

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**INFLUENCIA DEL pH EN LA EXTRACCIÓN DE AISLADO
PROTEICO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) DE LA
VARIEDAD BLANCA DE JULI Y PASANKALLA**

TESIS

PRESENTADA POR:

KARELLY ESTEFANY MOLINA PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

**INFLUENCIA DEL pH EN LA EXTRACCIÓN DE AISLADO PROTEICO DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) DE LA VARIEDAD BLANCA DE JULI Y
PASANKALLA**

TESIS PRESENTADA POR:
KARELLY ESTEFANY MOLINA PAREDES
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO

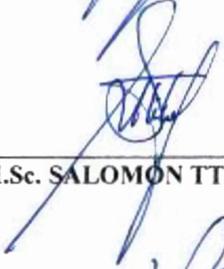


APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Mg. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SÁNCHEZ

PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. SALOMÓN TITO LEÓN

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. JANETTE ROSARIO RAMOS PINEDA

DIRECTOR / ASESOR:


D.Sc. MOISÉS PÉREZ CAPA

ÁREA : Investigación
TEMA : Influencia del pH en la extracción de aislado proteico de quinua
LÍNEA : Tecnología de alimentos
FECHA DE SUSTENTACION: 19 de octubre del 2018

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y por hacer posible la culminación de mis estudios y logro de mis metas profesionales.

A mi querida madre Victoria, por su comprensión, confianza y apoyo incondicional que siempre y en todo momento se ha mostrado conmigo que me motiva a seguir adelante.

A mis hermanas Katy y Shelley por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo y compartir conmigo buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mi madre por apoyarme en todo momento, por los valores que me ha inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi asesor de tesis D.Sc. Moisés por su orientación durante el desarrollo de la investigación y por su amistad brindada.

A mis miembros del jurado por todo su apoyo y tiempo brindado.

A M.Sc. Salomón por la orientación y tiempo que me brindó para el desarrollo de esta tesis.

A nuestro padrino de promoción Ph.D. Walther B. Aparicio y docentes por el apoyo brindado a nuestra promoción.

A mis docentes de facultad por brindarme sus conocimientos en mi formación profesional.

Al personal administrativo por la ayuda y apoyo en el desarrollo de la investigación.

A mis amigas por todos los momentos que pasamos juntos. Por las tareas que juntos realizamos y por la confianza que en mí depositaron y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	11
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Formulación del problema.....	16
1.1.1. Problema general.....	17
1.1.2. Problemas específicos	17
1.2. Importancia y utilidad del estudio	17
1.3. Objetivos de la investigación	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Caracterización del área de investigación	18
1.4.1. Caracterización de la provincia y ciudad de Puno	18
1.4.2. Lugar de ejecución	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.2. Marco Teórico	24
2.2.1. Aspectos generales de la quinua	24
2.2.2. Variedades comerciales de quinua en el Perú	33
2.2.3. Proteínas	37
2.2.4. Propiedades tecnofuncionales de las proteínas	44
2.2.5. Métodos de análisis	50
2.3. Hipótesis de la investigación	51
2.3.1. Hipótesis general	51
2.3.2. Hipótesis específica.....	51
III. MATERIALES Y METODOS	52
3.1. Materiales	52
3.2. Metodología de la investigación.....	54
3.2.1. Preparación de la harina de quinua	54
3.2.2. Caracterización físico química de la harina de quinua.....	54

3.2.3. Método para la extracción del aislado proteico de quinua con el tratamiento de pHs	56
3.3. Determinación de las propiedades tecnofuncionales del aislado proteico de quinua	61
3.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)	61
3.3.2. Capacidad de emulsificante (CE).....	62
3.3.3. Capacidad de formación de espuma (CFE).....	62
3.4. Tipo y diseño de la investigación	63
3.4.1. Universo y/o población	63
3.5. Operacionalización de variables.....	63
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1. Resultados de caracterización físico – química de la harina de quinua	64
4.1.1. Caracterización física	64
4.1.2. Caracterización química.....	66
4.2. Resultados del aislado proteico a diferentes rangos de pH de (Chenopodium quinoa willd) de las variedades blanca de juli y pasankalla.....	68
4.2.1. Resultados del rendimiento de la proteína extraída de (Chenopodium quinoa willd) de variedad blanca de juli	68
4.2.2. Evaluación del porcentaje de proteína del aislado proteico de la variedad blanca de juli	70
4.2.3. Resultados del rendimiento de la proteína extraída de (Chenopodium quinoa Willd) de variedad pasankalla	71
4.2.4. Evaluación del porcentaje de proteína del aislado proteico de la variedad pasankalla	72
4.3. Propiedades tecno funcionales de la proteína aislada	73
4.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)	73
4.3.2. Capacidad de retención de aceite (CE)	76
4.3.3. Capacidad de formación de espuma (CFE).....	78
4.4. Análisis espectroscopia infrarrojo	80
4.5. Análisis de varianza (ANOVA) para el aislado proteico de quinua variedad blanca de juli	82
4.6. Análisis de varianza (ANOVA) para el aislado proteico de quinua variedad pasankalla	84
V. CONCLUSIONES	86



VI. RECOMENDACIONES	87
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Corte de longitud del grano de quinua	27
Figura 2: Niveles de organización de las proteínas	42
Figura 3: Desnaturalización de las proteínas	43
Figura 4: Secuencia de la hidratación de una proteína	46
Figura 5: Probabilidad de adsorción en la interfaz de dos líquidos	47
Figura 6: Análisis acumulativo de la distribución de tamaños de partícula de la harina de grano de quinua pasankalla	64
Figura 7: Análisis acumulativo de la distribución de tamaños de partícula de la harina de grano de quinua Blanca de Juli	65
Figura 8: Aislado proteico de quinua variedad blanca de juli	70
Figura 9: Aislado proteico de quinua variedad pasankalla	72
Figura 10: Capacidad de retención de agua en el aislado proteico de quinua variedad blanca de juli	74
Figura 11: Capacidad de retención de agua del aislado proteico de quinua variedad pasankalla.....	75
Figura 12: Capacidad de retención de aceite del aislado proteico de quinua variedad blanca de juli	76
Figura 13: Capacidad de retención de aceite en el aislado proteico de quinua variedad pasankalla.....	77
Figura 14: Capacidad de formación de espuma del aislado proteico de quinua variedad blanca de juli	78
Figura 15: Capacidad de formación de espuma del aislado proteico de quinua variedad pasankalla.....	79
Figura 16: Espectrofotometro de la muestra de quinua variedad pasankalla (sin tratamiento).....	80
Figura 17: Espectrofotometro de la muestra de quinua variedad Pasankalla	81
Figura 18: Superficie de respuesta estimada para el rendimiento de extracción blanca de juli.....	83
Figura 19: Superficie de respuesta estimada para el rendimiento de extracción pasankalla.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la quinua	27
Tabla 2: Composición nutricional de la quinua en porcentaje.....	28
Tabla 3: Comparación del contenido de grasa de la quinua y otros granos.....	29
Tabla 4: Contenido de vitaminas en quinua y otros cereales (mg/100g).....	29
Tabla 5: Contenido de minerales en quinua y otros cereales (mg/100g).....	30
Tabla 6: Perfil de aminoácidos de quinua en 100 gramos de proteína	30
Tabla 7: Composición química y valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales.....	31
Tabla 8: Variedades de quinua comerciales en el Perú	33
Tabla 9: Datos generales de la variedad de quinua INIA 415 Pasankalla	34
Tabla 10: Características bromatológicas de las semillas de quinua variedad Pasankalla	35
Tabla 11: Descripción morfológica de la semilla de quinua variedad INIA 415 Pasankalla	35
Tabla 12: Datos generales de la semilla de quinua blanca de juli	36
Tabla 13: Características bromatológicas de la semilla de quinua variedad blanca de juli	37
Tabla 14: Descripción morfológica de las semillas de quinua variedad blanca de juli	37
Tabla 15: CRA para diferentes fuentes proteicas	46
Tabla 16: Capacidad de retención de aceite.....	47
Tabla 17: Tamaño de gotas de emulsiones usando diferentes proteínas como tensoactivos.....	48
Tabla 18: Capacidad espumante del aislado proteico de quinua (Sobre rendimiento)...	49
Tabla 19: Tratamientos del proceso de extracción del aislado proteico a diferentes pHs	57
Tabla 20: Operacionalización de las variables independientes	63
Tabla 21: Operacionalización de la variable dependiente	63
Tabla 22: Granulometría de la harina de quinua Pasankalla	64
Tabla 23: Granulometría de la harina de quinua Blanca Juli.....	65
Tabla 24: Densidad de la harina de quinua variedad blanca de juli y pasankalla.....	66
Tabla 25: Composición proximal del germen de quinua de la variedad pasankalla y blanca de Juli	66

Tabla 26: Porcentaje de proteína de la harina de quinua por tamices de la variedad pasankalla y blanca de juli	67
Tabla 27: Resultados del aislado proteico extraída de quinua variedad blanca de Juli ..	69
Tabla 28: Cuantificación de proteína en el aislado en la variedad blanca de Juli	70
Tabla 29: Resultados del aislado proteico extraída de quinua variedad blanca de pasankalla	71
Tabla 30: Cuantificación de proteína en el aislado en la variedad pasankalla	72
Tabla 31: Resultados de la capacidad de retención de agua del aislado proteico a diferentes pHs variedad blanca de juli	73
Tabla 32: Resultados de la capacidad de retención de agua del aislado proteico a diferentes pHs variedad pasankalla.....	74
Tabla 33: Capacidad emulsificante del aislado proteico de la variedad blanca de juli a diferentes concentraciones	76
Tabla 34: Capacidad emulsificante del aislado proteico pasankalla a diferentes concentraciones	77
Tabla 35: Resultados de capacidad de formación de espuma del aislado proteico de la variedad blanca de juli	78
Tabla 36: Resultados de capacidad de formación de espuma del aislado proteico de la variedad pasankalla	79
Tabla 37: Análisis de Varianza para el aislado proteico variedad blanca de juli	82
Tabla 38: Análisis de Varianza para el aislado proteico variedad pasanakalla	84

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Abreviaturas	Significado
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ANOVA	Análisis de varianza
CE	Capacidad de emulsión
CFE	Capacidad de formación de espuma
cm	Centímetros.
CRA	Capacidad de retención de agua
DAD	Detector con arreglo de diodos.
DBCA	Diseño de bloques completos al azar
Dpi	Abertura de malla de cada tamiz
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
g	Gramos.
gl	Grados de libertad
ha	Hectárea
HCl	Ácido clorhídrico.
HPLC	Cromatografía Líquida de Alta Resolución.
KDA	Kilodalton
LABICER	Laboratorio de investigación y certificaciones
L	Litros.
M	Molar
m	Metros.
mg	Miligramos
min	Minuto
MINAG	Ministerio de Agricultura
ml	Mililitros.
Mm	Milímetros.
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar.
mAU	Mili unidades de absorbancia
N	Normalidad.
NaOH	Hidróxido de sodio.
nm	Nanómetros.

pH	Potencial de hidrogeniones.
p/v	Peso/volumen
OMS	Organización Mundial de Salud
SDS	Dodecil Sulfato de Sódio
STD	Estándar
t:	Tonelada
T	Temperatura (°C).
Xi	Fracción retenida de la muestra en cada tamiz

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Nacional del Altiplano con el objetivo de evaluar las condiciones óptimas para la extracción del aislado de los granos quinua de las variedades blanca de juli y pasankalla e investiga las propiedades tecnofuncionales y el análisis de grupos funcionales. El aislado proteico de quinua se obtuvo mediante solubilización alcalina (pH=8,9,10), seguido de la precipitación acida (pH=3,4,5) de la harina de quinua tamizada y desengrasada, antes de la extracción del aislado proteico se realizó el análisis físico químico de la harina de quinua. En la extracción del aislado proteico se logró obtener un rendimiento de 89.88% a condiciones de pH 9 de solubilización y pH 5 de la variedad blanca de juli así mismo para la variedad pasankalla se obtuvo un rendimiento de 82.87% para el pH 8 y pH 5 en la extracción del aislado proteico. El aislado mostro una capacidad de absorción de agua de 2.8 mL/g y 2.7 mL/g para la variedad blanca de juli y pasankalla respectivamente. Para la capacidad emulsificante el punto más alto es 330mL para la variedad blanca de juli y en la variedad pasankalla fue de 360 mL, y por último en la capacidad de formación de espuma se obtuvo 55% blanca de juli y 50% pasankalla, se observa que se incrementó con el aumento de la concentración del aislado proteico. En el análisis infrarrojo donde se obtuvo los espectros se observa las modificaciones en los picos junto con la ausencia de algunos grupos funcionales. También se realizó el análisis granulométrico donde los resultados para la quinua variedad blanca de juli fue que el 45.45% de la harina de quinua está en el tamiz N° 60(0.25mm), para la harina de quinua variedad pasankalla el 59.30% se quedó en el tamiz N°40(0.425mm) lo que indica que la variedad pasankalla tiene más fibra que la variedad blanca de juli.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* willd, proteína, pH, solubilización, aislado proteico

ABSTRACT

The research work was done in the quality control laboratory in the Altiplano National University in Puno, with the aim of evaluating the optimal conditions for the extraction of the isolate of quinoa grains from the varieties: white from Juli and pasankalla and investigates the techno-functional and the analysis of functional groups. The protein isolate of quinoa was obtained by the alkaline solubilization (pH = 8, 9, 10), followed by the acid frequency (pH = 3, 4, 5) of the sieved and degreased quinoa flour, before the extraction of the protein isolate the physical and chemical analysis of the quinoa flour was done. In the extraction of the protein isolate, it was possible to obtain a efficiency of 89.88% at pH 9 solubilization and pH 5 conditions of the white variety of juli, and for the pasankalla variety, a efficiency of 82.87% was obtained for pH 8 and pH 5 in the extraction of the protein isolate. The isolate showed a water absorption capacity of 2.8 mL / g and 2.7 mL / g for the white variety of Juli and pasankalla respectively. For the emulsifying capacity the highest point is 330mL for the white variety of juli and in the pasankalla variety it was 360 mL, and finally in the capacity of foam formation 55% white juli and 50% Pasankalla was obtained, it is observed which increased with the increase in the concentration of the protein isolated. In the infrared analysis where the spectra were obtained, the changes in the peaks are observed together with the absence of some functional groups. The granulometric analysis was also done where the results for the white variety of Juli quinoa was 45.45% of the quinoa flour is in the No. 60 sieve (0.25mm), for the quinoa variety pasankalla flour the 59.30% remained in sieve N°40 (0.425mm) which indicates that the pasankalla variety has more fiber than the white variety of juli.

Key words: Chenopodium quinoa willd, protein, pH, solubilization, protein isolate

I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) de la familia *Chenopodiaceae* es un pseudo-cereal cultivado desde la antigüedad por los incas, la FAO considera como un alimento perfecto (FAO, 1985). Las semillas son un ejemplo excelente de alimento funcional, definida como una gran reductora de riesgos de diversas enfermedades y ejerce efectos beneficiosos para la salud (Repo-Carrasco et al., 2003; Vega-Galvez et al., 2010). La quinua ha sido seleccionada como uno de los cultivos destinados a ofrecer la seguridad alimentaria en el siglo 21 (FAO 2014), debido a que las plantas de quinua son tolerantes a la salinidad y la sequía, y pueden crecer en regiones marginales (Jacobsen et al., 2003). semillas de quinua tienen un alto contenido de proteína (aproximadamente 15%), y su balance de aminoácidos esenciales es excelente, a causa de un espectro de aminoácidos más ancha que los cereales y las legumbres (Ruales y Nair, 1992), con mayor lisina (5.1 a 6.4%) y metionina (0,4-1,0%) contenido (Bhargava et al., 2003).

La quinua contiene lisina, metionina y la cisteína más alto que los cereales y las legumbres comunes por lo que es complementaria a estos cultivos. la cantidad de proteína de la quinua varió de 10,4% a 17,0%, dependiendo de su variedad (Montano Reyes et al., 2006). Además de su alto contenido de proteínas, la quinua es más conocido por su calidad de proteína (RepoCarrasco et al., 2003). En contraste con la quinua, la mayoría de los granos son bajos en lisina aminoácido esencial, mientras que la mayoría de las legumbres y quinua son bajos en aminoácidos sulfúrico metionina y cisteína (Koziol, 1992). No solo proporciona proteínas para una buena alimentación, sino que también debe poseer propiedades funcionales únicas para facilitar el procesamiento y para desarrollar el producto. Propiedades funcionales de las proteínas están conectados a las propiedades fisicoquímicas, que rigen el comportamiento de las proteínas en los alimentos. Capacidad emulsionante (CE) y estabilidad de emulsión (ES) son dos características funcionales importantes de proteínas que afectan el comportamiento de diversos productos industriales, incluyendo adhesivos, cosméticos y material de embalaje (Httiarachy y Kalapathy, 1998). capacidad de emulsión y la estabilidad son parámetros críticos que afectan a la elección de la proteína para su uso en un proceso industrial (Wagner y Guenuen, 1999). Las proteínas pueden reducir la tensión en la interfaz agua-aceite y ayudar a prevenir la coalescencia (McWatters y Cherry, 1982). efecto de estabilización de una proteína en una emulsión viene de la matriz de la membrana que rodea la gota de aceite e impide su coalescencia (Jones, 1982).

La quinua es uno de los granos más nutritivos utilizados como alimento, y la FAO ha seleccionado como uno de los cultivos destinados a ofrecer seguridad alimentaria en este siglo (FAO, 1998). La digestibilidad de la proteína quinua es el factor limitante en la utilización de las proteínas en los alimentos (Romana et al., 1981). La digestibilidad in vitro de la proteína de quinua varió de 76,3% a 80,5% (Repo-Carrasco-Valencia y Serna, 2011).

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia del pH alcalino y pH ácido en la extracción del aislado proteico de quinua (*chenopodium quinoa willd*) de las variedades blanca de juli, así también los objetivos específicos fueron extraer la proteína a diferentes rangos de pH a partir de la harina de quinua de las variedades de blanca de juli y pasankalla, evaluar las propiedades tecnofuncionales del aislado proteico de quinua (capacidad de retención de agua, capacidad emulsificante y capacidad de formación de espuma) y evaluar el análisis de los grupos funcionales de la harina de quinua desengrasada y el aislado

1.1. Formulación del problema

Dada la gran demanda que existe en la actualidad de tener una gama extensa de productos alimenticios que posean una alta calidad proteica, nace la necesidad de ofertar nuevos ingredientes para la elaboración de productos para grupos específicos, tales como vegetarianos, deportistas de alto rendimiento o las personas en general que deseen optar por una fuente de proteína diferente a las de origen animal. Estudios demuestran que los deportistas de fuerza y potencia presentan unos requerimientos diarios mayores de proteínas (Bean, 2005), así mismo otra tendencia observada es que cada vez, más personas tienden a consumir alimentos más saludables, o que les puedan ayudar a prevenir enfermedades reemplazando ingredientes tradicionales como las proteínas cárnicas por nuevas opciones como son las proteínas vegetales (Castel, 2010).

La quinua (*chenopodium quinoa willd*) es considerada como un gran alimento, ya que forma parte de la soberanía alimentaria de los pueblos y naciones latinas. A partir de este grano se puede obtener varios productos que pueden ser aprovechados e incorporados en la alimentación, uno de ellos es la proteína con un contenido moderado de este nutriente (11-21.30 %) en comparación con la carne (20%); contiene 16 aminoácidos de los 24 existentes entre los que se destaca la lisina, por lo que en cantidad nutricional es

comparable con las proteínas de la leche, huevos y carnes fuentes de origen animal. (Nazate Fraga, 2016).

1.1.1. Problema general

¿En qué medida influye el pH y la concentración en el proceso de extracción del aislado proteico de quinua?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Qué rangos de pH influye la extracción del aislado proteico de quinua en las variedades pasankalla y blanca de juli?
- ¿En qué medida varían las propiedades tecnofuncionales (capacidad de retención de agua, capacidad emulsificante, capacidad de formación de espuma) del aislado proteico?
- ¿Cómo varía la longitud de onda de los grupos funcionales en el espectro IR de la harina de quinua y el aislado proteico?

1.2. Importancia y utilidad del estudio

La producción de quinua (*Chenopodium quinua* Wild) en la región de Puno tuvo 35.2 miles de toneladas según (MINAGRI, 2017) con participación del 45.3% a nivel nacional, la transformación industrial es desaprovechado al desconocimiento de los equipos tecnológicos que lo podrían transformar y obtener derivados beneficiosos para la nutrición humana. En la actualidad la aceptabilidad del consumo es bajo por parte de las personas que tienen la intención de consumirla ya sea en platos preparados o como grano entero por la persistencia de saponina, el sabor sui géneris y el olor persistente aun después de ser procesado. Razón por la cual una forma de consumir e incrementar la aceptabilidad y potencializar el cultivo de quinua en la región es a través del uso como alimento funcional utilizándolo como fuente principal sus aminoácidos esenciales a través de un proceso de extracción de la proteína, ello permitiría el interés del uso como ingrediente alimenticio y que tenga mayor aceptabilidad en el consumo, los equipos tecnológicos para dicho fin de la extracción del aislado proteico es de fácil accesibilidad en el mercado.

El aislado de proteína de quinua sustituiría el aislado proteico de soya, insumo principal que en la actualidad es utilizado en la industria alimentaria para mejorar sus propiedades

tecnofuncionales, debido a que la soya en la actualidad pertenece a los alimentos transgénicos mientras la producción de quinua en su mayoría es orgánica.

En la actualidad en el mercado provincial, regional y nacional de aislado proteico de quinua no se encuentra disponible para el uso industrial es por esta razón, que en este trabajo se encaró el estudio de la quinua una metodología de aislamiento de las proteínas que viabilice la extracción para la formulación en el procesamiento de los alimentos.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del pH alcalino y pH ácido en la extracción del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) de las variedades blanca de juli y pasankalla y evaluar las propiedades tecnofuncionales del aislado proteico de quinua.

1.3.2. Objetivos específicos

- Extraer el aislado proteico a diferentes rangos de pH a partir de la harina de quinua de las variedades blanca de juli y pasankalla
- Evaluar las propiedades tecnofuncionales del aislado proteico de quinua (capacidad de retención de agua, capacidad emulsificante, capacidad de formación de espuma)
- Evaluar el análisis de los grupos funcionales de la quinua y del aislado proteico.

1.4. Caracterización del área de investigación

1.4.1. Caracterización de la provincia y ciudad de Puno

Ubicación geográfica y ambiental

La región Puno está ubicada en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao a: 13°00'66"00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita por el Sur, con la región Tacna. Por el Este, con la República de Bolivia y por el Oeste, con las regiones de Cusco, Arequipa y Moquegua. La región Puno se encuentra en el Altiplano entre los 3,812 y 5,500 m.s.n.m y entre la

ceja de Selva y la Selva alta entre los 4,200 y 500 m.s.n.m. Cabe mencionar que la capital del departamento es la ciudad de Puno y está ubicada a orillas del lago Titicaca.

- **Ríos** Suche, Huancané, Ramis, Coata, Ilave, Desaguadero y San Gabán.
- **Lagos:** Titicaca (el lago navegable más alto del mundo) y Arapa.
- **Lagunas:** Lagunillas, Saca Cocha y Umayo.
- **Islas:**
 - o En el lago Titicaca: Amantani, Taquile, Soto, el archipiélago de las Islas Chirita, Ustute, Quipata, Chilata, Suasi, Esteves.
 - o En el lago Huiñaimarca: Sicaya, Lote, Caana, Pataguata y Yuspique.
- **Nevados:** Allin Cápac (6.000 m.s.n.m) y Ananea Grande (5.830 m.s.n.m).
- **Abras:** Cruz Laca (a 4.850 m.s.n.m) y Sipitlaca (a 4.800 m.s.n.m) en Chucuito; Iscay Cruz (a 4.800 m.s.n.m) en San Antonio de Putina; Susuyo (a 4.375 m.s.n.m) en Carabaya.

En general el clima de Puno se halla frío y seco, al ubicarse a orillas del lago el clima es temperado por la influencia del lago. Las precipitaciones pluviales son anuales y duran generalmente entre los meses de diciembre a abril, aunque suelen variar en ciclos anuales, originando inundaciones y sequías, también se originan raras y esporádicas caídas de nieve y aguanieve, generalmente las precipitaciones son menores a 700 mm.

En Puno la temperatura es muy digna, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 21 °C y una mínima de -22 °C.

1.4.2. Lugar de ejecución

El desarrollo de la investigación se realizó en los laboratorios de control de calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Del Altiplano (UNA), ubicada en la Av. Jorge Basadre del Distrito de Puno, Provincia de Puno del Región de Puno y en la Universidad Nacional de Ingeniera facultad de ciencias, en el laboratorio de LABICER, ubicado en la ciudad de Lima

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Según Barrial, (2014), en su investigación titulada influencia del pH en la extracción de aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) de las variedades blanca junín y rosada Junín para este estudio la composición proximal de quinua variedad blanca Junín la Humedad fue 11,26 %, Proteína 15,81 %, Grasa 6,20 %, Ceniza 4,38 % y Carbohidratos 62,35%, así también rosada Junín la Humedad fue 12,72 %, Proteína 16,62 %, Grasa 6,32 %, Ceniza 4,43 % y Carbohidratos 59,91 %.

La extracción proteica de quinua fue acondicionada en medio alcalino a pH 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0 y 10,5 para la solubilización de proteína y se ajusta en medio ácido a pH 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 y 5,5 para precipitación proteica, donde el mayor rendimiento fue en el tratamiento 10 acondicionado a pH 8,5 de solubilización y pH 4,5 de precipitación proteica obteniendo rendimiento de 37,80% del extracto de aislado proteico y a la vez se puede observar la muestra con menor rendimiento entre todo los tratamientos esto es el T25 en condiciones a pH 10,0 de solubilización y pH 3,0 de precipitación proteica obteniendo 14,71% del extracto de aislado; el porcentaje de proteína más alto se obtuvo en T15 en condiciones pH 9 solubilización de y pH 4 de precipitación proteica con 65.30% de proteína para la variedad blanca junin.

En la variedad rosas junin se aprecia de manera general el mayor rendimiento de extracción es el T16 lo cual es a pH 9,0 de solubilización y pH 4,5 de precipitación a estas condiciones se obtuvo un rendimiento de 44,44% de extracto proteico y con menor rendimiento entre todos los tratamientos es T6 lo cual es pH 8,0 de solubilización y pH 5,5 de precipitación proteica obteniendo 15,96% de extracto proteico

Rivera, (2006) en su investigación titulada “Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa*)”. Concluye obteniendo el contenido de proteínas totales del aislado de 77,2 %. Entre los aminoácidos esenciales, destacan el alto contenido en lisina, metionina y arginina. Compuestas principalmente por albúminas del tipo 2 S y globulinas 11 S. A través de los resultados de espectroscopia UV se verificó la presencia de globulinas. El estudio de las propiedades funcionales muestra que el aislado de quinua posee un alto nivel de solubilidad, especialmente sobre el pH 5, con una solubilidad de

76,6 %, la cual aumentó con el pH hasta alcanzar un máximo de 94,6 %, a pH 11. La capacidad de retención de agua fue buena, con valores entre 2,5 y 3,0 ml/g aislado proteico, con una capacidad máxima de absorción de agua de 1,8 g agua/g aislado, y una velocidad inicial de 1,34 g agua/ g aislado

Salgado & Adriana, (2009)), en su investigación titulada “Proteínas de girasol: aislamiento, caracterización y aplicación en la industria alimentaria” se realizó un protocolo básico de solubilización y precipitación isoeléctrica a pH 4,5. Se eligió este valor de pH para realizar la precipitación por ser el que permitió mayor rendimiento proteico en ensayos preliminares. a pH 2 y 6 se obtuvieron porcentajes de solubilidad proteica muy bajos (aproximadamente de 1 a 4 %), y que los mismos fueron incrementándose a medida que el medio se tornó alcalino, alcanzando un valor de solubilidad máximo a pH 11, correspondiente al 40 % de la proteína total determinado por método Kjeldahl.

La solubilidad es máxima a pH muy ácidos pH 2 - 3 o muy alcalinos pH 9 - 11. En dichas zonas, las proteínas poseen carga neta positiva o negativa, respectivamente; y las fuerzas repulsivas son la causa del incremento en su solubilidad. Tiene capacidad de absorción de agua, variando entre 2,1 y 5,1 g H₂O/g producto, Propiedades espumantes de proteínas de girasol con parámetros evaluados Dispersión (0,5-5 %); pH 1,5 - 10,5; Temperatura de 15 – 60 °C; capacidad de formación de espuma y estabilidad Máxima expansión de la espuma a pH 7,5; la mayor estabilidad a pH 6,5 - 10,5; no hay efecto de la temperatura; aislado de girasol con mayor capacidad de formación y estabilidad de espuma.

Gonçalvess et al.,(1997) en su investigación titulada “Obtención y caracterización de aislados proteicos de colza”. Ha diseñado un proceso de obtención de aislados proteicos a partir de harina de colza desengrasada. El método incluye la extracción básica de las proteínas solubles seguido de una precipitación acida en el punto isoeléctrico. El precipitado es lavado con agua pH 4,5 etanol y acetona, obteniéndose un aislado proteico con un 86 % de proteína y reduciéndose el contenido en polifenoles y azúcares solubles en más de un 90 % respecto a la harina desengrasada. El componente mayoritario de la harina de colza deshidratada son las proteínas 31,4 % seguidas de las fibras 29,5 %. Así mismo, los sólidos disueltos 13% y los azúcares solubles 4,9 % se encuentran en cantidades significativas.

Castel, (2010) en su investigación del Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto. En este trabajo, se caracterizaron distintas muestras proteicas de *Amaranthus mantegazzianus*, obtenidas utilizando la metodología tradicional de aislamiento de proteínas a nivel de planta piloto y métodos alternativos de separación: extracción ácida inicial y extracción alcalino de proteínas combinadas con precipitación isoelectrica o ultrafiltración. En este sentido, con el método tradicional se obtuvo el mayor rendimiento de extracción 19,1 % y la menor concentración proteica 50,9 %; con el método alternativo con precipitación isoelectrica se obtuvo la mayor concentración de proteínas 73,1 % y un rendimiento más bajo 7,4 % respecto al método tradicional, mientras que con la ultrafiltración se obtuvo menor concentración proteica 52,5 % y el menor rendimiento 6,3 %. La caracterización fisicoquímica de las muestras se llevó a cabo con distintos métodos y técnicas: electroforesis en condiciones desnaturizantes (SDS-Page) y con tricina para separación de proteínas de bajo peso molecular, cromatografía de exclusión molecular (HPLCSEC), determinación de solubilidad de proteínas e hidrofobicidad superficial. Este último, se destaca por su contenido de lisina que se concentró 80 % respecto a la harina desgrasada. El suero de la precipitación isoelectrica se destacó entre las muestras por su alta concentración de compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Utilizando la metodología tradicional de aislamiento obtenido por precipitación isoelectrica sin extracción ácida inicial, se observa principalmente un aumento de fenilalanina (43 %), metionina (40 %), treonina (34%) e histidina (32 %); y una disminución del 17 % de glicina y 10 % de cisteína. En el método alternativo con precipitación isoelectrica con extracción ácida inicial, el aumento de las concentraciones de aminoácidos fue menor y puede destacarse el contenido de isoleucina y fenilalanina (aumento del 31 y 38 % respectivamente); por otro lado, se observa una disminución de serina y una pérdida considerablemente mayor de glicina que en el método tradicional en este concentrado 31 %. El Suero obtenido de la precipitación isoelectrica, presenta una disminución del contenido de la mayoría de los aminoácidos y un aumento destacado de metionina de 45 % y cisteína 56 %, lo que podría indicar que se ha concentrado en el Suero la fracción de albúminas (hidrosolubles), ricas en estos aminoácidos.

Pincioli, (2010) en su investigación "Proteínas de arroz propiedades estructurales y funcionales", concluye que los mayores rendimientos de extracción se llevan a cabo en las harinas integrales de la variedad Nutriar. Los rendimientos aumentaron con la

alcalinidad del solvente de extracción lo que se correspondió con la solubilización de la fracción mayoritaria (glutelina). La preparación de aislados a pH 2 permitió detectar diferencias entre las proteínas provenientes de granos pulidos e integral. Los resultados obtenidos indicaron las condiciones óptimas de extracción corresponde a la utilización de solvente a pH 12. Las condiciones de pH en que estos aislados presentan sus propiedades de superficie óptimas constituyen una limitación para su utilización como ingrediente alimentario. Sin embargo, las correlaciones analizadas especialmente a pH 9 y las observadas en el resto de los solventes utilizados permitieron reconocer una alta relación de la funcionalidad con la solubilidad de las proteínas de arroz. De esta manera, esta fuerte relación hace suponer que posibles modificaciones en la molécula proteica (como hidrólisis o acilación) que provoquen un incremento en su solubilidad permitirían la utilización de aislados proteicos de arroz como potenciales ingredientes para la industria

Vioque et al, (2001), en la investigación obtención y caracterización de aislados proteicos de colza se ha diseñado un proceso de obtención de aislados proteicos a partir de harina de colza desengrasada. El método incluye la extracción básica de las proteínas solubles seguido de una precipitación ácida en el punto isoeléctrico. El precipitado es lavado con agua (pH 4.5), etanol y acetona, obteniéndose un aislado proteico con un 86% de proteína y reduciéndose el contenido en polifenoles y azúcares solubles en más de un 90% respecto a la harina desengrasada. El aislado final presenta unas características físico-químicas que lo hacen atractivo para su uso en alimentación y obtención de hidrolizados proteicos.

Elsohaimy et al, (2015) Este estudio se centra en las condiciones óptimas para la preparación del aislado de proteína de semillas de quinua e investiga las propiedades físicoquímicas y funcionales de la proteína aislada para evaluar el uso potencial de la proteína de quinua aislaron en aplicaciones de alimentos y la fabricación. El aislado de proteína de quinua se obtuvo mediante la solubilidad de la proteína a valor de pH alcalino (10), seguido de precipitación en un valor de pH ácido (4,5). SDS-PAGE mostró bandas de proteína con 55 KDa correspondiente a la globulina y 31-33 KDa correspondiente a chenoprotein en todos los pH de extracción. La proteína de quinua tenía concentraciones razonables de aminoácidos esenciales (excepto triptófano) con un alto nivel de lisina (17,13%). Una solubilidad mínima aguda se observó en el valor de pH (4,5), y se observó el valor máximo en el valor de pH alcalino (10) ($P > 0,05$). La proteína quinua mostró un alto In Vitro digestibilidad ($78,37 \pm 1,08\%$). La proteína de quinoa mostró absorción de agua ($3,94 \pm 0,06$ mL / g) y ($1,88 \pm 0,02$ mL / g) de absorción de aceite. La capacidad de

formación de espuma de aislado de proteína de quinoa fue $(69,28 \pm 9,39\%$ en promedio) y la capacidad de formación de espuma se incrementó con el aumento de la concentración de proteína quinoa aislado de proteína registrado $54,54$ estabilidad de la espuma $\pm 15,31\%$ después de 60 min. índice de capacidad emulsión se varió de $1,24 \pm 0,05$ m² / g de suspensión de proteína de 0,1% a $3,38 \pm 0,31$ m² / g durante 3% de suspensión de proteína con promedio $2,10 \pm 0,99$ m² / gramo. El promedio del índice de estabilidad de la emulsión era $(38,43 \pm 7,22$ min). Aislado de proteína de la quinua es una fuente nutritiva prometedora e impresionante, que está llevando a candidato como un suplemento de alimentos y alimentos funcionales, pero todavía necesita una investigación más avanzada para mejorar y prueba de sus propiedades funcionales para ser conveniente para el uso en la elaboración de alimentos y aditivos.

(Tapia et al, 2016) en la investigación se obtuvo como resultados la quinua analizada tiene un contenido proteico de $14,15 \pm 0,28$ %; el aislado presentó cantidades de proteína total y soluble de $70,10 \pm 0,77$ % y $66,96 \pm 0,79$ mg BSA/mL respectivamente, resultados independientes del procedimiento de extracción. El tratamiento ácido previo removió notablemente los compuestos fenólicos, no se alteró la cantidad de proteínas aisladas ni el tipo de proteínas extraídas, siendo éstas en su mayoría albúminas (66KDa) y globulinas (55 KDa).

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Aspectos generales de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un producto originario de las regiones andinas, desde la época de los Incas, hace por lo menos 3000 años. Las especies nativas y las formas cultivadas de quinua se hallan distribuidas en los Andes desde Venezuela, Perú hasta Chile incluyendo el norte argentino, en diferentes rangos altitudinales. (Fontúrbel, 2003).

Según (Wilson, 1990) la quinua es un pseudo-cereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas en que están los cereales "tradicionales", pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal

Su cultivo es posible desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altura. Su adaptación climática es alta, incluso en ambientes desfavorables, desde climas cálidos (35 °C) hasta climas fríos (-8 °C), con precipitaciones que oscilan desde los 250 mm hasta los 2000 mm al año, en suelos francos, arenosos, arcillosos, con pH alcalino (9,0) hasta suelos ácido (4,5). Su amplia variabilidad fenotípica y genética, le otorga una mayor capacidad de sobrevivencia a la especie frente a las drásticas adversidades climáticas donde pueda ser cultivada, otorgándole una mayor seguridad al momento de la cosecha. Existen 3000 variedades conservadas de quinua, mostrando variabilidad en el color de la semilla, planta, tallos, tipos de inflorescencia, contenido de saponina, proteína, betacianinas, contenido de oxalatos de calcio, adaptación a diferentes condiciones agroecológicas. (Sepúlveda, Thomet, Palazuelos, & Mujica, 2004)

La quinua es una planta dicotiledónea anual, generalmente crece entre 1-2 m de alto. La planta puede ser ramificada o no ramificada dependiendo de la variedad y puede ser verde, amarilla, roja o púrpura. La inflorescencia (panículo) puede ser amarantiforme o glomeruliforme (Tapia & Fries, 2007) Sus flores son pequeñas y se auto-polinizan.

Mujica (1993) identifica, de acuerdo a su distribución geográfica, cinco categorías básicas de quinua.

Quinuas de los valles: Crecen en los valles interandinos de 2,000 a 3,600 m.s.n.m., se caracterizan porque tienen gran desarrollo, pueden llegar de 2 a 2.5 m de altura, son ramificadas, su periodo vegetativo es largo, con panojas laxas, con inflorescencia amarantiforme, son tolerantes al mildiu, en este grupo tenemos a la “Blanca de Junín,” “Amarilla de Marangani” y “Rosada de Junín.”

Quinuas del Altiplano: Crecen alrededor del lago Titicaca a una altura de 3,800 m.s.n.m., estos cultivos se caracterizan por tener buena resistencia a las heladas, son bajos en tamaño, no ramificados (tienen un solo tallo y panoja terminal que es glomerulada densa), llegan a tener una altura de 1.00 a 2.00 m., con periodo vegetativo corto, se tiene quinuas precoces como: “Illpa-INIA” y “SalcedoINIA,” semi-tardías: “Blanca de Juli;” tardías: como la Kancolla, Chewecca, Tahuaco, “Amarilla de Marangani.”

Quinuas de terreno salino: Nativas de los salares bolivianos, se adaptan a suelos salinos y alcalinos (de pH muy alto 7.5-8.0), y a climas muy secos. Los granos

son amargos, pero poseen un alto contenido proteico. Las plantas miden de 1 a 1.5 m. de altura, presentan un solo tallo desarrollado. Dentro de esta categoría están: la Real, Ratuqui, Rabura, Sayaña, todas ellas variedades del Altiplano boliviano.

Quinuas del nivel del mar: Crecen en el sur de Chile, no son ramificadas y los granos son de color amarillo a rosados y a su vez muy amargas, como en el sur de Chile en Concepción, las quinuas se caracterizan por tener una foto período largo y la coloración de los granos de color verde intenso y al madurar toman una coloración anaranjada y los granos son de tamaño pequeño y de color blanco o anaranjado.

Quinuas sub-tropicales: Crecen en los valles interandinos de Bolivia, se caracterizan por ser plantas de color intenso y al madurar toman una coloración anaranjada y los granos son de tamaño pequeño y de color blanco o anaranjado.

Las variedades de quinua presentan escasa información sobre las características y potencialidades del grano. Estas variedades poseen una gran diversidad de genotipos, sin embargo, se estima que se ha producido una desaparición importante de genotipos durante los últimos 50 años. Descriptores de interés para la caracterización de las variedades son el color de la panoja y del grano, días de siembra y cosecha, tamaño del grano, densidad de la panoja, valor nutritivo y aptitud de usos. (Sepúlveda et al., 2004)

2.2.1.1. Descripción física del grano de quinua

Según Bergesse et al (2015) mencionan que el grano de quinua es un aquenio, es decir posee una envoltura externa que se desprende fácilmente del grano. Además, su semilla es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal y presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma.

El episperma está constituido por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza que se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que da el sabor amargo al grano. Así mismo, otra de sus partes es el embrión que está formado por dos cotiledones y una radícula como se ve en la Fig.1, este constituye el 30% del volumen total de la semilla; es de color amarillento y con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones, posee la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40%, mientras que en el perisperma solo del 6,3 al 8,3% de la proteína total del grano.

Por lo tanto, el perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (Vicente, 2013)

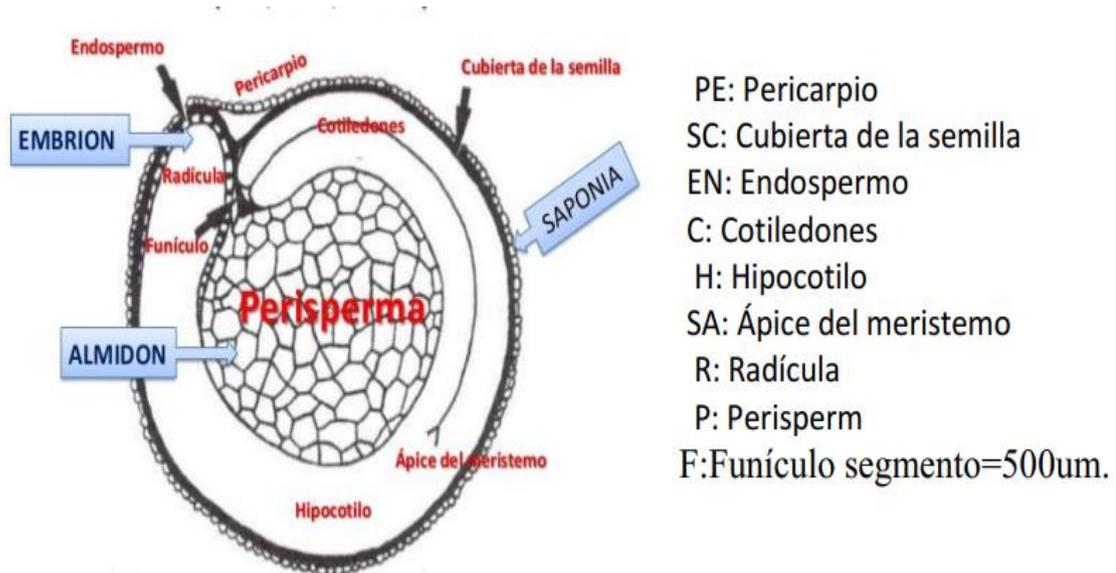


Figura 1: Corte de longitud del grano de quinua

FUENTE: (Prego, Maldonado, & Otegui, 1998)

2.2.1.2. Descripción botánica

De acuerdo Mujica et al., (2001) la clasificación taxonómica de la quinua es la siguiente.

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la quinua

Reino	: vegetal
División	: fanerógamas
Subdivisión	: angiospermas
Clase	: dicotiledónea
Subclase	: archiclamidea
Orden	: centroesperma
Familia	: chenopodiaceae
Género	: chenopodium
Sección	: chenopodia
Subsección	: cellulata
Especie	: chenopodium quinoa willd

FUENTE: Mujica et al (2001)

2.2.1.3. Composición química y valor nutricional de la quinua

Según (Velásquez, Aredo, Caipo, & Paredes, 2014) indican que nutricionalmente, este pseudocereal se destaca por ser fuente de proteínas de calidad, fibra dietética, grasas poliinsaturadas y minerales. Es decir, consumir quinua brinda muchos nutrientes importantes para una dieta equilibrada a fin de obtener una buena nutrición general.

A continuación, se muestra en la tabla 2, la composición nutricional de la quinua.

Tabla 2: Composición nutricional de la quinua en porcentaje

Nutrientes	%
Humedad	9.40-13
Proteína	11-21.30
Fibra	2.10-4.90
Carbohidratos totales	53.50-76.20
Ceniza	3.36
Calorias	351

FUENTE: Tapia, (2010).

a. Saponina

Las saponinas son sustancias que aportan sabor amargo a la quinua y están ubicadas principalmente en la parte externa del grano, denominado pericarpio. Las saponinas deben ser eliminadas, ya que son un factor anti-nutricional para el consumidor. Estas se eliminan con varios lavados (agua) y agitación constante, lo que permite quitar el sabor amargo o astringente que le proporciona al grano (Villacres, Peralta, Egas, & Mazon, 2011)

La desaponificadora de quinua quita la cáscara del grano aprovechando este componente para la industria cosmetológica y además, dada sus propiedades, puede ser empleada como ingrediente para la fabricación de cervezas y detergentes, como componente para la fabricación de extinguidores de incendios, en la industria fotográfica y en la industria farmacéutica (en la fabricación de hormonas sintéticas) (Fontúrbel, 2003; Sepúlveda et al., 2004).

Por otra parte, la saponina le brinda una protección natural a la semilla que recubre al grano por completo, evitando de esta forma el ataque de polillas, gorgojos y otras plagas de almacén y, en el ámbito alimenticio, experiencias desarrolladas en el Perú indican que el consumo de quinua con residuos de saponina contribuiría a impedir la acumulación de

colesterol en el cuerpo, por lo que habría una menor incidencia de problemas cardiacos (Jara, 2004).

b. Lípidos

La cantidad de grasa en el grano de quinua varía entre 2 a 10 %. Este contenido de grasa es elevado si se lo compara con el grano de maíz, pero baja si se lo compara con el grano de soya, girasol y maní, así como se describe en la tabla 3

Tabla 3: Comparación del contenido de grasa de la quinua y otros granos

Grano	Contenido de grasa (%)
Quinua	2-10
Maíz	2-5
Soya	15-18
Girasol	33-51
Maní	26-48

FUENTE: Mujica (2001)

c. Vitaminas y minerales

La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana.

La quinua contiene vitaminas del complejo B: Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Niacina (B3) y Ácido fólico (B9), del complejo A (carotenos) y del complejo C (Ácido ascórbico), se detallan en la tabla 3.

Del cuadro se observa que la quinua es muy rica en Betacaroteno (5300tg/100 g) y de igual manera en Riboflavina (0.2-0.3 mg/100g) y Ácido fólico (78.1tg/100 g).

Tabla 4: Contenido de vitaminas en quinua y otros cereales (mg/100g)

Vitaminas	Quinua	Trigo	Arroz
Vitamina C	16.4	0.0	3.4-7.2
Tiamina	0.2-0.4	0.5	0.2
Riboflavina	0.2-0.3	0.2	0.1
Niacina	0.5-0.7	5.5	1.9
Ácido fólico*	78.1	18	20
Caroteno	5300	64	0

FUENTE: (Thoufeek Ahamed, Singhai, Kulkarni, & Pal, 1998)

(*) Expresado en µg/100 g.

En cuanto al contenido de minerales la quinua es rica en Potasio, Calcio, Fósforo, Magnesio y Hierro en comparación con otros cereales como el trigo y el arroz los cuales se muestran en la Tabla 5

Tabla 5: Contenido de minerales en quinua y otros cereales (mg/100g)

Minerales	Quinua	Trigo	Arroz
Potasio	845.0-1201.0	370.0	70.0-150.0
Calcio	70.0-874.0	29.0-48.0	0.0-40.0
Fosforo	355.0-5353.0	355.0	160.0-230.0
Magnesio	161.0-2650.0	128.0	48.0-60.0
Sodio	2.7-22.0	3.0	8.0-9.0
Hierro	6.3-81.0	11.5	.5 3.0
Manganeso	1.9-33.0	5.0	2.0
Zinc	1.2-36.0	2.0	2.0
Cobre	0.7-1.0	0.5	10.3-0.7

FUENTE: Ahamed et al., (1998)

d. Aminoácidos

Entre los más importantes aminoácidos que posee la quinua, está la lisina importante para el desarrollo del cerebro, la arginina e histidina básicos para el desarrollo del ser humano durante la infancia. No obstante, es pobre en grasa con un contenido de 4 a 9%, de los cuales la mitad contienen ácido linoleico esencial para la dieta humana (Muñoz, Montero, & Montesdeoca, 2012). En la tabla 6, apreciamos el perfil de aminoácidos presentes en el grano de quinua.

Tabla 6: Perfil de aminoácidos de quinua en 100 gramos de proteína

aminoácidos esenciales	quinua %	aminoácidos no esenciales	quinua %
histidina	4.6	ácido glutámico	16.2
isoleusina	7	cisterina	7
leucina	7.3	serina	4.8
lisina	8.4	tirosina	6.7
metionina	5.5	prolina	3.5
felilalanina	5.3	alanina	4.7
treonina	5.7	glicina	5.2
triptofano	1.2	ácido aspártico	8.6
valina	7.6		
argina	7.4		

FUENTE: Perfil de aminoácidos de quinua (Sierra, 2012).

La lisina que es uno de los aminoácidos más escasos en los alimentos de origen vegetal, se muestra en la quinua en una proporción que al menos duplica la contenida en los otros cereales. Esta ha sido la base para considerar el reemplazo de las harinas de trigo con quinua a fin de ofrecer un alimento popular con un mejor contenido de este importante aminoácido (. Tapia, Gandarillas, Alandia, Cardoso, & Mujica, 1979)

Por otra parte, la semilla de quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, tanto por su composición, por la cantidad y la calidad de las proteínas que lo convierten en un alimento valioso para la vida humana según Meyhuay (2012) en comparación a otros cereales como son: el trigo, arroz, y maíz como se presentan en la tabla 7.

Tabla 7: Composición química y valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales

Componentes (%)	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz
Valor energético kcal/100g	350,00	305,00	353,00	338,00
Proteínas	13,81	11,50	7,40	9,20
Grasa g/ 100g	5,01	2,00	2,20	3,80
Hidratos de Carbono g/100g	59,74	59,40	74,60	65,20
Agua g/100g	12,65	13,20	13,10	12,50
Ca mg/100g	66,60	43,70	23,00	150,00
P mg/100g	408,30	406,00	325,00	256,00
Mg mg/100g	204,20	147,00	157,00	120,00
K mg/100g	1040,00	502,00	150,00	330,00
Fe mg/100g	10,90	3,30	2,60	
Mn mg/100g	2,21	3,40	1,10	0,48
Zn mg/100g	7,47	4,10		2,50

FUENTE: “Quinua el grano de los Andes” (Comité de exportación de quinua, 2009)

e. **Industria de la quinua**

Las amplias posibilidades de preparación de la quinua, permite ser usada en la industria alimenticia en expandidos, extruidos, concentrados proteicos, suplementos alimenticios, almidones, colorantes vegetales, leche, laminados, perlados, germinados, formulaciones

de alimentos para bebés, hojas liofilizadas, fideos, harinas precocidas de colores naturales y variados, etc. Estos amplios usos transforman a la quinua en un producto fácilmente adaptable a los gustos y exigencias del consumidor (Sepúlveda et al., 2004).

La capacidad que poseen los ácidos fuertes para hidrolizar las proteínas, transformándolas en aminoácidos y péptidos hidrosolubles de cadena corta, es aprovechada en la industria alimenticia para la preparación de hidrolizados de proteína a partir de materia vegetal. En este proceso se hidrolizan proteínas de varias fuentes vegetales mediante el agregado de ácido clorhídrico concentrado, por lo general en equipos de revestimiento de vidrio, y el producto es luego neutralizado mediante el agregado de álcali. La mezcla resultante de péptidos y aminoácidos es luego concentrada y comercializada en esta forma como hidrolizado de proteína. Estos productos se utilizan ampliamente en sopas y otros preparandos alimenticios de naturaleza similar (Braverman y Berk, 1980). El concentrado de proteína puede ser usado como ingrediente en la industria alimenticia y así incrementar la calidad de éstos (Aluko & Monu, 2003). Por otra parte, la agroindustria transforma este grano preferentemente en hojuelas y en harina (CIED, 2006). Según el Reglamento Sanitario de los Alimentos en el artículo número 348 dice “El producto pulverulento proveniente de la molienda de otros granos (distinto al de trigo), será designado con la palabra harina, seguida de un calificativo que indique la o las especies de grano de la que provenga” (González, 2000), por lo tanto, se obtiene harina de quinua, un producto libre de gluten para ser consumida hasta por personas celiacas (alérgicas al gluten), que es utilizada además para enriquecer harinas en la elaboración de galletas, barritas, pasteles, batidos, spaghetti, etc. aportando un alto valor nutritivo, así se consigue elaborar alimentos altamente energéticos, naturales y sin colesterol. Es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único por su altísimo valor nutricional, mantiene sus cualidades nutritivas incluso en procesos industriales y es capaz de sustituir notablemente a las proteínas de origen animal.

Por último, se encontró que, como subproducto del cultivo de la quinua, está el forraje para el ganado y la leña (Diario Pyme, 2003)

2.2.2. Variedades comerciales de quinua en el Perú

Tabla 8: Variedades de quinua comerciales en el Perú

Nombre de la variedad	Efluación de saponina	Color de pericarpio	Color de episperma	Tamaño de grano	Zonas de producción
INIA 431-Altiplano	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Costa
INIA 427- AmarillaSacaca	Mucha	Amarillo	Blanco	Grande	Valles Interandinos
INIA 420-Negra Collana	Nada	Gris	Negro	Pequeño	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
INIA 415- Pasankalla	Nada	Gris	Rojo	Mediano	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Ilpa INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Quillahuaman INIA	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Ayacuchana INIA	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Amarilla Marangani	Mucha	Anaranjado	Blanco	Grande	Valles Interandinos
Blanca de Juli	Poca	Crema	Blanco	Pequeño	Altiplano
Blanca de Junín	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos, Costa
Cheweca	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Huacariz	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Hualhuas	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Huancayo	Regular	Crema	Crema	Mediano	Valles Interandinos
Kankolla	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Mantaro	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Rosada de Junín	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Rosada Taraco	Mucha	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Rosada de Yanamango	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos

FUENTE: Apaza, Cáceres, Estrada, & Pinedo, (2013)

2.2.2.1. INIA 415 Pasankalla

Tabla 9: Datos generales de la variedad de quinua INIA 415 Pasankalla

Descripción general		
Tipo de Crecimiento	: Herbáceo	
Hábito de crecimiento	: Simple	
Ciclo Vegetativo	: 144 días para el altiplano	
	: 120 días para valles interandinos	
	: 105 días para la costa	
Altura de planta	: 1,30 a 1,40 m	
Rendimiento promedio de grano	: 3,54 t/ha	
Características del tallo		
Forma del tallo principal	Anguloso	
Diámetro del tallo principal	: 1.30 a 1.70 cm	
Presencia de axilas pigmentadas	Presentes	
Presencia de estrías	Presentes	
Color de las estrías	Púrpura	
Color del tallo principal	Verde	
Presencia de ramificación	Ausente	
Características de la hoja		
Borde de las hojas inferiores	Dentado	 
Dientes de las hojas	12 a 30 dientes	
Longitud máxima del peciolo	5.10 a 6.00 cm	
Longitud máxima de las hojas	: 8.70 a 9.00 cm	
Anchura máxima de las hojas	7.10 a 8.20 cm	
Color de las hojas	: Verde	
Características de la panoja		
Color de la panoja en la floración	Verde	
Intensidad del color de la panoja en la floración	: Tenue	
Color de la panoja en la madurez fisiológica	: Gris	
Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica	: Tenue	
Forma de la panoja	: Glomerulada	
Longitud de panoja	: 30,00 a 35,00 cm	
Densidad de la panoja	: Intermedia	
Diámetro de panoja	: 5,00 a 7,00 cm	
Longitud de los glomérulos	: 4,80 a 5,40 cm	
Número de panojas por planta	: 1	
Características del grano		
Aspecto del grano	: Opaco	
Color del perigonio	: Púrpura	
Color del pericarpio	: Plomo claro	
Color del episperma	: Vino oscuro	
Color del perisperma	: Blanco	
Forma del borde del grano	: Afilado	
Forma del grano	: Cilíndrico	
Uniformidad del color del grano	: Bastante uniforme	
Latencia de la semilla	: Ausente	
Diámetro del grano	: 2,10 mm	
Rendimiento de semillas por planta	: 32,00 a 34,00 g	
Peso de 1 000 granos (g)	: 3,51 a 3,72 g	

FUENTE: Apaza et al., (2013)

Tabla 10: Características bromatológicas de las semillas de quinua variedad Pasankalla

Valor nutricional		
Análisis físico/químico (g/100g, de muestra)		
Humedad	(%)	: 9,62
Proteínas	(%)	: 17,83
Fibra	(%)	: 3,00
Cenizas	(%)	: 2,83
Grasa	(%)	: 6,29
ELN	(%)	: 60,43
Energía	(Kcal/100 g)	: 364,68

Saponina	
Contenido de saponina	: 0,00 %
Eflusión de saponina	: Nada

FUENTE:(Apaza et al., 2013)

Tabla 11: Descripción morfológica de la semilla de quinua variedad INIA 415 Pasankalla

Nombre de la variedad	Adaptación
INIA 415 - Pasankalla	Zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y en costa entre los 640 y 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura franco arenoso.
Lugar y año de liberación	
Región Puno, 2006	
Obtendor y mantenedor	
Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA)	
Método de mejoramiento	Principales usos
Selección panoja surco, a partir de la colecta ingresada al banco de germoplasma con el código PIQ031069 procedente de la localidad de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno en 1978.	<ul style="list-style-type: none"> Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres, panecillos (K'ispiño) y bebidas. Agroindustria : Expandida, perlada, laminada, molienda, extruida.

FUENTE:(Apaza et al., 2013)

2.2.2.2. Blanca de juli

Tabla 12: Datos generales de la semilla de quinua blanca de juli

Descripción general		
Tipo de Crecimiento	: Herbáceo	
Hábito de crecimiento	: Simple	
Ciclo Vegetativo	: 160 días (Semi precoz)	
Altura de planta	: 1,20 m	
Rendimiento promedio de grano	: 1,50 a 2,00 t/ha	
Características del tallo		
Forma del tallo principal	: Sin ángulos	
Diámetro del tallo	: 1,30 a 1,40 cm	
Presencia de axilas pigmentadas	: Presentes	
Presencia de estrías	: Presentes	
Color de las estrías	: Verde claro	
Color del tallo	: Verde	
Presencia de ramificación	: Ausente	
Características de la hoja		
Borde de las hojas inferiores	: Dentado	
Dientes de las hojas	: 12 a 25 dientes	
Longitud máxima del peciolo	: 3,60 a 4,80 cm	
Longitud máxima de las hojas	: 7,80 a 8,80 cm	
Anchura máxima de las hojas	: 6,00 a 7,40 cm	
Color de las hojas	: Verde	
Características de la panoja		
Color de la panoja en la floración	: Verde	
Intensidad del color de la panoja en la floración	: Tenue	
Color de la panoja en la madurez fisiológica	: Blanca	
Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica	: Tenue	
Forma de la panoja	: Glomerulada	
Longitud de panoja	: 30,00 a 35,00 cm	
Densidad de la panoja	: Intermedia	
Diámetro de panoja	: 7,00 a 8,00 cm	
Longitud de los glomérulos	: 3,50 a 4,80 cm	
Número de panojas por planta	: 1	
Características del grano		
Aspecto del grano	: Opaco	
Color del perigonio	: Verde	
Color del pericarpio	: Blanco opaco	
Color del episperma	: Blanco	
Color del perisperma	: Blanco	
Forma del borde del grano	: Afilado	
Forma del grano	: Cilíndrico	
Uniformidad del color del grano	: Bastante uniforme	
Latencia de la semilla	: Ausente	
Diámetro del grano	: 1,60 mm	
Rendimiento de semillas por planta	: 34,93 g	
Peso de 1 000 granos (g)	: 2,22 g	

FUENTE:(Apaza et al., 2013)

Tabla 13: Características bromatológicas de la semilla de quinua variedad blanca de juli

Valor nutricional		
Análisis físico/químico (g/100g, de muestra)		
Humedad (%)	:	8,88
Proteínas (%)	:	16,15
Fibra (%)	:	2,10
Cenizas (%)	:	2,13
Grasa (%)	:	5,94
ELN (%)	:	64,80
Energía (Kcal/100 g)	:	372,95

Saponina	
Contenido de saponina	: 0,04 %
Eflusión de saponina	: Dulce

FUENTE:(Apaza et al., 2013)

Tabla 14: Descripción morfológica de las semillas de quinua variedad blanca de juli

Nombre de la variedad	Adaptación
Blanca de Juli	Zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frio seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco, franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0.
Lugar y año de liberación	
Región Puno, 1974	
Obtendor y mantenedor	Principales usos
Distrito de Juli, Provincia de Chucuito, Región Puno.	<ul style="list-style-type: none"> Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas. Agroindustria : Perlada, laminado, molienda, fideos, saponina.
Método de mejoramiento	
Selección masal, a partir de material genético colectado en 1969, alrededor del lago Titicaca, del distrito de Juli, Provincia de Chucuito, Región Puno.	

FUENTE:(Apaza et al., 2013)

2.2.3. Proteínas

El contenido de proteína media reportado en la literatura para quinua está entre 12-23%, la cual es de alta calidad muy parecida a la del huevo y la leche, (Abugoch, Romero, Tapia, Silva, & Rivera, 2008). En comparación con los granos de cereales, el contenido

de proteína total de quinua 16,3% en base seca, es mayor que la de la cebada (11%), arroz (7,5%), o el maíz (13,4%), y es comparable a la de trigo (15,4%) ((Abugoch et al., 2008; Koziol, 1993). Las albúminas y globulinas son las principales proteínas de almacenamiento en la quinua (Brinegar & Goundan, 1993; Brinegar, Sine, & Nwokocha, 1996)

Las proteínas de quinua se han caracterizado mediante electroforesis por diferentes autores (Brinegar & Goundan, 1993; Brinegar et al., 1996; Fairbanks, Burgener, Robison, Andersen, & Ballon, 1990). Considerando la relación que guarda la nutrición con el estado de salud, las proteínas después de ciertos procesos químicos o térmicos pueden dar péptidos con actividad biológica para ayudar a reducir la actual epidemia de enfermedades crónicas degenerativas que afectan a un amplio sector de la población mundial (WHO, 1999).

Además de impactar el mercado de alimentos, donde el rubro de alimentos funcionales crece a un ritmo del 20% anual. El futuro de los alimentos funcionales es predecible, pues la preocupación por la salud conlleva al aumento de la demanda de este tipo de productos por parte de los consumidores y al desarrollo de nuevos productos funcionales basados en efectos cuantificables sobre la salud (Espín, García-Conesa, & Tomás-Barberán, 2007) En este sentido, las primeras afirmaciones acerca del potencial nutracéutico de las proteínas y los péptidos derivados de ellas, se basaron en estudios *in vitro* y en limitadas intervenciones clínicas (Möller, Scholz-Ahrens, Roos, & Schrezenmeir, 2008) Aún es necesario evaluar aspectos fundamentales como la producción a gran escala, la estabilidad e interacción con diferentes matrices alimentarias, la estabilidad gastrointestinal, la biodisponibilidad y los posibles efectos secundarios de su consumo prolongado.

2.2.3.1. Propiedades generales de las proteínas

Las proteínas son conocidas como las macromoléculas más abundantes en las células, constituyen el 50 % de su peso seco, desempeñan un mayor número de funciones, de todos los seres vivos. Las proteínas tienen una estructura y conformación, que les permite desarrollar diferentes funciones en una célula viva (Byong, 2000).

Las proteínas están compuestas básicamente por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Gran parte de ellas tiene azufre y algunas contienen compuestos adicionales, como por ejemplo las proteínas lácteas contienen fósforo, la hemoglobina y la mioglobina contienen hierro. Estos elementos químicos se agrupan para formar unidades estructurales

llamadas aminoácidos, a los cuales se podrían considerar como los “ladrillos de los edificios moleculares proteicos”. Las proteínas son muy importantes en los alimentos, por sus diferentes propiedades nutricionales y funcionales (Vaclavik,2002).

Las proteínas tienen carácter anfótero; es decir, se comportan como ácidos débiles frente a las bases y como bases débiles frente a los ácidos. El grupo amino es aceptor de protones y el grupo carboxilo dador de protones (Byong, 2000).

2.2.3.2. Estructura y conformación protéica

Según Badui (2006) todas las proteínas poseen una misma estructura química central, que consiste en una cadena lineal de aminoácidos. Lo que hace distinta a una proteína de otra es la secuencia de aminoácidos de que está hecha, a tal secuencia se conoce como estructura primaria de la proteína. La estructura primaria de una proteína es determinante en la función que cumplirá después, así las proteínas estructurales (como aquellas que forman los tendones y cartílagos) poseen mayor cantidad de aminoácidos rígidos y que establezcan enlaces químicos fuertes unos con otros para dar dureza a la estructura que forman.

Estructura primaria

La estructura primaria viene determinada por la secuencia de aminoácidos en la cadena proteica, es decir, el número de aminoácidos presentes y el orden en que están enlazados. Las posibilidades de estructuración a nivel primario son prácticamente ilimitadas. Como en casi todas las proteínas existen 20 aminoácidos diferentes, el número de estructuras posibles viene dado por las variaciones con repetición de 20 elementos tomados de n en n , siendo n el número de aminoácidos que componen la molécula proteica (Fennema, 2000).

Estructura secundaria

La estructura secundaria de las proteínas es el plegamiento que la cadena polipeptídica adopta gracias a la formación de puentes de hidrógeno entre los átomos que forman el enlace peptídico. Los puentes de hidrógeno se establecen entre los grupos $-CO-$ y $-NH-$ del enlace peptídico (el primero como aceptor de H y el segundo como donador de H). De esta forma, la cadena polipeptídica es capaz de adoptar conformaciones de menor energía libre, y por tanto, más estables (Chang, 2007).

- Hélice alfa

En esta estructura se mantiene gracias a los enlaces de hidrógeno intracatenarios formados entre el grupo -NH de un enlace peptídico y el grupo - C=O del cuarto aminoácido (Braverman, 1980).

- Hoja beta

Cuando la cadena principal de un polipéptido se estira al máximo que permiten sus enlaces covalentes se adopta una configuración espacial denominada estructura b, que suele representarse como una flecha. En esta estructura las cadenas laterales de los aminoácidos se sitúan de forma alternante a la derecha y a la izquierda del esqueleto de la cadena polipeptídica. Las estructuras b de distintas cadenas polipeptídicas o bien las estructuras b de distintas zonas de una misma cadena polipeptídica pueden interactuar entre sí mediante puentes de hidrógeno, dando lugar a estructuras laminares llamadas por su forma hojas plegadas u hojas b (Nollet, 1996).

- Giros beta

Secuencias de la cadena polipeptídica con estructura alfa o beta, a menudo están conectadas entre sí por medio de los llamados giros beta. Son secuencias cortas, con una conformación característica que impone un brusco giro de 180 grados a la cadena principal de un polipéptido (Bartholomai, 2000).

Estructura terciaria

Se llama estructura terciaria a la disposición tridimensional de todos los átomos que componen la proteína, concepto equiparable al de conformación absoluta en otras moléculas. La estructura terciaria de una proteína es la responsable directa de sus propiedades biológicas, ya que la disposición espacial de los distintos grupos funcionales determina su interacción con los diversos ligandos. Para las proteínas que constan de una sola cadena polipeptídica (carecen de estructura cuaternaria), la estructura terciaria es la máxima información estructural que se puede obtener (Cheftel, 1989).

Tipos de estructura terciaria

Según Fennema (2000) se distinguen dos tipos de estructura terciaria: Proteínas con estructura terciaria de tipo fibroso en las que una de las dimensiones es mucho mayor que las otras dos. Son ejemplos el colágeno, la queratina del cabello o la fibroína de la seda.

En este caso, los elementos de estructura secundaria (hélices a u hojas b) pueden mantener.

Enlace covalente:

Consiste en una compartición de electrones, que generan un enlace fuerte, que permite brindar una gran estabilidad a la cadena proteica. El puente disulfuro, es uno de los enlaces más importantes, que se forman entre residuos de cisteína (Badui, 2006).

Enlace iónico:

Se refiere a un puente salino, se puede presentar por dos grupos polares de la cadena de aminoácidos, que según el pH tendrán carga eléctrica positiva o negativa. Al formarse iones de carga opuesta estos se atraen por fuerzas eléctricas intensas, quedan fuertemente unidos y dan lugar a un compuesto iónico (Braverman, 1980).

Enlace de hidrógeno:

Las cadenas laterales de los aminoácidos que poseen hidrógeno fijo en oxígeno o nitrógeno, como sucede en los grupos alcohólicos de serina y trionina, pueden formar enlaces de hidrógeno con átomos ricos en electrones. La formación de enlaces hidrógeno generan estabilización de las moléculas y entre grupos polares sobre la superficie de las proteínas y el solvente acuoso aumentan la solubilidad de las proteínas (Bartholomai et al., 2000).

Enlace por fuerzas de Van der Waals:

Se forman entre las cadenas laterales que contienen radicales, son sumamente débiles y actúan en distancias extremadamente cortas, poseen componentes de atracción y repulsión. Las fuerzas de atracción son las que interaccionan entre dipolos inducidos formados por las oscilaciones instantáneas en la distribución de electrones en los átomos. En cambio, las fuerzas repulsivas se presentan, cuando 2 átomos se aproximan demasiado y sus orbitales electrónicos se superponen (Braverman, 1980).

Presencia de cadenas hidrofóbicas:

Son interacciones que implican a las cadenas laterales no polares de los aminoácidos como leucina, vaina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptófano, etc., dentro de soluciones acuosas. En consecuencia, a lo largo de la o de las cadenas polipeptídicas donde se encuentran estos grupos existe la tendencia de segregarse del contacto con el solvente acuoso y a formar estructuras con características similares (Cheftel, 1989).

Estructura cuaternaria

Cuando una proteína consta de más de una cadena polipeptídica, es decir, cuando se trata de una proteína oligomérica, decimos que tiene estructura cuaternaria (Osborne, 1986).

La estructura cuaternaria debe considerar:

La estructura cuaternaria modula la actividad biológica de la proteína y la separación de las subunidades a menudo conduce a la pérdida de funcionalidad. Las fuerzas que mantienen unidas las distintas cadenas polipeptídicas son, en líneas generales, las mismas que estabilizan la estructura terciaria. Las más abundantes son las interacciones débiles (hidrofóbicas, polares, electrostáticas y puentes de hidrógeno), aunque en algunos casos, como en las inmunoglobulinas, la estructura cuaternaria se mantiene mediante puentes disulfuro. El ensamblaje de los monómeros (Nollet, 1996). En la figura 2 se observa los 4 niveles de organización de las proteínas.

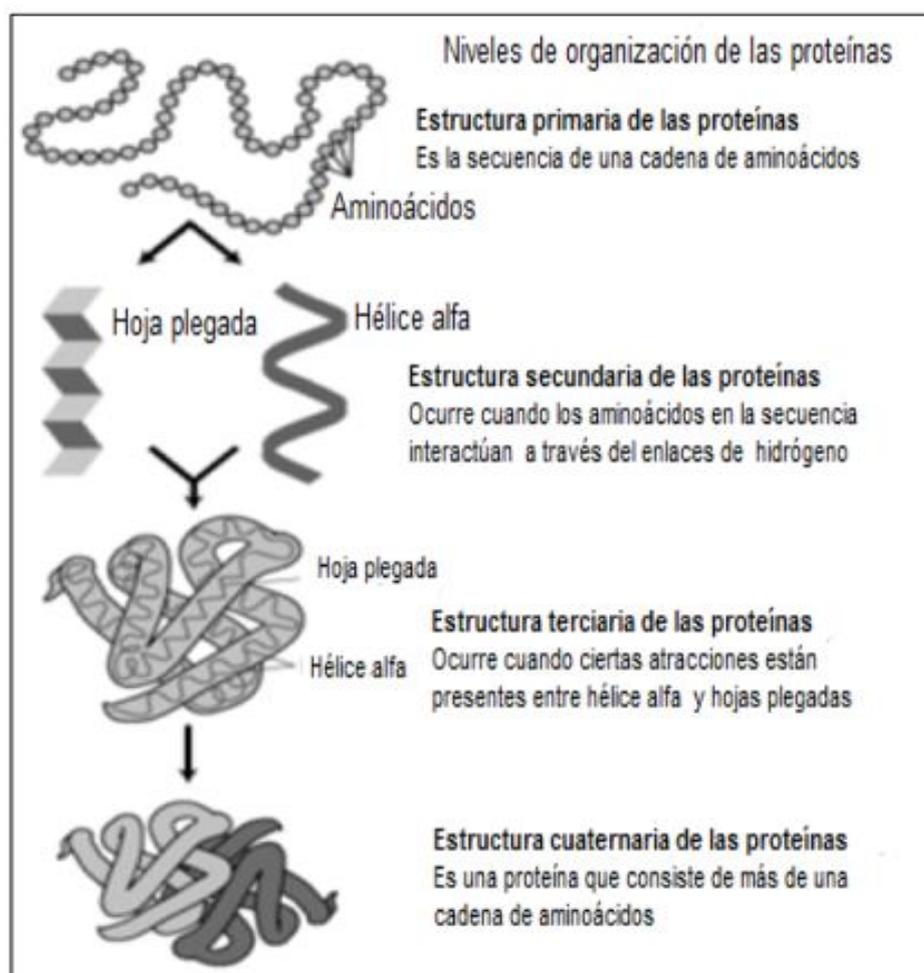


Figura 2: Niveles de organización de las proteínas
FUENTE: Badui (2006).

2.2.3.3. Desnaturalización de las proteínas

Según Cheftel (1989) se llama desnaturalización de las proteínas a la pérdida de las estructuras de orden superior (secundaria, terciaria y cuaternaria), quedando la cadena polipeptídica reducida a un polímero estadístico sin ninguna estructura tridimensional fija cuando la proteína no ha sufrido ningún cambio en su interacción con el disolvente, se dice que presenta una estructura nativa (ver figura 3). Cualquier factor que modifique la interacción de la proteína con el disolvente disminuirá su estabilidad en disolución y provocará la precipitación.

Así, la desaparición total o parcial de la envoltura acuosa, la neutralización de las cargas eléctricas de tipo repulsivo o la ruptura de los puentes de hidrógeno facilitarán la agregación intermolecular y provocará la precipitación. La precipitación suele ser consecuencia del fenómeno llamado desnaturalización y se dice entonces que la proteína se encuentra desnaturalizada.

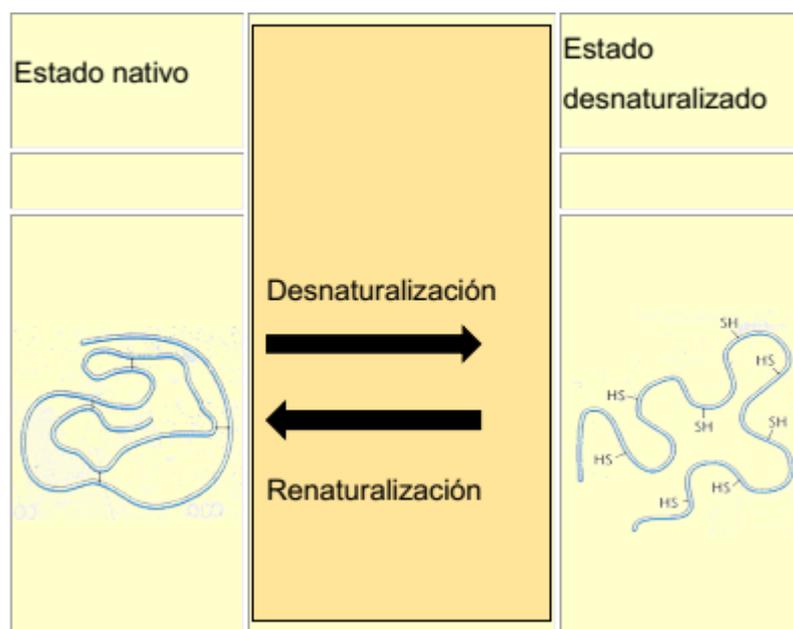


Figura 3: Desnaturalización de las proteínas
FUENTE: Badui (2006)

Desnaturalización por cambios de pH

Un cambio en el pH del ambiente natural o fisiológico de las proteínas puede acarrear modificaciones importantes en su conformación debido a cambios en la ionización de las cadenas laterales cargadas porque se afecta el número de los puentes salinos que estabilizan la estructura nativa. Una desnaturalización alcalina implica la neutralización de la carga positiva de cadenas laterales de Lys, His y Arg, una desnaturalización ácida

implica la protonación de cargas de Asp, Glu; ambos casos impiden la formación de una interacción electrostática. En los procesos tecnológicos que involucran la obtención de aislados proteínicos vegetales es el tratamiento alcalino el que se aplica con mayor frecuencia. Se utiliza para elevar la concentración de proteína y requiere de una solubilización alcalina a valores de pH cercanos a 10.96. Con este proceso se busca modificar las estructuras originales de las proteínas para aumentar su potencial tecnológico y mejorar sus propiedades funcionales, aunque es frecuente encontrar en estas condiciones una porción de las moléculas que han sufrido hidrólisis. Además, en esos valores de pH los grupos ionizables que adquieren cargas negativas traen como consecuencia una expansión de las moléculas causada por repulsiones intramoleculares debido a sus cargas iguales. (Badui, 2006).

Cambios de temperatura

Para Fennema (2010) las proteínas sufren diversos grados de desnaturalización que pueden afectar las propiedades funcionales y nutricionales en los alimentos. Es decir, la desnaturalización es un mecanismo que implica las desestabilizaciones de sus interacciones no covalentes, los enlaces de hidrogeno, las interacciones electrostáticas, que se desequilibran a temperaturas altas y ganan estabilidad a temperaturas bajas.

En otras palabras, la aplicación de calor es uno de los agentes desnaturalizantes que se utilizan con mayor frecuencia, afecta la estabilidad de las interacciones no covalentes de la estructura tridimensional de las proteínas, pues a medida que se eleva la temperatura la molécula pierde su delicado balance de los enlaces que mantienen su equilibrio y por consiguiente sus propiedades funcionales (Zhun & Damodaran, 2011)

2.2.4. Propiedades tecnofuncionales de las proteínas

Además de su importancia como fuente de aminoácidos en la nutrición, las proteínas influyen de manera determinante en las características tecnológicas (elasticidad, cohesión, viscosidad, gelificación, etc.) y de textura de los alimentos. Por estas cualidades, las proteínas se usan comercialmente en la fabricación de productos alimenticios a los cuales confieren sus propiedades físicas y químicas (Duarte, 2012).

De manera general, las propiedades tecnofuncionales se definen como "cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afecta y modifica alguna característica de un alimento y que contribuye a la calidad final del producto" (Sosa, 2000).

Así, por ejemplo, son propiedades funcionales: La absorción de agua y grasa, la emulsificación, gelificación, la formación de espuma, la solubilidad, etc. Estas dependen de factores intrínsecos propios de la molécula de proteína, como, por ejemplo; la secuencia de aminoácidos, peso molecular, carga eléctrica, solubilidad, conformación, hidrofobicidad, etc.; así como también de factores extrínsecos del medio que las rodea como: pH, fuerza iónica, temperatura, constante dieléctrica, etc. (Badui, 1993)

2.2.4.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Dentro de estas propiedades de las proteínas se encuentran las propiedades de hidratación que depende de las interacciones agua-proteína dentro de un alimento y modifica las propiedades fisicoquímicas de las mismas (Badui. S., 2006), lo cual resulta de la gran afinidad de los grupos iónicos que se solvatan en el agua para luego la solvatación de los grupos polares y apolares para formar una monocapa en la superficie de la proteína formando puentes entre el agua y la proteína como se muestra en la figura 4 (Damodaran, 2010). Esta capacidad de ligamiento de agua se expresa como gramos de agua por gramo de proteína en polvo cuando está a un 90-95% de humedad relativa (Kunts. I., 1971), existen factores ambientales como conformación de la estructura interna de las proteínas, pH, temperatura, fuerza iónica de las sales presentes los cuales influyen sobre esta capacidad de retener agua ligada generando importantes funciones en las propiedades de superficie de las proteínas (Vani B. & Zayas J., 1995), para las distintas aplicaciones en alimentos se debe tener presente que interesa más la capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad como en el caso de los geles en lugar de su capacidad de ligar agua (Quinn. J. & Paton. D., 1979), por lo que no existe una correlación entre la solubilidad de las proteínas y la capacidad de ligar agua dentro de su estructura (Ahmedna M. P., 1999).

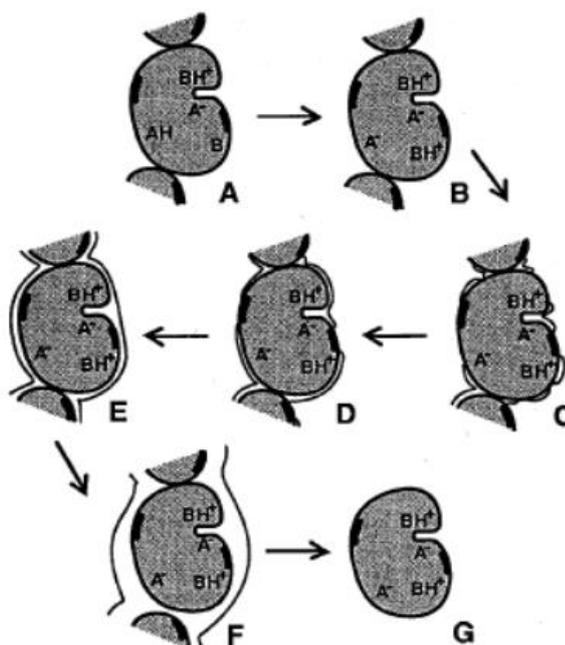


Figura 4: Secuencia de la hidratación de una proteína
FUENTE: Damodaran (2010)

La proteína no hidratada (A) se hidrata primero sus grupos cargados (B) para luego agrupar más moléculas de agua (C) terminando así su hidratación (D) y se empieza a formar una monocapa de agua (E) y esta se rodea con una capa de agua (F) y luego finaliza este proceso en (G)

Tabla 15: CRA para diferentes fuentes proteicas

PROTEÍNA	CRA(mL DE AGUA /g DE PROTEÍNA)
QUINUA	3.94±0.06
TRIGO	3.67±0.05
SOYA	4.05±0.15
ARROZ*	2.60±0.27
CEBADA CAÑICAPA**	1.35±0.00
MAIZ I-122**	1.249±0.09

FUENTE: Elsohaimy, (2015); Pincirolí, (2010)* y Cerda, (2010)**

Esta capacidad de ligar agua se relaciona con la composición de aminoácidos, mientras más aminoácidos cargados más agua podrán retener la proteína (Badui. S., 2006), en la Tabla 15 se muestra la CRA de varias proteínas extraídas de las respectivas harinas donde se ve claramente que la quinua tiene una similar CRA que la soya y superior al trigo y maíz que son de mayor consumo.

2.2.4.2. Capacidad emulsificante(CE)

Es una de las propiedades interfaciales más importantes que se basa en la hidrofobicidad del compuesto apolar y la hidrofiliidad del componente polar para poder formar una fase estable que es formada por aceite, agua, un emulsificante y aplicando energía generalmente mecánica gracias a la flexibilidad, rigidez, tamaño y textura de la proteína para una buena formación de películas dentro de su estructura (Badui. S., 2006).

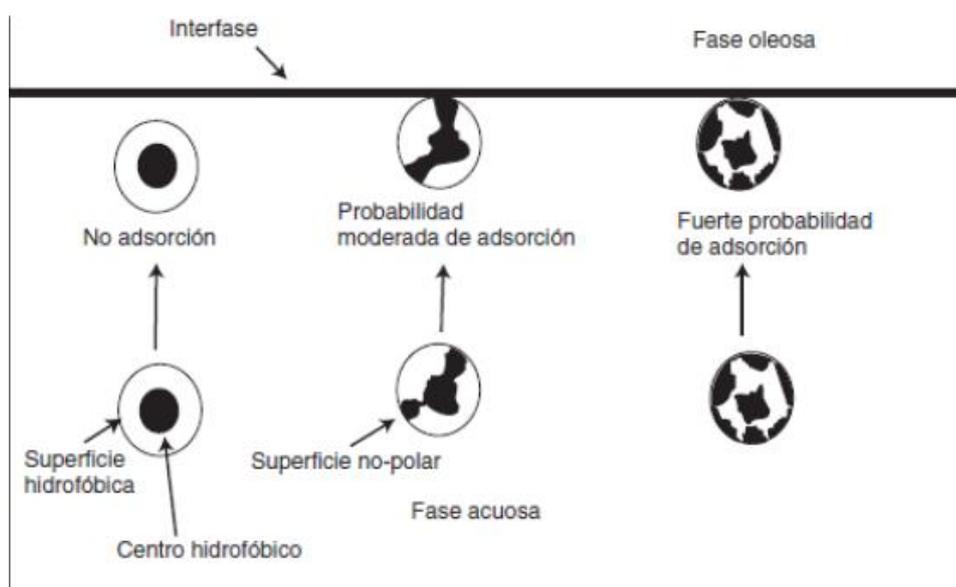


Figura 5: Probabilidad de adsorción en la interfaz de dos líquidos
FUENTE: Damodaran (1990)

Siendo esta propiedad consecuencia de los fenómenos de superficie al igual que la formación de espuma (capacidad espumante), depende de las regiones hidrofóbicas que están en contacto con la interfase acuosa y oleosa (Damodaran. S., 1990), como se muestra en la figura 5 la formación de una emulsión usando proteínas como emulsificante depende de la probabilidad de adsorción en la interface entre el agua y el aceite (Badui. S., 2006).

Tabla 16: Capacidad de retención de aceite

Proteína	CRA(mL de aceite/g de proteína)
Quinoa	1.88±0.22
Trigo	1.58±0.03
Soya	2.10±0.10

FUENTE: Elsohaimy et al. (2015)

En la Tabla 16, se muestran diferentes valores de absorción de aceite debida a sus centros activos en la superficie de la proteína al momento de unir ambas fases, esta CRAc difiere de la capacidad emulsificante debida a la capacidad de formación de micelas para formar una sola fase, mientras que la CRAc es solo un fenómeno de superficie. (Badui. S., 2006). Existen varios métodos los cuales permiten determinar la formación y estabilidad de emulsiones como son la medición del tamaño de gota por microscopía óptica, fluorescencia y determinar si la emulsión es del tipo O/W o W/O y verificar si es una emulsión homogénea o heterogénea, otro método se basa en el cambio de viscosidad, resistencia eléctrica o color antes de la ruptura de la emulsión, centrifugación o calentamiento (McClemens. D., 1999), velocidad de degradación, la estabilidad a tiempos grandes, la resistencia al cremado y la distribución del tamaño de gotas (Mason. T., 1999), reactividad química como cinética de las reacciones de polimerización (Sood. A. & Awasthi. S., 2003), una forma común de caracterizar una emulsión es la determinación del tamaño de las emulsiones usando parámetros que indican su dispersión, como el tamaño de gota medio lo cual se puede determinar por microscopía óptica (Polat H. et al, 1999), y aunque son una medida de aproximación son ampliamente usados ya que su observación es directa y puede considerarse como absolutos (Isaacs. E. & Chow. R., 1992).

Tabla 17: Tamaño de gotas de emulsiones usando diferentes proteínas como tensoactivos

Proteína	Tamaño	Velocidad	pH
Cangrejo	2.5±1	6000	10
Gluten	15±1	6000	10
Soya	10±1	6000	10

Nota: El tamaño de gota depende de pH, velocidad, temperatura, etc.
FUENTE: Bengoechea (2008)

Dentro de los factores que influye en la formación de la emulsión es la solubilidad de las proteínas, aunque se tienen buenos resultados con rangos de solubilidad que van desde 25%-80%, el problema se da cuando las proteínas usadas son insolubles o débilmente solubles en cuyos casos se puede usar sales para aumentar la solubilidad (Elsohaimy S. A. et al, 2015).

Se ha observado que un incremento de la velocidad de agitación empleada durante la preparación o de la concentración de emulsionante dan lugar a un aumento de los módulos viscoelásticos y a una disminución del tamaño de gotas” (Bengoechea, 2008).

2.2.4.3. Capacidad espumante

Esta propiedad sigue un mecanismo de adsorción en la interfase de las proteínas con la formación de una película, dependiendo como estén organizadas dentro de su estructura, esta propiedad brinda flexibilidad, rigidez y volumen a productos batidos, helados, aderezos y espumas (Kinsella. J. & Melachouris. N., 2009) Estas espumas están constituidas de una fase continua líquida acuosa y una fase dispersa que generalmente es aire, las espumas hechas usando proteínas se pueden formar por burbujeo, agitación constante o batido para la incorporación de aire dentro de las estructuras. (Fennema, 1993).

Para la evaluación de esta propiedad se mide la cantidad de área interfacial (volumen) que puede crearse con las proteínas usadas y expresarse como sobrerrendimiento o poder espumante, sabe recalcar que la formación de espuma se ve afectada por el método que se use para la incorporación de gas dentro del sistema, esta capacidad de formación de espuma aumenta cuando la concentración de proteína. (Kinsella. J.E. et al, 1985), como se puede ver en la Tabla 18 al aumentar la cantidad de proteínas, su capacidad de formación de espuma aumenta, siendo esta propiedad de mucha importancia en la elaboración de helados, cremas, merengues, etc. (Badui. S., 2006).

Tabla 18: Capacidad espumante del aislado proteico de quinua (Sobre rendimiento)

Proteína de quinua (%w/v)	% Espuma
0.10	58.37±2.14
0.50	64.71±1.79
1.00	75.41±2.38
3.00	78.62±2.54

FUENTE: Elsohaimy et al. (2015)

Antes de la utilización de las proteínas para formar espumas se debe considerar la estabilidad frente a la gravitación y también al estrés mecánico, algunas pruebas brindan resultados empíricos ya que depende del tamaño de las gotas dentro de la espuma

formada, aunque el método más directo es la reducción del área interfacial de la espuma en función del tiempo (Murray B. & Ettelaie R., 2004).

Existen factores que influyen en la formación y estabilidad de la espuma como son el pH, sales, azúcares, lípidos, temperatura y concentración de la propia proteína. (Carrera S. et al, 2005)

2.2.5. Métodos de análisis

2.2.5.1. Método de Kjeldahl para la determinación de Nitrógeno total

Es el más utilizado, e incluso se toma como referencia cuando se usan otras técnicas. El método no hace distinción entre el nitrógeno que proviene de proteínas (de grupos amino y amida) y el no proteínico (urea, aminoácidos), lo que da lugar a errores en cálculo. El método consiste en la digestión de la muestra con H_2SO_4 y la formación de NH_4OH que es recibido en ácido para ser titulado con un ácido fuerte de concentración conocida. Los compuestos nitrogenados no proteínicos que causan una sobreestimación de la técnica son: glutatión, carnitina, carnosina, dopamina, urea, ornitina, colina y ácido aminobutírico. Deben aplicarse factores de conversión de nitrógeno a proteína, que son específicos para los distintos tipos de proteínas. Se calculan al dividir 100 entre el porcentaje de nitrógeno particular de la proteína en cuestión. El factor que se aplica sin discriminación es 6.25 resultante de una generalización del contenido de N de las proteínas de 16%, por lo que su factor de conversión será la $100/16 = 6.25$. Sin embargo, en términos estrictos debe calcularse el factor para cada proteína. Por ejemplo, en el caso de la leche el factor es 6.38, para algunas oleaginosas como el ajonjolí es de 5.84. El nitrógeno no proteínico puede ser analizado después de precipitar la proteína con ácido tricloroacético, con la desventaja de que pueden quedar en solución péptidos solubles, aproximadamente de 12 a 16 aminoácidos, que no se detectarían. Las desventajas del método son las siguientes: puede haber pérdidas de nitrógeno debido a la temperatura de digestión y al tipo de catalizador utilizado. Debe considerarse el nitrógeno no-proteínico medido junto con el proteínico. El proceso es largo y se utilizan reactivos y condiciones un tanto peligrosas. (Badui 2006)

2.3. Hipótesis de la investigación

2.3.1. Hipótesis general

El rango de pH y peso aplicado en el proceso de extracción del aislado proteico influye en la extracción del aislado de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) de las variedades blanca de juli y pasankalla.

2.3.2. Hipótesis específica

- El aislado proteico se obtiene a diferentes rangos de pH a partir de la harina de quinua de las variedades blanca de juli y pasankalla
- Realizando un preparado de soluciones buffer se determina las propiedades tecnofuncionales , CRA,CE,CFE..
- Mediante el método instrumental e IR se determina el análisis de los grupos funcionales de la quinua y del aislado proteico

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

- Probeta de 100 mL marca normax
- Probeta de 10 mL marca kyntel
- Bureta de de 25 mL marca fortuna
- Fiola de 100 mL marca duran
- Fiola de 250mL marca pirex
- Tirette Brand de 25 mL
- Baguetas, pinzas S/M
- Balones de Kjeldahl de 100 mL
- Matraz Erlenmeyer de vidrio 250 ml marca Scott.
- Pipetas volumétricas de 10 ml marca fortuna
- Pipeta aforada de 5 ml marca fortuna
- Vasos precipitados 100 ml marca fortuna
- Vasos precipitados 250 ml marca fortuna
- Pipetas volumétricas 10 ml marca fortuna
- Tubos de ensayo con rosca 10 ml de marca Scott.
- Espátula de acero inoxidable mango de madera
- Placa Petri marca fortuna
- Varilla de vidrio marca fortuna
- Embudo de vidrio
- Papel filtro. 589/2 (Watman -40).
- Peseta S&S
- Mortero de pilón porcelana
- Gradilla para tubos de ensayo S/M
- Recipientes de almacenamiento (tinas)
- Rotulador FABER-CASTELL
- Tamiz con malla de acero inoxidable N° 10 A.S.T.M 1190 Micrones zonytest
- Tamiz con malla de acero inoxidable N° 40 A.S.T.M 425 Micrones zonytest
- Tamiz con malla de acero inoxidable N° 60 A.S.T.M 250 Micrones zonytest
- Tamiz con malla de acero inoxidable N° 80 A.S.T.M 180 Micrones zonytest
- Tamiz con malla de acero inoxidable N° 200 A.S.T.M 75 Micrones zonytest

Equipos

- Balanza analítica Cap. 1000 g. adventurer HENKEL 220 V / 50 Hz
- Termómetro digital de -50/150°C Sonda fija acero inoxidable 120 mm longitud (150X58X20)
- Balanza digital de precisión cap. 100 g de sensibilidad 0.01 g METTLER TOLEDO AB204
- Agitador magnético CAT Velocidad ajustable desde 200 a 1.500 rpm temperatura de 0 a 330°C.
- pH metro digital 730 Inolab Rango/exactitud de medición: pH: -2,000 a +19,999 / +/-0,003 pH
- Centrifuga time/speedxl-200 de 4000 rpm y 1 hora BOECO GERMANY
- Mufla BARNSTEAD THERMOLYNE 1400 FURNACE
- Licuadora Capacidad: 1,25 l giratorio de 3 velocidades OSTER

Reactivos e insumos

- Ácido clorhídrico (HCl) 1N, 5N p.a.Merck. Darmstadt, Germany
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 35 % (p/v)
- Agua ultra purificada
- Acetona
- Fosfato de sodio monobásico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) p.a. Merck. Darmstadt, Germany
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 96 % (d=1.84) p.a Merck. Darmstadt, Alemania
- Agua destilada pH $6,96 \pm 0,12$
- Ácido cítrico
- Bórax

3.2. Metodología de la investigación

3.2.1. Preparación de la harina de quinua

Los granos de quinua de la variedad blanca de juli y pasankalla obtenidos del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria (INIA) fueron molidas en molino manual de mesas (1 kilos por variedad de quinua) hasta que los granos de quinua se vuelvan harina fina, luego de la moliendo se realizó el tamizado de la harina de quinua por variedad de quinua, se tamizaron con los tamices números:10,40,60,80.200 y la base de finos. Luego de esto se realizaron el desengrasado para la extracción y los análisis físico químicos como se describen a continuación.

3.2.2. Caracterización físico química de la harina de quinua

Se caracterizaron la harina de quinua de las variedades blanca de juli y pasankalla ya que es un factor la granulometría y el contenido de proteína de la muestra inicial.

3.2.2.1. Caracterización física

Se determinó la densidad aparente, según el método 24.003 de la A.O.A.C. (2005), al pesar una cantidad de harina de quinua y se transfirió a una probeta de volumen conocido. El cálculo de la densidad aparente se realizará, según la siguiente relación:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{peso de la muestra}}{\text{volumen de la muestra}}$$

3.2.2.2. Caracterización química

La composición química de la harina quinua fue determinada con las técnicas de la A.O.A.C. (2005).

3.2.2.2.1. Determinación de humedad

En un recipiente enfriado y tarado, previamente calentado a $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, pesar unos 2 g de muestra. Poner la cubierta y someter la muestra durante 1 hora en un horno provisto de ventilación a una temperatura de $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Transferir el recipiente con su cubierta al desecador y pesar poco después de llegar a la temperatura ambiente. La pérdida de peso es reportada como la humedad. Según Método 925.10 (A.O.A.C., 2005).

$$\% \text{Humedad} = \frac{(M - m) * 100}{M}$$

Donde:

M=Peso inicial en gramos de la muestra m=Peso en gramos del producto seco

3.2.2.2.2. Determinación de la proteína

Este análisis se realizó con la quinua desengrasada tamizada y también con el aislado proteico de ambas variedades. La metodología empleada fue el método kjeldahl, El cual consiste en la destrucción orgánica por acción del ácido sulfúrico, obteniéndose como resultado sulfato de amonio, el cual después es destilado a amoniaco. Los cálculos se realizaron en base a un patrón (muestra en blanco) y se cuantifico la diferencia gastada de titulante en la muestra AOAC(2000), Cálculo y expresión de resultados:

$$\%N = \frac{N \times V \times 14 \times 100 \times FACTOR}{m \times 1000}$$

Donde:

V=Volumen gastado del ácido sulfúrico N=normalidad del ácido sulfúrico m=peso de la muestra en gramos factor:6.25 para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteína en general.5.77 (la cual se utilizará para esta investigación) para cereales y derivados de soya.

3.2.2.2.3. Determinación de contenido graso

La metodología empleada fue el método indirecto, El cual consiste en la destrucción orgánica por acción del ácido sulfúrico, obteniéndose como resultado sulfato de amonio, el cual después es destilado a amoniaco. Los cálculos se realizaron en base a un patrón (muestra en blanco) y se cuantifico la diferencia gastada de titulante en la muestra (Referencia método AOAC. 960.52), Cálculo y expresión de resultados:

$$\%G = \frac{100 * (p1 - p2)}{p}$$

Donde:

P1=Peso en gramos del matraz con el extracto etéreo

P2=Peso en gramos de matraz vacío

P=Peso en gramos de la muestra empleada

3.2.2.2.4. Determinación de cenizas

Se coloca en la mufla proveniente calentada a 600°C y mantener a esta temperatura por 2 horas hasta que las cenizas adquieran un color blanco o grisáceo. Según método 923.03 (A.O.A.C,2005). Al material inorgánico no destruido se le llama cenizas

$$C\% = \frac{100 * (P1 - P2)}{P}$$

Donde:

P=Peso en gramos de la capsula con la muestra

P1=Peso en gramos de la capsula con las cenizas

P2=Peso en gramos de la capsula vacía

Determinación de carbohidratos

La determinación de carbohidratos (C) fue obtenida por diferencia entre los demás componentes mediante la siguiente fórmula:

$$C = 100 - (Proteina + Grasa + Ceniza + Humedad)$$

Todos los componentes expresados en %.

3.2.3. Método para la extracción del aislado proteico de quinua con el tratamiento de pHs

3.2.3.1. Obtención de la harina desengrasada de quinua

Luego de la molienda de los granos de quinua de la variedad blanca de juli y pasankalla y el tamizado con las mallas de acero inoxidable N°10,40,60,80,200 y base de fino, se escogió la harina de quinua con alto porcentaje de proteína analizada por número de tamiz. La harina de quinua que estuvo en la abertura de tamiz con un alto porcentaje de proteína fue desengrasada en cuatro etapas sucesivas con solvente acetona (punto de ebullición 56°C) en el equipo soxhlet durante dos horas.

3.2.3.2. Solubilización de las proteínas en medio alcalino

La harina de quinua desengrasada de la variedad blanca de juli y pasankalla fueron pesadas, por separado, en para el primer tratamiento se usó un peso de 4 gramos, para el segundo tratamiento 5 gramos y para el tercer tratamiento en 6 gramos, se repite los pesos por cada cambio de pH básico, se hicieron nueve tratamientos por variedad de quinua como indica en la tabla 18. Luego se suspendió la harina de quinua (por variedad) en agua destiladas (10%p/v) en un vaso precipitados luego se ajustó los siguientes pHs:

Los pHs fueron acondicionados con NaOH 1N y medidos con el potenciómetro metrohm para solubilizar las proteínas. Empleando el agitador magnético CAT se agito la solución

constantemente durante 30 minutos, luego la solución fue centrifugada a 4000 rpm durante 30 min

3.2.3.3. Recuperación de proteína precipitación ácido

Seguidamente de la solubilización alcalina y obtener los sobrenadantes se tomaron alícuotas de 25 ml de estos y se adicione ácido clorhídrico 1N hasta alcanzar los siguientes pH diferentes: 3; 4 y 5 para precipitar las proteínas, Las soluciones así obtenidas fueron centrifugadas a 4000 rpm x 30 min. Por consiguiente, se lavaron las proteínas fueron con agua destilada luego se someterá en estufa a una temperatura de 50 °C, se obtendrá la cantidad el rendimiento de aislado proteico precipitado las que fueron expresadas en porcentaje. Ventura, (2003) y Guerrero (1989).

El rendimiento de aislado proteico extraída se define como la relación de la cantidad total de aislado proteico (g) respecto a la cantidad total de harina de quinua desengrasada utilizada (g) expresado como un porcentaje.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso del aislado proteico (g)}}{\text{peso de la harina de quinua empleada}}$$

En la tabla 18 se muestran los tratamientos (en los cuales se utilizó ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de sodio (NaOH) la metodología fue descrita previamente) empleados en el proceso del aislado proteico de quinua en las variedades blanca de juli y Pasankalla

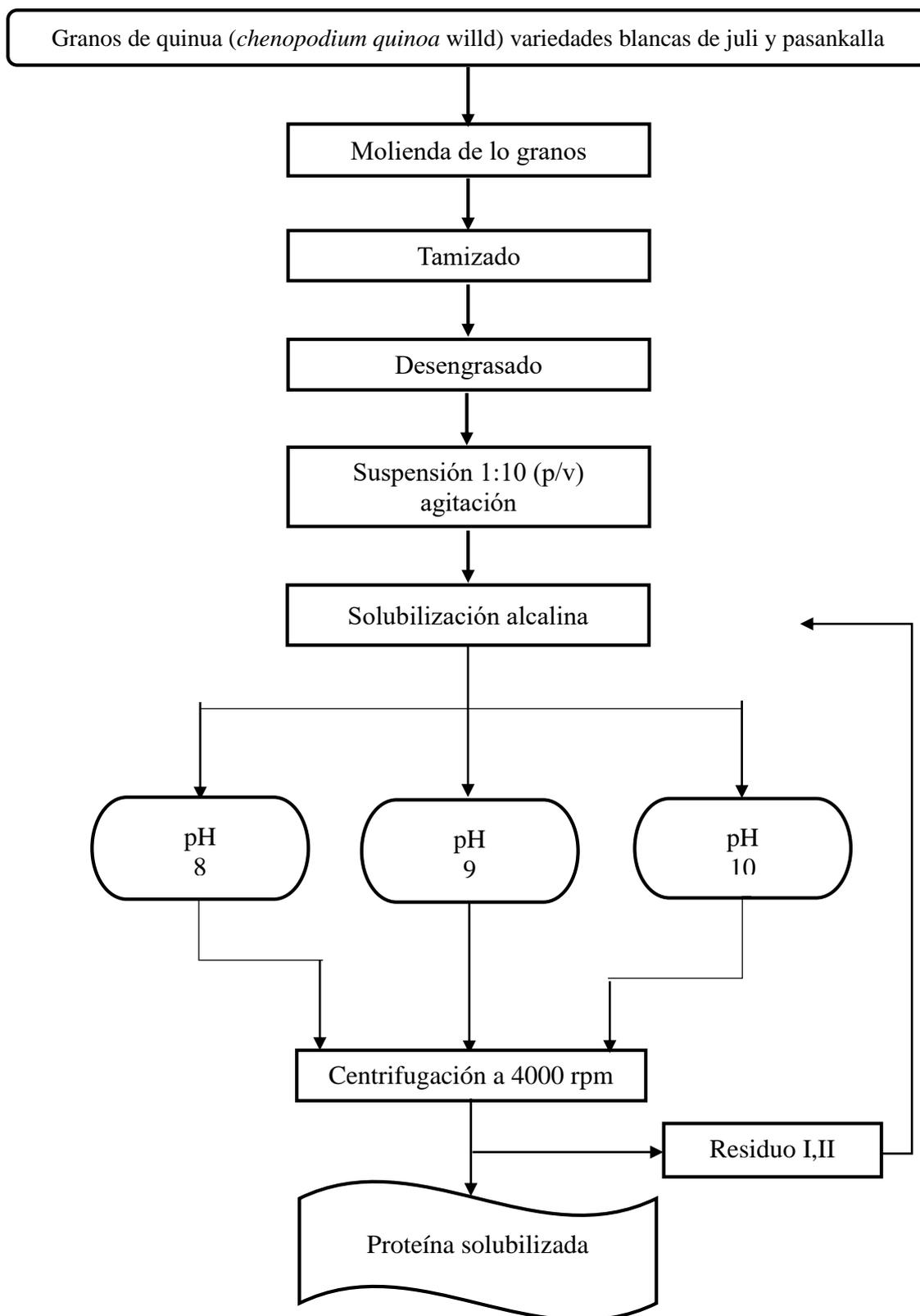
Tabla 19: Tratamientos del proceso de extracción del aislado proteico a diferentes pHs

Tratamientos	Masa de harina de quinua (g)	pH básico	pH ácido
T1	4	8	3
T2	5		4
T3	6		5
T4	4	9	3
T5	5		4
T6	6		5
T7	4	10	3
T8	5		4
T9	6		5

FUENTE: elaboración propia

Diagrama de bloques para la extracción de aislado proteico

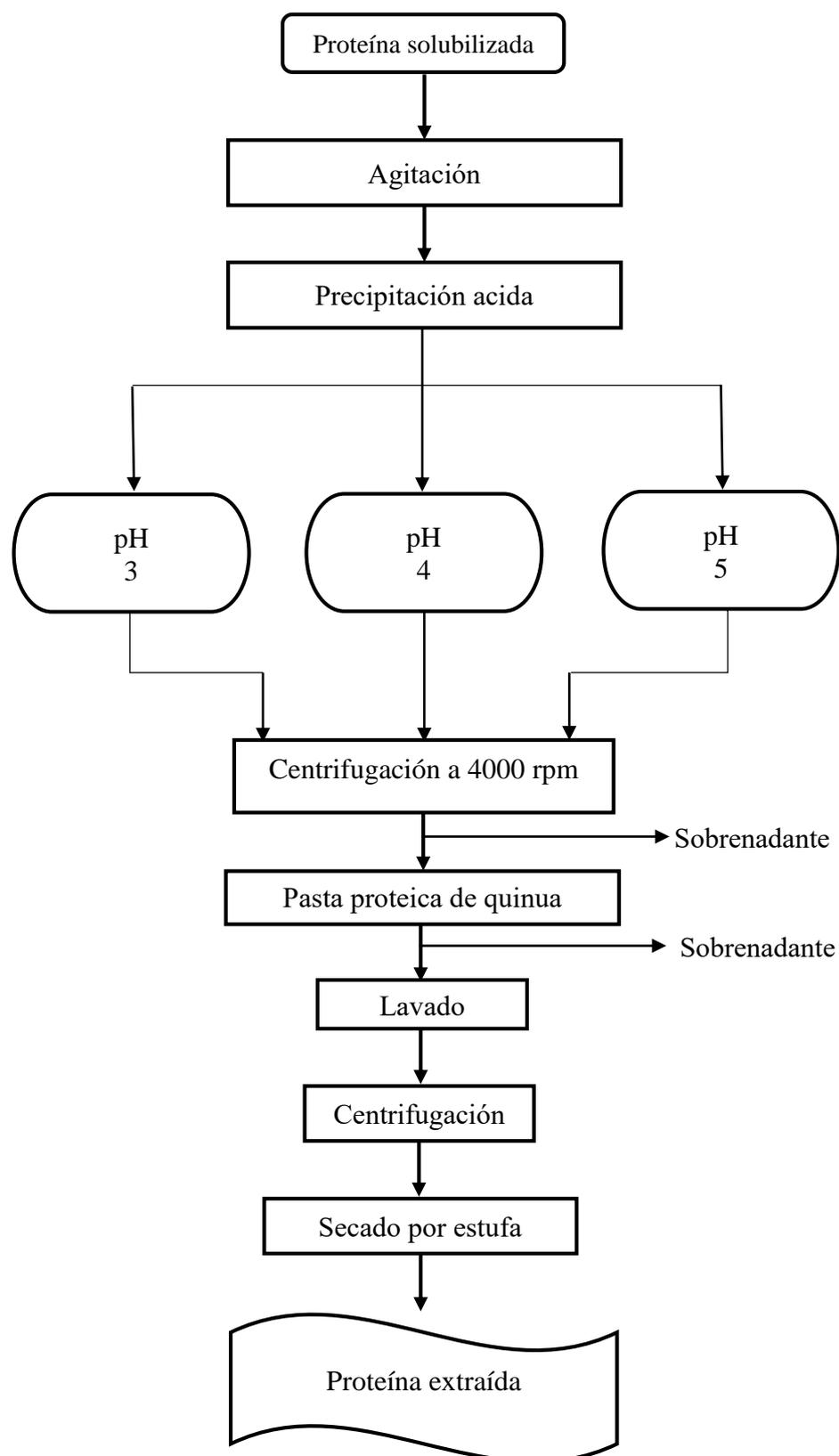
a) solubilización alcalina



Descripción de las operaciones para la solubilización de la proteína

Para procesar la materia prima se siguió los siguientes pasos:

- **Compra de granos:** los granos de quinua (*chenopodium quinoa willd*) de las variedades blanca de juli fueron obtenidas del Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- **Molienda:** se efectuó en el molino
- **Tamizado:** se procedió a separarlo con tamices en donde se seleccionó el tamiz de 250 micrones donde se concentra la mayor cantidad de proteína
- **Desengrasado:** para evitar interferencias provocadas por los lípidos se realizó una extracción sólido-líquido en un equipo soxhlet, con acetona como solvente posteriormente se realiza el secado en una estufa a 40°C por 2 horas, obteniéndose harina seca y desengrasada.
- **Suspensión y agitación:** suspender la harina desengrasada en agua destilada (10% p/v) y agitar por 30 min a 50°C (agitador magnético).
- **Solubilización alcalina:** se ajusta a pH de 8,9,10 con NaOH 1N para solubilizar las proteínas, agitar la suspensión por 60 min a temperatura 50°C y separar los componentes insolubles.
- **Centrifugación 1:** luego se procede a centrifugar a 4000 rpm por 30 minutos, para separar líquido (sobrenadante) y la parte sólida (residuo I), lo cual es nuevamente suspendida en agua destilada (con la mitad del volumen inicial de la primera extracción) y alcalinizada a los pHs correspondientes con NaOH 1N procediéndose a la segunda extracción alcalina.
- **Proteína solubilizada:** es la proteína en suspensión líquida separada de la materia insoluble en la solución de NaOH 1N

b) Proceso de extracción de la proteína

Descripción de las operaciones para la extracción de proteína

- **Proteína solubilizada:** es el material líquido de partida para la precipitación de la proteína.
- **Agitación:** se realizó por 15 minutos a temperatura ambiente con agitador magnético para acondicionar a pH de precipitación.
- **Precipitación ácida:** acondicionar el pH del sobrenadante a pH 3,4,5 para precipitar las proteínas, con solución de HCl 1N.
- **Centrifugación II:** centrifugar nuevamente a 4000 rpm por 30 minutos, para separar la parte líquida (agua) y sólido (extracto proteico).
- **Pasta proteica de quinua:** la parte sólida una vez centrifugada y lavada las proteínas aisladas con agua destilada.
- **Lavado:** se procede a lavar con agua destilada cuantas veces sea necesario para limpiar la pasta del ácido.
- **Centrifugación:** se procede a centrifugar para separar la proteína de la suspensión líquida (agua) al ser lavada.
- **Secado:** se procede a secar la pasta a una temperatura de 50°C en una estufa, para posteriormente evaluar el porcentaje de proteína aislada por gravimetría.
- **Proteína extraída:** es la muestra obtenida luego de secado y molido en un mortero.

3.3. Determinación de las propiedades tecnofuncionales del aislado proteico de quinua

Para realizar la evaluación de las propiedades tecno funcionales del aislado proteico de (*Chenopodium quinoa* Willd). Tiene las siguientes ecuaciones de acuerdo a la revisión de bibliografías.

3.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Se prepararán dispersiones proteicas al 1% p/v en buffer de pH 3, 4, 5, 7 y 9. Las muestras se someterán cada 15 minutos a agitación intensa y breve en vortex durante 1 hora a temperatura ambiente en un agitador mecánico. Seguidamente los tubos se centrifugarán a 4000 rpm durante 30 minutos a 15 °C y se determinará la masa de precipitado obtenido. Se medirá el volumen del sobrenadante después de centrifugar. Por diferencia entre el volumen inicial de agua y el que se recupera después de la centrifugación, se determinará la capacidad de retención de agua expresada en ml/ g (Chau y Huang, 2003).

$$CRA = \frac{(M_2 - (M_1 - M_3))}{M_1 * D}$$

CRA=Capacidad de retención de agua expresada en ml de agua por g de muestra

M1=Masa de muestra pesada en g

M2=Masa de precipitado obtenido en g

M3=Masa de la proteína soluble en g

D: densidad del agua a 25°C

3.3.2. Capacidad de emulsificante (CE)

- ✓ Se prepararon soluciones proteicas a las concentraciones de 0,4 % y 0,6 % con una solución de NaCl 1M. en 100 ml de agua.
- ✓ El pH de cada solución se ajustó a 4, 6 y 8 con una solución de HCl 1N o NaOH 1N.
- ✓ Cada solución fue incubada a temperaturas ambientes por 30 min, las dispersiones serán agitadas a alta velocidad aproximadamente 4000 rpm por 1 min. en la licuadora.
- ✓ Posteriormente se añadió a la mezcla a una velocidad de 1mL/seg el aceite de maíz hasta quebrar la emulsión. Posteriormente se procede con una muestra sin proteína (blanco).
- ✓ La CE fue calculada según la siguiente formula. Sathe y Salunkhe, (1981).

$$CE = \frac{\text{aceite añadido}(mL) - \text{aceite añadido blanc}(mL)}{100mL \text{ solución}} * 100$$

3.3.3. Capacidad de formación de espuma (CFE)

- ✓ Se preparará soluciones proteicas en un volumen de 100 ml de 0,4; 0,6 y 0,8 % de aislado proteico de quinua con agua destilada, ajustando el pH a 4, 6 y 8 de cada solución proteica.
- ✓ Una vez ajustado el pH se procederá a agitar en la licuadora a una velocidad de 6000 rpm por un tiempo de 3 minutos.
- ✓ Finalmente, el batido se transferirá a una probeta graduada y se calculará el porcentaje de volumen incrementado a los 30 segundos, según la siguiente fórmula, Chau et al. (2003).

$$CFE = \frac{\text{volumen despues del batido} - \text{volumen antes del batido}}{\text{volumen antes del batido}} * 100$$

3.4. Tipo y diseño de la investigación

En la presente investigación, se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI, que permitió elaborar Diseño de superficie Box-Behnken, para el aislado proteico, con 3 factores pH acido (3,4,5) y pH basico(8,9,10) y peso (4,5,6g), con 3 niveles en cada factor

3.4.1. Universo y/o población

Se consideró como universo y/o población a los granos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) de las variedades blanca de juli y pasankalla, granos certificados por el INIA

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 20: Operacionalización de las variables independientes

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Técnicas e instrumentación
El pH es una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución específicamente mide la cantidad de iones de hidrogeno que contiene una solución determinada	pH	pH acido=3,4,5 pH básico=8,9,10	pHmetro
El peso es una unidad de medida	Peso (g)	4g 5g 6g	balanza

FUENTE: elaboración propia

Tabla 21: Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Técnicas e instrumentación
El rendimiento de extracción la cantidad de aislado proteico obtenido sobre la cantidad de harina de quinua empleada	Rendimiento de extracción	porcentaje	Balanza
El porcentaje de proteína analizada antes del tratamiento básico-acido	Proteína en la quinua sin tratamiento(%)	porcentaje	Método kjeldahl
Es el porcentaje de proteína analizada por el método básico-acido	Proteína en el aislado	Porcentaje	Método kjeldahl

FUENTE: elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de caracterización físico – química de la harina de quinua

4.1.1. Caracterización física

4.1.1.1. Análisis granulométrico

En las tablas N° 21 y 22 muestran los datos obtenidos del análisis del tamaño de partículas tanto en la variedad pasankalla y blanca de juli respectivamente; de igual forma en las figuras N°8 y 9 se representan los resultados de los análisis diferenciales y acumulativo

Tabla 22: Granulometría de la harina de quinua Pasankalla

MALLA	MASA MUESTRA (g)	DPI (mm)	Xi (%)	SUMATORIA Xi	1-XI
10	0	1.190	0	0	100
40	593	0.425	59.47	59.47	40.53
60	195.4059	0.25	19.60	79.07	20.93
80	88.4128	0.18	8.87	28.46	12.07
200	64.7364	0.075	6.49	15.36	5.57
Base de finos	55.5697	0	5.57	12.07	0
TOTAL	997.1248	----	-----	-----	-----

FUENTE: Elaboración propia

En el análisis acumulativo (figura 6) permite observar que el 20% de la muestra pasa por un tamiz con abertura de malla 0.25mm, de igual forma, el 60% de la muestra de harina de quinua pasa por un tamiz con una abertura de 0.425mm, lo que indica que esta variedad de quinua tiene más fibra que la variedad blanca de juli.

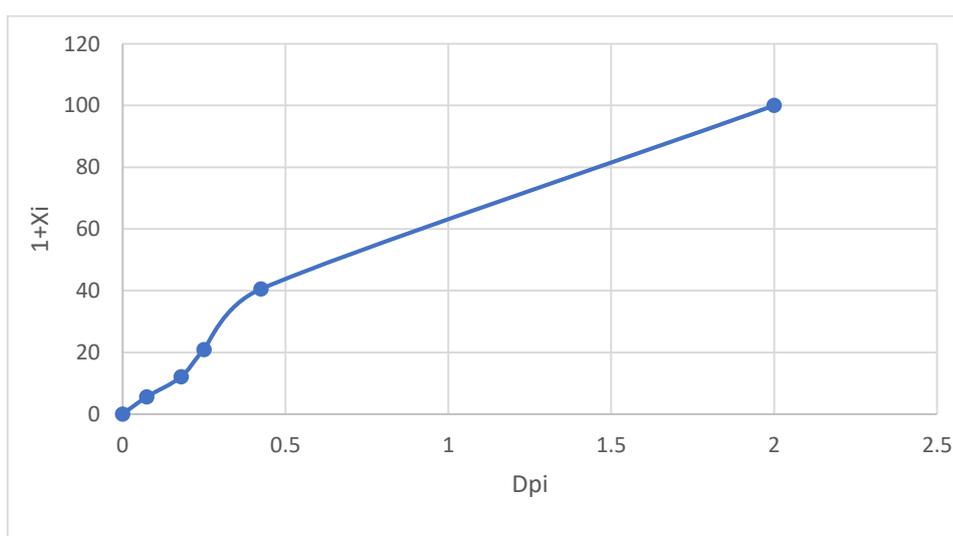


Figura 6: Análisis acumulativo de la distribución de tamaños de partícula de la harina de grano de quinua pasankalla

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 23: Granulometría de la harina de quinua Blanca Juli

MALLA	MASA MUESTRA (g)	D _{Pi} (mm)	X _i (%)	SUMATORIA X _i	1-X _i
10	0	1.190	0	0	100
40	193.9731	0.425	19.59	19.59	80.41
60	450	0.25	45.45	65.04	34.96
80	166.1633	0.18	16.78	62.23	18.18
200	126.5319	0.075	12.78	29.56	5.40
Base de finos	53.4809	0	5.40	18.180	0
TOTAL	990.1492	-----	-----	-----	-----

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 7 se tiene los resultados del análisis acumulativo en la variedad blanca de juli donde se obtuvo que el 20% de la harina de quinua pasa por el tamiz de abertura 0.18 mm, también para el 60 % de muestra de harina de quinua pasa por el 0.28mm los tamaños de las partículas no varían mucho y la harina de quinua es más fina que la variedad Pasankalla.

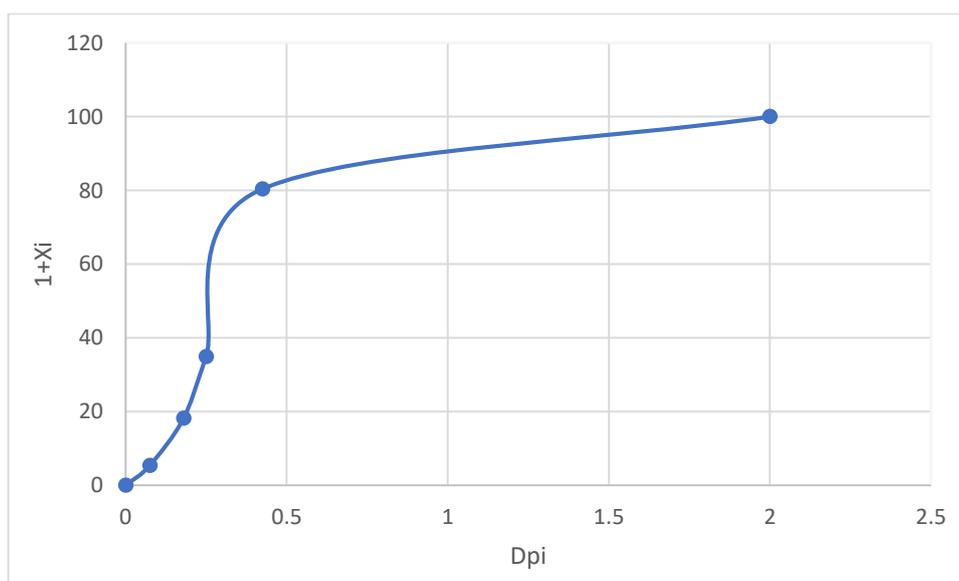


Figura 7: Análisis acumulativo de la distribución de tamaños de partícula de la harina de grano de quinua Blanca de Juli

FUENTE: Elaboración propia

4.1.1.2. Densidad

Tabla 24: Densidad de la harina de quinua variedad blanca de juli y pasankalla

Muestra	pasankalla	blanca de juli
Densidad(g/mL)	0.41951	0.47164

FUENTE: Elaboración propia

4.1.2. Caracterización química

Los resultados del análisis proximal de la muestra de los granos de quinua (Tabla 25) nos muestran que los porcentajes de proteína para las variedades consideradas, contienen un porcentaje alto de carbohidratos y entran dentro de los rangos de composición obtenidos en los antecedentes. Los porcentajes de cenizas y materia grasa también están dentro del rango de los datos bibliográficos. La variación dentro de los rangos dados por bibliografía citada puede deberse al lugar de procedencia de la materia prima (altura, características fenológicas de la variedad, condiciones de humedad relativa del ambiente, contenido de sales y pH de los suelos, etc., factores que no entran dentro de los objetivos del presente estudio.

Así mismo se realizó el análisis de proteína, por el método kjeldahl, según los tamices, para la selección de harina de quinua con la cual se iba a trabajar durante la extracción de aislado proteico los resultados se muestran en la tabla N°25

Tabla 25: Composición proximal del germen de quinua de la variedad pasankalla y blanca de Juli

Contenido %	Variedad blanca de juli	Variedad pasankalla
humedad	11.66	11.05125
proteína	26.21517255	22.65976671
grasa	5.138	7.525666667
ceniza	4.83072304	4.82722138
carbohidratos	47.8438956	46.06390476

FUENTE: Elaboración propia

Se observa que no varía significativamente los resultados de las dos variedades, excepto en el porcentaje de grasa en la cual varía significativamente Según bibliografía se concluye que el porcentaje de proteína de grasa es mayor en la variedad pasankalla la cual concuerda con los resultados obtenidos ya que Apaza et al., (2013) indica que en porcentaje de grasa para la variedad blanca de juli es 5.94% y para la variedad pasankalla

es 6.29%. Se observa en la Tabla 25 que el resultado para el porcentaje de grasa fue de 5.138% y 7.53% para las variedades blanca de juli y pasankalla respectivamente los cuales fueron comparados con el trabajo de Barrial Lujan, (2014) donde determino que el porcentaje de grasa fue de 6.20% para blanca de junin y 6.32% para rosada junin los cuales difieren con los obtenidos en este trabajo, esto se debe a que las variedades de quinua son diferentes y por los diferentes solventes utilizados en la determinación de contenido graso. Así también se comparó con los resultados de Tapia et al., (2016). donde obtuvo 6.73% de contenido graso para la variedad ecuatoriana INIAP tukuman la cual es menor al de la variedad pasankalla y mayor a la variedad blanca de juli lo cual se debe a que utilizo otro solvente cuando realizo la determinación de contenido proteico y también a la diferencia de variedades.

Los resultados de humedad obtenidos en la Tabla 25 se puede observar que para la variedad blanca de juli fue de 11.66% y para la variedad pasankalla fue de 11.05%, comparado con los resultados de humedad obtenidos por Barrial Lujan, (2014), fueron de 11.26% para la blanca de junin y 12.72% para rosada de junin ;se puede observar que las variedades blanca de juli y pasankalla tienen menores humedades que las mostradas por Barrial Lujan, esto se puede ver a que las condiciones climáticas y toma de muestras en la determinación de la humedad. también se comparó los resultados con el trabajo de Tapia et al., (2016) donde hallo la humedad de 11.09% para la variedad INIAP tunkahuan la cual no muestra una diferencia significativa con las humedades determinadas para la variedad blanca de juli y pasanakalla

Tabla 26: Porcentaje de proteína de la harina de quinua por tamices de la variedad pasankalla y blanca de juli

MALLA	% de PROTEINA variedad pasankalla	% de PROTEINA variedad blanca de juli
10	0	0
40	18.51463837	22.94360672
60	22.65976671	26.21517255
80	18.04314814	14.79568088
200	18.6095107	15.28710588
>200	19.45676598	19.81039151

FUENTE: Elaboración propia

Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 26 se obtuvieron realizando el análisis de proteína por el método kjeldahl, con un factor de conversión de 5.77 el cual es para cereales, por tamices. El porcentaje de proteína más altos se obtuvo en la malla 60 con 22.66 y 26.22% de harina de quinua de la variedad pasakalla y blanca de juli respectivamente, por lo cual se escogió la harina de quinua de la malla 60 para realizar el desengrasado y aislado proteico.

Mientras los valores con otros estudios realizados para medir el contenido proteico de la quinua se tienen: 15.81% de la variedad blanca junin y 16.62% de la variedad rosada junin (Barrial, 2014); 13% (Ueda et al., 1992); 13,81 % (Tapia et al., 1979); 13,5 % (Ogungbenle, 2003); 13,7% (Chauhan, 1992); 13,4-18,5% (Pino, 1998); 11-13 % (en quinua Chilena), 12-14 % (en quinua peruana) (Pino, 1998);14.5% (Tapia et al., 2016), entonces se observa que la cantidad de proteína encontrada para la harina de quinua se asemeja a las mallas 40,80,200 y mayores de 200 en las dos variedades de quinua.

4.2. Resultados del aislado proteico a diferentes rangos de pH de (*Chenopodium quinoa willd*) de las variedades blanca de juli y pasankalla

A continuación, se muestran los resultados de la extracción de la proteína de quinua por cada variedad en estudio.

4.2.1. Resultados del rendimiento de la proteína extraída de (*Chenopodium quinoa willd*) de variedad blanca de juli

Estos resultados fueron obtenidos del aislado de proteína de harina de quinua desengrasada en suspensión harina-agua 1:10 (p/v), luego de acondicionado a medio alcalino pH 8,9,10 para la solubilización de proteína y se ajusta en medio ácido pH 3,4,5 para precipitación proteica, se obtienen los resultados de la extracción de aislado proteico en la tabla 27 con la eliminación de la materia insoluble en condición de medio alcalino.

Tabla 27: Resultados del aislado proteico extraída de quinua variedad blanca de Juli

Tratamientos	Masa (g)	pH básico	pH ácido	masa aislada (g)	Rendimiento (%)
T1	4.0136	8	3	3.2569	81.15
T2	5.0147		4	3.8753	77.28
T3	6.0157		5	4.7542	79.03
T4	4.0156	9	3	3.3555	83.56
T5	5.0048		4	3.9913	79.75
T6	6.0075		5	5.3994	89.88
T7	4.0077	10	3	3.2366	80.76
T8	5.0145		4	3.7832	75.45
T9	6.0147		5	4.8357	80.40

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 27 se muestra los resultados del rendimiento de la extracción proteica y el mayor rendimiento fue de 89.87 % de T6 acondicionado a pH 9 de solubilización y pH 5 de precipitado y también se observa que la muestra con menor rendimiento es de 77.28% en el T8.

A partir de harina de quinua desgrasada, se obtuvo un aislado proteico solubilizando las proteínas a pH 9, lo cual se obtuvo un aislado proteico con un contenido de proteínas del 77,2 % (Rivera, 2006).

En el trabajo de Barrial (2014) para el aislado de quinua obtuvo el mejor rendimiento de 37.80% en el pH 8.5 de solubilización y pH4.5 de precipitación para la variedad blanca de juli y para la variedad rosada de juli .

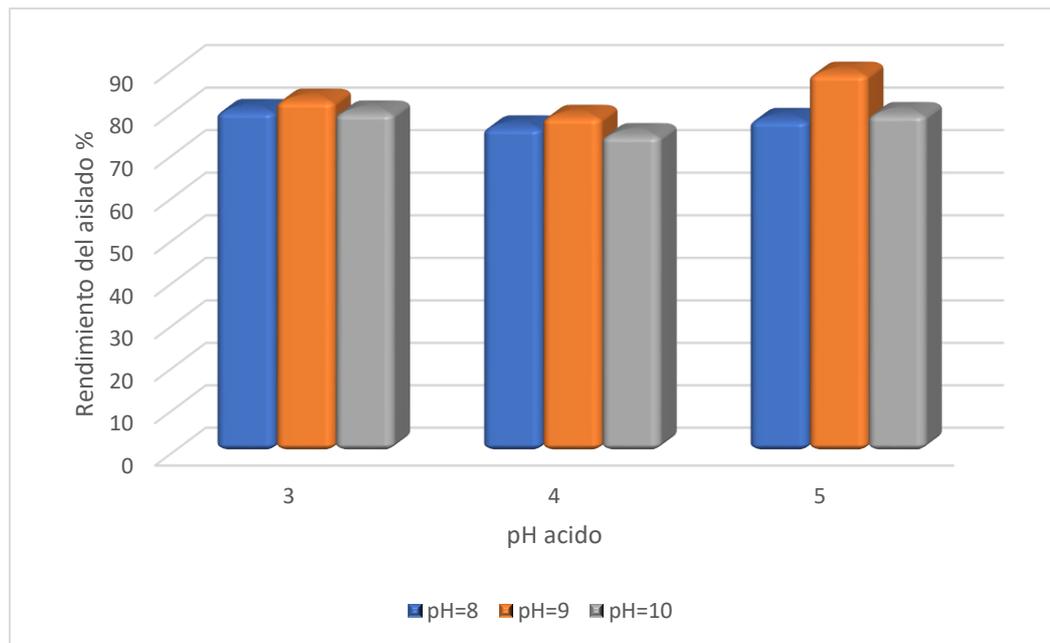


Figura 8: Aislado proteico de quinua variedad blanca de juli
Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se observa el comportamiento del aislado proteico de quinua en la variedad blanca de juli, en el pH de solubilización 8 el rendimiento de extracción más alto fue en el pH 3, el pH 9 el rendimiento más alto de extracción se obtuvo en el pH 5 que es al punto más alto de toda la extracción en la variedad blanca de juli por último para el pH 10 de solubilización el rendimiento más alto fue en el pH 5

4.2.2. Evaluación del porcentaje de proteína del aislado proteico de la variedad blanca de juli

La cuantificación de proteína en las muestras del extracto fue por el método Kjeldahl en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Nacional del Altiplano.

Tabla 28: Cuantificación de proteína en el aislado en la variedad blanca de Juli

Tratamientos	Masa (g)	pH básico	pH ácido	masa aislada (g)	Proteína (%)
T1	4.0136	8	3	3.2569	49.7669424
T2	5.0147		4	3.8753	50.535968
T3	6.0157		5	4.7542	52.733184
T4	4.0156	9	3	3.3555	69.212304
T5	5.0048		4	3.9913	73.606736
T6	6.0075		5	5.3994	78.001168
T7	4.0077	10	3	3.2366	52.9529056
T8	5.0145		4	3.7832	51.634576
T9	6.0147		5	4.8357	47.4598656

FUENTE: Elaboración propia

Se observa en la tabla 28 muestra la cantidad del contenido proteico presente en la extracción del aislado proteico de quinua variedad blanca de Juli cuyo valor fue de 78% de proteína en el tratamiento T6

Barrial (2014) obtuvo el mayor porcentaje de proteína para la variedad de quinua blanca de juli fue en el pH de solubilización 9 y pH de precipitación 4 con un resultado de 65.3%

4.2.3. Resultados del rendimiento de la proteína extraída de (*Chenopodium quinoa Willd*) de variedad pasankalla

Tabla 29: Resultados del aislado proteico extraída de quinua variedad blanca de pasankalla

Tratamientos	Masa (g)	pH básico	pH acido	masa aislada (g)	Rendimiento %
T1	4.0033	8	3	3.4675	86.6160418
T2	5.0069		4	3.1507	62.9271605
T3	6.0198		5	4.7489	78.8880029
T4	4.0032	9	3	3.1898	79.681255
T5	5.0068		4	3.7586	75.0699049
T6	6.0199		5	4.8003	79.7405273
T7	4.0054	10	3	3.3191	82.8656314
T8	5.0125		4	3.7018	73.8513716
T9	6.0026		5	4.7257	78.7275514

FUENTE: Elaboración propia

En condiciones a pH alcalino (9,0) y precipitación a pH 4,5. Se logró obtener 55,35 % de las proteínas iniciales en el aislado proteico obtenido por secado en estufa al vacío y el 56,43 % en el secado por atomizado. (Ventura, 2003).

En el trabajo de Barrial (2014) se aprecia que el mayor rendimiento de extracción es de 44.44% en el pH de solubilización 8 y pH de precipitación 5.5.

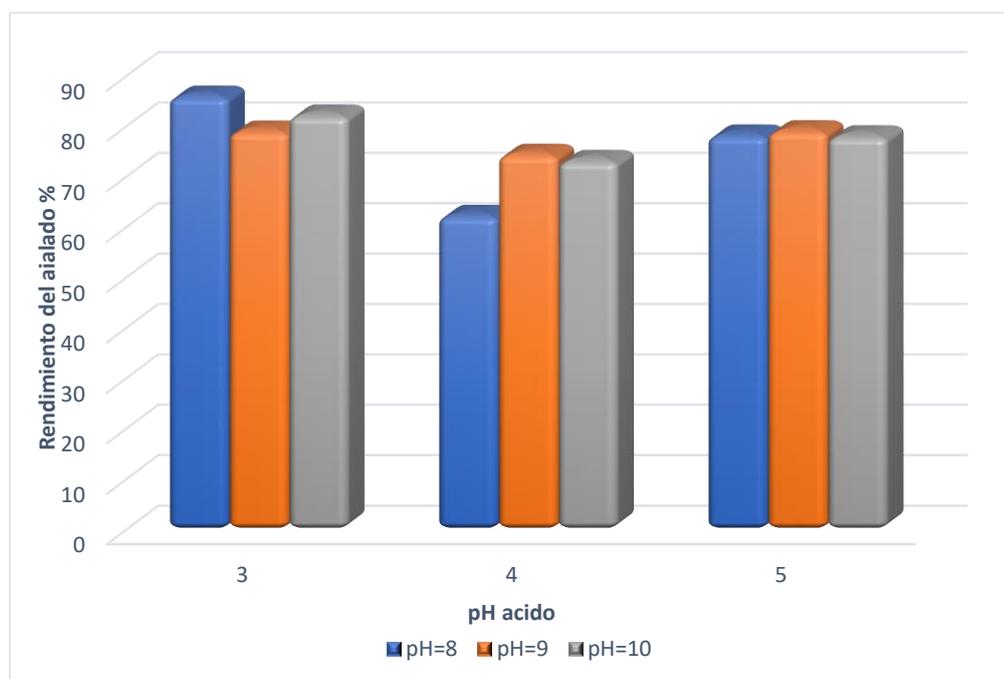


Figura 9: Aislado proteico de quinua variedad pasankalla
FUENTE: elaboración propia

La figura 9 se observa los pH de solubilización (alcalino) y pH de precipitación (ácida) y los rendimientos de extracción. El rendimiento más alto fue en el pH 8 de solubilización y pH 3 de precipitación, así también para el pH 9 el rendimiento más alto fue pH de precipitación 5 por último en el pH de solubilización 10 el rendimiento más alto fue en el pH 3.

4.2.4. Evaluación del porcentaje de proteína del aislado proteico de la variedad pasankalla

Tabla 30: Cuantificación de proteína en el aislado en la variedad pasankalla

TRATAMIENTO	Masa (g)	pH básico	pH acido	Masa aislada (g)	PROTEINA (%)
T1	4.0033	8	3	3.4675	66.5756448
T2	5.0069		4	3.1507	68.2235568
T3	6.0198		5	4.7489	71.6292416
T4	4.0032	9	3	3.1898	57.4571984
T5	5.0068		4	3.7586	60.7530224
T6	6.0199		5	4.8003	67.3446704
T7	4.0054	10	3	3.3191	59.4346928
T8	5.0125		4	3.7018	58.2050969
T9	6.0026		5	4.7257	55.5407378

FUENTE: Elaboración propia

A partir de harina de quinua desgrasada en la VI región chile la muestra para el estudio tiene $12,7 \pm 0,4$ % de proteína, cuyo resultado es 77,2 % (Rivera, 2006), el contenido de proteínas también fue inferior que el obtenido en aislados de amaranto (otro pseudocereal), en cuyo caso se han reportado contenidos proteicos del 90 % (Martínez y Añón, 1996) y 84,4 %, en condiciones de extracción muy similares a las de quinua (Abugoch, 2006).

Mientras tanto en la extracción del aislado en la quinua variedad pasankalla se obtuvo un porcentaje de proteína (método kjeldahl) 71.63% siendo el más alto con un rendimiento de extracción de 78.89%, y el porcentaje más bajo fue de 55.54% con un rendimiento de extracción de 78.72% se asemeja al porcentaje más alto; esto nos indica que el porcentaje de proteína varía de acuerdo al tratamiento dado el cual para este caso sería el T3.

4.3. Propiedades tecno funcionales de la proteína aislada

4.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Los resultados de CRA se muestran en las figuras 10 y 11 de las variedades blanca de juli y pasankalla respectivamente.

Tabla 31: Resultados de la capacidad de retención de agua del aislado proteico a diferentes pHs variedad blanca de juli

pH	CRA (mL/g)
3	3.2
4	3.1
5	2.8
7	3.25
9	3.4

FUENTE: Elaboración propia

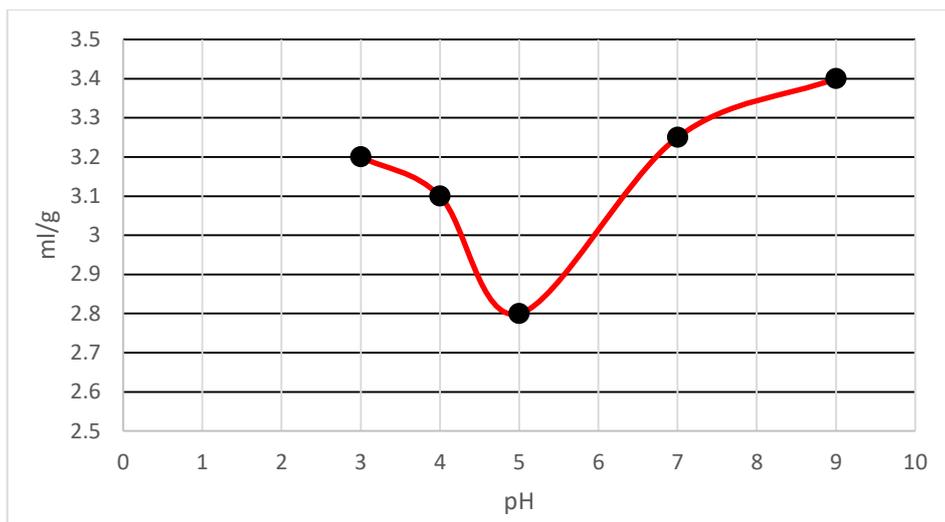


Figura 10: Capacidad de retención de agua en el aislado proteico de quinua variedad blanca de juli

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 31 y en la figura 10 se observa el comportamiento del aislado proteico de quinua de la variedad blanca de juli sometido a diferentes soluciones buffer, el punto donde se obtiene la mejor capacidad de retención de agua fue en 3.4 mL/g en el pH 9, y el punto más bajo es en el punto 2.8mL/g el pH 5

Estos resultados de CRA para el aislado proteico de quinua son inferiores a los correspondientes al aislado de quinua A11 (Silva, 2006), los que tampoco presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos pHs, con valores entre 3,1 y 4,0 mL de agua/g de aislado.

Tabla 32: Resultados de la capacidad de retención de agua del aislado proteico a diferentes pHs variedad pasankalla

pH	CRA (mL/g)
3	3.1
4	3
5	2.7
7	3.15
9	3.3

FUENTE: Elaboración propia

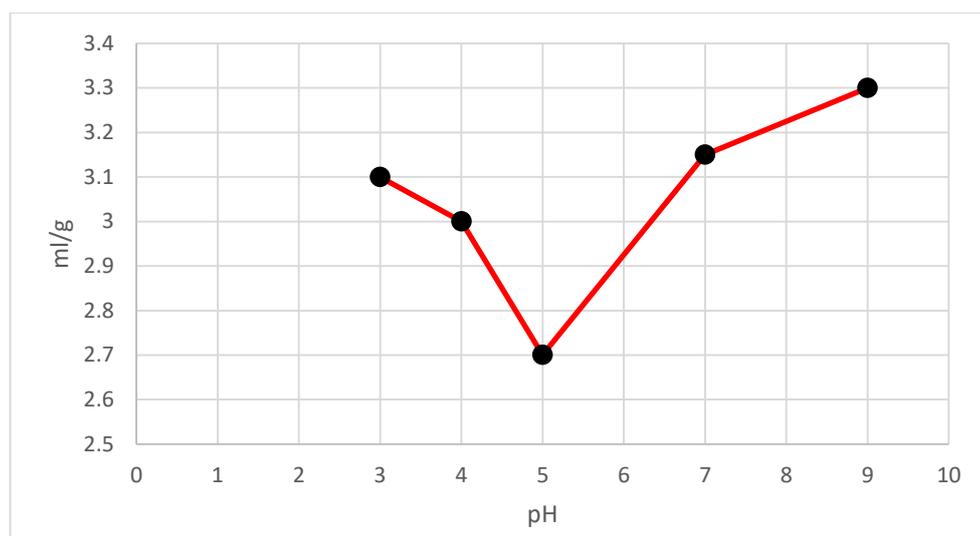


Figura 11: Capacidad de retención de agua del aislado proteico de quinua variedad pasankalla

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 32 y en la figura 11 se observa el comportamiento del aislado proteico de quinua de la variedad pasankalla cuando es sometido a diferentes soluciones buffer, esta indica que el punto más alto se obtiene en 3.3. mL/g en el pH 9, y el punto donde el aislado no tiene una buena capacidad de retención de agua es en el pH 5 teniendo un resultado de 2.7mL/g

Los resultados de la capacidad de retención de agua para el aislado obtenido por Rivera, (2006), en agua (control) y en buffers de distintos pH, de modo que los valores encontrados van de un mínimo de 2,5 ml/g aislado proteico a pH 5, hasta un valor máximo de 3,0 ml agua/g aislado a pH 3.

Mientras los resultados de CRA, para el aislado proteico de quinua, menciona que no existen diferencia significativa ($p > 0,05$) entre cada pH, obteniéndose un máximo a pH 4 y un mínimo a pH 7, que oscila entre 3,1 – 4,0 ml de agua por g de aislado proteico, también que el valor obtenido a pH 7 se asemeja al obtenido en agua los valores de retención de agua para el mayor aislado proteico de quinua en la región fueron un poco mayores ($4,0 \pm 1,3$ a ml de agua/g aislado proteico) que los obtenidos para un aislado proteico de quinua obtenido a pH 9 con un máximo de $3,0 \pm 0,6$ a ml de agua/g aislado proteico (Rivera, 2006), esto se podría deber en un principio, al mayor grado de desnaturalización que presentaron las proteínas del aislado proteico a pH 11, pero el valor obtenido a pH 9 para este aislado es muy cercano al máximo, esto sugiere que para que un aislado proteico presente una alta CRA, no basta solamente con encontrarse

desnaturalizado, sino que también es función de cómo se encuentran las moléculas proteicas en los agregados luego del tratamiento.

4.3.2. Capacidad de retención de aceite (CE)

Tabla 33: Capacidad emulsificante del aislado proteico de la variedad blanca de juli a diferentes concentraciones

Concentración 0.6%		Concentración 0.4%	
pH	CE	pH	CE
4	110	4	80
6	240	6	150
8	330	8	205

FUENTE: Elaboración propia

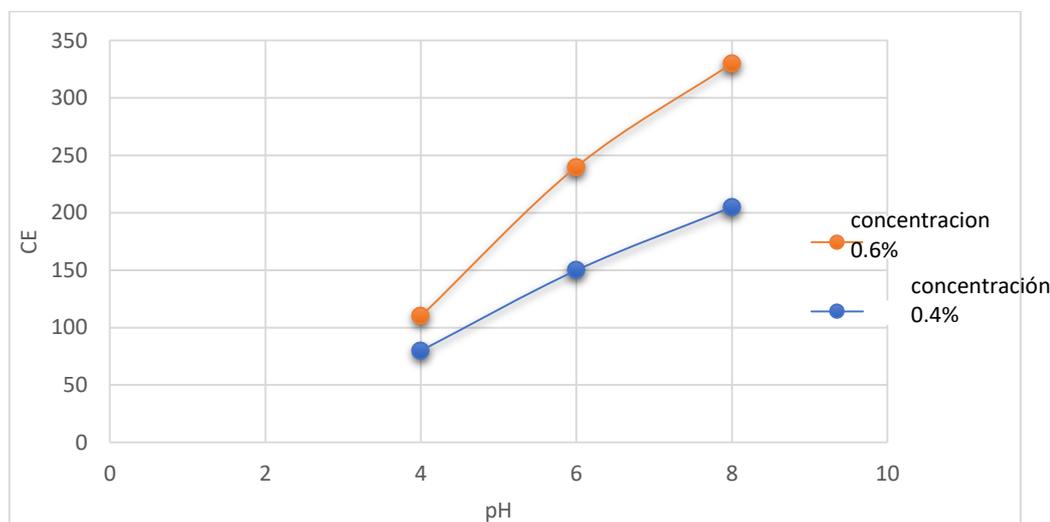


Figura 12: Capacidad de retención de aceite del aislado proteico de quinua variedad blanca de juli

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 12 se observa el comportamiento de la capacidad de retención de aceite en dos concentraciones diferentes de solución de NaCl al 1M, en la concentración de 0.6% se observa que el punto más alto está en 330 mL en el pH 8, disminuye conforme disminuye el pH, el punto más bajo es en el punto 110 mL en el pH 4. Para la concentración de 0.4% la capacidad de retención de aceite disminuye junto con el pH, donde el punto más alto se encuentra en el punto 205 mL pH 8 y el punto más bajo es 80mL en el pH 8.

Estos resultados fueron comparados con el trabajo de la CE del Lupino pH de 6 a 8 y concentraciones de 0,4 a 0,8% muestran que al ir incrementando el pH y la concentración y la capacidad emulsificante se incrementa. Sin embargo, los resultados de las 2

variedades de quinua en estudio a concentraciones de 0,4 y 0,6%. En menor esto se explicaría a mayor concentración de proteína menor es capacidad de emulsión. Esto se debe que a mayor concentración del medio se dificulta la expansión de las áreas hidrofóbicas las que interaccionan con la fase lipídica ya que se tendría un medio saturado, por lo tanto, la C.E del aislado proteico es afectada de manera directa por la concentración y el pH siendo nuestro máximo valor 330ml de aceite a un pH de 8 y una concentración de 0,4 %.

Tabla 34: Capacidad emulsificante del aislado proteico pasankalla a diferentes concentraciones

Concentración 0.6%		Concentración 0.4%	
pH	CE	pH	CE
4	130	4	115
6	270	6	170
8	360	8	275

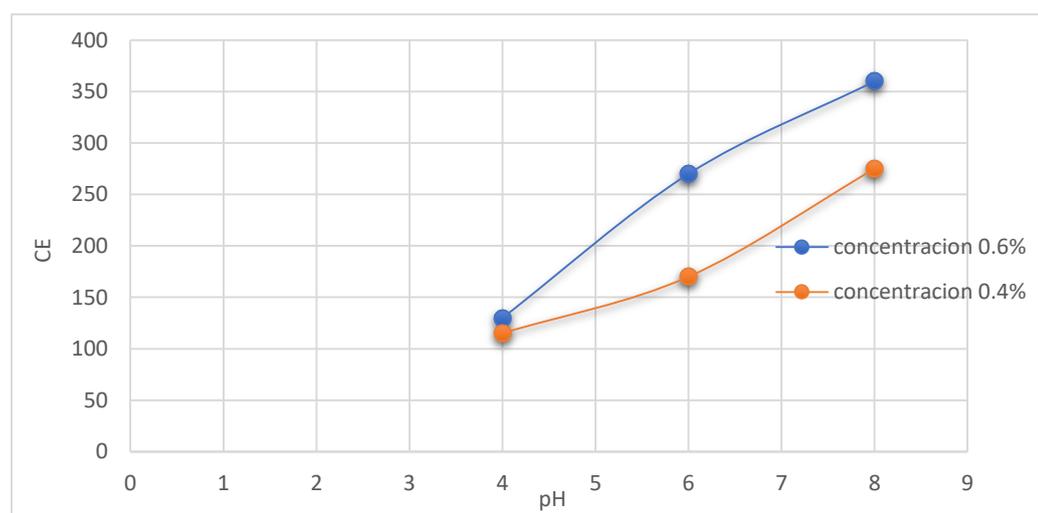


Figura 13: Capacidad de retención de aceite en el aislado proteico de quinua variedad pasankalla

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 13 se obtuvieron los resultados de la capacidad de retención de aceite en dos concentraciones diferentes del aislado proteico. Para una concentración de 0.6% de aislado proteico de quinua variedad blanca de pasankalla el punto óptimo es en el pH 8 con una capacidad de retención de aceite de 330 y va disminuyendo conforme disminuye el pH. Para la concentración de 0.4% la capacidad de retención de agua disminuye significativamente hasta 115 en el pH 4.

4.3.3. Capacidad de formación de espuma (CFE)

Tabla 35: Resultados de capacidad de formación de espuma del aislado proteico de la variedad blanca de juli

pH=4		pH=6		pH=8	
CFE	concentración	CFE	concentración	CFE	concentración
1.1	0.4	18	0.4	29.4	0.4
3.2	0.6	27	0.6	45	0.6
4.3	0.8	44.4	0.8	55	0.8

FUENTE: Elaboración propia

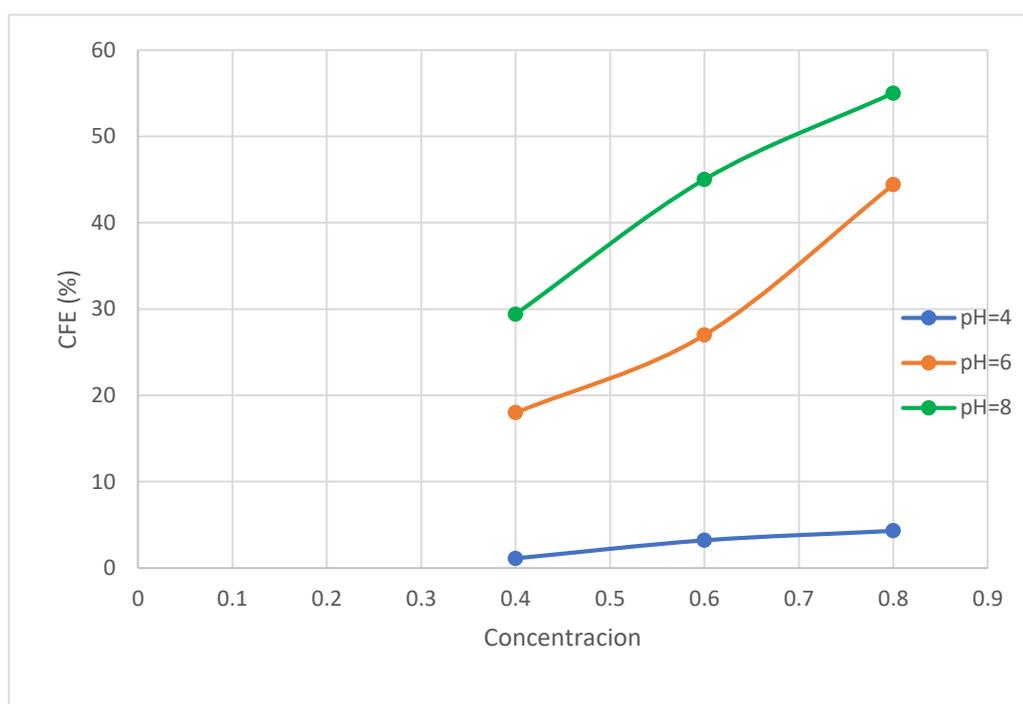


Figura 14: Capacidad de formación de espuma del aislado proteico de quinua variedad blanca de juli

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 14 se observa el comportamiento del aislado proteico de quinua de la variedad blanca de juli sometidos a diferentes concentraciones y pHs, en el pH 4 tuvo poca formación de espuma, pero está acrecentó con el aumento de la concentración del aislado. En el pH 8 se obtuvo un óptimo punto de formación de espuma los cual indica que en este pH es donde el aislado proteico se comporta mejor en esta propiedad funcional.

Tabla 36: Resultados de capacidad de formación de espuma del aislado proteico de la variedad pasankalla

pH=4		pH=6		pH=8	
CFE	Concentración	CFE	Concentración	CFE	Concentración
0.7	0.4	12	0.4	24.4	0.4
2.7	0.6	22	0.6	40	0.6
3.8	0.8	36.5	0.8	50	0.8

FUENTE: Elaboración propia

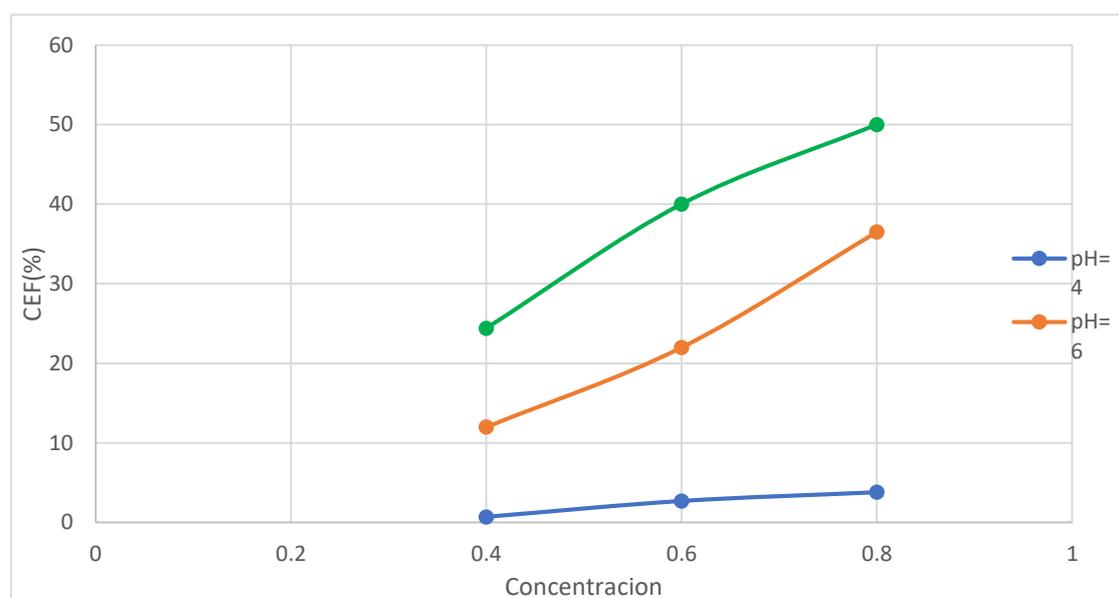


Figura 15: Capacidad de formación de espuma del aislado proteico de quinua variedad pasankalla

Fuente: Elaboración propia

Kinsella (1976), indica que influyen en las propiedades de espuma la presencia de lípidos y carbohidratos en la composición química de los aislados así también como el tiempo de batido, ya que hay proteínas que requieren un mayor tiempo que el de la clara de huevo para lograr una espuma estable, debido a una gran resistencia a la desnaturalización superficial; el volumen inicial de espuma no está relacionada con su estabilidad.

4.4. Análisis espectroscopia infrarrojo

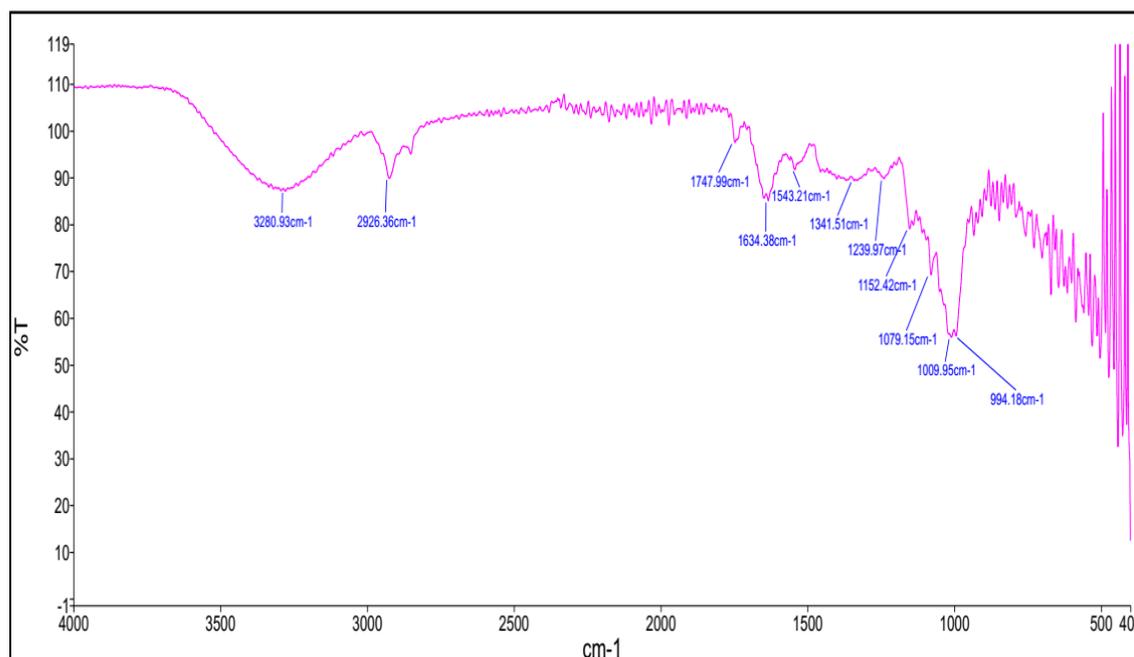


Figura 16: Espectrofotómetro de la muestra de quinua variedad pasankalla (sin tratamiento)

En la figura 16 se observa los espectros del análisis infrarrojo obtenidos de LABICER, el primer pico es de 3280.93 cm^{-1} en donde indica la presencia del enlace nitrógeno hidrogeno que es un grupo funcional de las proteínas

El pico en la posición 2926.39 cm^{-1} corresponde al estiramiento del enlace C-H correspondiente al aldehído.

El pico ubicado en 1747.99 cm^{-1} presencia de estiramiento alifático C=O

El pico 1239.37 cm^{-1} evidencia la presencia de ácidos carboxílicos

Los picos del rango $1009.95\text{-}1152.42 \text{ cm}^{-1}$ indica un estiramiento alifático de C-O grupo alcano

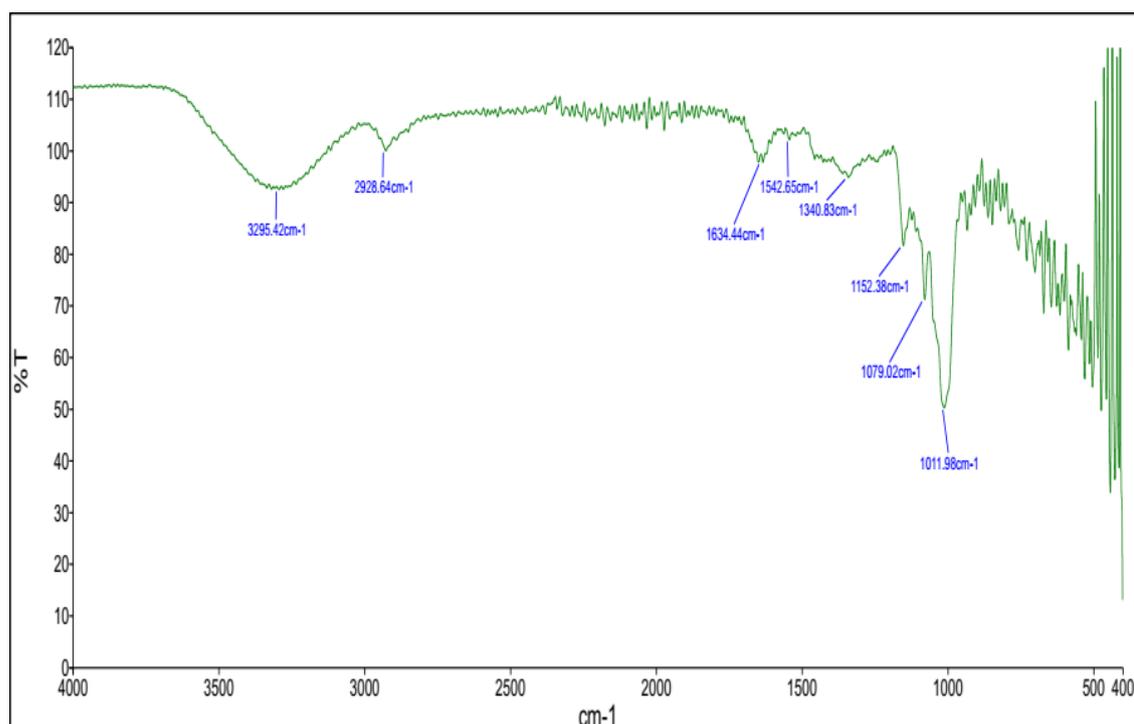


Figura 17: Espectrofotometro de la muestra de quinua variedad Pasankalla (tratamiento 3)

En la figura 17 se observa la presencia de N-H en el pico de 3295.42cm^{-1} , en el pico 2928.64cm^{-1} se presenta un estiramiento típico de C-H, en el pico 1634.44cm^{-1} el cual indica la presencia de enlace C=C, en los picos $1152-1079.02\text{cm}^{-1}$ indican la presencia de C=O y en el pico 1011.98cm^{-1} indica la presencia de grupo carboxilo.

Esta estructura se puede comparar con la presencia de aminoácidos los cuales tienen como estructura general un grupo amino y un grupo carboxilo unidos al mismo átomo de carbono los aminoácidos solo difieren en su grupo de cadena lateral.

Lo cual indica la presencia de aminoácidos

En comparación con la figura 17 el pico 1747.99cm^{-1} indica la desaparición del enlace C=O alifático, indica que este grupo desapareció con el tratamiento básico ácido

4.5. Análisis de varianza (ANOVA) para el aislado proteico de quinua variedad blanca de juli

El análisis de varianza del porcentaje de rendimiento del aislado proteico de quinua como el coeficiente de correlación del modelo se muestran en la tabla 29. Todos los efectos e interacciones que presentaron una probabilidad menor que 0.05 fueron significativas, es decir, pH básico y pH ácido.

Tabla 37: Análisis de Varianza para el aislado proteico variedad blanca de juli

Fuente		<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Masa		0.0701079	1	0.0701079	0.01	0.9161
B:pHbasico		1.75978	1	1.75978	0.31	0.6027
C:pHacido		9.95211	1	9.95211	1.74	0.2440
AA		11.2628	1	11.2628	1.97	0.2192
AB		0.284091	1	0.284091	0.05	0.8323
AC		0.378424	1	0.378424	0.07	0.8071
BB		76.0466	1	76.0466	13.32	0.0148
BC		0.770196	1	0.770196	0.13	0.7285
CC		117.116	1	117.116	20.51	0.0062
Error total		28.5537	5	5.71074		
Total (corr.)		261.078	14			

Fuente: Elaboración propia

R-cuadrada = 89.0632 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 69.3768 por ciento

Error estándar del est. = 2.38971

Error absoluto medio = 1.18371

Estadístico Durbin-Watson = 2.22828 (P=0.8121)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.127433

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 89.0632% de la variabilidad en Rendimiento. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 69.3768%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 2.38971. El error medio absoluto (MAE) de 1.18371 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

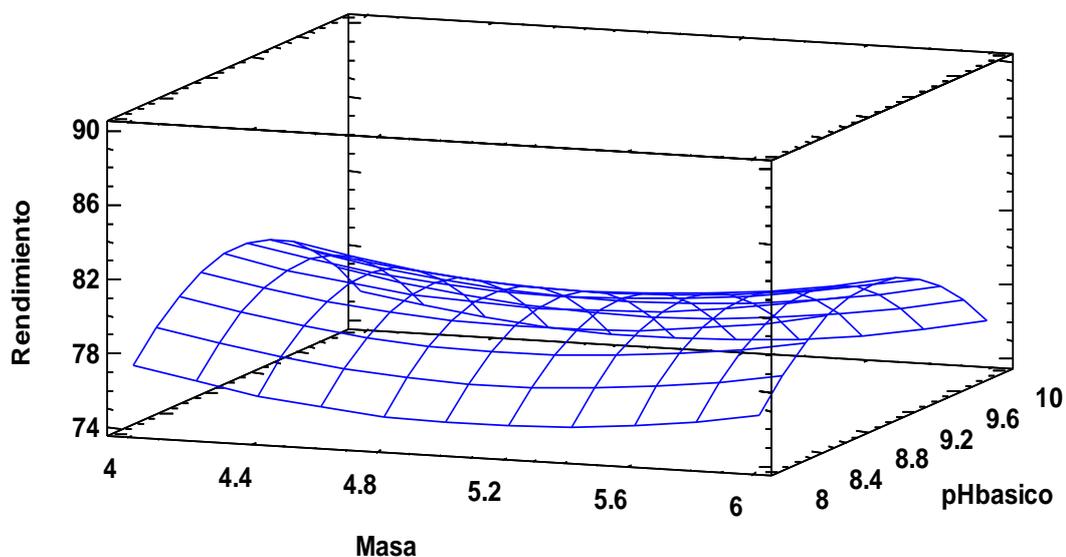


Figura 18: Superficie de respuesta estimada para el rendimiento de extracción blanca de juli

De la figura 19 se observa la superficie de respuesta donde el pH óptimo viene a ser el pH 9 para una masa de 4g de quinua blanca de juli, lo que nos indica que el rendimiento es al 88.14% de acuerdo a los pasos utilizados en el proceso de extracción del aislado proteico

Cuyo modelo matemático es:

$$\text{Rendimiento} = -4.53828pH \text{ basico}^2 + 5.63195pH \text{ acido}^2$$

4.6. Análisis de varianza (ANOVA) para el aislado proteico de quinua variedad pasankalla

Tabla 38: Análisis de Varianza para el aislado proteico variedad pasanakalla

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A:masa	0.581782	1	0.581782	0.03	0.8751
B:pH básico	43.7634	1	43.7634	2.06	0.2108
C:pH acido	17.3972	1	17.3972	0.82	0.4071
AA	88.2737	1	88.2737	4.15	0.0971
AB	0.149613	1	0.149613	0.01	0.9364
AC	0.000619344	1	0.000619344	0.00	0.9959
BB	22.7122	1	22.7122	1.07	0.3487
BC	3.22195	1	3.22195	0.15	0.7131
CC	278.759	1	278.759	13.11	0.0152
Error total	106.28	5	21.256		
Total (corr.)	593.154	14			

FUENTE: Elaboración propia

R-cuadrada = 82.0822 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 49.8302 porciento

Error estándar del est. = 4.61043

Error absoluto medio = 2.23278

Estadístico Durbin-Watson = 2.16463 (P=0.6581)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.200517

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de rendimiento en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 82.0822% de la variabilidad en rendimiento. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 49.8302%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 4.61043. El error medio absoluto (MAE) de 2.23278 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo.

Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

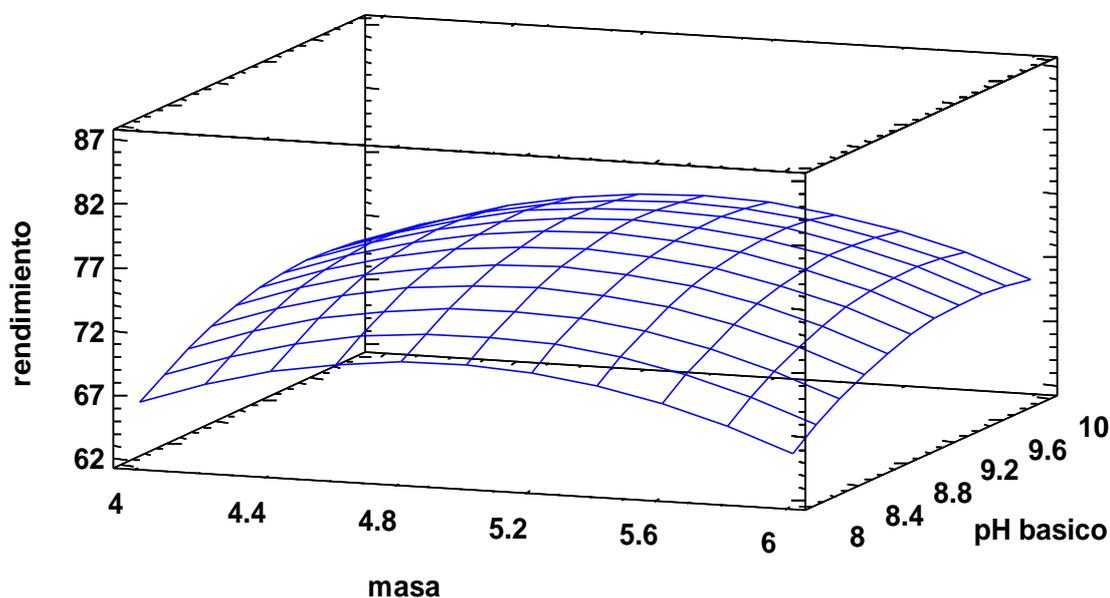


Figura 19: Superficie de respuesta estimada para el rendimiento de extracción pasankalla

FUENTE: elaboración propia

La figura 19 muestra la gráfica de superficie para el porcentaje de rendimiento del aislado proteico con una función de peso suspendido en agua destilada y el pH básico.

Puede notarse que la variable masa (4-6) gramos, a pesar de tener un efecto positivo, presenta una influencia relativamente menor que la observada por la variable pH básico. Igualmente se confirmó que la dosificación ejerció el efecto más apreciable.

El rendimiento del aislado proteico usando masa y pH básico se ajusta a la ecuación arrojada por el diseño estadístico. Utilizando este modelo se puede alcanzar un rendimiento máximo de 86% bajo las condiciones analizadas con una masa de 5 g . un rango de pH 9.3 y un pH ácido de 3

$$\text{Rendimiento} = 8.68891 * \text{pH ácido}^2$$

V. CONCLUSIONES

- La extracción del aislado proteico influyo en el pH acido de la siguiente manera, para la variedad blanca de juli el pH con mayor rendimiento de extracción y porcentaje de proteína es pH 9 de solubilizacion y pH 5 de precipitación, para la variedad blanca de juli. Para la variedad pasankalla el pH de solubilización donde se obtuvo un mayor rendimiento es de 8 y pH de precipitación 3, en este caso el porcentaje de proteína optimo se obtuvo en otros tratamientos los cuales fueron pH 8 de solubilización y pH 5 de precipitación. De esto se concluye que el pH 5 es el más influyente para la extracción del aislado. Se concluyó, también, que de la variedad blanca de juli se extrae un mejor aislado proteico en cuanto a su rendimiento y porcentaje de proteína incluso mejor frente los trabajos realizados como Tapia que utilizo la variedad de quinua tukuman de Ecuador, Barrial que utilizo las variedades blancas de junin y rosada de junin.
- Se determinó las propiedades tecnofuncionales de proteína extraída de *Chenopodium quinoa* Willd para su uso en los alimentos de la variedad blanca Junín y pasankalla, información que pueda resultar en una nueva fuente proteica de alto valor nutricional con posible utilización como un ingrediente funcional en la formulación de alimentos. La capacidad de retención de agua es mayor en condiciones a pH 9,0 para ambas variedades, lo cual actúa como retensor en los productos elaborados, mientras la capacidad de emulsión que se suspendieron las muestras a pH 8,0 y mayor concentración de proteína extraída, las proteínas mostraron una capacidad superior para formar emulsiones. La que se atribuyó al desplegamiento y aumento de la flexibilidad de los polipéptidos, y a la mayor posibilidad de interacción entre moléculas en la interfase. Finalmente basándose en los efectos que produce el tratamiento ácido y alcalino a distintas condiciones de pH, resulta evidente a pH 8 y mayor concentración de proteína extraída es favorable para mejorarlas propiedades funcionales de superficie. El hecho de poder disociar y desplegar esa gran estructura que poseen las proteínas originalmente, y de darle más libertad y flexibilidad a los polipéptidos, hace que aumente la capacidad de los mismos para la formación de espumas.
- En el análisis de grupos funcionales por infrarojo se encontró que hubo la desaparición de grupos funcionales con el tratamiento básico-acido o cual indica que hubo partes insolubles que fueron desechadas como la fibra.

VI. RECOMENDACIONES

- Aislar proteína de quinua con otros métodos de extracción que permita mejorar el rendimiento del contenido de proteínas (ultrafiltración, micelización, hidrólisis enzimática). Realizar estudios del valor económico de producción para la comercialización de proteína extraída de quinua.
- Con los resultados alcanzados de extracto proteico de *Chenopodium quinoa* Willd variedad Blanca de juli y pasankalla se recomienda elaborar producto alimentario (como fideos, jugos, concentrados de caldos) que permita aprovechar sus propiedades funcionales y comprobar sus distintos beneficios y aceptabilidad del consumidor.
- Realizar investigaciones a nivel estructural, para la cualificación de aminoácidos, así mismo hacer estudios de digestibilidad, valor biológico, etc Hacer la cuantificación de aminoácidos por el método HPLC.
- Es recomendable realizar el análisis toxicológico a los aislados proteico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4745–4750. <https://doi.org/10.1021/jf703689u>
- Abugoch James, Lilian Elizabeth.(2006) Relación Estructura-Funcionalidad de Glutelinas y Aislados Proteicos de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Tesis doctoral, Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas
- Aluko, R. E., & Monu, E. (2003). Functional and bioactive properties of quinoa seed protein hydrolysates. *Journal of Food Science*, 68(4), 1254–1258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09635.x>
- AOAC, 2000. Oficial Métodos de Análisis. Asociación de Oficial Químicos Analíticos, Washington, DC, EE.UU. .
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*.
- Avila, C. A. (2011). Determinación de las propiedades físico-químicas y funcionales del aislado e hidrolizado enzimático de la proteína de soya a escala piloto, para aplicación en alimentos, 149.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos. Química de los alimentos*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004ç>
- Bartholomai, G., y A. Pilosof. (2000). Caracterización funcional y estructural de proteínas. EUDEBA. CYTED. Buenos Aires, Argentina.
- Barrial Lujan, A. (2014). Universidad nacional José María Arguedas facultad de ingeniería, 1–53.
- Bean, A. (2005). La guía completa de la nutrición del deportista . Barcelona: Paidotribo
- Bergesse, A. E., Boiocchi, P. N., Calandri, E. L., Cervilla, N. S., Gianna, V., Guzmán, C.

- A., & Mufari, J. R. (2015). Aprovechamiento integral del grano de quinoa. Aspectos Tecnológicos, Fisioquímicos, Nutricionales y Sensoriales., 1–238. Retrieved from [http://agroavances.com/img/publicacion_documentos/Aprovechamiento integral del grano de quinoa.pdf](http://agroavances.com/img/publicacion_documentos/Aprovechamiento_integral_del_grano_de_quinoa.pdf)
- Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D., (2003). Genetic variability and heritability of selected traits during different cuttings of vegetable Chenopodium. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 63, 359–360
- Braverman, J. B., Berk, Z., & Hill, F. A. (1980). Introducción a la bioquímica de los alimentos.
- Brinegar, C., & Goundan, S. (1993). Isolation and Characterization of Chenopodin, the 11S Seed Storage Protein of Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(2), 182–185. <https://doi.org/10.1021/jf00026a006>
- Brinegar, C., Sine, B., & Nwokocha, L. (1996). High-Cysteine 2S Seed Storage Proteins from Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(7), 1621–1623. <https://doi.org/10.1021/jf950830+>
- Byong, H. (2000). “Fundamentos de la biotecnología en alimentos”, 1era Edición, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- Castel, V. C. (2010). Estudio de las propiedades funcionales , tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto
- CIED - Centro de Investigación,(2006), Educación y Desarrollo. Quinoa: *Chenopodium Quinoa Willdenow*
- Comité de exportación de quinoa. (2009). Quinoa, el grano de los Andes. La PazBolivia.
- Chang, R. (2010). Química, 10ma edición McGraw-Hill – Mexico.
- Chang, R. (2007). Química. Novena edición, Editorial. McGraw-Hill, México. pp. 644.
- Cheftel, J. (1989). Proteínas alimentarias: Bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas; Ed. Acribia, Zaragoza, pp. 49 -100
- Damodaran, S. (2010). Aminoácidos, péptidos y proteínas. En O. R. Fennema, Química

- de los alimentos (págs. 383-511). España: Acribia Editorial.
- Elsohaimy, S. A., Refaay, T. M., & Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.007>
- Espín, J. C., García-Conesa, M. T., & Tomás-Barberán, F. A. (2007). Nutraceuticals: Facts and fiction. *Phytochemistry*, 68(22–24), 2986–3008. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.09.014>
- Fairbanks, D. J., Burgener, K. W., Robison, L. R., Andersen, W. R., & Ballon, E. (1990). Electrophoretic Characterization of Quinoa Seed Proteins. *Plant Breeding*, 104(3), 190–195. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1990.tb00422.x>
- Fennema, O. (2000). Química de los alimentos. Segunda Edición. Zaragoza - España.
- Fontúrbel, F. (2003). Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W.(Chenopodiaceae), debido a la presencia de saponinas. *Ciencia Abierta*, 21, 1-10.
- Food and Agriculture Organization (FAO), (1985). Food and Agriculture Organization of the United States/World Health Organization/United Nations University, Energy and Protein Requirements Report of a joint FAO/WHO/UNU meeting. World Health Organization, Geneva.
- Food and Agriculture Organization (FAO), (1998). Underutilized Andean Food Crops. Rome.
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2014). Assessment of the international year of quinoa 2013. Hundred and forty-ninth session. CL 149/10. Rome, Italy.
- Gonçalvess, P. N., Vioque, J., Clemente, A., Sánchez-Vioque, R., Bautista, J., & Millán, F. (1997). Obtención y caracterización de aislados proteicos de colza. *Fase*, 48, 282–289. <https://doi.org/10.3989/gya.1997.v48.i5.804>
- González, C. (2000). Nuevo Reglamento Sanitario de los Alimentos Decreto Supremo N°977. Santiago, Chile. Ediciones Publiley, Editora Jurídica Manuel Montt S.A.

- Httiarachy, N.S., Kalapathy, U., (1998). Functional properties of soy proteins. In: Whitaker, J.R., Shahidi, F., Lopez-Munguia, A., Yada, R.Y., Fuller, G. (Eds.), *Functional Properties of Proteins and Lipids*. Washington, DC, USA, pp. 80–95.
- Jacobsen, S.E., Mujica, A., Jensen, C.R., (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Rev. Int.* 19, 99–109.
- Jara, P. (2004). *Productor de quinua de la IV región de Chile*.
- Jones, K.W., (1982). Collagen properties in processed meat. *Proc. Meat Ind. Res. Conf.*, 18–28.
- Pearce, K.N., Kinsella, J.E., (1978). Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.* 26, 716–723
- Koziol, M., (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Food Compos. Anal.* 5, 35–68.
- Martínez, J. (2011). Estudio fisicoquímico funcional de los aislados proteicos en semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* f). *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona – Colombia*
- Martínez, E. y M. Añón. (1996). Composition and structural characterization of amaranthprotein isolates an electrophoretic and calorimetric study. *J. Agric. Food Chem.* 44, 2523-2530. Doi: 10.1021/jf960169p
- McWatters, K.H., Holmes, M.R., (1979). Influence of moist heat on solubility and emulsification properties of soy and peanut flours. *J. Food Sci.* 44 (3), 774–776.
- MINAGRI, M. D. A. Y. R. (2017). *La Quinoa: DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS AGRARIAS Producción y Comercio del Perú Apoyo Estadístico. Anexos*, 1–8. Retrieved from <http://www.quinuainternacional.org.bo>
- Meyhuay, M. (1999). *Quinoa. Composición y valor nutricional, usos, producción, importación, exportación, cosecha y poscosecha*. Lima: Instituto de Desarrollo Agroindustrial.

- Montaño Reyes, E.A., Ávila Torres, D.P., Guevara Pulido, J.O., (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región Andina. *Avances Investigación en Ingeniería* 5, 86–97.
- Möller, N. P., Scholz-Ahrens, K. E., Roos, N., & Schrezenmeir, J. (2008). Bioactive peptides and proteins from foods: Indication for health effects. *European Journal of Nutrition*, 47(4), 171–182. <https://doi.org/10.1007/s00394-008-0710-2>
- Mujica, A. (1993). Cultivo de quinua. INIA, Serie Manual RI, (1-97), 1-3.
- Nollet, L. (1996). *Handbook of Food Analysis*; M. Dekker, Nueva York
- Ogungbenle, H. N. (2003). Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(2), 153–158. <https://doi.org/10.1080/0963748031000084106>
- Osborne, D.; Voogt, P. (1986). *Análisis de los nutrientes de los alimentos*. Editorial Acribia, S.A, Zaragoza, España
- Pincirolí, M. (2010). Proteínas de arroz. Propiedades estructurales y funcionales. *Proteínas de Arroz Propiedades Estructurales y Funcionales*, 30.
- Pino, A. (1998). Contenido de proteínas, saponinas y algunas características del almidón en semillas de quinoa sembradas en diferentes fechas localidades Tesis (Ingeniero Agrónomo). Concepción, Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía.
- Prego, I., Maldonado, S., & Otegui, M. (1998). Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany*, 82(4), 481–488. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0704>
- Romana, G. Lopez, Graham, G.G., Rojas, M., MacLean, W.C., (1981). *Arch. Latinoam. Nutr.* 31 (3), 485–497.
- Repo-Carrasco-Valencia, Serna, Lesli Astuhuaman, (2011). Quinoa (*Chenopodium Quinoa*, Willd) as source of dietary fiber and other functional components. *Food Sci. Technol. (Campinas)* 31 (1), 225–230.

- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, S.E., (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and kañ iwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev. Int.* 19 (1 & 2), 179–189.
- Rivera, M. (2006). Obtencion, Caracterización Estructural Y Determinación De Las Propiedades Funcionales De Un Aislado Proteico De Quinoa. *Tesis Universidad de Chile*, 5–7. Retrieved from http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/rivera_m/sources/rivera_m.pdf
- Ruales, J., Nair, B., (1992). Nutritional quality of the protein in *Chenopodium quinoa*, Willd) quinoa seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 42, 1–11.
- Salgado, P., & Adriana, M. (2009). Proteínas de Girasol: aislamiento, caracterización y aplicación en la industria alimentaria, 1–216. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2623/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Scilingo, A. A., Molina Ortiz, S. E., Martínez, E. N., & Aón, M. C. (2002). Amaranth protein isolates modified by hydrolytic and thermal treatments. Relationship between structure and solubility. *Food Research International*, 35(9), 855–862. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00089-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00089-3)
- Sepúlveda, J., Thomet, M., Palazuelos, P., & Mujica, M. A. (2004). La kinwa mapuche: recuperacion de un cultivo para la alimentacion, (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Tapia, I. L., Taco, D. R., & Taco, V. J. (2016). Aislamiento de proteínas de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan con remoción de compuestos fenólicos , para uso potencial en la nutrición y salud humanas, 41(1), 71–80.
- Tapia, M., & Fries, A. M. (2007). *Guia de campo de los cultivos andinos*. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardoso, A., & Mujica, A. (1979). *Quinoa y Kañihua cultivos andinos*.

- Thoufeek Ahamed, N., Singhai, R. S., Kulkarni, P. R., & Pal, M. (1998). A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*, 19(1), 61–70. <https://doi.org/10.1520/D0850-11.1>
- Ueda, T., Wawerczak, W., Ward, K., Sher, N., Ketudat, M., Schmidt, R. J., & Messing, J. (1992). Mutations of the 22- and 27-kD zein promoters affect transactivation by the Opaque-2 protein. *The Plant Cell*, 4(6), 701–709. <https://doi.org/10.1105/tpc.4.6.701>
- Vaclavik, V. A., & Rivero, J. (2002). *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*.
- Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergana, J., Uribe, E., Puente, L., Martinez, E.A., (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *J. Sci. Food and Agric.* 90 (15), 2541–2547.
- Velásquez, L., Aredo, V., Caipo, Y., & Paredes, E. (2014). Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una galleta con quinua (*Chenopodium quinoa*), soya (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agroindustrial Science*, 4, 35–42.
- Ventura, M. (2003). Obtención de aislado proteico de la nuez del marañón (*Anacardium Occidentale*L.). Universidad Agraria La Molina, lima – Perú.
- Vicente, G. (2013). Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semilla de *Chenopodium quinoa* Willd provenientes del noroeste argentino, 104.
- Villacres, E., Peralta, E., Egas, L., & Mazon, N. (2011). Potencial Agroindustrial de la quinua. quito, ecuador.
- Vioque, J., Sánchez-Vioque, R., Pedroche, J., del Mar Yust, M., & Millán, F. (2001). Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados protéicos. *Grasas y Aceites*, 52(2), 127–131. <https://doi.org/10.3989/gya.2001.v52.i2.384>
- Wagner, J., Guenuen, J., (1999). Surface functional properties of native, acid treated and reduced soy glycinin. 2. Emulsifying properties. *J. Agric. Food Chem.* 47, 2181–2187.
- Wilson, H. D. (1990). Quinoa and Relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Celluloid*). *Economic Botany*, 44(3 Supplement), 92–110.

<https://doi.org/10.1007/BF02860478>

WHO, W. H. O. (1999). International Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension. . Journal of Hypertension

Zhun, H. y Damodaran, S., (1994), “Heat-induced conformational changes in whey protein isolate and its relation to foaming properties”, J. Agric. Food Chem., 41 (1), 846.

ANEXOS

ANEXO 1: Imágenes del material de estudio y procesos de extracción de proteína



Semilla de quinua 415 pasankalla INIA



Pesado de los granos de quinua



Tamizado de la harina de quinua



Determinación de la densidad de la harina de quinua



Secado de la harina de quinua



Muestras después del proceso de secado en el desecador



Desengrasado de la harina de quinua en el equipo soxhlet



Determinación de proteína por el método kjeldahl



Suspensión de la harina de quinua en agua destilada



Agitación de la mezcla



Acondicionamiento de pH de la harina de quinua suspendida y agitada



Centrifugación de la mezcla

ANEXO 2: Preparación de los buffers

Buffer pH 3: 4,2028 g de ácido cítrico monohidratado más 0,4 g de hidróxido de sodio y 2,34g de cloruro de sodio, disueltos en 40 mL de agua destilada. Ajustar el pH y aforar a 100 mL.

Buffer pH 4: 4,2028 g de ácido cítrico monohidratado más 0,92 g de hidróxido de sodio y 1,4 g de cloruro de sodio, disueltos en 40 mL de agua destilada. Ajustar el pH y aforar a 100 mL.

Buffer pH 5: 4,2028 g de ácido cítrico monohidratado más 1,3 g de hidróxido de sodio y 0,29 g de cloruro de sodio, disueltos en 40 mL de agua destilada. Ajustar el pH y aforar a 100 mL.

Buffer pH 7: 50 mL de fosfato dihidrógeno de potasio 0,1 M más 29,1 mL de hidróxido de sodio 0,1 M y 1,85 g de cloruro de sodio.

Buffer pH 9: 50 mL de bórax 0,025 M más 4,6 mL de ácido clorhídrico 0,1 M y 2,26 g de cloruro de sodio.

ANEXO 3: Certificación de análisis de muestra



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1385 – 18 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DE LAS SOLICITANTES : KARELLY ESTEFANY MOLINA PAREDES
 - 1.2 DNI : 70778303
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 / 08 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 08 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 20 / 08 / 2018
3. **SERVICIO SOLICITADO** : ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA INFRARROJA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE QUINUA PASANKALLA (SIN TRATAMIENTO)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 19.3 °C; Humedad relativa: 66%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro Infrarrojo PERKIN-ELMER, Frontier
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **ESPECTRO INFRARROJO DE LA MUESTRA DE QUINUA PASANKALLA (SIN TRATAMIENTO)**

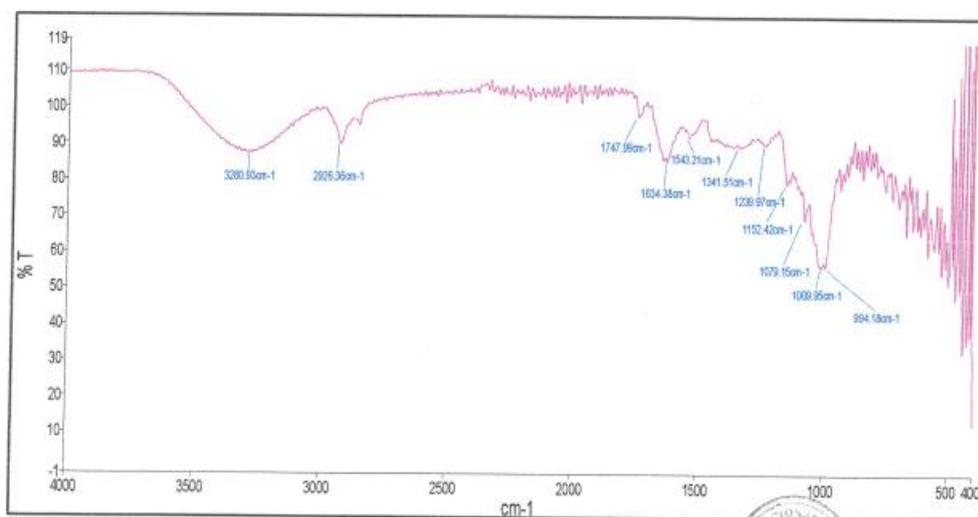


TABLA N°1: DATOS DEL ESPECTRO INFRARROJO DE LA MUESTRA DE QUINUA PASANKALLA
(SIN TRATAMIENTO)

LONGITUD DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO FUNCIONAL	RANGO DE LONGITUD DE ONDA (cm ⁻¹)
3280,93	Vibraciones de estiramiento de H-O-H y estiramiento de N-H	3300 - 3600
2926,36	Vibraciones C-H de estiramiento metilo, metileno y grupos metoxi	2923,78
1747,99	Estiramiento del enlace C=O	1748,15
1634,38	Estiramiento del enlace C=C	1636,17
1152,42	Torsión del enlace C=O, en cetonas	1100-1300
1079,15		
1009,95	C-O de alcoholes y ácidos carboxílicos	1333,24-1022

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.



Bach. Kevin Sulca Q.
Analista Químico
LABICER – UNI




M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1384 – 18 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DE LAS SOLICITANTES : KARELLY ESTEFANY MOLINA PAREDES
 - 1.2 DNI : 70778303
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 / 08 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 08 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 20 / 08 / 2018
3. **SERVICIO SOLICITADO** : ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA INFRARROJA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE QUINUA PASANKALLA (TRATAMIENTO 3)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 19.3 °C; Humedad relativa: 66%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro Infrarrojo PERKIN-ELMER, Frontier
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 ESPECTRO INFRARROJO DE LA MUESTRA DE QUINUA PASANKALLA (TRATAMIENTO 3)

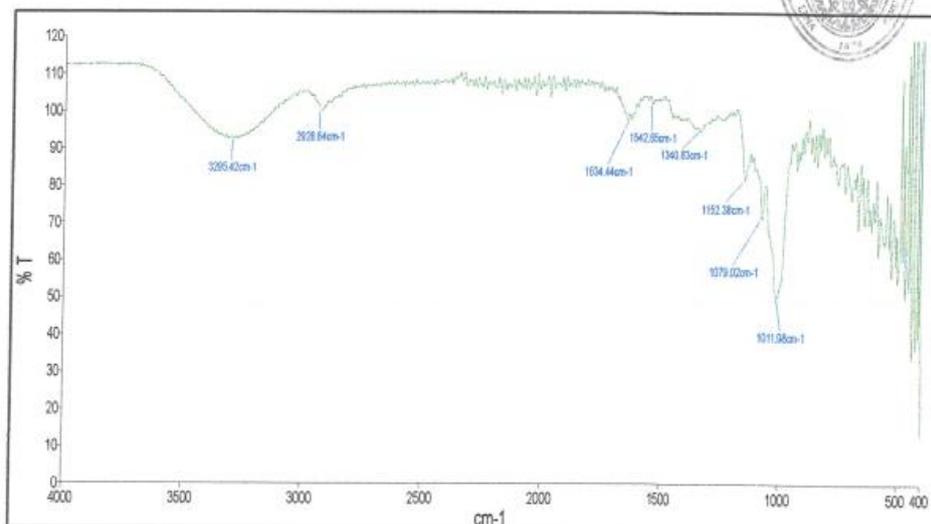


TABLA N°1: DATOS DEL ESPECTRO INFRARROJO DE LA MUESTRA DE QUINUA PASANKALLA
(TRATAMIENTO 3)

LONGITUD DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO FUNCIONAL	RANGO DE LONGITUD DE ONDA (cm ⁻¹)
3295,42	Vibraciones de estiramiento de H-O-H y estiramiento de N-H	3300 - 3600
2928,64	Vibraciones C-H de estiramiento metilo, metileno y grupos metoxi	2923,78
1634,44	Estiramiento del enlace C=C	1636,17
1152,38	Torsión del enlace C=O, en cetonas	1100-1300
1079,02		
1011,98	C-O de alcoholes y ácidos carboxílicos	1333,24-1022

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.

Bach. Kevin Sulca Q.
Analista Químico
LABICER – UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



Universidad Nacional Del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO.

HACE CONSTAR:

Que la Srta. **KARELLY ESTEFANY MOLINA PAREDES**, con grado Bachiller de la Facultad de Ingeniería Química – UNA – PUNO, con el Proyecto de investigación “**INFLUENCIA DEL PH EN LA EXTRACCIÓN DE AISLADO PROTEICO DE QUINUA (Chenopodium quinoa willd) DE LA VARIEDAD BLANCA DE JULI Y PASANKALLA)**”, ha realizado pruebas para determinar porcentaje de humedad, cenizas , grasa , proteína y rendimiento de la extracción en los resultados obtenidos, para dicha investigación, en el Laboratorio de CONTROL DE CALIDAD de la Facultad de Ingeniería Química, en los meses de Mayo, Junio y Julio habiendo realizado el pago respectivo para el uso de equipos del laboratorio.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que estimen por conveniente.

Puno C.U., 06 de Noviembre del 2018



[Firma manuscrita]
M.Sc. José Miguel Castillo Prado
 Coordinador, Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA-PUNO