



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que subscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

DETERMINACION DE PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE PROTEINAS A PARTIR DE LOS DESECHOS DE LA INDUSTRIA ESPARRAGUERRA

Presentado por:

FRANK EDUARDO FU PACHAS

BRUNELLA ESTEFANIA ANICAMA PACHAS

Autor de la tesis del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de **INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**. El Resultado obtenido es 08 % (PORCENTAJE DE SIMILITUD) por lo cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

El porcentaje de similitud es menor del 20%, establecido como máximo por Reglamento de Evaluación de originalidad.

Ica, 12 de julio del 2021

SANTOS HUMBERTO OLIVERA MACHADO

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



TESIS:

**“Determinación de parámetros para la
obtención de proteínas a partir de los desechos
de la industria esparraguera”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIRO QUÍMICO

AUTORES:

Bach. ANICAMA PACHAS, BRUNELLA STEFANIA

Bach. FU PACHAS, FRANK EDUARDO

ASESOR:

Mag. JORGE, ESPINOZA LA ROSA

**ICA-PERÚ
2021**

DEDICATORIA

Este logro fue gracias a mucha dedicación y entrega, sin embargo, no hubiera sido posible de alcanzar sin el apoyo de nuestros familiares y amigos, que no dudaron en alentarnos en esta travesía, también dedicamos este proyecto especialmente a nuestros familiares que se encuentran al lado de dios padre, quienes nos dejaron muy pronto por la coyuntura del COVID 19, a Dios por brindarnos salud, sabiduría y confianza durante toda nuestra formación, también a todos nuestros mentores que con su experiencia y habilidades nos ayudaron a ser mejores profesionales logrando de esta forma alcanzar nuestros propios logros.

AGRADECIMIENTOS

Es un placer mostrar nuestro más profundo agradecimiento hacia todas las personas que hicieron posible que este proyecto sea exitoso, como lo son nuestros colegas, docentes y amigos quienes nos brindaron sus perspectivas y opiniones constructivas de nuestro proyecto, a nuestros padres quienes fueron nuestro pilar en los momentos más críticos mostrando su apoyo incondicional desde siempre.

RESUMEN

El actual trabajo de investigación es un estudio experimental en el cual se plantea el uso de una base y un ácido diluidos con el fin de romper la célula vegetal y luego precipitar la proteína a temperatura no mayor de 40°C. Para ello se trabajó con material obtenido de la pulverización de la parte arbustiva del espárrago hasta obtener partículas no mayores de 0,5 mm. Se empleó además hidróxido de sodio 0,4 N y ácido clorhídrico 0,6 N pudiéndose precipitar hasta un 98,7% de la proteína contenido en la planta.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	03
CAPITULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.	07
1.1. Situación problemática.	07
1.2. Formulación del problema.	08
1.3. Objetivos del proyecto.	08
1.4. Hipótesis del trabajo.	09
1.5. Variables.	09
1.6. Justificación.	09
CAPITULO II: MARCO TEORICO.	11
2.1. Espárrago.	11
2.1.1. Clasificación taxonómica.	11
2.1.2. Estudio botánico.	11
2.1.3. Composición química.	17
2.1.4. Componentes de la pulpa.	18
2.2. Proteínas.	21
2.2.1. Definición.	21
2.2.2. Características de las proteínas.	21
2.2.3. Estructura de las proteínas.	23
2.2.4. Funciones de las proteínas.	30
2.2.5. Proteínas del espárrago.	33

CAPITULO III: PARTE EXPERIMENTAL.	44
3.1. Recolección de muestras.	44
3.2. Preparación de las muestras para el análisis.	44
3.3. Análisis de las muestras.	45
3.4. Obtención experimental de la proteína.	53
CAPITULO IV: RESULTADOS.	56
4.1. Resultados obtenidos:	56
4.2. Discusión de resultados.	67
CONCLUSIONES.	70
RECOMENDACIONES.	71
FUENTES DE INFORMACION.	72

INTRODUCCION

Entre las hortalizas cultivadas a nivel mundial, el espárrago (*Asparagus officinalis* L.), ostenta un nivel de preferencia, tanto por la variedad de sus formas de presentación, por su bajo contenido de calorías y grasas o por su preferencia en el consumo humano.

El espárrago es una excelente fuente de vitamina A y vitamina C, calcio y fósforo, además de proteína que alcanza hasta un 34% en el espárrago verde. La siembra del espárrago en el Perú se incrementa cada año, siendo ya aproximadamente 25 000 Hectáreas de terreno, las que actualmente se siembran en todo el país.

Durante el desarrollo de la planta, existe un periodo en el cual se deja crecer las partes aéreas de esta, durante un cierto tiempo y luego se corta. La eliminación de la parte vegetativa superficial de la planta, se denomina chapodo y tiene como finalidad dejar libres los rizomas y raíces. El producto del chapodo es el arbusto del espárrago el cual se elimina y que básicamente en nuestro medio se emplea como pienso para animales.

Un estudio preliminar, nos ha demostrado experimentalmente la existencia de una elevada concentración de proteínas en esta parte de la planta, que alcanza el 27% y que puede ser aprovechada para la elaboración de proteínas coaguladas.

De esta manera, se estaría aprovechando industrialmente los desechos del espárrago para implementar una nueva industria en nuestra región.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Anualmente la operación de chapodo, en los campos de cultivo donde se siembra el espárrago, se realiza dos a tres veces, lo que significa que la cantidad de materia prima para la obtención de proteínas coaguladas es apreciable, contándose en miles de toneladas pero que, sin embargo, no se le da ninguna aplicación industrial y simplemente se le desecha o se le utiliza como pienso para animales.

La validez del presente estudio permitirá revalorar un recurso natural desechable y obtener a partir de él, proteínas de bajo costo y de calidad comercial, de uso alimentario. Lo cual daría un valor agregado a la industria del espárrago y una mayor rentabilidad a las empresas agroindustriales que disponen de esta materia prima.

Con este fin se ha desarrollado el presente trabajo de investigación, cuyo estudio y método expuesto ha permitido extraer satisfactoriamente mediante un método sencillo las proteínas vegetales de la parte arbustiva de la planta de espárrago.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Experimentalmente se puede determinar los parámetros para la obtención de proteínas a partir de los desechos de la industria esparraguera?

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

1.3.1. Objetivo General.

Determinar experimentalmente los parámetros para la obtención de proteínas a partir de los desechos de la industria esparraguera.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el tamaño de la partícula al cual se ha pulverizado la planta y permite un mayor rendimiento.
- Determinar experimentalmente la concentración del álcali empleado para la extracción.
- Hallar el porcentaje de ácido necesario para precipitar las proteínas.
- Evaluar la calidad de la proteína obtenida.

1.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Experimentalmente se pueden determinar los parámetros para la obtención de proteínas a partir de los desechos de la industria esparraguera

1.5. VARIABLES.

- **Variable Independiente:**

Determinación de parámetros adecuados.

- **Variable Dependiente.**

Obtención de proteínas a partir de los desechos del espárrago.

1.6. JUSTIFICACIÓN.

En circunstancias en que las fuentes nutricionales, son escasas para la población de bajos recursos de nuestro país y se precisa de nuevas alternativas nutricionales, de bajo costo y de calidad óptima, la obtención de proteínas a partir de los desechos de la industria del espárrago parece ser la más viable ya que permitiría obtener un producto intermedio que se emplearía en la elaboración de productos dietéticos y alimentos balanceados que serían distribuidos entre las personas de bajos recursos.

Por otro lado, esto permitiría la creación de nuevas fuentes de trabajo y la disminución del desempleo en nuestra región, lo cual constituye un problema muy serio para millares de familias.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ESPÁRRAGO.

2.1.1. Clasificación taxonómica.

Según el sistema de clasificación de Engler y Prantl, modificado por Melchior en 1964, taxonómicamente el espárrago se clasifica de la siguiente manera:

- REYNO : Plantae
- DIVISIÓN : Fanerógama.
- SUBDIVISIÓN : Angiosperma
- CLASE : Monocotiledónea
- ORDEN : Liliiflorales.
- FAMILIA : Liliacea.
- GENERO : Asparagus.
- ESPECIE : Asparagus officinalis.
- NOMBRE VULGAR: Espárrago.

2.1.2. Estudio botánico.

Se considera al espárrago como una planta herbácea y perenne (cultivo dura más de 2 años), desde la perspectiva de la vida económica rentable, se considera que este cultivo se debe prolongar en un tiempo promedio de 8 a 10 años. Las plantas de espárrago están conformadas por los tallos aéreos ramificados y por una parte subterránea que consisten en raíces y yemas, lo que conocemos con el nombre de "garra". Sus principales características son:

Tallo:

El tallo principal es subterráneo, único y modificado en solo un rizoma. En el suelo crece de forma horizontal, en base o plataforma, a partir de este, según su tropismo, se desarrollan los otros órganos de la planta.

Raíces:

Las raíces principales surgen directamente del tallo subterráneo, son gruesas, de forma cilíndricas y carnosas, con la facultad de acopiar reservas, dando pie al próximo desarrollo de turiones; a partir de estas raíces principales surgen los pelos absorbentes o raicillas cuya finalidad es la absorción de elementos nutritivos y agua.

Las raíces principales poseen una existencia de 2 a 3 años; al morir estas raíces son suplantadas por otras nuevas, estas se colocan sobre de las anteriores, de esta forma las yemas van siendo más altas; con lo que la parte subterránea se va ir desplazando hacia la superficie sobre el suelo a medida que van pasando los largos tramos de desarrollo del cultivo.

El sistema radical o radicular en la planta de espárrago es el órgano encargado de la fijación, la absorción, almacenamiento y circulación; este es profundo, con las raíces perennes que pueden llegar a alcanzar hasta los 1,20 m de largo, y amplio, ya que su diámetro puede llegar hasta los 2 m. El 90% del sistema radical se sitúa dentro de los 0,40 m bajo la superficie del suelo.

Estas raíces son delgadas, fibrosas, no ramificadas, en forma cilíndricas, carnosas y rastreras, Suelen crecer directamente desde el tallo y por debajo del suelo. Estas raíces cilíndricas y fibrosas estructuran una masa radicular con numerosas raicillas,

llamada corona; en el centro y arriba de estas se encuentran las yemas que darán lugar y origen a los tallos.

Se puede observar dos tipos diferentes de raíces: unas son perennes, con pocos pelos radicales, suculentas, reservantes, carnosas, y se desarrollan horizontalmente en los primeros 0.3 metros a 0.4 metros del nivel del suelo y las otras fibrosas, no ramificadas, anuales, absorbentes y más delgadas que las precedentes, conservan una mayor porción de pelos absorbentes a lo largo del periodo vegetativa de la planta y se reducen en la etapa reproductiva para esfumarse cuando la planta padece una etapa de estrés o en el la ocasión que las raíces perennes han retenido una cantidad adecuada de carbohidratos. Estas raíces se localizan a mayor hondura que las raíces perennes y pueden desarrollarse mucho. Se ha encontrado raíces de espárrago que crecen hasta 1,80 m de longitud.

El tallo del espárrago es el órgano de soporte de flores, hojas y frutos, de alimentación y circulación de sustancias nutritivas y del agua, puesto que es de color verde ejecutan funciones de asimilación colaborando a la hoja en la nutrición de la planta.

El tallo comienza y forma parte de la corona, constituyendo en esencia a un rizoma que va creciendo horizontalmente donde inicia el desarrollo en las yemas, cuando se tenga un gran acumulación de sustancias de reserva. Estas yemas van creciendo dando origen a tallos suculentos que primeramente no se van a ramificar y cuando estos se cosechan tiernos reciben el nombre de turiones. Cuando no hay acumulación de sustancias de reserva en las raíces estos tallos serán delgados y no suculentos, al seguir su crecimiento, darán origen a los tallos, hojas y ramas. Por lo tanto, las plantas con múltiples brotes serán plantas con muy limitada reservas.

La corona, al desarrollarse, se encuentra formada por múltiples agrupamientos de yemas y dentro de cada grupo contará con una dormancia apical el cual establecerá que las yemas más desarrolladas dilaten el crecimiento de las otras yemas, de tal forma que su desarrollo sea continuo. Las yemas crecen primero haciendo una línea, luego crecen en V y más adelante obtienen un crecimiento en X de esta forma se puede identificar la edad de la plántula por los sucesivos ordenamientos de las yemas, inicialmente en línea hasta los 3 meses, después en V y luego en X cuando tiene más de 10 meses.

Cuando la corona es más adulta el ordenamiento en X pasa a tener una organización desordenada, encontrándose las yemas en diferentes direcciones. La corona también puede crecer con yemas directamente del rizoma, hacia los lados de la parte central de éste, fuera del área de desarrollo de los agrupamientos de yemas centrales. Estas yemas laterales se producen comúnmente por daños extremos: sequías, falta de nutrientes o sustancias de reserva, exceso de humedad, cortes, etc. y serán delgadas y tenderán a abrirse más rápidamente.

Las hojas del espárrago tienen funciones de alimentación, protección, pérdida de agua y absorción de oxígeno. Estas son pequeños folículos, muy subdivididas y alargadas, que cubren las pequeñas yemas se ubican unas escamas triangulares de color verde y coriáceas: las estipulas, de este modo adicional a su función fotosintética, las hojas tienen un efecto protector sobre los primordios vegetativos.

Yemas:

Las yemas son órganos complejos en el cual van brotando los turiones, cuando se les permiten vegetar las yemas son los próximos tallos ramificados de la planta.

Flores:

Son de forma campanuladas, pequeñas, con una corola verde amarillenta y están habitualmente solitarias. La polinización se efectúa de manera cruzada y cuenta con un alto nivel de alogamia. Al ser dioica la planta de espárrago, contamos con plantas machos que únicamente producen flores masculinas y plantas hembras que solamente producen flores femeninas. Debido a que las plantas hembras utilizan gran parte de su reserva en producir las flores, semillas y frutos concluimos que las plantas macho son mucho más productivas en turiones ya que en este caso se acumulan mayores reservas en las raíces para la próxima producción de turiones.

Para el cultivo de espárrago verde es preferible el tipo de planta macho por ser más longevas y precoces que las plantas hembras también son preferibles debido a que no hay posibilidad de crear plantas nuevas al no producir semillas ni frutos, multiplicando así la densidad la plantación. Ya que esto podría perjudicar con el paso de los años la calidad del producto al tener turiones más delgados que los exigidos por las normas vigentes respecto a la calidad del producto.

Fruto:

Es una baya de forma esférica y trilocular con un diámetro de 0.5 cm.; esta baya es de color verde al comienzo y se van enrojeciendo conforme su madurez. Cada fruto o baya cuentan con aproximadamente de 01 a 02 semillas.

Semillas:

Las semillas cuentan de un color negro o pardo oscuro, y con forma entre redonda y poliédrica, estos poseen un elevado poder germinativo.

2.1.3. Composición química

En la tabla 2.1 se da la composición del espárrago, en relación a 100 gramos de materia fresca. En lo que se refiere al valor nutricional, una porción de espárrago de aproximadamente 175 g proporciona dos tercios de los requerimientos diarios de vitamina C de un adulto, un tercio de la vitamina A y la décima parte del hierro requeridos. En ensayos recientes se ha determinado que el espárrago verde posee mejor calidad que el blanco, en lo que se refiere a proteínas y vitaminas.

TABLA 2.1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ESPÁRRAGO
(en base a 100g de muestra fresca)

COMPONENTE	CANTIDAD
Agua, %	92,3
Proteína, %	3,1
Grasa, %	0,2
Carbohidratos, %	4,6
Fibra, %	1,6
Cenizas, %	0,7
Calcio, mg	35,0
Fósforo, mg	35,0
Hierro, mg	1,2
Retinol μ g	4,0

Fuente: Collazos, C. La Composición de Alimentos de Mayor Consumo en el Perú. Lima. 2003.

2.1.4. Componentes de la pulpa.

La composición química de la pulpa del espárrago es la siguiente:

- Celulosa: Es un polímero de la glucosa. Las moléculas están dispuestas dentro de las microfibrillas en estado cristalino perfectamente ordenado en cadenas de 4000 – 6000 nm de longitud y posiblemente 4 nm de diámetro, componiéndose cada uno de varios miles de unidades de glucosa.
- Hemicelulosas: Son polímeros ramificados de pentosas y hexosas (xylosa, arabinosa, manosa, galactosa y sus ácidos urónicos derivados). Las proporciones dependen de la fuente vegetal por ejemplo: xiloglucanos son las hemicelulosas predominantes en frutas parenquimatosas y tejidos vegetales.
- Ligninas. Polímeros de alcoholes aromáticos, que incrustan a la celulosa y hemicelulosa durante el engrosamiento secundario.
- Pectinas: son mezclas complejas de polisacáridos coloidales, rhamnogalacturanos parcialmente esterificados con una cadena D-galacturonana con un enlace alfa (1 al 4), esparcidos con residuos l-rhamnopyranosy con cadenas laterales que incluyen ácido D-glucurónico y galacturónico. Algunos grupos ácidos son metilados. Se puede extraer algo de pectina de los tejidos vegetales por medio de agentes quelantes acuosos, pero 20 a 30% está estrechamente unida a otros constituyentes de la pared celular, en especial alfa celulosa. Las pectinas retienen fácilmente el agua en una trama interconectada.
- Gomas: Polisacáridos viscosos hidrosolubles de 10,000 a 30,000 unidades, principalmente glucosa, galactosa, manosa, arabinosa,

ramnosa y sus ácidos urónicos, que pueden ser metoxilados y acetilados. Las gomas usadas comúnmente en la industria alimentaria son: goma arábiga, tragacanto, Baraya, carob y guar que se obtienen del exudado de tallos o semillas de árboles y arbustos tropicales y semitropicales.

- Mucílagos. Son polisacáridos contenidos en semillas y algas marinas, empleadas en pequeñas cantidades en la industria alimenticia como agentes estabilizadores y espesantes, en virtud de sus propiedades de retener agua y dar viscosidad. Los mucílagos de algunas semillas (ispágula) producidas a partir de arabinosilanos altamente ramificados son laxantes que incrementan el volumen fecal.

2.2. PROTEINAS.

2.2.1. Definición.

Las proteínas son compuestos químicos muy complejos hallados en todas las células vivas: en la leche, en la sangre, en los huevos, pólenes y en todo tipo de semillas. Todas las proteínas poseen ciertos elementos químicos, pero cada tipo de proteínas los comprenden en diferentes cantidades. En todas se encuentran un alto porcentaje de nitrógeno, así como de oxígeno, hidrógeno y carbono. En la mayoría de estas existe azufre, y en otras hierro y fósforo.

2.2.2. Características de las proteínas.

Las proteínas son sustancias complejas, formadas por la unión de ciertas sustancias más simples llamadas aminoácidos, que las plantas sintetizan a

partir de las sales amoniacales y los nitratos del suelo. El hombre puede obtenerlas de los animales o de las plantas; Los animales herbívoros obtienen sus proteínas de las plantas, aunque las proteínas de origen animal son de mayor valor nutritivo que las vegetales. Esto a causa que de los veinticuatro aminoácidos conocidos, nueve de estos que son esenciales para la vida, se encuentran en mayor cantidad en las proteínas de origen animal. Las proteínas sirven para crecer y reparar tejidos gastados o dañados.

El grupo de alimentos que aportan proteínas son los alimentos de origen animal y las leguminosas. Las proteínas son extremadamente fundamentales para el organismo ya que contribuyen en la formación de nuevas células que permiten el crecimiento, la reparación y reposición de tejidos dañados y la sustitución de las células que se desgastan o van muriendo.

También contribuyen a combatir enfermedades e infecciones, ya que ayudan a la formación de defensas y anticuerpos en la sangre. Las proteínas pueden ser vegetales o animales. Las proteínas vegetales son nutrimentos que se encuentran principalmente en las leguminosas, o sea, en las semillas que vienen dentro de una vaina alargada, como los frijoles, las lentejas, las habas, los garbanzos, los chícharos, la soya o el alverjón.

También las encontramos en las semillas oleaginosas, las cuales se le llaman así por su contenido de aceite vegetal, como, por ejemplo: La nuez, el cacahuete, las semillas de girasol, las pepitas, el ajonjolí, la avellana, los piñones y las almendras, que también contienen muchas proteínas.

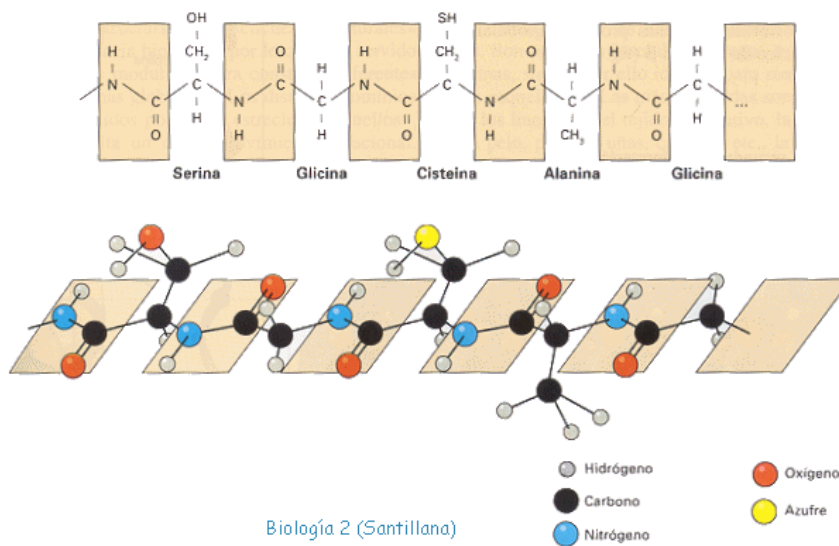
También los alimentos de origen animal son muy ricos en proteínas, que incluyen las carnes blancas como la de las aves o pescados y las carnes rojas como la del cerdo y res, provienen de los mariscos, gusanos e insectos comestibles, así como de todos los productos derivados de animales como el queso, la leche, el yogurt, la crema, los huevos y otros. La mayoría de los

alimentos que contienen proteínas, también aportan energía debido a la grasa que contienen.

2.2.3. Estructura de la proteína.

Un factor para determinar la actividad biológica de la proteína es su estructura tridimensional. Esta estructura tiene un carácter progresivo, puesto que, incluye niveles de complejidad crecientes, las cuales se construyen a partir del anterior conduciendo a cuatro niveles de estructura:

ESTRUCTURA PRIMARIA es una sucesión de aminoácidos unidas mediante enlace peptídico, la cual indica el orden y el tipo de aminoácidos que componen la cadena peptídica. El orden de estos aminoácidos en toda cadena peptídica obedece a un propósito predeterminado en el ADN, y no es de forma arbitraria o aleatoria. La cual va definir los rasgos característicos de cada proteína.

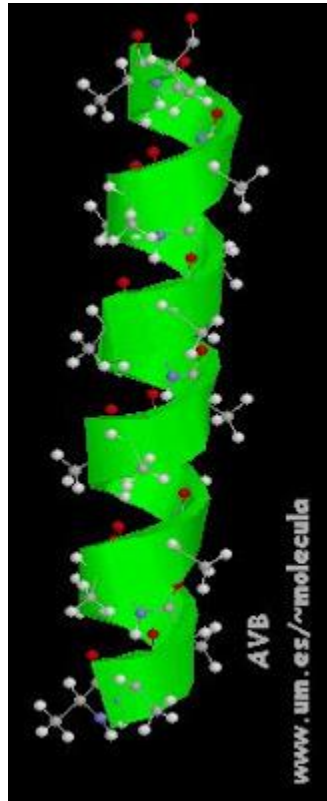


Estructura primaria de la proteína

ESTRUCTURA SECUNDARIA viene dada por la disposición espacial que adopta la cadena de aminoácidos (estructura primaria) a medida que se sintetiza en los ribosomas. Las cadenas peptídicas sufren giros y plegamientos como consecuencia de estar estabilizadas por puentes hidrogeno (enlaces

simples) y de la capacidad de rotación del carbono. Adoptando las siguientes formas generales:

- a) Disposición espacial estable determina formas en espiral (configuración -helicoidal y las hélices de colágeno)

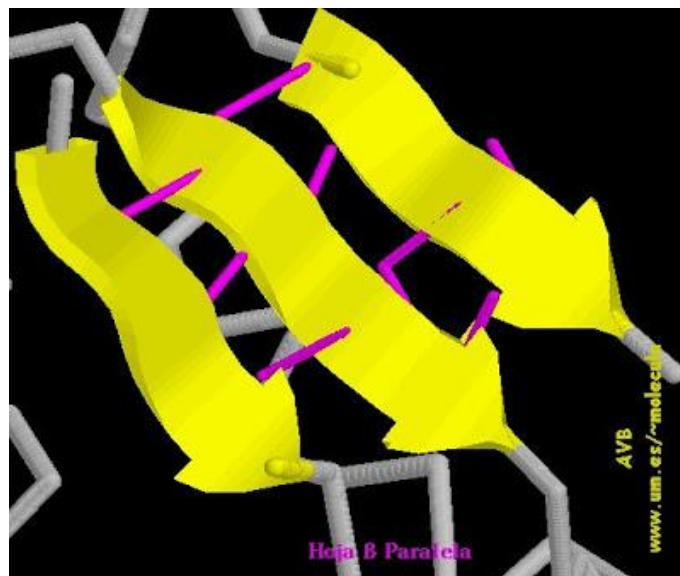


Estructura helicoidal de las proteínas.

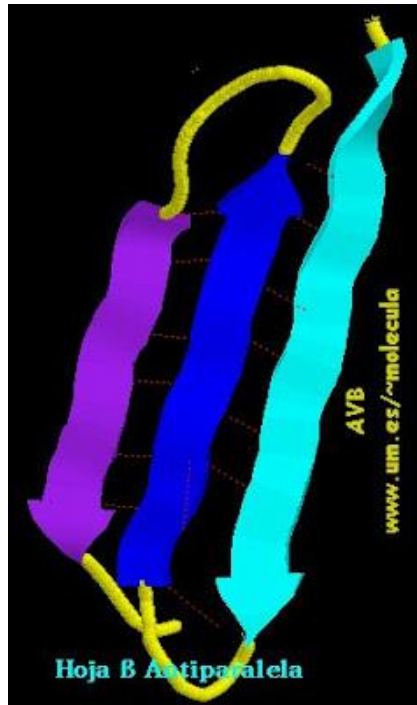


Las α -hélice aparecen en rojo

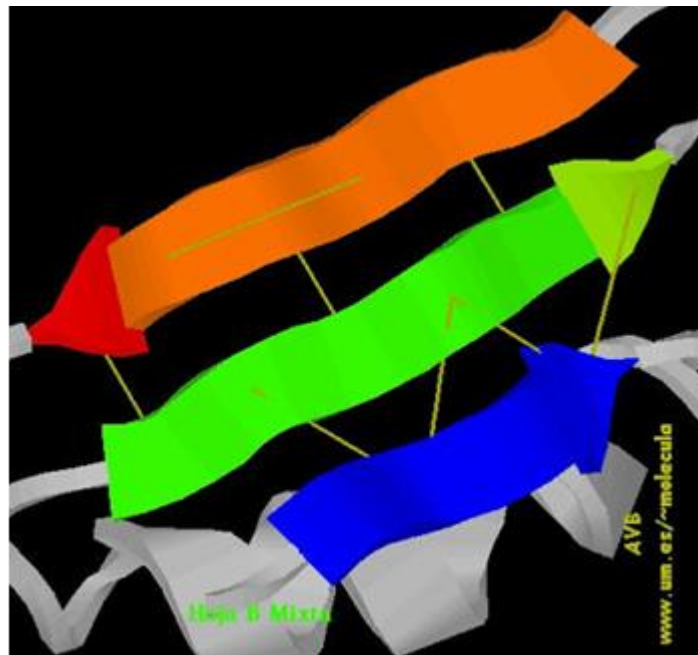
b) Formas plegadas (configuración o de hoja plegada).



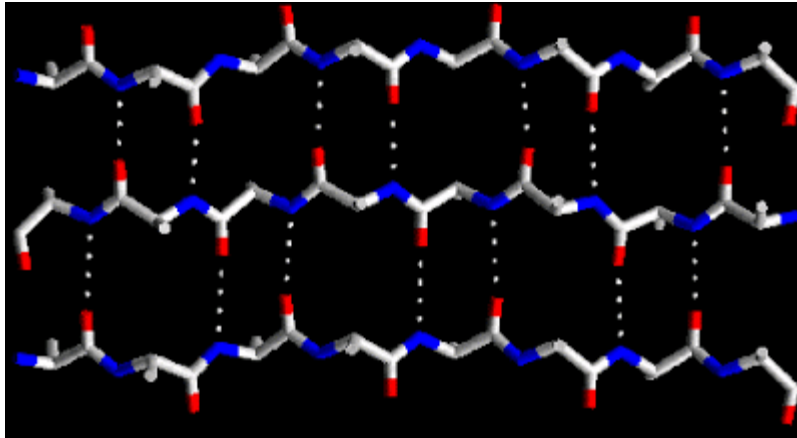
(a)



(b)



(c)

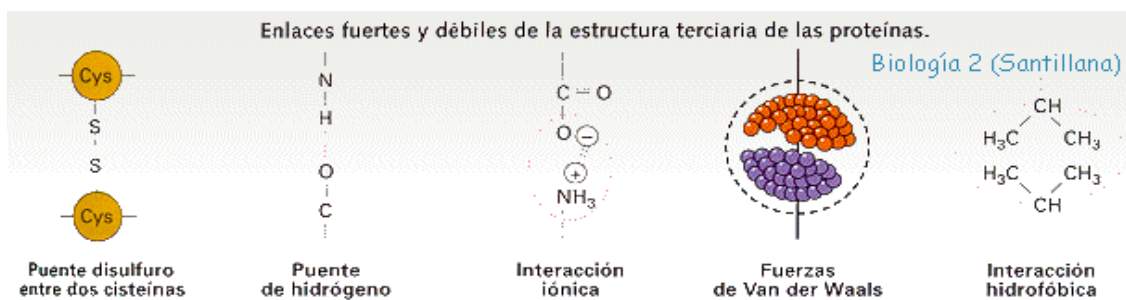


(d)

Formas de proteínas plegadas.

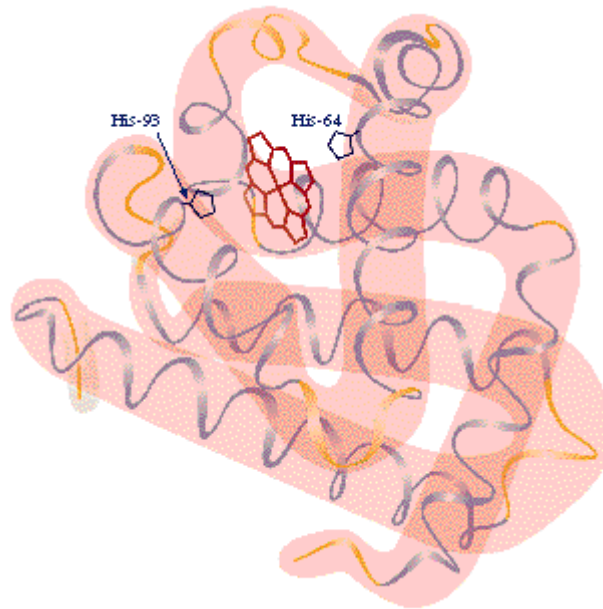
- c) También existen secuencias en el polipéptido que no alcanzan una estructura secundaria bien definida y se dice que forman enroscamientos aleatorios. Por ejemplo, ver en las figuras anteriores los lazos que unen entre sí -hojas plegadas.

La ESTRUCTURA TERCIARIA está representada por los super plegamientos y enrollamientos de la estructura secundaria, constituyendo formas tridimensionales geométricas muy complicadas que se mantienen por enlaces fuertes (puentes disulfuro entre dos cisteínas) y otros débiles (puentes de hidrógeno; fuerzas de Van der Waals; interacciones iónicas e interacciones hidrofóbicas)



Estructura terciaria de la proteína

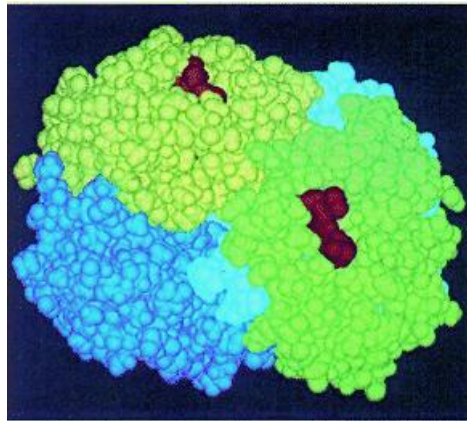
Desde el punto de vista funcional, esta estructura es la más importante pues, al alcanzarla es cuando la mayoría de las proteínas adquieren su actividad biológica o función. Muchas proteínas tienen estructura terciaria globular caracterizadas por ser solubles en disoluciones acuosas, como la mioglobina o muchos enzimas.



Estructura terciaria de la proteína

Sin embargo, no todas las proteínas llegan a formar estructuras terciarias. En estos casos mantienen su estructura secundaria alargada dando lugar a las llamadas proteínas filamentosas, que son insolubles en agua y disoluciones salinas siendo por ello idóneas para realizar funciones esqueléticas. Entre ellas, las más conocidas son el colágeno de los huesos y del tejido conjuntivo; la queratina del pelo, plumas, uñas, cuernos, etc....; la fibroína del hilo de seda y de las telarañas y la elastina del tejido conjuntivo, que forma una red deformable por la tensión.

La ESTRUCTURA CUATERNARIA está representada por el acoplamiento de varias cadenas polipeptídicas, iguales o diferentes, con estructuras terciarias (protómeros) que quedan autoensambladas por enlaces débiles, no covalentes. Esta estructura no la poseen, tampoco, todas las proteínas. Algunas que sí la presentan son: la hemoglobina y los enzimas alostéricos.



Estructura cuaternaria de la proteína

2.2.4. Funciones de las proteínas

Las proteínas están encargadas de dirigir prácticamente todos los procesos vitales, así como también determinar la forma y la estructura de las células. Cada tipo de proteínas tienen funciones específicas, como permitir que las células conserven su integridad defendiéndose de agentes externos, regular y controlar funciones celulares, entre otros. Las proteínas en su totalidad realizan su función de la misma forma: por unión selectiva a moléculas. Las proteínas estructurales originan una mayor estructura uniendo moléculas de proteína idénticas. Sin embargo, existen otras proteínas que se unen a moléculas diferentes: la hemoglobina al oxígeno, los anticuerpos a los antígenos específicos, los reguladores de la expresión génica al ADN, las enzimas a sus

sustratos, las hormonas a sus receptores específicos, entre otros. Algunas proteínas y sus funciones que desempeñan se exponen a continuación:

Función ESTRUCTURAL

Es la función proteica que consiste en constituir estructuras celulares:

Ciertas glucoproteínas comprenden parte de las membranas celulares y facilitan el transporte o actúan como receptores de sustancias. En el caso de las histonas, forman parte de los cromosomas que regulan la expresión de los genes.

Algunas proteínas otorgan resistencia y elasticidad a órganos y tejidos: como la elastina del tejido conjuntivo elástico, la queratina de la epidermis y el colágeno del tejido conjuntivo fibroso.

Los gusanos de seda y las arañas segregan fibroína con el fin de fabricar los capullos de seda y las telas de araña, respectivamente.

Función ENZIMÁTICA

La función enzimática de las proteínas son las más abundantes y especializadas. Estas funcionan como biocatalizadores de las reacciones químicas del metabolismo celular.

Función HORMONAL

Algunas hormonas son de naturaleza proteica, como la insulina y el glucagón (que regulan los niveles de glucosa en sangre) o las hormonas segregadas por la hipófisis como la del crecimiento o la adrenocorticotrópica (que regula la síntesis de corticosteroides) o la calcitonina (que regula el metabolismo del calcio).

Función REGULADORA

Algunas proteínas regulan la expresión de ciertos genes y otras regulan la división celular (como la ciclina).

Función HOMEOSTÁTICA

Algunas mantienen el equilibrio osmótico y actúan junto con otros sistemas amortiguadores para mantener constante el pH del medio interno.

Función DEFENSIVA

Las inmunoglobulinas actúan como anticuerpos frente a posibles antígenos. La trombina y el fibrinógeno contribuyen a la formación de coágulos sanguíneos para evitar hemorragias. Las mucinas tienen efecto germicida y protegen a las mucosas. Algunas toxinas bacterianas, como la del botulismo, o venenos de serpientes, son proteínas fabricadas con funciones defensivas.

Función de TRANSPORTE

La hemoglobina transporta oxígeno en la sangre de los vertebrados. La hemocianina transporta oxígeno en la sangre de los invertebrados. La mioglobina transporta oxígeno en los músculos. Las lipoproteínas transportan lípidos por la sangre. Los citocromos transportan electrones.

Función CONTRACTIL

La actina y la miosina constituyen las miofibrillas responsables de la contracción muscular. La dineína está relacionada con el movimiento de cilios y flagelos.

Función DE RESERVA

La ovoalbúmina de la clara de huevo, la gliadina del grano de trigo y la hordeína de la cebada, constituyen la reserva de aminoácidos para el desarrollo del embrión.

2.2.5. Proteínas del espárrago.

Los espárragos verdes poseen una cantidad de 2.25g. de proteínas por cada 100 gramos. Estas proteínas son utilizadas por el organismo para formar nuevas proteínas, que son los responsables de construir tejidos, como los de la masa muscular, también regulando los fluidos del organismo entre otras funciones.

Las proteínas del espárrago verde se encuentran en la categoría de verduras frescas, estas son conformadas por aminoácidos como ácido aspártico, cistina, alanina, fenilalanina, arginina, histidina, glicina, leucina, isoleucina, lisina, prolina, leucina, prolina, metionina, triptófano, tirosina, treonina y valina. Este grupo de aminoácidos se combinan para la formación de las proteínas del espárrago verde.

Nuestro cuerpo utiliza las proteínas presentes en los espárragos verdes para fabricar los tejidos que estructuran nuestros músculos. Estas proteínas son además útiles y necesarias con el fin de mantener nuestros músculos ya que, con un déficit de estas proteínas en nuestro cuerpo, tal como las aportadas por los espárragos verdes, pueden causar debilidad y reducción paulatina de nuestra masa muscular.

Estas proteínas presentes en los espárragos verdes se van descomponiendo en aminoácidos al ingresar a nuestro organismo para una correcta asimilación.

Las proteínas sintetizadas por el cuerpo, además de ser utilizadas para crear nueva masa muscular, están asociadas adicionalmente a funciones fisiológicas

sin las cuales, nuestro cuerpo no tendría la opción de perdurar. Las proteínas vegetales son consideradas macromoléculas formadas por la unión de aminoácidos provenientes de organismos vegetales.

Algunos aminoácidos fundamentales para el organismo, son imposibles de ser sintetizados por el cuerpo humano, por este motivo necesitamos ingerirlos mediante la dieta.

Las proteínas de origen animal poseen un **alto valor biológico** debido a que contienen todos los aminoácidos esenciales necesarios para nuestro organismo. A diferencia de las proteínas de origen vegetal que carecen de algunos aminoácidos esenciales o los contienen en proporciones muy pequeñas y, por lo tanto, debemos equilibrar adecuadamente estos alimentos para lograr suplir estas carencias.

No obstante, según la OMS que advirtió en múltiples ocasiones sobre el consumo inadecuado de proteínas animales, que adicionalmente conllevan grasas saturadas en estos, superando a lo recomendable, en comparación de las proteínas vegetales. Por ende, la OMS recomienda una porción resultante al ingerir proteínas, por cada 100 gramos de estas, el 20% deben ser animales y el 75% vegetales. El correcto equilibrio de estos es por tanto muy importante y necesario.

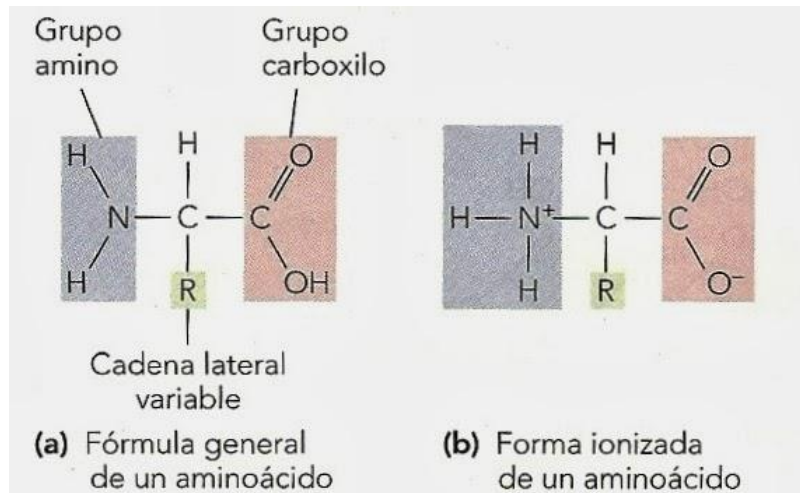
Otros **beneficios** importantes para la salud adquiridas por la ingesta proteínas de origen vegetal:

- Sus fuentes alimenticias contienen **menos grasas**.

- No aportan calorías en exceso, además son muy **saciantes**.
- Ayudan con el tránsito intestinal debido a su alto contenido de **fibras**.
- Aportan **minerales y vitaminas**.
- Evitan el envejecimiento celular, al ser **ricos en antioxidantes**.
- Son muy fáciles de digerir.
- Ayudan a eliminar las toxinas, al **no sobrecargar a los riñones y el hígado**.

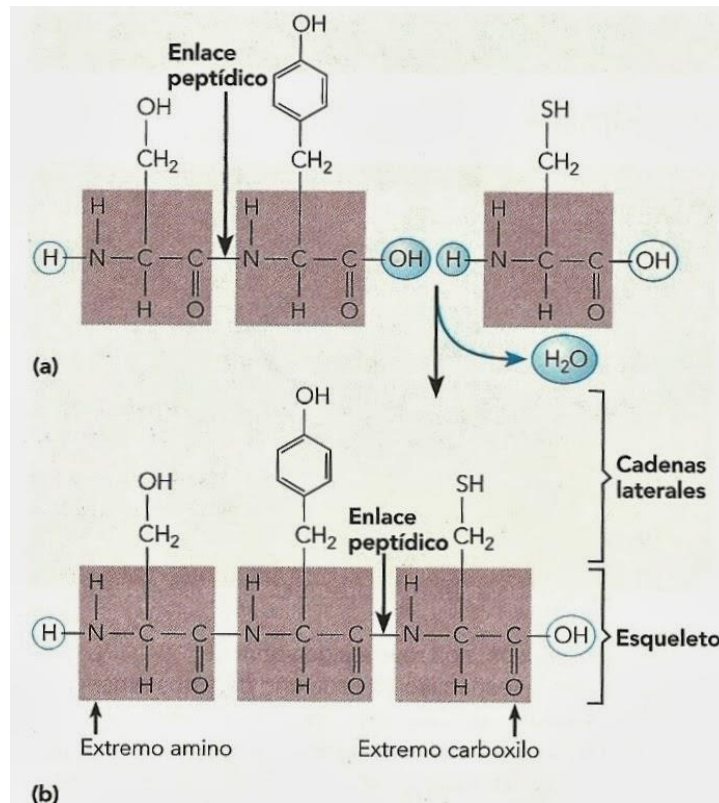
Existen 20 aminoácidos que las células utilizan en diversas combinaciones para formar miles de proteínas diferentes. Cada aminoácido posee la misma estructura básica, que consiste en un átomo de carbono central al cual están unidos un grupo amino (-NH₂), un grupo carboxílico (-COOH), un átomo de hidrógeno y una cadena lateral variable conocida como grupo R. Dentro del pH neutro de una célula, el aminoácido posee generalmente una forma ionizada, en la que el grupo carboxilo pierde un protón (H⁺) mediante la ionización, mientras que el grupo amino gana un protón.

El grupo R es el que distingue cada aminoácido del resto y determina las propiedades del aminoácido en cuestión. Por ejemplo, algunos aminoácidos son solubles en agua, mientras que otros no. Además de los 20 aminoácidos utilizados para fabricar proteínas, existen otros que cuentan con otras funciones, como proporcionar energía y aportar parte de la estructura de hormonas como la auxina. Con todo, los aminoácidos suelen actuar como ladrillos de las proteínas.



Algunas de las moléculas más abundantes en la tierra son proteínas, que suponen el 50% o más del peso seco de la mayoría de los seres vivos. En las células vegetales, las proteínas son el segundo tipo de moléculas más común, después de los carbohidratos y comprenden entre un 10% y 15% del peso seco de una célula normal.

A menudo, la mayor concentración de proteínas en los vegetales se localiza en las semillas; en algunas, hasta un 40% del peso seco pueden ser proteínas. La mayoría de proteínas de las células vivas son enzimas, que ayudan a acelerar las reacciones químicas. Las proteínas estructurales, como la actina y la tubulina, son partes importantes del citoesqueleto. Las proteínas de reserva proporcionan aminoácidos libres a las semillas germinantes.

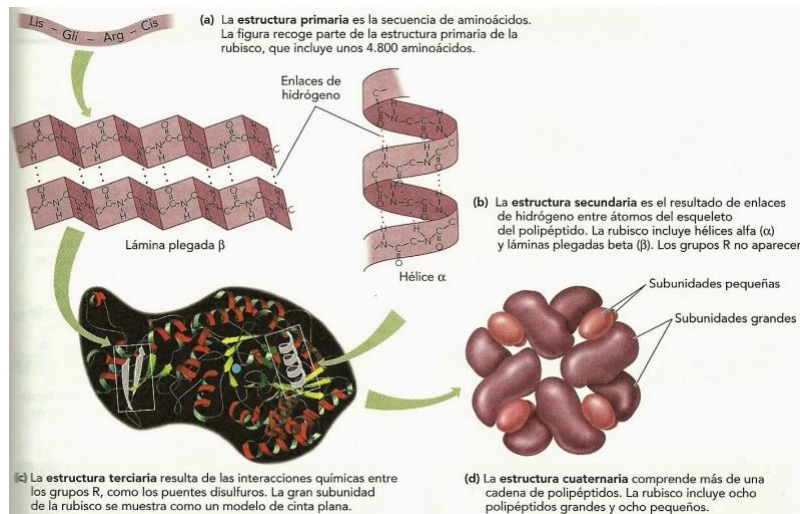


- (a) Mediante síntesis por deshidratación, los monómeros de aminoácidos se unen en enlaces peptídicos para formar una cadena.
- (b) Dado que se forman mediante numerosos enlaces peptídicos, las proteínas también se conocen como polipéptidos. En un enlace peptídico, el carbono del grupo carboxilo se une con el nitrógeno del grupo amino del siguiente aminoácido. Los enlaces peptídicos se forman uno cada vez, comenzando por el aminoácido en el extremo amino del polipéptido, hasta que se sintetiza la proteína.

Los aminoácidos se unen para formar proteínas mediante reacciones de síntesis por deshidratación que comportan enlaces peptídicos, razón por la que un polímero de aminoácidos se denomina polipéptido. La mayoría de las proteínas están compuestas por un único polipéptido, pero algunas presentan más de uno. Una proteína puede poseer cientos o incluso miles de aminoácidos.

La secuencia de aminoácidos de una proteína, conocida como estructura primaria, puede ser muy variada porque teóricamente, cada posición en una proteína puede ocuparla cualquiera de los 20 aminoácidos diferentes como resultado de tal diversidad, las proteínas poseen una estructura mucho más variable que la de los polímeros de azúcar, que generalmente están constituidos por una única subunidad que se repite.

En la gran mayoría de las proteínas, los enlaces de hidrógeno son formados entre hidrógenos y nitrógenos, en el esqueleto de aminoácidos, unidos por enlaces peptídicos, de la proteína. Estas interacciones dan lugar a varios tipos de giros y plegamientos locales conocidos como estructura secundaria. En concreto suelen formarse hélices alfa (α) y láminas plegadas beta (β).



Niveles estructurales de las proteínas

Los grupos R interactúan para formar la estructura terciaria, el modelo general tridimensional de plegamiento de una proteína. Las hélices y láminas plegadas de la estructura secundaria se incorporan a la estructura terciaria, proceso que se estabiliza principalmente mediante interacciones carga-carga y enlaces covalentes fuertes denominados puentes disulfuros, que se forman entre

aminoácidos que contienen azufre, como la cisteína. Con frecuencia, las proteínas conocidas como proteínas celadoras ayudan a plegar las cadenas proteínicas en su configuración final. Por lo general, la secuencia primaria de aminoácidos en una proteína formará las configuraciones secundaria y terciaria preferidas por su estabilidad energética.

El calor puede romper la estructura terciaria de una proteína mediante un proceso denominado desnaturalización, como sucede cuando la clara de huevo se vuelve de color blanco opaco al cocerla.

La estructura cuaternaria aparece cuando una proteína contiene más de una cadena de polipéptidos, como en el caso de la enzima vegetal RuBisCO, que inicia el proceso de conversión del CO₂ en azúcar durante la fotosíntesis. Dicha proteína, compuesta por ocho polipéptidos grandes y ocho pequeños, es un complejo proteínico con un peso molecular casi equivalente a 500000 veces el peso molecular de un átomo de hidrógeno.

Los genes de cada organismo suministran las instrucciones para realizar la síntesis de proteínas a partir de aminoácidos. Un ser humano adulto no puede fabricar ocho de los 20 aminoácidos necesarios para sintetizar las proteínas. Además, un niño no puede fabricar un noveno aminoácido, la histidina. Los aminoácidos que el cuerpo humano no puede fabricar se denominan aminoácidos esenciales, porque han de ser obtenidos en la dieta. Puesto que la mayoría de las proteínas vegetales carecen de uno o más de estos aminoácidos, las dietas vegetarianas deberían supervisarse estrictamente para tener la certeza de que aportan todos los aminoácidos necesarios.

Las proteínas vegetales se emplean ampliamente en la preparación de alimentos balanceados y productos dietéticos, estas normalmente son incoloras y deficientes en uno o varios aminoácidos esenciales, por lo que

deben ser mezcladas con otras proteínas para lograr un equilibrio idóneo en su composición.

La proteína del espárrago, al igual que la proteína del algodón se consideran las más completas en cuanto a aminoácidos y además poseen ciertas propiedades que las hacen especiales para ser usadas en alimentos preparados. Estas propiedades son: su excelente capacidad para solubilizarse, emulsionarse, dispersarse, gelatinizarse o texturizarse, en los diferentes medios en los que son añadidas durante su uso.

Las proteínas presentes en las partes arbustivas de la planta de espárrago no presentan coloración alguna, pero tienden a oxidarse si se emplean medios ácidos o alcalinos muy fuertes para su obtención. Por este motivo es preciso previamente desarrollar una serie de ensayos para lograr las concentraciones adecuadas de reactivo que no afecten sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.

Las muestras de la parte arbustiva del espárrago (chapodo) empleadas en el desarrollo de la parte experimental fue adquirida en los campos de cultivos, aledaños a la ciudad de Ica (Pampas de Villacurí). Se recolectó un total de 10 kg.

3.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS.

Las muestras recolectadas fueron traídas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica, donde se procedió a lavarlas, con abundante agua corriente para eliminar de su superficie la tierra adherida, lo cual se logró rápidamente aplicando frotación manual. Una vez limpias se dejaron escurrir, para luego proceder al trozado. Con un cuchillo de acero inoxidable se procedió a trozar las muestras, para luego colocarlos en una bandeja e introducirlos a una estufa de secado. Con el espárrago seco se alimentó la tolva del molino de martillo y se pulverizó hasta malla – 100, granulometría adecuada para llevar a cabo los ensayos correspondientes para caracterizar la muestra a emplear en la parte experimental.

3.3. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA.

Las muestras, se sometieron a ensayo para determinar su composición proximal. Dichos ensayos se basan en los métodos generales de análisis propuestos por la A.O.A.C. y que incluyen la determinación de la humedad por el método de la estufa de aire, determinación de grasas, determinación de fibras, determinación de proteínas, determinación de cenizas y determinación de carbohidratos, métodos que se describen a continuación:

- a. Determinación de la Humedad.
(Método de la estufa de aire).**

Se pesó un vidrio de reloj y se agregó a este 5 g de muestra, para luego colocarlos en una estufa a 130°C por 3 horas. Transcurrido este tiempo se retiró de la estufa y se dejó enfriar en el desecador. Se pesó y se repitió el procedimiento por media hora a la misma temperatura, hasta obtener peso constante. Luego por diferencia de pesos se calculó el porcentaje de humedad y el porcentaje de materia seca de la muestra, con ayuda de las siguientes expresiones:

$$\%H = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 - \% \text{ de la Humedad}$$

**b. Determinación de grasa total.
(Método de Soxhlet).**

Para la determinación de grasa por este método se debe usar muestra deshidratada por cualquier método indicado por la AOAC, pero en lo posible, la muestra debe ser previamente secada a peso constante a 130°C. por un período de 3 horas y enfriada posteriormente en una campana que contenga una sustancia deshidratante. Poner a secar en una estufa a 130°C el matraz que va a usar. Luego de una hora, sacar el matraz de la estufa y ponerlo a enfriar en una campana. Pesar el matraz frío. Pesar 10 g de muestra secada como se indica más arriba, empaquetándola en un pedazo de papel filtro Whatman N°2. Seguidamente, conectar la fuente de calor. El solvente (hexano) al calentarse se evapora y asciende a la parte superior del equipo. Allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando

posteriormente al matraz por sifón, arrastrando consigo la grasa, el ciclo es cerrado, y la velocidad de goteo del hexano debe ser de 45-60 gotas por minuto.

El proceso dura 3 horas. El matraz debe sacarse del aparato cuando contiene poco hexano (momentos antes de que éste sea sifoneado desde la cámara extractora). Evaporar el hexano remanente en el matraz en una estufa y enfriarla en una campana que contenga sustancias deshidratantes.

Cálculos:

$$\% G = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**c. Determinación de las Cenizas.
(Método de la mufla eléctrica).**

Se coloca un crisol limpio y tarado con 2 g de muestra desgrasada en el horno de mufla a 600°C durante 12 horas. Después se traslada el crisol a un desecador para enfriar a temperatura ambiente, cuando está frío, se pesa el crisol tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de humedad.

Se repite la operación las veces que sean necesarias para tener peso constante, luego se calcula el porcentaje de cenizas con la fórmula siguiente:

$$\%C = \frac{\text{Peso de la ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**d. Determinación de Proteínas.
(Método microKjeldahl).**

Principio.

Se digesta la muestra en ácido sulfúrico, utilizando sulfato de cobre pentahidratado como catalizador sulfato de potasio como elevador del punto de ebullición, para liberar el nitrógeno de la proteína y retener el nitrógeno como sal de amonio. Se añade NaOH concentrado para liberar amoníaco, el cual es destilado y recolectado en solución de ácido bórico y luego titulado.

Equipo.

- Matracas de digestión Kjeldahl. De vidrio duro, con un espesor moderado y bien reconocido. Capacidad total de aproximadamente 100 mL.
- Matracas de destilación del mismo tipo con capacidad para 500 mL y cuello esmerilado que se adapta a un sistema que posee un embudo dosificador de NaOH y una trampa para evitar el arrastre del hidróxido de sodio durante la destilación. Conectar el extremo superior del bulbo al tubo condensador mediante una tubería de caucho. Utilizar un matraz Erlenmeyer de 125 mL, graduado para recolectar el destilado. Colocar la salida del condensador de tal manera que se asegure la absorción total de NH_3 destilado en ácido bórico.
- Bureta de destilación clase A o equivalente.

Reactivos:

- Ácido sulfúrico al 98% libre de nitrógeno.

- Catalizador de sulfato de cobre y sulfato de potasio libre de nitrógeno.
- Solución de hidróxido de sodio al 50% p/p libre de nitrato.
- Solución indicadora de rojo metilo. Disolver 0,2 g de rojo metilo y diluir a 100 mL en etanol al 95%.
- Solución de ácido bórico al 2%.

Preparación de la muestra.

Se pesó 1 g del catalizador conteniendo 0,05 g de sulfato de cobre y 0.95 de sulfato de potasio y se echó en el matraz de digestión limpio y seco. Se agregó 0,3 g de la muestra y finalmente se agregó 4 mL de ácido sulfúrico puro para análisis de 98% de concentración y 1,84 g/mL de densidad.

Digestión.

Se colocó el matraz en una posición inclinada sobre el calentador dentro de la campana extractora. Se comenzó a calentar a fuego lento de tal forma que no forme espuma en el cuello del matraz Kjeldahl. A esa temperatura se dirigió aproximadamente 20 minutos o hasta que aparecieron los humos blancos, luego se incrementó el calor. Una vez que la muestra se aclaró (hasta que alcanzó un color azul-verde claro), se siguió hirviendo durante 1 hora y media a máxima temperatura.

Al término de la digestión, la muestra digestada debe estar clara y libre de material sin digerir. Se dejó enfriar la muestra digestada hasta temperatura ambiente aproximadamente durante 25 minutos. Luego se agrega 50 mL de agua destilada y se agitó con movimientos giratorios para mezclar, luego se adicionó 50 mL más. Se dejó enfriar la mezcla antes de destilarla.

Destilación.

Se conectó el agua corriente al condensador del equipo. Se añadió 50 mL de ácido bórico con indicador rojo metilo en un Erlenmeyer de 125 mL graduado el cual se colocó en la punta del condensador de tal forma que el terminal de este último éste inmerso en el líquido. Se dejó caer el hidróxido de sodio que se ha llenado en el embudo dosificador y se calentó el contenido del matraz hasta que se haya destilado todo el amoníaco (mayor o igual a 125 mL de destilado). Una vez alcanzado este volumen se bajó el Erlenmeyer y se dejó drenar el líquido por la punta del condensador. Se desconectó el calentador.

Titulación.

El destilado se pasó a un Erlenmeyer de mayor capacidad (250 mL) y se tituló con ácido sulfúrico 0,1N hasta coloración roja inicial

Cálculo.

El porcentaje de proteínas presente en el espárrago se calcula con la fórmula:

$$\% P = \frac{\text{Vol H}_2\text{SO}_4 \times N \times \text{Meq.N} \times F}{P \text{ muestra}} \times 100$$

Dónde:

Vg = ml. de H₂SO₄ gastados.

N = Normalidad del ácido.

Meq N = Miliequivalente del nitrógeno (0,014)

Pm = Peso de la muestra.

F = Factor de la muestra.

f. Determinación de la Fibra Cruda

Se pesó un gramo de muestra y se echó en un vaso de 600 mL para que hierva durante 30 minutos con 200 mL de H₂SO₄ al 1,25 %. Durante la ebullición hay que cuidar de que no descienda el nivel del líquido por evaporación constante, agregando pequeñas porciones de agua destilada caliente al vaso. Luego filtrar y lavar con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez. El residuo sólido se puso nuevamente en el vaso de 600 mL, se añadió 200 mL de NaOH 1,25 % y se mantuvo en ebullición por 30 minutos más (cuidando durante todo este tiempo que el nivel del líquido no descienda por evaporación). Filtrar al vacío en una cápsula de cerámica porosa lavando con agua destilada caliente. Luego poner a la estufa por 2 horas y pesar (P₁) . Luego se coloca a mufla para eliminar la materia orgánica y se pesa nuevamente (P₂).

Cálculos:

$$\%F = \frac{P_1 - P_2}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

g. Determinación de carbohidratos.

Los carbohidratos presentes en la muestra de espárrago, se determinaron por diferencia, sumando los valores de las determinaciones anteriores y restando de 100.

$$\% \text{Carb.} = 100 - (\%H + \%G + \%P + \%F + \%C)$$

3.4. OBTENCIÓN EXPERIMENTAL DE LA PROTEÍNA.

Para la obtención de la proteína a partir de los desechos del espárrago se hicieron corridas, siguiendo los pasos que a continuación se describen:

LAVADO.

El arbusto de espárrago recolectado se somete a lavado con abundante agua y frotación mecánica para eliminar la tierra que se encuentra adherida a su superficie. El agua utilizada es agua corriente que se hace circular para de esa manera arrastrar toda la tierra y la suciedad, de tal forma que el arbusto no tenga contacto con ella nuevamente.

TROZADO.

Una vez limpio el espárrago y escurrido se procede a trozarlo con un machete a fin de obtener pequeños trozos que permitan colocarlo con comodidad en la marmita para su secado.

SECADO.

El arbusto de espárrago trozado se coloca en las parrillas de un horno de secado, se selecciona una temperatura de 40°C y se deja en el durante 48 horas a fin de que se elimine toda la humedad.

MOLIENDA.

Una vez seco el espárrago, se procede a triturarlo utilizando para ello un molino de martillo, hasta obtener partículas del orden de 0,5 mm, lo cual se obtiene después del tamizado.

TAMIZADO.

La masa sometida a molienda hace pasar por tamices de diferentes mallas para obtener partículas cuyos diámetros sean de 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 y 2,5 que luego permitan verificar que granulometría es la adecuada.

DECOLORACIÓN

La decoloración de la muestra se hará tratándola con alcohol etílico de 96° a fin de eliminar los pigmentos de la planta como son las xantófilas y la clorofila, las cuales le dan cierto tono oscuro a la proteína obtenida, luego se elimina el alcohol y se lava la muestra para luego secarla.

ALCALINIZACIÓN

La muestra decolorada se trata con una solución diluida de álcali a temperatura moderada y después se filtra para eliminar la parte sólida, la cual previamente se lava para arrastrar con el líquido todo el extracto alcalino.

PRECIPITACIÓN

Se enfría el filtrado y se adiciona el ácido para precipitar la proteína. Se deja decantar la proteína en un recipiente y luego se filtra para eliminar el líquido, quedando retenido en el filtro la proteína, que luego se seca a temperatura no mayor de 40°C.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS.

4.1.1. Del análisis de la materia prima.

TABLA 4.1
RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL
ESPÁRRAGO

COMPONENTE	CONTENIDO
Humedad, %	40,75
Fibra, %	13,41
Proteínas, %	3,85
Cenizas, %	4,28
Grasas, %	0,96
Carbohidratos, %	41,74

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.1 muestra los resultados del análisis de composición química de la parte arbustiva del espárrago, en la que se ve un 3,85% de proteínas y un 13,41 % de fibra, teniendo además una gran concentración de carbohidratos (41,75 %).

4.1.2. Del estudio con el espárrago.

TABLA 4.2
TEMPERATURA DE SECADO Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS

TEMPERATURA, °C	% DE PROTEÍNAS
30	3,85
35	3,84
40	3,80
45	3,62
50	3,24

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.2 muestra los resultados del efecto de la temperatura sobre la concentración de proteínas presente en la parte arbustiva del espárrago, como se puede observar conforme aumenta la temperatura, la degradación de las proteínas es más rápida, obteniéndose un bajo contenido de esta en los ensayos. La temperatura de 40°C es la adecuada para el secado.

TABLA 4.3
TIEMPO DE SECADO Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS

TIEMPO, horas	TEMPERATURA, °C	% PROTEÍNAS
12	40	3,83
24	40	3,82
36	40	3,81
48	40	3,80

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.3 muestra los resultados del tiempo sobre la proteína, como se observa a una temperatura invariable de 40°C la concentración de proteína varía en forma no significativa con el tiempo de tratamiento térmico. En 48 horas su valor desciende de 4,85 % a 3,80 %.

TABLA 4.4
TIEMPO DE SECADO Y PORCENTAJE DE HUMEDAD EN EL MATERIAL TRATADO

TIEMPO	TEMPERATURA	% HUMEDAD
12	40	36,7
24	40	21,4
36	40	9,6
48	40	4,7

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.4. muestra los resultados entre el tiempo de secado y el porcentaje de humedad en el material tratado (arbusto de espárrago), en ella podemos ver que conforme pasa el tiempo la eliminación de la humedad es mayor y en 48 horas se logra eliminar el máximo de humedad, quedando solo un 4,7 % de ella.

TABLA 4.5
TAMAÑO DE PARTÍCULA Y PORCENTAJE DE PROTEÍNA

DIAMETRO DE LA PARTÍCULA, mm	% PROTEÍNA
0,5	3,80
1,0	3,73
1,5	3,61
2,0	3,45
2,5	3,23

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.5 se muestran los resultados de los ensayos hechos con material de diferente granulometría, para establecer el diámetro óptimo para una extracción eficiente de la proteína, según los resultados el menor diámetro (0,5 mm) permite una extracción eficiente 3,80 %.

TABLA 4.6

TIEMPO DE DECOLORACIÓN CON ALCOHOL Y PORCENTAJE DE PROTEÍNA

TIEMPO DE DECOLORACIÓN, Horas	% PROTEÍNA
2	3,80
4	3,80
6	3,80
8	3,80
10	3,80
12	3,78

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas realizadas para establecer el tiempo de maceración del material arbustivo con alcohol de 96° y su efecto en la cantidad de proteínas recuperadas, muestran, según la tabla 4.6 que recién después de la hora 10 se inicia una degradación de estas, obteniéndose un menor porcentaje de proteínas (3,78 %).

TABLA 4.7

SELECCIÓN DEL HIDRÓXIDO EMPLEADO EN LA ALCALINIZACIÓN DE LA MUESTRA

HIDRÓXIDO	% PROTEÍNA
Hidróxido de potasio (KOH)	3,67
Hidróxido de sodio (NaOH)	3,80
Hidróxido de Amonio (NH ₄ OH)	3,52
Hidróxido de calcio (Ca(OH) ₂)	3,80

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.7 muestra los resultados de las pruebas hechas para seleccionar el hidróxido a emplearse en la extracción de la proteína, como se observa tanto el hidróxido de sodio como el de calcio tienen el mismo efecto, pero el primero resulta más barato y fácil de encontrar en el mercado.

TABLA 4.8

SELECCIÓN DEL ACIDO EMPLEADO EN LA EXTRACCIÓN DE PROTEINAS

ÁCIDO	% PROTEÍNA
Ácido nítrico (HNO ₃)	3,55
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	3,72
Ácido clorhídrico (HCl)	3,80
Ácido fosfórico (H ₃ PO ₄)	3,48
Ácido acético (C ₂ H ₄ O ₂)	3,12

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.7 muestra los resultados de las pruebas hechas para seleccionar el ácido a emplearse en la extracción de la proteína, como se observa tanto el ácido clorhídrico es el que permite una recuperación óptima, mientras que los otros no lo permiten.

TABLA 4.9
CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL NaOH PARA LA EXTRACCIÓN DE LA
PROTEÍNA

CONCENTRACIÓN DEL NaOH	% PROTEÍNA
0,1 N	3,68
0,2 N	3,73
0,3 N	3,78
0,4 N	3,80
0,5 N	3,80
0,6 N	3,80

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.9 muestra los resultados de las pruebas hechas para seleccionar la concentración de NaOH necesario para la extracción de la proteína, como se puede ver en los resultados dados, es necesario una concentración de 0,4 normal para lograr tales resultados (3,80 %)

TABLA 4.10

CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL HCl EN LA EXTRACCIÓN DE LA PROTEÍNA

CONCENTRACIÓN DEL HCl	% PROTEÍNA
0,1 N	3,55
0,2 N	3,63
0,3 N	3,69
0,4 N	3,74
0,5 N	3,79
0,6 N	3,80

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.10 muestra los resultados de las pruebas hechas para seleccionar la concentración del HCl a emplearse en la extracción de la proteína, como se observa es necesaria una concentración de 0,6 N de ácido para lograr la máxima proporción de proteína extractada.

TABLA 4.11

**PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS DE LOS
DESECHOS DEL ESPÁRRAGO**

PARÁMETRO	MAGNITUD
Temperatura de secado, °C	40
Tiempo de secado, horas	48
Porcentaje de humedad, %	4,7
Tamaño de partícula, mm	0,5
Tiempo de decoloración, horas	10
Hidróxido seleccionado	NaOH
Ácido seleccionado	HCl
Concentración del NaOH, N	0,4
Concentración del HCl, N	0,6

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.11 muestra los resultados de las pruebas hechas para establecer los parámetros óptimos para la extracción de proteína a partir de los desechos del espárrago, por el método base-acido.

4.2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para desarrollar la parte experimental de la tesis nos hemos basado en la información teórica que considera que se ha demostrado la efectividad de los métodos de extracción acuosa, basados en el método de Osborne (Osborne, 1924). Las principales proteínas vegetales, las globulinas albúminas y proteosomas, son solubles en agua, y precipitan cuando alcanzan su punto isoelectrico, el cual depende de cada proteína en cada especie.

El medio acuoso en el que se encuentren puede ser acidificado, para alcanzar su punto isoelectrico, y de esta manera desnaturar y precipitar la proteína.

El punto isoelectrico es el pH, al cual un poliantófito – una molécula muy grande- como por ejemplo una proteína tiene carga cero. Esto se da cuando los iones de hidrógeno sueltos, se combinan con la estructura proteica, dando lugar a cambios en la estructura proteica que conllevan a su precipitación, debido a que pierden solubilidad.

El calentamiento, además, provoca cambios en la estructura proteica, que causa también la desnaturación y la posterior precipitación de las proteínas (McKee & McKee, 2009). Para llegar al punto isoelectrico y obtener un coagulado proteico de grado alimenticio, es necesario utilizar un ácido, no tóxico, que acidifique la solución a pH 4, a cuya acidez casi todas las proteínas presentes habrán precipitado (Martínez-Maqueda et al, 2013) o bien, puede calentarse el líquido extraído hasta los 84°C, lo que provocará igualmente la formación de un coágulo de proteína (Telek, 1978).

Según Virabalin et al (1993) el zumo obtenido de la extracción, y ya filtrado se centrifuga a 1465 rpm durante 3 minutos, y se elimina la fracción transparente. El método requiere que el jugo obtenido se acidifique a pH 4.0 y se caliente a 82°C durante 5 minutos. En ambos casos, el concentrado proteico foliar, es el resultado del precipitado luego de haber sido secado. Para realizar el secado, Telek (1978) y otros autores, concuerdan en el secado introduciendo la muestra

en un horno especial de laboratorio a 50-60°C para eliminar el exceso de humedad, durante un máximo de 24 horas.

El procedimiento seguido en esta tesis es similar, sin embargo, el método exige primeramente la decoloración y luego la alcalinización con el fin de romper las células vegetales y permitir la evacuación de las proteínas, el tiempo de permanencia en la solución alcalina debe ser de cuatro a cinco horas, a fin de lograr buenos resultados. Después de este tratamiento es necesario llevar el extracto a pH ácido neutralizando primero el NaOH de exceso y luego acidificando hasta pH 4. La proteína extractada, poco a poco va precipitando y sedimentándose en el fondo del recipiente, con un rendimiento del 98,7%.

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado experimentalmente los parámetros adecuados para la extracción de la proteína de la parte arbustiva del espárrago, empleando hidróxido de sodio 0,4 N y ácido clorhídrico 0,6 N, empleando para ello agitación.
2. El tamaño de la partícula al cual se ha pulverizado la planta y permite un mayor rendimiento es de 0,5 mm.
3. Experimentalmente se ha determinado que la concentración del NaOH empleado para la extracción es de 0,4 N.
4. La concentración adecuada del ácido necesario para precipitar las proteínas, fue de 0,6 N.
5. La calidad de la proteína obtenida es similar a la que se encuentra en el mercado nacional y que se utiliza para la preparación de piensos y alimentos balanceados para animales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer el correspondiente estudio sobre el envasado de la proteína de espárrago, bajo condiciones de atmósfera modificada y las ventajas de este sistema.
2. Hacer un estudio sobre el tiempo de conservación de la proteína elaborada y envasada según el método propuesto.

FUENTES DE INFORMACION

BOYER, N.- "Posibles Causas de Error en la Determinación de Proteínas" - Lima -
Publicación Técnica CERPER - 2015 - Pág 15- 23.

BRAVERMAN, J.- "Introducción a la Bioquímica de Alimentos" - México D.F. - Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V. - 2016 - Pág. 42-71.

COLLAZOS, C. Y OTROS.- "La Composición de Alimentos de Mayor Consumo en el Perú" - Lima - Ministerio de Salud, Instituto de Nacional de Nutrición - Sexta Edición - 2013 - Pág. 251-260.

FIESER, L. Y FIESER, M.- "Química Orgánica Superior" - México D.F. - Ediciones Grijalbo, S.A. - 2009 - Pág. 867-946.

FINAR, I.- "Química Orgánica, Estereoquímica y Química de los Productos Naturales" - Madrid - España - Editorial Alhambra S.A. - 2017 - Pág. 1123-1158.

GROS, E Y OTROS.- "Introducción al Estudio de los Productos Naturales" - Washington DC - Editora Eva V. Chesneau - 2014 - Pág. 87-112.

HART, L. Y FISHER, H.- "Análisis Moderno de los Alimentos" - Zaragoza-España - Editorial Acribia - 2016 - Pág. 78-95.

HAWLEY, G.- "Diccionario de Química y Productos Químicos" - Barcelona - Ediciones Omega S.A. - 2015 - Pág. 567-571.

LEES, R.- "Análisis de los Alimentos" - España -Editorial Acribia - 2015 - Pág. 60-81.

LOCK, O.- "Investigación Fitoquímica" - Lima - Pontificia Universidad Católica del Perú (PUC). Fondo Editorial - 2008 - Pág. 56-79.