales; mientras que en otros países ésta es procesada para obtener aceite y concentrados protéicos para la alimentación humana.

En nuestro país, la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas para el consumo humano, poco utilizadas anteriormente, está despertando interés en éstos últimos tiempos debido al elevado costo de la proteína animal como a su insuficiente producción, haciéndose crítica la alimentación del poblador peruano, así como del poblador San Martinense. Una fuente alternativa resulta ser la proteína extraída a partir de torta de coco, cuya composición sólo es deficiente en metionina, lisina y treonina, pudiendo ser complementada con dichos aminoácidos, ya sea directa o indirectamente para aumentar la calidad biológica de la misma.

El problema de la mal nutrición y el hambre están más difundidas en los países que se encuentran en vías de desarrollo, resultando los más afectados las mujeres grávidas, las madres lactantes y los niños comprendidos en edad de entre 1 y 5 años por la escasa cantidad de proteínas consumidas en la dieta.

Con el fin de determinar si el aislado proteínico a partir de torta de copra puede ser utilizada en la Industria Alimentaria, el presente trabajo plantea determinar parámetros tecnológicos de procesamiento para obtener aislado proteínico a partir de torta de coco, así como estudiar algunas propiedades funcionales del aislado a fin de recomendar su utilización en la elaboración de otros productos y además caracterizar química y biológicamente el aislado proteínico.

II. REVISION DE LITERATURA

1. GENERALIDADES

El cocotero es conocido universalmente por el hombre de las regiones intertropicales. El origen sudamericano del coco ha sido definido con mucha originalidad por Cook en 1,910, el principal argumento botánico reside en el hecho de que todas las palmas próximas al coco, es decir 20 géneros con doscientas especies, son nativas de América del Sur, con excepción del Elais guinnensis. Existen otras hipótesis que el coco es originario del Sud Este Asiático y otros como la India y Nueva Zelanda. Fremond, Ziller y Nuce (14).

El cocotero es esencialmente un cultivo de las zonas tropicales húmedas, su distribución latitudinal está perfectamente definido entre los trópicos de Cáncer y Capricornio.

La mayor producción de coco se localiza en el continente Asiático con un 84% del total mundial. Filipinas e Indonesia han sido siempre los productores más importantes. En 1,981 ambos países produjeron alrededor del 60% del total mundial; India y SriLanka 4.7%. El otro 16% se distribuye casi por igual entre las otras regiones productoras de Africa, Oceanía y América Latina. El Cuadro

1, presenta la distribución de la producción mundial de coco.

CUADRO No. 1: PRODUCCION MUNDIAL DE COCO 1,961-1,981

(Sobre la base del Anuario de producción de la FAO 1,961-1,981)

| CONTINENTE | 1,961-1,965 | | 1,981 | |
|----------------|--------------|-------|---------------|-------|
| | mill. nueces | % | 1,000t nueces | % |
| ASIA | 22,816 | 81.5 | 30,803 | 84.0 |
| AFRICA | 1,389 | 5.0 | 1,515 | 4.1 |
| OCEANIA | 1,716 | 6.1 | 2,275 | 6.2 |
| AMERICA LATINA | 2,088 | 7.4 | 2,074 | 5.7 |
| TOTAL MUNDIAL | 28,009 | 100.0 | 36,667 | 100.0 |

NOTA: t equivale a 800 nueces

Fuente: Ohler (31).

El coco ha sido utilizado desde hace largo tiempo como fuente alimenticia; a principio tuvo más importancia el agua de coco que su carne. En 1,890 se descubrió la posibilidad de producir mantecas vegetales partiendo del aceite de coco. Recientemente la carne de coco está siendo utilizada para un sin número de usos.

2. CLASIFICACION BOTANICA

Ohler (31), describe al cocotero Cocos nucifera L. como una palma esbelta que puede alcanzar más de 30m. de

altura. Posee un tallo liso y de color gris claro que arranca de una base hinchada y termina en una preciosa copa verde de largas hojas pinnadas con copiosos racimos de nueces que salen de las axilas de las hojas.

Pertenece a la sub clase de las monocotiledóneas, familia de los Palmae, dentro de la tribu de las Cocoidas, es la única especie del género *Cocos*, especie: *Cocos nucifera* L.

3. PRODUCCION NACIONAL

El cultivo de cocotero se localiza en las regiones naturales de la costa y selva. En 1,984, aproximadamente el 61% de la producción se encuentra ubicada en la Costa en los los Departamentos de Piura y Lambayeque y el 33% se ubica en la Selva en los Departamentos de San Martín y Loreto, tendiendo a incrementarse la producción en la selva especialmente en el Dpto. de San Martín por incentivo de los inversionistas privados. El Cuadro 2, muestra la producción nacional de coco.

4. CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS DEL FRUTO

4.1. Descripción del Fruto

Fremont, Ziller y Nuce (14), Piggot (35) y Ohler (31), describen al fruto como una drupa monosperma, que encierra un sólo hueso rodeada de un endocarpo (cáscara dura) y de un mesocarpo carnoso. La forma del

**CUADRO N^o 2: SERIE HISTORICA DE PRODUCCION NACIONAL DE
COCOTERO 1,979-1,989**

| A Ñ O S | SUPERFICIE COSECHADA (Ha.) | PRODUCCION (T.M) |
|---------|----------------------------------|---------------------|
| 1,979 | 932 | 15,754 |
| 1,980 | 964 | 14,017 |
| 1,981 | 937 | 12,669 |
| 1,982 | 964 | 12,533 |
| 1,983 | 917 | 11,974 |
| 1,984 | 918 | 13,613 |
| 1,985* | 1,038 | 14,283 |
| 1,986* | 1,070 | 14,610 |
| 1,987* | 1,103 | 14,936 |
| 1,988* | 1,136 | 15,263 |
| 1,989* | 1,168 | 15,590 |
| 1,990* | 1,201 | 15,917 |

* Datos Proyectados utilizando Mínimos Cuadrados.

Fuente: Ministerio de Agricultura-GAPA-PADI (29).

fruto varía de redonda a ovoide, el color, el grosor cambian con las variedades, la nuez madura pesa de 1.0-1,5 Kg y es de forma ovoidea. La Figura 1, detalla las partes del interior del fruto.

CUADRO N° 3: COMPOSICION DEL FRUTO DE COCO

| | Porcentaje (peso) | Datos T P I |
|----------|----------------------|----------------|
| Cáscara | 23.5-32.8 | 38.5 |
| Almendra | 48.2-62.0 | 51.7 |
| Agua | 8.2-25.1 | 9.8 |

Nota: TPI= Tropical Products Institute

Fuente: Dendy y Timmins (9).

El endosperma desecado (copra) de un cocotero de la variedad alta puede pesar entre 200-250 gr., pero también puede dar nueces que rinden menos de 100gr. y nueces que rinden hasta 350 gr. de copra.

4.2. Composición Química:

a) Aceite.- La almendra de la nuez del cocotero, posee un alto contenido de aceite (Cuadro 4), variando de 35-40% según los autores.

El contenido de ácidos grasos del aceite de coco es

91% saturada y el 9% insaturada. El punto de fusión está entre 24-27°C. El aceite está contenido en las células en forma de glóbulos ligeros (Figura 2).

b) Proteínas.— El contenido de proteínas de la almendra de coco, es bajo. La clasificación de las proteínas del albúmen de coco realizado por Cater (1,970) citado por Dendy y Timmins (9), reporta que el 30.6% corresponde a albúminas, 61.9% corresponde a globulinas y 4.7% a gluteninas. Además Ito (1,949) citado por Dendy y Timmins (9), establece que la proteína contenida en el albúmen son solubles en un 23-25% en agua, 10% solubles en soluciones salinas, 10% solubles en alcohol al 70% y 40-47% solubles en álcalis diluidos.

La mayor parte de la proteína del albúmen, está localizada en el citoplasma en la forma de una suspensión coloidal. Dendy y Timmins (9). La composición de aminoácidos de la proteína de coco, comparado con la proteína animal, es deficiente en lisina, metionina y treonina. Dendy y Gimwood (8), además reportan que la proporción de aminoácidos esenciales nitrogenados es menor que en la proteína animal.

CUADRO N^o 4: COMPOSICION QUIMICA DEL ALBUMEN DE COCO

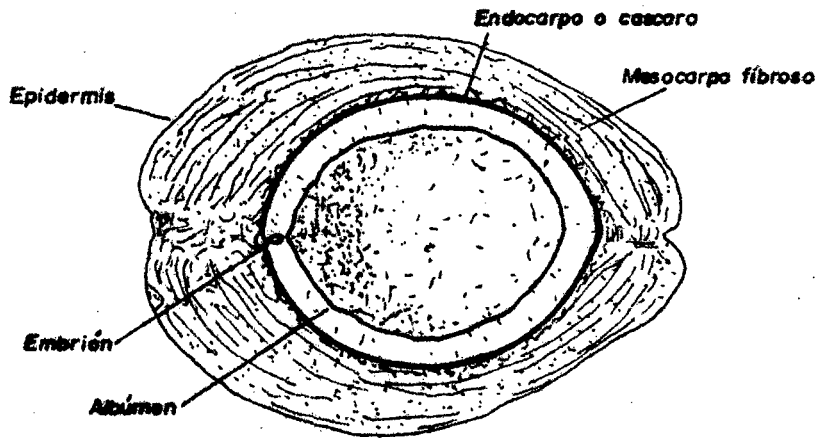
| COMPONENTES (%) | POLIAKOFF | TPI | DENDY y TIMMINS |
|-----------------|-----------|------|-----------------|
| Agua | 48.0 | 44.0 | 40.0 - 50.0 |
| Aceite | 33.5 | 38.1 | 35.0 - 40.0 |
| Carbohidratos | 9.0 | 9.9 | 5.0 - 10.0 |
| Proteínas | 4.3 | 3.6 | 4.0 - 5.0 |
| Fibra Cruda | 2.1 | 3.1 | 2.0 - 4.0 |
| Cenizas | 1.1 | 1.3 | 1.0 - 1.5 |

Fuente: Ohler (9).

Las proteínas del coco -Globulinas- al igual que otras leguminosas contienen una mayor proporción de sustancias nitrogenadas no proteicas, razón por la cual el factor 6.25 para calcular el porcentaje de proteínas sobrevaloraría el contenido de proteínas. Child (6), reporta que un factor de 5.7 sería más apropiado.

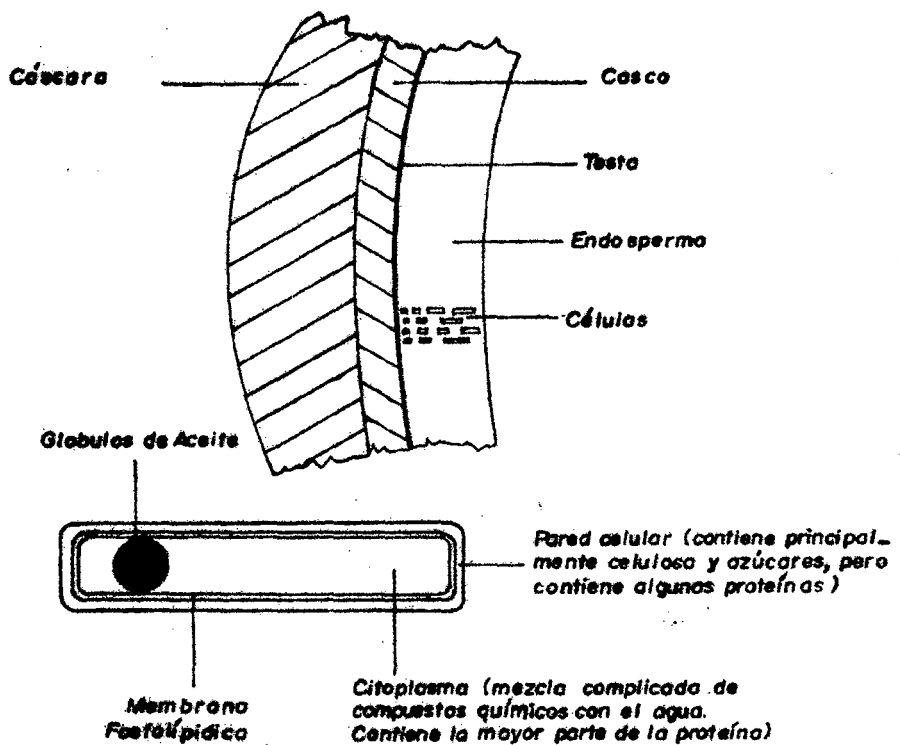
c) Otros Componentes. - En el Cuadro 4, se muestra que el albúmen contiene hasta un 10% de carbohidratos. Aproximadamente el 50% es celulosa y el 75% de la celulosa es alfa-celulosa. Dendy y Timmins (9).

Los azúcares solubles en la almendra de coco fresco, como en el coco desecado consiste completamente de



FUENTE : Fremondt Ziller y Nuce (14)

FIG. 1 : PARTES DEL INTERIOR DEL FRUTO DE COCO



FUENTE : Dandy y Timmins (9)

FIG. 2 : CORTE TRANSVERSAL DEL COCO Y LOCALIZACIÓN DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO

sucrosa.

El principal contribuyente inorgánico es potasio. Child (6).

4.3. Utilización del Fruto:

Los productos comerciales obtenidos del fruto, mediante una transformación generalmente simple y los sub productos correspondientes, se describen a continuación:

a) Copra.- El endospermo del coco desecado se denomina **copra**. Esta y el aceite que contienen constituyen los productos principales. Para prepararla, se abren las nueces para escurrir el agua. El secado inmediato después de haber abierto el coco sigue siendo la mejor garantía para un buen producto.

La copra de buena calidad tiene un contenido de humedad de no más de 6%, un contenido de ácidos grasos libres de menos del 1% y tiene color blanco siendo muy quebradizo.

La copra comercial preparada para la extracción de aceite no tiene normas internacionales de calidad. Aten et al (1,958) citado por Ohler (31), sugirió una definición de las diversas calidades.

b) Aceite de Coco.— La copra con un contenido de humedad adecuado y limpia, se muele para convertirla en polvo grueso que se vuelve a moler para obtener un polvo fino, lo que facilita la extracción de aceite y aumenta el rendimiento. Después de la molturación, el material se calienta a una temperatura de unos 60°C en los métodos más antiguos, y a temperatura de 120°C cuando se utiliza equipos modernos.

Las características principales del aceite de coco para fines alimenticios son estabilidad y resistencia a la oxidación y al enranciamiento. Aparte del uso como aceite para consumo humano, es insumo para la elaboración de margarinas, como fuente de grasa en la leche en polvo para niños de pecho, como grasa para helados y revestimiento.

En usos industriales, se suelen emplear calidades inferiores (salvo para cosméticos y jabonería de lujo) para la fabricación de detergentes y champus, explosivos y propelentes y material de base de pinturas. Ohler (31) y Fremont, Ziller y Nuce (14).

Se estudia también el empleo de aceite de coco como combustible.

c) Coco Desecado o Coco Rallado.— Ohler (31), define al coco desecado como el endosperma

desintegrado y seco del coco. Se produce a base del endosperma fresco. La testa parda se monda y el endosperma blanco se lava y pasteuriza, luego se raja y se muele en pequeñas partículas como si fuera harina.

Este producto tiene usos en la industria confitera, en panaderías, pastelerías y repostería y también se emplea para consumo directo.

d) Leche de Coco y Crema de Coco.- Leche de coco es la emulsión blanca que se obtiene del endosperma de coco fresco rallado y mezclado con agua. La leche de coco es muy perecedera debido a suceptibilidad a la oxidación y al ataque de microbios. La leche de coco desecada, puede volverse a hidratarse con agua y servirse como sustituto de la leche fresca.

La crema de coco se obtiene centrifugando la leche de coco con la cual se separa la crema del resto de la leche. Ohler (31).

e) Tortas y Harinas de Copra.-La torta de coco es un sub producto importante de la extracción de aceite. Se obtiene mediante prensado hidráulico de la copra, los residuos de los extractores son fragmentos menores que se desintegran en harina. El contenido protéico de la torta aumenta después de la extracción del aceite a un

20%, el contenido de fibras puede variar de 10-15%. El contenido de carbohidratos varía de 35-45% dependiendo todo ello de la variedad del coco y de los métodos de elaboración (Cuadro 5).

La calidad de la proteína de harina de copra se presenta en el Cuadro 6, la torta y la harina de buena calidad son casi de color blanco, con un tinte rojizo. Si el color es más oscuro, es indicio de que las almendras se han cocido demasiado durante la extracción del aceite. Thimie (1,970), citado por Ohler (31).

f) Cáscara de Coco.- Los residuos de la materia vegetal resultante de la extracción de las fibras de las envolturas, pueden utilizarse como combustible, debido al humo que forma cuando arde. La ceniza de cáscara de coco debido a su elevado contenido de calcio y Potasio, es utilizado como fertilizante. Puede contener hasta un 20-30% de potasa y un 2% de ácido fosfórico. Ohler (31).

g) Bonote.- La fibra del bonote se obtiene del mesocarpo del fruto, es una de las fibras estructuralmente dura, comparadas con otras, es relativamente corta. Tiene la ventaja de estirarse más

CUADRO N^o 5: COMPOSICION QUIMICA DE TORTA DE COCO

| | Extracción con Solven. | Extracción Prensa + Solvente | Expeller |
|-------------------|---------------------------|------------------------------------|----------|
| Humedad | 10.59 | 10.82 | 10.00 |
| Aceite | 0.53 | 3.26 | 10.00 |
| Proteína (Nx6.25) | 20.38 | 19.38 | 19.10 |
| Carbohidratos | - | - | 43.80 |
| Fibra Cruda | - | - | 11.80 |
| Cenizas | - | - | 5.30 |

Fuente: Child (6).

CUADRO N^o 6: COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE HARINA DE COCO

| | Proteína de Harina copra | Proteína de Harina torta |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Alanina | 5.7 | 2.9 |
| Arginina | 7.6 | 7.0 |
| Acido Aspártico | 4.7 | - |
| Acido glutámico | 15.3 | - |
| Glicina | 5.3 | 5.9 |
| Histidina | 4.9 | 2.9 |
| Isoleucina | 4.6 | - |
| Leucina | 8.4 | 11.3 |
| Lisina | 1.4* | 4.8 |
| Metionina | 1.5 | 1.8 |
| Fenilalanina | 4.1 | 5.2 |
| Prolina | 5.5 | - |
| Serina | 4.0 | - |
| Treonina | 3.5 | - |
| Triptofano | N.D. | 1.6 |
| Tirosina | 2.2 | - |
| Valina | 7.4 | 2.4 |
| Cistina | - | 1.0 |

Fuente: (1): Ohler (31)

(2): Grimwood (15).

* La lisina relativamente baja que hay en la harina de copra es a causa del calentamiento.

allá de su límite elástico sin romperse, así como la capacidad de absorber un estiramiento permanente cuando soporta esa carga. Grimwood (1,973), citado por Ohler (31).

La fibra parda se usa para colchones, mientras que la fibra blanca se usa para sogas y cuerdas, colchones, alfombras, algunos tipos de maromas y varias aplicaciones de carácter secundario. La fibra de cerda se ha utilizado tradicionalmente en cepillos, y escobas aunque últimamente a aumentado cada vez más su empleo en la preparación de almohadillado de bonote cauchutado para tapicería.

h) Cascos de Coco.- La composición del casco de coco es aproximadamente la siguiente: lignina 36%, celulosa 53%, ceniza 0.6% y humedad 6.9%. Se usa principalmente como combustible para la fabricación de copra. El producto más importante derivado del casco es el carbón vegetal. Un producto bastante nuevo que se obtiene a partir de casco es la harina, se prepara moliendo cascos limpios de cocos maduros hasta obtener un polvo fino. Se emplea como agentes de soplado blando para limpiar los motores de pistón. Se usa también como agente triturador.

5. AISLADOS PROTEICOS DE ORIGEN VEGETAL

5.1. Generalidades

La producción comercial de aislados de proteínas, se inició en 1,935 a partir de la soya, para usarlos como adhesivos en el revestimiento del papel. Desde 1,959 se empezó a usar en la industria alimentaria y en la actualidad tiene un sin número de aplicaciones.

Se están usando otras materias primas diferentes a la soya para obtener aislados y concentrados proteínicos, como los cereales (maíz, trigo, sorgo, avena, etc.), legumbres (hojas de legumbres, habas, etc.), semillas de oleaginosas (maní, girasol, palma, colza, coco, etc.), papas, etc.

Este interés, reside especialmente en obtener aislados y concentrados proteínicos con elevado contenido de proteínas, a un bajo costo, y por las propiedades funcionales que poseen pueden ser usados en diferentes manufacturas de productos alimenticios.

5.2. Definición

Los aislados proteicos contienen 90-95% de proteínas y son una forma más refinada de proteínas que los

concentrados, debido a que en el se han eliminado los polisacáridos quedando solamente humedad, cenizas y proteínas. Valencia (42).

Los concentrados, son productos obtenidos mediante lixiviación de oligosacáridos, materias minerales y otros constituyentes solubles de la harina, usando agua acidulada o alcohol acuoso; también pueden obtenerse desnaturalizando inicialmente por calor la materia desgrasada, usando calor húmedo, y extrayéndolos posteriormente con agua. Contienen un mínimo de 70% de proteína. FAO (13).

Estos productos no son empleados directamente para el consumo humano sino que son utilizados en la industria alimentaria, en la elaboración de diversos productos. Schwartz (40).

5.3. Características Químicas, Biológicas y Organolépticas

La composición química de los aislados proteínicos de soya tienen un rango que es exigido por las industrias. El contenido de proteínas es de 90%(b.s.). En los otros componentes hay una amplia variabilidad, debido a los procesos empleados y a la inherente variabilidad del método analítico.

Los principales minerales son calcio, fósforo, sodio y

potasio en los aislados de soya. Tanto los concentrados como los aislados son considerados fuentes de calcio y hierro.

Dentro del contenido de aminoácidos de los aislados, la metionina es un aminoácido crítico. En los aislados de soya está en un 0.9-1.2%. existe una correlación entre la cantidad de metionina presente en la muestra y el PER.

El color de los aislados puede ser confirmado con observación visual. En los aislados de soya el color varía de completamente blanco a ligeramente canela o tostado, el sabor de dulce a ligeramente cereal. Todas las industrias se esfuerzan en producir aislados de proteínas incoloros, inodoros e insípidos. En general se asigna más importancia al sabor y olor que al color. Mattil (27).

Dondero y Meneses (11), obtuvo un aislado proteínico de germen de maíz color café claro, olor y sabor relativamente suaves, sin ser desagradable.

El aislado proteínico de lupino obtenido por Pacheco (32), tiene características físicas muy buenas por ser inodoro, insípido y de color crema.

5.4. Usos

Las proteínas vegetales, son de costos más bajos que las proteínas animales; por lo tanto se deben difundir sus usos, considerando tres aspectos fundamentales: valor nutritivo, características organolépticas y funcionabilidad.

En productos lácteos provee acción emulsificante, suspensión y estabilizante, y puede ser usada para formular casi toda la línea, incluyendo margarina, imitación de queso cremoso y otros. En la formulación de pudines y spreads son usados como espesantes, gelificantes y agentes suspensores. Circle y Smith (7) y Schwartz (40).

Los aislados proteínicos se usan:

a) En alimentos para niños, donde la leche en polvo y/o los caseínatos representan la fuente de proteínas, se puede efectuar un remplazo total de la fracción proteínica de dichos ingredientes concentrados.

b) Como emulsificante en la preparación de carne procesada para prevenir la separación de grasa y retener los jugos durante la cocción. En la elaboración de mayonesa, helados, yogurt, en productos como pasteles y similares. Las proteínas actúan para

retener la consistencia y la textura del producto.

c) Para aumentar el nivel de proteínas en productos básicos como tortillas, pan y pastas o como remplazo parcial o total de las proteínas animales como ingredientes en alimentos. Circle y Smith (7) y Schwartz (40).

El aislado de soya obtenidos mediante proceso de extracción con alcohol acuoso tiene la propiedad de actuar como tensor superficial y durante el batido forma una espuma estable; sin embargo, estas espumas particulares no tienen la propiedad de coagular como la albúmina. Valencia (42).

Se está desarrollando la tecnología necesaria para permitir el uso de aislados en remplazo de los huevos en la mayonesa, y al mismo tiempo su empleo en remplazo de los huevos y/o la leche en productos de pastelería y similares.

5.5. Propiedades Funcionales

Los aislados proteínicos resultan interesantes por sus propiedades funcionales, la evaluación de las cuales contribuyen a dar información de cómo será el comportamiento de la proteína en un sistema alimentario.

Propiedades como solubilidad, emulsificación, absorción de agua, absorción de grasa, retención, textura, viscosidad, adhesión, cohesividad, elasticidad, son de interés general.

a) Absorción de Agua e Índice de Solubilidad de Nitrógeno.- El grado de retención de agua por una harina, griz y concentrado proteínico de soya es considerado muy útil como una indicación del comportamiento en diversas formulaciones alimenticias especialmente en aquellas que involucran el manipuleo de pastas.

El Índice de Solubilidad de Nitrógeno (NSI), es usado como un indicador por selección del tratamiento térmico de los productos de harina de soya para el uso de ciertas formulaciones alimenticias. Circle y Smith (7).

Jhonson (1,970) citado por Wu (46), estableció algunas correlaciones entre las características funcionales de harina de soya y el NSI. El cuadro 7, muestra los resultados de un estudio que correlaciona las características de NSI y la absorción de agua. Aparentemente cuando el NSI decrementa, la absorción de agua se incrementa hasta un punto y entonces decrementa cuando se incrementa el NSI.

El grado de rehidratación de la proteína es relativo a la viscosidad del sistema. Esas son influenciadas por el pH, enlace iónico y temperatura. Briskey (1,970) citado por Fleming et al (12).

CUADRO N^o 7: CORRELACION ENTRE EL NSI Y ABSORCION DE AGUA DE HARINA DE SOYA

| NSI | Absorción de Agua(%) |
|-----|----------------------|
| 85 | 270 |
| 70 | 385 |
| 55 | 370 |
| 15 | 290 |

Fuente: Dippold (1,961) citado por Wu y Inglett (46).

c) Emulsificación. - Debido a que las proteínas son superficies activas, acumulan las interfases de aceite-agua, haciendo de este modo más fácil la formación de emulsiones. Las gotas de aceite emulsificadas son entonces estabilizadas por la acumulación de proteína en la superficie de las gotas, que forman una barrera protectora que previene su coalescencia y la ruptura de la emulsión.

Las proteínas juegan probablemente dos roles en la formación de emulsiones de aceite en agua y

estabilizarlas una vez formadas. La capacidad de emulsificación denota la cantidad máxima de aceite que puede ser emulsificada por una dispersión de proteína. La estabilidad de la emulsión denota la habilidad de una emulsión de una cierta composición para permanecer inalterable. La estabilidad de la emulsión es importante debido a que el éxito de un emulsificador depende de su habilidad de mantener una emulsión en las subsiguientes etapas de procesamiento tales como cocción y enlatado. Hermanson (16), Wolf y Cowan (45).

d) Formación de Espuma. - La espuma proteica consiste en gotitas de gas encapsuladas por una película líquida conteniendo proteína soluble tenso activa. Esto disminuye la tensión interfacial entre gas y agua, facilitando la deformación del líquido y expansión contra su tensión superficial. Las proteínas para formar espuma deben ser solubles en la fase acuosa, deben encontrarse en la interfase, desdoblarse para formar capas cohesivas de proteínas alrededor de gotitas de aire según como se van formando y poseer viscosidad suficiente y fuerza mecánica.

Lin y Humbert (25), indican que la exposición a condiciones extremas de extracción alcalina de concentrados protéicos (pH=11-12) durante el proceso de aislamiento de las proteínas, mejora el batido y la

estabilidad de la espuma.

e) Solubilidad. - La solubilidad del nitrógeno comúnmente es una indicación de la calidad de la proteína. Proteínas con índices bajo de solubilidad tienen propiedades funcionales y usos limitados.

El tratamiento alcalino usualmente mejora la solubilidad de las proteínas de soya, particularmente si el pH excede de 10.5, causando la disociación y disgregación de las proteínas. El pH y fuerza iónica del solvente acuoso tienen el mayor efecto significativo sobre el comportamiento de la solubilidad de la proteína de soya. Kinsella (19).

Pick-Sen y Kinsella (34), indica que la mínima solubilidad de la proteína del concentrado protéico de alfalfa ocurre en el rango de pH de 3-5 y por consiguiente el punto isoeléctrico de ésta proteína está en el pH de 3.5. La proteína es muy soluble en rangos de pH de 11.0-12.0 a diferentes temperaturas, característico de la mayoría de las proteínas vegetales.

5.6. Procesamiento de Aislados de Proteínas Vegetales

5.6.1. Materia Prima:

Las materias primas a usar en la producción de

aislados, son generalmente harinas desgrasadas o harinas con alto índice de solubilidad de nitrógeno.

Cuando se trata de aislar proteínas de hojas, éstas son secadas o molidas o también son elaboradas a partir de hojas frescas.

El tratamiento térmico, afecta la actividad de las enzimas, sabor, color, valor nutricional y dispersabilidad en agua de la proteína (FDI). El grado de tratamiento térmico dado a las hojuelas en la preparación de la harina de soya, es indicado por la dispersabilidad de sus componentes nitrogenados en agua (NSI) y por actividad ureásica. Circle y Smith (7).

En la mayoría de las fábricas de harina de soya, se produce cierta desnaturalización en el proceso de desolventización. La elevada temperatura del tostador en presencia de humedad, desnaturaliza las proteínas y hace a la harina inservible para la obtención de aislado de proteína.

5.6.2. Flujo de Procesamiento:

Las Figuras 3, muestra el flujo de operaciones seguidas para obtener aislados proteicos procedentes de harinas vegetales.

5.6.3. Extracción de Proteína:

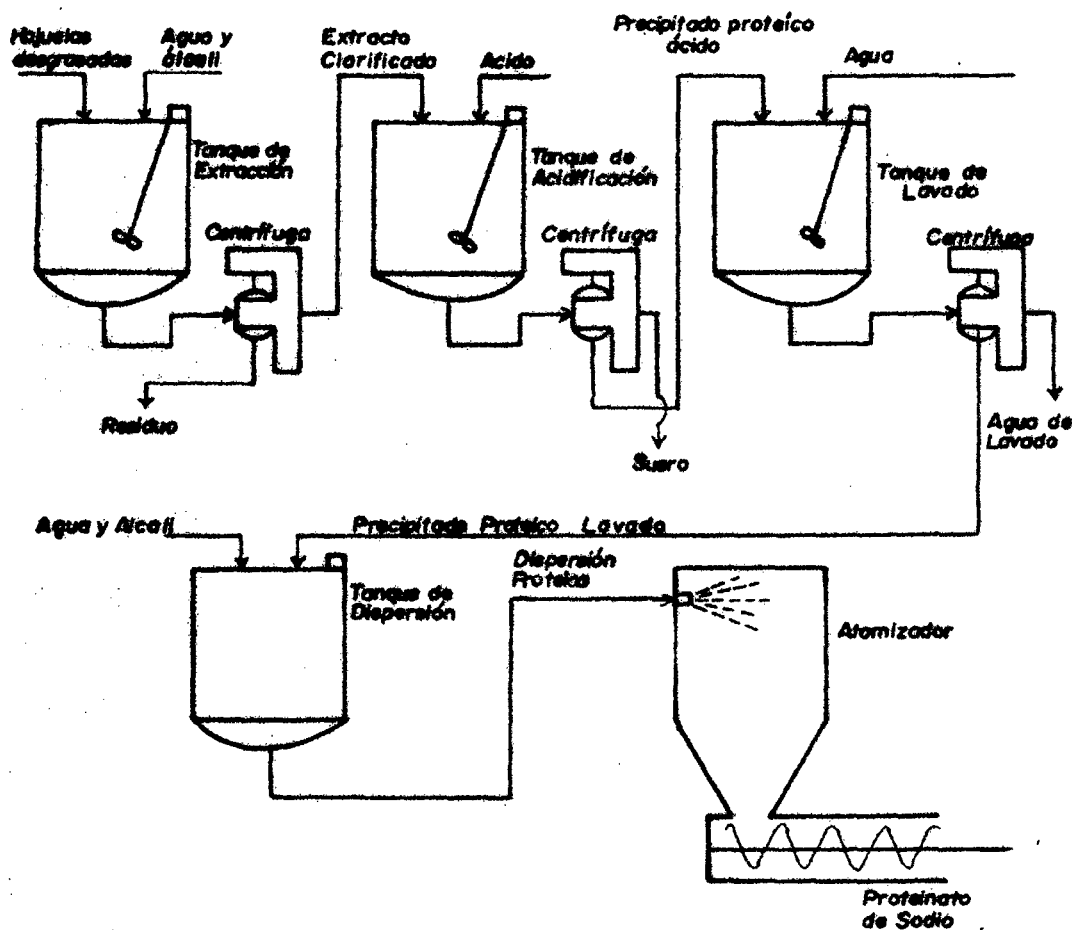
La extracción es llevada a cabo en solución acuosa ligeramente alcalina, bajo ciertas condiciones de temperatura, proporción sólido/líquido, pH, reactivo alcalino y otros factores en los cuales varía de una industria a otra. Para la producción de aislados protéicos comestibles de soya, la extracción es llevada a cabo de preferencia a pH por debajo de 9.0 para evitar cambios hidrolíticos y reológicos excesivos. El tiempo, y la temperatura de extracción, la proporción sólido/líquido y otros factores son seleccionados para obtener rendimientos económicos óptimos. Circle y Smith (7).

5.6.4. Clarificación:

El extracto acuoso es separado de los residuos insolubles por varios aparatos de filtrado, centrifugado y tamizado o combinación de éstos. El grado de clarificación está basado en consideraciones económicas y de uso final y varía de un producto a otro. Circle y Smith (7).

5.6.5. Precipitación:

Cualquier elemento de grado ácido puede ser usado.



FUENTE : Wolf (44)

FIG. 3 : PROCESO PARA LA PRODUCCION DE AISLADOS PROTEICOS DE SOYA.

Entre esos, los más usados son ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido fosfórico y ácido acético. El pH del extracto clarificado es bajado al rango de su mínima solubilidad. La temperatura no es un factor crítico si se mantiene por debajo de 60°C. Circle y Smith (7).

5.6.6. Separación del Precipitado:

Esto es llevado a cabo por medio de centrifugas o filtros o ambos y es seguido por un lavado. La eficiencia del mismo es dictado por los aspectos económicos y uso final; y es indicado por la composición final.

El precipitado es usualmente neutralizado con álcali de grado alimenticio antes del secado para formar proteínato de sodio.

5.6.7. Secado:

Varias formas de secado han sido empleadas, el más usado es el secado por atomización. Sin embargo, estudios de métodos de secado, demostraron que el secado por aspersion y por secador de tambor desnaturaliza a la proteína de gluten cambiando la estructura molecular

significativamente y que el secado por liofilización y secado por vacío no desnaturaliza a esas proteínas. Kotlyar (1,967) citado por Wu y Kinsella (46).

El producto final es usualmente empacado en bolsas de papel múltiple.

5.6.8. Rendimiento

Referencias bibliográficas, muestran rendimientos de aislados de proteína que varían considerablemente. Estudios a escala piloto, indican rendimientos de 33.1%-42.7% dependiendo de la variedad de soya utilizada (calculada como proteína seca %N * 6.25 por 100 gr. de hojuelas desgrasada con 9% de humedad).

El rendimiento de aislado protéico basado en harina desgrasada a nivel de laboratorio es hasta 42%, pero 30% es logrado a nivel industrial.

El rendimiento depende directamente del contenido de proteína de la materia prima y también de las condiciones de extracción. Así mismo, está afectada por la cantidad de constituyentes no protéicos ya sea asociados o conjugados a complejos que precipitan como impurezas con la

proteína. Estos incluyen lípidos, ácido fítico, saponinas y carbohidratos. Este contenido no protéico puede afectar el contenido de proteínas del aislado. Algunos, pero no todos, pueden ser removidas con alcoholes. Circle y Smith (7).

5.7. Factores que afectan a la Extracción y Aislamiento de la Proteína

Son varios los factores que influyen sobre las características de dispersión de los constituyentes nitrogenados de la harina, como la naturaleza del extractante (disolvente), pH, sales, tiempo y temperatura de extracción, relación entre harina y extractante, tamaño de las partículas, agitación, etc.

5.7.1. Extractante:

En las operaciones a gran escala se utilizan normalmente soluciones alcalinas acuosas y soluciones acuosas de álcalis diluidos para extraer proteínas de soya. Se ha notificado que la naturaleza del extractante ejerce mayor influencia sobre las propiedades de la proteína que la que ejerce el agente precipitante.

5.7.2. pH de Extracción:

Con un pH del extractante ajustado a 9.0, se han obtenido elevados porcentajes de aislado de soya. La dispersabilidad de la proteína de soya aumenta gradualmente cuando aumenta el pH, alcanzando el rendimiento máximo alrededor de pH igual a 11.0. Hay patentes que prescriben un pH entre 7.0 y 7.6 para el extracto. Puede ocurrir que semejantes condiciones suaves de alcalinidad impiden la hidrólisis de la proteína y la consiguiente pérdida del aislado. Además, las propiedades funcionales y el valor nutritivo del aislado de proteína así preparado pueden ser superiores. FAO (13).

En la mayoría de las extracciones de proteínas vegetales, la solubilidad se incrementa cuando se incrementa la acidez y la alcalinidad del extractante.

5.7.3. Tiempo y Temperatura de Extracción:

A nivel industrial, el tiempo y la temperatura varía desde 15 min. a 2.0 horas y la temperatura en la que se alcanza máxima extracción de nitrógeno es 80°C para extraer proteínas de soya, pero las temperaturas a las que trabajan varias

patentes es en el intervalo de 55-60°C.

El tiempo y temperatura de extracción están relacionadas con otros factores, tales como agitación, tamaño de las partículas, relación entre harina y extractante.

5.7.4. Relación entre Harina y Extractante

Generalmente, la relación harina/extractante que se recomienda cuando se trata de producción en gran escala oscila entre 1:10 y 1:20, también se pueden efectuar dos extracciones sucesivas con relaciones 1:10 y 1:5; la relación más económica se elige por consideraciones comparativas entre el proceso de elaboración de la harina integral, la proteína y el costo del proceso. FAO (13).

5.7.5. Tamaño de Partículas de la Harina

Se ha comprobado que el tamaño de las partículas de la harina tiene un marcado efecto sobre el rendimiento de la extracción. Para conseguir la máxima extracción de la proteína se recomienda un tamiz de 100 mallas o más fino. Cuando se trabaja con harina de soya desgrasada de tipo copos, el grado de extracción de proteínas no resulta mucho más afectada por el tamaño de las

partículas. El molido de la harina en partículas más finas, puede aumentar o disminuir la solubilidad del nitrógeno.

5.7.6. Agitación:

El grado de extracción aumenta con la agitación. De todos modos, una agitación moderada que mantenga libremente a la harina suspendida en la dispersión resulta suficiente para una extracción eficiente.

5.7.7. Precipitación de la Proteína

En la producción de aislados de proteínas se emplean ácidos de calidad apropiada para alimentos, comúnmente ácido clorhídrico y ácido acético. El tipo de ácido usado para rebajar el pH del extractante no afecta a la cantidad de proteína que pueda obtenerse. FAO (13).

6. CONSERVACION DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS

La temperatura y la humedad, son los dos factores principales que influyen en la intensidad de las reacciones, tales como crecimiento de microorganismos, oscurecimiento enzimático, oxidación de lípidos, otros. Quast (36).

La actividad de agua determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a la que están sujetas. Badui (3).

El contenido de humedad de equilibrio es dependiente de la humedad y la temperatura del medio como así también del producto. El equilibrio se establece cuando la presión de vapor de agua ejercida por la humedad del producto es igual a la presión parcial del vapor de agua en el aire que rodea el producto. Cada producto muestra una presión de vapor de agua característica a cierta temperatura y contenido de humedad. Un aumento en la temperatura a una humedad relativa constante hace decrecer el contenido de humedad de equilibrio. Valera et al(41).

La actividad de agua se relaciona con el contenido de agua del alimento a través de sus correspondientes **isotermas de adsorción y desorción**.

El ploteo de los valores de contenido de humedad de equilibrio (CHE) en función de la humedad relativa (manteniendo la temperatura constante) para cualquier producto, resulta en una curva de tipo **sigmoide (S)** la que aumenta rápidamente por arriba de una humedad del 85%. La curva S es característica de tal variación para todos los productos biológicos (Figura 4).

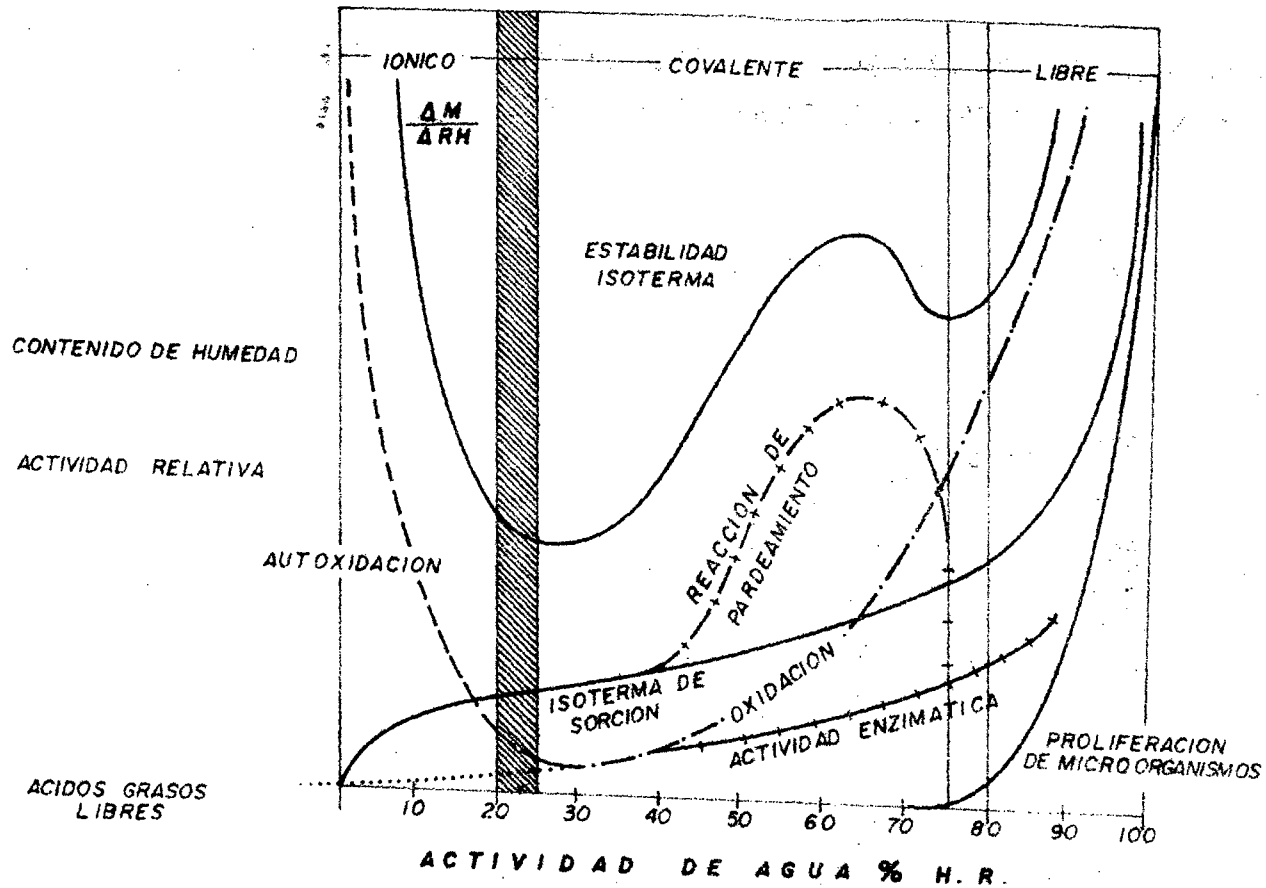


FIG. 4: INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD DE AGUA SOBRE LOS CAMBIOS QUIMICOS, ENZIMATICOS Y MICROBIOLÓGICOS Y SOBRE LA ESTABILIDAD DE ALIMENTOS.

En actividades de agua inferiores a 0.4 ó 0.5, la adsorción de agua en la superficie de los alimentos es representada por la ecuación clásica de BET:

$$\frac{A_w}{M(1 - A_w)} = \frac{(C - 1) A_w}{M C} + \frac{1}{M C}$$

donde:

A_w = Actividad de agua

M = Contenido de agua en el producto (g/100g m.s.)

M_1 = Contenido en agua correspondiente a la capa
1

monomolecular (g/100g m.s.)

C = Constante de proporcionalidad

Con la ayuda de ésta ecuación, se pueden calcular M_1 y C según M y A_w determinados experimentalmente,

$\frac{A_w}{M(1-A_w)}$ corresponde a las ordenadas y A_w a las abscisas.

7. CONTROL BIOLÓGICO DE CALIDAD DE PROTEINAS

Dentro de las técnicas biológicas, el score químico está basado en la cantidad de aminoácidos, la cual puede ser recuperado en la hidrólisis ácida de una proteína, se supone que el cuerpo del animal puede utilizar todo de cada aminoácido así medido; pero existen factores que

pueden alterar la disponibilidad fisiológica de un aminoácido, como: la digestibilidad de la proteína, la proporción en la cual el aminoácido puede ser absorbido desde el tracto gastrointestinal e interacciones complejas con otros nutrientes que pueden afectar la digestibilidad de la proteína y la absorción de aminoácidos. Liener (24).

Los métodos para medir la calidad de la proteína pueden agruparse en:

a) Métodos basados en la ganancia de peso corporal:

- Relación de Eficiencia Protéica (PER)
- Retención Protéica neta (NPR)

b) Métodos basados en la Ganancia de Nitrógeno corporal:

- Valor Biológico (VB)
- Utilización Neta de proteína (NPU).

7.1. Valor Biológico

Es la proporción de nitrógeno absorbido que es retenido por el organismo; como las principales vías de eliminación del nitrógeno dietario son las heces y la orina, se supone que todo el nitrógeno ingerido que no se recupera de éstas salidas ha sido retenido y empleado por el organismo para satisfacer sus requerimientos.

7.2. Digestibilidad

La proporción de alimento ingerido que no aparece en las heces es la que ha sido digerida. La diferencia entre la cantidad de un nutriente ingerido y la cantidad que aparece en las heces después de un determinado periodo de tiempo, expresada como porcentaje de la ingestión, es por definición el coeficiente de Digestibilidad Aparente (Dap).

La Digestibilidad Verdadera (Dv), se determina sometiendo a un grupo de individuos a una dieta a proteica y se valora el nitrógeno fecal (Fk).

La mayoría de las proteínas de origen animal, tienen buena digestibilidad, lo que implica una eficaz absorción de los aminoácidos; los resultados que se obtienen con proteínas de origen vegetal son generalmente inferiores, ciertos factores presentes en estos alimentos, tales como la cantidad de fibra, condiciones de procesamiento y almacenamiento pueden modificar la digestibilidad de las proteínas. Lloyd et al (26).

III. MATERIALES Y METODOS

Los ensayos experimentales estuvieron orientados a obtener los parámetros de extracción y precipitación de la proteína, la cual se realizó en el INIAA-Estación Experimental "El Porvenir"-Juan Guerra, y la obtención del Aislado como la evaluación biológica, se realizó en los Laboratorios y Planta Piloto del Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios y Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los análisis de composición química próxima y propiedades funcionales, se realizaron en los laboratorios de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional de San Martín y el laboratorio de la Estación experimental "El Porvenir".

1. MATERIA PRIMA

La variedad de coco PB-121, híbrida, fue utilizada en la campaña Marzo-1,989 para obtener torta de coco procedente de la Empresa "Selva Industria" S.A.

La Figura 5, muestra el proceso de extracción de aceite y de obtención de torta de coco, como sub producto.

El tamaño de partículas que presenta la torta de coco es gruesa de 2 a 3 mm, por lo que fue pasada por un molino de

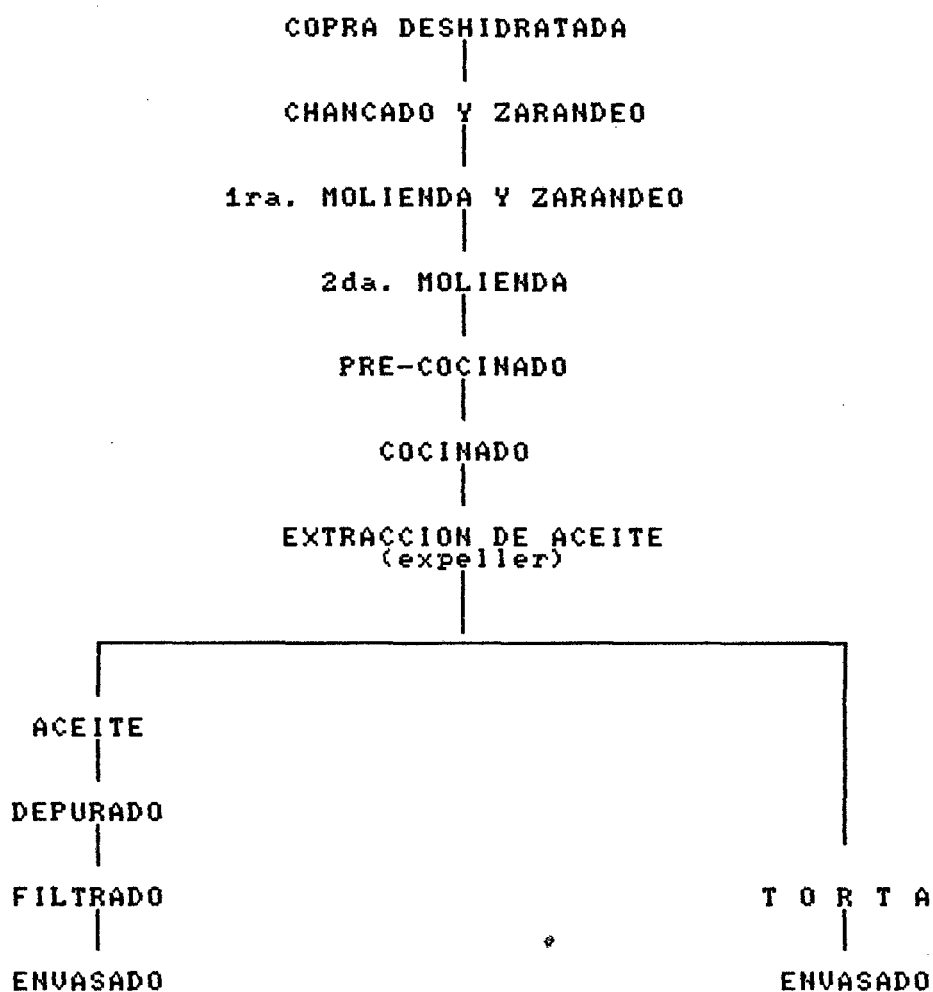


FIG. 5: PROCEDIMIENTO GENERAL SEGUIDO POR LA EMPRESA SELVA INDUSTRIA S.A. PARA OBTENER ACEITE Y TORTA DE COPRA

discos y tamizada en malla N° 50. La harina de coco presentó color castaño y olor intenso a coco.

La harina así obtenida, fue almacenada en bolsas de polietileno en gabinetes cerrados a temperatura ambiente.

2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Vibrador Eléctrico Eberbach, 220V
- Centrífuga International, Modelo HN-115
- Potenciómetro Orion Research Analog, Mod. 301
- Potenciómetro digital Crison, Mod. 505
- Digestor Kheljdaldh Labconco, Mod. 60011, 115V
- Destilador Labconco, 220V
- Agitador Hamilton Beach, Mod. 664-A, 75 ciclos
- Centrífuga ZG, tipo F-415/LZ 702, con velocidad de giro de 960 rpm, capacidad de 1.2 Lts, con 4 tubos
- Balanza Sauter eléctrica, con capacidad de 1,000 gr
- Liofilizador Virtis, Mod. 10-145 MR-BA con capacidad para 1,000 gr de muestra, presión de vacío: 0.2-0.1umm.
- Materiales de vidrio y de metal diversos para análisis.
- Campanas desecadoras

3. ANALISIS FISICO-QUIMICO DE LA MATERIA PRIMA

3.1. Humedad:

Método A.O.A.C. (1) basado en la pérdida de peso que sufre una muestra por calentamiento hasta peso constante.



3.2. Grasa

Método A.O.A.C. (2) Extracción de la grasa por solvente generalmente hexano o éter de petróleo.

3.3. Proteínas:

Método A.O.A.C. (2), Microkjeldahl.

Se obtiene por destrucción orgánica por acción del ácido sulfúrico, obteniéndose como resultado sulfato de amonio, el cual es destilado a amoníaco.

3.4. Fibra Cruda

Métodos A.O.A.C. (1). Se eliminan los carbohidratos solubles por hidrólisis con ácidos y álcalis en caliente.

3.5. Cenizas

Método A.O.A.C. (1) Incineración de la muestra a 600°C para quemar todo el material orgánico. Al material inorgánico no destruido se le llama ceniza

3.6. Carbohidratos

Por diferencia.

3.7. Índice de Solubilidad de Nitrógeno (NSI):

Método A.O.C.S. (1,969)-Ba-10-65

Este método determina el nitrógeno soluble en agua en productos de soya.

$$\text{NSI} = \frac{\% \text{ Nitrógeno soluble en agua}}{\% \text{ Nitrógeno Total}} \times 100$$

4. ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LA MATERIA PRIMA

Se efectuaron en harina sin desgrasar, la que fue almacenada por un periodo de seis meses. Se realizaron los siguientes análisis:

- Gérmenes viables
- Hongos y Levaduras
- Escherichia coli.

Se utilizaron los métodos descritos en el manual de Mossel y Quevedo (30).

5. OBTENCION DEL AISLADO PROTEINICO

Las pruebas para determinar los parámetros de extracción como concentración de la solución extractora, relación Harina/Solución extractora, tiempo de extracción y pH de

precipitación de la proteína se realizó en harina previamente desgrasada con solvente (éter de petróleo).

5.1. Concentración de la Solución Extractora

Se usó como solución extractora Hidróxido de sodio diluido a diferentes concentraciones. Las extracciones se llevaron a cabo por agitación por un tiempo de 20min. de 1.0 gr de harina con un volumen de 20ml. de solución extractora, a concentraciones de : 0.01%, 0.04%, 0.08%, 0.12%, 0.16%, 0.24% y 0.40% de NaOH, por un tiempo de 20 min.

Las dispersiones fueron centrifugadas a 1,500 rpm por 10 min para separar el extracto del residuo. La determinación de nitrógeno se realizaron en los extractos por duplicado, utilizando el método de Microkjeldahl.

5.2. Relación Harina/Solución Extractora

Determinada la concentración adecuada de NaOH en la solución extractora, se procedió como en el caso anterior, pero variando los volúmenes de solución extractora. Las relaciones harina/solución extractora estudiadas fueron: 1/20, 1/30, 1/40, 1/60 y 1/80. La determinación de nitrógeno se realizó en los diferentes extractos de las dispersiones.

5.3. Tiempo de Extracción

Con la concentración harina/solución extractora determinada, se varió los tiempos de extracción de 5.0 a 60 min.

5.4. pH de Precipitación

Con los parámetros de extracción determinada se procedió a precipitar la proteína del extracto, con ácido clorhídrico a 1.0N, a diferentes valores de pH. Los extractos precipitados fueron centrifugados y el nitrógeno se determinó en el suero.

Los valores de pH a las cuales la proteína fue precipitada fueron: 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 y 5.5. Las extracciones, así como la precipitación de la proteína fueron realizadas a temperatura ambiente.

5.5. Flujo de Operaciones para la obtención de Aislado Proteínico de Coco

Luego de determinar parámetros de extracción y precipitación de la proteína, se realizaron los ensayos preliminares de obtención del aislado, variando algunos parámetros como el tiempo de extracción que fue incrementado, la forma de separar el extracto del residuo y también se incrementó el

tiempo de centrifugación para separar el precipitado del suero.

Se usaron envases de acero inoxidable de 10 Lt. de capacidad para dispersar la harina en el extractante, adaptándole un agitador tipo hélice.

La Figura 6, muestra el proceso seguido para obtener aislado proteínico de coco.

Para el secado, se empleó Liofilizador VIRTIS, Mod. 10-145 MR-BA, con una presión de vacío de 0.2-0.1umm.de Hg.

6. ANALISIS FISICO QUIMICO DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

- 6.1. Humedad.-** Método A.O.A.C. (1)
- 6.2. Grasa.-** Método A.O.A.C. (2)
- 6.3. Proteínas.-** Método A.O.A.C. (2)
- 6.4. Fibra Cruda.-** Método A.O.A.C (1)
- 6.5. Cenizas.-** Método A.O.A.C. (1)
- 6.6. Carbohidratos.-** por diferencia.
- 6.7. Índice de Solubilidad de Nitrógeno (NSI).-** Método descrito por la A.O.C.S. (7)

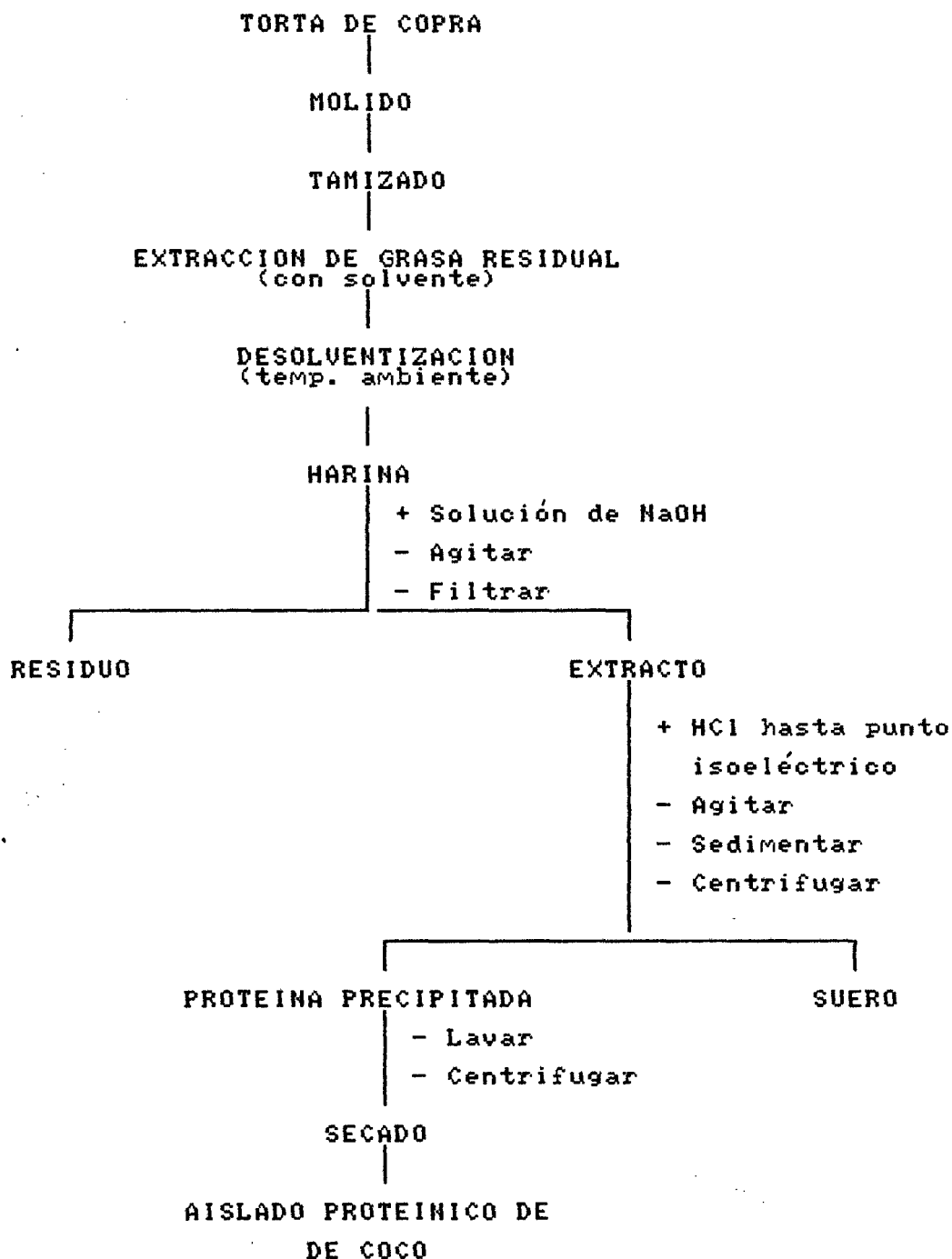


FIG. 6: PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA OBTENCION DE AISLADO PROTEINICO DE COCO

7. ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

Se realizaron los análisis siguientes:

- Gérmenes Viables mesófilos
- Hongos y Levaduras

8. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

8.1. Absorción de Agua

Método de centrifugación de Janicki y Walczac (1,954) citado por Fleming et al (12). El método consiste en preparar una dispersión al 10% (en base seca) en agua y centrifugando a 2,500 rpm por 15 min. Se lee o se mide el volumen de agua suelta, entonces la retención de agua fue computada como **agua absorbida** (ml de agua absorbida/gr de proteína).

8.2. Absorción de Grasa

Método descrito por Lin y Humbert (25). Se adicionó 0.5 gr de muestra a 3.0 ml de aceite de maíz, en un tubo de centrifuga graduada. El contenido fue removido por 1 min. con un alambre delgado para dispersar la muestra en el aceite, después de mantener por un periodo de 30 min., el tubo fue centrifugado a 3,200 rpm por 25 min. y el volumen de aceite libre fue

leído. La absorción de aceite fue expresado en porcentaje como la cantidad de aceite absorbido/100 gr de muestra a un 14% de humedad en base seca.

8.3. Estabilidad de la Emulsión

Método descrito por Inklaar y Fortuin (18) con algunas modificaciones. Se pesó aproximadamente 2.5 gr. de muestra y se dispersó agitando con 90 ml de agua destilada a 15°C en una vaso de 300ml por 15 min. Se paró la agitación y se adicionó 1.5 gr de Cloruro de Sodio y se mantuvo agitando por 1 min. Se adicionó desde una bureta, en 5 min, 25 gr de aceite de maíz a 15°C para dispersar la proteína agitando con un agitador magnético, cuando todo el aceite fue adicionado se continuo agitando por 1 min. La emulsión se virtió en 6 tubos de centrifuga de 15 ml de capacidad y se colocó en baño de agua a 85°C por 15 min. Se agitó el contenido de los tubos lentamente. Después del calentamiento de 15 min se centrifugó por 15 min a 3,000 rpm.

La cantidad de aceite separada se midió cuidadosamente con una pipeta graduada de 10 ml y se volvió a centrifugar y se volvió a medir el aceite separado.

8.4. Actividad y Estabilidad de la Espuma

Método descrito por Lin y Humbert (25) con algunas modificaciones.

Se pesó 2.0 gr de muestra (14% de humedad) en un vaso de 250 ml y se agregó 66.6 ml de agua destilada. El material sólido fue dispersado en el agua y llevado a pH neutro. La suspensión fue batida por 6 min. usando un mezclador eléctrico. El volumen fue registrada antes y después del batido en una probeta de 200 ml y el porcentaje de volumen incrementado debido al batido fue calculado acorde al método de Lawhon y Cater (1,971) y Lawhon et al (1,972). Después el volumen total de batido fue medido, el volumen de espuma estancada en la probeta también fue registrada para el estudio de la estabilidad de la espuma a 0, 5, 10, 20, 30, 60, 90 y 120 min después de batido.

$$\% \text{ Incremento en Vol.} = \frac{\text{Volumen des-} \quad \text{Volumen antes} \\ \text{pués de batido} \quad - \quad \text{de batido}}{\text{Volúmen antes de batido}}$$

8.5. Perfiles de Solubilidad de Nitrógeno

Fue determinado usando el método descrito por Lawhon y Cater (1,971) citado por Capulso et al (35) con algunas modificaciones.

0.5 gr. de aislado de coco fue pesado y dispersado en 40 ml. de agua destilada con una espátula. El pH fue ajustado a valores de pH de 2 a 12 con 1.0N de NaOH o HCl a 1.0N. Las muestras fueron agitadas con una varilla de vidrio por una hora a temperatura ambiente (28°C). El pH fue chequeado cada 15 min. y reajustado. Después de una hora, el volumen total fue llevado a 50 ml. con agua destilada para dar a 1% (w/v) de concentración de proteína y ajustado al pH. Las muestras fueron entonces centrifugadas, el sobrenadante fue decantado y pasado a través de un papel filtro y el nitrógeno fue determinado en una alícuota de 10 ml.

9. ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

9.1. Isotermas de Adsorción

La determinación de las isotermas de adsorción, se realizó mediante el método de Stitt (1,958), descrito por Martínez (28) empleando soluciones saturadas que se muestran en el Cuadro 8 junto a sus respectivas humedades relativas de equilibrio.

CUADRO 8: HUMEDADES RELATIVAS DE SOLUCIONES SATURADAS

| | 25°C | 37°C |
|-------------------------|-------|-------|
| Acido Sulfúrico (98.8%) | 0.0 | 0.0 |
| Cloruro de Litio | 11.0 | 11.0 |
| Acetato de Potasio | 23.0 | 23.0 |
| Cloruro de Magnesio | 33.0 | 32.0 |
| Dicromato de Sodio | 50.3 | 50.3 |
| Nitrito de Sodio | 64.0 | - |
| Cromato de Potasio | 87.0 | 84.0 |
| Agua | 100.0 | 100.0 |

10. ENSAYOS BIOLÓGICOS DEL AISLADO PROTEINICO

La Evaluación Biológica se llevó a cabo en el Bioterio del Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se utilizarón ratas albinas, raza Holtzman recién destetadas. La muestra a evaluar, tuvo 120 días de almacenamiento.

10.1. Digestibilidad y Valor Biológico

La edad de las ratas empleadas osciló entre 23 y 25 días de nacidas. Fueron puestas en jaulas metabólicas de acero inoxidable (11.5 x 18.5 x 10.5 cm) con fondo levadizo de tela metálica y un dispositivo especial para coleccionar separadamente heces y orina.

El periodo experimental duró 7 días. Periodo en el cual fue controlado el consumo de alimento diario y colectaron muestras de heces y orina.

Los cálculos se realizaron de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Dap = \frac{N \text{ absorbido}}{N \text{ ingerido}} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

donde:

I = Nitrógeno ingerido

F = Nitrógeno fecal

Con los mismos datos obtenidos en la prueba de digestibilidad, más los datos sobre la orina se calculó el valor biológico aparente por el método del balance de nitrógeno. Se empleó la fórmula de Thomas-Mitchell:

$$V.B \text{ aparente} = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ absorbido}}$$

$$V.B. \text{ aparente} = \frac{N \text{ ing} - (N \text{ fecal} - N \text{ urinario})}{N \text{ ing} - N \text{ fecal}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

1.1. Análisis Químico

Los componentes presentes en la harina con grasa residual y harina desgrasada, se muestra en el Cuadro 9.

CUADRO N^o 9: COMPOSICION QUIMICA DE HARINA DE COCO

| COMPONENTES (%) | Harina con grasa | Harina desgrasada |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| Humedad | 7.73 | 11.57 |
| Proteína (N x 6.25) | 19.15 | 23.18 |
| | 20.78 ^a | 26.21 ^a |
| Aceite | 16.03 | 0.71 |
| Fibra cruda | 16.0 | 19.38 |
| Cenizas | 5.80 | 6.98 |
| Carbohidratos | 35.29 | 38.18 |
| Azúcares reduct. | - | 2.12 |
| NSI | - | 15.15 |
| pH (dispersión 1:10) | - | 6.39 |

^a
En Base Seca

Los porcentajes encontrados coinciden con lo reportados por Samson, Cater y Mattil (38), excepto el contenido de fibra que es muy elevada (16.0 y 19.38%), lo que no resultaría adecuado para ser empleado como tal para consumo humano.

El contenido de humedad en la harina desgrasada de 7.73% se ha incrementado a 11.57% debido a la remoción del solvente en el proceso de desolventización, aún así, al igual que otras harinas es bastante adecuado para lograr un almacenamiento prolongado.

En cuanto al contenido de proteínas de 26.21% (b.s.) en la harina desgrasada resulta adecuado para aislar proteínas tratándose de un sub producto, pues se ha llegado a islar proteínas de salvado de arroz, en el cual el contenido de proteínas es muy bajo . Ledesma et al (22).

El contenido de grasa residual, encontrado en la harina sin desgrasar es muy elevado, razón por lo que se desengrasó la harina con la finalidad de preveer el enranciamiento de la misma durante el almacenamiento y para una mejor pureza del producto final.

El índice de Solubilidad de Nitrógeno (NSI) obtenido de 15.15% está por debajo de lo recomendado por Circle y Smith (7) pues las condiciones a la que ha sido sometida la copra para la obtención de torta han sido

drásticas durante la cocción (120°C por 30 min. aproximadamente), esto es confirmado por muchos investigadores entre ellos Circle y Smith (1,978). Este bajo índice de solubilidad de nitrógeno va a influir en el rendimiento del producto final y la calidad de la misma.

1.2. Análisis Microbiológico

Los análisis microbiológicos para determinar la cantidad de gérmenes viables mesófilos, hongos y levaduras y E. coli, se llevaron a cabo después que la harina ha sido almacenada por el periodo de seis meses.

El Cuadro 10, presenta los resultados de los análisis efectuados en la harina de coco sin desgrasar. La presencia de E. coli es indicio de un manipuleo deficiente que ha sufrido la materia prima, partiendo desde la copra desecada, pero en el proceso de cocción (T°=120°C por 30 min.) para la obtención de torta se logró reducir casi por completo los microorganismos colifecales, concluyendo entonces que la contaminación se realizó al manipular la torta para obtener harina.

CUADRO N^o 10: ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LA HARINA DE COCO SIN DESGRASAR

| MICROORGANISMOS | HARINA DE COCO |
|----------------------------|------------------------|
| Mohos | 2×10^3 col/gr |
| Levaduras | 7×10^2 col/gr |
| Gérmenes Viables Mesófilos | 3×10^3 col/gr |
| <u>E. Coli</u> | positivo |

2. PARAMETROS DE EXTRACCION Y PRECIPITACION DE LA PROTEINA

Los factores que más influyen en la solubilización de las proteínas son el pH de extracción, tiempo de extracción, volumen de la solución extractora, temperatura y agitación.

2.1. Concentración de la Solución Extractora

En la Figura 7, se muestra la solubilidad de la proteína a diversas concentraciones de hidróxido de sodio, donde puede observarse que a medida que aumenta la concentración de NaOH, se incrementa también la solubilidad de la proteína. Como se podrá observar en la Figura 7, el porcentaje de proteínas recuperada es bajo, pues a una concentración de 0.4%

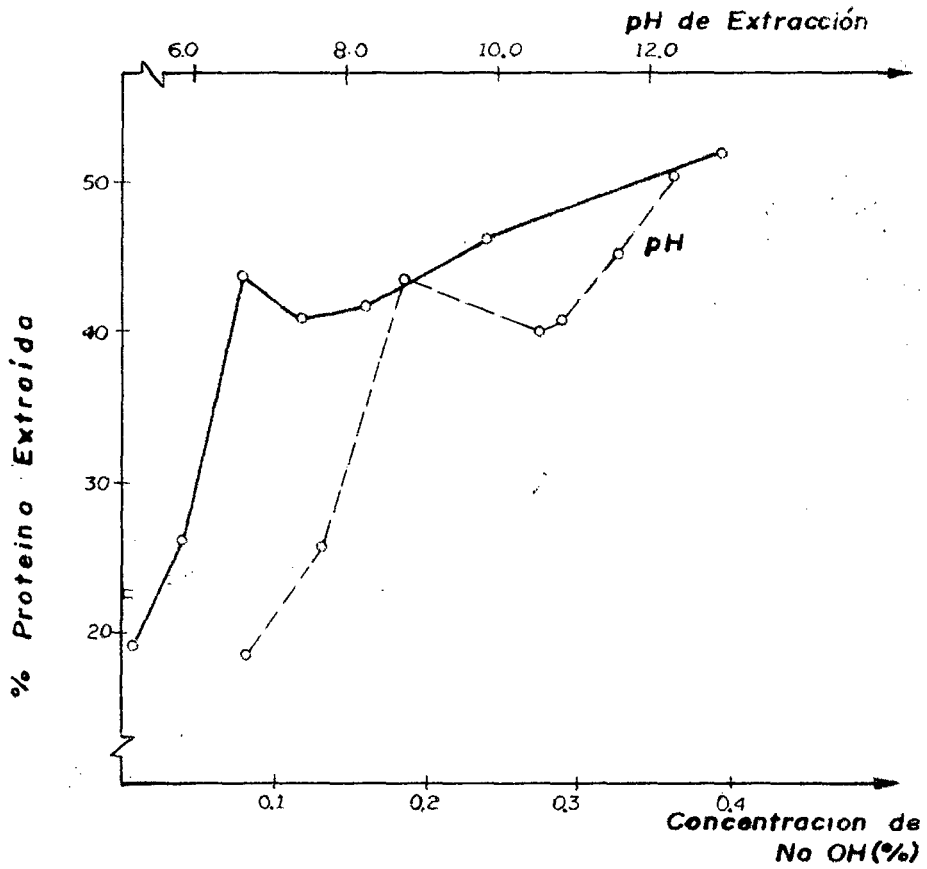


FIG. 7: SOLUBILIDAD DE LA PROTEINA A DIFERENTES VALORES DE CONCENTRACION Y pH.

NaOH (pH=12.2) máximo se recupera el 51.92%, debido al bajo índice de solubilidad de nitrógeno (15.15%) que posee la harina de coco desgrasada.

Usando un pH de 12.2 para la extracción de la proteína, existe una hidrólisis de la proteína por ser muy elevada el valor del pH, la que se manifestó en el color del aislado, razón por la que se consideró como adecuada la concentración de 0.16% (pH=10.8), recuperando sólo el 41.38% de la proteína; sin embargo se siguió ensayando con las demás variables con la concentración de 0.4% NaOH. Inglett (17), extrajo proteína de maíz alto en lisina a un pH de 11.7 y de otros cereales más con medios alcalinos.

En la Figura 7, se observa una inflexión de la curva justo a pH=8.7, lo que nos indica la existencia de otra fracción soluble de las proteínas de coco. Samson *et al* (39), también observó en las curvas de solubilidad estas dos fracciones de proteínas, unos solubles a pH=8-8.5 y otros a pH=10.5-11.0.

2.2. Relación Harina/ Solución Extractora

El efecto de la relación harina/solución extractora se muestra en la figura 8. Se observa que conforme aumenta el volumen del solvente, se incrementa la extracción de la proteína, llegando a un máximo de

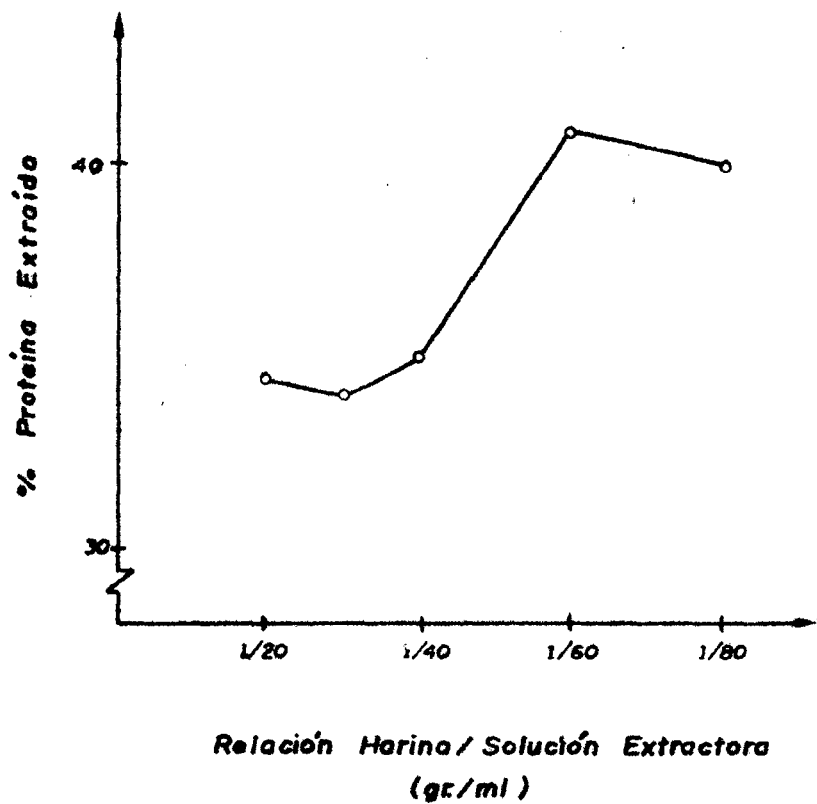


FIG. 8 : SOLUBILIDAD DE LA PROTEINA EN FUNCION A LA RELACION HARINA / SOL. EXTRAC.

42.29% con una relación de 1/60 a una concentración de 0.16% NaOH, pero económicamente y por el volumen que ello representa, se consideró como la más adecuada la relación 1/20, recuperando sólo el 34.42% de la proteína.

2.3. Tiempo de Extracción

En la Figura 9, se muestran las curvas de la proteína extraída a diferentes tiempos para dos diferentes concentraciones de solución extractora, la curva **a**, muestra la extracción de la proteína a 0.4% de NaOH (pH=12.2) y la curva **b** a una concentración de 0.16% de NaOH (pH=10.8). En la primera curva por el elevado pH de extracción, se nota mayor recuperación que en la segunda, pero en ambas extracciones, el tiempo de la extracción se consideró 20 min., recuperándose el máximo porcentaje de proteínas a una concentración de 0.16% NaOH. En la curva **b**, cuya concentración del extractante es 0.4% NaOH, se nota que a partir de los 20 min. el porcentaje ya no se incrementa significativamente, por lo que se consideró como óptimo 20 min. de duración de la extracción.

2.4. pH de Precipitación de la Proteína

La influencia del pH en la precipitación de la proteína se presenta en la Figura 10, se muestra el

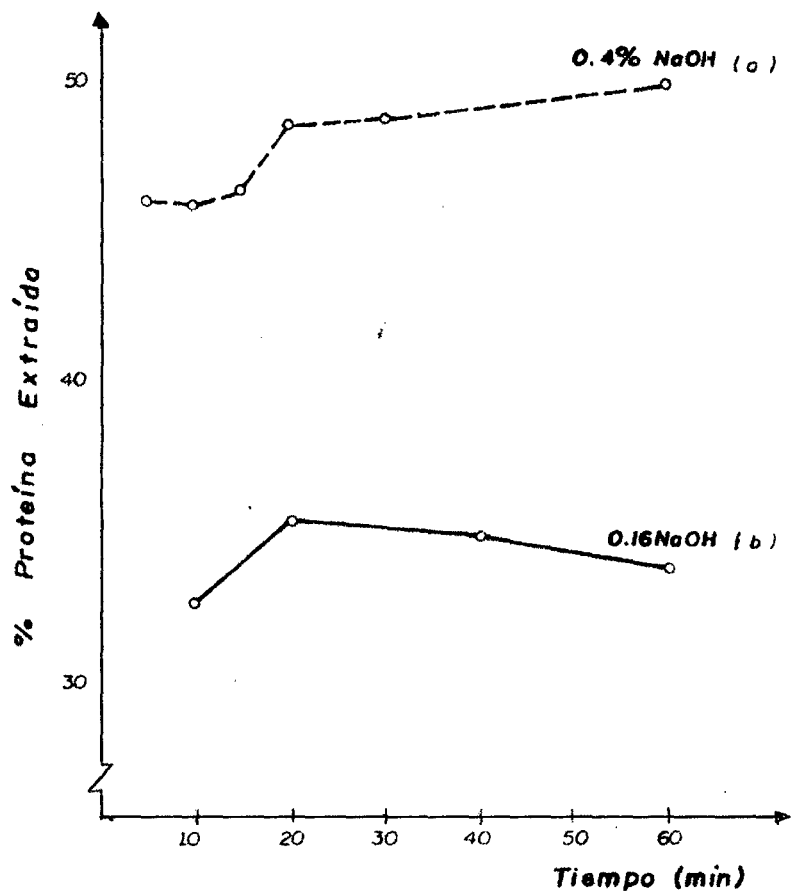


FIG. 9 : SOLUBILIDAD DE LA PROTEINA EN FUNCION AL TIEMPO DE EXTRACCION.

porcentaje de proteína residual en el suero que no se ha logrado precipitar, notándose mínima solubilidad a $\text{pH}=4.0$, en ambas curvas a diferentes concentraciones de NaOH . En la curva a se observa que sólo el 19.44% de proteína queda en el suero, mientras que en la curva b apenas queda un 13.07%, consideramos que la más baja solubilidad de la proteína se encuentra en la región isoeléctrica, siendo para las proteínas de harina de copra comercial $\text{pH}=4.0$; sin embargo se puede observar que existe puntos de inflexión en la región a $\text{pH}=5.5$. Samson, Cater y Mattil (38) encontraron mínima solubilidad de las proteínas de harina de coco desecado a un pH de 3.9. Cater (1,970) citado por Dendy y Timmins (10) encontró la región isoeléctrica de las proteínas de coco fresco en el rango de pH 3.4-4.0, confirmando nuestros resultados. Chelliah y Baptist (1,969) citado por Samson, Cater y Mattil (38) precipitaron proteínas de coco a pH 4.5.

2.5. Flujo de Operaciones para la Obtención de Aislado Proteínico de Coco

El procedimiento de extracción para aislar proteínas de coco con los parámetros más importantes ya establecidos, como concentración del extractante y pH de extracción (0.16% NaOH y $\text{pH}=10.8$ y 0.4% NaOH y

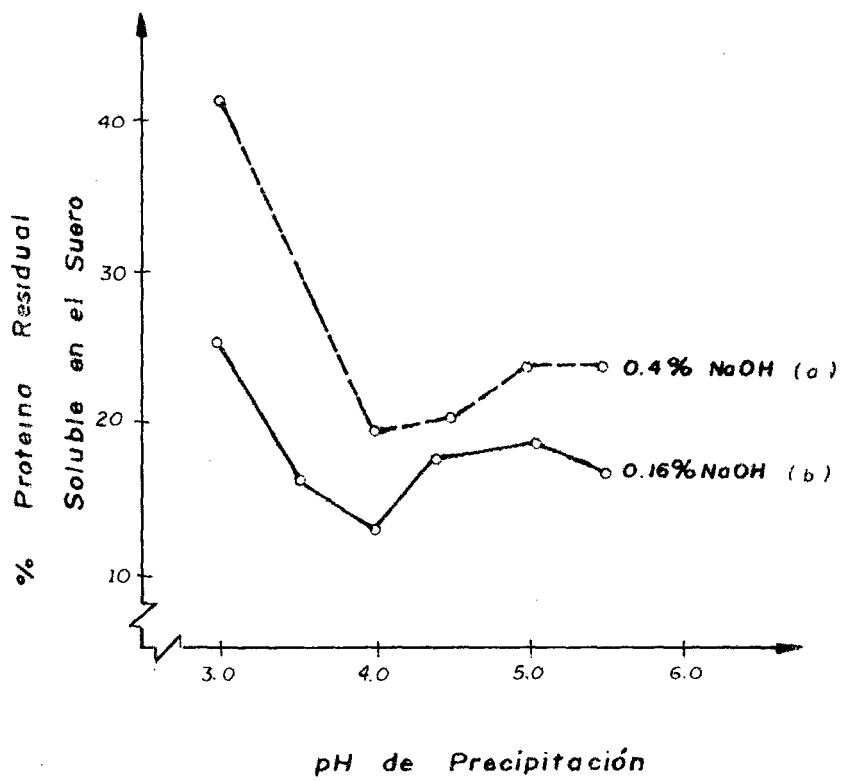


FIG. 10 : PRECIPITACION DE LA PROTEINA A DIFERENTES VALORES DE pH.

pH=12.2), relación Harina/solución extractora: 1/20, tiempo de extracción: 20 min. y pH de precipitación de la proteína: 3.9-4.0, se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de flujo que presenta la Figura 11.

La separación de las materias insolubles del extracto proteínico, se realizó en bolsas de lona previa sedimentación y decantación. El extracto así obtenido, fue llevado al rango de pH=3.9-4.0 con HCl a 1.0N para precipitar las proteínas, se agitó, y se dejó sedimentar y se decantó el suero para reducir de ésta manera el volúmen.

El tiempo de centrifugación, para lograr sedimentar los sólidos protéicos, fue de 20 min, a una velocidad de giro de 960 rpm.

Al precipitado limpio, después de tres lavados sucesivos, se le determinó acidez titulable para verificar si se logró eliminar por completo el HCl, obteniéndose un porcentaje muy bajo de acidez de 0.019% a un contenido de humedad de 85%.

El precipitado limpio húmedo, presentó color crema a ambas concentraciones de extracción (0.16% y 0.4%NaOH) pero después del secado presentó color castaño a 0.16% NaOH y negro a 0.4% NaOH, confirmando con esto que el pH de extracción elevado, afecta considerablemente las características de la proteína, existiendo entonces

HARINA DE COPRA DESHIDRATADA

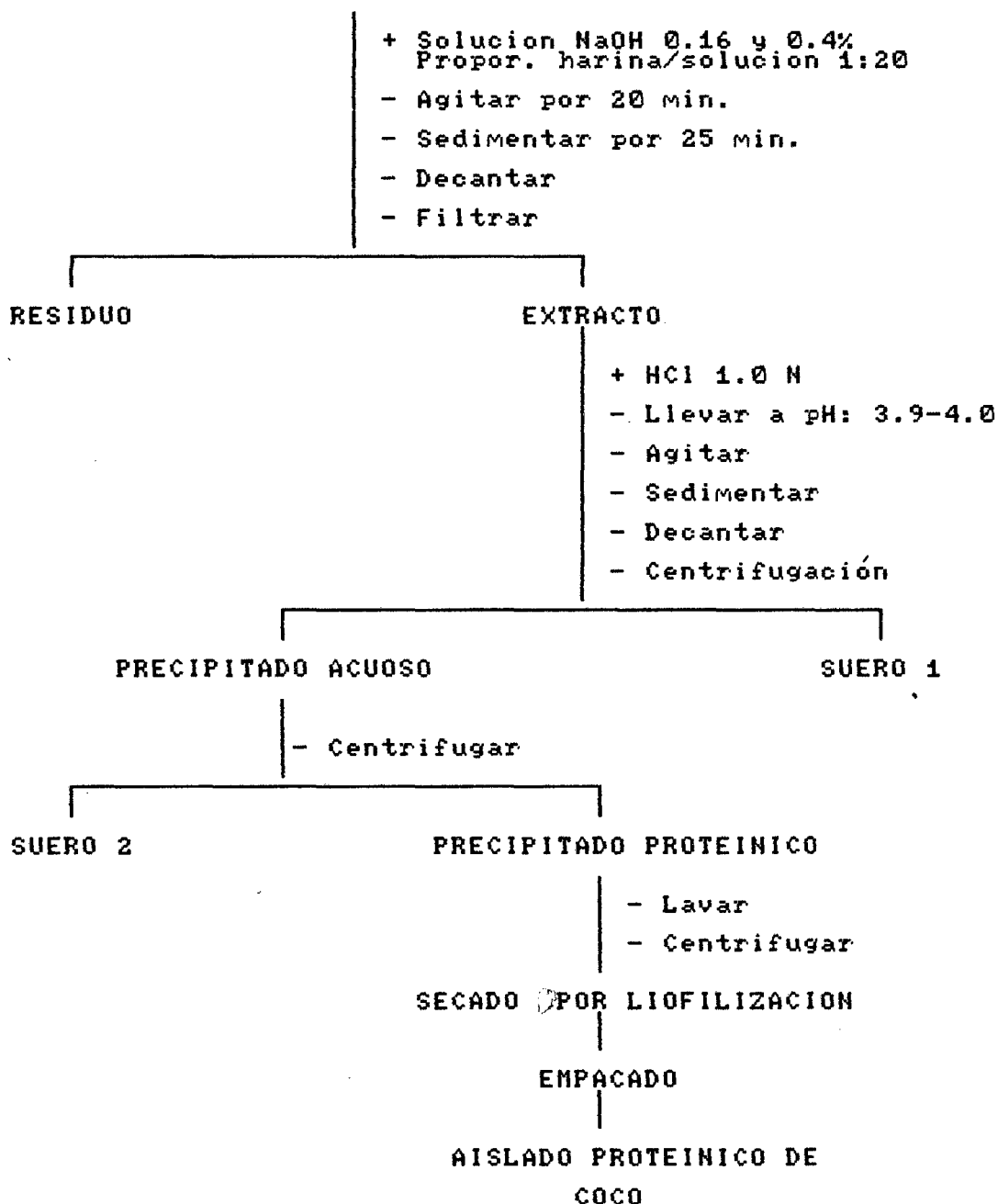


FIG. 11 : DIAGRAMA DE FLUJO DEFINITIVO PARA LA OBTENCION OBTENCION DE AISLADO PROTEINICO DE COCO

una posible hidrólisis de la proteína cuando se extrae a pH superiores a 10.8.

2.6. Rendimiento del Proceso

Los rendimientos en las diferentes etapas del proceso son calculados en función al contenido de proteínas de la harina desgrasada, obteniéndose los siguientes resultados:

| | | |
|---------------|---|-----------------------|
| Extracción | : | 48.5% (con 0.16%NaOH) |
| Precipitación | : | 26.96% |
| Lavado | : | 22.41% |
| Secado | : | 22.41% |

El rendimiento total obtenido en función a la harina desgrasada es el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{59.48 \text{ gr aislado}}{1,000 \text{ gr harina}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 5.95\%.$$

Los cálculos respectivos, se presenta en la Figura 12. El bajo rendimiento obtenido se debe al bajo índice de solubilidad de nitrógeno (NSI) que presentó la harina de copra desgrasada.

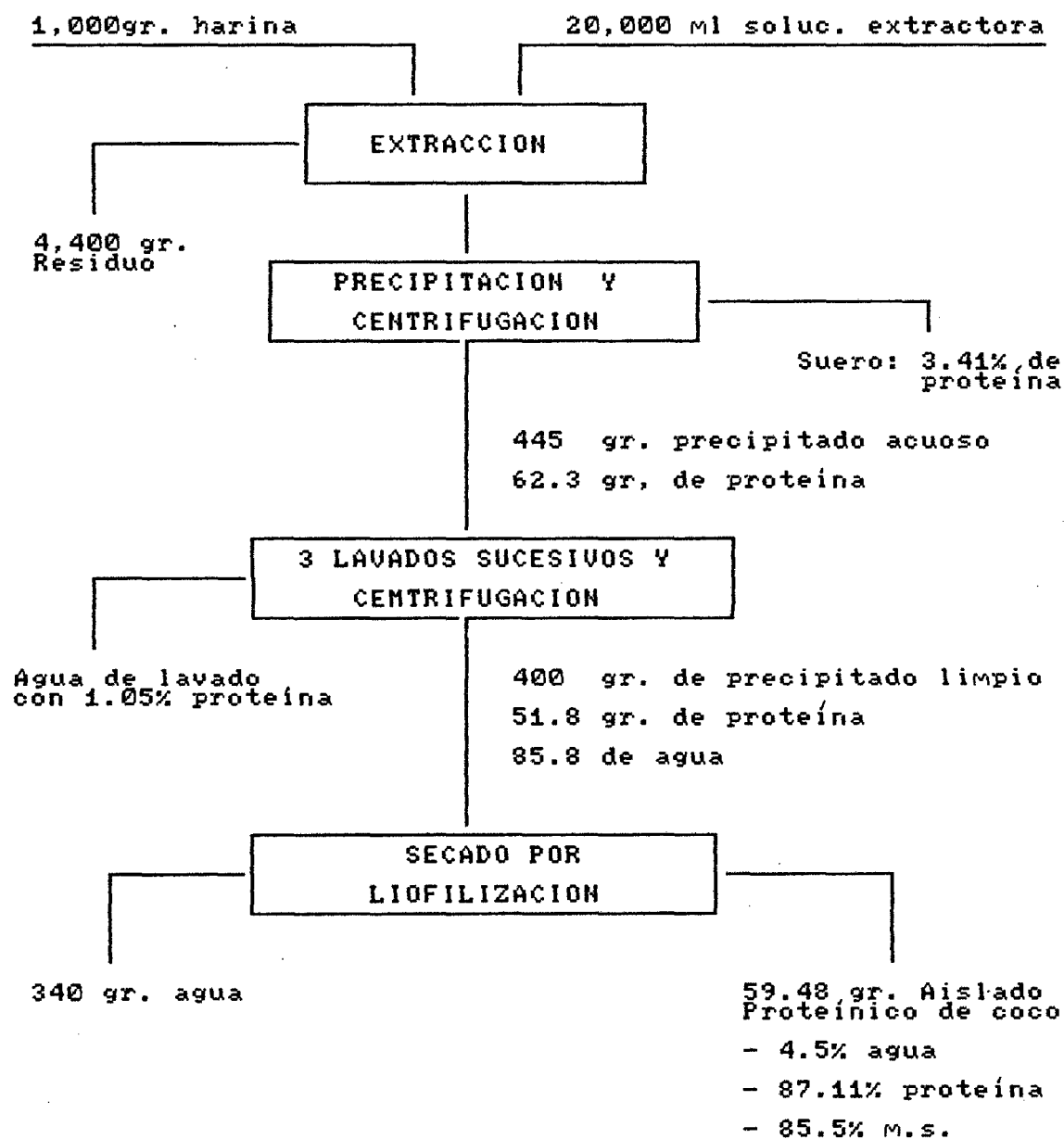


FIG. 12: BALANCE DE MATERIALES EN EL PROCESO DE EXTRACCION DE LA PROTEINA DE HARINA DE COCO

3. CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y ORGANOLEPTICAS DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

3.1. Composición Química

En el Cuadro 11, se muestran los componentes presentes en el aislado proteínico de coco, comparados con otros aislados de origen vegetal. El contenido de proteínas está por encima del 90% (91.21% b.s.), mientras que los otros componentes como grasa, fibra y cenizas apenas llega a 4.83% (b.h.).

Comparando el aislado proteínico de coco con el aislado de soya comercial, ambos contienen aproximadamente el mismo porcentaje de proteínas, mientras que en los otros componentes residuales presentan variaciones no significativas, dependiendo esto de la forma de extracción de la proteína. Schwartz (40) afirma que el aislado proteínico debe contener no menos del 90% de proteína en base seca, considerando entonces al aislado proteínico de torta de copra como óptimo por estar dentro del rango establecido.

3.2. Características Físicas y organolépticas

En cuanto al pH de la dispersión de 3.9, este corresponde al punto isoeléctrico de la proteína de

coco, pH al cual se ha precipitado el extracto protéico (pH=3.9-4.0). El aislado protéico presenta color castaño (tostado), inodoro, insípido. En aislados de soya, el color varia de completamente blanco a ligeramente canela o tostado, sin embargo a nivel industrial se da mayor importancia al olor y sabor más que al color del aislado protéico.

4. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

Las propiedades funcionales investigadas sólo corresponde al aislado protéico extraído a pH = 10.8 (0.16% NaOH), pues el pH de extracción, la temperatura de extracción, el pH de precipitación, el tipo de secado y el NSI, son variables que se correlacionan directamente con las características funcionales de éstos productos.

4.1. Absorción de Agua

La capacidad de éstos productos de retener agua se muestra en el Cuadro 12, se observa que tiene una buena capacidad de absorber agua (284%) comparado con aislados de palma africana y lupino. Ello se debe a los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua y los grupos polares de las cadenas protéicas. Por ello se justificaría su empleo en la elaboración de embutidos como aditivo que evite la pérdida de agua

CUADRO No. 11: COMPOSICION QUIMICA DEL AISLADO PROTEICO DE COCO COMPARADO A OTROS AISLADOS PROTEICOS^a

| COMPONENTE (%) | Aislado Proteico de C o c o | Aislado Proteico de S o y a* | Aislado Proteico de Lupinoç |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Proteína | 87.11 | 88.30 | 90.40 |
| | 91.21 ^b | 92.00 ^b | 97.50 ^b |
| Humedad | 4.50 | 4.00 | 8.00 |
| Grasa | 0.62 | 0.80 | 0.70 |
| Fibra cruda | 2.79 | 0.10 | 0.40 |
| Cenizas | 1.58 | 3.00 | 1.70 |
| pH dispersión (1:10) | 3.90 | 7.10 | 4.50 |

^a Base húmeda

^b Base Seca

Fuente: * Mattil (27)
ç Rodríguez (37)

durante el escaldado y que contribuye a formar y mantener la consistencia y la textura del producto.

4.2. Absorción de Grasa

El Cuadro 12, muestra el porcentaje de aceite absorbido (160%) por el aislado proteínico de coco,

considerándola como buena, pues comparándolo con los aislados de lupino y palma africana (175% para ambos) no existe diferencia significativa, a causa de la presencia de grupos lipofílicos en las moléculas de proteína, por esta buena propiedad posibilitaría su uso en la elaboración de embutidos, lo que permitiría disminuir las pérdidas por cocción y ayudaría a mantener la estabilidad del producto cocido.

Por su buena capacidad de absorber agua y aceite del aislado proteínico de coco, puede tener usos diversos, por ejemplo, podría ser incorporado en mezclas de harinas comestibles.

CUADRO No. 12: ABSORCION DE AGUA Y ACEITE DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO COMPARADO CON PRODUCTOS SIMILARES

| | Absorción de agua (%) | Absorción de aceite (%) |
|---|-----------------------------|-------------------------------|
| Aislado proteínico coco | 284 | 160 |
| Aislado proteínico Lupino ¹ | 100 | 175 |
| Concentrado Proteínico Palma ² | 250 | 175 |

1 Rodríguez (37)

2 Pacheco (32).

4.3. Estabilidad de la Emulsión

Es otra de las propiedades importantes de éstos productos. El Cuadro 13, presenta el porcentaje de aceite separado del aislado proteínico de coco y de un aislado proteínico de soya (PROMINE D). Como se podrá observar, el aislado de coco no es buen estabilizador de emulsiones aceite/agua, en los procesos de calentamiento, pues sólo apenas el 21.55% de aceite es retenido por las proteínas. Tal como señala Inklaar y Fortuin (18) el NSI, juega un papel importante en la estabilidad de estos tipos de emulsiones, pero hay que indicar también que el NSI es correlativo con el valor del pH; es decir, el NSI es alto a valores de pH alto. Esto es nuevamente confirmado por Capulso, Gonzales y Celestino (5) que encontraron en un aislado de leche de coco descremada un porcentaje de aceite separado de 90.14% con un valor de WSP (solubilidad de la proteína en agua) de 14.46%.

CUADRO No. 13: ESTABILIDAD DE LA EMULSION CON AISLADOS PROTEINICOS DE COCO Y SOYA

| PRODUCTO | pH | NSI | % Aceite Separado |
|---------------------------------|-----|-------|-------------------|
| Aislado prot. coco | 3.9 | 6.02 | 78.45 |
| Aislado prot. soya (PROMINE D)* | 7.6 | 82.70 | 42.70 |

* Inklaar y Fortuin (18).

4.4. Batido y Estabilidad de la Espuma

Los incrementos de volúmenes logrados bajo las condiciones del experimento de ésta prueba, fueron para el aislado proteínico de coco de 50%, para la clara de huevo 163% y para la harina de coco de 1.5%. Se observa claramente que las materias no protéicas contenidas en la harina, interfieren en la capacidad de espumación.

Hay que aclarar que la dispersión de la proteína de coco se llevó a pH neutro, pues con la dispersión de la proteína a su punto isoeléctrico no se logró espumación, indicándonos esto, que el pH interfiere en la incorporación del aire por la proteína. Aún así, el porcentaje de capacidad de espumación fue bajo (50%) comparado con la capacidad de espumación de la clara de huevo (163%), pues debido a la baja solubilidad de la proteína se obtuvo baja capacidad de espumación; esto es confirmado por Peltonen-Shalaby y Mangino (33).

La Figura 13, muestra la estabilidad de la espuma en el periodo de dos horas. En la curva de estabilidad de espuma de la clara de huevo, se puede apreciar que es muy inestable en los primeros 30 min, mientras que el aislado proteico de coco es mucho más estable hasta las dos horas. Se observa que la espuma de la clara de

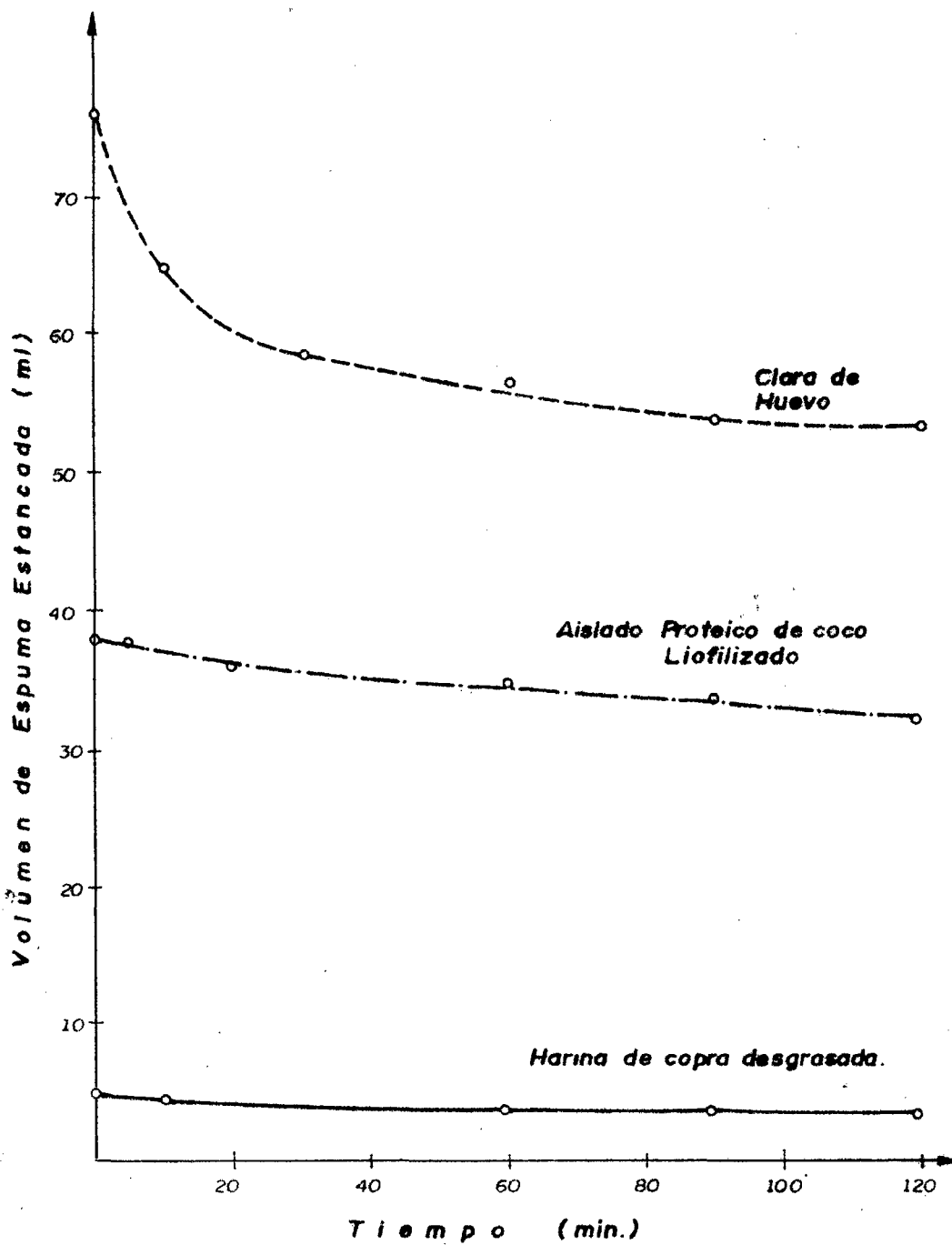


FIG. 13 : ESTABILIDAD DE LA ESPUMA DE AISLADO PROTEINICO DE COCO, CLARA DE HUEVO Y ARINA DE COPRA.

huevo disminuye de volúmen desde 76 ml a 54 ml; es decir en un 28.94%, mientras que el aislado proteínico de coco disminuye de 38 ml a 32.8 ml es decir en un 13.68%, concluyendo que la espuma del aislado proteínico de coco es más estable (86.32%) que la clara de huevo (71.06%).

4.5. Perfiles de Solubilidad de Nitrógeno

El efecto del pH en la solubilidad de nitrógeno se presenta en la Figura 14, el aislado proteínico de coco, posee buena solubilidad en el rango de pH=8-10 y por el lado ácido a pH=2.0. El máximo de proteína solubilizada en el lado ácido fue de 72%, mientras que a pH=10.0 fue de 83.09% descendiendo a medida que se incrementa el pH, indicándonos una posible hidrólisis de la proteína. La baja solubilidad es observada en el rango de pH=3.5-6.0, similares observaciones han sido reportados por Samson, Cater y Mattil (38).

5. ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

El Cuadro 14, presenta los resultados del análisis microbiológicos realizado en el aislado proteínico de coco comparado con los requisitos establecidos por la Technish-on Onderzoek de Holanda para harinas de soya destinadas a alimentos para lactantes, sugeridos por el Instituto

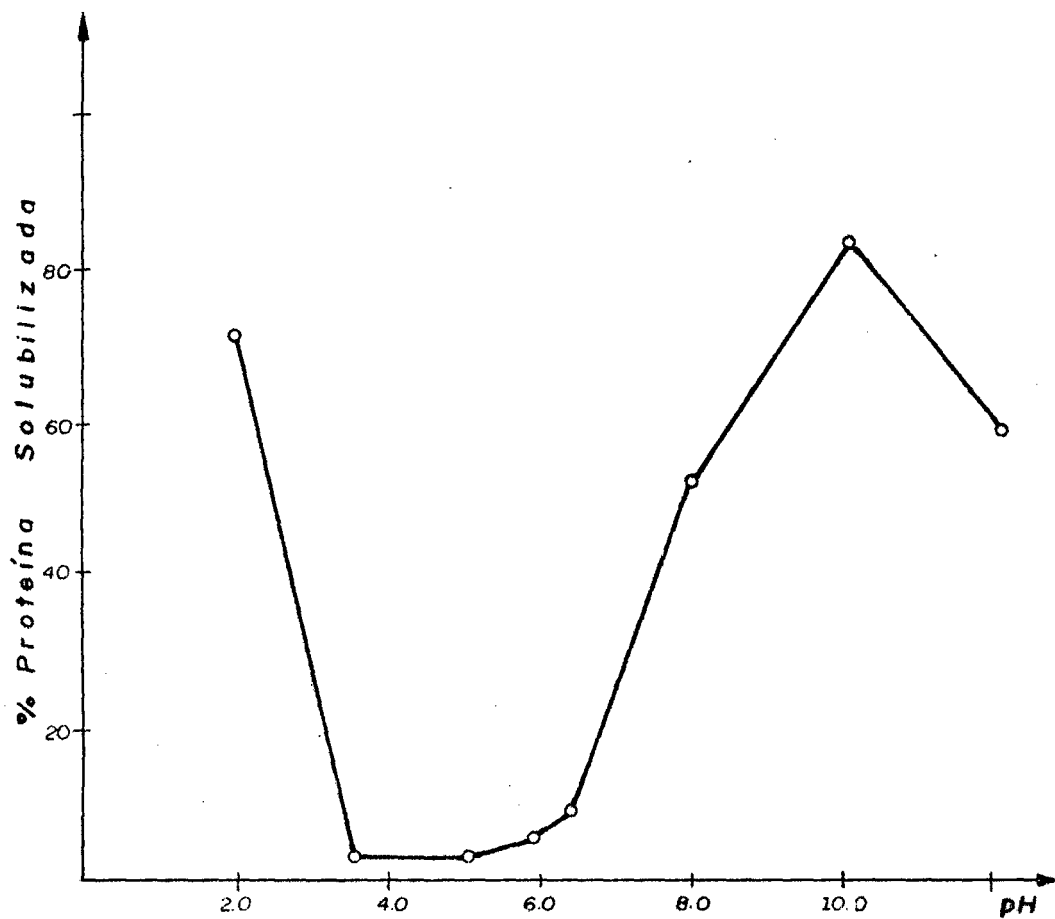


FIG. 14 : PERFILES DE SOLUBILIDAD DE NITROGENO DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO.

Nacional de Nutrición de Holanda (FAO, 1,975) citado por Vargas (43).

Observamos que sólo en esporas de hongos se sobre pasa del requisito establecido por la Technish-on Onderzoek de Holanda. La presencia de éstos hongos en el aislado proteínico de coco, es debido a que en el proceso de aislamiento de la proteína no se realizó tratamiento térmico drástico por no ser necesario y para prevenir la presencia de hongos en el producto final es indispensable partir de una materia prima con rangos de microorganismos que se adecúen a los requisitos microbiológicos establecidos.

CUADRO Nº 14: ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

| MICROORGANISMOS | Aislado Proteínico de coco | Requisitos T N O |
|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Mohos | 2×10^3 /g | 10/g |
| Levaduras | 3×10^3 /g | - |
| Microorganismos aerobios mesof. | 8×10^2 /g | 4 10 /g |

6. CONSERVACION DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO

6.1. Isotermas de Adsorción

La Figura 15, muestra el ploteo de los valores de humedad de equilibrio en el producto para su correspondiente actividad de agua (A_w). Se observa una inicial y rápida adsorción de agua hasta la $A_w=0.35$, haciéndose constante la adsorción hasta la $A_w=0.6$, para luego incrementarse rápidamente hasta la $A_w=1.0$. La zona correspondiente a los puntos de inflexión, corresponde a la región de óptima conservación, siendo la humedad relativa de almacenamiento 25.5%.

En la Figura 16, se muestra la gráfica de BET para los valores de A_w menores de 0.5. A partir de su pendiente y su intersección con la ordenada se determina el valor monomolecular (M_1), siendo para el aislado proteínico de coco de 0.0485gr. agua/gr m.s. Martínez (28) encontró en concentrado protéico de semilla de algodón un valor de 0.065 gr agua/gr m.s. para la capa monomolecular. Rodríguez (37) encontró el valor de la monocapa para el aislado proteico de lupino igual a 0.29 gr agua/gr m.s. Estas diferencias se deben a la presencia o ausencia de los grupos hidrofílicos de las moléculas (OH , NH_2 , $COOH$, $C=O$) de las proteínas y los carbohidratos del producto.

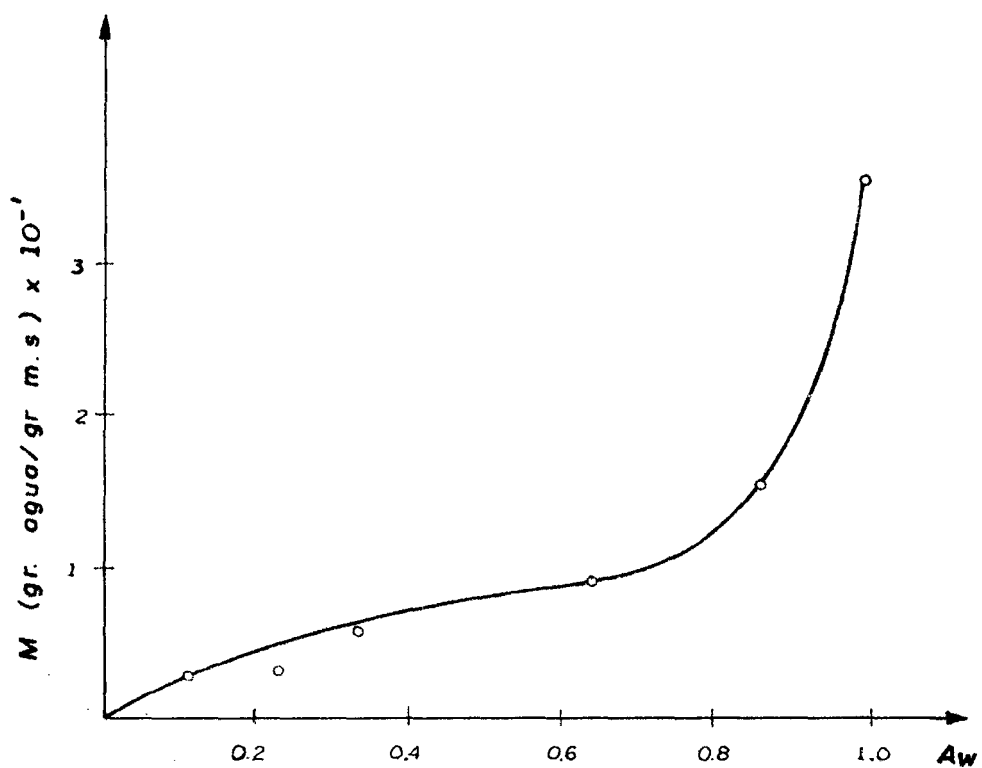


FIG. 15 : ISOTERMAS DE ADSORCION DE AGUA DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO.

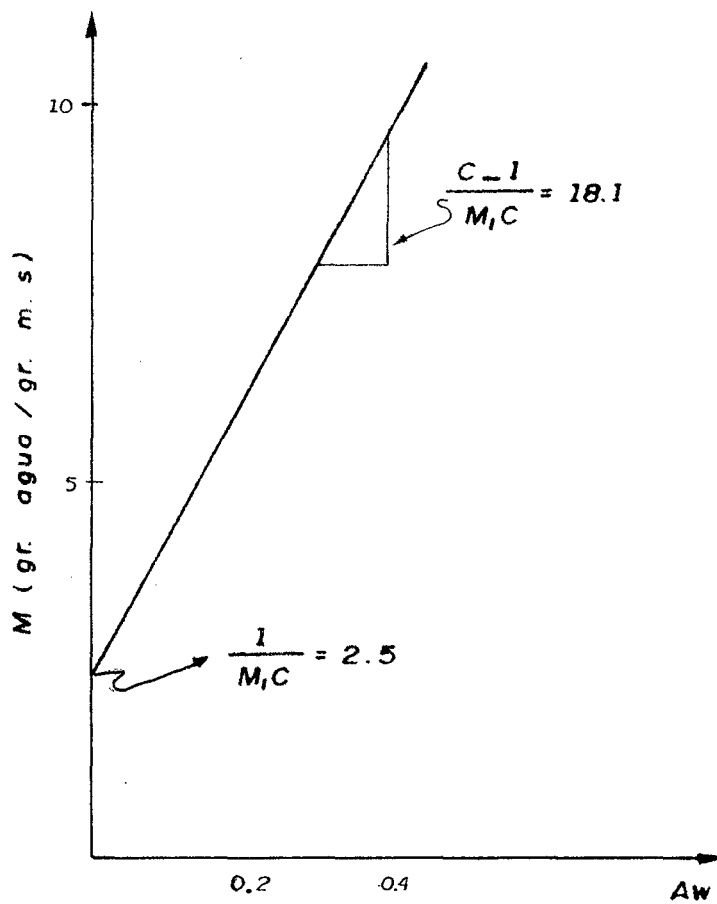


FIG. 16 : GRAFICO DE B.E.T. DEL AISLADO PROTEINICO DE COCO.

7. EVALUACION BIOLOGICA

El Cuadro 15, muestra los resultados obtenidos de los ensayos biológicos para medir la calidad de la proteína. La Digestibilidad Aparente de Nitrógeno de 88.44% es muy buena, el bajo porcentaje de fibra hace que el aislado sea más digestible si comparamos con la digestibilidad de harina de coco fresco que es de 86%.

El valor Biológico, que determina la absorción de nitrógeno corporal, resultó ser bueno (68.13%) si comparamos con las proteínas de maní (56%), trigo (52%) y soya (58-62%), pero, resulta ser inferior si comparamos con la proteína del huevo (87-97%).

CUADRO Nº 15: DIGESTIBILIDAD Y VALOR BIOLOGICO DEL AISLADO PROTEINICO DE TORTA DE COCO

| FUENTE PROTEICA | DIGESTIBILIDAD (%) | VALOR BIOLOGICO (%) |
|--|--------------------|---------------------|
| Aislado Proteínico de torta de coco ¹ | 88.44 | 68.13 |
| Harina de coco ² | 86.00 | - |
| Maní ² | - | 56.00 |
| Soya ¹ | - | 58-69 |
| Huevo entero | - | 87-97 |

¹ Dendy y Grimwood (8)

² Liener (24).

A pesar de las elevadas temperaturas utilizadas para la obtención de torta de copra, las proteínas del aislado, presentan buena calidad biológica; los resultados serían mejores, si los parámetros de procesamiento para obtener torta fueran las óptimas.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente experimento se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los parámetros de extracción encontrados para aislar proteína a partir de torta de copra comercial son: pH de extracción: 10.8 con una concentración de 0.16% NaOH, relación Harina/Solución Extractora: 1/20 (gr/ml), tiempo de extracción 20 min.
2. El color del aislado proteínico se ve afectado cuando se extrae a pH superiores a 10.8.
3. El pH al que el extracto fue precipitado (punto isoeléctrico) está en el rango de 3.9-4.0.
4. El aislado proteínico obtenido tuvo la siguiente composición: 90.21% (b.s) de proteína, 4.5% de humedad, 0.62% de grasa, 2.79% de fibra cruda y 1.58% cenizas.
5. Las características organolépticas del producto fueron color castaño, inodoro e insípido.
7. El aislado proteínico posee buena capacidad de absorber agua (284%) y aceite (160%).
8. La capacidad de batido del aislado proteínico de coco

(50%) es baja comparado con la clara de huevo (163%), pero la espuma del aislado proteínico de coco es más estable.

9. El aislado proteínico de coco es muy soluble en el rango de pH comprendido entre 7.0-10.0.
10. El valor de la monocapa encontrado para el aislado proteínico de coco fue de 0.0485 gr agua/gr m.s. y su $A_w=0.25$.
11. El aislado proteínico de coco presenta un contenido de mohos que supera al requisito establecido por la TNO, pero su contenido de microorganismos aerobios mesófilos es inferior al máximo permisible.
12. El aislado proteínico de coco posee muy buena Digestibilidad y buen Valor Biológico, comparado con otras proteínas vegetales.

VI. RECOMENDACIONES

1. Mejorar las condiciones higiénicas y de procesamiento de la copra, para reducir la carga microbiana en el producto final (torta).
2. Reducir la temperatura del cocinador para la obtención de torta de coco para mejorar las características físicas, funcionales y biológicas del aislado proteínico de coco.
3. Efectuar estudio sobre la utilización del residuo obtenido en el proceso de extracción de la proteína.
4. Ensayar la extracción de proteína de harina de coco con otras soluciones extractoras y otros parámetros de extracción.
5. Incorporar como aditivo en la manufactura de embutidos y como un ingrediente en mezclas de harinas comestibles y otros productos.
6. Trabajar con harinas con alto índice de Solubilidad de Nitrógeno para obtener rendimientos superiores al obtenido.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. A.O.A.C. (1,970). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 11a ed.
4. A.O.A.C. (1,973). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12a ed.
3. BADUI, S. (1,981). Química de los Alimentos. 1a ed. Alhambra S.A. Mexico.
4. BLUESTEIN, P. y LABUZA, S. (1,977). Effects of Moisture Removal on nutrients. Nutritional Evaluation of Food processing. Editado por Harris R. y Karmas, E. AVI.
5. CAPULSO, S.A., GONZALES, A.L. y CELESTINO, V.G. (1,981). Studies on the Isolation and Functional Characteristics of Protein from Coconut Skim Milk. The Philippine J. Sc. 2(1-2):25-32.
6. CHILD, R. (1,974). Coconuts. 2a ed. London.
7. CIRCLE, S.J. y SMITH, A.K. (1,978). Processing Soy Flours, Protein, Concentrates and Isolates. En: Chemistry and Technology. Vol I. 2a imp. AVI. Wetsport.
8. DENDY, D.A.V. y GRIMWOOD, B.E. (1,973). Coconut Processing for the Production of Coconut Oil and Coconut Protein Food Products. Oleagineux 28(2).
9. ----- y TIMMINS, W.H. (1,973). Development of Process to Extract protein and Oil from Fresh Coconut. Oleagineux 28(12): 589-594.
10. ----- (1,974). Development of a process to Extract protein and Oil from fresh Coconut. Oleagineux 29(1): 37-43.
11. DONDERO, M. y MENESES, E. (1,981). Obtención de un Concentrado Proteínico a partir de Gérmen de Maíz (Zea mays). Alimentos 6(3): 19-24.
12. FLEMING, S.E. et al. (1,974). Viscosity and Water Absorption Characteristics of Slurries on Sunflower and Soybean Flours Concentrates and isolates. J. Food Sc. 39:188-191.

13. FAO. (1,975). Tecnología de la producción de harinas Comestibles y Productos Proteínicos a partir de la Soja Boletín de Servicios agrícolas No. 11. Roma.
14. FREMOND, Y., ZILLER, R. y NUCE, M.L. (1,969). El Cocotero. 1^o ed. Barcelona.
15. GRIMWOOD, B.E. (1,976). Les Produit Du Cocotier - FAO. Boletín Informativo No 99. Roma.
16. HERMANSON, A.M. (1,979). Methods of Studying Functional Characteristics of Vegetable proteins. J. Am.Oil Chem. Soc. 56: 272-279.
17. INGLETT, G.E. (1,977). Food Proteins from Unconventional Cereals. Food Tech. 37: 180-181.
18. INKLAAR, P.A. y FORTUIN, J. (1,969). Determining the Emulsifying and Emulsion Stabilizing Capacity of Protein meat Additives. Food Tech. 23: 103-107.
19. KINSELLA, J.E. (1,979). Functional Propeties of Soy Proteins. J. Am. Oil Ch. Soc. 56: 242-258.
20. LAWHON, J.T. y CATER, C.M. (1,971). Effect of Processing Methods and pH of precipitation on the yields and functional Properties of Protein Isolates from Glandess Cottonseed. J. Food Sc. 36: 372-375.
21. ----- et al. (1,972). Utilization of Cottonseed Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration. J. Food Sc. 39: 183-187.
22. LEDESMA, et al. (1,987). Obtención de Proteína de Salvado de Arroz: Extracción. Ciencia y Técnica en la Agric. 10(2). Cuba.
23. ----- (1,987). Obtención de proteína de Salvado de Arroz: Precipitación. Ciencia y Técnica en la Agric. 10(2). Cuba.
24. LIENER, I.E. (1,978). Nutritional Value of Food Protein Products. En: Chemistry and Technology. Vol I. AVI. Wetsport.
25. LIN, M.J.Y. y HUMBERT, E.S. (1,974). Certain Functional Properties of Sunflower meal products. J. Food Sc. 39:368-370.
26. LLOYD, L.E, MAC DONALD, B.E. y CRAMPTON, E.W. (1,978). Evaluación Nutricional. Acribia. Zaragoza.

27. MATTIL, K. (1,974). Composition, Nutritional and Functional Properties and Quality Criteria of Soy protein Concentrates and Soy Protein Isolates. J. Am. Oil Ch. Soc. 51: 81-A.
28. MARTINEZ, F. (1,967). Estudio de la Relación Humedad-Actividad de Agua en Algunos alimentos. Anales Científicos UNA-La Molina.
29. MINISTERIO DE AGRICULTURA. (1,988). Perú-Estadística de Superficie, Producción y precio de 175 Cultivos según Regiones Naturales 1,964-1,984. GAPA-PADI. Diciemb.
30. MOSSEL, D. y QUEVEDO, F. (1,967). Control Microbiológico de los Alimentos. Métodos Recomendados. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
31. OHLER, J.G. (1,986). El Cocoteo Arbol de la Vida. Estudio FAO-Protección y Producción Vegetal. Roma.
32. PACHECO, E. (1,984). Concentrados proteínicos de Palma Africana (*Elaeisis guineensis* J.), Proceso de Extracción y propiedades Funcionales. Arch. Lat. Nut. 35(3):509-517.
33. PELTONEN-SHALABY y MANGINO, M.E. (1,986). Compositional Factors that Affect the Emulsifying and Foaming Properties of Whey protein Concentrates. J. Food Sc. 51(1): 91-95.
34. PICK-SEN, L. y KINSELLA, J.E. (1,972). Extractability and Properties of protein from Alfalfa Leaf meal. J. Food Sc. 37: 94-99.
35. FIGGOT, G.J. (1,964). Coconut Growing. London.
36. QUAST, D.G. (1,975). Físico Química de Agua en Alimentos Deshidratados. Coletanea do ITAL.
37. RODRIGUEZ, P. (1,981). Obtención de Aislado Protéico a partir de Lupino. Tesis para optar Título de Ing. en Ind. Alim. UNA-La Molina.
38. SAMSON, A.S, CATER, J.C.M. y MATTIL, K. (1,971). Preparation and Characterization of Coconut Protein Isolates. Cereal Chemists. Marzo:182-189.
39. ----- et al. (1,971). Extractability of Coconut Proteins. J. Food Sc. 36: 725-728.
40. SHWARTZ, F. (1,979). Valor Nutritivo y Usos de la proteína Aislada de Soya. En Conferencia Latino Americana sobre proteína. Ministerio de Agricultura.

Informe Especial N° 44. Lima.

41. VALERA, et al. (1,984). Instrumentación en secado Solar. Proyecto de Secado Solar. UNI - Lima.
42. VALENCIA, T. (1,984). Usos de Aislados de Soya. Soya Noticias 13(169).
43. VARGAS, R.E. (1,978). Elaboración de una mezcla alimenticia a Base de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y soya (*Glycine max*). Tesis para optar Título de Ing. en Ind. Alim. UNA-La Molina.
44. WOLF, W.J. (1,976). Kinds of Products. En U.S. Farmer Cooperative Service. Edible Soy Protein. Operational Aspects of Producing and marketing. Research Report No 33:3-9.
45. ----- y COWAN, J.C. (1,975). Soybeans as Food Source. Rev. ed. Cleveland, Ohio CRC, INC.
46. WU, V.Y. y INGLETT, C. (1,974). Denaturation of Plant Proteins Related to Functionality and Food Applications. J. Food Sc. 39: 218-225.

VIII. A N E X O

CUADRO 1: Solubilidad de la Proteína en Función a la Concentración del Extractante

| Concentración del Extractante (% NaOH) | % Proteína Solubilizada | % Proteína Recuperada |
|--|-------------------------|-----------------------|
| 0.011 | 4.35 | 18.81 |
| 0.040 | 5.92 | 25.93 |
| 0.080 | 10.18 | 44.06 |
| 0.120 | 9.45 | 40.91 |
| 0.160 | 9.56 | 41.38 |
| 0.240 | 10.61 | 45.93 |
| 0.400 | 11.91 | 51.92 |

CUADRO 2: Solubilidad de la Proteína en Función al pH de Extracción

| pH | % Proteína Solubilizada | % Proteína Recuperada |
|------|-------------------------|-----------------------|
| 6.6 | 4.35 | 18.81 |
| 7.8 | 5.92 | 25.93 |
| 8.7 | 10.18 | 44.06 |
| 10.5 | 9.45 | 40.91 |
| 10.8 | 9.56 | 41.38 |
| 11.5 | 10.61 | 45.93 |
| 12.2 | 11.91 | 51.92 |

CUADRO 3: Solubilidad de la Proteína en Función a la Relación Harina/Solución Extractora

| Relación Harina/Solución Extractora | % Proteína Solubilizada | % Proteína Recuperada |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1/20 | 7.95 | 34.42 |
| 1/30 | 7.83 | 33.89 |
| 1/40 | 8.06 | 34.89 |
| 1/60 | 9.77 | 42.29 |
| 1/80 | 9.21 | 39.87 |

CUADRO 4: Solubilidad de la proteína en Función al Tiempo de Extracción

| Tiempo (min.) | % Proteína Solubilizada | | % Proteína Recuperada | |
|---------------|-------------------------|-----------|-----------------------|----------|
| | 0.16% NaOH | 0.4% NaOH | 0.16%NaOH | 0.4%NaOH |
| 5 | - | 10.65 | - | 46.10 |
| 10 | 7.54 | 10.56 | 32.64 | 45.71 |
| 20 | 8.16 | 11.21 | 35.32 | 48.53 |
| 30 | - | 11.24 | - | 48.65 |
| 40 | 8.06 | - | 34.89 | - |
| 60 | 7.85 | 11.24 | 33.98 | 49.44 |

CUADRO 5: Precipitación de la Proteína a Diferentes Valores de pH

| pH | % Proteína Residual en el Suero | |
|-----|---------------------------------|-----------|
| | 0.16% NaOH | 0.4% NaOH |
| 3.0 | 25.19 | 41.90 |
| 3.5 | 16.02 | - |
| 4.0 | 13.07 | 19.44 |
| 4.5 | 17.88 | 20.22 |
| 5.0 | 18.66 | 23.72 |
| 5.5 | 16.45 | 23.70 |

CUADRO 6: Perfiles de Solubilidad de Nitrógeno del Aislado Proteínico de Coco

| pH | % Proteína Solubilizada |
|------|-------------------------|
| 2.0 | 71.16 |
| 3.5 | 1.05 |
| 5.0 | 1.05 |
| 5.9 | 4.39 |
| 6.4 | 8.11 |
| 8.0 | 51.28 |
| 10.0 | 83.01 |
| 12.1 | 59.92 |

**CUADRO 7 : Evaluación de la Estabilidad de Espuma
luego del Batido**

| Producto | ml. de Espuma Estancada después del Batido | | | | | | | |
|-------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0' | 5' | 10' | 20' | 30' | 60' | 90' | 120' |
| Clara Hue. | 76.0 | - | 65.0 | 62.5 | 59.0 | 57.0 | 54.5 | 54.0 |
| Ais. Coco | 38.0 | 38.0 | - | 36.2 | 36.2 | 35.0 | 34.0 | 32.8 |
| Harina Coc. | 5.0 | - | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.8 |

