

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERIA DE ALIMENTOS**

**MENCIÓN INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL  
CONCENTRADO PROTEICO DEL PULIDO DE ARROZ  
(*Oryza sativa* L.) Y SU UTILIZACIÓN EN UN  
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE”**

**Tesis**

**Para optar al Grado Académico de  
MAESTRO EN INGENIERIA DE ALIMENTOS  
MENCIÓN: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Presentada por:**

**ALFREDO ABELARDO CARMONA RUIZ**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DIRECCION**



Av. Universitaria s/n .Telefax (062) 561070-Email: posgrado@unas.edu.pe

*"Año de la Consolidación del Mar de Grau"*

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

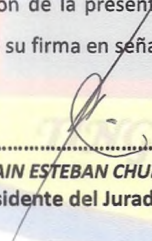
En la ciudad universitaria, siendo las 5:00 pm, del día martes 20 de diciembre de 2016, reunidos en la Sala de Grados de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

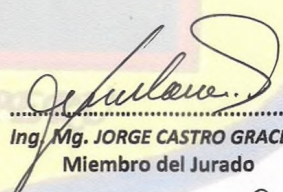
**"EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL CONCENTRADO PROTEICO DEL  
PULIDO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) Y SU UTILIZACION EN UN  
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE"**

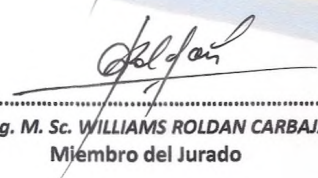
A cargo del candidato al **Grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería de Alimentos, Mención Ingeniería Agroindustrial, Ing. ALFREDO ABELARDO CARMONA RUIZ.**

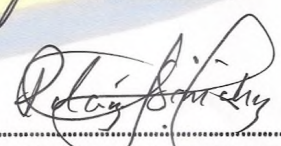
Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 6:10 pm. el Presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente Acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

  
.....  
**DR. EFRAIN ESTEBAN CHURAMPI**  
Presidente del Jurado

  
.....  
**Ing. Mg. JORGE CASTRO GRACEY**  
Miembro del Jurado

  
.....  
**Ing. M. Sc. WILLIAMS ROLDAN CARBAJAL**  
Miembro del Jurado

  
.....  
**Dr. PEDRO PABLO PELAEZ SANCHEZ**  
Miembro del Jurado - Asesor

## DEDICATORIA:

*A Dios por protegerme durante toda  
mi vivencia y mi largo andar,  
dándome fuerzas para superar  
obstáculos y dificultades.*

*A mi querida Esposa Ydalia quien está  
a mi lado siempre y nutre mi intelecto  
con su gran amor.*

*A la Memoria de mis padres Abelardo  
y Marta y de mis hermanos José Luis  
y Víctor Raúl*

*A mis hijos: Liz, Eduardo y Luis,  
quienes han sido y serán mi mayor  
motivación para no rendirme en mi  
superación constante.*

*Con mucho amor a mis lindos y  
adorados nietos Daniel y Josué y para  
mis reinitas Joyce y Abi*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor Pedro Pablo Peláez Sánchez, asesor del presente trabajo y principal colaborador para la experimentación, desarrollo y culminación de la Tesis.

Al Doctor Efraín Esteban Churampi, presidente del Jurado Calificador por sus aportes y sugerencias para mejorar la presente Tesis.

Al Ing° Jorge Enrique Castro Gracey, Miembro de Jurado Calificador, por haber contribuido a través de sus observaciones a mejorar la presente Tesis.

Al Ing° Williams Vicente Roldan Carbajal, Miembro de Jurado Calificador, por haber contribuido a través de sus observaciones a mejorar la presente Tesis.

A todos mis profesores del Posgrado por haber contribuido con mi formación como maestro y haberme proporcionado los conocimientos necesarios para poder ejecutar mi Tesis.

A mis amigos y compañeros de la Facultad por la hermosa convivencia durante mis años de trabajo y formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN.....	01
ABSTRACT.....	03
I. INTRODUCCIÓN.....	05
II. MATERIALES Y METODOS.....	10
2.1. Lugar de ejecución.....	10
2.2. Materiales.....	10
2.2.1. Materia prima.....	10
2.2.2. Insumos.....	10
2.2.3. Equipos e instrumentos de Laboratorio.....	11
2.2.4. Reactivos.....	12
2.3. Métodos de análisis.....	13
2.3.1. Características fisicoquímicas del pulido de arroz, concentrado proteico y encubrimiento comestible.....	13
2.3.2. Sabor.....	14
2.3.3. Análisis sensorial de la película comestible.....	15
2.3.4. Análisis Microbiológico.....	15
2.4. Metodología experimental.....	15
2.4.1. Caracterización fisicoquímica del pulido de arroz.....	15
2.4.2. Cuantificación del concentrado proteico.....	20
2.4.3. Obtención de la película comestible.....	21
2.4.4. Pruebas finales y caracterización del concentrado proteico y el recubrimiento comestible.....	24
2.5. Diseño experimental.....	24
2.5.1. Diseño experimental para establecer la variedad y el tipo de pulido con la mayor cantidad de proteína.....	24
2.5.2. Diseño experimental para la obtención del concentrado proteico de pulido de arroz.....	25
2.5.3. Diseño experimental en la etapa de obtención la película comestible.....	27

2.6.	Análisis estadístico.....	28
2.6.1.	Análisis estadístico para establecer la variedad y el tipo de pulido con la mayor cantidad de proteína.....	28
2.6.2.	Análisis estadístico para determinar el mejor tratamiento en la obtención del concentrado proteico de pulido de arroz	28
2.6.3.	Análisis estadístico en la etapa de obtención la película comestible.....	29
III.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	30
3.1.	Antecedentes.....	30
3.2.	El pulido de arroz.....	34
3.1.1.	Morfología de la semilla del arroz.....	35
3.1.2.	Descripción del proceso de pilado del arroz.....	36
3.2.1.	Variedades de arroz.....	40
3.2.2.	Valor nutricional.....	41
3.3.	Proteína del pulido de arroz.....	42
3.3.1.	Calidad proteica.....	42
3.3.2.	Métodos de extracción de proteína.....	43
3.4.	Hidrólisis enzimática.....	45
3.5.	Propiedades funcionales y nutricionales.....	51
3.6.	Películas y cubiertas comestibles.....	53
3.7.	Permeabilidad, solubilidad, resistencia a la tensión y el alargamiento de películas.....	56
3.8.	Aditivos en la película.....	58
IV.	RESULTADOS.....	60
4.1.	Pruebas preliminares para la obtención del concentrado proteico	60
4.1.1.	Caracterización del salvado de arroz.....	60
4.1.2.	Extracción y solubilización de proteínas para optimizar el mejor tratamiento.....	62
4.1.3.	Cuantificación del concentrado proteico para optimizar el mejor tratamiento.....	65
4.2.	Obtención definitiva del concentrado proteico de salvado de arroz	67
4.2.1.	Proceso de Obtención del concentrado Proteico	67

4.2.2.	Balance de materia y rendimiento.....	69
4.2.3.	Análisis de costos para la obtención del concentrado proteico.....	70
4.3.	Elaboración de la película comestible.....	74
4.3.1.	Pruebas físicas para optimizar el mejor tratamiento.....	74
4.3.2.	Elaboración definitiva del recubrimiento comestible.....	83
4.3.3.	Caracterización de la película comestible.....	84
V.	DISCUSIÓN.....	86
5.1.	Pruebas preliminares para la obtención del concentrado proteico	86
5.1.1.	Caracterización del salvado de arroz.....	86
5.1.2.	Extracción y solubilización de proteínas para optimizar el mejor tratamiento.....	88
5.1.3.	Cuantificación del concentrado proteico para optimizar el mejor tratamiento.....	90
5.2.	Obtención definitiva del concentrado proteico de salvado de arroz	91
5.2.1.	Proceso de Obtención del concentrado Proteico.....	91
5.2.2.	Balance de materia y rendimiento.....	95
5.2.3.	Análisis de costos para la obtención del concentrado proteico.....	95
5.3.	Elaboración de la película comestible.....	97
5.3.1.	Pruebas físicas para optimizar el mejor tratamiento.....	98
5.3.2.	Elaboración definitiva del recubrimiento comestible.....	100
5.3.3.	Caracterización de la película comestible.....	102
	CONCLUSIONES.....	104
	RECOMENDACIONES.....	106
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	107
	ANEXOS.....	114

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1.	Codificación de muestras.....	19
2.	Concentraciones para la elaboración de la curva patrón de serina.....	20
3.	Concentraciones para cada sabor básico.....	21
4.	Relaciones de composición para soluciones formadoras de recubrimiento comestible.....	22
5.	Contenido aproximado de proteína del arroz con cáscara y sus fracciones de molienda.....	36
6.	Posibles Propiedades Funcionales de las Películas o Cubiertas Comestibles.....	54
7.	Caracterización física y rendimientos de las variedades de arroz INIA 509, INIA 507 y Capirona INIA.....	60
8.	Caracterización fisicoquímica de las fracciones de pulido.....	61
9.	Prueba de Duncan para análisis de factor pulido y variedad.....	61
10.	Contenido de proteína total en los productos finales de la etapa de extracción y solubilización.....	64
11.	Resultados grado de hidrólisis.....	65
12.	Caracterización del concentrado proteico.....	66
13.	Perfil de sabor del concentrado proteico.....	67
14.	Balance de materia y rendimiento en la obtención del concentrado proteico de salvado de arroz.....	69
15.	Ficha técnica del hidrolizado enzimático del concentrado proteico	71
16.	Resumen de la inversión total para la implementación del proyecto.....	71
17.	Resumen de la inversión fija para la implementación del proyecto	72
18.	Rubros considerados para determinar el capital de operación....	72
19.	Determinación del costo unitario del concentrado de proteína....	73
20.	Rubros considerados para determinar el punto de equilibrio.....	73
21.	Valor actual neto y tasa interna de retorno.....	74



22.	Optimización de la respuesta para minimizar la solubilidad de la película comestible con valor óptimo de 9,76461 °Brix.....	74
23.	Optimización de respuesta para minimizar la permeabilidad de la película comestible con valor óptimo de 4,97406 g/m <sup>2</sup> día mm Hg	76
24.	Optimización de respuesta para maximizar fuerza de rompimiento con valor óptimo de 4517,43 gramos fuerza.....	78
25.	Optimización de respuesta para maximizar la elongación con valor óptimo de 10,6417 mm.....	80
26.	Optimización de respuesta para maximizar el color (luminosidad) con valor óptimo de 92,0781 de luminosidad (Lb).....	81
27.	Características fisicoquímicas de la película comestible.....	84
28.	Análisis microbiológico.....	84
29.	Prueba de significación de Tukey para la aceptación de la película comestible en base a la calificación realizada por los panelistas.....	85

## **Anexo**

1.	Preparaciones enzimáticas utilizadas en el procesado de alimentos.....	115
2.	Clasificación de las endoproteasas.....	116
3.	Contenido de PNA en diferentes tipos de cereales (% de materia seca).....	117
4.	Método de Biuret.....	117
5.	Curva patrón de serina.....	120
6.	Grado de hidrolisis.....	123
7.	Contenido de proteínas (BSA) según el tiempo, las muestras y los tratamientos.....	125
8.	Comprobación de requisitos del ANVA para concentración de proteínas BSA (MG/ML).....	126
9.	Formato para prueba umbral de sabores básicos.....	127
10.	Formato para prueba de perfil de sabor.....	128
11.	Datos obtenidos para la solubilidad (% de masa perdida) de la película.....	129

12.	Datos obtenidos para la permeabilidad al vapor de agua de la película (g/m <sup>2</sup> día mm Hg).....	129
13.	Datos obtenidos para la fuerza extensible o de rompimiento de la película (gramos fuerza).....	130
14.	Datos obtenidos para la elongación de la película (mm).....	130
15.	Datos obtenidos para el color (luminosidad) de la película.....	131
16.	Detalle de los rubros considerados para la inversión.....	132
17.	Detalle del capital de operación.....	133
18.	Detalle de los costos de producción y gastos de financiamiento..	134
19.	Análisis de varianza para proteínas en fracciones de pulido.....	134
20.	Análisis de varianza para concentrado de proteína.....	134
21.	Análisis de varianza para solubilidad de la película comestible...	135
22.	Análisis de varianza para permeabilidad al vapor de agua de la película comestible.....	135
23.	Análisis de Varianza para fuerza de rompimiento de la película comestible.....	136
24.	Análisis de Varianza para elongación de la película comestible..	136
25.	Análisis de Varianza para color (luminosidad) de la película comestible.....	137
26.	Análisis de Variancia para el bouquet de la película comestible de polvillo de arroz.....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Diagrama de flujo tentativo para la obtención de una película comestible a partir del concentrado proteico de pulido de arroz....	23
2.	Diseño experimental para la determinar la mejor variedad y el mejor pulido en función a la cantidad de proteína.....	25
3.	Diseño experimental para la determinar del mejor tratamiento para obtener concentrado proteico de pulido de arroz, en función del tiempo, tipo de sustrato y tipo de hidrolisis.....	26
4.	Diseño experimental para la obtención de un recubrimiento comestible del concentrado proteico de pulido de arroz.....	27
5.	Productos de la molienda del arroz y sus rendimientos.....	34
6.	Partes constitutivas del grano o semilla de arroz.....	35
7.	Diagrama de flujo del proceso industrial de pilado del arroz.....	37
8.	Representación esquemática de la estructura de una enzima.....	46
9.	Formación de complejo enzima-sustrato (es).....	46
10.	Estructura de los carbohidratos.....	49
11.	Efectos antinutricionales de los AX.....	50
12.	Gráfico de medias para el contenido proteico entre tipo de pulido y variedades del pulido de arroz.....	62
13.	Contenido proteico en pulido de arroz desgrasado por tratamiento	62
14.	Contenido proteico en pulido de arroz sin desgrasar por tratamiento.....	63
15.	Gráfica de medias de tratamientos para proteína.....	63
16.	Gráfica de medias de tipo de sustrato para proteína (BSA).....	64
17.	Gráfica de medias de tiempo de incubación para proteína.....	64
18.	Extracto proteico liofilizado.....	65
19.	Curva de grado de hidrólisis de pulido de arroz sin desgrasar por la vía alcalina a 180 minutos.....	66
20.	Gráfica perfil de sabor de concentrado proteico.....	67

21.	Diagrama de flujo del proceso de obtención del concentrado proteico del salvado de arroz.....	68
22.	Balance de materia del proceso de obtención del concentrado proteico del salvado de arroz.....	70
23.	Gráfica de efectos principales para solubilidad.....	75
24.	Superficie de respuesta estimada de la solubilidad.....	75
25.	Contornos de la superficie de respuesta estimada de la solubilidad	75
26.	Gráfica de efectos principales para permeabilidad de la película comestible.....	76
27.	Superficie de respuesta estimada de la permeabilidad de la película comestible.....	77
28.	Contornos de la superficie de respuesta estimada de la permeabilidad de película comestible.....	77
29.	Gráfica de efectos principales para fuerza extensible de la película comestible.....	78
30.	Superficie de respuesta estimada de la fuerza extensible de la película comestible.....	79
31.	Contornos de la superficie de respuesta estimada de la fuerza extensible de película comestible.....	79
32.	Gráfica de efectos principales para elongación de la película comestible.....	82
33.	Superficie de respuesta estimada de la elongación de la película comestible.....	82
34.	Contornos de la superficie de respuesta estimada de la elongación de película comestible.....	81
35.	Gráfica de efectos principales para color (luminosidad) de la película comestible.....	82
36.	Superficie de respuesta estimada del color (luminosidad) de la película comestible.....	82
37.	Contornos de la superficie de respuesta estimada del color (luminosidad) de la película comestible.....	82

38.	Diagrama de flujo para la obtención de una película comestible a partir del concentrado proteico del pulido de arroz.....	83
-----	---	----

## RESUMEN

Uno de los cultivos más extenso y de mayor consumo en el Perú es el arroz (*Oryza sativa* L.), siendo uno de sus principales subproductos el pulido de arroz, que no tiene un uso definido, que fue utilizado para obtener un concentrado proteico de excelente calidad nutricional y funcional.

Se caracterizó el pulido de las variedades de arroz INIA 509, INIA 507 y Capirona INIA, de mayor cultivo y consumo en la Región San Martín, para ver la influencia de la variedad y grado de pulido sobre el contenido proteico. El sustrato de la variedad INIA 507 con y sin grasa tuvo mayor contenido de proteínas.

En la hidrólisis proteica se realizó en la primera etapa una extracción y solubilización aplicándose la extracción alcalina y enzimática para cada sustrato; en ambos casos se trabajó con una relación pulido de arroz/buffer de (1/5) y bajo condiciones controladas de pH, temperatura y tiempo, en la extracción enzimática se trabajó con xilanasas, siendo las mejores condiciones de extracción el sustrato desgrasado por método alcalino a 120 minutos, obteniéndose un extracto con un  $61,86 \pm 3,09\%$  de proteína total. En la segunda etapa se hace la hidrólisis enzimática de proteínas con una proteasa bacteriana sobre el extracto proteico obtenido en la primera etapa.

En el concentrado proteico, se obtuvo 73% de proteína total y 51% de nitrógeno soluble, en un tiempo óptimo de 180 minutos por el método alcalino, presentando sensorialmente, un sabor ligeramente ácido y salado, y un dulzor casi imperceptible.

La etapa final del trabajo consistió en elaborar la película comestible partiendo del concentrado proteico del pulido de arroz cuyo proceso: acopiado; acondicionado y dispersado; mezclado; ajustado de pH; calentado; enfriado; extendido o rociado; secado; despegado; empackado.

Las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la película orgánica comestible fueron: proteínas 75,00%; grasa 1,10%; fibra

5,01%; ceniza 9,22%; humedad 6,80%; compuestos no nitrogenados 17,10%; solubilidad 9,76461°Bx; permeabilidad al vapor de agua 4,97406 g/m<sup>2</sup> día mm Hg; fuerza de rompimiento 4517,43 gramos fuerza; elongación 10,6417 mm; color (luminosidad) 6,46296 puntos. Los análisis microbiológicos fueron: total <100ufc/g; levaduras <10ufc/g; mohos <10ufc/g; Salmonella ausencia; Otros patógenos ausencia. Para la aceptabilidad del producto terminado solo se evaluó el bouquet de la película observándose que la calificación es homogénea en 9 panelistas de los 11 quienes califican desde 3,6667 hasta 4,6667 que corresponde a gustar el producto lo que nos permite afirmar que nuestra película comestible obtenida es aceptada por el consumidor.

## ABSTRACT

One of the cultivations plus wide and of bigger consumption in the Peru is the rice cultivation (*Oryza sativa* L.) being one of his main byproducts the polished of rice, that a defined use, does not have, that was used to obtain a protean excellent nutritional quality concentrate and functional.

He characterized the polished of the rice varieties INIA 509, INIA 507 and Capirona INIA, bigger cultivation and consumption in the Region San Martín, seeing the influence of the variety and grade of polished on the protean content stops. The substratum of the INIA 507 variety with and without grease had bigger protein content.

In the protean hydrolysis he was realized in the first stage an extraction and being applied the alkaline extraction and enzymatic for each substratum solubilization; in both cases he worked one with a relation polished of rice/ buffer of (1/5) and on approval controlled of pH, temperature and time, in the enzymatic extraction worked one with xilanasa, being the best ones conditions of extraction the substratum decreased by method alkaline at 120 minutes, obtaining one excerpt with a  $61,86 \pm 3,09\%$  as total protein. In the second stage the enzymatic hydrolysis of proteins with a bacterial protease on the obtained protean excerpt in the first stage is made.

In the protean concentrate, obtained one 73% of total protein and 51% of soluble nitrogen in an optimal time of 180 minutes by the alkaline method, presenting sensorily a salted lightly acid and taste, and an almost imperceptible sweetness.

The work final stage consisted of elaborating the edible film departing of the protean concentrate of the polished one from rice whose process: Gathered; conditioned and dispersed; mixed; fitted of pH; been warm; gotten cool; extended or sprayed; dried; detached; baled.

The microbiological sensory and physicist chemical features Of the edible organic film they went: Proteins 75,00%; greasy 1,10%; fibre 5,01%; ash



9,22%; humidity 6,80%; compound not nitrogenous 17,10%; solubility 9,76461 °Bx; steam permeability 4,97406 g/m<sup>2</sup> day mm Hg; he forces of shattering 4517,43 grams force; elongation 10,6417 mm; color (luminosity) 6,46296 points. The analyses microbiological they went: Total < 100ufc/g; < 10ufc/g yeasts; < 10ufc/g rusts; Salmonella absence; another pathogens absence. For the alone final good acceptability, the product what allows us to state that our obtained edible film is accepted by the consumer assessed the bouquet of the homogeneous film it being observed that the qualification is in 9 judges of the 11 who qualify from 3,6667 until 4,6667 that tallies to like.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector agropecuario siempre ha constituido un sector importante para el desarrollo económico del país. Según cifras oficiales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reportó que al mes de junio de 2015 la producción de sector agropecuario se incrementó en 8,13 por ciento, en comparación con el mismo mes del 2014, debido al comportamiento positivo de los subsectores agrícola y pecuario en 9,04 y 6,13 por ciento, respectivamente. Contribuyeron con el resultado del sector, la mayor producción de arroz cáscara (49,40%), café (11,36%), palta (14,32%), maíz amarillo duro (9,91%), espárrago (6,32%), papa (4,40%), cacao (3,08%) y caña de azúcar (1,93%), así como a las mayores superficies sembradas, disponibilidad del recurso hídricos y factores climático que favorecieron el rendimiento de estos cultivos, como vemos, en dicho sector, el arroz ha sido un componente clave, debido a que es uno de los cultivos más extensos a nivel nacional con alrededor de 390 000 hectáreas sembradas, con un aumento de casi el triple en área de producción, constituyéndose en un producto de consumo masivo.

A partir del pilado del arroz se obtienen subproductos industriales como el arroz partido y el pulido de arroz, este último más conocido en nuestro medio como polvillo o salvado, los cuales no poseen un alto valor comercial por su escasa funcionalidad. Sin embargo, a partir de estos residuos agroindustriales se pueden obtener ingredientes que, presentando buenas propiedades nutricionales y funcionales, constituyan un aporte para nuestra industria alimentaria.

Según la FAO el crecimiento demográfico hasta el 2030 triplicará la población de 1965, y aumentará de un 59% la población actual. Por tanto, el incremento en la producción de alimentos tendrá que realizarse en función de mejorar la tecnología y aprovechar los recursos disponibles, que en nuestro país son en su mayoría agrícolas.

El arroz, a diferencia de otros cereales, se consume como grano (arroz blanco), que es el resultado de un proceso de elaboración en el que se desprenden por fricción, la cascarilla, las cubiertas externas de la cariósida (salvado) y el germen; estos dos subproductos juntos constituyen el pulido de arroz que ocupan aproximadamente de un 11,3 a 14,9 % del arroz entero.

En el Perú, el pulido de arroz se lo ha destinado a la alimentación de animales y fertilización de suelos; desaprovechando así el valioso contenido de nutrientes que aún quedan en este desperdicio de bajo valor añadido, pero que podría aprovecharse para la obtención de productos de alto valor como los concentrados e hidrolizados proteicos.

Este subproducto del arroz, en la actualidad salvo algunas excepciones, no es utilizado en la alimentación humana, sino que por el contrario se le dan otros usos como, la elaboración de piensos (alimentación animal), la preparación de sustrato para el crecimiento de lombrices (obtención de humus), como material combustible (generar calor), e incluso se le considera en algunos lugares como residuos que se vierten en los ríos.

El pulido de arroz comercial contiene 11,5-17,2% de proteína, 12,8-29,6% de grasa, 6,2-31,5% de fibra (de la cual el 1,9-2,5% es fibra alimentaria soluble) y 8,0-17,7% de cenizas. El contenido de almidón del salvado oscila entre el 10 y el 55%, dependiendo del grado de extracción. Con una cantidad importante de vitaminas como, Tiamina, Riboflavina y Niacina y minerales como, Calcio, Hierro, Magnesio y Fósforo, lo que le da un gran valor nutritivo, siendo notable en comparación con el arroz blanco.

En general, las proteínas representan uno de los principales componentes de los alimentos, por su aporte nutricional, al ser una importante fuente de energía, nitrógeno y aminoácidos esenciales para el ser humano. Por tanto, los requerimientos nutricionales de la población son cada vez más exigentes en cuanto al aporte proteico en su alimentación, requiriendo nuevas fuentes para su consumo; como es el caso de las personas ancianas, deportistas, hospitalizados, y alérgicos a la proteína de la leche de vaca.

La obtención de hidrolizados proteicos ha cobrado mucho interés en los últimos años pues muchas investigaciones se han centrado en su estudio,

debido a la creciente demanda de alimentos más saludables, y en el interés del aprovechamiento de fuentes proteicas alternativas.

El pulido de arroz (PA) presenta un contenido de proteínas entre 11,5-17,2%, que para ser de origen vegetal es elevado, además es hipoalergénica y de alta digestibilidad (HELM & BURKS, 1996). Lo cual puede contribuir a mejorar la salud de las personas con alergias alimentarias, al tomar dietas constituidas por hidrolizados proteicos hipoalergénicos; lo que, a su vez, añade variedad a sus dietas restringidas. Por tanto, se adapta a las actuales demandas en el mercado de alimentos que se consuman como parte de una dieta normal, pero que a su vez ofrezcan mejoría a la salud del consumidor.

El enfoque de este trabajo es darle un valor agregado a la proteína del salvado de arroz porque no ha sido utilizado en su potencial, y de esta manera poder contribuir con la revalorización de este subproducto, mediante el desarrollo de un nuevo producto, constituyéndose en un alimentos más sano, nutritivo y con nuevas funciones que beneficien a los productores de arroz que se encuentran ubicados mayoritariamente en las Regiones de San Martín, Ucayali y Loreto, con el aprovechamiento a gran escala del pulido de arroz como una película comestible.

Por otro lado, en los últimos treinta años se ha desarrollado varias investigaciones acerca del uso de películas y cubiertas comestibles, para prolongar la vida útil y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y manufacturados. Una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, se han utilizado ya sea solos o formando mezclas, para producir estas películas orgánicas.

La gran producción de arroz en el ámbito mundial y porque no decirlo en el Perú, ocasiona grandes cantidades de pulido de arroz como un subproducto de la industria arrocera, cuya utilización casi integral puede ser solucionado al obtener concentrados proteicos que sean el ingrediente principal para fabricar recubrimientos orgánicos comestibles, que puedan ser empleadas en la industria alimentaria de diferentes maneras, siendo la más representativa su utilización como empaque comestible.

La obtención de un recubrimiento comestible a partir del concentrado proteico del polvillo de arroz establecerá una tecnología propia y novedosa que contribuirá que un gran porcentaje de este subproducto, no sólo se continúe utilizando como piensos, sustratos biotecnológicos y material combustible.

Los componentes del pulido de arroz básicamente, las proteínas permitirán la obtención de un recubrimiento comestible de naturaleza heterogénea con propiedades funcionales diversas, especialmente relacionados a las propiedades de barreras de la película. La utilización de este recubrimiento comestible como empaque, radicará en su capacidad para actuar como un coadyuvante en la mejora de la calidad de alimentos, al extender su vida útil.

Estos recubrimientos podrán ser consumidos con el producto empacado no dejando empaque residual para ser eliminado. Aún si las películas no son consumidas ellas todavía podrán contribuir a la reducción de la contaminación ambiental, ya que se degradarán más fácilmente que los materiales poliméricos sintéticos.

Los recubrimientos también podrán ser usados en los materiales de empaque de alimentos multicapa, junto con películas no comestibles, donde las primeras estarán en contacto con el alimento. En “alimentos heterogéneos” (contienen 2 ó más alimentos simples diferentes) podrán cumplir el papel de interface, separando estos alimentos para prevenir el intercambio de humedad y migración de solutos.

La utilización del pulido de arroz como materia prima para la obtención de un concentrado proteico y para la elaboración de los recubrimientos propuestos, incrementará con el valor agregado del arroz, contribuyendo a mejorar la calidad de vida del productor y de su comunidad, repercutiendo en el mejoramiento económico de la región productora y del país en general. Por lo mencionado, mediante esta investigación se espera alcanzar los siguientes objetivos:

- Obtener un concentrado proteico a partir del pulido de arroz que más se adapte a la región selvática con excelentes propiedades nutritivas y utilizarlo en elaborar una película orgánica comestible.

- Establecer diferencias en la composición proximal de las fracciones del pulido provenientes de tres variedades peruanas adaptadas a la región selvática
- Determinar diferencias significativas en cuanto al porcentaje de proteína entre variedades y pulidos, a través de un análisis de varianza (ANVA), para así escoger la muestra con el mayor porcentaje de proteína que servirá como sustrato en la obtención del concentrado proteico para elaborar la película comestible.
- Aplicar dos métodos de extracción de proteína: alcalino y enzimático, en la obtención de extractos con alto contenido de proteína.
- Establecer el tiempo óptimo para la hidrólisis proteica del extracto obtenido a partir del sustrato escogido.
- Caracterizar fisicoquímica y sensorialmente el concentrado proteico obtenido.
- Determinación de los parámetros óptimos para la obtención de una película orgánica comestible.
- Evaluación de las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la película orgánica comestible obtenida.

## **II. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de Lima, distrito de La Molina en el laboratorio de Ingeniería de los alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina y en Tingo María situado a 680 msnm, entre las coordenadas geográficas 75° 53' 00" Longitud Oeste y 09° 18' 00" Latitud Sur, en la Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en la Planta Piloto de frutas y Hortalizas todos ellos en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

### **2.2. Materiales**

#### **2.2.1. Materia prima**

Para el desarrollo de esta investigación se trabajó con semillas registradas de tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L.): INIA 509, INIA 507 y Capirona INIA. La Estación Experimental El Porvenir del INIA Tarapoto en la Región San Martín, nos donó 45 kg de cada variedad, las cuales fueron cosechadas entre los meses de febrero y mayo; y estuvieron almacenadas en cámaras de refrigeración a una temperatura de 14°C aproximadamente, garantizando un buen acondicionamiento del grano.

#### **2.2.2. Insumos**

Se utilizaron los siguientes insumos:

- Agua destilada
- Etanol al 95%
- Glicerol.

### 2.2.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Determinador de impurezas de granos
- Descascarador de arroz FC2K
- Pulidor continuo o temporizado RICEPAL U32
- Nivelador de pulimento
- Medidor de humedad GAC 2100
- Medidor de blancura Kett C-300
- Espectroscopio de Infrarrojo Cercano marca FOSS NIR Systems Type 461046
- Agitador-incubadora modelo Innova 40, marca New Brunswick Scientific
- Incubadora
- Balanza de precisión, modelo sartorius, cap. 0-600g. (Alemania).
- Balanza analítica, marca OHAUS, modelo AP2105, Cap 0-210g (USA).
- Potenciómetro para medir el pH, marca Orión Research, modelo 301 - USA.
- Espectrofotómetro, marca Bacish y Lomb. USA.
- Centrífuga, marca Baudapesti Begyipari Gépypari, 300 rpm Hungría.
- Refractómetro, marca CARLZEISS IENA, modell I, Hungría.
- Estufa, marca Lab - Line, modelo 3510. Hungría.
- Mufla, marca Labor Muszeripari Muvek Esztergom, T 0-1200 C, Hungría.
- Juego de tamices, marca Analysensieb Eckhard 5657 HAAN. Germany 40, 60, 120.
- Bomba de vacío, marca Labor Musketipari Muvek Esztergom, Hungría.
- Molino eléctrico, marca Thomas - Willy - Laboratory Mill. Modelo 4, Thomas Scientific. USA.
- Licuadora eléctrica, marca Oster, 4 velocidades - Perú.



- Termómetro, marca Chem. T 10 -150 C. Alemania.
- Vibroterm, marca Labor Muszeripari Muvek Esztergom, con termómetro, vibrador y baño maría incorporado, Hungría.
- Material de Vidrio diversos; balones, matraces, pipetas, fiolas, vasos de precipitados, probetas, tubos de prueba y otros.

#### **2.2.4. Reactivos**

- Enzimas Xilanas VERON® 292
- Enzimas Proteasa VERON® HPP
- Hexano
- Buffer citrato
- Buffer fosfato 0,1M
- Ortoftaldialdehido (OPA)
- Buffer NaCl 0,1 M
- Acido 2,4 - Dinitrilfenol p. a.
- Tartrato de sodio y potasio p. a.
- Cloruro de Calcio q. p.
- Ácido cítrico q. p.
- Hidróxido de sodio p. a.
- Ácido clorhídrico p. a.
- Fosfato monosódico
- Fosfato disódico
- Carbón activado p. a.
- Acetato de sodio p. a.
- Cloruro de sodio p. a.

## **2.3. Métodos de análisis**

### **2.3.1. Características fisicoquímicas del pulido de arroz, concentrado proteico y recubrimiento comestible**

#### **Humedad**

A través del método de la estufa a 105°C. AOAC (2001)

#### **Ceniza**

A través del método por calcinación a 600°C. AOAC (2001)

#### **Proteína**

Empleando el método micro Kjendahl, considerando 5,95 como factor de conversión del nitrógeno a proteína. AOAC (2001) y ARAULLO (2004)

#### **Fibra**

Aplicando el método de hidrólisis e ignición posterior. AOAC (2001)

#### **Grasa**

Empleando el método Soxhlet. AOAC (2001)

#### **Carbohidratos**

Por diferencia de los análisis anteriores. AOAC (2001)

#### **pH**

Se utilizó el método para muestras sólidas, diluyendo en agua bidestilada. AOAC (2001)

**Acidez total**

Se hizo dilución para muestras sólidas, diluyendo en agua bidestilada. AOAC (2001)

**Sólidos solubles**

Empleando el método refractométrico AOAC (2001)

**Densidad**

Se efectuó por diferencia de volumen de una masa conocida al sumergirlo en agua desde un  $V_1$  hasta  $V_2$ . (NOLL, 2002)

**La solubilidad de la película (total de la materia soluble)**

Se utilizó el método modificado de STUCHELL y KROCHTA (1994) que fue usado para medir la solubilidad de la película de proteína de maní.

**Permeabilidad al vapor de agua (PVA)**

Se evaluó por la ganancia de peso de un producto considerando el espesor de la película comestible, el área superficial del producto y la presión atmosférica (MC-HUGH y KROCHTA, 2003)

**La fuerza extensible (FE) y la elongación (E)**

La medición de la fuerza extensible se realizó por el método que recomienda la ASTM (1993) relacionados con los métodos de pruebas estándar para determinar las propiedades de la tensión de películas plásticas.

**2.3.2. Sabor**

Para determinar el sabor del concentrado proteico obtenido se realizó un perfil de sabor con la ayuda de diez panelistas, los cuales fueron entrenados mediante una prueba de umbral con escala de 2 a 6 de los cuatro sabores básicos: dulce, amargo, ácido y salado (BERMÚDEZ y ROZO, 2003)

### **2.3.3. Análisis sensorial de la película comestible**

La película comestible obtenida fue evaluada organolépticamente por 13 panelistas semientrenados, quienes evaluaron apariencia, color (relacionado con la transparencia), sabor y olor. Esta evaluación se hizo a través de una escala hedónica de 7 puntos.

### **2.3.4. Análisis microbiológico**

- Determinación de bacterias aerobias mesófilas viables (gérmenes viables) mediante recuento de placas.
- Determinación de coliformes, empleando al recuento de placas.
- Determinación de hongos (mohos y levaduras), por el método de recuento de placas y micro cultivos en cámaras húmedas.

## **2.4. Metodología experimental**

La parte experimental de la investigación se realizó a nivel de laboratorio, la cual comprendió cuatro etapas: La primera que fue la caracterización físico químico y microbiológico de la materia prima; la segunda que fue la obtención de la harina desgrasada de polvillo de arroz, la tercera que fue la obtención de la película y finalmente la cuarta que fueron las pruebas definitivas donde se incluye la caracterización de la película comestible.

### **2.4.1. Caracterización fisicoquímica del pulido de arroz**

#### **Caracterización física del arroz con cáscara (paddy)**

Se caracterizó el arroz con cascara (paddy) que fue utilizado en la obtención del pulido de arroz, con el fin de tener un proceso estandarizado. Para establecer los requisitos que debió cumplir en cuanto a su caracterización física se utilizó como referencia la norma INEN 0186.

Se determinó la humedad, temperatura y densidad del arroz paddy de las variedades estudiadas; para lo cual se usó un analizador de

grano marca DICKEY-JOHN, modelo GAC 2100, donde los resultados de la prueba se calcularon automáticamente, estas mediciones se las realizó por triplicado para poder tener datos más confiables.

Para el control del proceso de pulido se evaluó los parámetros descritos a continuación:

- **Blancura del arroz:** Se obtuvo mediante un equipo marca KETT modelo C-300; el cual funciona bajo el principio del índice de reflectividad de la superficie al reflejarse la luz de una fuente por la superficie de la muestra, la cantidad de luz reflejada por la muestra crea una corriente eléctrica que pudo ser leída en el equipo. El índice de blancura reflejado que produce la quema de óxido de magnesio fino fue leído como 100, las lecturas son divididas en números hasta 100 (EDIAGRO).
- **Rendimientos:** Se determinó el porcentaje de los rendimientos de los subproductos de la etapa de pilado para cada variedad de arroz, mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Tamo \%} = \frac{\text{g tamo}}{\text{g paddy}} \times 100\%$$

$$\text{Arroz integral \%} = \frac{\text{g arroz integral}}{\text{g paddy}} \times 100\%$$

$$\text{Arroz Blanco \%} = \frac{\text{g arroz blanco}}{\text{g paddy}} \times 100\%$$

$$\text{Pulido de Arroz \%} = \frac{\text{g SA pulido 1 y 2}}{\text{g paddy}} \times 100\%$$

En cuanto a los requisitos físicos químicos que debió cumplir el pulido de arroz se tomó como referencia la norma INEN 1690. En el pulido de arroz se determinó por triplicado humedad, cenizas, fibra digerible ácida, fibra digerible neutra, grasa y proteína a través de un análisis NIR (Espectroscopia de Infrarrojo Cercano) en un equipo marca FOSS NIR Systems Type 461046.

Luego, por medio del programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION versión 16.0 se realizó un análisis de varianza de los datos obtenidos para cada variedad y fracción de pulido en función del contenido de

proteína; con el fin de establecer la fracción de la variedad que tenga el contenido más alto, el cual se usó como sustrato para la obtención del concentrado proteico.

Como factores o variables independientes se consideraron: variedad de arroz: INIA 590, INIA 507 y Capirona INIA; fracción de pulido: Pulido grado 1 y grado 2.

La variable respuesta fue el contenido de proteína expresado en BSA (mg/ml)

### **Hidrólisis enzimática**

#### **- Pretratamiento del sustrato**

Para la hidrólisis, se trabajó con dos tipos de sustratos: pulido de arroz sin desgrasar y desgrasado.

El desgrasado del pulido de arroz se realizó en base al método de (WANG *et al*, 1999) modificado, donde se mezcló pulido más hexano en una relación de (1:3) por un tiempo de 30 minutos con agitación constante a 250 rpm. Se le dejó en reposo por 24 horas en un matraz hermético y protegido de la luz. Posteriormente, se filtró la mezcla en papel cualitativo y el residuo se colocó en cajas Petri y se llevó a secar a 35°C por un tiempo de 30 minutos para evaporar el hexano remanente. Las muestras secas fueron almacenadas en bolsas ziploc a -20°C.

#### **- Condiciones de hidrólisis**

El proceso de hidrólisis se realizó en dos etapas. La primera correspondió a una extracción y solubilización de proteínas, donde el objetivo fue liberar la mayor cantidad de proteínas del resto de componentes no proteicos del sustrato y posteriormente solubilizarla en medio alcalino para finalmente extraerla por centrifugación y lavados con agua ajustada a su punto isoeléctrico, esta etapa se realizó utilizando un método alcalino y enzimático.

La segunda etapa fue la hidrólisis enzimática de proteínas, donde el objetivo fue obtener un extracto más puro rico en péptidos y dipéptidos. El procedimiento se presenta a continuación:

- **Extracción y solubilización**

En la Figura 3 del diseño experimental se muestra un diagrama de la metodología de experimentación que se empleó para definir las condiciones óptimas de esta primera fase de extracción y solubilización de proteínas.

Como se aprecia para cada sustrato desgrasado (D) y sin desgrasar (SD) se realizó la extracción de proteínas a través de un tratamiento alcalino (A) y enzimático (E) por un tiempo total de 300 minutos, donde se tomó cada 60 minutos una alícuota que fue analizada por el método de Biuret.

Método alcalino: Se mezcló el pulido de arroz con agua destilada en una relación de (1:5) y se ajustó el pH a 9,5 con NaOH 1N. Luego se incubó a una temperatura de 40°C con agitación continua en un agitador-incubador modelo Innova 40, marca New Brunswick Scientific; hasta obtener la máxima cantidad de proteínas en la reacción, tomando alícuotas cada 60 minutos; las mismas que se centrifugaron a 10000 rpm por 20 minutos a 10°C.

Al sobrenadante se midió proteína total por el método de Biuret. La parte restante del sobrenadante se lo llevó a punto isoeléctrico ajustando su pH a 4,5 con HCl 1N, una vez llegado a este pH se dejó reposar en frío y luego se centrifugó a 10°C por 20 minutos a una velocidad de 10000 rpm. Finalmente se retiró el precipitado y se lo almacenó a -20°C hasta su posterior liofilización.

Método enzimático: Para la extracción por método enzimático se procedió como en el caso anterior, con la diferencia de que el pulido de arroz se mezcló con buffer citrato en una relación de (1:5), se acondicionó la mezcla a 40°C para luego agregar la enzima Xilanasa (VERON® 292) al 1% en relación con el sustrato y se siguió incubando a dicha temperatura.

En esta etapa, las muestras fueron identificadas para posteriormente realizar el hidrólisis enzimático de proteínas, de acuerdo al Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Codificación de muestras.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
DA	Pulido de arroz desgrasado por método alcalino
SDA	Pulido de arroz sin desgrasar por método alcalino
DE	Pulido de arroz desgrasado por método enzimático
SDE	Pulido de arroz sin desgrasar por método enzimático

Fuente: CHURCH et al, (1983)

- **Hidrólisis enzimática de proteínas**

Se mezcló extracto proteico liofilizado con buffer fosfato 0,1M pH 9 en una relación de (1:5), se acondicionó la mezcla a 40°C para luego agregar la enzima Proteasa (VERON® HPP) al 1% en relación al sustrato y se siguió incubando a dicha temperatura con agitación constante hasta obtener el mayor grado de hidrólisis en la reacción. Una vez cumplido el tiempo óptimo de incubación, se llevó a baño María a 90°C para inactivar enzimas y finalmente se centrifugó a 10000 rpm por 20 minutos a 10°C, separando el sobrenadante que se llevó a liofilizar (CHURCH *et al*, 1983)

- **Grado de hidrólisis**

El grado de hidrólisis (GH) tuvo como objetivo medir los enlaces peptídicos rotos en relación con la proteína original por medio de la acción de la enzima en el método empleado. Se utilizó la técnica descrita por (CHURCH *et al*, 1983), la cual se basó usando Ortoftaldialdehido (OPA).

Se comparó la absorbancia obtenida con una curva patrón de Serina donde se determinó la cantidad de grado de hidrólisis, para cada muestra, mediante la interpolación de estos valores en la curva patrón y despejando los valores respectivos de x de ecuación de la recta

$$(y = mx + b)$$



**Cuadro 2.** Concentraciones para la elaboración de la curva patrón de serina.

<b>Tubo</b>	<b>Serina (µl)</b>	<b>H2O destilada (µl)</b>	<b>Concentración (µg/ ml)</b>
A	0	1000	0
B	150	850	0,75
C	250	750	1,25
D	500	500	2,5
E	750	250	3,75
F	1000	0	5

Fuente: CHURCH *et al*, (1983)

Se preparó la curva patrón de L-serina a una concentración de 0,1mg/mL de acuerdo con las diluciones que se muestran en el Cuadro 2.

#### **2.4.2. Cuantificación del concentrado proteico**

##### **Nitrógeno soluble**

La muestra fue disuelta en buffer NaCl 0,1 M, pH 8,0 a una concentración de 1,0% p/v, durante 60 minutos a temperatura ambiente con agitación. Se centrifugó la disolución a 1000 rpm durante 30 minutos a 20°C; se tomó el sobrenadante y se determinó la concentración de proteínas por el método de Kjeldahl. Luego se determinó el porcentaje de nitrógeno soluble relacionando este valor con el de proteína total para la muestra (FOSCHIATTI *et al*, 2009) y el porcentaje de nitrógeno soluble fue calculado a través de la siguiente ecuación:

$$NS\% = \frac{\text{Nitrogeno en el sobrenadante (mg)}}{\text{Total de Nitrogeno en la muestra}} \times 100$$

##### **Sabor**

Para determinar el sabor del concentrado proteico obtenido se realizó un perfil de sabor con la ayuda de diez panelistas, como ya lo mencionamos anteriormente, los cuales fueron entrenados mediante una

prueba de umbral con escala de 2 a 6 de los cuatro sabores básicos: dulce, amargo, ácido y salado (BERMÚDEZ y ROZO, 2003)

**Cuadro 3.** Concentraciones para cada sabor básico.

Sabor básico	Sustancia	Concentración
Dulce	Sacarosa	1,0% p/v
Salado	Cloruro de sodio	0,2% p/v
Ácido	Ácido cítrico	0.04% p/v
Amargo	Cafeína	0.05% p/v

Fuente: BERMÚDEZ y ROZO (2003).

Las soluciones presentes en el Cuadro 3 se prepararon con agua destilada un día antes de la prueba para permitir que se equilibren durante la noche. Se prepararon aproximadamente entre 30 ml por panelista. Para la degustación, las soluciones se sirvieron en pequeños vasos codificados. Luego de que fueron entrenados, se procedió a presentar la muestra del concentrado y el formato empleado para la prueba, en donde el catador asignó una calificación de acuerdo con los atributos detectados y su intensidad. La escala de intensidad que se empleó para la prueba sensorial fue de 0 a 5, donde 0 es ausencia total y 5 es extrema.

Para realizar el análisis de la data, se colocaron los datos en una tabla, se promediaron los puntajes asignados por cada uno de los panelistas y se analizaron de forma gráfica. (HERNANDEZ, 2005)

#### **2.4.3. Obtención de la película comestible**

En esta etapa se determinaron las operaciones necesarias para obtener la película comestible, para ello se planteó un diagrama de flujo tentativo que se tiene en la Figura 1, planteada por GUILBERT (2011) con las operaciones que se explican a continuación.

## Dispersión

### - Preparación de la solución de proteína

Se prepararon soluciones acuosas con una concentración del 3,0% de proteína (p/p). Una vez disuelta la proteína (tras 30 minutos de agitación a temperatura ambiente), se adicionó el plastificante en tres proporciones proteína/plastificante (1/1, 2/1 y 3/1) teniendo tres tratamientos y se agitó de nuevo otros 30 minutos hasta su correcta disolución. A continuación, se procedió al ajuste del pH a 10 mediante NaOH 1M, sometiéndose a continuación a un tratamiento térmico de 70°C durante 20 minutos y posterior enfriamiento en un baño de agua-hielo.

### - Preparación de las fórmulas

Para la presente investigación se estableció las formulaciones del Cuadro 4, preparadas a partir de soluciones de concentrado de proteína al 1%, 2% y 3,0% p/p.

**Cuadro 4.** Relaciones de composición para soluciones formadoras de recubrimiento comestible.

Niveles	Proteína en solución (%)	Proteína/plastificante
A1	1	1:1
		2:1
A2	2	1,5:1
A3	3	1:1
		2:1

Fuente: GUILBERT (2011)

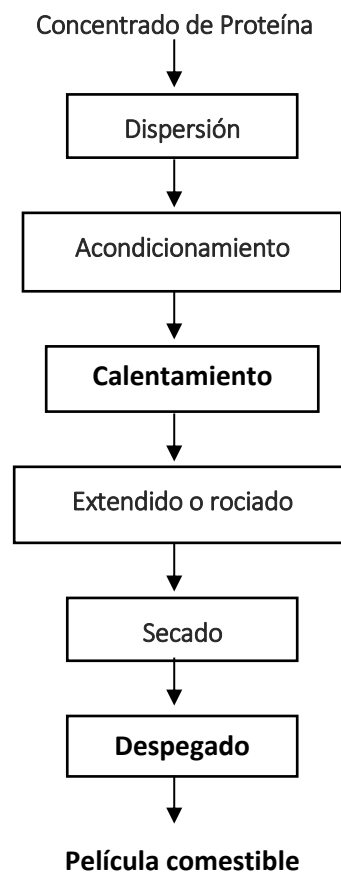
### Acondicionamiento

La solución de concentrado proteico de pulido de arroz se acondicionó en un recipiente apropiado de vidrio que permitió una agitación constante y un control de la temperatura, este recipiente fue un vaso de

precipitado o un balón de boca ancha. El plastificante que fue el glicerol, se agregó a la dispersión durante el acondicionamiento, se utilizaron tres niveles de plastificante, con un punto central. Estas proporciones de proteína: glicerina fueron: 1:1; 2:1 y 3:1.

### **Calentamiento**

La suspensión se llevó a una temperatura de 75°C manteniendo una agitación constante, hasta que se homogenizó la mezcla durante 20 minutos y posterior enfriamiento en un baño de agua-hielo.



**Figura 1.** Diagrama de flujo tentativo para la obtención de una película comestible a partir del concentrado proteico de pulido de arroz.

### **Extendido o rociado**

Una vez obtenido una mezcla homogénea se procedió a extenderla o rociarla en una superficie liza, en este caso fueron láminas de vidrio que permitieron obtener películas homogéneas.

### **Secado**

Las películas extendidas se secaron a dos temperaturas: 25°C y 90°C, considerando un punto central a 57,5°C. El secado duró hasta que la película estuvo completamente seca y pudo despegarse de la superficie de secado.

### **Despegado**

Comprobado que las películas se habían secado completamente, se procedió a despegarlos o retirarlos de la superficie, los cuales fueron evaluados según el diseño experimental planteado.

#### **2.4.4. Pruebas finales y caracterización del concentrado proteico y el recubrimiento comestible**

En esta etapa se estableció el proceso definitivo para obtener el concentrado proteico de pulido de arroz y el recubrimiento comestible, en cada uno de ellos se indica los parámetros óptimos de cada operación. Se determina un balance de materiales con los rendimientos por operación y por proceso. Se realiza además la caracterización del concentrado proteico y del recubrimiento comestible a través de los análisis físicos químicos y microbiológicos.

### **2.5. Diseño experimental**

El trabajo de investigación se llevó a cabo al nivel de laboratorio en varias etapas como ya lo manifestamos, de las cuales en la etapa de obtención del concentrado proteico del pulido de arroz y en la elaboración de recubrimiento comestible se realizaron los Análisis de Variancia respectivos en función a los diseños experimentales planteados

### 2.5.1. Diseño experimental para establecer la variedad y el tipo de pulido con la mayor cantidad de proteína

En la Figura 2 se tiene el diseño experimental para obtener la variedad y el tipo de pulido con la mayor cantidad de proteína donde:

V: Variedades de arroz, con tres niveles:

$V_1$  = INIA 509

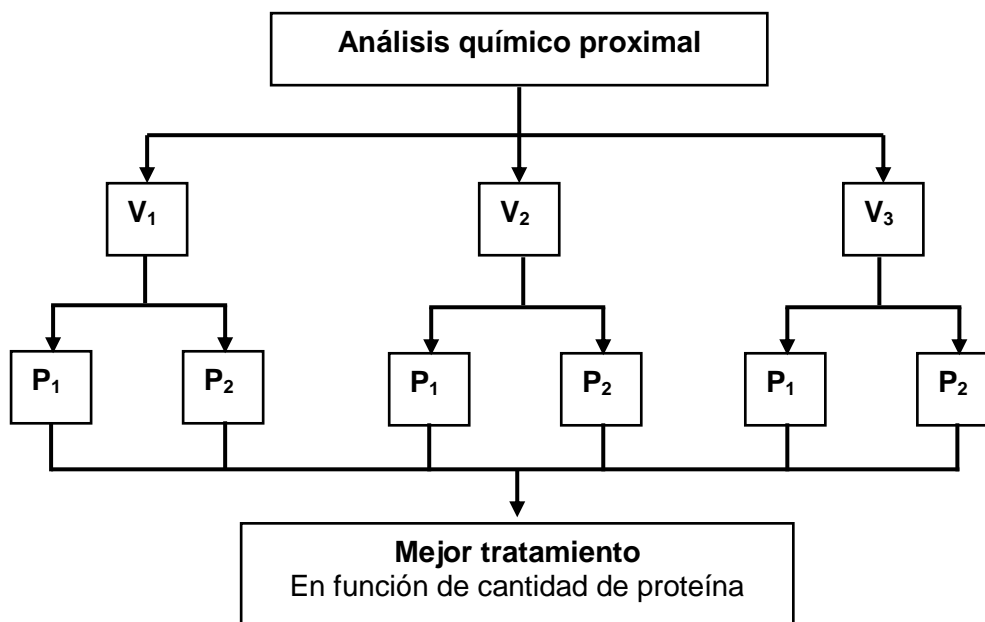
$V_2$  = INIA 507

$V_3$  = Capirona INIA

P: Tipo de Pulido, con dos niveles

$P_1$  = Pulido 1

$P_2$  = Pulido 2

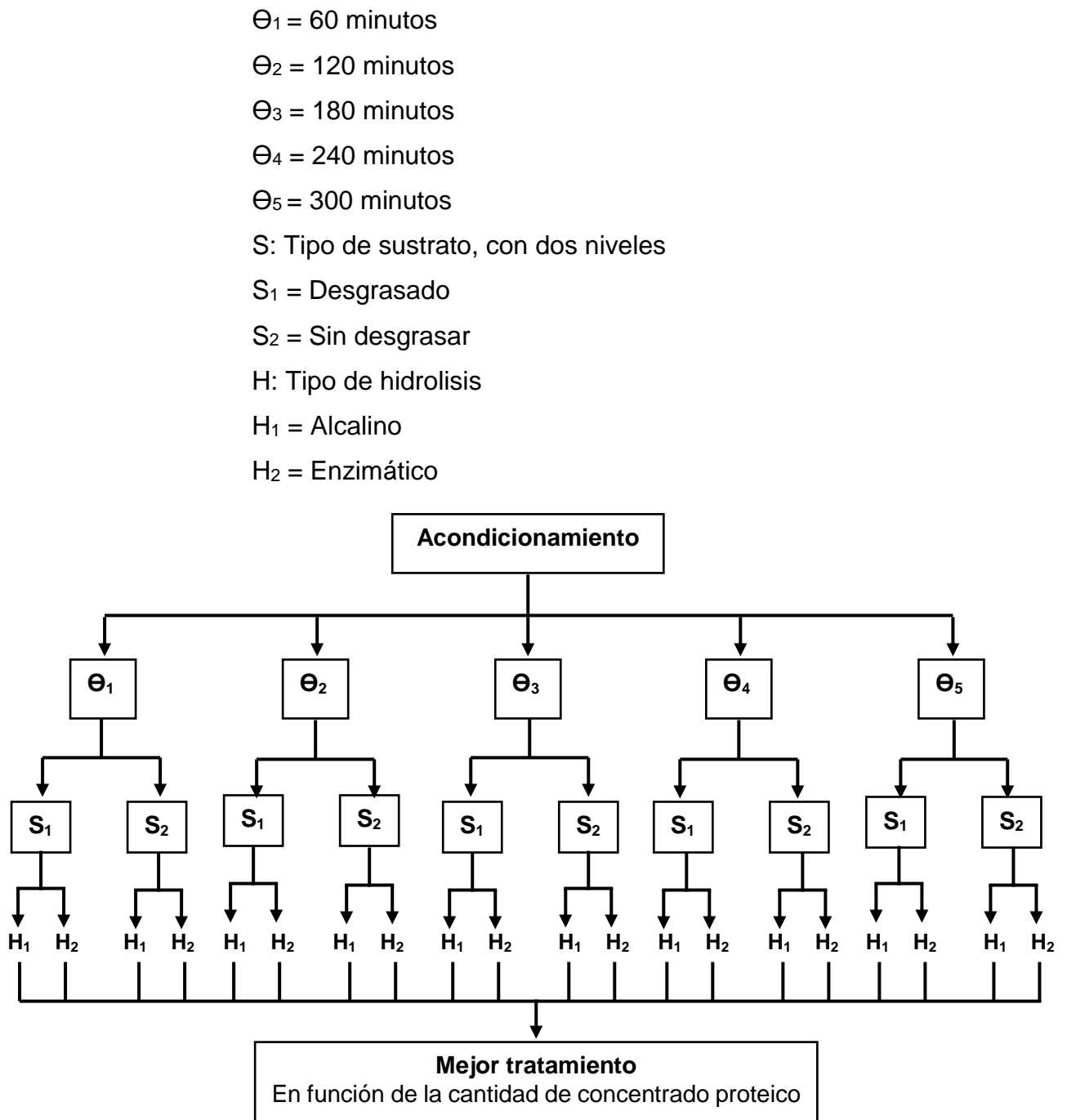


**Figura 2.** Diseño experimental para la determinar la mejor variedad y el mejor pulido en función a la cantidad de proteína.

### 2.5.2. Diseño experimental para la obtención del concentrado proteico de pulido de arroz

En la Figura 3 se tiene el diseño experimental para obtener el concentrado proteico del pulido de arroz, como se aprecia se tiene tres factores o variables a estudiar donde:

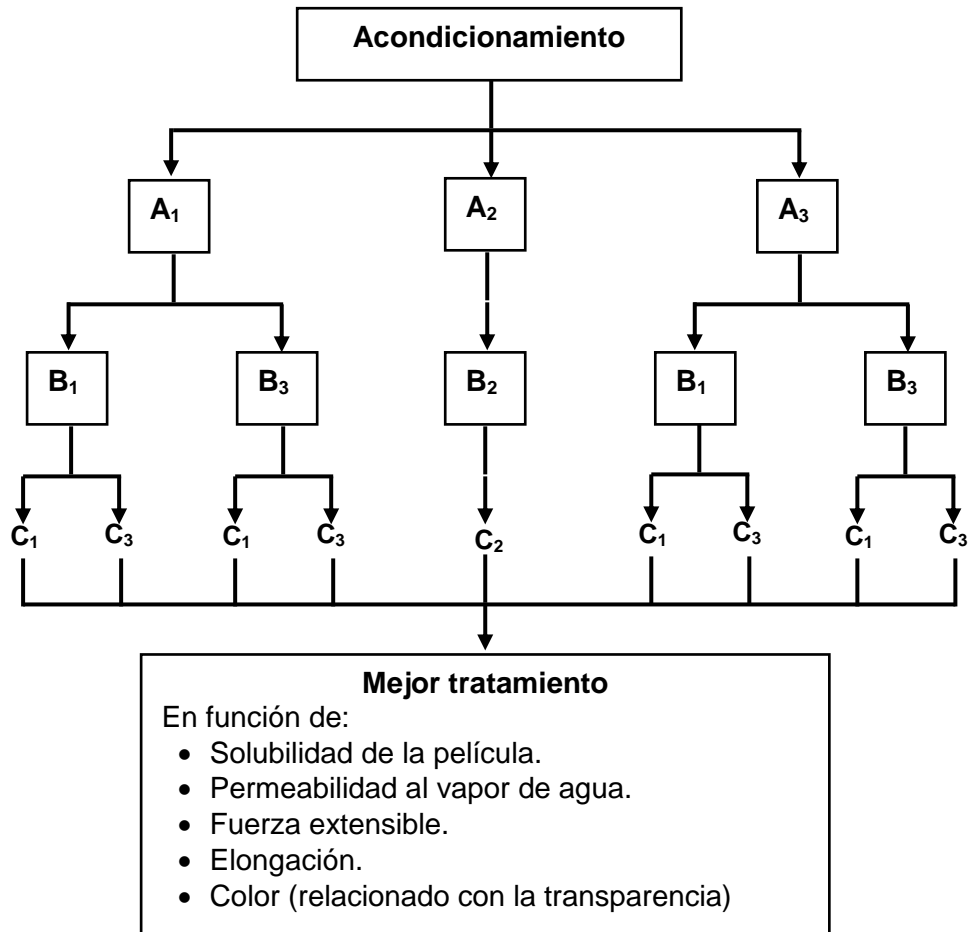
$\Theta$ : Tiempo, con 5 niveles



**Figura 3.** Diseño experimental para la determinar del mejor tratamiento para obtener concentrado proteico de pulido de arroz, en función del tiempo, tipo de sustrato y tipo de hidrolisis.

### 2.5.3. Diseño experimental en la etapa de obtención la película comestible

En la Figura 4 se tiene el diseño experimental para obtener el recubrimiento comestible del concentrado proteico del pulido de arroz.



**Figura 4.** Diseño experimental para la obtención de un recubrimiento comestible del concentrado proteico de pulido de arroz.

En la figura 4:

A: % de proteína en la solución, con dos niveles y un punto central.

A<sub>1</sub> = 1% de proteína

A<sub>2</sub> = 2% de proteína (punto central)

A<sub>3</sub> = 3% de proteína



B: Proporción de plastificante (glicerol) en función a la cantidad de proteína, con dos niveles y un punto central.

$B_1 = 1:1$  (proteína: glicerina)

$B_2 = 2:1$  (proteína: glicerina) (punto central)

$B_3 = 3:1$  (proteína: glicerina)

C: La temperatura de secado, con dos niveles y un punto central.

$C_1 = 25\text{ °C}$

$C_2 = 57.5\text{ °C}$  (punto central)

$C_3 = 90\text{ °C}$

Todos los experimentos se realizarán con dos repeticiones.

## 2.6. Análisis estadístico

El diseño estadístico para determinar el mejor tratamiento fue independiente para cada etapa y propiedad a evaluarse, utilizándose para ello un Diseño completamente al azar (DCA) con y sin arreglo factorial.

### 2.6.1. Análisis estadístico para establecer la variedad y el tipo de pulido con la mayor cantidad de proteína

El ANVA se realizó mediante DCA simple para obtener la variedad y el tipo de pulido con la mayor cantidad de proteína, planteado por UREÑA (2000), cuyo modelo matemático fue:

$$Y_{ij} = U + V_i + P_j + E_{ij}$$

Donde:

V: Variedades de arroz, con tres niveles ( $V_1 = \text{INIA 509}$ ;  $V_2 = \text{INIA 507}$ ;  $V_3 = \text{Capirona INIA}$ )

P: Tipo de Pulido, con dos niveles ( $P_1 = \text{Pulido 1}$ ;  $P_2 = \text{Pulido 2}$ )

### 2.6.2. Análisis estadístico para determinar el mejor tratamiento en la obtención del concentrado proteico de pulido de arroz

El ANVA se realizó mediante un DCA multivariable considerando las variables en estudio según lo planteado por UREÑA (2000), cuyo modelo matemático fue:

$$Y_{ijk} = U + \Theta_i + S_j + H_k + S*H_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

$\Theta$ : Tiempo, con 5 niveles ( $\Theta_1 = 60$  minutos;  $\Theta_2 = 120$  minutos;  $\Theta_3 = 180$  minutos;  $\Theta_4 = 240$  minutos;  $\Theta_5 = 300$  minutos)

S: Tipo de sustrato, con dos niveles ( $S_1 =$  Desgrasado;  $S_2 =$  Sin desgrasar)

H: Tipo de hidrolisis ( $H_1 =$  Alcalino;  $H_2 =$  Enzimático)

### **2.6.3. Análisis estadístico en la etapa de obtención la película comestible**

Para la optimización se empleó un DCA modelo Cribado  $3^2$  con punto central, con pruebas de diferencia de Tukey en la cual las variables dependientes o respuestas tuvieron como modelo matemático:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + C_k + A*B_{ij} + A*C_{ik} + B*C_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

A: % de proteína en la solución, con dos niveles ( $A_1 = 1\%$  de proteína;  $A_2 = 2\%$  de proteína (punto central);  $A_3 = 3\%$  de proteína)

B: Proporción de plastificante ( $B_1 = 1:1$  (proteína: glicerina);  $B_2 = 2:1$  (proteína: glicerina) punto central;  $B_3 = 3:1$  (proteína: glicerina))

C: La temperatura de secado, con tres niveles ( $C_1 = 25^\circ\text{C}$ ;  $C_2 = 57.5^\circ\text{C}$  (punto central);  $C_3 = 90^\circ\text{C}$ )

Se evaluó la solubilidad, permeabilidad al vapor de agua resistencia a la tensión, elasticidad y el color relacionado este con la transparencia.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Antecedentes

El arroz (*Oryza sativa* L.) constituye uno de los principales alimentos para el 60% de la población mundial y uno de los cultivos más importantes. En los últimos años se ha reportado una producción anual de arroz blanco de 380 millones de toneladas métricas alrededor del mundo FRANQUET y BORRAS (2013); y según las perspectivas actuales, la utilización mundial de arroz en 2012-2013 podría aumentar en un 2% a 477 millones de toneladas, con un consumo humano de 402,6 millones de toneladas y una gesta media anual per cápita de 57,0 kilos. En 2013, el consumo mundial de arroz podría aumentar debido al descenso de los precios en muchas regiones.

La proteína del arroz es excepcionalmente saludable y deseable para el consumo humano y es en el salvado (pulido) de arroz (SA) donde se encuentra el mayor porcentaje de esta valiosa proteína, alrededor del 12%, lo cual ha despertado el interés en la industria y en diversos investigadores a nivel mundial para darle un valor agregado a este importante subproducto de la industria arrocera, que ha reportado un rendimiento anual de 50 millones de toneladas métricas en el mundo.

Las proteínas del SA han sido el centro de muchas investigaciones, donde se han evidenciado su alto valor nutricional (KENNEDY y BURLINGAME, 2003) al ser ricas en albuminas, globulinas y en aminoácidos esenciales como la lisina (HAMADA, 2000; PRAKASH, 1996), y además pueden ser hipoalergénicas (TSUJI *et al*, 2001). El principal problema que limita el uso de dichas proteínas es su alta insolubilidad debido a la agregación causada por enlaces disulfuro (PARRADO *et al*, 2006). Por lo que, se han desarrollado diversas metodologías para extraer dichas proteínas la más común es la extracción alcalina (CAGAMPANG *et al*, 2008; BETSHART *et al*, 2005; GNANASAMBANDAM y HETTUARACHCHY, 2013) sin embargo, las condiciones de pH alcalinos que se manejan pueden causar modificaciones

indeseables en la proteína dando como resultado la formación de compuestos tóxicos como lisinoalanina (CHEFTEL *et al*, 1993) y la desnaturalización de la proteína lo que baja la calidad nutricional y funcional del concentrado o aislado proteico obtenido. Para mejorar la calidad de la proteína del SA y así poder ser usada en la industria alimentaria se han desarrollado métodos enzimáticos donde se han empleado una amplia gama de enzimas de grado alimentario, siendo las proteasas las que mejores resultados de rendimientos y porcentajes de proteína han dado en comparación con las carbohidrasas, (HANMOUNGJAI *et al*, 2002) demostró que el uso de carbohidrasas seguidas de un tratamiento con proteasas no mejoró significativamente los rendimientos de proteína en comparación con los resultados obtenidos con el uso de sólo alcalasa (57%) y de Papaína (43%). (WANG *et al*, 1999) logró obtener exitosamente un aislado proteico que contenía cerca de 92% proteína, a partir de salvado sin estabilizar y desgrasado, usando fitasa y xilanasas juntas.

Según estudios el salvado de arroz está compuesto por un 18% de lípidos, dentro de los cuales hay un alto porcentaje de lípidos insaponificables, constituido de 43% de ácidos grasos poliinsaturados, 37% de monoinsaturados y 20% de saturados (KAHLON y CHAOW, 2000; PACHECO *et al*, 2002); además esta fracción lipídica contiene un complejo único de compuestos antioxidantes, de los cuales los tocoferoles, tocotrienoles y orizanoles han recibido el mayor interés (LLOYD *et al*, 2000)

HARDENBURG (1986) indica que la aplicación de películas y cubiertas comestibles recubriendo a los alimentos, con la finalidad de prolongar su vida útil en almacenamiento, no es nueva. En China se practicó en los siglos XII y XIII, la cobertura de naranjas y limones con cera, para retardar la desecación. Esas cubiertas disminuyeron la velocidad de pérdida de agua considerablemente, e inhibieron el intercambio de gas del proceso respiratorio en tal medida que indujeron a la fermentación. También en el siglo XIV usaron en Inglaterra una práctica conocida como "lardear", que consistía en untar el alimento con grasa, con la finalidad de reducir la velocidad de pérdida de humedad del producto (LABUZA y CONTRERAS-MEDELLIN, 1981).

KESTER y FENEMA (1986), hacen mención que en los últimos treinta años se ha desarrollado bastante investigación, reportada tanto en la bibliografía científica como de patentes, acerca del uso de películas y cubiertas comestibles para extender la vida útil y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y manufacturados. Una variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos se han utilizado, ya sea solos o en mezclas, para producir películas comestibles.

Los almidones que contienen amilosa en proporciones considerables se emplearon para la formación de películas comestibles, las cuales fueron transparentes y tuvieron muy baja permeabilidad al oxígeno a baja humedad relativa (WHISTLER y DANIEL, 1985).

WOLFF *et al* (2005) produjeron películas que se auto soportaban por la fundición de soluciones acuosas de amilosas gelatinizadas, seguida por evaporación del solvente. RANKIN *et al*, (1988) y MARK *et al*, (1986) reportaron que las películas producidas de almidón de maíz rico en amilosa (71% de amilosa) no tenían permeabilidad detectable al oxígeno a niveles de HR menores del 100%. Esto se cumplió tanto para las películas plastificadas y no plastificadas con un 16% de glicerol.

GUILBERT (2011) manifiesta que el uso de polipéptidos como agentes formadores de películas comestibles no ha sido tan extensamente estudiado como el caso de polisacáridos. Las proteínas las cuales han recibido un estudio limitado como agentes formadores de películas comestibles incluyen el gluten del trigo y la zeína, que es la proteína soluble en alcohol extraída del gluten de maíz, y se fundamenta por los trabajos ejecutados por ANKER *et al*, (2002), COSLER, (2011) y; KANIG y GOODMAN, (2015) quienes reportaron que las películas de gluten y de zeína poseen propiedades relativamente buenas como barrera contra el agua. Asimismo, KAMPER y FENNEMA, (1985), empleó una película proteínica para mantener una alta concentración de ácido sórbico sobre la superficie de un análogo de queso de humedad intermedia. La película estuvo compuesta de zeína y monoglicéridos acetilados, con la incorporación de glicerol como plastificante. GUILBERT (2011) complementa sus estudios en un tipo similar de aplicación, usando

cubiertas superficiales para minimizar la difusión de sales dentro de los alimentos, tales como camarones y cangrejos, durante congelación con salmuera.

El uso de grasas para envolver productos alimenticios como los productos de chocolatería (coberturas de chocolate) y productos frescos (encerado de frutas) tienen una historia larga. Una variedad de compuestos de lípidos ha sido utilizada como coberturas protectoras, incluyendo monoglicéridos acetilados, ceras naturales y surfactantes, con la finalidad de mejorar las propiedades protectoras de la película. FEUGE (2005) ha estudiado que la mayoría de los lípidos en estado sólido se pueden estirar solo 102% de su longitud original antes de romperse. Pero el glicerol acetilado, sin embargo, puede ser estirado hasta 800% de su longitud original. Asimismo, FEUGE (2005) y LOVEGREN y FEUGE (2004), estudiaron la permeabilidad al vapor de agua a través de cubiertas de glicerol acetilado. Las propiedades de barrera mejoraron cuando el grado de acetilación se incrementó.

KAMPER y FENNEMA (1985) compararon las propiedades como barrera a la humedad de la cubierta de cera de abeja, con las de otras películas comestibles. La permeabilidad a través de las películas de ceras de abeja fue 10 veces menor que la de una película de monoglicérido acetilado y 100 a 200 veces menores que las de películas de pectinato y caseína.

Las películas y cubiertas comestibles pueden ser de naturaleza heterogénea y consisten en una mezcla de polisacáridos, proteínas y lípidos. Este enfoque permite que uno utilice ventajosamente las distintas características funcionales de cada clase de formador de película, es así que KAMPER y FENNEMA (1985) usaron un sistema de solvente agua - etanol para disolver los ácidos grasos. Determinando que es razonable esperar que una solución verdadera de lípido en el solvente formador de película podría producir una capa de lípido más continua después del secado de la película, y por lo tanto una película terminada más resistente al agua.

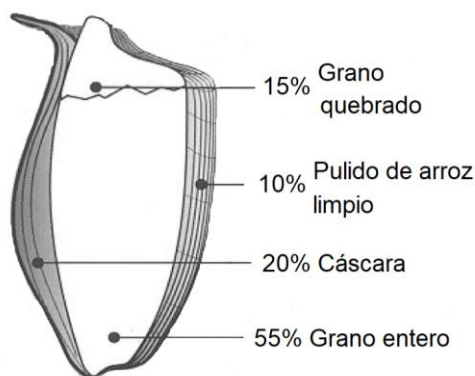
GUILBERT (2011) estudió una película comestible multicomponente compuesta de ácidos grasos y una cera natural como una barrera contra la humedad. La preparación de la película involucró la emulsificación de los

lípidos en una dispersión acuosa de proteínas, la deposición de la capa delgada de la emulsión y el secado. Se reportaron que las propiedades de barrera al agua fueron buenas; sin embargo, no fueron presentados datos que apoyaran los resultados.

### 3.2. El pulido de arroz

El pulido de arroz es uno de los subproductos más abundantes e infrautilizados del proceso de molienda al que se somete el arroz integral (sin cáscara) para obtener el arroz blanco, constituye el pericarpio y el germen de las semillas de *Oryza sativa* L. (PARRADO, 2006). El pulido (salvado) de arroz comprende aproximadamente 10% en peso de arroz con cáscara (Figura 5), aunque esto depende de la variedad del arroz, con una producción anual de unos 50 millones de toneladas métricas en todo el mundo como un producto secundario de la molienda del arroz. Contiene aproximadamente 12-14% de proteína, 12-13% de aceite, 4,3% de componentes altamente insaponificable y un alto nivel de fibras dietéticas ( $\beta$ -glucano, pectina y goma); se usa principalmente como ingrediente en la elaboración de pienso para animales (SHIH, 2003)

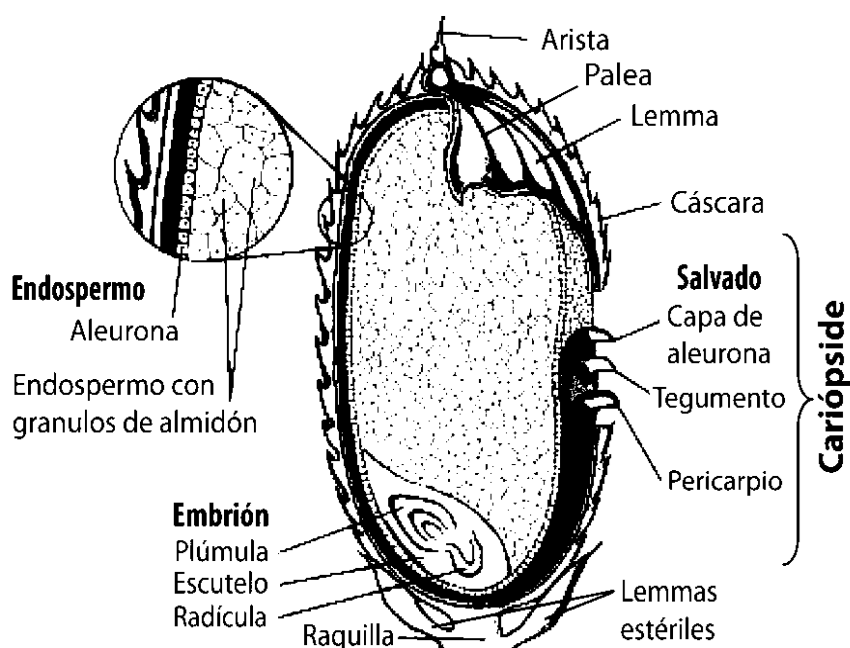
Los esfuerzos por agregar valor a este subproducto, como las mejoras introducidas en los últimos 25 años en cuanto a su estabilización, han permitido aumentar las posibilidades de su utilización, pero no han sido un éxito total debido a las dificultades en el procesamiento del componente proteico.



**Figura 5.** Productos de la molienda del arroz y sus rendimientos (SHIH, 2003).

### 3.2.1. Morfología de la semilla del arroz

El fruto llamado comercialmente arroz cáscara o “paddy” (FRANQUET y BORRAS, 2013), es una cariósida cubierta por una cáscara constituida por la palea y lema, y sus estructuras asociadas como la raquilla, lemas estériles y la arista (Figura 6). Al aplicar una presión giratoria al grano de arroz se puede retirar la cascara quedando un grano de arroz descascarado, cariósida, del color del pericarpio que lo cubre que usualmente es marrón que comercialmente es conocido como arroz integral.



**Figura 6.** Partes constitutivas del grano o semilla de arroz.

La cariósida está envuelta por el pericarpio, este es fibroso y varía en su espesor (BARDENAS y CHANG, 1995), se retira durante el pulido del arroz. Debajo del pericarpio se encuentran dos capas de células, la aleurona rica en proteínas y el tegumento seminal. El embrión y endospermo o albumen también forman parte de la cariósida o semilla de arroz.

El embrión de 1,5 a 2,5 mm de longitud está situado en el lado ventral de la cariósida, en una cavidad del endospermo y separado de este tejido por una membrana celular llamada escutelo; está formado por la radícula



o raíz embrionaria primaria y por las hojas embrionarias o plúmula, envueltas respectivamente por la coleorriza y el coleóptilo.

El endospermo está delimitado por la capa de aleurona, consiste en células de parénquima que se elongan en forma radial y está compuesto por gránulos de almidón y algunos cuerpos proteicos que proveen alimento al embrión durante la germinación (JULIANO, 1980; JULIANO, 1985)

GONZÁLEZ y ROSERO (2009) indican que los granos de arroz pueden clasificarse según su longitud en: extralargo (EL) 7,6 mm o más Largo (L) 7,5 mm a 6,6 mm Medio (M) 6,5 mm a 5,6 mm Corto (C) 5,5 mm o menos.

### 3.2.2. Descripción del proceso de pilado del arroz

En la Figura 7 se presenta un diagrama de flujo de la tecnología del proceso industrial al que es sometido el arroz después de haber sido secado, madurado (almacenamiento 30-60 días) y alcanzando las condiciones necesarias. La determinación de la idoneidad del grano para ser pilado se comprueba mediante la cocción del arroz, si resulta pegajoso, es necesario que siga en la etapa de maduración (ARAULLO, 2004).

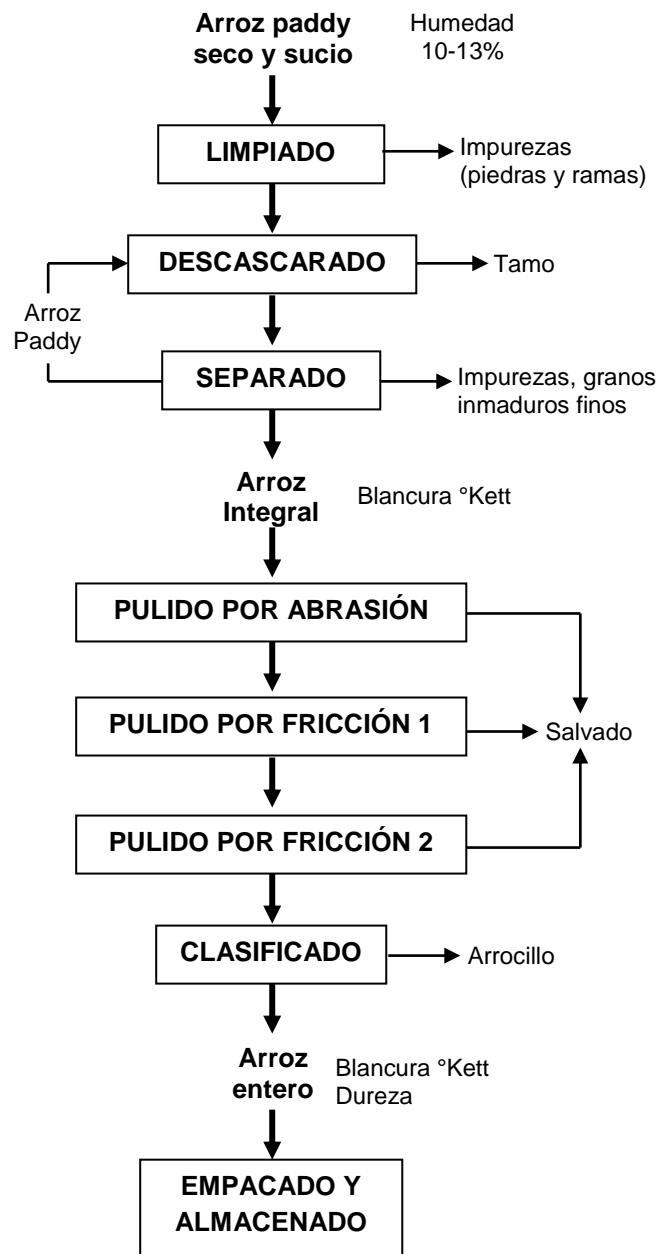
**Cuadro 5.** Contenido aproximado de proteína del arroz con cáscara y sus fracciones de molienda.

<b>Fracciones de arroz</b>	<b>Proteína Bruta (g N x 5.95)</b>
Arroz con cascara	5,6 - 7,7
Arroz integral	7,1 - 8,3
Arroz blanco	6,3 - 7,1
Salvado de arroz	11,3 - 14,9
Cascara de arroz	2,0 - 2,8

Fuente: ARAULLO (2004).

A través de este proceso conocido como pilado se transforma el arroz paddy en un arroz blanco apto para el consumo humano. En este diagrama se muestra también que además del grano entero de arroz se obtiene varios subproductos como el tamo o cascarilla, arrocillo y el salvado o

polvillo de arroz; todos ellos de bajo valor comercial por su escasa funcionalidad, pero que presentan en su mayoría, especialmente el salvado, un contenido más elevado de proteínas en comparación con el arroz blanco como se indica en el Cuadro 5. La eficacia del proceso está determinada por la cantidad de arroz blanco obtenido en el pilado.



**Figura 7.** Diagrama de flujo del proceso industrial de pilado del arroz.

A continuación, se describe brevemente cada etapa del proceso del pilado descrito en el diagrama de flujo:

### **Limpieza**

ARAULLO (2004), menciona que el arroz viene del campo con impurezas como piedras, ramas, pajas, entre otros objetos extraños; por ello se pasa el arroz por un tamiz vibratorio con un diámetro de apertura de 1,27 cm para obtener un arroz limpio y listo para poder entrar a la descascaradora.

### **Descascarado**

Durante esta operación se elimina la cáscara que cubre al grano de arroz para producir arroz integral, mediante la fricción que ejercen los rodillos de caucho sobre el grano al girar en direcciones opuestas con diferentes velocidades en la superficie; separando así la cáscara también conocida como tamo, luego ésta es aspirada y llevada por medio de tuberías fuera de la planta donde será recogida, mientras que el arroz integral pasa a la siguiente etapa. Según la FAO (1991), las cáscaras no tienen ningún valor nutricional, pero pueden utilizarse como combustible, tal vez en la operación de secado del arroz, y las cenizas como fuente de carbón puro para la producción de acero (ARAULLO, 2004).

### **Separación**

ARAULLO, (2004), dice que no todo el arroz que se obtuvo en el proceso anterior es integral, existe un porcentaje de arroz que la máquina no logra descascarillar, y es por ello pasa por una máquina compuesta que consta de lo siguiente:

- **Mesa separadora de paddy:** separa con base en las diferencias de densidad el arroz sin cáscara del arroz paddy (con cáscara); este último es regresado a la descascaradora y el arroz integral es llevado hacia los pulidores por medio de elevadores de balde.

- **Zarandas cilíndricas:** Antes de proseguir a la etapa de pulido se debe rectificar el arroz integral, para separar piedras, ramas.
- **Máquina Separadora por grosor:** Clasifica por grosor, separando lo granos inmaduros finos.

### **Pulido**

En esta etapa del proceso se remueve la mayor parte de las capas que recubren el arroz integral, que corresponden al salvado y al germen, y así obtener el arroz blanco. En este diagrama se presenta una combinación de máquinas que realizan el pulido por Abrasión-Fricción-Pulido de agua, sin embargo, muchas piladoras de la región en especial las semi-artesanales utilizan un pulido solo por abrasión. El método de pulido triple ofrece la ventaja de obtener un arroz más traslúcido y menos quebrado que un sistema de Abrasión-Abrasión-Fricción. Al final se obtiene como subproductos de esta etapa cierta cantidad de granos partidos (medianos y quebrados) y el salvado, eliminándose así gran parte de proteínas, fibra, vitaminas y minerales presentes en estos “desechos” (ARAULLO, 2004).

### **Clasificación**

ARAULLO (2004). Manifiesta que aquí el objetivo es separar los granos enteros de los partidos, puesto que estos últimos presentan un rápido deterioro, obteniéndose como subproductos el arrocillo (3/4) y yelén (1/2).

- **Zaranda clasificadora:** El grano que ha sido pulido se lo separa de los granos quebrados; los granos finos y medianos resultantes pasan a la siguiente clasificación.
- **Cilindro clasificador:** Clasifica arroz blanco por longitud separando el grano partido del entero, se usa para dar el porcentaje de arroz partido que se requiera. Internamente tiene unas cavidades en formas de bolsa, donde los granos quebrados se asientan y por la fuerza centrífuga son retenidos ahí hasta que la gravedad de los granos sobrepase la fuerza

centrífuga y los deje caer. Los granos mayores que no pueden asentarse en las cavidades corren por las hendiduras de salida del revestimiento hacia la compresión de salida.

- **Clasificación electrónica:** Esta máquina clasifica el arroz por color utilizando un sensor de imagen CCD y lentes de alta precisión para tomar imágenes, adopta un algoritmo inteligente basado en el color y tamaño, separando así al arroz de segunda categoría que comprende arroz manchado y de longitud indeseada.

### **Empaque y Almacenamiento**

ARAULLO (2004), indica que en esta etapa se empaca el arroz blanco según calidades y presentaciones.

#### **3.2.3. Variedades de arroz**

Entre las variedades peruanas de arroz existentes en la selva, se puede detallar las siguientes:

##### **INIA 509 (La esperanza)**

También conocida como filipino, fue introducida en 2010 desde el PHIL RICE de Filipinas como FENARROZ (Feria Nacional del Arroz en Brasil). Fue implantada con el nombre clave PSBRC12. En Filipinas fue entregada como la variedad CALIRAYA. En nuestro país ha sido evaluada bajo condiciones de lluvia en la Estación Experimental El Porvenir en la Región San Martín, presenta un tamaño de grano largo, resistencia al acame, resistencia a piricularia, moderada resistencia al virus de la hoja y precocidad con un ciclo vegetativo que va de 115 a 127 días en siembra de trasplante y 110 a 117 días en siembra directa.

##### **INIA 507**

Conocida como La Conquista, la cual fue desarrollada por el Programa Nacional de Arroz del INIA desde el año 2000 por medio de

hibridaciones. Luego de ser evaluada con segregante hasta el 2003, se valoró en ensayos de rendimiento hasta el 2006 en las zonas de El Porvenir bajo condiciones de riego. Es una variedad de arroz de alto rendimiento y calidad de grano superior para condiciones de riego; fue evaluada en condiciones de campo en las principales zonas arroceras presentando resistencia a quemazón. Además, presenta un tamaño de grano extralargo, una buena calidad culinaria, amplio rango de adaptación, resistencia al acame, resistencia a piricularia, moderada resistencia al virus de la hoja blanca y precocidad con un ciclo vegetativo que va de 117 a 128 días en siembra de trasplante.

### **Capirona INIA**

Fue obtenida por el Programa Nacional de Arroz del INIA, durante el periodo comprendido entre los años 2001 y 2009. Proviene del cruce de las líneas IN69-M-9-1/IN19-3-M-M-M-2-M, realizadas en la estación de “El Porvenir” y su pedigree es IN198-m-2-1 (INIA 2010). Evaluada como segregante hasta el 2004 y líneas homocigóticas hasta el 2006, posteriormente en ensayos de rendimiento y ensayos regionales en San Martín Loreto y Ucayali, entre las que sobresalió la línea Go-37763 (INIA 501) por sus excelentes características.

INIAP 501 es un grano extralargo, con un ciclo vegetativo de 117 a 140 días, tolerante al acame y piricularia, moderada resistencia al virus de la hoja blanca.

#### **3.2.4. Valor nutricional**

Las concentraciones más altas de nutrientes del SA son las de grasa y proteínas, además de otros nutrientes. Según las condiciones de procesado, el SA comercial contiene 11,5-17,2% de proteína, 12,8-29,6% de grasa, 6,2-31,5% de fibra (de la cual el 1,9-2,5% es fibra alimentaria soluble) y 8,0-17,7% de cenizas. El contenido de almidón del salvado oscila entre el 10 y el 55%, dependiendo del grado de extracción. Uno de los principales minerales es el fósforo, principalmente en forma de fitatos; también hay grandes cantidades de potasio, magnesio, silicio y cantidades menores de

sodio y calcio. Tiene abundantes vitaminas del grupo B, y además es una fuente valiosa de antioxidantes naturales, como tocoferoles, tocotrienoles y orizanoles.

Estudios realizados en seres humanos y animales con hipercolesterolemia indicaron que el consumo de SA disminuye el colesterol. Las reducciones se producen en la fracción LDL (aterogénica). Las fracciones del SA que presentan actividad hipocolesteremiante son el aceite, la materia insaponificable y la proteína. Las hemicelulosas solubles también pueden contribuir a la reducción de los niveles de colesterol por fijación de ácidos biliares; la capacidad de fijación depende de los cultivos, de las variedades o de la climatología.

### **3.3. Proteína del pulido de arroz**

El pulido de arroz es considerado como una buena fuente de proteínas hipoalérgicas, y como tal, sus proteínas pueden servir como un ingrediente adecuado para formulaciones de alimentos infantiles (BURKS y HELM, 1994), lo que añade variedad a las dietas de niños con alergias a alimentos.

La proteína del pulido de arroz se la extrae fácilmente por tratamiento alcalino de tipo industrial y por su alta calidad puede ser utilizada en la industria de procesamiento de alimentos (KUMAGAI *et al*, 2006).

#### **3.3.1. Calidad proteica**

La función fundamental de la proteína en la dieta es la de proporcionar aminoácidos esenciales y nitrógeno aminoacídico para la síntesis de las proteínas y otras sustancias nitrogenadas que intervienen en la composición corporal (CHEFTEL *et al*, 1989).

La proteína del pulido de arroz es de buena calidad nutritiva para alimentación humana por su composición aminoacídica al tener según la FAO (1991) un contenido abundante de ácido glutámico y aspártico; y aunque la lisina es el aminoácido limitante, se encuentra en mayor proporción que en la proteína del endospermo del arroz y que en cualquier proteína del salvado de

otros cereales (JULIANO, 1985). Se ha encontrado en salvado una cantidad de lisina/100 g de proteína entre 3,99 y 5,3g (WANG *et al*, 1999).

El coeficiente de eficacia proteica ha sido ampliamente utilizado como un indicador de la calidad nutricional de la proteína, y en el pulido de arroz es de 1,6 a 1,9, sin embargo, al extraer la proteína, y gracias a la eliminación de componentes como la fibra y el ácido fítico este valor podría oscilar entre 2,0 a 2,5 y su digestibilidad también aumentaría a un 90%. Las prolaminas poseen altos contenidos de glutamina, histidina, cisteína y metionina (MANDAC y JULIANO, 2001; PADHYE y SALUNKHE, 2002; SHYUR *et al*, 2005). Esta fracción es rica en leucina, tirosina, fenilalanina, pero es la que presenta menor contenido de arginina y glicina (Juliano, 1980). Se diferencian de las prolaminas de maíz, trigo, cebada y centeno, ya que no presentan secuencias repetitivas ricas en prolina. La fracción globulinas es rica en aminoácidos azufrados cisteína y metionina (JULIANO, 1985). Los aminoácidos más abundantes en fracción glutelinas son ácido glutámico/glutamina, ácido aspártico/asparagina, arginina, glicina, alanina y treonina (WEN y LUTHE, 1985) (JULIANO, 1985). Esta composición influye en gran medida sobre su solubilidad, donde los grupos aminos en las cadenas de glutamina y asparagina juegan un importante rol promoviendo la asociación de las moléculas de glutelinas mediante puentes hidrógeno (ANDERSON y GURAYA, 2001). No obstante, las subunidades tienen diferente composición aminoacídica, la subunidad básica tiene más leucina, tirosina, ácido aspártico y menos glutámico que la subunidad ácida (VILLAREAL y JULIANO, 2013).

### **3.3.2. Métodos de extracción de proteína**

Los métodos más usados en la extracción y solubilización de proteínas para el control del proceso y caracterización de los extractos obtenidos son:

#### **Extracción ácida**

Al degradar a la proteína rompe las cadenas polipeptídicas en desorden generando un bajo grado de hidrólisis. Este tipo de extracción realiza



su acción en menor tiempo, y se fundamenta en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácidas fuertes (HCl y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Los análisis de estos extractos muestran que tienen una cantidad elevada de nitrógeno amínico comparado con los demás; y tiene un alto contenido de sales. Este método destruye completamente el triptófano, provoca una pérdida severa de cistina y pérdida leve de la serina y la treonina, así como la conversión en sus formas ácidas de la glutamina y asparagina (BENITEZ *et al*, 2008).

### **Extracción básica/alcalina**

Si bien es cierto que las condiciones alcalinas son efectivas en la extracción y solubilización de las proteínas del SA también presentan deficiencias. Los contenidos de proteína alcanzados a pH 9,5 por 30 minutos en SA sin estabilizar y estabilizado fueron de 71,5% y 50,9%, respectivamente (GNANASAMBANDAM y HETTUARACHCHY, 2013). Los aminoácidos cisteína y arginina se destruyen, pero a la vez con gran facilidad, forman racematos. Al hidrolizar las proteínas con un álcali concentrado se obtiene una mezcla racémica de aminoácidos (conversiones de enantiómeros D y L). De su configuración depende el sabor proporcionado de los aminoácidos, de tal forma que los D-aminoácidos proporcionan un sabor específico ligeramente amargo mientras que los L-aminoácidos proporcionan un sabor dulce; y las mezclas racémicas no poseen sabor. Normalmente en este método se utiliza NaOH o BaOH (KIRK y OTHMER, 2000)

### **Extracción enzimática**

En este método se someten proteínas a la acción de enzimas específicas, capaces de reconocer el enlace peptídico y separar los aminoácidos sin destruirlos. Se obtienen L-alfa-aminoácidos, aminoácidos 100% levógiros.

### **Extracción física**

Es más deseable que otros métodos en el procesamiento de alimentos, debido a que normalmente inducen alteraciones menos no

naturales en los alimentos y causan menos problemas de salud, pero son costosos. (ANDERSON y GURAYA, 2001), utilizaron alta velocidad de molienda de alto cizallamiento antes de la extracción con agua en el procesamiento de SA y en la separación de las proteínas del arroz. Por SA sin desgrasar, el contenido de proteína del sobrenadante aumentó desde 21,8 hasta 33,0% después de la molienda coloidal de alto cizallamiento de alta velocidad, y de 38,2% con un tratamiento de homogeneización adicional. Por salvado de arroz desengrasado, los valores fueron mucho más bajos después de los tratamientos similares, el aumento de 13,9 a 14,7% y a 18,7% respectivamente.

### **3.4. Hidrólisis enzimática**

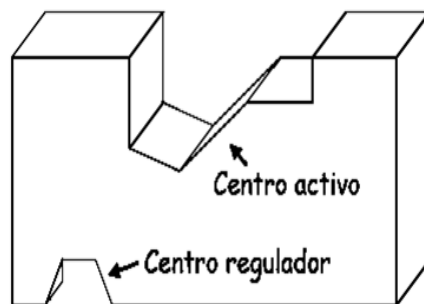
Por lo general, la hidrólisis proteica se realiza en un reactor, con control de agitación, pH, temperatura y tiempo del proceso. El sustrato se suspende en agua hasta que el pH y la temperatura se estabilizan; en seguida se agrega la proteasa dando apertura a la hidrólisis. A medida que ésta avanza se produce disminución del pH debido a la rotura de los enlaces peptídicos; para hidrólisis enzimática el pH debe de mantenerse en el óptimo de la enzima por medio de una base diluida. Para finalizar la hidrólisis proteica, la enzima puede ser inactivada por disminución de pH, con calor o combinación de ambos, o puede ser retirada del medio mediante filtración y la proteína se puede precipitar. Para la elección de una fuente proteínica adecuada debe tenerse en cuenta el uso que vaya a tener el hidrolizado, así como el valor agregado del producto final con respecto al sustrato inicial (BENÍTEZ *et al*, 2008).

Las enzimas son biocatalizadores de naturaleza proteica de las reacciones biológicas específicas, siendo muy eficaces en pequeñas cantidades, por lo que se caracterizan por acelerar la velocidad de reacción sin afectar su equilibrio. No se alteran durante las reacciones en las que participa, reducen la energía de activación de estas y lo más importante es que muestran especificidad de acción.

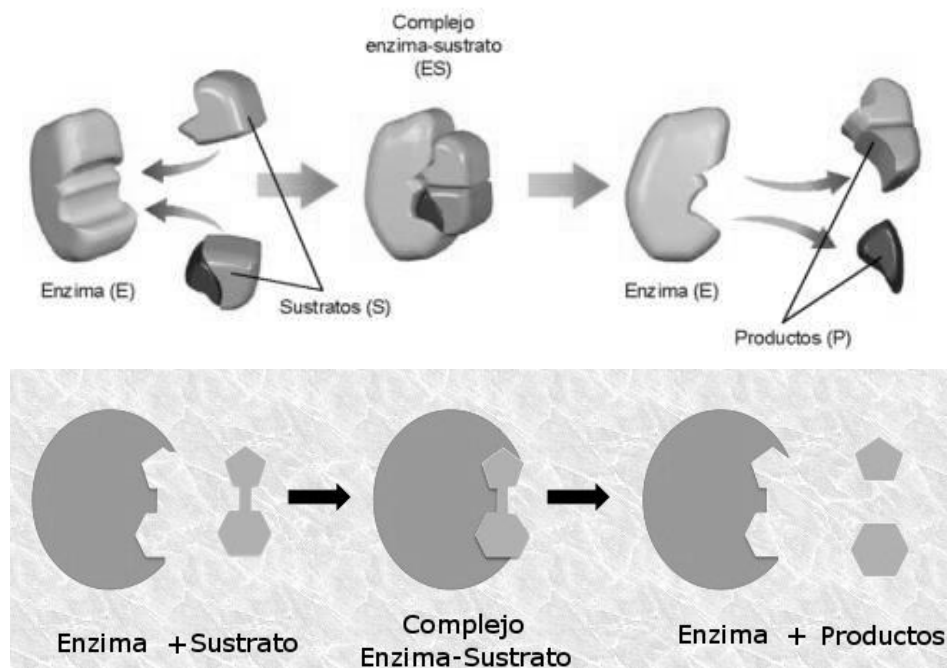
En cuanto a la estructura de las enzimas, presentan las mismas características al igual que las proteínas, teniendo las cuatro estructuras; se

ha podido comprobar que las enzimas pierden su actividad catalítica cuando sufren de desnaturalización por efecto de los mismos agentes que afectan a las demás proteínas.

Las enzimas actúan mejor a una Temperatura en un rango de 25-50°C, aunque también mantienen una buena actividad a temperaturas de refrigeración y congelación.



**Figura 8.** Representación esquemática de la estructura de una enzima



**Figura 9.** Formación de complejo enzima-sustrato (es)

Los primeros experimentos dieron como evidencia de que la enzima (E) se une a un sustrato (S) y forma el complejo enzima-sustrato

(ES) (Figura 8). El sustrato se une a la enzima por medio de enlaces de interacción débiles como: puentes de hidrógeno, electrostática, hidrófobas, etc., en un lugar específico que es el sitio o centro activo (Figura 9).

Los complejos ES se forman cuando los ligandos se fijan covalentemente en los sitios activos de la hendidura del sitio activo, y es aquí donde el sustrato reacciona con el catalizador proteínico para formar el producto (P) de la reacción.

Las enzimas proteolíticas o proteasas hidrolizan los enlaces peptídicos con diferentes grados de intensidad y selectividad. En un proceso de hidrólisis se utilizará la enzima más adecuada de acuerdo con la necesidad de la transformación requerida (BADUI, 2004).

En el procesamiento de alimentos, se utilizan diferentes preparaciones de proteasas, las mismas que se detallan en el Anexo 1.

Existen muchas proteasas de grado alimenticio disponibles comercialmente, se pueden clasificar según:

- Su origen: animal, vegetal, bacteriano o fúngico.
- Su modo de acción catalítica: existen dos tipos de proteasas: las endoproteasas y las exoproteasas. Las endoproteasas son aquellas proteasas que hidrolizan enlaces amídicos en el interior de las cadenas peptídicas; y las exoproteasas son aquellas proteasas que eliminan o liberan un aminoácido a la vez, de la parte terminal N (aminopeptidasa) o terminal C (carboxipeptidasa) (ADLER-NISSEN, 2007).
- La naturaleza del centro catalítico: de las proteasas depende de los aminoácidos y otros ligandos que actúan en la formación del complejo de enzima sustrato. Según intervengan los aminoácidos de serina, cisteína o ácido aspártico como una parte esencial en el centro activo, se denominarán: serinaproteasas, cisteinproteasas, aspartatoproteasas respectivamente. Estos grupos de enzimas son endoproteasas y alguna modificación o bloqueo de ese punto en la cadena produce una completa

inactivación de la enzima. Cada una de estas enzimas tiene condiciones óptimas de acción: las cisteinproteasas tienen una actividad máxima a pH neutro, las serinaproteasas a pH alcalino y las aspartatoproteasas a pH ácido. Esta especificidad la podemos encontrar en el organismo humano, por ejemplo, las enzimas proteolíticas digestivas presentan su máxima actividad de acuerdo con el pH del tracto digestivo (ADLER-NISSEN, 2007).

En el caso de que sea un ion metal se denomina metaloproteasas, son exoproteasas (WHITAKER, 1994).

Las exopeptidasas pueden ser: aminopeptidasas, carboxipeptidasas o dipeptidasas. Por su parte, las carboxipeptidasas se dividen de acuerdo con la naturaleza del sitio catalítico en serinacarboxipeptidasa, metalocarboxipeptidasa y cisteinacarboxipeptidasa.

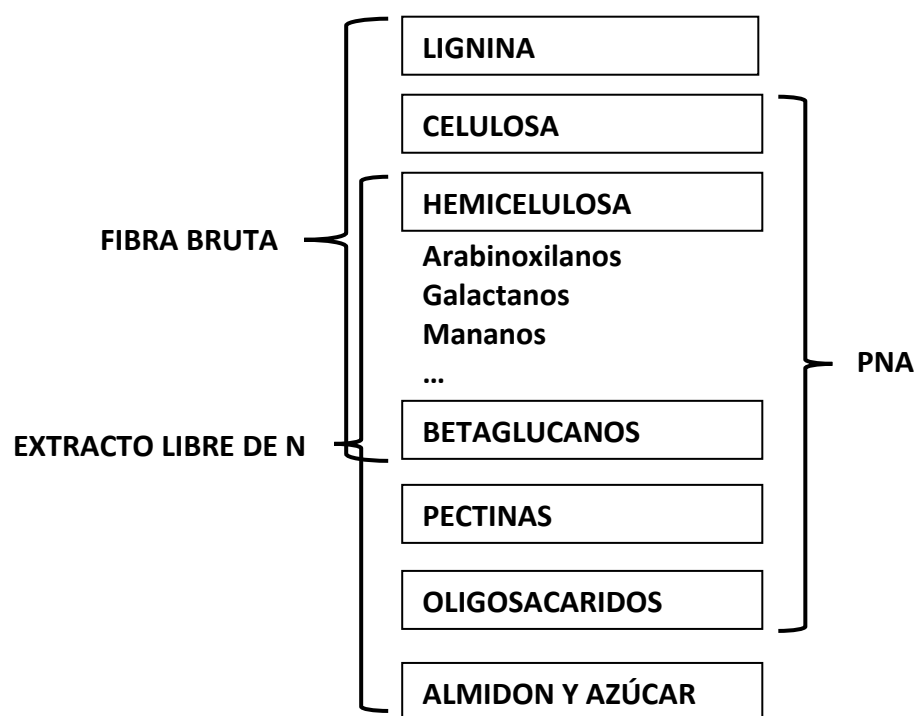
Las endopeptidasas son las proteasas más utilizadas en la industria alimentaria debido a la hidrólisis extensiva que producen, aunque en ocasiones su acción se complementa con exopeptidasas con el fin de eliminar aminoácidos hidrofóbicos de los extremos N y C, que producen el sabor amargo en los hidrolizados proteicos (ADLER-NISSEN, 2007; NOBORU y TOKUYASU, 2006)

Xilanasas fúngicas, son enzimas hidrolíticas que participan en el rompimiento de los enlaces glicosídicos  $\beta$ -1,4 presentes en los polisacáridos de hemicelulosa. Son producidas por una gran variedad de microorganismos, de aquí que tenga dos orígenes, bacteriana y fúngica.

Las xilanasas son enzimas que catalizan la hidrólisis de xilanos que forman parte de las hemicelulosas presentes en las fibras celulósicas. Estas hemicelulosas se encuentran, en cierta forma, en una situación intermedia entre las cadenas ordenadas de celulosa y la fracción amorfa de lignina. El efecto positivo de la xilanasas se atribuye a la eliminación de estos xilanos (DE LA ROSA, 2003; RONCERO *et al*, 2003), haciendo que desaparezca la unión existente entre celulosa lignina, por lo que al encontrarse más libre ésta última facilita su eliminación en posteriores etapas de blanqueo.

Las xilanasas actúan sobre los polisacáridos, como los arabinosilanos, los cuales están presentes principalmente en los cereales.

Los carbohidratos los encontramos en la mayoría de las materias primas vegetales. Entre la parte digestible tenemos el azúcar y el almidón, y la fracción de carbohidratos de origen vegetal contiene compuestos indigestibles los cuales son: celulosa, hemicelulosa, pectina, betaglucanos, lignina. Estos compuestos pocos digestibles, menos la lignina, forma parte de los Polisacáridos no almidonosos, PNA (Figura 10).

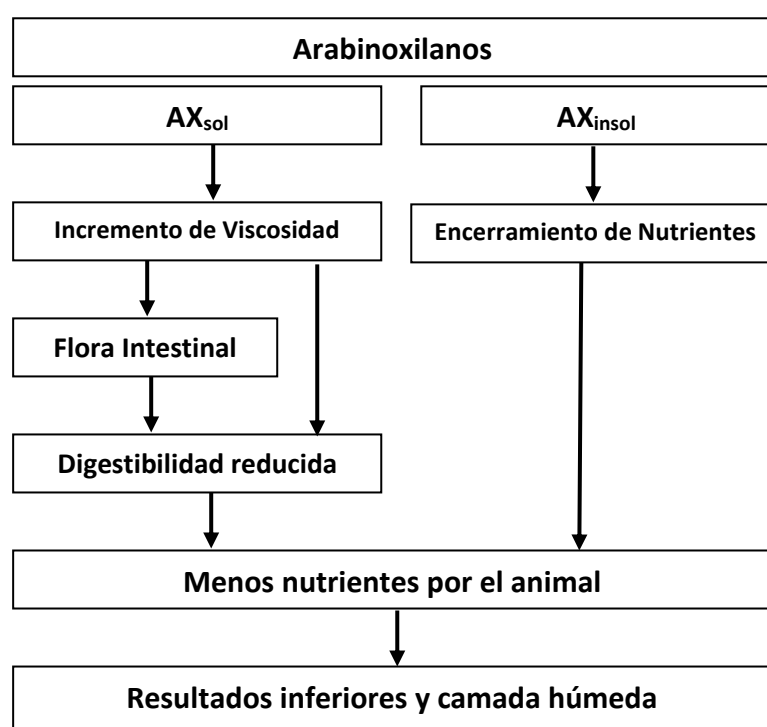


**Figura 10.** Estructura de los carbohidratos

Los arabinosilanos, AX, se encuentran en la pared celular de las plantas dándole soporte en su estructura. Los mismos tienen una desventaja por lo que abundan, por su ubicación dentro del material vegetal y su estructura molecular, lo cual reduce el valor nutricional de la materia prima haciendo efecto en la digestibilidad.

Los AX se dividen en solubles e insolubles en agua. Los AX solubles en agua tienen una alta capacidad para retener agua lo que estimula un aumento de la viscosidad del contenido intestinal afectando la absorción e

incluso la consistencia de las heces, formando un efecto anti-nutricional. Al mismo tiempo, el aumento de la viscosidad tiene sus efectos, entre los cuales: no permite una homogenización de los alimentos con las enzimas y las sales biliares, provoca la fermentación en el intestino grueso y disminuye la reserva de nutrientes y la absorción. Por lo tanto, la microflora intestinal fermenta los PNA estimulando gases y ácidos grasos volátiles en el tracto intestinal del animal provocando alteraciones digestivas y un desperdicio de esos azúcares como energía.



**Figura 11.** Efectos antinutricionales de los AX

Mientras que los AX insolubles en agua producen un encapsulamiento de los nutrientes digeribles como el almidón y la proteína, permanezcan atrapados ya sea en grupos de material de la pared celular o ligada a las cadenas laterales de los AX. Dichos nutrientes atrapados no podrán ser digeridos ni absorbidos posteriormente en el intestino delgado de tal forma que se van a eliminar por las heces dando como resultado una pérdida de nutrientes como un efecto anti-nutricional (Figura 11).

Las xilanasas son producidas por una gran variedad de microorganismos entre los que se encuentran hongos y bacterias. Las xilanasas fúngicas tienen mayor actividad a pH ácidos, mientras que las bacterianas trabajan mejor en medios alcalinos.

Las xilanasas pertenecen al grupo de las enzimas hidrolíticas que se encargan de la hidrólisis de los enlaces glicosídicos  $\beta$  1,4 presentes en la hemicelulosa.

### **3.5. Propiedades funcionales y nutricionales**

PRAKASH (1996) menciona que el pulido de arroz tiene propiedades benéficas para la salud, puesto que se utiliza para tratar la acidez del estómago, el estreñimiento, para controlar la cantidad de azúcar y los niveles de grasa. El pulido de arroz cuenta con un alto contenido de vitamina B, minerales, proteínas, hidratos de carbono y grasas naturales bajos en colesterol que surgen a partir del pericarpio que recubren al grano de arroz; considerándose a este cereal como un alimento funcional, teniendo propiedades hipoalergénicas y anticancerígenas, la calidad nutricional de sus proteínas es superior a la del maíz y el trigo, pero inferior a la de la avena.

Con respecto a las propiedades funcionales, esta depende de la forma de la proteína, de su tamaño molecular, la composición aminoacídica, la secuencia, carga y distribución de esta, estructura secundaria, ordenamiento terciario y cuaternario de los segmentos peptídicos, relación hidrofobicidad/hidrofilicidad y relación rigidez/flexibilidad en respuesta a las condiciones externas. Pero estas mismas propiedades pueden ser alteradas por distintas circunstancias como las condiciones del proceso, métodos de aislamiento, factores ambientales, concentración de la proteína, interacción con otros componentes, entre otros (PRAKASH, 1996).

En sí, las propiedades funcionales pueden clasificarse de acuerdo con la interacción que influya en el proceso (CHEFTEL *et al*, 1989; BOURGEOIS y LE ROUX, 1996):



- Propiedades dependientes de la interacción agua-proteína (solubilidad, hidratación, capacidad de retención de agua, capacidad de imbibición de agua)
- Propiedades dependientes de la interacción proteínas-lípidos
- Propiedades dependientes de la interacción proteínas-lípidos
- Propiedades dependientes de la interacción proteína-proteína (gelificación, texturización: formación de películas por coagulación térmica, formación de fibras)
- Propiedades superficiales (habilidad para formar espumas y emulsiones)

Las propiedades de hidratación que intervienen en la formulación, procesamiento y almacenamiento de alimentos está determinado por la interacción proteína-agua que ocurre a través de los grupos polares y no polares presentes en la estructura de las proteínas, los grupos polares interactúan con el agua por medio de enlaces dipolo-dipolo, puentes de hidrogeno e interacción con grupos ionizados. Cuando la interacción es con grupos ionizados, la polaridad es afectada por las condiciones de pH. Es decir que cuando el pH está cerca del punto isoeléctrico, la retención de agua es mínima, pero crece cuando el pH disminuye o aumenta. Mientras que los grupos no polares lo realiza a través de hidratación hidrofóbica (PRAKASH, 1996).

Para que una proteína sea soluble, debe interaccionar tanto pueda con el disolvente a través de los enlaces mencionados anteriormente. Pero existen factores que influyen con la solubilidad, como: el pH, la fuerza iónica y temperatura (PRAKASH, 1996).

A pH mayores o menores al punto isoeléctrico hay solubilización, por lo que la proteína arrastra la carga positiva o negativa que tenga y las moléculas de agua interactúan con éstas. A pH alejados del punto isoeléctrico, existe una precipitación de la proteína porque las cargas son muy bajas como para que exista interacción con las cadenas polipeptídicas y no se forman agregados. La fuerza iónica influye de manera en que, si la concentración salina es mayor, hay una solubilización menor y por ende puede existir una

precipitación de la proteína. Con respecto a la temperatura, la solubilidad de las proteínas aumenta con la temperatura (PRAKASH, 1996).

La capacidad de retención de agua es la capacidad que un alimento tiene para retener agua en su matriz proteica cuando es sometida a fuerzas externas como: presión osmótica, presión, centrifugación, vacío. Esta propiedad depende de las interacciones/uniones y parámetros descritos anteriormente; y está vinculada directamente con la solubilidad (PRAKASH, 1996).

Las propiedades superficiales requieren un grado de hidratación y solubilización de proteína elevado. Las espumas o emulsiones son una dispersión de una fase de burbujas de gas o gotas en una fase líquida o semilíquida, ambas fases no miscibles. Las proteínas actúan como agentes tensioactivos formando una barrera protectora conteniendo las burbujas o gotas, de manera que absorben a las interfaces, reducen la tensión interfacial y forman un film cohesivo (PRAKASH, 1996).

Las propiedades dependientes de la interacción proteína-lípido se refiere a la capacidad que tiene ciertos ingredientes proteicos deshidratados para adsorber una cantidad de aceite y poder retenerla, como la mayonesa, embutidos, aderezos. Este tipo de interacciones se realiza a través de enlace hidrofóbico entre las cadenas alifáticas apolares de los lípidos y regiones polares de las proteínas. Esta propiedad está relacionada con la solubilidad de la proteína, es decir que las proteínas solubles son las que mayor cantidad de aceite precisan y aún más cuanto más hidrófobas sean (PRAKASH, 1996).

### **3.6. Películas y cubiertas comestibles**

ROBERTSON y DEKKER (1993) dicen que el concepto de usar una película o cubierta comestible para extender la vida de útil de productos alimenticios frescos y protegerlos de los efectos ambientales dañinos no es nuevo. De hecho, la idea deriva de la cubierta protectora natural de algunos alimentos tales como la cáscara de frutas y vegetales. Envolturas comestibles para productos cárnicos y cubiertas de azúcar o chocolate para productos de chocolatería son ambos actualmente usados comercialmente.

KESTER y FENNEMA (1986) citan que las cubiertas y películas comestibles no significan ni tampoco podrían reemplazar los materiales de empaque sintético no comestibles para prolongar el almacenamiento de alimentos. La utilidad de las películas comestible radica en su capacidad para actuar como un coadyuvante para mejorar la calidad total del alimento, extendiendo la vida útil y mejorando la rentabilidad de los materiales de empaque. Una lista de posibles propiedades funciones de las cubiertas y películas comestibles se muestra en el Cuadro 6. Muchas de las funciones son idénticas a las de las películas de empaque sintéticas. Aunque las características funcionales más importantes para una aplicación particular dependen del producto alimento y su modo principal de deterioro, la resistencia de una película o cubierta comestible a la migración de vapor de humedad es frecuentemente una característica principal.

**Cuadro 6.** Posibles Propiedades Funcionales de las Películas o Cubiertas Comestibles

<b>Actúa sobre</b>	<b>Propiedades funcionales</b>
Humedad	Retarda la migración de humedad
Gases	Retarda el transporte de gases (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> )
Aceites y grasas	Retarda la migración de aceites y grasas
Solutos	Retarda el transporte de solutos
Propiedades de manipuleo	Mejora las propiedades de manipuleo mecánicas de los alimentos
Estructura	Imparte integridad estructural agregada a los alimentos
Compuestos volátiles	Retiene compuestos volátiles aromáticos
Aditivos	Incorpora aditivos alimenticios

Fuente: KESTER Y FENNEMA (1986)

ROBERTSON y DEKKER (1993) manifiestan que las ventajas de las películas comestibles sobre otros materiales de empaque poliméricos sintéticos tradicionales se enumeran como sigue:

- Las películas pueden ser consumidas con el producto empacado no dejando empaque residual para ser eliminado.
- Aún si las películas no son consumidas ellas todavía pueden contribuir a la reducción de la contaminación ambiental, ya que probablemente se degraden más fácilmente que los materiales poliméricos sintéticos y son producidos exclusivamente de ingredientes comestibles renovables.
- Las películas pueden mejorar las propiedades organolépticas de los alimentos empacados dado que varios componentes tales como saborizantes, colorantes y edulcorantes son incorporados dentro de ellos.
- Las películas pueden suplementar el valor nutricional de los alimentos (esto es particularmente cierto para películas hechas de proteínas).
- Las películas pueden ser usadas para empacado individual de pequeñas porciones de alimentos, particularmente productos que no son empacados individualmente por razones prácticas tales como arvejas, frijoles, nueces y fresas.
- Las películas pueden ser aplicadas dentro de alimentos heterogéneos entre las diferentes capas de componentes. También pueden ser acondicionadas para prevenir humedad deteriorativa entre componentes y migración de solutos en alimentos tales como pizzas, pasteles y caramelos.
- Las películas también funcionan como transportadores de agentes antimicrobianos y antioxidantes, en una aplicación similar también pueden ser usados en la superficie de los alimentos para controlar la velocidad de difusión de las sustancias preservantes de la superficie al interior del alimento.
- Las películas pueden ser convenientemente usadas para la microencapsulación de agentes saborizantes y leudantes alimenticios para controlar eficientemente su adición y liberación al interior de los alimentos.

- Las películas podrían ser usadas en los materiales de empaque de alimentos multicapa junto con películas no comestibles, en cuyo caso las películas comestibles podrían estar en la capa interna en contacto directo con los materiales alimenticios.

### **3.7. Permeabilidad, solubilidad, resistencia a la tensión y el alargamiento de películas**

MANNHEIM y PASSY (1985) recomiendan que, ya que varias de las propiedades funcionales de una película o cubierta comestible están relacionadas a su resistencia al transporte de gas, vapor o soluto, es apropiado revisar brevemente la derivación teórica de la ecuación de permeabilidad cuando se aplica a películas: La permeabilidad está definida como la transmisión de un penetrante a través de un material resistente. En ausencia de rajaduras, huecas y otras hendiduras el mecanismo principal para la difusión de gas y vapor a través de una película o cubierta es por difusión activada; el penetrante disuelto en la matriz de la película en el lado de alta concentración, se difunde a través de la película impulsado por el gradiente de concentración, y se evapora de la otra superficie. La segunda etapa del proceso que es la difusión, depende del tamaño, forma y polaridad de la molécula penetrante, así como del movimiento compuesto de las cadenas de polímeros dentro de la matriz de la película. Los factores que afectan el movimiento de los segmentos de las cadenas de polímeros incluyen fuerzas de atracción entre cadenas, tales como los enlaces de hidrogeno y las interacciones de Van Der Waals, el grado de entre cruzamiento, y cantidad de cristales formados.

MANNHEIM y PASSY (1985); PASCAT (1986) mencionan que, al alcanzarse el flujo de gas o vapor de estado estable, se aplica la “Ley de difusión de Fick”. Esta ley establece que, la cantidad de penetrante que se difunde a través de la unidad de área de la película por unidad de tiempo, es proporcional al gradiente de concentración en la dirección del flujo. La constante de proporcionalidad está definida como la constante de difusión. La integración de la ley de Fick, y la aplicación de la “Ley de Henry de

solubilidad”, la cual indica que la concentración es el producto de la solubilidad y la presión, y definiendo la permeabilidad (P) como el producto de la constante de difusión (D) y el coeficiente de solubilidad (S) produce la siguiente ecuación

$$P = D.S = QL / A t \Delta p$$

La variable Q es la cantidad de penetrante que pasa a través de una película de grosor L y área A, t es el tiempo y  $\Delta p$  es la diferencia de presión parcial a través de la película.

MANNHEIM y PASSY (1985); PASCAT (1986) mencionan que el uso de la ecuación anterior para calcular la permeabilidad como una propiedad universal de una película o cubierta está basado en el supuesto que D y S sean independientes de la concentración del penetrante. Este es el caso cuando no hay significativa interacción entre la película y la sustancia que se difunde. Sin embargo, cuando un gas o vapor permeables interactúa fuertemente con el material de la película, ocurre una desviación de la ley de Fick. Este es el caso de la permeabilidad del vapor de agua a través de películas compuestas de polímeros hidrofílicos. En este caso, D y S son dependientes de la presión parcial de vapor de agua. El coeficiente de solubilidad se incrementa con la presión de vapor debido a forma de la isoterma de sorción, y la constante de difusión se incrementa con la presión de vapor debido a la plastinización de la película por las moléculas de agua absorbidas. Consecuentemente, la permeabilidad del vapor de agua a través de una matriz de película polar se incrementa grandemente cuando la presión de vapor se incrementa. En este caso, la permeabilidad no es una propiedad universal de la película y no puede ser usada en sentido general para describir las propiedades de barrera. Sin embargo, es una característica del penetrante de la película junto con las condiciones ambientales dadas como el porcentaje de humedad relativa, temperatura, etc.

En lo referente a la prueba de solubilidad STUCHELL y KROCHTA (1994) hacen mención, que esta prueba consiste en la inmersión de la película en el solvente indicado por un tiempo determinado, después de esto remover y observar alguna evidencia de la película a disolverse o ablandarse como resultado de la acción del solvente. Una solubilidad en la superficie de la película

es fácil de detectar por la gomosidad de la superficie de esta que se percibe con los dedos. Además, uno puede decir si alguna solubilización ha ocurrido por una pegajosa o gomosa superficie de la película, es necesario no confundir disolver con un incremento de la elasticidad.

ASTM (1993) expresan que la resistencia a la tensión es la fuerza máxima que puede soportar una determinada área de la película antes de que se produzca su rompimiento o ya no exista un estiramiento, se puede determinar utilizando una serie de instrumentos y el más simple es utilizar un dinamómetro con la cual se mide la fuerza máxima de resistencia que se produce de una película de 2,54 cm por 12 cm de área. La resistencia a la tensión será calculada dividiendo la fuerza máxima al descanso por el espesor.

El alargamiento es una relación porcentual del tamaño final de la película menos el tamaño inicial multiplicado por cien y dividido entre el tamaño inicial, que expresado como ecuación será como sigue:

$$E = 100 \times (d_2 - d_1) / d_1$$

Donde  $d_1$  es la distancia inicial (antes del alargamiento) y  $d_2$  es la distancia final (después del alargamiento) y E el alargamiento (ASTM, 1993)

### **3.8. Aditivos en la película**

KESTER y FENNEMA (1986) afirman que varios materiales pueden ser incorporados a las películas comestibles para influenciar en las propiedades mecánicas, protectoras, sensoriales o nutricionales. Los plastificantes son compuestos de baja volatilidad los cuales pueden ser agregados para impartir flexibilidad a una película polimérica. Estos agentes plastificantes de grado alimenticio son los polioles tales como glicerol, sorbitol, manitol, sucrosa, propileno glicol y polietileno glicol. Los plastificantes funcionan debilitando las fuerzas intermoleculares entre cadenas poliméricas adyacentes. Esto produce una reducción en la fuerza de tensión y una elevación de la flexibilidad de la película.

KESTER y FENNEMA (1986), expresan que cuando se empaacan ciertos alimentos con una solución o dispersión acuosa formadora de película, una pequeña cantidad de un agente humectante apropiado puede ser

requerida. Además, los agentes emulsificantes pueden ser incorporados cuando se desea una emulsión o microemulsión formadora de película estable aceite en agua. Se puede alcanzar una mejora en las propiedades organolépticas o nutricionales de un alimento incorporando agentes aromatizantes o mejoradores, pigmentos, o aditivos nutricionales en una película o cubierta comestible.

Mientras las cubiertas comestibles pueden efectivamente ser usadas como transportadores de aditivos de alimentos, es importante recordar que esos aditivos pueden alterar adversamente la resistencia al vapor, gas o transporte de soluto de la película. La influencia de un aditivo dado sobre las propiedades de la película dependerá de su concentración en la película, su estructura química, su grado de dispersión en la película, y el grado de su interacción con el polímero (KESTER y FENNEMA, 1986).



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Pruebas preliminares para la obtención del concentrado proteico

#### 4.1.1. Caracterización del pulido de arroz

Los resultados de la caracterización física del arroz paddy previo a su procesamiento y los rendimientos de los productos del pilado por variedad se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Caracterización física y rendimientos de las variedades de arroz INIA 509, INIA 507 y Capirona INIA.

<b>Parámetros</b>	<b>INIA 509</b>	<b>INIA 507</b>	<b>Capirona INIA</b>
Humedad (%)	13,6 ± 0,13	12,5 ± 0,09	13,2 ± 0,09
Temperatura (°C)	26,7 ± 1,35	26,5 ± 0,11	26,9 ± 0,04
Densidad (kg/hl)	54,0 ± 0,27	53,6 ± 1,13	57,4 ± 0,24
<b>Rendimientos en el pilado</b>			
Tamo (%)	20,24	19,32	18,48
Arroz Integral (%)	78,74	79,63	80,37
Arroz Blanco (%)	71,25	72,96	72,81
Pulido (%)	6,53	5,74	6,23
Blancura o °Kett	36,97	36,77	38,27

Fuente: Elaboración propia

A las fracciones obtenidas de los pulidos de cada variedad se les realizó análisis fisicoquímico los resultados se muestran en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Caracterización fisicoquímica de las fracciones de pulido.

Parámetros (%)	INIA 509		INIA 507		Capirona INIA	
	Pulido 1	Pulido 2	Pulido 1	Pulido 2	Pulido 1	Pulido 2
Proteína	13,34±0,11	12,12±0,15	13,60±0,03	12,96±0,07	12,40±0,33	10,90±0,13
Grasa	18,78±0,04	17,23±0,53	17,37±0,16	16,97±0,38	17,06±0,49	14,29±0,37
Geniza	11,00±0,08	10,51±0,26	9,64±0,1	9,40±0,24	9,27±0,29	8,79±0,16
Humedad	10,31±0,15	10,35±0,1	10,77±0,13	10,86±0,17	9,74±0,2	10,88±0,33
FDN (*)	19,85±0,17	13,00±0,48	20,52±0,39	14,17± 0,7	18,62±0,61	11,63±0,28
FDA (**)	8,64±0,07	5,34±0,06	9,22±0,17	6,18±0,27	8,36±0,02	5,47±0,07

(\*) Fibra digerible neutra; (\*\*) Fibra digerible ácida

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 19 se tiene los resultados del análisis de varianza (ANVA) para los factores: variedad y pulidos.

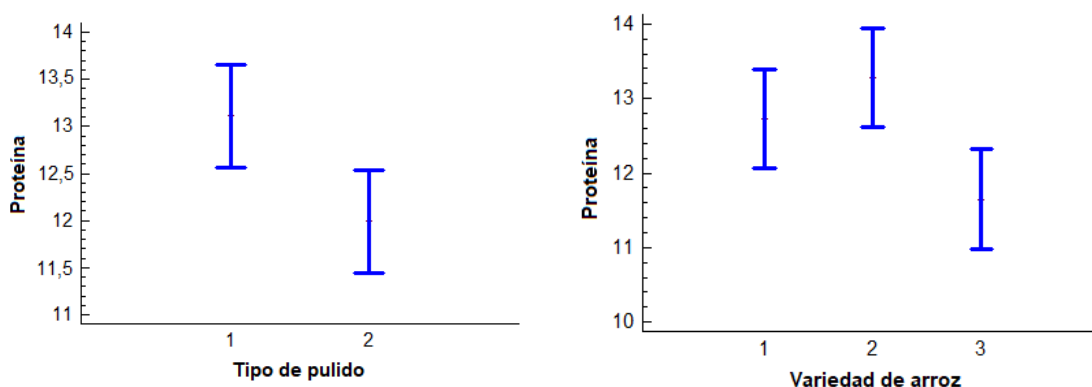
En el Cuadro 9 se tiene la prueba de Duncan para análisis de factor pulido y variedad.

**Cuadro 9.** Prueba de Duncan para análisis de factor pulido y variedad.

Pulido	Casos	Media
1	3	13,1133 <sup>a</sup>
2	3	11,9933 <sup>b</sup>
Variedad	Casos	Media
INIA 507	2	13,28 <sup>a</sup>
INIA 509	2	12,73 <sup>ab</sup>
Capirona INIA	2	11,65 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia

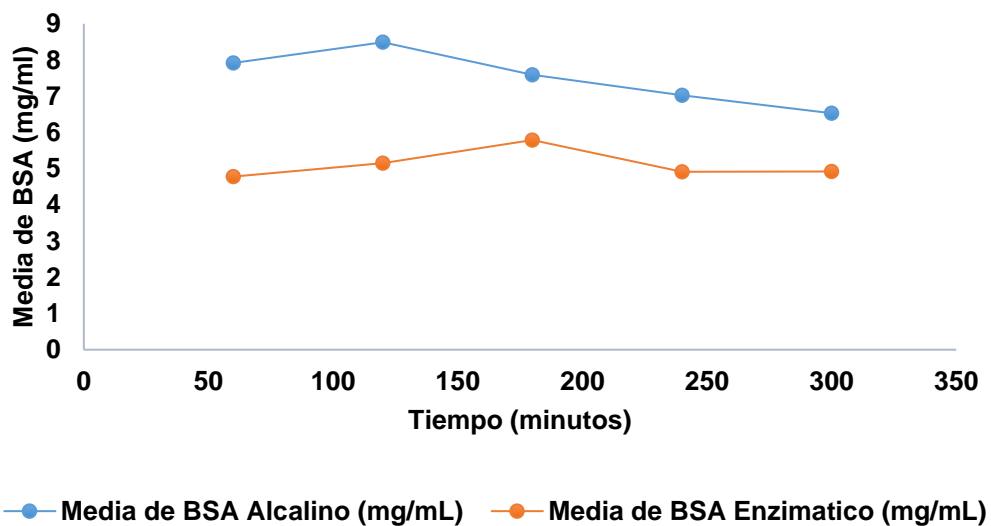
La Figura 12, muestra un diagrama de cajas, en el cual se puede apreciar la diferencia existente entre las medias del contenido proteico por variedad de pulido de arroz.



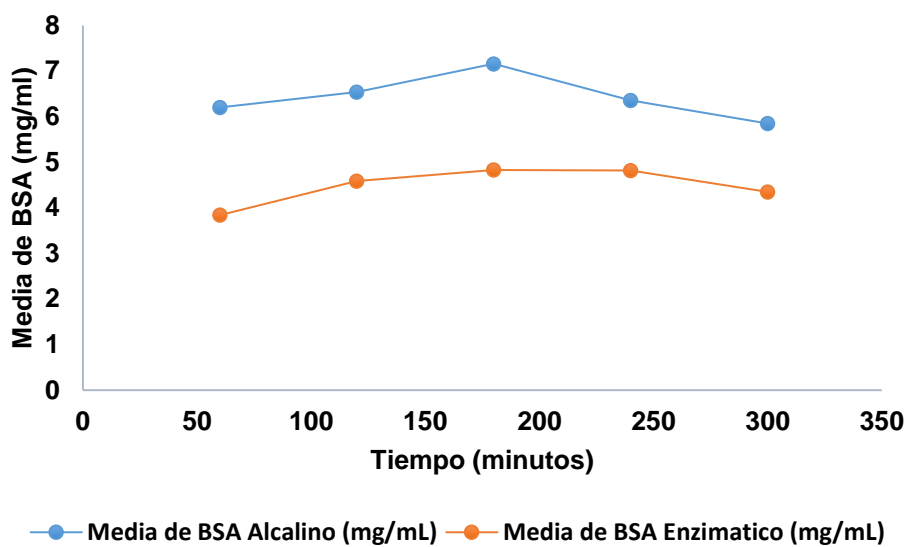
**Figura 12.** Gráfico de medias para el contenido proteico entre tipo de pulido y variedades de arroz

#### 4.1.2. Extracción y solubilización de proteínas para optimizar el mejor tratamiento

Las medias de los resultados de este análisis, los cuales se obtuvieron por duplicado (Anexo 7), se presentan en las Figuras 13 y 14.



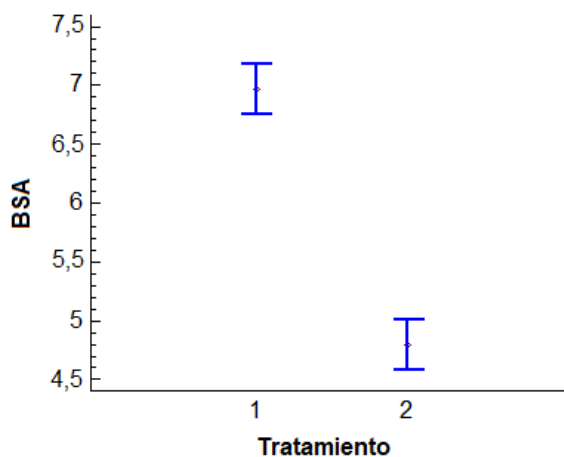
**Figura 13.** Contenido proteico en pulido de arroz desgrasado por tratamiento.



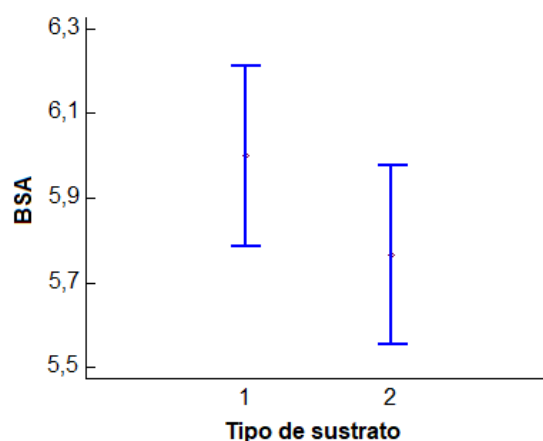
**Figura 14.** Contenido proteico en pulido de arroz sin desgrasar por tratamiento.

Los resultados del ANVA para concentrado de proteína se muestran en el Anexo 20.

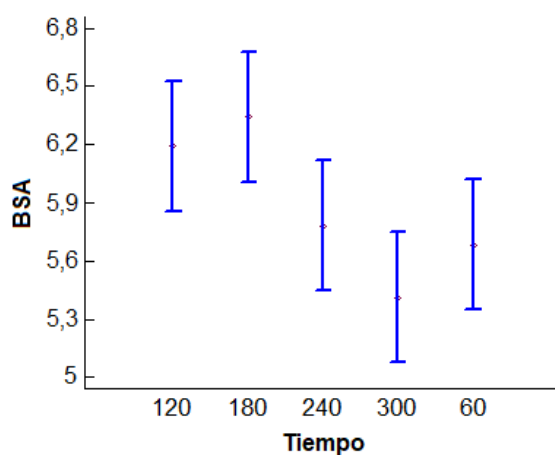
En las Figuras 15, 16 y 17 se muestran las gráficas para las medias de tratamientos para proteína, para tipo de sustrato para proteína (BSA) y para tiempo de incubación para proteína respectivamente.



**Figura 15.** Gráfica de medias de tratamientos para proteína.



**Figura 16.** Gráfica de medias de tipo de sustrato para proteína (BSA).



**Figura 17.** Gráfica de medias de tiempo de incubación para proteína.

La determinación de la cantidad de proteína de los productos obtenidos en esta etapa bajo las condiciones escogidas se presenta en el Cuadro 10 y en la Figura 16 el extracto proteico liofilizado.

**Cuadro 10.** Contenido de proteína total en los productos finales de la etapa de extracción y solubilización.

Muestra	Proteína Total (%)
Precipitado	8,48±0,04*
Extracto proteico liofilizado	63,56±0,05

\*Resultado expresado en base húmeda.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 18.** Extracto proteico liofilizado.

#### 4.1.3. Cuantificación del concentrado proteico para optimizar el mejor tratamiento

##### Grado de hidrólisis

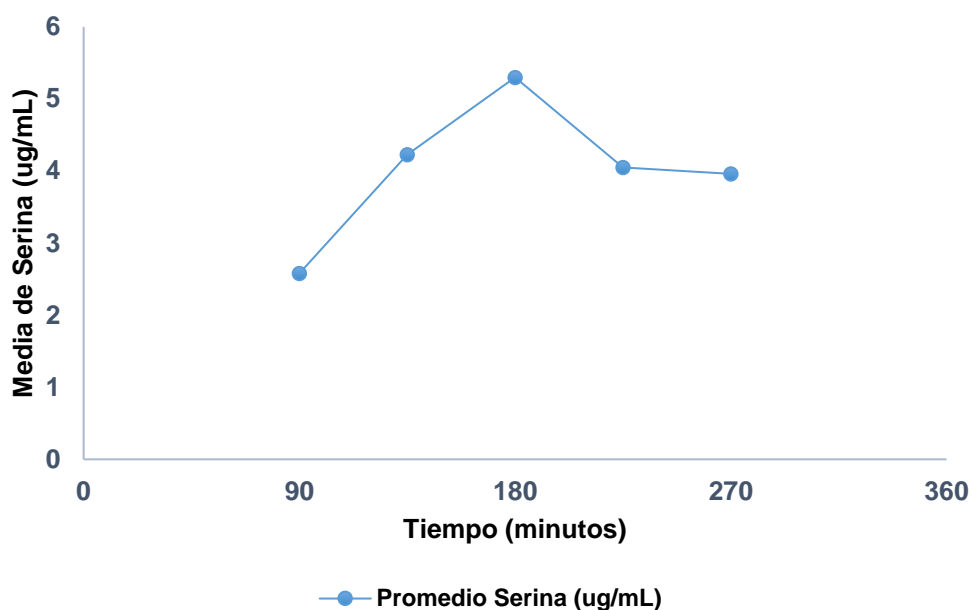
Una vez realizada la hidrólisis se procedió a establecer el tiempo en el cual se obtiene la mayor cantidad de productos en la reacción. Los datos obtenidos de la reacción se muestran en el Cuadro 11.

**Cuadro 11.** Resultados grado de hidrólisis.

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Serina (<math>\mu\text{g/ml}</math>)</b>	<b>Promedio (<math>\text{mg/mL}</math>)</b>
<b>90</b>	0,45	3,00	2,58
	0,33	2,16	
<b>135</b>	0,64	4,10	4,23
	0,60	4,36	
<b>180</b>	0,79	5,44	5,30
	0,75	5,16	
<b>225</b>	0,58	3,90	4,05
	0,62	4,20	
<b>270</b>	0,58	3,92	3,96
	0,59	4,00	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se tiene la curva de grado de hidrólisis de pulido de arroz sin desgrasar por la vía alcalina a 180 minutos.



**Figura 19.** Curva de grado de hidrólisis de pulido de arroz sin desgrasar por la vía alcalina a 180 minutos.

### Nitrógeno soluble

La determinación de la cantidad de proteína y del nitrógeno soluble del concentrado proteico, se presenta en el Cuadro 12.

**Cuadro 12.** Caracterización del concentrado proteico.

Parámetro	Concentrado Proteico
Proteína	73%
Nitrógeno Soluble	51%

Fuente: Elaboración propia

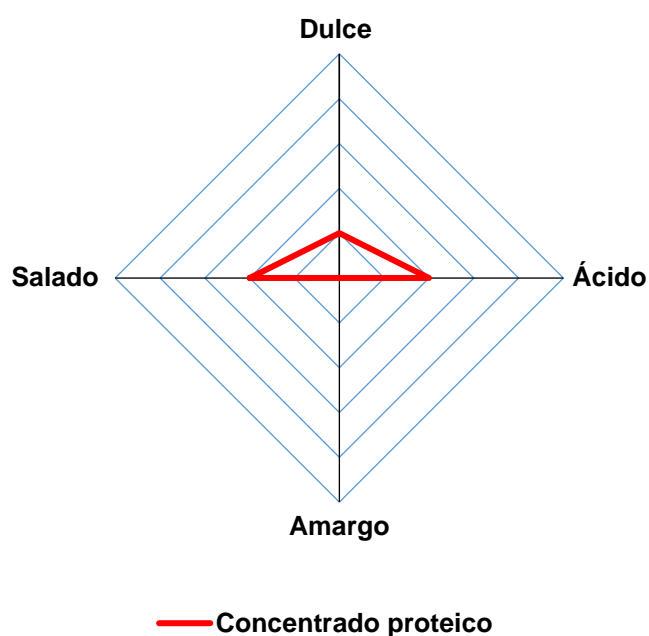
### Sabor

En el Cuadro 13 se tiene el perfil de sabor del concentrado proteico de acuerdo con los resultados tabulados y en la Figura 20 se tiene la gráfica perfil de sabor de concentrado proteico.

**Cuadro 13.** Perfil de sabor del concentrado proteico.

<b>Características Sabor</b>	<b>Total, Puntaje 10 Panelistas</b>	<b>Promedio Aritmético</b>
Dulce	11	1
Ácido	15	2
Amargo	2	0
Salado	23	2

Fuente: Elaboración propia

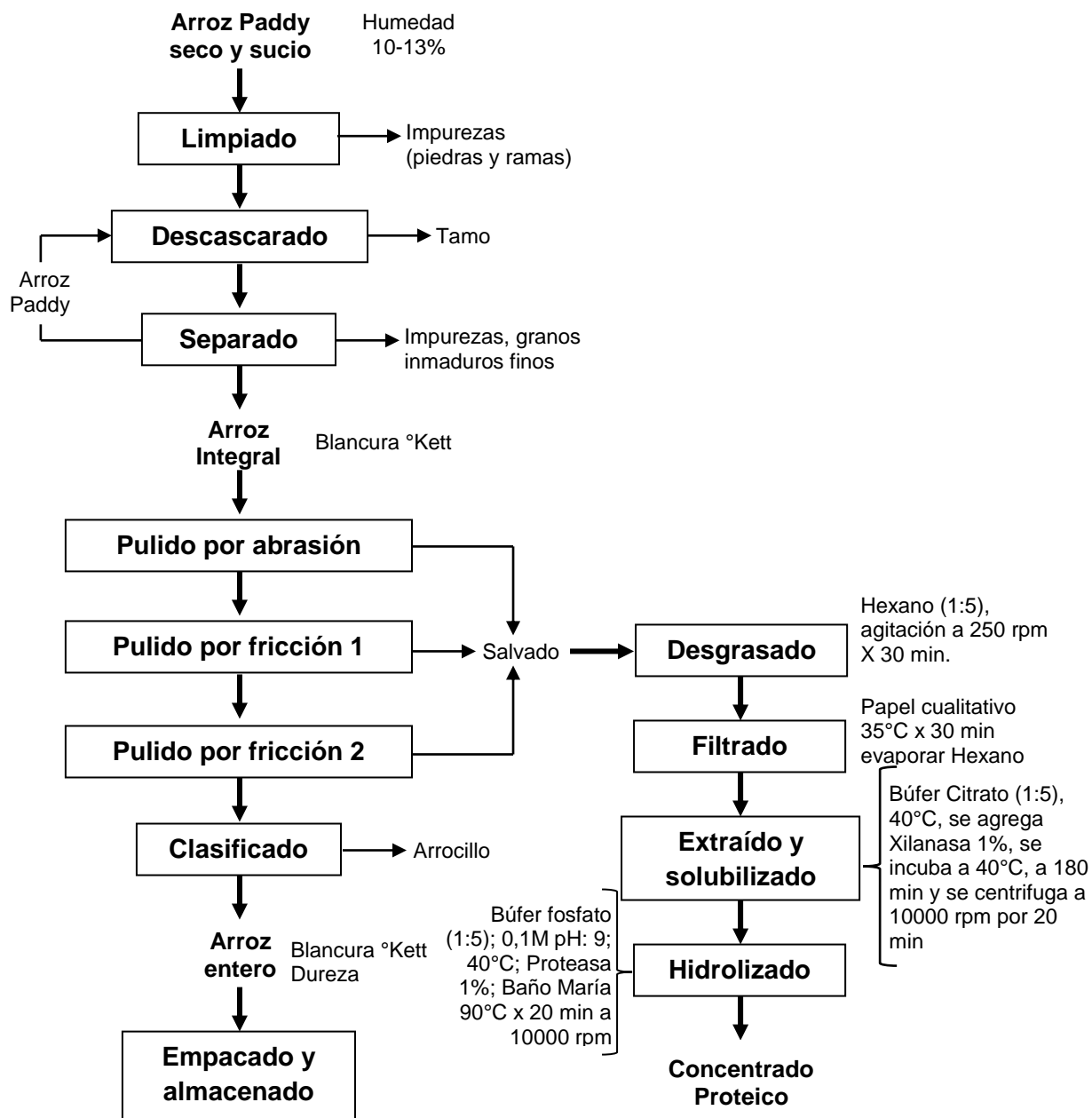
**Figura 20.** Gráfica perfil de sabor de concentrado proteico.

## 4.2. Obtención definitiva del concentrado proteico de salvado de arroz

### 4.2.1. Proceso de Obtención del concentrado Proteico

En la Figura 21 se presenta el diagrama de flujo definitivo de la tecnología del proceso al que fue sometido el arroz después de haber sido secado, madurado (almacenamiento 30-60 días) y alcanzando las condiciones necesarias, para poder obtener el salvado de arroz.





**Figura 21.** Diagrama de flujo del proceso de obtención del concentrado proteico del salvado de arroz.

### Hidrolizado enzimático de proteínas

La segunda etapa fue la hidrólisis enzimática de proteínas, donde el objetivo fue obtener un extracto más puro rico en péptidos y dipéptidos.

#### 4.2.2. Balance de materia y rendimiento

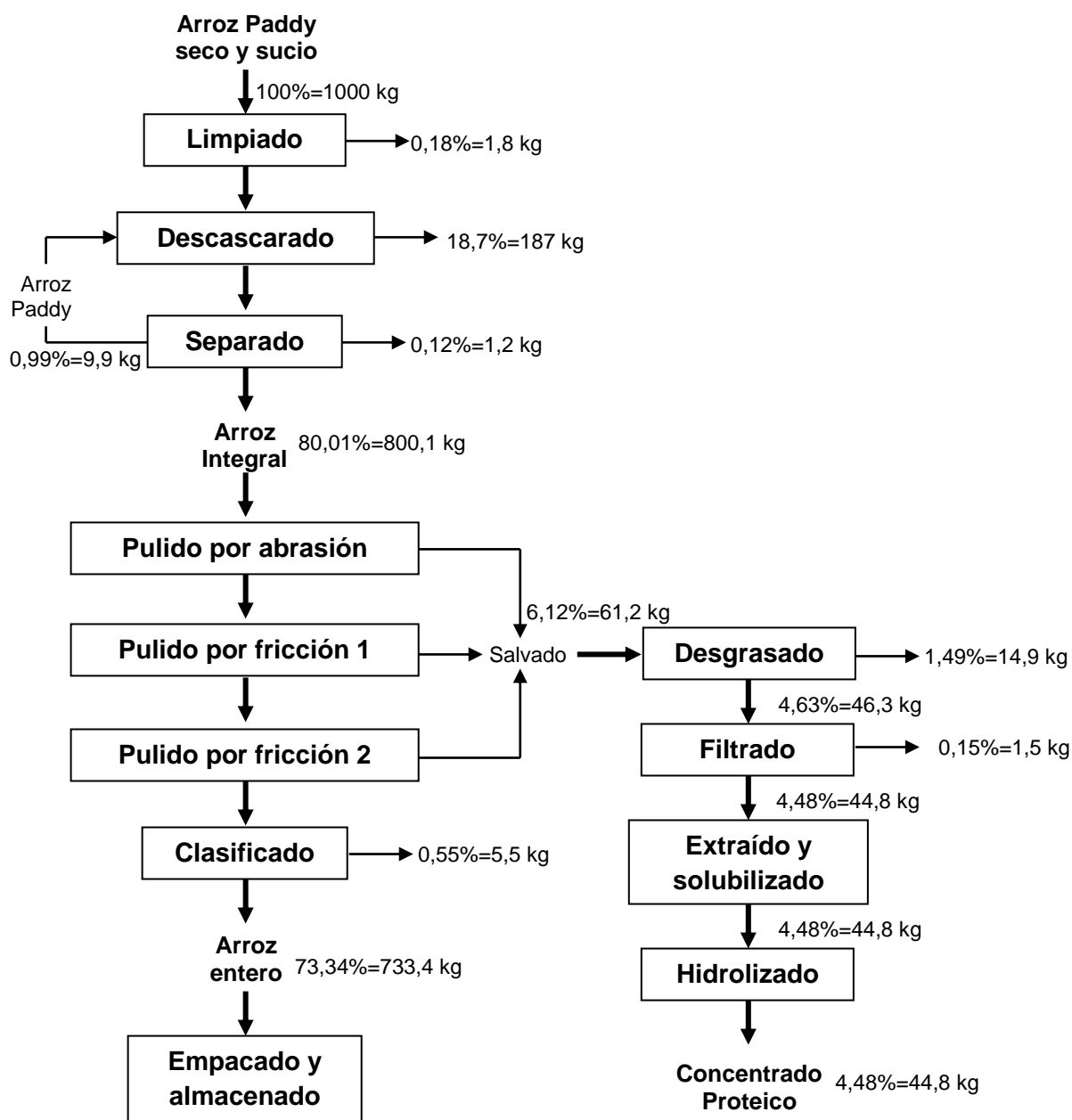
En el Cuadro 14 se tiene el balance de materia y rendimiento en el proceso de obtención de concentrado proteico.

**Cuadro 14.** Balance de materia y rendimiento en la obtención del concentrado proteico de salvado de arroz.

Acciones	Entra	Pierde	Continua	Rendimiento %	
	(kg)	(kg)	(kg)	Operación	Proceso
Limpiado	1000,00	1,80	998,20	99,8	99,8
Descascarado	998,20	187,00	811,20	81,26	81,12
Separado	811,20	1,20	810,00	99,85	81,00
Pulido por abrasión					
Pulido por fricción 1	800,10	738,90*	61,20	7,64	6,12
Pulido por fricción 2					
Desgrasado	61,20	14,90	46,30	75,65	4,63
Filtrado	46,30	1,50	44,80	96,76	4,48
Extraído y solubilizado	44,80		44,80	100,00	4,48
Hidrolizado	44,80		44,80	100,00	4,48
Almacenado	44,80		44,80	100,00	<b>4,48</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 22 se detallan los valores del Cuadro 14 en el balance de materia y rendimiento en el proceso de obtención de concentrado proteico.



**Figura 22.** Balance de materia del proceso de obtención del concentrado proteico del salvado de arroz

#### 4.2.3. Análisis de costos para la obtención del concentrado proteico

Determinamos los costos de producción a escala de pequeña industria del concentrado proteico, a partir del salvado de arroz. En el Cuadro 15, se presenta la ficha técnica del concentrado proteico de salvado de arroz.

**Cuadro 15.** Ficha técnica del hidrolizado enzimático del concentrado proteico.

<b>Propiedad</b>	<b>Especificación</b>
Estado físico	Polvo sólido (lío­filizado)
Color	Blanco crema
pH	7,00
Proteína	75%
Nitrógeno Soluble	53%
Solubilidad	Totalmente soluble en agua

Fuente: Elaboración propia.

### **Inversión del proyecto**

Se observa en el Cuadro 16, el resumen de la inversión total para la implementación del proyecto.

**Cuadro 16.** Resumen de la inversión total para la implementación del proyecto.

<b>Concepto</b>	<b>Valor (Dólares)</b>	<b>%</b>
Inversión fija	147 045,00	49,08
Capital de operaciones	147 168,00	50,02
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>294 213,00</b>	<b>100,00</b>
Capital propio	152 991,00	52,00
Financiamiento	141 222,00	48,00

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 17, se observa el detalle de la inversión fija. Complementariamente, en el Anexo 16, se puede observar un despliegue más detallado de los rubros que comprenden a la inversión fija.

**Cuadro 17.** Resumen de la inversión fija para la implementación del proyecto.

<b>Concepto</b>	<b>Valor (Dólares)</b>	<b>%</b>
Terrenos	20 000,00	14,00
Adecuaciones y construcciones	80 750,00	55,00
Maquinaria y equipo	44 915,00	31,00
Otros activos	1 380,00	1,00
<b>TOTAL</b>	<b>147 045,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **Capital de operaciones**

Se observa en el Cuadro 18 los rubros considerados para determinar el capital de operación, mientras que en el Anexo 17 se exhibe un detalle de los parámetros considerados.

**Cuadro 18.** Rubros considerados para determinar el capital de operación.

<b>Denominación</b>	<b>Tiempo (meses)</b>	<b>Monto (USD)</b>
Materiales Directos	3	127 862,00
Mano de Obra Directa	3	4 602,00
Carga Fabril*	3	10 260,00
Gastos de administración*	2	2 767,00
Gastos de venta	2	1 324,00
Reserva de productos terminados	2	320,00
Cuentas por cobrar	2	33,00
<b>TOTAL</b>		<b>147 168,00</b>

\* Sin depreciación ni amortización

Fuente: Elaboración propia

### **Costo unitario del producto**

En el Cuadro 19 se tiene la determinación del costo unitario del concentrado de proteína.

**Cuadro 19.** Determinación del costo unitario del concentrado de proteína.

<b>Denominación</b>	<b>Monto (USD)</b>	<b>%</b>
Costo de producción	1 692 953,00	96,23
Costos de ventas	15 887,00	0,90
Gastos de administración y generales	33 334,00	1,89
Gastos de financiamiento	17 111,00	0,97
Total	1 759 285,00	100,00
Unidades producidas (kg)	350 000,00	
Costo unitario del producto (USD/Kg)	5,03	

Fuente: Elaboración propia

**Punto de equilibrio**

En el Cuadro 20, se indican los rubros considerados para determinar el punto de equilibrio.

**Cuadro 20.** Rubros considerados para determinar el punto de equilibrio.

<b>Descripción</b>	<b>Costos Fijos (dólares)</b>	<b>Costos variables (dólares)</b>
Materiales Directos		1 534 340,00
Mano de Obra Directa		27 611,00
Carea Fabril		-
Mano de Obra Indirecta		11 785,00
Materiales indirectos	54 250,00	-
Depreciación	7 878,00	-
Suministros	50 750,00	-
Reparaciones y mantenimiento	1 257,00	-
Seguros	2 513,00	-
Imprevistos	2 569,00	-
Gastos de ventas	15 887,00	-
Gastos administración, generales	33 334,00	-
Gastos financieros	17 111,00	-
<b>TOTAL</b>	<b>185 548,00</b>	<b>1 573 736,00</b>
<b>Punto de Equilibrio (%)</b>	<b>20,36</b>	

Fuente: Elaboración propia

### Valor actual neto y tasa interna de retorno

EL VAN y la tasa interna de retorno se tiene en el cuadro 21.

**Cuadro 21.** Valor actual neto y tasa interna de retorno.

<b>VAN (USD)</b>	69 978,58
<b>TIR (%)</b>	16,94

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Elaboración de la película comestible

#### 4.3.1. Pruebas físicas para optimizar el mejor tratamiento

##### Solubilidad de la película

En el Anexo 11 se tiene los datos de solubilidad del recubrimiento comestible, mediante el cual se realizó la prueba de cribado de 8 tratamientos con un punto central que se aprecia en el Anexo 21.

En el Cuadro 22 se tiene la optimización de la respuesta para minimizar la solubilidad de la película comestible con valor óptimo de 9,76461 °Brix.

**Cuadro 22.** Optimización de la respuesta para minimizar la solubilidad de la película comestible con valor óptimo de 9,76461 °Brix.

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Porcentaje proteína	1,0	3,0	3,0
Proporción Plastificante	1,0	3,0	3,0
Temperatura Secado	25,0	90,0	90,0

Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 23, 24 y 25 se tiene la gráfica de efectos principales para solubilidad, superficie de respuesta estimada de la solubilidad y contornos de la superficie de respuesta estimada de la solubilidad respectivamente.

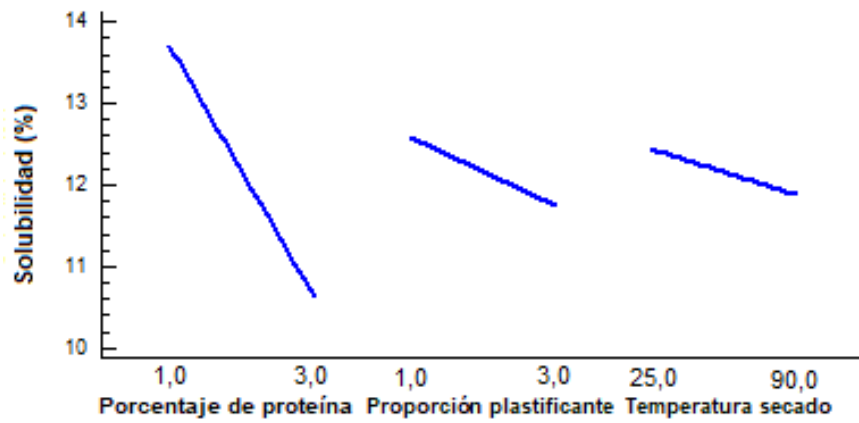


Figura 23. Gráfica de efectos principales para solubilidad.

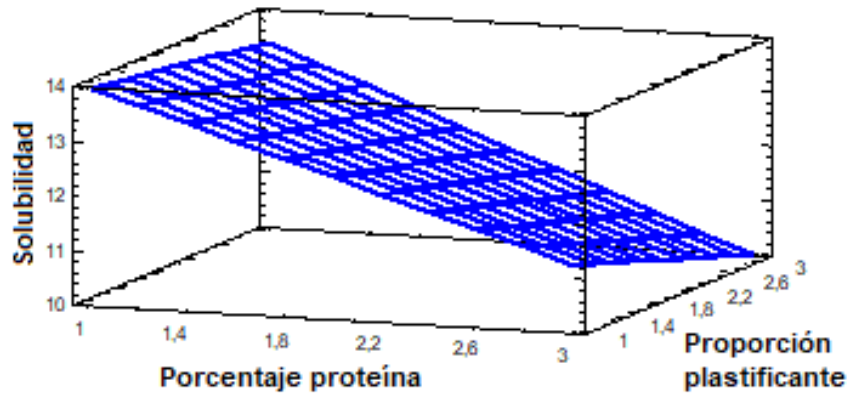


Figura 24. Superficie de respuesta estimada de la solubilidad.

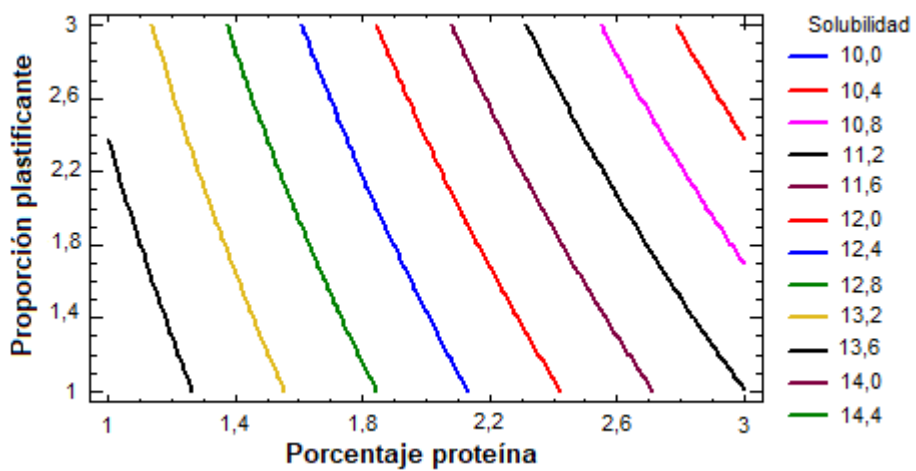


Figura 25. Contornos de la superficie de respuesta estimada de la solubilidad.



### Permeabilidad al vapor de agua

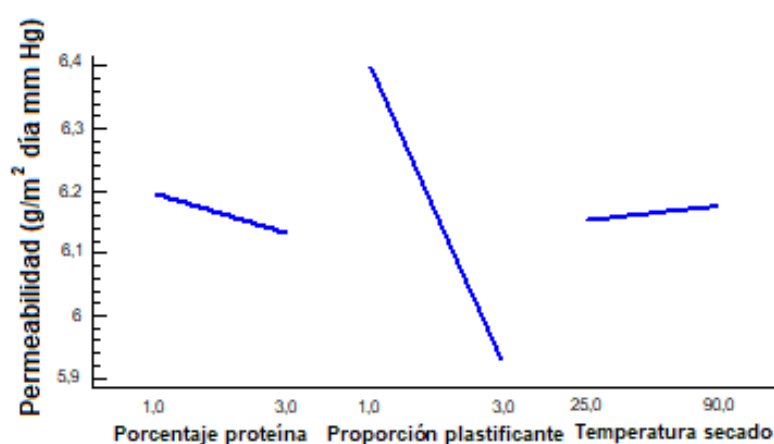
Los datos para la permeabilidad al vapor de agua de la película comestible lo tenemos en el Anexo 12, con dichos valores realizamos el ANVA del Anexo 22. En el Cuadro 23 se tiene la optimización de respuesta para minimizar la permeabilidad de la película comestible con valor óptimo de 4,97406 g/m<sup>2</sup> día mm Hg

**Cuadro 23.** Optimización de respuesta para minimizar la permeabilidad de la película comestible con valor óptimo de 4,97406 g/m<sup>2</sup> día mm Hg.

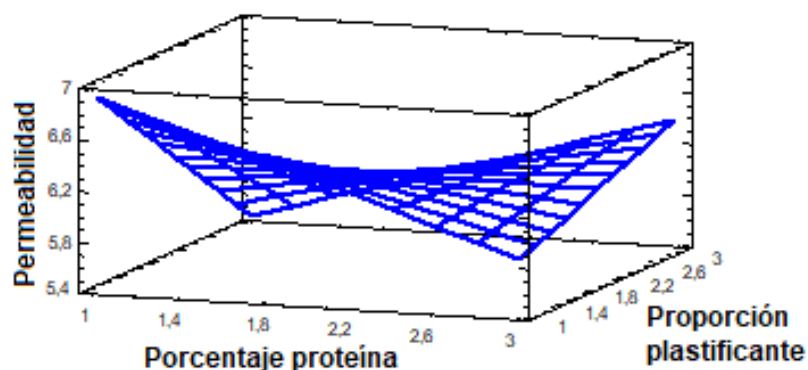
Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Porcentaje proteína	1,0	3,0	1,0
Proporción Plastificante	1,0	3,0	3,0
Temperatura Secado	25,0	90,0	90,0

Fuente: Elaboración propia

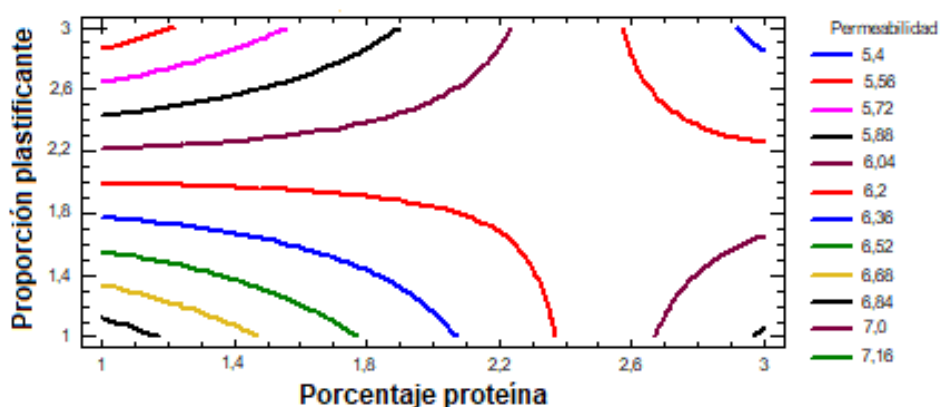
En las Figuras 26, 27 y 28 se tiene la gráfica de efectos principales para permeabilidad de la película comestible, la superficie de respuesta estimada de la permeabilidad de la película comestible y los contornos de la superficie de respuesta estimada de la permeabilidad de película comestible respectivamente



**Figura 26.** Gráfica de efectos principales para permeabilidad de la película comestible.



**Figura 27.** Superficie de respuesta estimada de la permeabilidad de la película comestible.



**Figura 28.** Contornos de la superficie de respuesta estimada de la permeabilidad de película comestible.

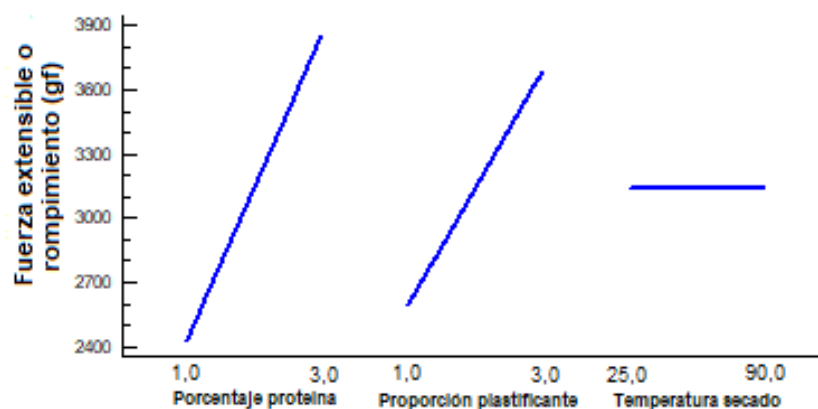
### Fuerza extensible

En el Anexo 23 se tiene el análisis de Varianza para fuerza de rompimiento de la película comestible y en el Cuadro 24 se tiene la optimización de respuesta para maximizar fuerza de rompimiento con valor óptimo de 4517,43 gramos fuerza.

**Cuadro 24.** Optimización de respuesta para maximizar fuerza de rompimiento con valor óptimo de 4517,43 gramos fuerza.

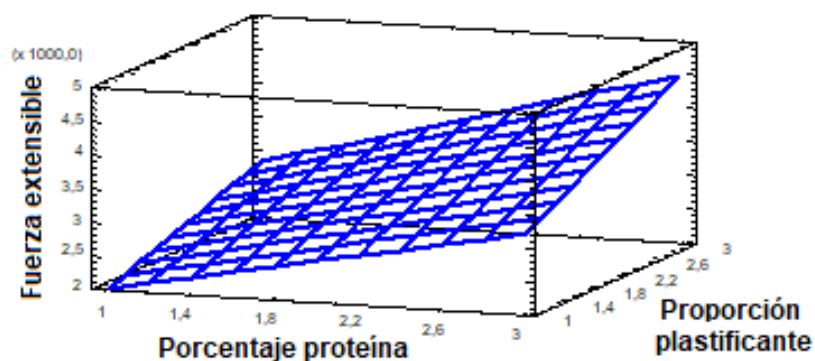
Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Porcentaje proteína	1,0	3,0	3,0
Proporción Plastificante	1,0	3,0	3,0
Temperatura Secado	25,0	90,0	25,0

Fuente: Elaboración propia

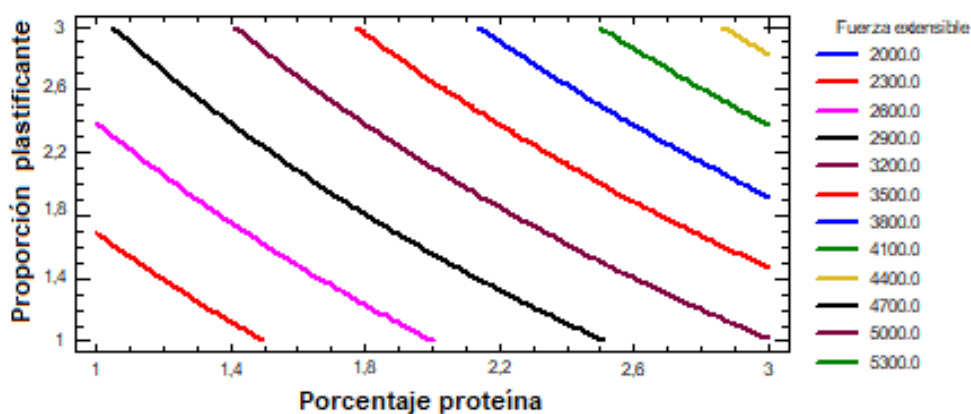


**Figura 29.** Gráfica de efectos principales para fuerza extensible de la película comestible.

En la Figura 29 se tiene la gráfica de efectos principales para fuerza extensible de la película comestible, en la Figura 30 muestra la superficie de respuesta estimada de la fuerza extensible de la película comestible y la Figura 31 ilustra los contornos de la superficie de respuesta estimada de la fuerza extensible de película comestible.



**Figura 30.** Superficie de respuesta estimada de la fuerza extensible de la película comestible.



**Figura 31.** Contornos de la superficie de respuesta estimada de la fuerza extensible de película comestible.

### Elongación

Los datos de la elongación de la película comestible se tienen en el Anexo 14 que nos permitió realizar el ANVA del Anexo 24.

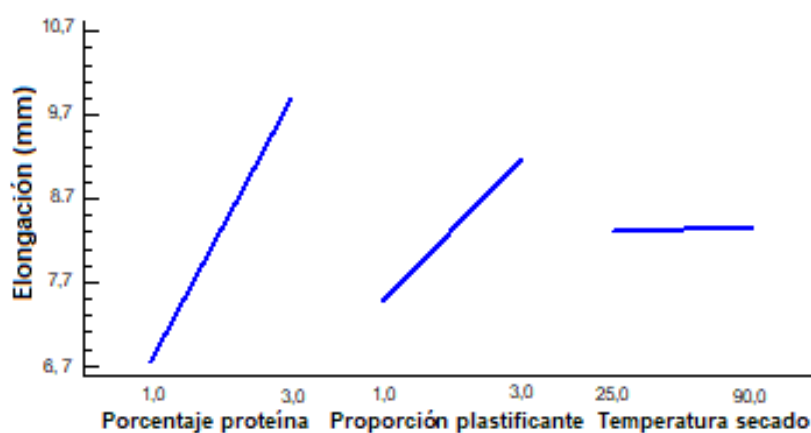
En el Cuadro 25 se tiene la optimización de respuesta para maximizar la elongación con valor óptimo de 10,6417 mm.

En la Figura 32 se tiene la gráfica de efectos principales para elongación de la película comestible, mientras que en la Figura 33 se visualiza la superficie de respuesta estimada de la elongación de la película comestible y en la Figura 34 se observa los contornos de la superficie de respuesta estimada de la elongación de película comestible.

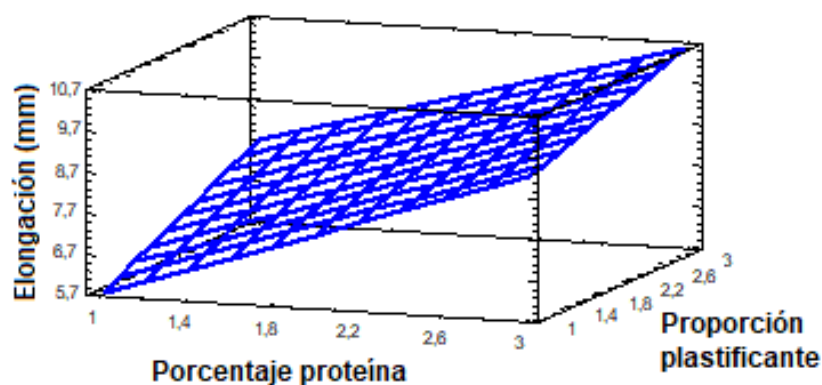
**Cuadro 25.** Optimización de respuesta para maximizar la elongación con valor óptimo de 10,6417 mm.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Porcentaje proteína	1,0	3,0	3,0
Proporción Plastificante	1,0	3,0	3,0
Temperatura Secado	25,0	90,0	90,0

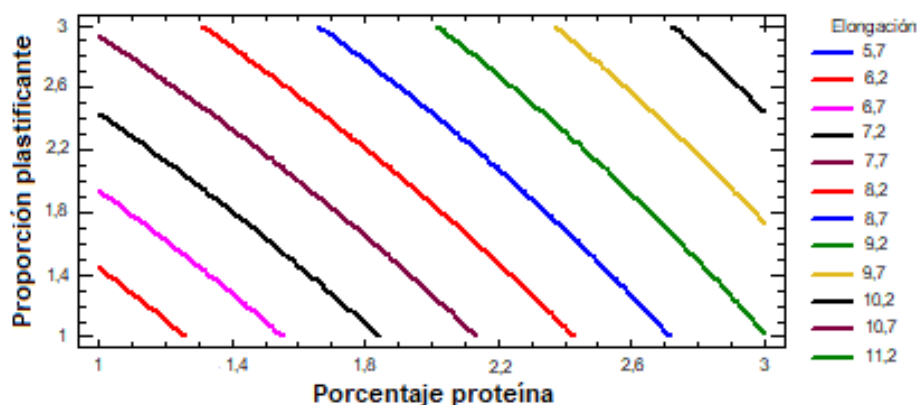
Fuente: Elaboración propia



**Figura 32.** Gráfica de efectos principales para elongación de la película comestible.



**Figura 33.** Superficie de respuesta estimada de la elongación de la película comestible.



**Figura 34.** Contornos de la superficie de respuesta estimada de la elongación de película comestible.

### Color

La luminosidad cuyos valores están en el Anexo 15 y mediante el cual efectuamos el ANVA del Anexo 25.

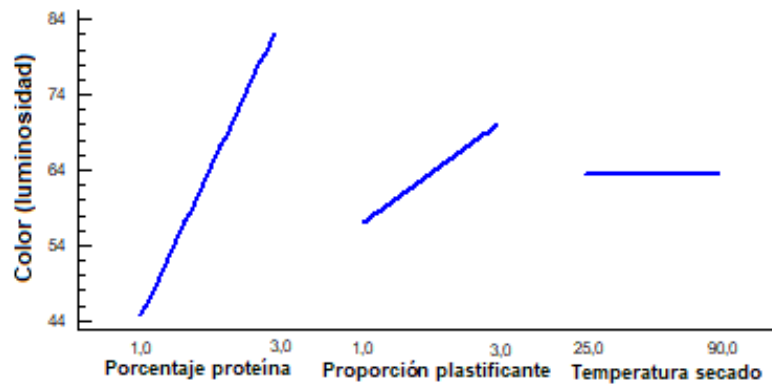
En el Cuadro 26 se tiene la optimización de respuesta para maximizar el color (luminosidad) con valor óptimo de 92,0781 de luminosidad (Lb).

**Cuadro 26.** Optimización de respuesta para maximizar el color (luminosidad) con valor óptimo de 92,0781 de luminosidad (Lb).

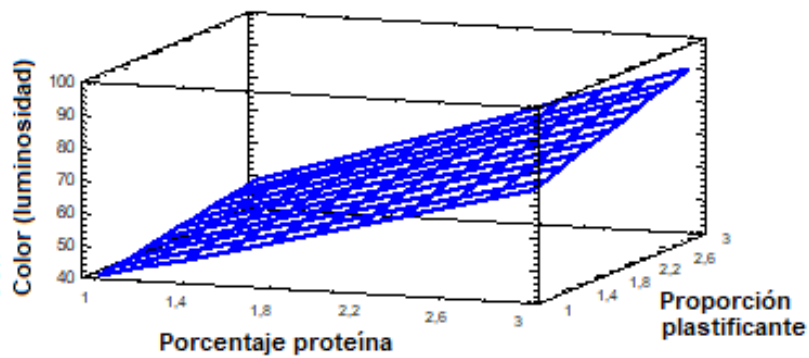
Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Porcentaje proteína	1,0	3,0	3,0
Proporción Plastificante	1,0	3,0	3,0
Temperatura Secado	25,0	90,0	25,0

Fuente: Elaboración propia

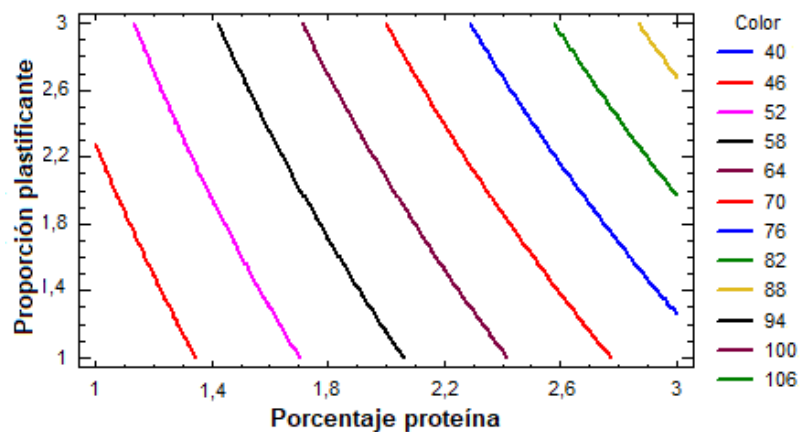
En las Figuras 35, 36 y 37 se tienen la gráfica de efectos principales, la superficie de respuesta y los contornos de la superficie de respuesta estimada del color (luminosidad) de la película comestible respectivamente.



**Figura 35.** Gráfica de efectos principales para color (luminosidad) de la película comestible.



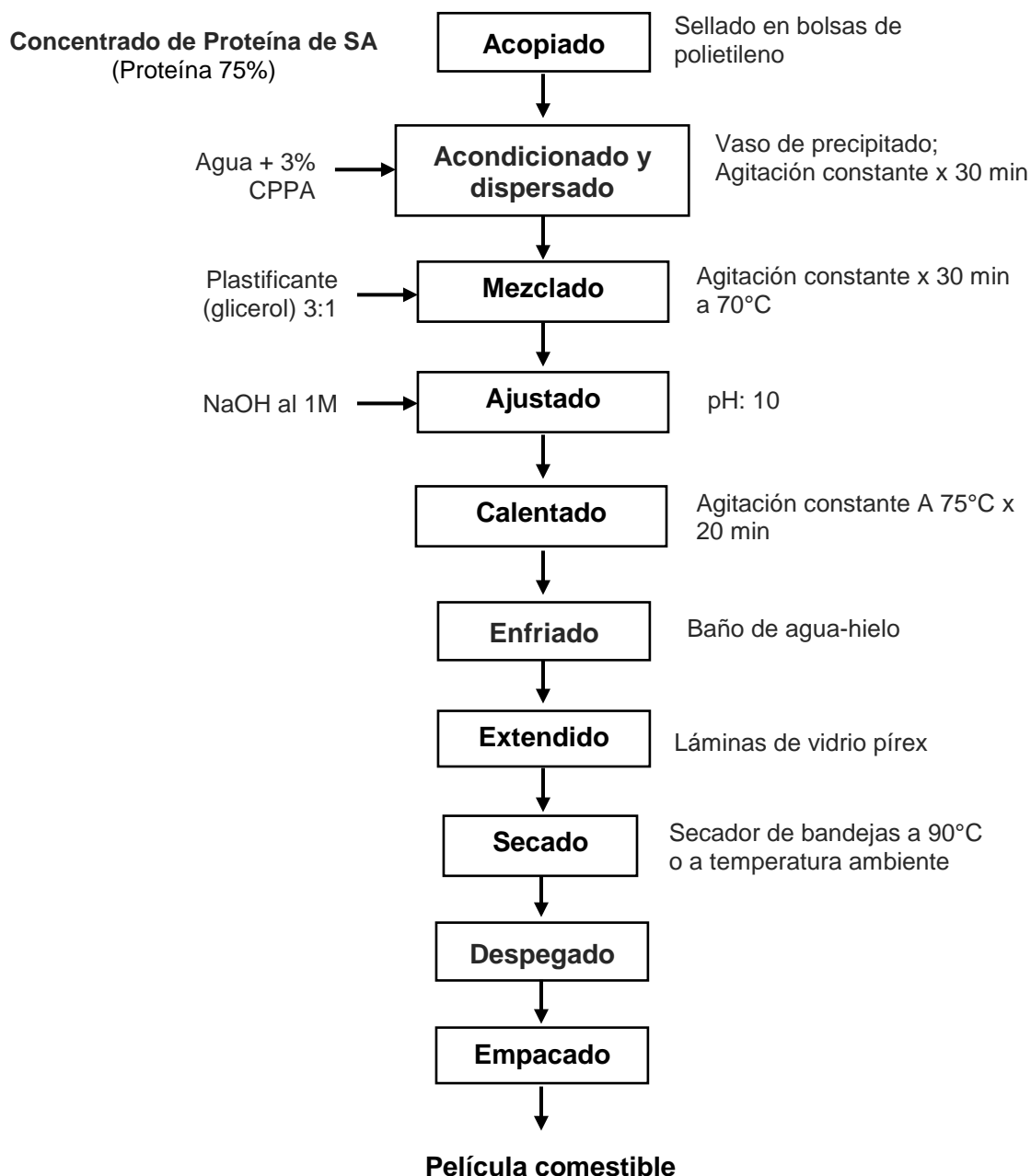
**Figura 36.** Superficie de respuesta estimada del color (luminosidad) de la película comestible.



**Figura 37.** Contornos de la superficie de respuesta estimada del color (luminosidad) de la película comestible.

### 4.3.2. Elaboración definitiva del recubrimiento comestible

Concluida las pruebas físicas para optimizar la elaboración del recubrimiento comestible, pudimos establecer el flujograma definitivo que tenemos en la Figura 38.



**Figura 38.** Diagrama de flujo para la obtención de una película comestible a partir del concentrado proteico del pulido de arroz.



### 4.3.3. Caracterización de la película comestible

En el Cuadro 27 se tiene la caracterización fisicoquímica de la película comestible.

**Cuadro 27.** Características fisicoquímicas de la película comestible.

Componentes	Cantidades
Proteínas	75,00%*
Grasa	1,10%*
Fibra	5,01%
Ceniza	9.22%
Humedad	6,80%*
Compuestos no nitrogenados	17,10%*
Solubilidad	9,76461°Bx
Permeabilidad al vapor de agua	4,97406 g/m <sup>2</sup> día mm Hg
Fuerza de rompimiento	4 517,43 gramos fuerzan
Elongación	10,6417 mm
Luminosidad (Transparencia)	6,46296 puntos

(\*) La sumatoria es 100%

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 28 se tiene el análisis microbiológico de la película comestible del concentrado proteico del pulido de arroz.

**Cuadro 28.** Análisis microbiológico de la película comestible del concentrado proteico del pulido de arroz.

Análisis	Recuento
Total	<100 ufc/g
Levaduras	<10 ufc/g
Mohos	<10 ufc/g
Salmonella	Ausencia
Otros patógenos	Ausencia

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 26 se tiene este análisis calificado en base a una escala hedónica de 5 puntos.

En el Cuadro 29 se tiene la prueba de diferencia de Tukey para la aceptación de la película comestible en base a la calificación realizada por los panelistas.

**Cuadro 29.** Prueba de significación de Tukey para la aceptación de la película comestible en base a la calificación realizada por los panelistas.

<b>Panelistas</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Promedio</b>
10	3	2,66667 <sup>a</sup>
11	3	2,66667 <sup>a</sup>
9	3	3,66667 <sup>ab</sup>
2	3	3,66667 <sup>ab</sup>
3	3	3,66667 <sup>ab</sup>
8	3	3,66667 <sup>ab</sup>
4	3	3,66667 <sup>ab</sup>
7	3	4,33333 <sup>ab</sup>
6	3	4,33333 <sup>ab</sup>
1	3	4,33333 <sup>ab</sup>
5	3	4,66667 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Pruebas preliminares para la obtención del concentrado proteico

#### 5.1.1. Caracterización del salvado de arroz

La caracterización física del arroz paddy previo a su procesamiento y los rendimientos de los productos del pilado por variedad se presentan en el Cuadro 7, que según la norma INEN 186 las condiciones de humedad en el arroz paddy deben ser hasta del 14% para evitar su deterioro por la activación de la flora micótica presente y fermentaciones derivadas, además el grano adquiere mayor dureza y consistencia para soportar mejor las operaciones de pilado.

A las fracciones obtenidas de los pulidos de cada variedad se les realizó análisis fisicoquímico por medio del método NIR, donde los resultados se muestran en el Cuadro 8, de estos parámetros el de mayor relevancia para la presente investigación es el contenido de proteína, puesto que se requiere elegir una variedad de arroz y su respectiva fracción de pulido con mayor contenido de este nutriente para la obtención del concentrado proteico.

Primero se formuló una prueba de hipótesis con el fin de determinar si existe diferencia significativa en el contenido proteico entre variedades, siendo  $H_0$ : que no existe diferencia significativa en el contenido proteico de las variedades del pulido de arroz y  $H_a$ : que existe diferencia significativa en el contenido proteico de las variedades del pulido de arroz.

De igual manera se formuló una prueba de hipótesis para determinar diferencias significativas en el contenido proteico entre las fracciones de pulido, siendo  $H_0$ : que no existe diferencia significativa en el contenido proteico del SA de las fracciones de pulido y  $H_a$ : que existe diferencia significativa en el contenido proteico del pulido de arroz de las fracciones de pulido.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para los factores: Variedad y Pulidos, se muestran en el Anexo 19, se observa que para el factor variedad el P valor es mayor que 0,05 que permite rechazar la  $H_a$  es decir que las variedades son iguales en cuanto a porcentaje de proteína, pero para el factor de las fracciones de pulido presenta un valor P menor a 0,05, teniendo suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$  a favor de  $H_a$ , pero al realizar la prueba de Duncan para concluir observamos que existe diferencia significativa en el contenido proteico de las tres variedades y entre las fracciones de los pulidos de dichas variedades.

Al realizar la prueba con un 95% de confianza (Cuadro 9), se observa que la variedad con el mayor contenido de proteína corresponde a INIA 507, seguido de la 509 y de la Capirona INIA respectivamente. Por otro lado, también se observó que el salvado obtenido en el pulido 1 contiene mayor cantidad de proteína que el pulido 2, similar a lo observado por GONZÁLEZ y ROSERO, (1981) en la caracterización de las fracciones de pulido de variedades colombianas analizadas, donde se observó que la distribución de proteínas es heterogénea y la mayoría está concentrada de forma decreciente desde las capas externas hacia el centro, evidenciándose mayores contenidos de proteína en la primera fracción de pulido. Así también la composición del pulido de arroz no sólo está en función de la variedad sino también del grado de tecnificación del pilado y de las condiciones de cosecha del arroz. La Figura 12, muestra un diagrama de cajas, en el cual se puede apreciar la diferencia existente entre las medias del contenido proteico por variedad de pulido de arroz. Una vez analizados estadísticamente los datos, se concluyó usar como sustrato el pulido de la variedad INIA 507, puesto que presentó el mayor porcentaje de proteína y, se mezclaron los pulidos 1 y 2 de dicha variedad para conformar la muestra como la obtenida en el proceso de las piladoras industriales tradicionales de la Región San Martín. De esta manera se espera obtener un mayor contenido de nitrógeno en los extractos.

### **5.1.2. Extracción y solubilización de proteínas para optimizar el mejor tratamiento**

La Figura 13 muestra que el tiempo óptimo en la extracción y solubilización de proteínas en el sustrato desgrasado con el método alcalino fue a los 120 minutos, dando el mayor contenido de proteína en el extracto liofilizado de 8,4 mg/ml, mientras que con el método enzimático el tiempo óptimo de incubación fue a los 180 minutos dando como resultado un contenido de proteína de 5,7 mg/ml.

La Figura 14 muestra que el tiempo óptimo en la extracción y solubilización de proteínas en el sustrato SD con el método alcalino fue a los 180 minutos, dando una concentración de proteína en el extracto liofilizado de 7,01 mg/ml mayor que el obtenido con método enzimático, donde el tiempo óptimo de incubación también fue a los 180 minutos con una concentración de proteína menor de 4,73 mg/ml.

Se realizó pruebas de hipótesis con el fin de determinar la influencia de los factores: tipo de sustrato, tipo de tratamiento y tiempo de incubación sobre el contenido de proteína (BSA) de la muestra, donde para Tipo de sustrato, se tiene  $H_0$ : que el tipo de sustrato no influye significativamente en el contenido proteico del extracto y  $H_a$ : que el tipo de sustrato si influye significativamente en el contenido proteico del extracto.

Para los tipos de tratamiento, se tiene  $H_0$ : que el tipo de tratamiento al que fue sometido el sustrato no influye significativamente en el contenido proteico del extracto y  $H_a$ : que el tipo de tratamiento al que fue sometido el sustrato si influye significativamente en el contenido proteico del extracto.

Finalmente, para el Tiempo,  $H_0$ : que el tiempo de incubación no influye significativamente en el contenido proteico del extracto y  $H_a$ : que el tiempo de incubación si influye significativamente en el contenido proteico del extracto.

Puesto que los datos obtenidos que se presenta en las Figuras 13 y 14 cumplen con una distribución normal y una igualdad en las varianzas

poblacionales (ver Anexo 8) se procedió a realizar un ANVA, los resultados del análisis se muestran en el Anexo 20.

Se observa que el factor tratamiento es decir hidrolisis alcalina y enzimática y la interacción entre el tipo de tratamiento y sustrato presentan un valor P menor a 0,05, existiendo suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$  a favor de  $H_a$ , para concluir que el tratamiento es decir alcalino o enzimático, tipo de sustrato, desgrasado y sin desgrasar influyen significativamente en el contenido proteico de los extractos analizados. Así también se observa que hay una interacción entre el tratamiento y tipo de sustrato que afecta significativamente al contenido proteico.

En la Figura 15, se muestra la gráfica para las medias, en la cual se evidencia la diferencia de los tratamientos, demostrándose que el mejor tratamiento corresponde a la hidrolisis por alcalinidad cumpliéndose con los supuestos del modelo.

La Figura 16, permite visualizar el efecto del tipo de sustrato y tratamiento sobre la variable de respuesta, donde se aprecia que el método alcalino y el sustrato desgrasado dan mayores concentraciones de proteína en el extracto, aunque el ANVA indique que no hay diferencia estadística.

La grafica de medias de tiempo de incubación de la Figura 17 muestra el comportamiento de las medias aritméticas del tiempo indicando que el mejor tiempo con mayor cantidad de concentrado proteico lo constituye 180 minutos a pesar que en el ANVA no exista diferencia estadística entre los tiempos.

Según el análisis estadístico las mejores condiciones para la fase de extracción de proteína son evidentemente usando como sustrato de pulido de arroz desgrasado por el método alcalino a 120 minutos. Sin embargo, desde el punto de vista tecnológico y por cuestiones de costos resulta más conveniente usar un pulido de arroz sin desgrasar por el método alcalino a 180 minutos, a fin de no encarecer el producto final.

En conclusión, la mejor condición que se usó bajo estas observaciones fue la del pulido de arroz sin desgrasar por el método alcalino a 180 minutos.

La determinación de la cantidad de proteína de los productos obtenidos en esta etapa bajo las condiciones escogidas se presenta en el Cuadro 10 y en la Figura 18 el extracto proteico liofilizado.

### **5.1.3. Cuantificación del concentrado proteico para optimizar el mejor tratamiento**

#### **Grado de hidrólisis**

Una vez realizada la hidrólisis se procedió a establecer el tiempo en el cual se obtiene la mayor cantidad de productos en la reacción. Los datos obtenidos de la reacción se muestran en el Cuadro 11.

Se puede observar en la Figura 19 que el tiempo óptimo en la hidrólisis de proteínas en el sustrato SD con el método alcalino fue de 180 minutos con una concentración de 5,3 µg/ml de serina.

#### **Nitrógeno soluble**

La determinación de la cantidad de proteína y del nitrógeno soluble del concentrado proteico, se presenta en el Cuadro 14, donde se aprecia que el contenido de proteína es elevado llegando a un 73%, el nitrógeno soluble también es elevado lo que demuestra que se tienen proteínas solubles e insolubles en medio acuoso.

#### **Sabor**

De acuerdo con los resultados tabulados que se muestran en el Cuadro 13, se concluye que el concentrado proteico no presenta un sabor amargo, tiene un sabor ligeramente ácido y salado, y un dulzor casi imperceptible; no deja sabor residual, lo cual es algo deseable BENITEZ *et al*, (2008) indicaron que las notas saladas de los hidrolizados incrementan mientras que el aroma dulce decrece luego del secado y se evidencia más en un secado por aspersión que en el concentrado liofilizado.

La Figura 20, muestra el análisis gráfico de las evaluaciones de los perfiles de sabor del producto, observándose que el concentrado proteico

de pulido de arroz tiene un sabor comprendido entre dulce, ácido y salado más no así amargo.

## **5.2. Obtención definitiva del concentrado proteico de salvado de arroz**

### **5.2.1. Proceso de obtención del concentrado proteico**

En la Figura 21 se presenta el diagrama de flujo definitivo de la tecnología del proceso al que fue sometido el arroz después de haber sido secado, madurado (almacenamiento 30-60 días) y alcanzando las condiciones necesarias, para poder obtener el pulido de arroz. La determinación de la idoneidad del grano para ser pilado se comprueba mediante la cocción del arroz, si resulta pegajoso, es necesario que siga en la etapa de maduración.

A través de este proceso conocido como pilado se transforma el arroz paddy en un arroz blanco apto para el consumo humano. En este diagrama se muestra que además del grano entero de arroz se obtiene varios subproductos como el tamo o cascarilla, arrocillo y el pulido o polvillo de arroz, a partir de aquí se obtiene el concentrado proteico, porque está demostrado que posee un contenido más elevado de proteínas en comparación con el arroz blanco como se indicó en el Cuadro 5. La eficacia del proceso fue determinada por la cantidad de concentrado obtenido en el proceso.

A continuación, describimos cada etapa del proceso de obtención del concentrado descrito en el diagrama de flujo definitivo.

#### **Limpieza**

El arroz debió tener una humedad comprendida entre 10 y 13%, viene del campo con impurezas como piedras, ramas, pajas, entre otros objetos extraños; por ello se pasó el arroz por un tamiz vibratorio con un diámetro de apertura de 1,27 cm para obtener un arroz limpio y listo para poder entrar a la descascaradora.



### **Descascarado**

Durante esta operación se eliminó la cáscara que cubre al grano de arroz para producir arroz integral, mediante la fricción que ejercen los rodillos de caucho sobre el grano al girar en direcciones opuestas con diferentes velocidades en la superficie; separando así la cáscara también conocida como tamo, luego ésta es aspirada y llevada por medio de tuberías fuera de la planta donde será recogida, mientras que el arroz integral pasa a la siguiente etapa. Según la FAO (1991), las cáscaras no tienen ningún valor nutricional, pero pueden utilizarse como combustible, tal vez en la operación de secado del arroz, y las cenizas como fuente de carbón puro para la producción de acero.

### **Separado**

No todo el arroz que se obtuvo en el proceso anterior es integral, existe un porcentaje de arroz que la máquina no logra descascarillar, y es por ello que se lo pasa por tres dispositivos

#### **- Mesa separadora de paddy**

Separa con base en las diferencias de densidad el arroz sin cáscara del arroz paddy (con cáscara); este último es regresado a la descascaradora y el arroz integral es llevado hacia los pulidores por medio de elevadores de cangilones.

#### **- Zarandas cilíndricas**

Antes de proseguir a la etapa de pulido se debe rectificar el arroz integral, para separar piedras, ramas.

#### **- Máquina separadora por grosor**

Clasifica por grosor, separando lo granos inmaduros finos.

### **Pulido por abrasión**

En esta etapa del proceso se remueve la mayor parte de las capas que recubren el arroz integral, que corresponden al salvado y al germen, y así obtener el arroz blanco, se utiliza un material abrasivo entre los granos.

### **Pulido por fricción 1**

Los granos son friccionados en seco sobre una superficie áspera.

### **Pulido por fricción 2**

Los granos como en el caso anterior son friccionados, pero con agua. El método de pulido triple ofrece la ventaja de obtener un arroz más traslúcido y menos quebrado que un sistema de Abrasión-Abrasión-Fricción. Al final se obtiene como subproductos de esta etapa cierta cantidad de granos partidos (medianos y quebrados) y el pulido, eliminándose así gran parte de proteínas, fibra, vitaminas y minerales presentes en estos “desechos”, que nos servirá para obtener el concentrado proteico.

### **Desgrasado**

Fue un pretratamiento del sustrato para la hidrólisis, se trabajó experimentalmente con dos tipos de sustratos: pulido de arroz sin desgrasar y desgrasado, en las pruebas finales se trabajó solamente con esta última.

El desgrasado del pulido de arroz se realizó en base al método de WANG *et al*, (1999) modificado, donde se mezcló salvado más hexano en una relación de (1:3) por un tiempo de 30 minutos con agitación constante a 250 rpm. Se le dejó en reposo por 24 horas en un matraz hermético y protegido de la luz.

### **Filtrado**

Posteriormente, se filtró la mezcla en papel cualitativo y el residuo se colocó en cajas Petri y se llevó a secar a 35°C por un tiempo de 30 minutos para evaporar el hexano remanente. Las muestras secas fueron almacenadas en bolsas ziploc a -20°C.

### **Extraído y solubilizado**

El proceso de hidrólisis se realizó en dos etapas. La primera correspondió a una extracción y solubilización de proteínas, donde el objetivo fue liberar la mayor cantidad de proteínas del resto de componentes no proteicos del sustrato y posteriormente solubilizarla en medio alcalino para finalmente extraerla por centrifugación y lavados con agua ajustada a su punto isoeléctrico, esta etapa se realizó utilizando un método alcalino y enzimático.

En la Figura 4 del diseño experimental se muestra un diagrama de la metodología de experimentación que se empleó para definir las condiciones óptimas de esta primera fase de extracción y solubilización de proteínas.

Como se aprecia para el sustrato desgrasado (D) se realizó la extracción de proteínas a través de un tratamiento alcalino (A) y enzimático (E) por los tiempos de 120 y 180 minutos respectivamente, después de tomar cada 60 minutos hasta 300 minutos una alícuota.

#### **- Método alcalino**

Se mezcló el pulido de arroz con agua destilada en una relación de (1:5) y se ajustó el pH a 9,5 con NaOH 1N. Luego se incubó a una temperatura de 40°C con agitación continua en un agitador-incubador modelo Innova 40, marca New Brunswick Scientific; hasta obtener la máxima cantidad de proteínas en la reacción, tomando alícuotas cada 60 minutos; las mismas que se centrifugaron a 10000 rpm por 20 minutos a 10°C. Al sobrenadante se midió proteína total por el método de Biuret. La parte restante del sobrenadante se lo llevó a punto isoeléctrico ajustando su pH a 4,5 con HCl 1N, una vez llegado a este pH se dejó reposar en frío y luego se centrifugó a 10°C por 20 minutos a una velocidad de 10000 rpm. Finalmente se retiró el precipitado y se lo almacenó a -20°C hasta su posterior liofilización.

#### **- Método enzimático**

Para la extracción por método enzimático se procedió como en el caso anterior, con la diferencia de que el pulido de arroz se mezcló con buffer

citrato en una relación de (1:5), se acondicionó la mezcla a 40°C para luego agregar la enzima Xilanasa (VERON® 292) al 1% en relación al sustrato y se siguió incubando a dicha temperatura.

### **Hidrolizado enzimático de proteínas**

La segunda etapa fue la hidrólisis enzimática de proteínas, donde el objetivo fue obtener un extracto más puro rico en péptidos y dipéptidos. El procedimiento fue el siguiente, se mezcló extracto proteico liofilizado con buffer fosfato 0,1M pH 9 en una relación de (1:5), se acondicionó la mezcla a 40°C para luego agregar la enzima Proteasa (VERON® HPP) al 1% en relación al sustrato y se siguió incubando a dicha temperatura con agitación constante hasta obtener el mayor grado de hidrólisis en la reacción. Una vez cumplido el tiempo óptimo de incubación, se llevó a baño María a 90°C para inactivar enzimas y finalmente se centrifugó a 10000 rpm por 20 minutos a 10°C, separando el sobrenadante que se llevó a liofilizar.

#### **5.2.2. Balance de materia y rendimiento**

En la Figura 22 y el Cuadro 14 se tiene el balance de materia y rendimiento en el proceso de obtención de concentrado proteico, como se aprecia para 1000 kilogramos de arroz Paddy se pudo obtener 44,88 kilogramos de concentrado proteico que es un valor muy considerado sabiendo que este subproducto del arroz en los molinos se desechan, por otro lado la cantidad promedio de producción de arroz blanco de un molino en el Perú es de 5000 kg/hora, lo que equivale decir de 40000 kg/día en un turno de 8 horas, es decir de 54540,49 kg de arroz con cáscara de las cuales se podrían obtener 2443,41 kilogramos de concentrado proteico por día equivalente a 12217,07 dólares por día si el precio de un kilogramo de concentrado es 5 dólares diarios como calculamos más adelante.

#### **5.2.3. Análisis de costos para la obtención del concentrado proteico**

Determinamos los costos de producción a escala de pequeña

industria del concentrado proteico, a partir del salvado de arroz. La planta procesadora se podrá ubicar en cualquier zona arroceras de la Región San Martín, como por ejemplo el distrito de San Hilarión en la provincia de Picota, por la cercanía a los principales productores de arroz. La zona cuenta con la disponibilidad de los servicios básicos.

El estudio no se hizo de la demanda actual de proteínas porque tendríamos que realizar todo un estudio de mercado que no se contempla en el presente estudio, pero se tomó como base que cualquier Molino puede cubrir satisfactoriamente los requerimientos necesarios en la planta de 1000 Ton/año.

En la Figura 22, se presenta el diagrama de flujo de la obtención del concentrado proteico, a partir del cual se determinaron los requerimientos de materia prima e insumos.

### **Inversión del proyecto**

La inversión necesaria para el proyecto fue de 294 213 USD. La inversión fija, que consiste en los recursos tangibles e intangibles, tuvo un valor de 147 045 USD, que corresponde al 49,08 % de la inversión total. El capital de operación, que corresponde a aquellos recursos que permiten que la planta pueda iniciar las actividades, fue de 147 168 USD, correspondiente al 50,02 % de la inversión total, como se observa en el Cuadro 16.

En el Cuadro 17, se observa el detalle de la inversión fija. Complementariamente, en el Anexo 16, se puede observar un despliegue más detallado de los rubros que comprenden a la inversión fija.

### **Capital de operaciones**

El capital de operación fue de 105 397 USD, como se observa en el Cuadro 18; mientras que en el Anexo 17 se exhibe un detalle de los parámetros considerados.

### **Costo unitario del producto**

El costo unitario de producción del concentrado de proteína es

de 5,03 dólares / Kg, como se indica en el cuadro 19.

### **Punto de equilibrio**

En el Cuadro 20, se indican los rubros considerados para determinar el punto de equilibrio. El punto de equilibrio alcanzado es del 20,36 %. En este punto la empresa no genera ni pérdida ni ganancias.

Si la planta trabaja sobre el 20,36 % de la capacidad instalada es donde se obtendrán ganancias.

El detalle de los costos de producción y gastos de financiamiento se presentan en el Anexo 18. Donde el rubro que más influye en este gasto fue el gasto en materia prima.

### **Valor actual neto y tasa interna de retorno**

EL VAN toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo al medir los flujos de ingresos y egresos que tendrá el proyecto para determinar, si luego de descontar la inversión inicial quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo el proyecto es viable. El VAN es de 69 978,58 por lo tanto el proyecto es viable.

La tasa interna de retorno (TIR) se considera las variaciones en los gastos de operarios, administración y ventas para el periodo de 10 años. El TIR es del 16,94 % superior a la tasa de interés del 15 %, este valor es atractivo para los inversionistas debido a que este tiene la opción en el mercado de capitales de invertir su dinero. Al generar 3 puntos más que la tasa del mercado de inversiones actuales.

### **5.3. Elaboración de la película comestible**

Para tener una idea de qué tratamiento producto de la Figura 11 del diseño experimental era la adecuada, es que se decidió trabajar evaluando las propiedades físicas de las películas obtenidas en cada tratamiento.

### **5.3.1. Pruebas físicas para optimizar el mejor tratamiento**

Se evaluaron estadísticamente mediante factorial multivariable, la solubilidad de la película, la permeabilidad al vapor de agua, la fuerza extensible, la elongación y el color (relacionado con la transparencia)

#### **Solubilidad de la película**

En el Anexo 11 se tiene los datos de solubilidad del recubrimiento comestible, mediante el cual se realizó la prueba de cribado de 8 tratamientos con un punto central que se aprecia en el Anexo 21.

El Anexo 21 nos muestra que, para el porcentaje de proteína, proporción de plastificante en base a la proteína y la temperatura de secado de la película comestible tienen variación estadística pues los P valor son menores que 0,05, pero no sucede así con las interacciones, por lo tanto, existe un tratamiento óptimo que lo confirma el Cuadro 22 que corresponde a A3B3C3 es decir 3% de proteína, plastificante en una relación de 3 de proteína por 1 de glicerol y una temperatura de secado de 90°C.

La Figura 23 nos muestra los efectos principales para solubilidad de la película comestible donde los mínimos valores son para 3% de proteína, para plastificante en relación de 3:1 y para 90°C de temperatura de secado.

Las Figuras 24 y 25, no hacen más que confirmar esta tendencia, apreciándose una pendiente descendente hacia el valor óptimo, demostrándose que el mejor tratamiento es aquel que se solubiliza menos.

#### **Permeabilidad al vapor de agua**

Los datos para la permeabilidad al vapor de agua de la película comestible lo tenemos en el Anexo 12, con dichos valores realizamos el ANVA del Anexo 22 que es un cribado de 8 tratamientos con un tratamiento central, vemos que no existe diferencia estadística para las variables, tampoco para las interacciones, lo que indica que todas las películas elaboradas en cada tratamiento son permeables al vapor de agua, pero como este análisis nos proporciona el óptimo lo podemos visualizar en el Cuadro 23, que corresponde

a A1B3C3 es decir 1% de proteína o 3% ya que no hay diferencia estadística, proporción de 3:1 de plastificante y una temperatura de secado de 90°C.

La Figura 26 es clara para demostrarnos esta tendencia, más no así las Figuras 27 y 28, cuyas curvas y contornos son confusas.

### **Fuerza extensible**

En el Anexo 13 se tiene los datos de la fuerza extensible del recubrimiento comestible, que nos permitió realizar el ANVA del Anexo 23, en un modelo cribado de 2x2x2, con un tratamiento central, observándose que para las variables porcentaje de proteína y proporción de plastificante existe diferencia estadística, pero no para la temperatura de secado ni para las interacciones de las variables.

Si observamos el Cuadro 24, vemos que el mejor tratamiento es A3B3C1, pero puede ser también A3B3C3, debido a que en relación con la temperatura de secado no hay diferencia.

En la Figura 29, se confirma la tendencia del Cuadro 24, notándose claramente que para la temperatura de secado no hay un óptimo, incluso las Figuras 30 y 31 nos muestran una pendiente ascendente hacia una mayor fuerza de rompimiento, por lo tanto, el mejor tratamiento es aquel que corresponde a 3% de proteína, 3:1 proporción de proteína/plastificante y 25°C o 90°C.

### **Elongación**

Los datos de la elongación de la película comestible se tienen en el Anexo 14 que nos permitió realizar el ANVA del Anexo 24, que al igual que en los casos anteriores mediante un cribado de 8 tratamiento con un tratamiento central nos indica que solo para porcentaje de proteína y para proporción de plastificante existe diferencia estadística, más no así para la temperatura de secado y para las interacciones de las variables.

En el Cuadro 25 se aprecia que el tratamiento óptimo es A3B3C3, coincidiendo con los anteriores análisis realizados.



Las Figuras 32, 33 y 34 nos confirman visualmente la tendencia manifestada para la elongación de la película comestible siendo el mejor el que corresponde a 3% de proteína, 3:1 proporción de proteína: plastificante y 90°C de temperatura de secado.

### **Color**

Como la película comestible es una lámina tipo papel fue necesario evaluar su color en base a la luminosidad, en un sistema Hunter de un colorímetro que tiene tres coordenadas, siendo uno de ellos la luminosidad que evaluamos cuyos valores están en el Anexo 15 y mediante el cual efectuamos el ANVA del Anexo 25.

En el Cuadro 25 vemos que hay diferencia estadística solamente para el porcentaje de proteína, pero el análisis por cribado nos permite tener el tratamiento óptimo que vemos en el Cuadro 26 que corresponde a A3B3C1 que también puede ser A3B3C3 por no haber diferencia estadística.

Las Figuras 35 y 36, nos dan mucha claridad visual de este último análisis, notándose claramente en la Figura 37 que la luminosidad aumenta con la concentración de proteína y plastificante.

### **5.3.2. Elaboración definitiva del recubrimiento comestible**

Concluida las pruebas físicas para optimizar la elaboración del recubrimiento comestible, pudimos establecer el flujograma definitivo que tenemos en la Figura 38, que describimos a continuación.

#### **Acopiado**

El concentrado proteico del pulido de arroz obtenido del mejor tratamiento lo acopiamos en bolsas de polietileno selladas herméticamente.

#### **Acondicionado y dispersado**

El concentrado proteico de pulido de arroz se acondicionó en un recipiente apropiado de vidrio que permitió una agitación constante y un control

de la temperatura, este recipiente fue un vaso de precipitado o un balón de boca ancha.

Se preparó una solución acuosa con una concentración del 3,0% de proteína (p/p). Se disolvió la proteína tras 30 minutos de agitación a temperatura ambiente.

### **Mezclado**

A la disolución acuosa de proteína se adicionó el plastificante en una proporción proteína/plastificante de 3/1, se agitó de nuevo otros 30 minutos hasta su correcta disolución. El plastificante fue el glicerol.

### **Ajustado de pH**

A continuación, se procedió al ajuste del pH a 10 mediante NaOH 1M.

### **Calentado**

La suspensión se llevó a una temperatura de 75°C manteniendo una agitación constante, hasta que se homogenizó la mezcla durante 20 minutos.

### **Enfriado**

La suspensión bien mezclada fue posterior enfriada en un baño de agua-hielo.

### **Extendido o rociado**

Una vez obtenido una mezcla homogénea se procedió a extenderla o rociarla en una superficie liza, en este caso fueron láminas de vidrio pírex que permitieron obtener películas homogéneas.

### **Secado**

Las películas extendidas se secaron a la temperatura de 90°C. El secado duró hasta que la película estuvo completamente seca y pudo despegarse de la superficie de secado.

### **Despegado**

Comprobado que las películas se habían secado completamente, se procedió a despegarlos o retirarlos de la superficie, los cuales fueron evaluados según el diseño experimental planteado.

### **Empacado**

Las láminas de recubrimiento comestible se pusieron en bolsas de polietileno sellados herméticamente para su posterior utilización y análisis.

#### **5.3.3. Caracterización de la película comestible**

En el Cuadro 27 se tiene la caracterización fisicoquímica de la película comestible del concentrado proteico, estos resultados no concuerdan con ninguna cita bibliográfica debido a que la película comestible de concentrado proteico de pulido de arroz es un trabajo nuevo, que a pesar de que existen trabajos en películas comestibles no se hicieron con una materia prima similar.

En el Cuadro 28 se tiene el análisis microbiológico de la película comestible donde los valores de unidades formadoras de colonia en mohos y levaduras están por debajo de los límites permisibles.

Para la aceptabilidad del producto terminado solo se evaluó el bouquet de la película ya que otros factores ya se habían analizado para determinar el flujograma definitivo. En el Anexo 26 se tiene este análisis calificado en base a una escala hedónica de 5 puntos.

En el Cuadro 29 se tiene la prueba de diferencia de Tukey para analizar la diferencia entre cada panelista y ver los niveles de aceptación de la película comestible, observándose que la calificación es homogénea en 9 panelistas de los 11 quienes califican desde 3,6667 hasta 4,6667 que

corresponde a gustar el producto lo que nos permite afirmar que nuestra película comestible obtenida es aceptada por el consumidor.

## CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de los resultados en esta investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo un concentrado proteico a partir del pulido de arroz que más se adaptó a la región selvática con excelentes propiedades nutritivas y se lo utilizó en elaborar una película orgánica comestible.
- De las variedades peruanas adaptadas a la región selvática analizadas la que mayor contenido de proteína presentó fue INIA 507 con  $13,60 \pm 0,03\%$  para el pulido 1 y  $12,96 \pm 0,07\%$  para el pulido 2; seguido de INIA 509 con  $13,34 \pm 0,11\%$  para el pulido 1 y  $12,12 \pm 0,15\%$  para el pulido 2; y Capirona INIA con  $12,40 \pm 0,33\%$  para el pulido 1 y  $10,90 \pm 0,13\%$  para el pulido 2. En todos los casos el alto contenido proteico se corresponde a las fracciones de pulido 1.
- El diseño experimental aplicado para analizar el efecto del tipo de sustrato, tratamiento al momento de la obtención de extractos proteicos, demostró que estos factores influyen significativamente en el contenido proteico del concentrado. Siendo la extracción alcalina con sustrato desgrasado la mejor con 8,49 mg/ml de BSA en 120 minutos. Por otro lado, el mejor resultado en la extracción enzimática fue de 5,79 mg/ml en 180 minutos empleando sustrato desgrasado.
- Para la hidrólisis proteica se empleó el extracto proveniente del método alcalino con sustrato sin desgrasar, pues desde el punto de vista tecnológica y por cuestiones de costos resulta más conveniente usar este con el fin de no encarecer el producto final. El tiempo óptimo en el que se obtiene la mayor cantidad de productos en esta reacción fue a 180 minutos con una concentración de 5,30  $\mu\text{g/ml}$  de serina.
- Se obtuvo un concentrado proteico con una cantidad de 73% de proteínas y nitrógeno soluble de 51%, presentando un sabor

ligeramente salado y ácido, y un dulzor casi imperceptible; a partir de salvado de arroz de la variedad INIA 507 por un método alcalino.

- Los parámetros óptimos para la obtención de una película orgánica comestible a partir del concentrado proteico de pulido de arroz son: **acopiado** (concentrado proteico en bolsas de polietileno sellados); **acondicionado y dispersado** (en un recipiente apropiado de vidrio que permitió una agitación constante y un control de la temperatura por 30 minutos de agitación a temperatura ambiente); **mezclado** (a la disolución acuosa de proteína se adicionó el plastificante en una proporción proteína/plastificante de 3/1, se agitó de nuevo otros 30 minutos); **ajustado de pH** (a pH: 10 con NaOH 1M); calentado ( a una temperatura de 75°C con agitación constante por 20 minutos); **enfriado** (en un baño de agua-hielo); **extendido o rociado** (láminas de vidrio pírex); **secado** (a temperatura de 90°C); **despegado**; **empacado** (bolsas de polietileno).
- Las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la película orgánica comestible fueron; proteínas 75,00%; grasa 1,10%; fibra 5,01%; ceniza 9.22%; humedad 6,80%; compuestos no nitrogenados 17,10%; solubilidad 9,76461°Bx; permeabilidad al vapor de agua 4,97406 g/m<sup>2</sup> día mm Hg; fuerza de rompimiento 4 517,43 gramos fuerza; elongación 10,6417 mm; luminosidad (Transparencia) 6,46296 puntos. Los análisis microbiológicos fueron: total <100 ufc/g; Levaduras <10 ufc/g; Mohos <10 ufc/g; Salmonella ausencia; Otros patógenos Ausencia. Para la aceptabilidad del producto terminado solo se evaluó el bouquet de la película observándose que la calificación es homogénea en 9 panelistas de los 11 quienes califican desde 3,6667 hasta 4,6667 que corresponde a gustar el producto lo que nos permite afirmar que nuestra película comestible obtenida es aceptada por el consumidor.

## RECOMENDACIONES

La presente investigación permite establecer las siguientes recomendaciones:

- Utilizar la presente investigación para realizar un proyecto de prefactibilidad a nivel de planta piloto y luego a nivel industrial para el aprovechamiento del pulido de arroz en la extracción de concentrado proteico y en la fabricación de películas comestibles para usarlo en la industria alimentaria y para mejorar el valor agregado de este subproducto del proceso de industrialización del arroz.
- Realizar este estudio empleando otro tipo de enzimas, con el fin de encontrar mejores resultados en cuanto a rendimientos y contenido proteico. Analizar las propiedades funcionales y cuantificar las proteínas del concentrado proteico obtenido para poder recomendar su uso en otras matrices alimentarias.
- Obtener películas comestibles con el pulido de arroz desgrasado y no desgrasado y compararlo con las obtenidas con el concentrado proteico.
- Efectuar estudios sobre las propiedades mecánicas de formulaciones biopoliméricas con contenido de almidón y concentrado proteico, que den una mayor perspectiva sobre aplicación en otro tipo de alimentos o inclusive como envases de almacenamiento.
- Evaluar las propiedades en aspectos microbiológicos y organolépticos de soluciones formadoras de película, que contengan almidón estudiando principalmente el efecto de la concentración de este material dentro del sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADLER-NISSEN, J. 2007. "Enzymatic hydrolysis of food proteins". Elsevier Applied Science Publishers.
- ANDERSON, A.K., y GURAYA, H.S. 2001. "Extractability of protein in physically processed rice bran". Journal of American Oil Chemistry Society. 78 (9): 969-972.
- ANKER, C.A., FOSTER, G.A. y LEADER, M.A. 2002. Method of preparing gluten – containing films and coating. U.S. Patent N°3653925. New York U.S.A.
- A.O.A.C. 2001. Official Methods of analysis of the association of agriculture chemistry. Washington U.S.A. Ninth P. 585.
- ARAULLO, E.V. 2004. Rice postharvest technology. International Development Research Centre. Ottawa Canada. P 246.
- A.S.T.M. 1993. Standard test methods for tensile properties of thin plastics sheeting: D882-91. In annual book American Standard Testing Methods. Washington U.S.A. 8 (01): 316-324.
- BADUI, D. 2004. Química de los alimentos. 3Ed. México D.F. México. Alhambra Mexicana. p 648.
- BARDENAS, E., y CHANG, T.T. 1995. "The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant". Los Baños, Laguna, The Philippines: IRRI.
- BENÍTEZ, R., IBARZ, A., y PAGAN, J. 2008. "Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones". Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. 42 (2): 227-236. Popayán, Colombia.
- BERMÚDEZ, S., ROZO, P. 2003. Preparación de películas para alimentos a partir de concentrados proteicos de haba (Vicia faba). Revista colombiana de química. 32, 1



- BETSCHART, A., FONG, R. y SAUNDERS, R. 2005. "Rice by products, Comparative extraction and precipitation of nitrogen from U.S. and Spanish bran and germ". *Journal of Food Science*. 42: 1088.
- BOURGEOIS, C., y LE ROUX, P. 1996. "Proteínas animales". Primera Edición. México.
- BURKS, A., y HELM, R. 1994. "Hypoallergenic of rice protein". The annual meeting of the American Association of Cereal Chemists.
- CAGAMPANG, G., CRUZ, L., ESPIRITU, S. y JULIANO, B. 2008. Studies on the extraction and composition of rice proteins. *Cereal Chemistry*. 43: 145-155.
- CHEFTEL, J., CUQ, J. L. y LORIENT, D. 1993. "Aminoácidos, péptidos, y proteínas". *Food Chemistry*. Director O. Fennema. Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España. Pág. 275-414.
- CHEFTEL, J., CUQ, J. y LORIENT, D. 1989. "Proteínas alimentarias". Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España.
- CHURCH, F., SWAISGOOD, H., POTER, D. y CATIGNANI, G. 1983. Spectrophotometric assay using ophthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. *Journal Dairy Sci*. Pag. 66: 1219-1227.
- COSLER, H. B. 2011. Methods of producing zein- coated confectionery. U.S. Patent N° 2791509. Washington U.S.A.
- DE LA ROSA, A. 2003. Utilización papelera de fibras no madereras (*kenaf* y *Miscanthus sinensis*). Estudio de secuencias de blanqueo ECF y TCF. Tesis doctoral, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universidad Politécnica de Catalunya.
- FAO. 1991. Elaboración de productos agrícolas. 2Ed. México DF. México. Trillas. P 114.
- FEUGE, R. O. 2005. Acetoglycerides. New fat products of potential value to the food industry. *Food Technology*. 9: 314.
- FOSCHIATTI, M., PERDUCA, M., SANTIAGO, L., RUBIOLO, A. y CARRARA, C. 2009. Estudio de formación y estabilidad de espumas formuladas con

- WPI y un galactomanano. XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (XII CYTAL).
- FRANQUET, B.J.M. y BORRAS P. C. 2013. Economía del arroz: Variedades y Mejora. Tortosa.
- GNANASAMBANDAM, R., y HETTUARACHCHY, N. 2013. Food Science. Pág. 60:1066-1069, 1074.
- GONZÁLEZ, J. y ROSERO, M. 2009. Morfología de la planta de arroz. 2Ed. Cali, Colombia: CIAT.
- GUILBERT, S. 2011. Technology and application of edible protective films. In "Food Packaging and Preservation. Theory and Practice". Ed. M. Mathlouthi, New York U.S.A. P 371.
- HAMADA, J. 1999. Use of proteases to enhance solubilization of rice bran proteins. Journal of Food Biochemistry. Pág. 23: 307-321.
- HAMADA. 2000. Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases and endoproteases. Food Chemistry and Toxicology. Pág. 65 (2): 305-310.
- HANMOUNGJAI, P., PYLE, D. y KIRANJAN, K. 2002. Enzyme-assisted water-extraction of oil and protein from rice bran. Journal Chemistry Technol. Biotechnol. Pág. 77: 771-776.
- HARDENBURG, R. E. 1986. Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. Agricultural research service Bulletin. United states departments of agriculture. Washington, DC, U.S.A. 51(15): 25-30.
- HERNANDEZ, E. 2005. Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, 71-75.
- INEN 0186. 1986. Granos y cereales. Arroz en cáscara. Requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- INEN 1690: 1989. Alimentos zootécnicos. Subproductos del arroz. Requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- JULIANO, B. 1980. Properties of rice caryopsis. (L. B. S. Ed.) AVI Publishing Company.

- JULIANO, B. 1985. Rice Chemistry and Technology. (B.O. Juliano, Ed.) American Association of Cereal Chemists, 774.
- KAHLON, T. y CHAOW, F. 2000. In Vitro Binding of Bile Acids by Rice Bran, Oat Bran, Wheat Bran, and Corn Bran. *Cereal Chemistry*, 77 (4): 518-521.
- KAMPER, S. L. y FENNEMA, O. R. 1985. Use of edible film to maintain water vapor gradients in foods. *J. Food Sci. New York, U.S.A.* 50: 382.
- KANIG, J. L. y GOODMAN, H. 2015. Evaluative procedures for films-forming materials used in pharmaceutical applications. *J. Pharm. Sci. Wisconsin, U.S.A.* 51: 77.
- KENNEDY, G. y BURLINGAME, B. 2003. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, 80, 589-596.
- KESTER, J. J. y FENNEMA O. R. 1986. Evaluation of an edible heat-sensitive cellulose ether-lipid films a barrier to moisture transmission. *Inst. Of food technologists, Dallas, Texas, U.S.A.* Jun. 1986: 15-18.
- KIRK, R., y OTHMER, D. 2000. *Enciclopedia de Tecnología Química* (éd. 10ma., Vol. 2). Borad New York.
- KUMAGAI, T., KAWAMURA, H., FUSE, T., WATANABE, T., SAITO, Y., MASUMURA, T., KADOWAKI, M. 2006. Production of rice protein by alkaline extraction improves its digestibility. *Nutrition Science Vitamin*, 52: 467- 442.
- LABUZA, T. P. y CONTRERAS-MEDELLIN, R. 1981. Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Foods World. Washington DC, U.S.A.* 26: 335.
- LLOYD, B. J., SIEBENMORGEN, T. J. y BREES, K. W. 2000. Effects of Commercial Processing on Antioxidants in Rice Bran. *Cereal Chemistry*, 77 (5): 551-555.
- LOVEGREN, N. V. y FEUGE, R. O. 2004. Permeability of acetostearin products to water vapor. *J. Agric. Food Chem. New York. U.S.A.* 2: 258.
- MANDAC, B., y JULIANO, B. 2001. Properties of prolamin of mature and developing rice grain. *Phytochemistry*. 17: 611-614.

- MANNHEIM, C. y PASSY, N. 1985. Choice of packages for foods with specific considerations of water activity. In "Properties of water in Foods in Relation to Quality and Stability". Ed. D. Smatos y J.L. Multon. Washington DC, U.S.A. P 375.
- MARK, A. M., ROTH, W. B., MEHLTRETTER, C. L., y RIST, C. E. 1986. Oxygen permeability of amylo maize starch films. Food Technol. Wisconsin, U.S.A. 20: 75.
- MC-HUGH, T. H., KROCHTA, J. M. 2003. Edible Films and Coatings to Improve Food Quality, Baldwin, E.; Krochta, J. M. and Nisperos-Carreido, M. O. Ed., Lancaster, PA. Technomic Publishing Co. 139-187.
- NOBORU, I. y TOKUYASU, K. 2006. Debittering of protein hydrolysates using *Aeromonas caviae* aminopeptidase. J. Agric. Food Chem., 45 (3): 543-545.
- NOLL, E. D. 2002. Confronting the buoyant force. The Physics Teacher, Vol 40, January pp. 8-10
- PACHECO, D. E., PEÑA, J. y ORTIZ, A. 2002. Composición físico-química del aceite de salvado de arroz estabilizado por calor. Agronomía Tropical, 52 (2): 173-186.
- PADHYE, V., y SALUNKHE, D. 2002. Extraction and characterization of rice proteins. Cereal Chemistry. 56 (5): 389-393.
- PARRADO J., M. E. 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. Journal of Food Chemistry, 98:742-748.
- PARRADO, J., MIRAMONTES, E., JOVER, M., GUTIERREZ, J., TERÁN, L. y BAUTISTA, J. 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. Food Chem, 98: 742-748.
- PASCAT, B. 1986. Study of some factors affecting permeability. In "Food Packaging and Preservation: Theory and Practice". Ed. M. Mathouthi, Washington DC, U.S.A. P 207.
- PRAKASH, J. 1996. Rice bran proteins: Properties and food uses. Crit. Rev. Food Science. Nutr., 36 (6): 537-552.
- RANKIN, J. C.; WOLFF, I. A.; DAVIS, H. A. y RIST, C. E. 1988. Permeability of amylose film to moisture vapor, selected organic vapors, and common

- gases. *Ind. Eng. Chem., Chem Eng. Data Ser.* Washington DC, U.S.A. 3(1): 120.
- ROBERTSON, G. L. y DEKKER, M. 1993. *Envasado de Alimentos: Principios y prácticas.* Madrid, España. Acribia. P 540.
- RONCERO, M., COLOM, J., y VIDAL, T. 2003. *Influencia de los tratamientos enzimáticos con xilanasas en la composición de hidratos de carbono de pastas para papel.* Tesis doctoral, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universidad Politécnica de Catalunya.
- SHIH, F. 2003. Review: An update on the processing of high-protein rice products. *Nahrung/Food*, 47 (6): 420-424.
- SHYUR, L., WEN, T. y CHEN, C. 2005. Purification and characterization of rice prolamins. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 35: 65-71.
- STUCHELL, Y. M. y KROCHTA, J. M. 1994. Enzymatic treatments and thermal effects on edible soy protein films. *J. Food Sci.* Washington DC, U.S.A. 59: 1332-1337.
- TSUJI, H., HIEMORI, M., KIMOTO, M., YAMASHITA, H., KOBATAKE, R., ADACHI, M., UTSUMI, S. 2001. Cloning of DNA encoding a soybean allergen, Glym Ed 28. *Biochim. Biophys. Acta* 1518, (pp. 178-182).
- UREÑA, P.W. 2000. *Análisis sensorial de alimentos.* Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONCYTEC. Lima Perú.
- VILLAREAL, R.M., y JULIANO, O.B. 2013. Properties of glutelin of mature and developing rice grain. *Phytochemistry*. 17: 177-182.
- WANG, M., HETTIARACHCHY, N.S., BURKS, M.Q.W. y SIEBENMORGEN, T. 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 411-416.
- WEN, T. y LUTHE, D. 1985. Biochemical characterization of rice glutelin. *Plant Physiology*. 78: 172-177.
- WHISTLER, R. L. y DANIEL, J. R. 1985. Carbohydrates. In "Food Chemistry". Ed O.R. Fennema. 2 Ed. New York, U.S.A. P 69.
- WHITAKER, J. 1994. *Principles of enzymology for the food sciences.* New York: Marcel Dekker.

WOLFF, I. A., DAVIS, H. A., CLUSKEY, J. E., GUNDRUM, L. J. y RIST, C. E.  
2005. Preperation of films from amylose. Ind. Eng. Chem. New York,  
U.S.A. 43: 915.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Preparaciones enzimáticas utilizadas en el procesado de alimentos.

<b>Enzimas</b>	<b>Origen</b>	<b>Reacciones catalizadas</b>
<b>Proteasas</b>		
Bromelaina	Piñas tropicales: <i>Ananacis comosus</i> , <i>Ananas bacteatus</i> (L).	En general hidrolizan proteínas y polipéptidos dando péptidos de menor peso molecular
Ficina	Higueras: <i>Ficus sp.</i>	Las proteasas vegetales hidrolizan, en general, polipéptidos, amidas y ésteres (especialmente en enlaces de aminoácidos básicos, leucina o glicina) dando preparación de hidrolizados péptidos de menor peso molecular.
Papaina	Papaya: <i>Carica papaya</i> (L).	
Proteasas fúngicas	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus oryzae</i>	Las proteasas microbianas hidrolizan los polipéptidos para dar péptidos de peso molecular más bajo
Proteasas bacterianas	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus licheniformis</i>	Hidrólisis de polipéptidos, incluyendo los que tienen enlaces adyacentes a residuos de aminoácidos aromáticos o dicarboxilos, dando péptidos de menor peso molecular
Pepsina	Estómagos de cerdo u otros animales	
Tripsina	Páncreas animales	Hidrólisis de polipéptidos amidas y esterres, en enlaces en que participa el grupo carboxílico de la L-arginina y L-lisina, dando péptidos de menor peso molecular

Fuente: FENNEMA y TANNENBAUM, (1993)



**Anexo 2.** Clasificación de las endoproteasas.

<b>Tipo de proteasa</b>	<b>Fuente</b>	<b>Nombres comunes o comerciales</b>	<b>pH de acción</b>	<b>Temperatura de operación (°C)</b>
Serino-proteasas	Bacillus licheniformis	Subtilisin	6 – 10	10 – 80
		Carlsberg Alcalase		
	Bacillus lentus	Subtilisin	7 – 12	10 – 80
	Bacillus GMO	Esperase	8 – 11	15 – 80
		Subtilisin		
Pancreaticas		Savinase Novo-Pro D	7 – 9	10 – 55
		Tripsina		
Métalo-proteasa	Bacillus amyloliquefacus	Neutrase	6 – 8	10 – 65
Aspartato-proteasa	Rhizomucor miehi	Hannilase	– 6	10 – 50
		Fromase		
	Cuajo	Rennet	3 - 6	10 – 50
Mezcla de aspartato proteasas, metaloproteasas y carboxilpeptidasas	Bacillus	Protamex	6 – 8	10 – 65
	Aspergillus Oryzae	Flavourzyme	4 - 8	10 – 55

Fuente: FENNEMA y TANNENBAUM, (1993)

**Anexo 3.** Contenido de PNA en diferentes tipos de cereales (% de materia seca).

Producto	Ax Sol	Axinsol	B-glucanos	Celulosa	Manosa	Galactosa	PNA	Ax/PNA
Trigo	1.8	6.3	0.8	2.0	T	0.3	11.4	71%
Centeno	3.4	5.5	2.0	15	0.3	0.3	133	67%
Maíz	0.1	5.1	T	2.0	0.2	0.6	8.1	6-1%
Salvado de trigo	1.1	20.8	0.4	10.7	0.4	0.8	353	62%
Sorgo	0.12	3.8	0.2	2.0	0.1	0.15	6.45	62%
DDGS de trigo	4.9	13.4	2.3	55	T	0.9	333	55%
Cebada	0.8	7.1	4.3	3.9	0.2	0.2	16.7	47%
DDGS de maíz	0.4	12.6	T	7.1	0.7	2.1	285	45%
Salvado de arroz	03	8.3	T	13	0.4	1.2	213	39%
Arroz	T	02	0.1	03	T	0.1	0.8	25%
Harina de girasol	0.8	5.2	-	123	13	1.3	315	19%
Harina de soja	0.75	2.25	-	62	1.3	4.1	21.7	14%

Fuente: FENNEMA y TANNENBAUM, (1993)

**Anexo 4.** Método de Biuret.

Para la cuantificación de la cantidad de proteína se utilizó el método de Biuret, cuyo procedimiento se detalla a continuación:

- 1) Se colocó 600 µl de la muestra problema en un tubo eppendorf, la misma que corresponde a 3,8 µl del sobrenadante proveniente de la extracción y solubilización de proteínas (literal e) diluido en 1496 µl de agua destilada.
- 2) Se añadió 900 µl de reactivo de Biuret.
- 3) Se agitó en el vórtex para homogenizar la muestra.
- 4) Se dejó reaccionar en un baño de temperatura controlada a 37°C por 15 min y en oscuridad.
- 5) Se colocó la muestra en una cubeta de cuarzo, cuidando de que los dedos solo toquen la parte esmerilada del mismo.

- 6) Se realizó la lectura de la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro modelo Genesys 5 (Spectronic), previamente se tomó la lectura del blanco y se enceró con el botón Autozero.
- 7) Se comparó la absorbancia con una curva patrón de BSA donde se determinó la cantidad de proteína total, para cada muestra, mediante la interpolación de estos valores en la curva patrón y despejando los valores respectivos de x de ecuación de la recta ( $y=mx+b$ ).

El blanco se preparó con 600  $\mu$ l de agua destilada siguiendo el mismo procedimiento.

#### **Curva patrón de albumina (Biuret)**

Se preparó la curva patrón a partir de albúmina de suero bovino (BSA) 10mg/ml de acuerdo con las diluciones que se muestran en el siguiente cuadro.

#### **Anexo 4.1. Concentraciones usadas para la elaboración de la curva patrón de BSA.**

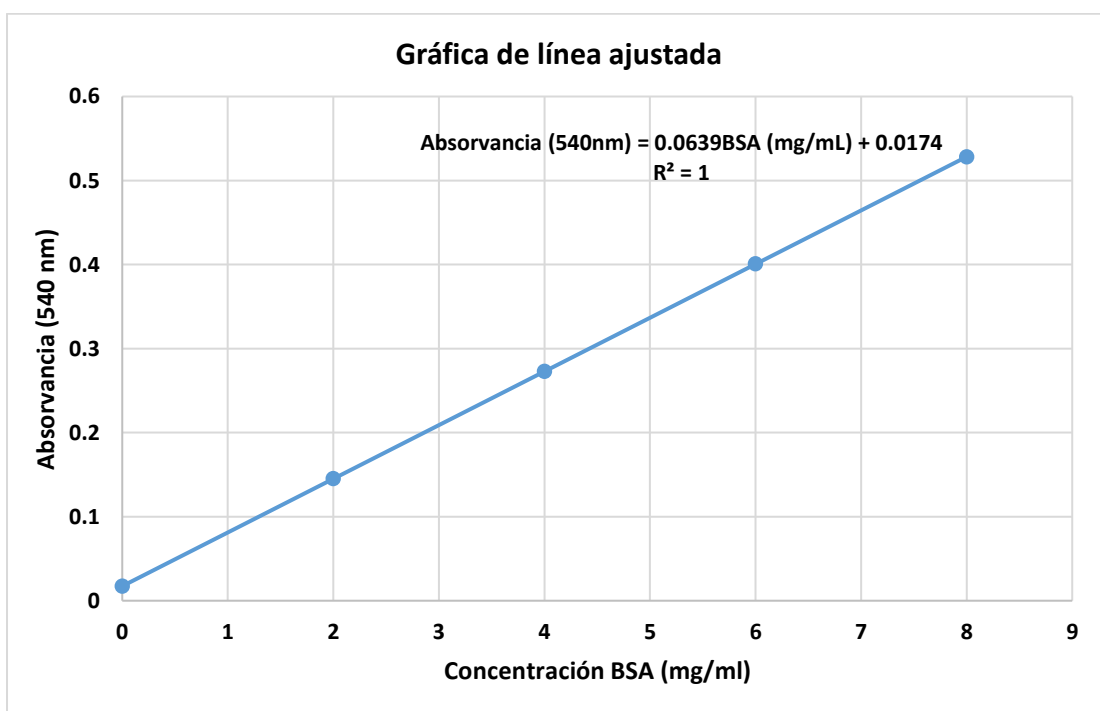
<b>Tubo</b>	<b>Solución patrón BSA (ml)</b>	<b>H2O destilada (ml)</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>
A	0,0	2,0	0
B	0,4	1,6	2
C	0,8	1,2	4
D	1,2	0,8	6
E	1,6	0,4	8

Fuente: Elaboración propia

La metodología para la curva patrón de BSA fue la siguiente:

- 1) A partir de esta solución madre se realizaron las diluciones descritas en la tabla.
- 2) Al tubo A se le añadió 3 ml de reactivo de Biuret.
- 3) Se agitó el tubo en el vórtex para homogenizar la muestra.
- 4) Se dejó reaccionar en un baño de temperatura controlada a 37°C por 15 min y en oscuridad.
- 5) Se colocó la muestra en una cubeta de cuarzo, cuidando de que los dedos solo toquen la parte esmerilada del mismo.
- 6) Se realizó la lectura de la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro modelo Genesys 5 (Spectronic), previamente se tomó la lectura del blanco y se encerró con el botón Autozero.

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para los tubos B, C, D y E. Obtenidas las absorbancias para cada tubo, se las graficó respecto a la concentración de BSA correspondiente, como se muestra en la figura.



Los resultados del análisis de regresión lineal entre absorbancia y concentración de BSA, se indican a continuación:

**Anexo 4.2.** Análisis de regresión lineal entre absorbancia y concentración de BSA.

---

**La ecuación de regresión es:**

**Absorbancia (540 nm) = 0,0172 + 0,0640 BSA (mg/ml)**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
<b>Constante</b>	0,01720	0,01696	1,01	0,385
<b>BSA (mg/ml)</b>	0,0063950	0,003462	18,47	0,000

S = 0,0218929 R<sup>2</sup> = 99,1%; R<sup>2</sup> (ajustado) = 98,8%

---

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la Tabla, el valor de la pendiente de la curva es de 0,00640, con un valor P de 0,000 con un nivel de confianza de 95%. El coeficiente de correlación indica el 98,8% de variabilidad de los datos, por lo tanto con un valor R mayor a 70% se tiene que el modelo planteado para describir la curva de regresión es robusto.

**Anexo 5.** Curva patrón de serina.

La metodología para la curva patrón fue la siguiente:

- 1) Se preparó una solución de L-serina (Ser) con una concentración de 0,1 mg/ml: se pesó 1,25 mg de Ser y se llevó a 12,5 ml.
- 2) A partir de esta solución madre se realizaron las diluciones descritas en la tabla A.

- 3) Se colocó en una microplaca 50  $\mu$ l del tubo A y luego se le adicionó 250  $\mu$ l de reactivo revelador (OPAr+ME).
- 4) Se dejó reposar a temperatura ambiente por dos minutos, e inmediatamente se agitó 5 segundos.
- 5) Se leyó la absorbancia a 340 nm en un espectrofotómetro modelo Synergy HT (Biotek).



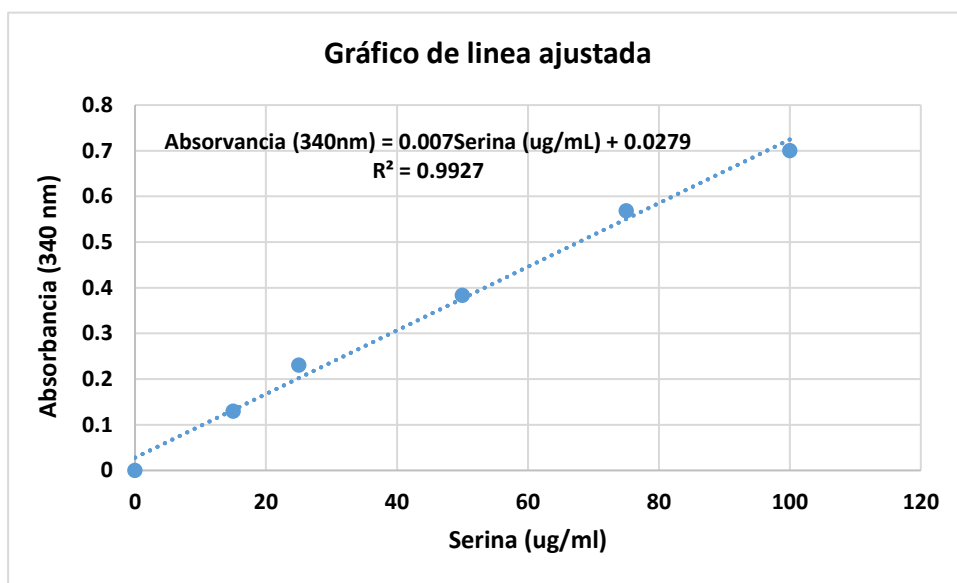
Se llevó a cabo el mismo procedimiento para los tubos B, C, D, E y F. Obtenidas las absorbancias para cada tubo, se las graficó respecto a la concentración de Serina correspondiente, como se muestra a continuación:

#### **Anexo 5.1. Concentración de Serina correspondiente**

<b>Serina (ug/ml)</b>	<b>Absorbancia (340 nm)</b>
0	0,0000
15	0,1300
25	0,2310
50	0,3835
75	0,5685
100	0,7005

Fuente: Elaboración propia

Se graficaron los datos de la tabla con respecto a la concentración de Serina ( $\mu\text{g/ml}$ ) correspondiente y se realizó un ajuste de datos por regresión lineal simple, donde el coeficiente de correlación fue de 0,9927. La curva patrón se muestra en la Figura a continuación:



Los resultados del análisis de regresión lineal entre absorvancia y concentración de Serina, se indican a continuación:

### Anexo 5.2. Análisis de regresión lineal entre absorvancia y concentración de Serina.

La ecuación de regresión es:

$$\text{Absorbancia (340 nm)} = 0,0279 + 0,00697 \text{ Serina } (\mu\text{g/ml})$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0,02786	0,01675	1,66	0,172
Serina ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,0069673	0,0002979	23,39	0,000

$$S = 0,0254014 \quad R^2 = 99,3\%; \quad R^2 \text{ (ajustado)} = 99,1\%$$

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos, el valor de la pendiente de la curva es de 0,0070, con un valor P de 0,000 con un nivel de confianza de 95%. El

coeficiente de correlación indica el 99,3% de variabilidad de los datos, por lo tanto con un valor R mayor a 70% se tiene que el modelo planteado para describir la curva de regresión es robusto.

#### **Anexo 6.** Grado de hidrolisis.

Las soluciones utilizadas fueron las siguientes:

##### **Solución A**

1,905 g de tetraborato disodico decahidratado (TB)

50 mg de dodecilsulfato sódico (SDS)

40ml de agua desionizada

##### **Solución B**

40 mg de OPA

1 ml de etanol

50 ml de agua desionizada

##### **Preparación de solución A:**

Se disolvió en 40 ml de agua destilada 1,905 g de TB y 50 mg de SDS.

##### **Preparación de solución B:**

Se disolvió 40 mg de OPA en 1 ml de etanol.

La determinación del grado de hidrólisis de proteínas se la realizó con Ortoftaldialdehido reactivo (OPAr). Para la preparación de este reactivo fue la siguiente:

- 1) En la preparación de la solución A cuidar de que se disuelva totalmente el TB, caso contrario se filtra por gravedad.



- 2) Se juntó las soluciones A y B, agitando con suavidad para no formar espuma y enrasar a 50 ml con agua desionizada. La disolución resultante será el OPA reactivo (OPAr). Guardar en frasco de topacio en nevera.
- 3) Unos minutos antes de empezar, se sacó el OPAr de la nevera para que se atempere.
- 4) Se calculó el volumen de reactivo necesario para el día (250  $\mu$ l por muestra). Se preparó el reactivo mezclando OPAr y 2-mercaptoetanol (ME) tal que el ME esté al 5% en peso, es decir, se añadió 4,49 ml de ME por cada 100 ml de reactivo. Esto se calculó como sigue:

$$V_{\text{OPAr}}=0,9551V ; V_{\text{ME}}=0,0449V$$

**Anexo 7.** Contenido de proteínas (BSA) según el tiempo, las muestras y los tratamientos.

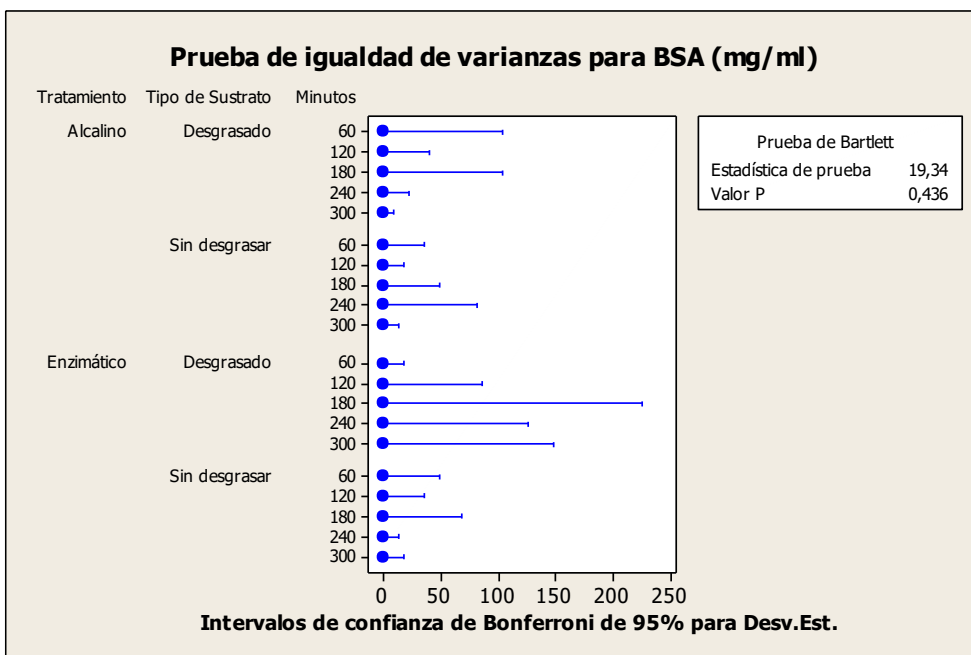
<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>BSA (mg/ml)</b>	<b>Promedio</b>	<b>Muestra</b>	
<b>60</b>	0,51	7,90	7,92	DA	
	0,525	7,94			
<b>120</b>	0,55	8,49	8,49		
	0,557	8,49			
<b>180</b>	0,504	7,58	7,59		
	0,489	7,60			
<b>240</b>	0,462	7,06	7,03		
	0,459	7,00			
<b>300</b>	0,428	6,52	6,53		
	0,429	6,54			
<b>60</b>	0,32	4,76	4,78		DA
	0,32	4,60			
<b>120</b>	0,35	5,15	5,15		
	0,33	5,15			
<b>180</b>	0,40	5,78	5,79		
	0,37	5,60			
<b>240</b>	0,33	4,92	4,91		
	0,32	4,90			
<b>300</b>	0,34	4,94	4,92		
	0,31	4,90			
<b>60</b>	0,41	6,16	6,20	SDA	
	0,41	6,14			
<b>120</b>	0,43	6,56	6,54		
	0,428	6,52			
<b>180</b>	0,472	7,15	7,16		
	0,465	7,17			
<b>240</b>	0,412	6,37	6,36		
	0,423	6,35			
<b>300</b>	0,39	5,94	5,95		
	0,392	5,96			
<b>60</b>	0,253	3,88	3,84		SDE
	0,260	3,80			
<b>120</b>	0,307	4,60	4,59		
	0,302	4,58			
<b>180</b>	0,325	4,81	4,83		
	0,315	4,85			
<b>240</b>	0,320	4,84	4,82		
	0,318	4,80			
<b>300</b>	0,290	4,37	4,35		
	0,288	4,33			

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 8.** Comprobación de requisitos del ANVA para concentración de proteínas BSA (MG/ML).

*Homocedasticidad*

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$$



**$H_0$ :** Las varianzas son homogéneas.

**$H_a$ :** Las varianzas no son homogéneas.

Con un valor de  $P= 0,158$  existe suficiente evidencia estadística para no rechazar  $H_0$ , por lo tanto la varianza de los datos presentan homocedasticidad.



**Anexo 10.** Formato para prueba de perfil de sabor.**Ficha de cata para CONCENTRADO PROTEICO de Salvado de Arroz****Perfil de Sabor****Nombre:****Fecha:**

Frente a Ud. hay una muestra de CONCENTRADO PROTEICO, pruébela y describa las características de sabor que están presentes en la misma

Marque con una X la casilla del término que más describe lo que usted siente por la muestra.

<b>Atributos</b>	<b>Intensidad percepción*</b>					
<b>Sabor</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Dulce						
Acido						
Amargo						
Salado						

\*La intensidad de percepción está de acuerdo a la siguiente codificación:

0 = Ausencia total

1 = Casi imperceptible

2 = Ligera

3 = Media

4 = Alta

5 = Extrema

**Comentarios:****¡MUCHAS GRACIAS!**

**Anexo 11.** Datos obtenidos para la solubilidad (% de masa perdida) de la película.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma Trat.	X
		I	II	III		
T1	A1B1C1	14,12	14,22	14,21	42,55	14,1833
T2	A1B1C3	13,80	13,75	13,66	41,21	13,7366
T3	A1B3C1	13,45	13,52	13,48	40,45	13,4833
T4	A1B3C3	13,30	13,40	13,42	40,12	13,3733
T5	A2B2C2	12,105	12,30	12,25	36,65	12,2182
T6	A3B1C1	11,85	11,82	11,78	35,45	11,8166
T7	A3B1C3	10,56	10,60	10,58	31,74	10,5800
T8	A3B3C1	10,26	10,22	10,25	30,73	10,2433
T9	A3B3C3	9,80	9,90	9,75	29,45	9,8166

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 12.** Datos obtenidos para la permeabilidad al vapor de agua de la película (g/m<sup>2</sup> día mm Hg).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma Trat.	X
		I	II	III		
T1	A1B1C1	7,7215	7,6154	7,9451	23,2820	7,7606
T2	A1B1C3	6,7756	6,5197	6,3199	19,6152	6,5384
T3	A1B3C1	5,8041	5,6465	5,9399	17,3905	5,7968
T4	A1B3C3	5,5745	5,6751	5,4052	16,6548	5,5516
T5	A2B2C2	4,3548	4,5735	4,3583	13,2866	4,4288
T6	A3B1C1	5,0902	5,4541	5,0949	15,6392	5,2130
T7	A3B1C3	6,8352	7,1575	6,8480	20,8407	6,9469
T8	A3B3C1	6,0258	7,1864	6,9022	20,1144	6,7048
T9	A3B3C3	6,6537	6,3722	6,5640	19,5899	6,5299

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 13.** Datos obtenidos para la fuerza extensible o de rompimiento de la película (gramos fuerza).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma Trat.	X
		I	II	III		
T1	A1B1C1	2030,8	2040,1	2038,5	6109,4	2036,4666
T2	A1B1C3	2031,6	2036,4	2034,8	6102,8	2034,26667
T3	A1B3C1	2896,2	2894,4	2895,8	8686,4	2895,46667
T4	A1B3C3	2888,2	2886,5	2887,9	8662,6	2887,53333
T5	A2B2C2	2896,2	2894,4	2895,8	8686,4	2895,46667
T6	A3B1C1	3218,6	3220,8	3222,2	9661,6	3220,53333
T7	A3B1C3	3216,6	3218,8	3219,2	9654,6	3218,2000
T8	A3B3C1	4580,2	4460,8	4600,4	13641,4	4547,1333
T9	A3B3C3	4578,8	4458,6	4608,5	13645,9	4548,6333

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 14.** Datos obtenidos para la elongación de la película (mm).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma Trat.	X
		I	II	III		
T1	A1B1C1	5,76	5,82	5,78	17,36	5,7866
T2	A1B1C3	5,74	5,78	5,72	17,24	5,7466
T3	A1B3C1	7,78	7,72	7,76	23,26	7,7533
T4	A1B3C3	7,84	7,91	7,70	23,45	7,8166
T5	A2B2C2	8,18	8,22	8,16	24,56	8,1866
T6	A3B1C1	9,12	9,14	9,15	27,41	9,1366
T7	A3B1C3	9,21	9,27	9,31	27,79	9,2633
T8	A3B3C1	10,64	10,53	10,58	31,75	10,5833
T9	A3B3C3	10,65	10,66	10,60	31,91	10,6366

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 15.** Datos obtenidos para el color (luminosidad) de la película.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma Trat.	X
		I	II	III		
T1	A1B1C1	41,23	40,82	40,94	122,99	40,9966
T2	A1B1C3	42,14	42,22	41,96	126,32	42,1066
T3	A1B3C1	50,25	49,92	50,12	150,29	50,0966
T4	A1B3C3	51,22	51,08	50,98	153,28	51,0933
T5	A2B2C2	52,82	52,67	52,72	158,21	52,7366
T6	A3B1C1	74,54	73,88	74,22	222,64	74,2133
T7	A3B1C3	76,22	75,82	75,96	228,00	76,0000
T8	A3B3C1	94,61	93,84	93,97	282,42	94,1400
T9	A3B3C3	90,17	89,98	90,08	270,23	90,0766

Fuente: Elaboración propia



**Anexo 16.** Detalle de los rubros considerados para la inversión.

<b>Construcciones</b>	<b>Cantidad (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor Unitario (dólares)</b>	<b>Valor Total (dólares)</b>
Terreno	500	40	20 000,00
Fabrica	250	200	50 000,00
Vestidores y Baños	15	180	2 700,00
Oficina	35	180	6 300 ,00
Bodega	50	180	9 000,00
Cerramiento	810	150	12 000,00
Guardiania	5	150	750,00
<b>Total</b>			<b>80 750 ,00</b>
		<b>Valor Unitario (dólares)</b>	<b>Valor Total (dólares)</b>
<b>Equipos y maquinaria</b>	<b>Cantidad</b>		
Equipo de Producción			
Limpiadora de granos	1	3 000	3 000,00
Cuba	1	3 000	3 000,00
Centrifuga	1	20 000	30 000,00
Estanque	2	1 800	3 600,00
Envasadora	1	12 000	12 000,00
pH metro	1	700	700,00
Total de equipo de producción			42 300,00
Equipo auxiliar			500 ,00
Gastos de instalación y montaje			2 115,00
<b>Total</b>			<b>44 915,00</b>
Equipos y muebles de oficina			
Computadoras	1	900	900,00
Escritorios	1	300	300,00
Sillas	2	20	40,00
Teléfono	1	20	20,00
Sillones	1	120	120,00
<b>Total</b>			1 380,00
<b>Total, inversión fija</b>			<b>147 045,00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 17. Detalle del capital de operación.**

<b>Materiales directos Denominación</b>	<b>Cantidad (Ton)</b>	<b>Valor (dólares)</b>	<b>Valor Total (dólares)</b>
Semilla de chocho	1 000,00	1 500,00	1 500 000,00
Ácido Clorhídrico	1 400,00	8,10	11 340,00
Sosa Caustica	1 050,00	20,00	21 000,00
Kit enzimas		2 000,00	2 000,00
<b>Total</b>			<b>1 534 340,00</b>
Mano de obra directa			
<b>Denominación</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (dólares)</b>	<b>Total, Anual (dólares)</b>
Calificados	1	600,00	7 200,00
Semi-calificados	2	400,00	9 600,00
No calificados	1	240,00	2 880,00
Suman			19 680,00
Cargas sociales (40,3 %)			7 931,00
<b>Total</b>			<b>27 611,00</b>
<b>Carea fabril</b>			
			<b>131 002,00</b>
<b>Gastos de administración</b>			
<b>Personal</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (dólares)</b>	<b>Total, Anual (dólares)</b>
Gerente	1	1 500,00	18 000,00
Secretaria	1	400,00	4 800,00
Suman			22 800,00
Cargas sociales (33,2 %)			7 570,00
Suman			30 370,00
Gastos de oficina			124,00
Gastos de constitución			2 000,00
<b>Total</b>			<b>33 334,00</b>
<b>Gasto ventas</b>			
<b>Gastos de personal</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (dólares)</b>	<b>Total, Anual (dólares)</b>
Vendedor	1	800,00	9 600,00
Suman			9 600,00
Cargas sociales (33,2 %)			3 187,00
Suman			12 787,00
Gastos de promoción			
Publicidad			1 000,00
Teléfonos			360,00
Suministros			540,00
Movilización			1200,00
<b>Total</b>			<b>15 887,00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 18.** detalle de los costos de producción y gastos de financiamiento.

<b>Descripción</b>	<b>Dólares</b>	<b>%</b>
Materiales directos	1 534 340,00	90,63
Mano de obra directa	27 611,00	1,63
Carga fabril		
a) Mano de obra indirecta	11 785,00	0,70
b) Materiales indirectos	54 250,00	3,30
c) Depreciación	7 878,00	0,47
e) Suministros	50 750,00	3,00
d) Reparación y mantenimiento	1 257,00	0,07
f) Seguros	2 513,00	0,15
g) Imprevistos	2 569,00	0,15
<b>Total</b>	<b>1 692 952,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 19.** Análisis de varianza para proteínas en fracciones de pulido.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Variedad	2	2,75053	1,37527	14,30	0,0654
Pulido	1	1,8816	1,8816	19,56	0,0475
Residuo	2	0,1924	0,0962		
Total	5				

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 20.** Análisis de varianza para concentrado de proteína.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Efectos principales</b>					
A: Tratamiento	23,5228	1	23,5228	123,93	0,0000
B: Tipo de sustrato	0,271445	1	0,271445	1.43	0,2548
C: Tiempo	2,31245	4	0,578113	3,05	0,0600
<b>Interacciones</b>					
AB	3,67225	1	3,67225	19,35	0,0009
Residuos	2,27763	12	0,189802		
Total	32,0566	19			

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 21.** Análisis de varianza para solubilidad de la película comestible.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A: Porcentaje proteína	18,9728	1	18,9728	1198,90	0,0008
B: Proporción Plastificante	1,4450	1	1,4450	91,31	0,0108
C: Temperatura Secado	0,6160	1	0,6160	38,93	0,0247
AB	0,2026	1	0,2026	12,81	0,0700
AC	0,1530	1	0,1530	9,67	0,0897
BC	0,1643	1	0,1643	10,39	0,0843
Error total	0,0316	2	0,0158		
Total	21,5856	8			

$R^2 = 99,8534$ ;  $R^2$  (ajustada por G.L.) = 99,4135 por ciento

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 22.** Análisis de varianza para permeabilidad al vapor de agua de la película comestible

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A: Porcentaje proteína	0,00798	1	0,00798	0,00	0,9576
B: Proporción Plastificante	0,43984	1	0,43984	0,20	0,6993
C: Temperatura Secado	0,00104	1	0,00104	0,00	0,9846
AB	2,02551	1	2,02551	0,92	0,4397
AC	1,14496	1	1,14496	0,52	0,5466
BC	0,10849	1	0,10849	0,05	0,8453
Error total	4,42581	2	2,21290		
Total (corr.)	8,15365	8			

$R^2 = 95,72$ ;  $R^2$  (ajustada por G.L.) = 95,63 por ciento

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 23.** Análisis de Varianza para fuerza de rompimiento de la película comestible.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Porcentaje proteína	4,03389E6	1	4,03389E6	117,37	0,0084
B: Proporción Plastificante	2,38635E6	1	2,38635E6	69,43	0,0141
C: Temperatura Secado	15,0335	1	15,0335	0,00	0,9852
AB	111573	1	111573	3,25	0,2134
AC	10,8113	1	10,8113	0,00	0,9875
BC	0,45125	1	0,45125	0,00	0,9974
Error total	68739,2	2	34369,6		
Total (corr.)	6,60058E6	8			

$R^2 = 98,9586$ ;  $R^2$  (ajustada por G.L.) = 95,8343 por ciento

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 24.** Análisis de Varianza para elongación de la película comestible.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Porcentaje proteína	19,5834	1	19,5834	1572,08	0,0006
B: Proporción Plastificante	5,87673	1	5,87673	471,76	0,0021
C: Temperatura Secado	0,00516806	1	0,00516806	0,41	0,5855
AB	0,185035	1	0,185035	14,85	0,0612
AC	0,00306806	1	0,00306806	0,25	0,6689
BC	0,0001125	1	0,0001125	0,01	0,9330
Error total	0,0249139	2	0,0124569		
Total	25,6784	8			

$R^2 = 99,903$ ;  $R^2$  (ajustada por G.L.) = 99,6119

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 25.** Análisis de Varianza para color (luminosidad) de la película comestible.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Porcentaje proteína	2817,63	1	2817,63	41,95	0,0230
B: Proporción Plastificante	339,171	1	339,171	5,05	0,1537
C: Temperatura Secado	0,0036125	1	0,0036125	0,00	0,9948
AB	31,6675	1	31,6675	0,47	0,5632
AC	2,4017	1	2,4017	0,04	0,8675
BC	4,44517	1	4,44517	0,07	0,8210
Error total	134,337	2	67,1683		
Total	3329,65	8			

$R^2 = 84,942$ ;  $R^2$  (ajustada por G.L.) = 84,7681

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 26.** Análisis de Variancia para el bouquet de la película comestible de polvillo de arroz.

Factor	SC	GL	CM	F-calculado	P-Valor
A: Panelistas	12,7273	10	1,27273	3,41	0,0093
B: Repeticiones	1,87879	2	0,939394	2,52	0,1056
Error	7,45455	20	0,372727		
TOTAL	22,0606	32			

Fuente: Elaboración propia