

Universidad Nacional Agraria de la Selva

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E
INGENIERIA DE ALIMENTOS**



**"OBTENCION DE HARINA A PARTIR HOJA DE
ERYTHRINA (*Erythrina edulis*) PARA
ALIMENTACION HUMANA"**

T E S I S

Para optar el título de

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por

Rafael Vega Díaz

TINGO MARIA - PERU

2 0 0 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

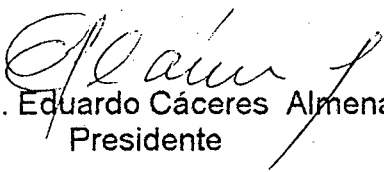
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 14 de Diciembre del 2001, a horas 7:05 pm., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Rafael Vega Díaz**.

“**Elaboración de Harina de Hoja de erythrina (Erythrina Edullis).**”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran aprobado con el calificativo de **Bueno**, en consecuencia el Bachiller: **Rafael Vega Díaz**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 43° y 45° del Estatuto y los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, Diciembre 14 del 2001


Ing. Eduardo Cáceres Almenara
Presidente


Ing. Pedro Vejarano Jara
Vocal


Ing. Gunter Daña Rengifo
Vocal


Ing. Elizabeth Ordóñez Gómez
Patrocinadora

DEDICATORIA

A mis padres :

BELERMINO Y JULIA, con
mucho cariño y respeto.

A mi esposa e hijo **KARINA PAOLA**
y **GIANLUKA RAFAEL**, con mucho
Amor y cariño.

A mis hermanos :

Saúl, Noemi, Benilda, Lilia, Milena,
Celia, Orlando, Walter, y Clerida,
por su aprecio y apoyo moral

A la memoria de mi gran amigo :

NIKOLAI ZARATE C.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. MS of Science ELIZABETH ORDOÑEZ G. , por el asesoramiento y gran apoyo en el presente trabajo de investigación.

Al Ing. EDUARDO CACERES A., por su gran apoyo moral y orientación del trabajo de investigación.

Al Ing. ALIPIO ORTEGA R. , por su apoyo en evaluación toxicológico.

INDICE

	Pag.
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	3
I. INTRODUCCION.....	5
II. REVISION DE LITERATURA.....	6
A. ASPECTOS GENERALES DE LA ERYTHRINA.....	6
1. Características generales.....	6
2. Clasificación taxonómica de la erythrina.....	10
B. ASPECTOS GENERALES DE PROTEINAS.....	10
1. Desnaturalización de proteínas.....	11
2. Aspectos generales de los aminoácidos.....	11
3. Extracción química de proteínas vegetales.....	13
C. COMPONENTES NUTRICIONALES.....	16
1. Calorías provenientes de los alimentos.....	19
2. Calidad proteínica.....	20
D. HARINAS DE HOJAS DE PLANTAS TROPICALES.....	26
E. EVALUACION TOXICOLOGICA.....	27
1. Toxicidad aguda.....	27
2. Toxicidad a corto plazo	28
III. MATERIALES Y METODOS	29
A. LUGAR DE EJECUCION.....	29
B. MATERIA PRIMA.....	29

C. MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
1. Materiales.....	29
2. Equipos.....	30
D. METODOS DE ANÁLISIS.....	31
1. Humedad.....	31
2. Proteínas totales.....	31
3. Nitrógeno no proteico.....	31
4. Proteínas verdaderas.....	31
5. Grasa bruta.....	31
6. Fibra.....	31
7. Ceniza total.....	32
8. Ceniza soluble en agua.....	32
9. Minerales.....	32
10. Carbohidratos.....	32
11. Acidez titulable.....	32
12. Extracto acuoso.....	32
13. Valor calórico.....	32
14. Análisis microbiológico.....	32
15. Evaluación toxicológica.....	33
E. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	33
1. Evaluación de la edad de cosecha de la hoja de erythrina.....	33
2. Caracterización físico y químico proximal de la hoja de erythrina.....	33
3. Evaluación durante la maceración y termocoagulación.....	33

4. Caracterización del producto final.....	35
5. Evaluación durante el almacenamiento.....	35
6. Evaluación toxicológico del producto final en ratas albinas.....	35
7. Aplicación del productofinal como insumo en otros productos alimenticios.....	35
IIV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
A. OBTENCIÓN PRELIMINAR DE LA EDAD DE COSECHA EN LA HOJA DE ERYTHRINA.....	39
B. CARACTERIZACIÓN FÍSICO Y QUÍMICO PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA.....	40
C. EVALUACIÓN DEL MACERADO Y TERMOCOAGULACIÓN.....	41
1. Maceración de la hoja de erythrina.....	41
2. Termocoagulación ácida.....	48
D. PARÁMETROS DE PROCESAMIENTO Y BALANCE DE MATERIA DE LA HARINA PROTEICA DE HOJA DE ERYTHRINA.....	51
1. Parámetros de procesamiento.....	51
2. Balance de materia.....	54
E. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.....	54
1. Análisis bromatológico.....	54
2. Controles microbiológicos.....	57
F. EVALUACION DEL PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO	57

G. EVALUACION TOXICOLÓGICA DE LA HARINA PROTEICA DE ERYTHRINA.....	59
H. APLICACIÓN DEL PRODUCTO FINAL COMO INSUMO EN OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS.....	61
1. Aplicación de la harina proteica en panes.....	61
2. Aplicación de la harina proteica en mazamorra morada.....	63
V. CONCLUSIONES.....	68
VI. RECOMENDACIONES.....	69
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	70
VIII. ANEXOS.....	73

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con el fin de evaluar el valor nutritivo de la erythrina con el cual se cooperará en cierto sentido, en la solución del problema de mal nutrición en los sectores más deprimidos de nuestra zona, aportando la información necesaria en relación al método de elaboración de la harina, y las bondades que el producto ofrece al ser usado como insumo en la elaboración de algunos productos alimentarios.

La materia prima fue extraída de un lugar aledaño a la ciudad de Tingo María denominado Playa Tingo (Fundo Piña), que se encuentra ubicada 1 Km al Sureste de la ciudad. El trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en los laboratorios de Análisis de los Alimentos, Química, Control de Calidad y Microbiología de los Alimentos.

Durante la ejecución del trabajo se determinó los parámetros que más se ajustaban en la elaboración de harina proteica. En el macerado resultó como mejor sustancia extractora el hexametáfosfato de sodio al 95% en una concentración de 3% con una relación de 1/5 (Materia prima/ Sustancia maceradora.) y un tiempo de 1,5 horas, luego del cual se escurrió, enjuagó, se efectuó la molienda I, con una relación de 1/9 (Materia prima/ Agua.), se hizo el filtrado I, a continuación se hizo la termocoagulación a pH 5,0 y temperatura de 75°C, en la cual se usó HCl concentrado, luego se hizo el filtrado II para eliminar la solución acuosa, se secó en una estufa a 50°C por 12 horas, se hizo la molienda II y finalmente se envasó en bolsas de polipropileno de 100 g

aproximadamente para ser almacenados durante 3 meses.

La harina proteica de hoja de erythrina, en base seca, presenta un 56,90% de proteínas totales, 55,61% de proteínas digeribles y 56,59 de proteínas verdaderas, 18,35% de grasa bruta, 6,80% de fibra, 13,60% de carbohidratos y 4,76% de ceniza dentro de los cuales podemos encontrar minerales importantes como el Ca en 84,52 ppm y K en 46,10 ppm. Otro aspecto importante es que posee un Valor Calórico alto de 445,89 Kcal/100g de Materia seca..

El rendimiento del proceso de extracción de proteínas de hojas de erythrina es de 4,08%.

Mediante el análisis toxicológico a corto plazo se pudo comprobar que aparentemente no existe efectos secundarios en la rata en tratamiento en relación a la rata testigo al consumir la harina proteica durante 13 semanas.

En el análisis organoléptico, al utilizar la harina proteica como insumo en la elaboración de algunos alimentos como el pan de harina de trigo y la mazamorra morada, la sustitución se puede hacer hasta en 0,5% para el caso del pan, y 2% para el caso de la mazamorra morada, la que lo tomaron como aceptable los panelistas.

SUMMARY

The investigation work one carries out with the purpose of evaluating the nutritious value of the erythrina (*Erythrina edulis*) with which one cooperated in certain sense, in the solution of the problem of bad nutrition in the sectors most depressed of our area, contributing the necessary information in relation to the method of elaboration of the flour, and the kindness that the product offers when being used as input in the elaboration of some alimentary products.

The raw material was extracted of a place bordering to the city of Tingo María denominated Beach Tingo (Fundo Piña) that is located 1Km to the Southeast of the city. The work one carries out in the university: "Universidad Nacional Agraria de la Selva", in the following laboratories: Food Analysis , Chemistry, Quality Control and Food Microbiology.

During the execution of the work one determines the parameters that more they were adjusted in the elaboration of protein flour . In the macerated it result as better extraction substance the hexametaphosphate of sodium to 95% in a concentration of 3% with a relationship 1/5 (Raw Material/ Macerate) and a time of 1,5 hours, after which slipped, rinses, the mill was made, with a relationship of 1/9 (Raw Material /Water), the filtrate I was made, next the termocoagulation was made to a pH of 5.0 and a temperature of 75 C, in which it uses concentrated HCL, then the filtrate was made II to eliminate the watery solution, it dry in a stove to 50 C for 12 hours, the mill II was made and finally it packs approximately in bags of polipropylene of 100 g to be stored during 3 months.

The protein flour of erythrina leaf, in dry base, presents 56,90% of total proteins, 55,61% of digestible proteins and 56,59% of true proteins, 18,35% of raw fatty, 6,80 fiber%, 13,60% of carbohydrates and 4,76% of ash inside which we can find mineral important as the Ca in 84,52 ppm and K in 46,10 ppm. Another important aspect is that it possesses a high caloric value of 445,89 Kcal/100 gr of dry matter.

The yield of the process of extraction of proteins of erythrina leaves is of 4,08%.

By means of the toxicology analysis in short term it could be proven that seemingly secondary effects don't exist in the rat in treatment with relationship to the rat witness when consuming the protein flour during 13 weeks.

In the sensorial analysis, when using the protein flour as input in the elaboration of some foods like the bread of wheat flour and the sweet jellied of black corn, the substitution one can make until in 0,5% for the case of the bread, and 2% for the case of the sweet jellied of black corn, the one that they took it as acceptable the panelists.

I. INTRODUCCION

Haciendo una descripción y verificación de las innumerables especies vegetales no comunes, que existen en nuestro trópico, encontramos que muchas de ellas poseen un gran valor nutritivo. Entre estas se encuentra las hojas de erythrina (*erythrina edulis*), que contiene un alto porcentaje de proteínas.

Mediante una Investigación y técnica específica se puede verificar su alto contenido proteico y la forma de ser aprovechada.

Actualmente la pobreza en nuestro país es cada vez mas aguda por lo que se hace necesario buscar alimentos que sean nutritivos y económicos. Este trabajo, visto de distintas maneras, trata en cierto sentido de aliviar el problema, aportando algunas informaciones sobre este vegetal, que no se le da importancia, pero puede ser aprovechado en el enriquecimiento de muchos alimentos.

Este trabajo se efectuó entre 1998-2000 en lo cual se vio por conveniente plantear los siguiente objetivos:

- Determinar los parámetros óptimos en el flujograma de procesamiento para la obtención de harina proteica a partir de hoja de erythrina.
- Caracterizar físico-químico y toxicológicamente la materia prima y el producto.
- Determinar el porcentaje de sustitución de harina de hoja de erythrina en la elaboración de pan y mazamorra morada.

I. REVISION DE LITERATURA

A. ASPECTOS GENERALES DE LA ERYTHRINA

1. Características generales

Según Reyes (1986), la erythrina (*erythrina sp*) es un árbol que pertenece a la familia de las leguminosas, conocido comúnmente como bucaré, poro (Costa Rica), orapel, amasisa, erythrina (Perú), se hallan distribuidos en los trópicos y contiene numerosas especies.

La erythrina es un árbol leguminoso de gran desarrollo naturalmente distribuido desde la parte Oeste de Bolivia y la Amazonía peruana, al Norte de Panama y Venezuela, habiéndose extendido en Centroamérica y el Caribe , generalmente provistos de espinas cónicas en el tronco y las ramas, las hojas trifoliadas y anchas, flores racimosas grandes y vistosas; fruto lineal, semilla de color anaranjado; la madera es suave. Es evidente que las hojas como los tallos tiernos de la erythrina contienen concentraciones similares de nitrógeno, igualmente es conocido la gran preferencia por los animales al consumir las hojas.

Espinoza (1983), menciona que la erythrina tiene una fracción de nitrógeno total en promedio, en las hojas y tallos verdes, de 32,80%, el mismo autor menciona que la alta solubilidad del Nitrógeno no Proteico (NNP) en las porciones del poro, sugiere la posibilidad de que en una ración constituida principalmente por este forraje, una rápida fermentación produzca un exceso de NH_3 que no podría ser utilizado por

los microorganismos de los rumiantes. Asimismo, Benavides (1988), indica que el contenido de nitrógeno en el follaje de esta leguminosa es alto, variando entre 24,00-38,40%

Según Ríos (1981), la digestibilidad de las hojas de (*Erythrina sp*) tiene un contenido de 17,30% de proteínas digestibles y 65,90% de Nitrógeno digestible total (NDT), siendo estos valores superiores a otras leguminosas tropicales como el Kudzú (*Pueraria phasealoides*) con 16,10% de proteínas digestibles y 58,80% de NDT.

Según Saisavilca (1987), la digestibilidad in vitro disminuye grandemente, en relación directa del contenido de energía en la sección apical de la hoja y se puede explicar por la posible presencia de fenoles.

En el caso de la *erythrina poeppigiana*, la mayor digestibilidad se debe a que posee alto contenido de azúcares en su corteza llegando a valores del 70,00%.

La posición y la edad de las hojas dentro de las ramas influyen directamente en el contenido de nutrientes. La digestibilidad y el contenido de proteínas disminuye cuando la hoja es menos joven.

Se puede creer que la disminución de proteínas se deba a la traslocación del nitrógeno a las hojas más jóvenes, y en el caso de la digestibilidad posiblemente se deba al aumento de lignina.

Según Guerra (1988), dentro de los compuestos nitrogenados no proteicos (NNP) presentes en los vegetales son : aminoácidos, amidas, alcaloides, sales de amonio, nitratos, ácidos nucleicos, etc.

Cuadro 1. Proteínas y Aminoácidos de hojas de plantas tropicales y Subtropicales

Especificación	Tipo y Crecim. Habita	Cont. de Prot. Aminoac. (Prom. T.S.E) Libres
<i>Ricinus Comunsis</i>	P ^z hierba	41,30 ± 0,30 ^y 0,17 ^x
<i>Manordica Charantia</i>	A enredadera	32,50 ± 0,20 0,11 ^x
<i>Vigia Sirensis</i>	P enredadera	31,80 ± 0,80 0,18 ^x
<i>Manitiot esculenta</i>	P arbusto	31,60 ± 0,50 0,11 ^x
<i>Portulaca Oloracea</i>	P hierba	27,50 ± 0,30 0,24 ^x
<i>Socnium edule</i>	P enredadera	24,40 ± 0,00 0,16 ^x
<i>Morus alba</i>	P. árbol	23,90 ± 0,30 0,13 ^x
<i>Basella rubra</i>	P enredadera	23,30 ± 0,20 0,15 ^x
<i>Cajanus cajan</i>	P arbusto	23,30 ± 0,40 0,18 ^x
<i>Northopanay escutellatum</i>	P arbusto	22,40 ± 0,70 0,08 ^x
<i>Peperomia pellucida</i>	P hierba	21,40 ± 0,30 0,11 ^x
<i>Musa paradisiaca</i>	P herbaceus	20,90 ± 0,60 0,13 ^x
<i>Erythrina bertereana</i>	P árbos	20,40 ± 0,10 0,12 ^x
<i>Coffea arabica</i>	---	19,50 ± 0,20 0,07 ^x
<i>Hibiscus sinensis</i>	---	17,50 ± 0,20 ND ^w
<i>Ipomea pescaprae</i>	P hierba	16,30 ± 0,40 ND ^w
<i>Bauchinea purpurea</i>	P árbol	15,50 ± 0,20 ND ^w
<i>Tamarindus indica</i>	P arbusto	13,00 ± 0,20 ND ^w
<i>Antidesma binium</i>	P árbol	11,40 ± 0,20 ND ^w
<i>Adansomia digitata</i>	P árbol	10,80 ± 0,20 ND ^w
<i>Mangifera indica L.</i>	P árbol	7,50 ± 0,40 ND ^w
<i>Ficus elastica</i>	P árbol	5,90 ± 0,20 ND ^w

Fuente : Ordoñez (1987))

Y = Término medio por porcentaje de proteínas de 2 a 5 determinaciones calculados por Kjeldahl SF = Rango de variación

X = Miliequivalentes de aminoácidos libres por gr de hoja seca

P^z = Peregne P = No peregne A = Anual ND^w = No determinado

Cuadro 2. Análisis químico proximal de la hoja de Kutzú (*pueraria phaseoloides*), en porcentaje.

Componentes	BASE HUMEDA	BASE SECA
Proteína Total	7,23	26,98
Humedad	73,20	-----
Grasa	0,54	2,02
Carbohidratos. por diferencia.	7,74	28,88
Fibra	9,10	33,99
Ceniza	2,19	8,20
Extracto seco	26,80	100,00
Extracto magro	99,46	97,98
pH	---	5,70
Acidez (Ac. Sulf.)	0,12	---

Fuente : Espinoza (1993).

Cuadro 3. Análisis químico proximal de las hojas de yuca, variedad Tulumayo II (g/100 g de muestra).

Componentes	Unidad de medida	Valores	
		BS	BH
Proteína Total	%	20,77	6,18
Extracto seco	%	100,00	29,73
Extracto magro	%	94,02	27,97
Carbohidratos totales	%	48,64	14,47
Fibra	%	17,55	5,22
Ceniza	%	7,06	2,10
Grasa	%	5,98	1,78
Humedad	%	---	70,25
pH		---	6,00
Acidez	%	0,16	---
Fósforo	%	0,67	0,20
Color	metro	---	574,50nm

Fuente : Ordoñez (1987)

Según Villacrez (1987) , las semillas de *Erythrina edulis* triana tiene los siguientes aminoácidos: Leucina, isoleucina, fenilalanina, tirosina, metionina, valina, serina, ácido glutámico, alanina, treonina, glicina, ácido aspártico, prolina, arginina, histidina y lisina.

2. Clasificación taxonómica de la Erythrina

División : *Magnoliophyta*

Clase : *Magnoliopsida (Dicotiledoneas)*

Sub-clase : *Rosidae*

Orden : *Fabales*

Familia : *Fabaceae*

Género : *Erythrina*

Especie : *Erythrina edulis*.

B. ASPECTOS GENERALES DE PROTEINAS

Según la Enciclopedia de la ciencia y de la técnica (1982) , las proteínas son grupo de prótidos constituidos fundamentalmente por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos y son constituyentes esenciales de toda materia viva. En todo organismo cada tipo de proteínas tiene una estructura característica, que se manifiesta en la diferente secuencia de aminoácidos que las integran y en las distintas estructuras secundarias, terciaria y cuaternaria que resultan particularmente adecuadas a su finalidad en el organismo.

Según David *et al.* (1986), la proteína se requiere en la alimentación como

fuelle de aminoácidos esenciales y del nitrógeno necesario para la síntesis de aminoácidos no esenciales y de otros compuestos que contienen nitrógeno. El nitrógeno en las proteínas de los alimentos vegetales (y por lo tanto en las proteínas animales) deriva de la reducción (o la fijación) del N_2 inerte del aire.

La síntesis proteínica sólo puede ocurrir cuando se dispone fácilmente de la totalidad de los 20 aminoácidos esenciales para la formación de polipéptidos.

En los alimentos deben suministrarse por lo menos 8 (o posiblemente 9) aminoácidos.

1. Desnaturalización de las proteínas

Según David *et al.* (1986), ningún procedimiento hidroliza completamente a las proteínas en sus aminoácidos constituyentes sin la pérdida parcial de ciertos residuos aminoacídicos. Por lo general el método que se elige es la hidrólisis en HCl 6N a 110°C en tubo sellado a vacío. Bajo estas condiciones todo el triptófano y la cisteína y la mayor parte de la cistina son destruidos. Si hay metales presentes, la metionina y la tirosina parcialmente. La glutamina y la asparagina son desaminadas en forma cuantitativa a glutamato y aspartato.

Las fuerzas comparativamente débiles responsables de mantener las estructuras secundarias, terciaria y cuaternaria de las proteínas son interrumpidas con facilidad por una diversidad de manipulaciones con la correspondiente pérdida de la actividad biológica. Esta destrucción de la

estructura nativa se denomina **desnaturalización**. La actividad biológica de la mayor parte de las proteínas es destruida por la exposición a ácidos o bases minerales fuertes, calor, detergentes iónicos (anfipáticos), agentes caotrópicos (urea, guanidina), metales pesados (Ag, Pb, Hg) o solventes orgánicos a la temperatura ambiente a más elevada. Por lo general las proteínas desnaturalizadas son menos solubles en agua y a menudo precipitan en soluciones acuosas.

Según Cheftel y Cheftel (1980), los tratamientos térmicos moderados, tienen efectos más bien favorables sobre todo cuando se realizan en medios húmedos y en ausencia de glúcidos reductores, en efecto, mejoran las cualidades organolépticas, la digestibilidad, especialmente en el caso de las proteínas de origen vegetal, destruyen agentes patógenos así como los factores antinutricionales o tóxicos. Por esta causa las proteínas de leguminosas resultan sistemáticamente mejoradas por tratamientos térmicos aplicados cuidadosamente; el calor inactiva los inhibidores tripsicos presentes en la mayoría de los granos de leguminosas. Además las proteínas que resultan extraídas, facilita la liberación enzimática de los aminoácidos haciéndoles más disponibles a nivel digestivo.

Espinoza (1993), manifiesta que las proteínas vegetales tienen su punto isoeléctrico entre los pH de 3,50 a 5,00 a una temperatura por encima de 70 °C. Por otro lado el mismo autor menciona que a una temperatura de 80 °C en calor húmedo se pierde el magnesio, formando compuestos

como la feotina, y el producto se torna verde oliva, no beneficioso para el producto; ratificando que por encima de 80 °C se observa cambio a dicho color.

2. Aspectos generales de los aminoácidos.

Según David *et al.* (1986), las unidades monoméricas con las que están conformadas las proteínas son los L- α aminoácidos, aunque muchas proteínas contienen otras sustancias además de los aminoácidos, la estructura tridimensional y muchas de las propiedades biológicas de las proteínas están determinadas en gran parte por las clases de aminoácidos presentes, en el orden en que están dispuestos en una cadena de polipéptidos y por tanto la relación espacial de un aminoácido con otro.

La presencia de grupos cargados múltiples en los aminoácidos dicta la facilidad con que sean solvatados en solventes polares como el agua y el etanol y por lo tanto solubles en ellos, pero insolubles en solventes no polares como el benceno, hexano y éter. Sus elevados puntos de fusión (arriba de 200°C) reflejan la presencia de grupos cargados, es decir la energía necesaria elevada para destruir las fuerzas iónicas que mantienen la red cristalina.

En relación a el pH isoeléctrico David *et al.* (1986), menciona que la carga neta (suma algebraica de todos los grupos con cargas positivas y negativas presentes en la molécula) de un aminoácido depende del pH o de la concentración de protones de la solución circundante.

La capacidad de alterar la carga de los aminoácidos o de sus derivados por manipulación del pH facilita la separación física de aminoácidos, péptidos y proteínas.

El pH en la cual un aminoácido no tiene carga neta y por lo tanto no se desplaza en un campo eléctrico de corriente directa se denomina su pH isoelectrico (pI).

3. Extracción química de proteínas vegetales

Cheftel y Cheftel (1980), indica que las técnicas modernas actuales mejoran la disponibilidad de las proteínas para la alimentación humana y animal, siendo uno de ellos los procesos que permiten el mejor aprovechamiento de las leguminosas y otras plantas ricas en proteínas, otra técnica es la producción de proteínas mediante la acción de microorganismos.

Por ejemplo las proteínas de harina de soya desengrasada, también pueden solubilizarse en agua en un medio alcalino, para después filtrarlas o centrifugarlas y eliminar los polisacáridos insolubles y también las fibras. La nueva precipitación a punto isoelectrico seguida de un centrifugado y lavado del coagulo proteico, elimina los glucidos solubles y las sales. Después del secado (generalmente por atomización, se obtiene un aislado proteico que contiene un 90% de proteína.

Los aislados proteicos son más caros que los concentrados proteicos tomando como base de cálculo la materia proteica, debido a los tratamientos y productos químicos suplementarios y por que raramente

se recupera mas de 75% de las proteínas iniciales.

También puede realizarse una extracción y purificación parecidas, "por vía húmeda", de los constituyentes proteicos a partir de harina desengrasada de otras semillas oleaginosas o a partir de harinas de granos pobres en aceite.

Espinoza (1993) , indica que para la extracción de proteínas las hojas de Kuzu estas son lavadas y maceradas por 2 horas en una solución de sulfito de sodio al 5 %, pH=11 en relación hoja/solución de sulfito de 1/5, posteriormente se muelen y se extrae el bagazo grueso mediante un paño y el bagacillo por centrifugación de la proteína en una centrífuga por 1300 RPM. La precipitación de la proteína se realiza con HCl concentrado a pH = 3 y tratamiento térmico con vapor directo a 85 °C, y el coágulo se separa y se lava con agua destilada, finalmente se seca en una liofilizadora, obteniendo un rendimiento de 13,3 %. Además menciona que la concentración de la sustancia extractora y el tiempo durante la maceración influyen mucho, si existe una concentración muy pobre no va ha tener mayor efecto mientras si existe una alta concentración se produce una deshidratación excesiva en la envoltura celular no permitiendo la liberación de las proteínas y esta puede variar de acuerdo a la variedad de hoja.

Ordoñez (1987) menciona que la hojas se maceran con sulfito de sodio al 2% (hoja/sust. Extract) 1/5 por 2 horas, luego es lavado, molido, filtrado y precipitado por tratamiento térmico a 75 °C haciendo uso de HCl

concentrado a un pH = 5,00, para obtener un rendimiento de 8,60 %.

Del mismo modo Ordoñez (1987), menciona que el jugo se coagula con vapor el cual destruye además cualquier toxicidad del ácido cianhídrico, asimismo una alta proporción de cromo de las hojas frescas por encima del 75% es perdido en el jugo siguiendo la molienda y estrujado; además es reducido en el secado con aire corriente. En los concentrados proteicos se establece mayormente rango entre 4,7 mg/100g en peso fresco de la muestra a 20 mg/100g; pero todo el rango no presenta toxicidad para las personas y animales. Según Espinoza (1993), las proteínas se clasifican en base a sus propiedades físicas y en ocasiones a las características de su composición. Considera a las proteínas conjugadas, que al ser sujeta a hidrólisis, libera α aminoácidos con otras sustancias. En este grupo se encuentran porfirproteínas cuyo grupo prostético esta formado por una porfirina combinado a un metal. Cuando la porfirina contiene magnesio, se forma la clorofila que permite la integración de las clorofiloproteínas abundante en vegetales.

C. COMPONENTES NUTRICIONALES

Según David *et al.* (1986), la selección de los alimentos que deben consumirse para asegurar una ingestión adecuada de los nutrimentos requeridos, depende de factores culturales y económicos, así como de la necesidad biológica y de las formas diferente que han desarrollado las sociedades para satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Cuadro 4. Análisis bromatológico del concentrado proteico de hoja de Kutzu

Componentes	BASE HUMEDA	BASE SECA
<u>Análisis Proximal (%)</u>		
Extracto seco	2,08	100,00
Extracto magro	88,59	87,61
Proteína total	40,25	43,71
Proteína digerible	30,13	37,72
Proteína no digerible	10,12	19,99
Proteína verdadera	37,59	40,82
Nitrógeno no proteico	2,66	2,89
Carbohidratos	33,17	36,02
Grasa	11,41	12,39
Fibra	3,19	3,46
Ceniza Total	5,83	6,33
Ceniza soluble	3,23	3,50
Ceniza insoluble	2,60	2,82
Humedad	7,92	---
<u>Análisis físico</u>		
pH	8,26	---
Acidez (Ac. Sulf.)	0,20	0,20
Valor calórico (cal)	409,13	444,27
Valor Nutritivo	---	27,75
Color (nm)	559,80	

Fuente : Espinoza (1993)

Cuadro 5: Análisis bromatológico del concentrado de proteína (g / 100 g de muestra) de hoja de yuca.

Componente	Unid. de medida	Valores	
		BASE SECA	BASE HUMEDA
Extracto seco	%	100,00	91,74
Extracto magro	%	78,45	71,97
Proteína total	%	38,90	35,69
Proteína soluble	%	1,18	1,08
Proteína insoluble	%	37,73	34,61
Proteína digerible	%	23,37	21,44
Proteína no digerible	%	15,53	14,25
Proteína verdadera	%	36,07	33,09
Nitrógeno no proteico	%	2,83	2,60
Carbohidratos totales	%	31,50	28,90
Grasa	%	21,55	19,77
Fibra	%	4,98	4,57
Ceniza Total	%	3,07	2,82
Ceniza soluble	%	1,32	1,21
Ceniza insoluble	%	1,75	1,61
Humedad	%	----	8,26
pH	---	----	5,75
Acidez	%	0,19	-----
HCN	mg	11,88	10,90
Fósforo	%	0,71	0,65
Valor calórico	Kcal	464,23	425,89
Valor Nutritivo	---	45,29	----
Color	nm	-----	574,30

Fuente : Ordoñez (1987)

Espinoza (1993) y Ordonez (1987), nos muestran el análisis bromatológico del concentrado proteico de Kuzu y de la hoja de yuca, respectivamente, observándose la importancia en el porcentaje de proteína.

Los alimentos contienen numerosas sustancias nutrientes y no nutrientes, pero la mayor parte de los análisis sobre su composición son incompletos. Los cuadros estándares de los alimentos proporcionan únicamente datos sobre un número limitado de nutrientes esenciales.

El contenido nutritivo real de un alimento depende de diversas variables : cepa genética, localidad de crecimiento, contenido nutritivo del suelo, manejo y almacenamiento y forma de cocinarlo y procesarlo. Ningún alimento contiene cantidades adecuadas de todos los nutrientes esenciales. Cada alimento vegetal y animal contribuye con un complemento único de nutrientes. Por esta razón la dieta humana debe incluir cantidades suficientes de una amplia variedad de alimentos para proporcionar la gama completa de requerimientos nutricionales.

1. Calorías provenientes de los alimentos

Según Fisher y Bender (1972), las tres clases principales de alimentos (proteínas, grasas y carbohidratos) se pueden usar como fuentes de energía, pero mientras que las proteínas son mucho más valiosos para la formación del cuerpo, las grasas y los carbohidratos sólo sirven para proporcionar energía.

El contenido energético de los alimentos, igual que el gasto de energía, se mide en calorías. Se puede calcular directamente quemando el

alimento y midiendo el calor producido, o partir de la cantidad de grasas, carbohidratos y proteínas que contenga el alimento.

Las grasas proporcionan 9 Kcal por g, las proteínas y los carbohidratos 4 Kcal por g. Las sales minerales y las vitaminas no incrementan el contenido energético. El alcohol da 7 Kcal por g. La composición de los alimentos suele obtenerse de tablas elaborados con los promedios de datos de analíticos.

Los alimentos que contienen una elevada proporción de agua, por supuesto tienen poca concentración de grasa, carbohidratos y proteínas, por lo que proporcionan pocas calorías. Los alimentos deshidratados son fuentes de energía concentrada, lo mismo que los alimentos ricos en grasas.

Es útil poder evaluar rápidamente el valor calórico aproximado de un platillo o de una comida. Un excelente método para aprender a hacerlo es preparar porciones de alimentos que proporcionen 100 Kcal y observar como varía el volumen de los distintos alimentos. Un cubito de mantequilla (14 g), una rebanada gruesa de pan (42 g), un trozo grande de col (450 g) todas proporcionan la misma cantidad de energía.

2. Calidad proteínica

Según Robinson (1988), las necesidades reales para el hombre son de α -aminoácidos y por lo tanto la composición en aminoácidos de las proteínas en la dieta es extremadamente importante; existe ocho aminoácidos estrictamente esenciales para la nutrición adecuada de los

adultos. Aunque algunos de ellos, por ejemplo el triptófano, se necesitan directamente para la biosíntesis de hormonas y otros compuestos metabólicamente activos. Sin embargo, de entre los ocho aminoácidos esenciales, sólo cinco limitan la calidad de las proteínas en la dieta del hombre, la lisina, los aminoácidos azufrados, la treonina y el triptófano.

Del mismo modo Robinson (1988), indica que un hombre de 60 Kg reutiliza unos 240 g de proteínas por día, lo que indica que las proteínas reusadas son el contribuyente mayoritario a las necesidades diarias. Sin embargo como las necesidades del hombre no son fáciles de medir debido a que éstos cambian durante su vida, relativamente larga, es imposible determinar las necesidades absolutas en aminoácidos esenciales.

a. Valor biológico de la proteínas

Según Robinson (1988), todas las medidas biológicas de la calidad proteica se determinan en función de la concentración de α -aminoácidos limitantes y no suministran otra información a cerca de los aminoácidos esenciales. El valor biológico (BV) de una proteína es la fracción de nitrógeno retenido en el cuerpo para el crecimiento y mantenimiento de la síntesis celular, que se puede determinar mediante la fórmula dada después del cuadro 6. Los valores biológicos determinados experimentalmente tienen uso limitado para la alimentación humana puesto que se han obtenido normalmente en ratas, permitiendo una comparación numérica de diferentes proteínas.

b. Aminoácidos nutricionalmente esenciales y no esenciales

Según David et al. (1986), Algunas formas vivientes (por ejemplo

Cuadro 6. Requerimientos de Proteína y aminoácidos de Sujetos Humanos

	Edad del sujeto		
	3-6 meses	10-12 años	adulto
Proteína (g/Kg.)	1,85	0,80	0,57
Aminoácidos (mg/Kg.)			
Isoleucina	70,00	30,00	10,00
leucina	161,00	45,00	14,00
lisina	103,00	60,00	12,00
metionina + cistina	58,00	27,00	13,00
fenilalanina + tirosina	125,00	27,00	14,00
treonina	87,00	35,00	7,00
triptofano	17,00	4,00	4,00
valina	93,00	33,00	10,00
Requerimientos total de AAE	714,00	261,00	84,00
Razon de requerim. total de AAE a requerimiento proteínico	0,39	0,33	0,15

Fuente . FAO/OMS (1980)

AAE : Aminoácidos esenciales.

$$BV = \frac{IN - UN - FN}{IN - FN}$$

donde :

IN = Nitrógeno ingerido, UN = Nitrógeno urinario, FN = Nitrógeno fecal

plantas y muchas bacterias) pueden formar los 20 aminoácidos a partir de intermediarios anfibólicos. Otras como los humanos y otros animales, pueden biosintetizar sólo alrededor de la mitad de los requeridos. Los restantes, que por lo tanto deben ser ingeridos con la alimentación, son llamados aminoácidos nutricionalmente esenciales.

Aquellos que un organismo puede sintetizar son los llamados nutricionalmente no esenciales. Un aminoácido puede ser esencial en la nutrición para una forma de vida, pero no esencial en la nutrición de otra. Los nutriólogos con frecuencia se refieren a los aminoácidos esenciales como "indispensables" y a los aminoácidos no esenciales como "dispensables". Aunque en un contexto nutricional estos términos son correctos, oscurecen la naturaleza biológica esencial de los 20 aminoácidos. Aún podría arguirse que los aminoácidos nutricionalmente no esenciales son más importantes para las células que los aminoácidos nutricionalmente esenciales, puesto que los organismos (el hombre) ha evolucionado de manera que carece de la capacidad de elaborar el último grupo, pero no el primer grupo.

En el cuadro 7, se muestran los aminoácidos esenciales y no esenciales para el hombre.

c. Intersuplementación de proteínas entre sí

Según Cheftel y Cheftel (1980), se conocen los factores limitantes de una proteína, teóricamente resulta corregir su déficit de aminoácidos. Este método consiste en asociar al mismo régimen de diferentes

Cuadro 7. Requerimientos de aminoácidos en el hombre.

Esenciales para la nutrición	Punto Isoeléct.	No esenciales para la nutrición	Punto Isoeléct.
Arginina [*]	10,76	Alanina	6,00
Histidina [*]	7,59	Asparagina	---
Isoleucina	5,98	Acido aspártico	2,77
Leucina	6,02	Cisteína	5,05
Lisina	9,74	Acido glutámico	3,22
Metionina	5,74	Glutamina [*]	---
Fenilalanina	5,48	Glicina	5,97
Treonina	-----	Hidroxiprolina ⁺	5,83
Triptófano	5,89	Prolina	6,30
Valina	5,96	Serina	5,68
		Tirosina	5,66

Fuente. David et al (1986)

*"Nutricionalmente semiesenciales" sintetizados en concentraciones adecuadas para respaldar el crecimiento de los niños.

proteínas que se complementan mutuamente.

Para que haya un verdadero efecto de suplementación, la eficacia de una mezcla de proteínas alimentarias tiene que ser superior a la media aritmética de la eficacia de c/u de los constituyentes, considerados aisladamente. Además una proteína de bajo valor biológico puede suplementar muy eficazmente a otra. No existe, pues, una relación clara entre valor biológico y el valor de suplementación de una

proteína.

d. Suplementación por aminoácidos

Según Cheftel y Cheftel (1980), la suplementación por aminoácidos consiste en completar el déficit en el aminoácido limitante primario (lo más frecuentes la lisina o metionina), e incluso eventualmente en aminoácidos limitantes secundarios.

Este modo de suplementación se generaliza cada día más en la alimentación animal, pero es muy raro en la alimentación humana.

Numerosos ensayos efectuados sobre ratas, indican que la suplementación de cereales con lisina produce efectos favorables sobre el crecimiento, mientras que el enriquecimiento con otros aminoácidos mejora poco las capacidades del animal. También se puede proceder a una polisuplementación, iniciándose con aminoácido limitante primario. También es preciso resaltar que algunos fenómenos de toxicidad pueden ser inducidos por un exceso de aminoácidos (metionina, por ejemplo), es preciso recordar también que el enriquecimiento de la ración proteica por aminoácidos, puede crear una necesidad suplementaria de vitaminas. También se hicieron pruebas sobre el hombre con individuos malnutridos y que padecían de carencias múltiples. Por otro lado, el modo de suplementación no pudo siempre respetar los hábitos alimentarios tradicionales, lo que es perjudicial para un comportamiento alimenticio normal.

D. HARINAS DE HOJAS DE PLANTAS TROPICALES

Según la Enciclopedia de la ciencia y de la técnica (1982), La harina es el producto de la molienda de cereales, semillas, frutos u otras partes de plantas como guisantes, garbanzos, judías, etc

Cuadro 8: Composición química de la ración comercial (*Harina de Leocaena*), para la fase de inicio y acabado en la alimentación de pollos

<u>Ración de inicio</u>	
Proteínas	21,50 % Mínimo
Carbohidratos	50,00 % Mínimo
Grasa	3,00 % Mínimo
Fibra	5,00 % Máximo
Humedad	14,00 % Máximo
Calcio	1,40 %
Fósforo	0,60%
<u>Ración de acabado</u>	
Proteínas	19,00 % Mínimo
Carbohidratos	50,00 % Mínimo
Grasa	3,50 % Mínimo
Fibra	5,00 % Máximo
Humedad	14,00 % Máximo
Calcio	1,00 %
Fósforo	0,60 %

Fuente : CACERES (1994).

E. EVALUACION TOXICOLOGICA

Según Cheftel y Cheftel (1980), los problemas de orden toxicológicos que se presentan a propósito de los productos alimentarios, pueden clasificarse en tres grupos según se refieren a :

- Sustancias presentes de forma natural en los vegetales o animales;
- Contaminaciones de naturaleza química;
- Aditivos.

Se distinguen y estudian sobre el animal, tres tipos de toxicidad: aguda, acorto plaza y a largo plazo. Los datos que así se obtienen se completan por estudios bioquímicos y por información de orden epidemiológico de que se pueda disponer.

1. Toxicidad aguda

Según Cheftel y Cheftel (1980), la evaluación de la toxicidad aguda se efectúa administrando la sustancia o las sustancias problema en una sola vez, con el fin de establecer aproximadamente cual es la dosis que provoca la muerte, en un periodo máximo de 15 días, del 50% de los animales de la experiencia (Dosis letal o DL50).

Se estudian al menos dos, incluso mejor tres especies de animales de las cuales una no pertenece al orden de los roedores; asimismo, se intenta determinar también la dosis más elevada que no ejerce ningún efecto.

El interés de evaluar la toxicidad aguda está primeramente en permitir descartar las sustancias muy tóxicas, así como el servir de guía para las

experiencias posteriores dando indicaciones sobre los principales signos de intoxicación, así como de eventuales diferencias de acción de una especie animal a otra.

Cuando una dosis de 2 g/Kg de peso corporal (lo que corresponde a 120 g para un hombre de 60 Kg) no revela ninguna toxicidad se considera que es innecesaria la evaluación de la DL50.

2. Toxicidad a corto plazo

Según Cheftel y Cheftel (1980), el estudio de toxicidad a corto plazo se hace suministrando al animal dosis repetidas de la sustancia durante un periodo equivalente al 10% de la duración normal de vida, es decir, por ejemplo, 90 días para la rata y un año para el perro.

Se trabaja por lo menos, con dos especies, cuya elección depende de la sustancia a estudiar del tipo de acción tóxica y la receptibilidad de las diversas especies, según hayan resultado las pruebas de toxicidad aguda.

Los animales deben constituir lotes tan homogéneos como sea posible en cuanto al origen, edad, sexo y peso y su número permitir una evaluación estadística de los resultados por comparación con lotes testigo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LUGAR DE EJECUCION

El proyecto se desarrolló en la ciudad de Tingo María que se encuentra ubicada a 614 m.s.n.m. con una latitud Sur de $09^{\circ} 17' 5''$, longitud Oeste de $70^{\circ} 01' 07''$, el clima presenta una temperatura media anual de $25^{\circ} C$, humedad relativa del 85% y precipitación pluvial de 3200 mm anual.

Las operaciones, análisis y la evaluaciones respectivas se hicieron en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en los laboratorios: Análisis de los Alimentos, Microbiología de los Alimentos, Evaluación Sensorial y Sanidad Animal.

El proyecto estuvo comprendido entre 1998 - 2000.

B. MATERIA PRIMA

Se utilizó como materia prima hojas de erythrina fresca (*Erythrina edulis*) en buen estado sanitario debidamente seleccionado.

Las hojas de erythrina son recabadas del fundo Piña, ubicado en la playa Tingo, que se encuentra a 1 Km aproximadamente a Sureste de Tingo María.

C. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Materiales

a. De vidrio

- Pipetas

- Probetas
- Termómetro
- Buretas
- Balones
- Erlenmeyer
- Vasos de precipitación
- Decantadores
- Campana de desecación y
- Kitasato y embudo de filtración

b. Reactivos

- Acido sulfúrico concentrado
- Acido bórico al 4%
- Hidróxido de sodio al 50%.

c. Insumos

- Bisulfito de sodio al 97%
- Hexametáfosfato de sodio al 95%
- Acido clorhídrico concentrado

2. Equipos

- Balanza comercial de 20 Kg marca OHAUS
- Balanza analítica de 210 g con 4 decimales marca OHAUS
- Estufa de 10 niveles de temperatura marca LC OVEN
- Bomba de vacío marca PRESICIUM
- Molino de dientes de ¼ HP marca APIN

- Equipo micro-Kendhal
- Licuadora industrial de 3800 RPM marca APIN
- Mechero de bunsen
- Potenciómetro de pH 0-14 marca ORION RESEARCH
- Mufla marca MIM de 1200 °C de capacidad máxima.
- Incubadora de 10 niveles de temperatura marca MIM.

D. METODOS DE ANALISIS

1. Humedad

Se llevó a cabo mediante el método establecido por Lees (1969).

2. Proteínas Totales

Según método micro Kjendhal, donde se usa el factor de conversión universal de 6,25 para convertir nitrógenos totales a proteínas totales, indicado por la A.O.A.C. (1995).

3. Nitrógeno no proteico (NNP)

Según método de Lees (1969).

4. Proteínas verdaderas

Según método descrito por Lees (1969)

5. Grasa Bruta

Se determinó mediante el método de Soxhlet (A.O.A.C. 1965)

6. Fibra

Según método de Hart y Fisher (1971).

7. Ceniza total

Se determinó mediante el método establecido por Lees (1969).

8. Ceniza soluble en agua

Según método de Lees (1969).

9. Minerales (Na, Ca, Mg y K)

Se determinó mediante el método espectrofotométrico de llama descrito por la A.O.A.C. (1995).

10. Carbohidratos

Se determinó por diferencia, restando de 100% los porcentajes de Humedad, Proteínas Totales, Grasa, Fibra y Ceniza. A.O.A.C. (1995).

11. Acidez titulable

Se determinó según el método de la A.O.A. . (1995).C

12. Extracto Acuoso

Según método de Lees (1969)

13. Valor calórico

Según método de Fisher y Bender (1972) mediante la suma de las cantidades de calorías que aportan los componentes más importantes como son grasas, proteínas y carbohidratos.

14. Análisis microbiológico

Se efectuó en el producto final después de cuatro meses de almacenamiento usando el método descrito por I.C.M.S.F. (1983) a fin de garantizar la calidad y las posibles variaciones microbiológicas que el producto podría sufrir durante el almacenamiento.

Los análisis microbiológicos realizados fueron :

- Numeración de microorganismos aerobios viables .
- Numeración de mohos y levaduras.
- Investigación de salmonella
- Coliformes Totales.

15. Evaluación toxicológica

Se realizó mediante el análisis toxicológico a corto plazo (13 semanas), método descrito por Cheftel y Cheftel (1980); en la cual se usaron ratas alvinas como animales en estudio, en la cual la muestra problema (harina proteica) fue suministrada en el alimento (arroz sin sal), en una dosis de 2 g de muestra/ Kg de peso corporal de la rata.

El arroz proporcionado estuvo de acuerdo al consumo promedio diario de alimento que requiere el animal, que este caso fue de 40 g de arroz.

Al final del tratamiento se realizaron los estudios en cuanto a los posibles cambios en las reacciones físicas y lesiones en los órganos internos que hubiese sufrido el animal.

E. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

1. Evaluación de la edad de cosecha de la hoja de erythrina

Para esta prueba se realizó la toma de cuatro muestras de hojas de diferentes edades (1, 3, 5 y 8 semanas), en cada una se determinó el contenido proteico, los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante el diseño completo al azar, donde existe significación estadística

se aplicó la prueba de Tukey $p \leq 0,01$.

2. Caracterización físico y química proximal de la materia prima

Se realizó mediante los análisis físico-químico (pH, Acidez titulable, Humedad, Grasa, Proteína Total, Ceniza y Carbohidratos).

3. Evaluación durante la maceración y termocoagulación

a. Maceración de la hoja

Para evaluar la maceración de las hojas se planteó utilizar 2 sustancias maceradoras que fueron hexametáfosfato de sodio y bisulfito de sodio, para cada uno se utilizó 5 concentraciones (C): 0; 1; 2; 3 y 4 % de sustancia maceradora y 3 tiempos de maceración (θ): 1 ; 1,5 y 2 horas.

Cada sustancia fue evaluada independientemente.

En la figura 1 se presenta el diseño experimental para el hexametáfosfato de sodio, para el caso del bisulfito de sodio fue similar.

b. Termocoagulación

La evaluación se realizó según lo indicado en la figura 2, en esta operación se determinó el pH y la temperatura óptima, de acuerdo al rendimiento proteico, para ello se uso HCl concentrado como sustancia acidificante, para lo cual se tomó 4 niveles de pH (H): 3,5; 4,0; 4,5 y 5,0; y 3 temperaturas (K): 65; 75 y 85°C. Los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante el DCA con arreglo factorial de 4×3 , con tres repeticiones, para los niveles donde exista significación estadística se utilizó las pruebas de comparación de Tukey con $P < 0,05$.

4. Caracterización del producto final

a. Caracterización físico y química

Se realizó mediante el método bromatológico de acuerdo a los métodos de análisis.

b. Análisis microbiológico

Se realizó siguiendo el método descrito anteriormente.

5. Evaluación del producto en almacenamiento

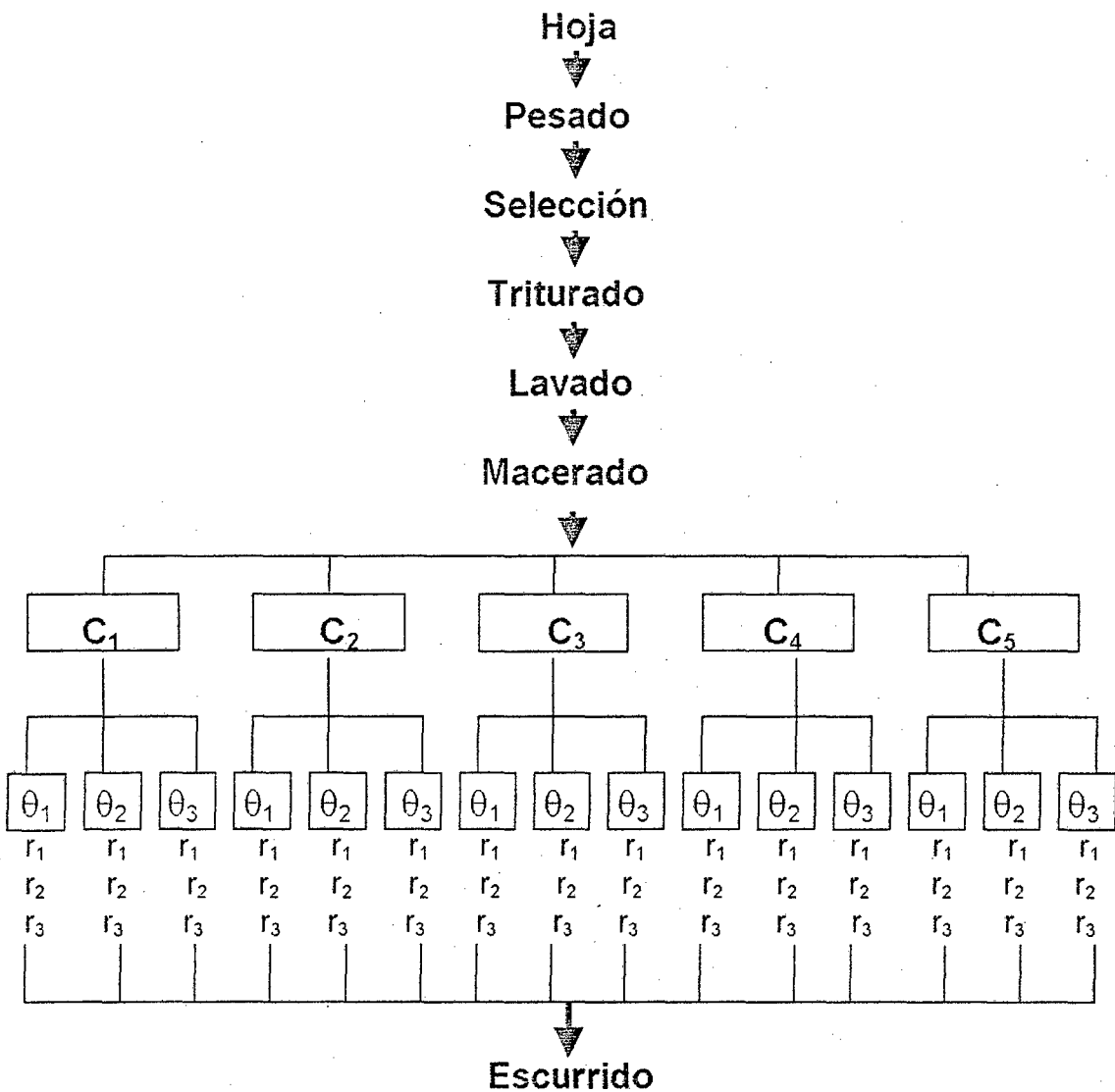
Las evaluaciones se hicieron mensualmente en relación a las posibles variaciones del pH, % proteínas totales, humedad y Acidez titulable; durante un tiempo de 3 meses.

6. Evaluación toxicológica del producto final en ratas albinas

Se realizó mediante el método descrito por Cheftel y Cheftel (1980),

7. Aplicación del producto final como insumo de otros productos alimenticios

Se realizó en panes de harina de trigo y mazamorra morada, la Evaluación Sensorial fue por separado, de acuerdo a las respuestas dadas por 18 panelistas semientrenados. La evaluación se realizó mediante el método de escala hedónica de 9 puntos indicado por Natividad (1988), donde los respectivos atributos son sabor, aroma y color; dicha escala varía desde pésimo (1) a excelente (9).



Donde :

$C_1 = 0 \%$ hexametafosfato de sodio $\theta_1 = 1,0$ hora

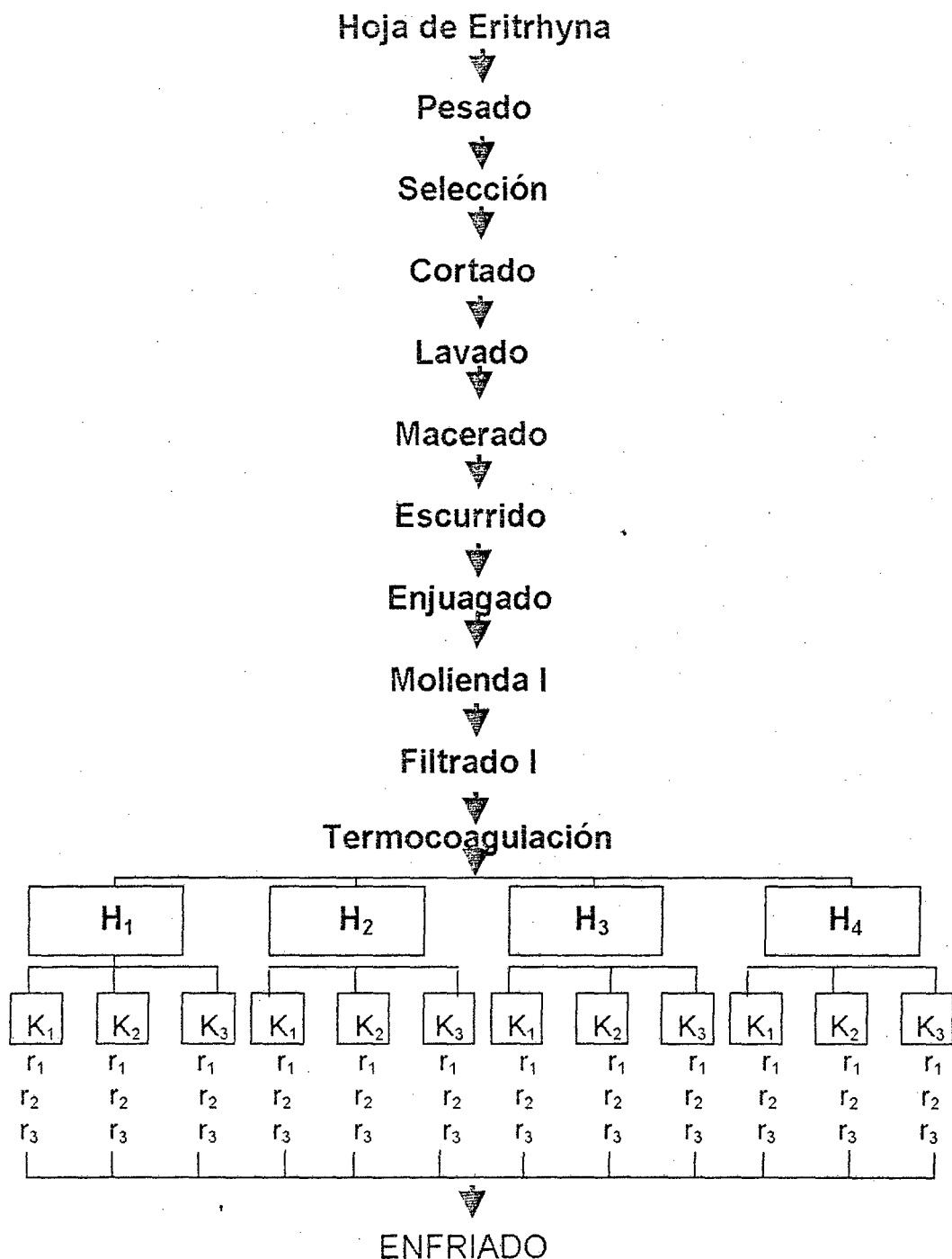
$C_2 = 1 \%$ hexametafosfato de sodio $\theta_2 = 1,5$ horas

$C_3 = 2 \%$ hexametafosfato de sodio $\theta_3 = 2,0$ horas

$C_4 = 3 \%$ hexametafosfato de sodio $r =$ Repetición

$C_5 = 4 \%$ hexametafosfato de sodio.

Figura 1: Diseño experimental para determinar la concentración (C) y Tiempo (θ) óptimo de maceración utilizando hexametafosfato de sodio.



DONDE :

H₁ = 3,5 pH

H₂ = 4,0 pH

H₃ = 4,5 pH

H₄ = 5,0 pH

K₁ = 65 °C

K₂ = 75 °C

K₃ = 85 °C

r = Repeticiones

Figura 2. Diseño experimental para la determinación de la temperatura y el pH en la termocoagulación.

Los tratamientos efectuados son los siguientes:

-En panes

Para su elaboración se sustituyó la harina de trigo con 0; 1; 1,5 y 2% de harina de erythrina.

T0 = Sustitución de 0% (testigo)

T1 = Sustitución de 1%

T2 = Sustitución de 1.5%

T3 = Sustitución de 2%

- En mazamorra morada

Para su elaboración se sustituyó el chuño con 0; 2; 3 y 4% de harina de erythrina.

T0 = Sustitución de 0% (testigo)

T1 = Sustitución de 2%

T2 = Sustitución de 3%

T3 = Sustitución de 4%

III. RESULTADOS Y DISCUSION

A. OBTENCION PRELIMINAR DE LA EDAD DE COSECHA EN LA HOJA DE ERYTHRINA

En el cuadro 9 se presenta los resultados del contenido de proteínas en las hojas de erythrina cosechadas a diferentes semanas. De acuerdo al A-I se observa que existe diferencia altamente significativa entre los contenidos de proteínas a diferentes edades de cosecha, en ella se puede apreciar que el mayor contenido de proteínas se registra en la quinta semana, este contenido comparado entre la primera a la quinta semana, va incrementándose, para luego disminuir hasta la octava semana, por que las hojas tienden a secarse.

Cuadro 9. Contenido de proteína total en base húmeda de acuerdo a la edad de cosecha de la hoja de erythrina.

	Edad de cosecha de la hoja (semanas)			
	1°	3°	5°	8°
Proteína (%)	4,20 ± 0,18 ^b	4,85 ± 0,11 ^b	6,27 ± 0,27 ^a	1,52 ± 0,13 ^c

Valores representan (promedio ± SEM). Los datos provienen de los experimentos, cada uno por triplicado, promedios por % de proteínas con diferentes supríndices difieren $P < 0,05$.

Saisavilca (1987), menciona que la posición y edad de las hojas dentro de las ramas influyen directamente en el contenido de nutrientes; la digestibilidad y el contenido de proteínas disminuye cuando la hoja es tierna

y cuando es madura, lo que nos indica que cuando la hoja madura se produce una traslocación del nitrógeno a las hojas tiernas y un aumento de la lignina, y en el caso de las hojas tiernas se debe a que la hoja no completa su máximo desarrollo. La edad de cosecha de las hojas de *erythrina* quedo establecido en 5 semanas.

B. CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE LA MATERIA PRIMA

En el cuadro 10 , se observa que los componentes en base seca que se encuentran en mayor proporción en las hojas de *erythrina edulis* son las proteínas con un valor de 25,44%, fibra con 24,00 % y carbohidratos con 40,11%; puede notarse que la presencia de carbohidratos duplica aproximadamente a cada uno de los componentes mencionados, indicando que es una fuente rica en calorías. En cuanto a la fibra, es necesario disminuirlo durante el procesamiento a fin de obtener un mejor producto.

Cuadro 10. Análisis físico-químico de la hoja de *erythrina*.

COMPONENTE (%)	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	75,40	---
Proteínas	6,27	25,44
Grasa Bruta	1,79	7,26
Fibra	9,17	24,00
Ceniza	0,54	2,17
Carbohidratos	6,86	40,11
pH	5,90	---
Acidez Titulable	0,16	---

En cuanto a la composición química de la erythrina, Ordoñez (1987) menciona que la *erythrina bertoreana* contiene un 20,20% de proteínas. Además, Espinoza (1993), indica que factores como el tipo de suelo, condiciones ecológicas y la época de cosecha, pueden influir en el contenido de proteínas. El mismo autor reporta que en la hoja de Kutzú los componentes más importantes en base seca son 26,98 % de proteínas, 33,99 % de fibra, 28,88 % de carbohidratos, 5,7 de pH y 0,12 % de acidez titulable. Ordoñez (1987), reporta en la hoja de yuca un contenido de 20,77 % de proteínas, 17,5 % de fibra, 48,00 % de carbohidratos, 6,00 de pH y 0,16 % de acidez titulable.

Analizando estos valores podemos notar que la composición físico-química de la hoja de erythrina se encuentran dentro de los valores mencionados.

El contenido de fibra de la hoja se reduce notablemente durante el procesamiento y el pH de la hoja nos da una referencia del intervalo de éste que debemos tomar, hasta obtener el pH isoeléctrico.

C. EVALUACION DEL MACERADO Y TERMOCOAGULACION

1. Maceración de la hoja de erythrina

En esta operación se evaluaron dos sustancias en función a la concentración y tiempo de maceración, las sustancias utilizadas fueron: Hexametáfosfato de sodio y Bisulfito de sodio.

a. Maceración con hexametáfosfato de sodio

La evaluación del contenido de proteínas por efecto de la concentración y el tiempo con hexametáfosfato de sodio se

muestran en el A-II, los cuales al ser evaluados estadísticamente se encontró que existe diferencia altamente significativa entre las concentraciones (C), y los tiempos (θ), pero no existe diferencia estadística significativa entre las interacciones de ambas variables.

El análisis de varianza para las diferentes concentraciones en función de los tiempos, se presenta en el cuadro 11; figuras. 3,4,5 y 6 y aplicando la prueba de Tukey $P > 0,05$ para el θ_1 (1 hora), se encontró que C_3 y C_4 tienen los promedios más altos de proteínas y son estadísticamente superiores a los demás.

Cuadro 11. Resultados del rendimiento de proteína durante la maceración con hexametáfosfato de sodio.

θ C	θ_1 (1 hr)	θ_2 (1.5 hr)	θ_3 (2 hr)
C_1 (0 %)	21,84 \pm 0,55 ^b	22,18 \pm 1,13 ^c	21,38 \pm 1,71 ^c
C_2 (1 %)	23,95 \pm 0,42 ^{ab}	24,19 \pm 1,50 ^{bc}	22,51 \pm 1,61 ^{bc}
C_3 (2 %)	26,18 \pm 0,74 ^a	24,75 \pm 1,02 ^{bc}	24,23 \pm 0,81 ^b
C_4 (3 %)	26,29 \pm 0,53 ^a	28,37 \pm 0,73 ^a	27,21 \pm 1,84 ^a
C_5 (4 %)	22,65 \pm 1,14 ^b	27,31 \pm 0,73 ^{ab}	21,99 \pm 0,43 ^{bc}

Valores representan (promedio \pm SEM). Los datos provienen de los experimentos, cada uno realizado por triplicado, promedios por tiempos con diferentes supríndices difieren $P < 0,05$.

Con respecto a los tiempos θ_1 , θ_2 y θ_3 y las diferentes concentraciones existe diferencia estadística altamente significativa, considerando para θ_1 (1 hora) las mejores concentraciones a C_3 y C_4 (26,18% y 26,29%), para el θ_2 (1,5 horas) la C_4 (28,37%) y para

θ_3 (2,0 horas) la C_4 (27,21%). Comparado todos los promedios en función del tiempo se puede concluir como el mejor tratamiento C_4 (3% de hexametáfosfato de sodio) y el θ_2 (1,5 horas). Espinoza (1993), en un estudio realizado en hojas de kutzú maceradas con hexametáfosfato de sodio determinó una concentración de 2% y un tiempo de 2 horas, la misma autora indica que la concentración y el tiempo son variables por que cada tipo de hoja tiene paredes y membranas celulares diferentes.

b. Maceración con bisulfito de sodio

La evaluación del contenido de proteína por efecto de la concentración y el tiempo con bisulfito de sodio, se presenta en el A-III. Realizado el ANVA sólo se encontró diferencia estadística altamente significativa para las concentraciones (C), pero entre los tiempos (θ) y las interacciones de ambas variables no existe diferencia estadística, el efecto de la concentración se presenta en el cuadro 12. Comparado los resultados se determinó que C_4 tuvo el mayor rendimiento proteico (27,29%) , siendo estadísticamente igual a C_3 que se encuentra en segundo lugar (25,06%)

Espinoza (1993), indica que las hojas de vegetales generalmente son maceradas en una solución de bisulfito de sodio al 5% por un tiempo de 2 horas. Ordoñez (1987) encontró para el caso de la hoja de yuca una maceración con solución de sulfito de sodio al 2% por un tiempo de 2 horas.

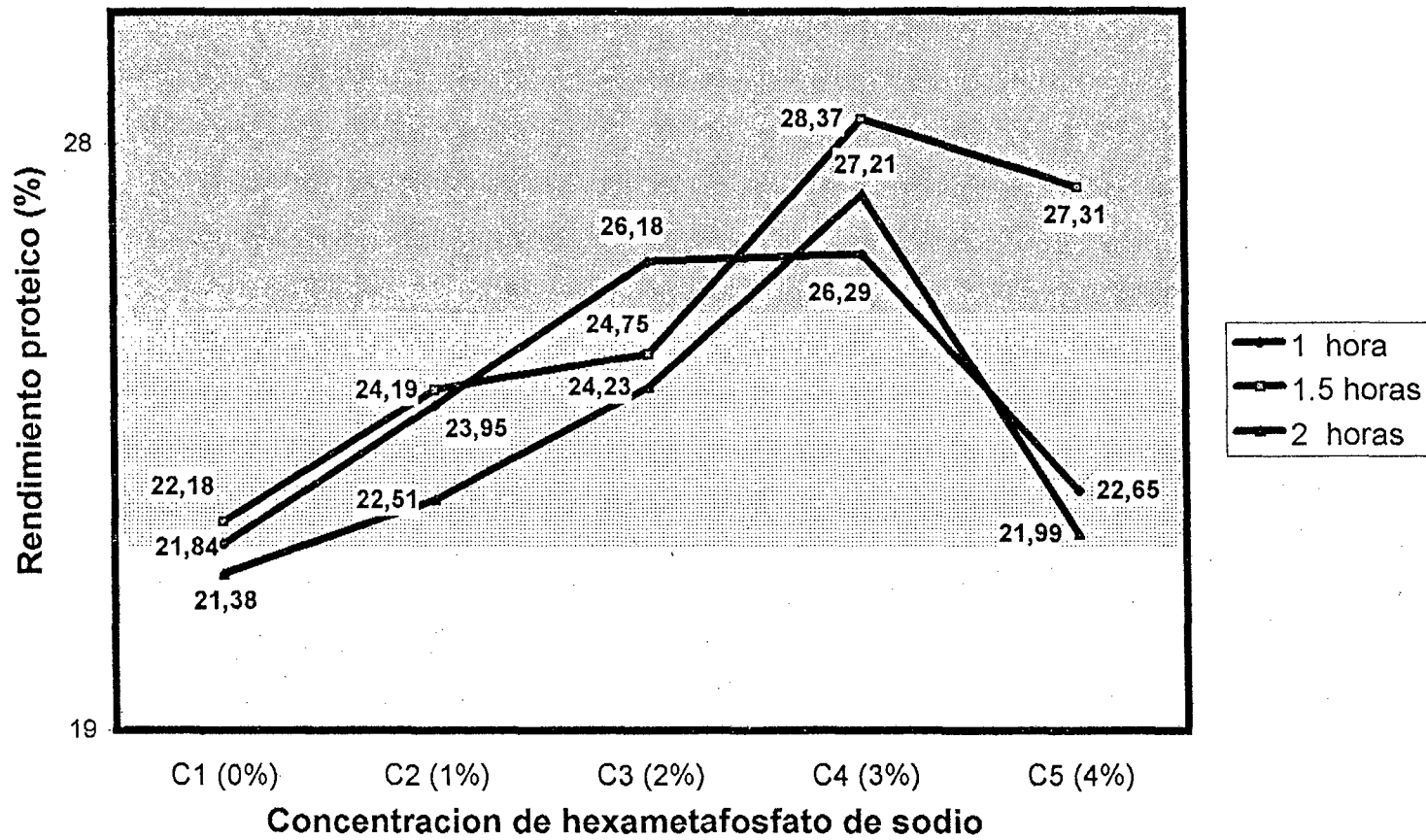


Figura 3. Rendimiento de proteínas con hexametafosfato de sodio durante la maceración

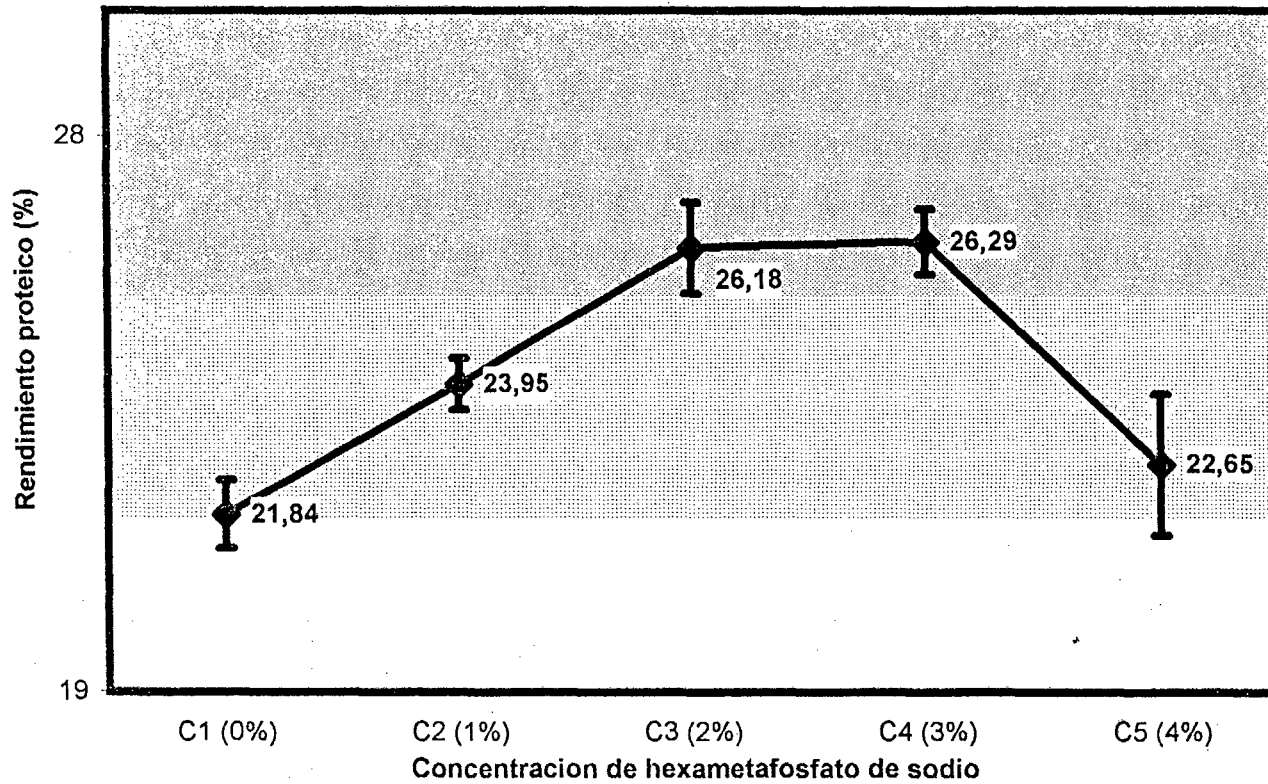


Figura. 4. Rendimiento de proteínas con hexametafosfato de sodio durante 1 hora de maceración

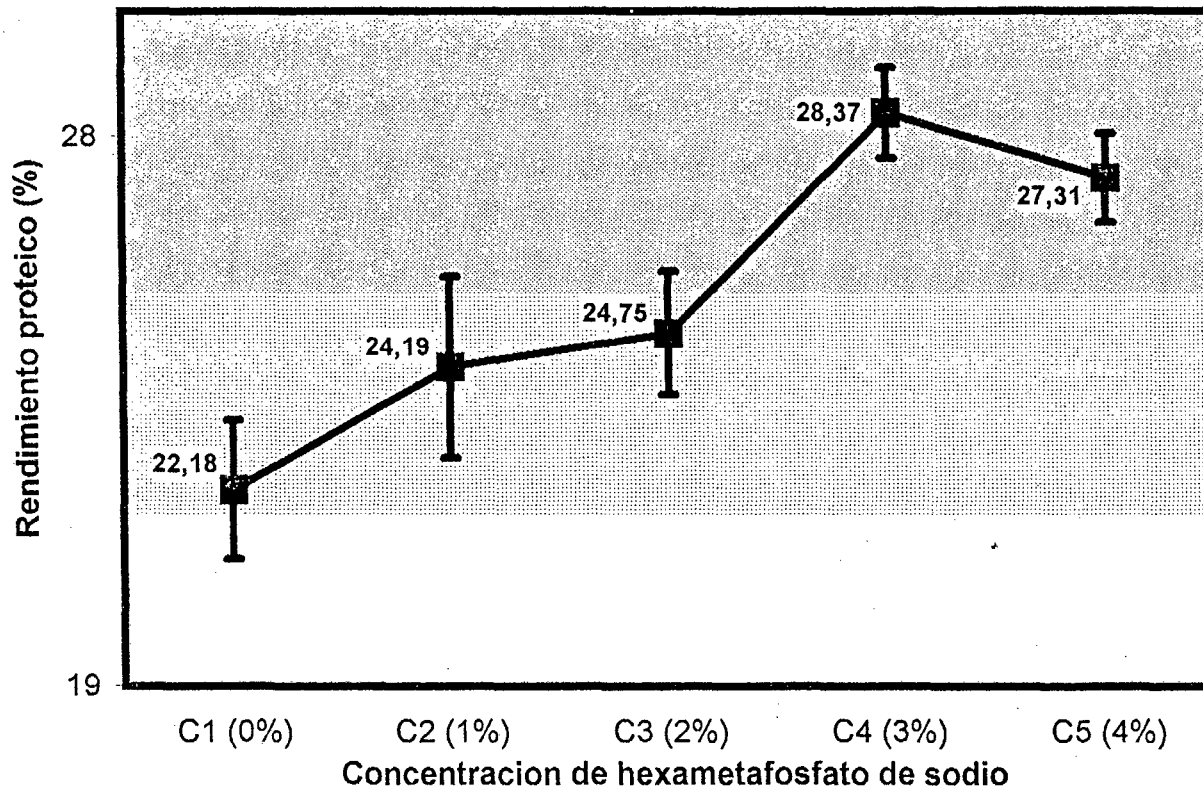


Figura 5. Rendimiento de proteínas con hexametafosfato de sodio durante 1,5 horas de maceración

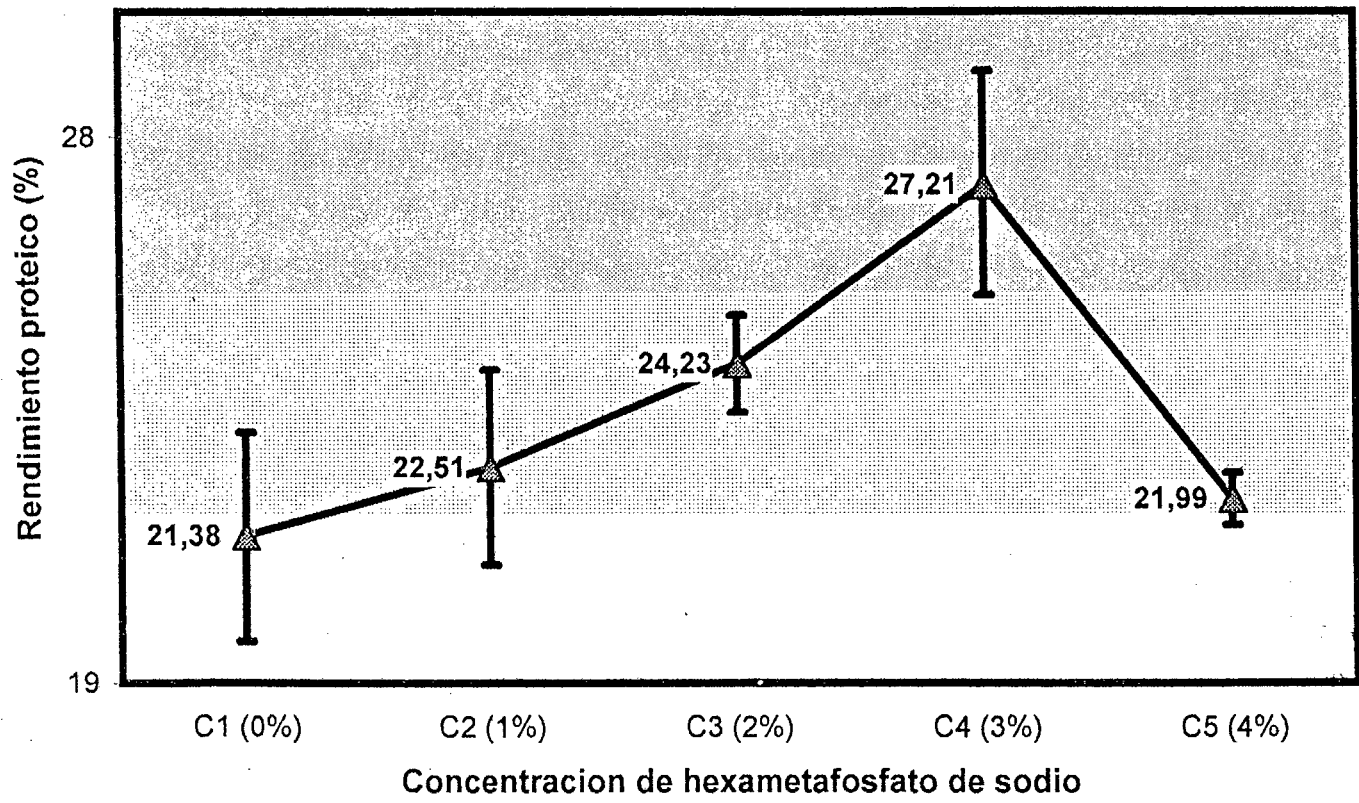


Figura. 6. Rendimiento de proteínas con hexametafosfato de sodio durante 2 horas de maceración

Cuadro 12. Resultado del rendimiento de proteína durante la maceración con bisulfito de sodio.

C	RENDIMIENTO PROTEICO
C ₁ (0 %)	21,80 ± 0,62 ^c
C ₂ (1 %)	23,55 ± 0,47 ^{b c}
C ₃ (2 %)	25,06 ± 0,64 ^{a b}
C ₄ (3 %)	27,29 ± 0,89 ^a
C ₅ (4 %)	23,98 ± 1,12 ^{b c}

Valores representan (promedio ± SEM). Los datos provienen de los experimentos, cada uno analizado por triplicado, promedios por concentración con diferentes superíndice difieren $P < 0,05$.

Espinoza (1993), indica que la concentración de la sustancia extractora utilizado en la maceración influye mucho, si existe una concentración muy pobre y un tiempo corto no va a tener mayor efecto mientras si existe una alta concentración y un tiempo demasiado largo se produce una deshidratación excesiva en la envoltura celular no permitiendo la liberación de las proteínas y esta puede variar de acuerdo a la variedad de hoja.

Después de evaluar los resultados, se concluyó que al utilizar el hexametáfosfato de sodio al 3% como sustancia maceradora y un tiempo de 1,50 horas se obtiene el mayor rendimiento.

2. Termocoagulación ácida

Esta operación se evaluó al igual que el caso anterior de acuerdo al contenido proteico, usando como sustancia acidificante ácido clorhídrico

concentrado. Los resultados se presentan en el cuadro 13.

Los datos experimentales fueron analizados estadísticamente (A-IV) donde se puede notar que existe diferencia altamente significativa entre los pH (H), y las temperaturas (K) y en las interacciones de ambos, aplicando el ANVA para la interacción entre H x K (A-IV) se encontró diferencia estadística altamente significativa y aplicando la prueba de Tukey $P < 0,05$, se determinó los niveles de diferenciación estadística (Cuadro 13); donde se puede observar que el mayor contenido de proteína se obtiene en el T_{11} (H_4 y K_2) que representa un pH de 5,0 y una temperatura de 75°C , a su vez este estadísticamente diferente de los demás tratamientos.

Según Ordoñez (1987) la termocoagulación en la hoja de yuca se produce a un pH de 5,0 y una temperatura de 75°C y para Espinoza (1993) éste se produce a un pH 4 y a una temperatura de 75°C . Los resultados obtenidos están muy cerca de los reportados en la bibliografía. Según David (1986), mediante el pH isoeléctrico o la capacidad de alterar la carga de los aminoácidos o sus derivados por manipulación del pH facilita la separación física de los aminoácidos, péptidos y proteínas. El mismo autor indica que el calor aumenta el rendimiento mediante una desnaturalización moderada de las proteínas se debe a la conformación aleatoria de una cadena polipeptídica sin afectar la estructura primaria, y para nuestro caso es aproximadamente 75°C .

Cuadro 13. Resultados del efecto del pH y la temperatura en el rendimiento proteico durante la termocoagulación

T	H (pH)	K (°C)	RENDIMIENTO PROTEICO
T ₁	H ₁ (3.5)	K ₁ (65)	20,39 ± 0,70 ^{f g}
T ₂	H ₁ (3.5)	K ₂ (75)	32,87 ± 0,60 ^{b c d}
T ₃	H ₁ (3.5)	K ₃ (85)	18,88 ± 1,20 ^g
T ₄	H ₂ (4.0)	K ₁ (65)	33,70 ± 0,50 ^b
T ₅	H ₂ (4.0)	K ₂ (75)	25,47 ± 0,73 ^{d e}
T ₆	H ₂ (4.0)	K ₃ (85)	34,91 ± 0,85 ^b
T ₇	H ₃ (4.5)	K ₁ (65)	26,03 ± 0,72 ^{d e}
T ₈	H ₃ (4.5)	K ₂ (75)	35,73 ± 0,59 ^b
T ₉	H ₃ (4.5)	K ₃ (85)	28,69 ± 0,55 ^{c d}
T ₁₀	H ₄ (5.0)	K ₁ (65)	23,57 ± 0,84 ^{e f}
T ₁₁	H ₄ (5.0)	K ₂ (75)	39,86 ± 1,23 ^a
T ₁₂	H ₄ (5.0)	K ₃ (85)	17,10 ± 1,72 ^g

Valores representan (promedio ± SEM). Los datos provienen de los experimentos, cada uno analizado por triplicado, promedios por interacción de temperatura y pH con diferentes superíndice difieren P < 0,05.

El mismo autor, indica que por lo general las proteínas desnaturizadas son menos solubles en agua y a menudo precipitan en soluciones acuosas. Del mismo modo menciona que los puntos isoeléctricos de los aminoácidos varían en un pH de 2,77 a 10,76. Según Villacrez (1987), la semilla de *Erythrina edulis* tipo "pajaris" posee todos los aminoácidos esenciales a excepción del triptófano. La

termocoagulación para las hojas de erythrina queda establecido utilizando HCl concentrado hasta alcanzar el pH 5,0 y la temperatura de 75 °C.

D. PARAMETROS DE PROCESAMIENTO Y BALANCE DE MATERIA DE LA HARINA PROTEICA DE HOJA DE ERYTHRINA

1. Parámetros de procesamiento

a. Materia prima

Hojas de erythrina en buen estado fitosanitario y con una edad media de 5 semanas las cuales fueron cosechadas por las mañanas, por que se encontraban más turgentes.

b. Pesado

En una balanza comercial, con la finalidad de determinar el rendimiento del proceso. Se debe evitar en lo posible el pesado de otras partículas grandes que se encuentran junto con las hojas, para facilitar la posterior selección.

c. Selección

Se separan las hojas que se encuentran en mal estado y algunas impurezas o sustancias extrañas que puedan llegar al proceso, se realizó en forma manual.

d. Cortado

Se usa un cuchillo, para reducir el tamaño de las hojas de tal modo que sea más accesible para la molienda. Se cortó en tamaños de 4 a 5

cm aproximadamente.

e. Lavado

Con agua potable para separar todas las sustancias extrañas que se encuentran adheridas a las hojas y reducir la carga microbiana.

f. Macerado

Se preparó la solución de hexametáfosfato de sodio al 3%, luego se maceró las hojas con una relación de 1:5 (Kg de hoja de erythrina : Kg de Sustancia maceradora) por un tiempo de 1,5 horas.

g. Escurrido

Con un tamiz fino con la finalidad de separar la solución extractora cumplido el tiempo determinado.

h. Enjuagado

Con agua potable con la finalidad de separar restos de solución extractora que aún queda adherido a las hojas.

i. Molienda I

Con una licuadora industrial usando agua destilada en una relación 1:9 (Kg hoja:Kg agua) para reducir aún más el tamaño de partículas y facilitar su extracción.

j. Filtrado I

Con una tela de poliseda con la finalidad de separar las fibras y otros componentes insolubles en la solución proteica.

k. Termocoagulación

Se realizó adicionando gota a gota HCl concentrado hasta alcanzar el

pH 5,0 , luego se calienta hasta alcanzar una temperatura de 75 °C, precipitando la mayor cantidad de proteínas posibles.

I. Enfriado

A temperatura ambiente con la finalidad de producir coágulos de proteínas y facilitar su separación.

m. Filtrado II

Con una bomba de vacío y usando filtro rápido con la finalidad de separar el coagulo proteico de la parte acuosa.

n. Secado

En estufa a 50°C por un tiempo 24 horas aproximadamente, con la finalidad de eliminar el agua hasta humedad de aproximadamente 5 a 6 %.

o. Molienda II

Con un molino de dientes, con la finalidad de darle una finura apropiada al producto de tal modo que sea más manejable y tenga mejor presentación.

p. Envasado

En bolsas de polipropileno en cantidades aproximadas de 100 g. El material usado es especial para almacenar por un buen tiempo productos secos.

2. Balance de materia

En el cuadro 14, se observa que el rendimiento del proceso es de 4,08 % aproximadamente, este bajo rendimiento puede deberse al alto contenido de fibra y otros componentes. Espinoza (1993) determinó en el

concentrado proteico de hoja de Kutzú un rendimiento de 13,30 %. Ordoñez (1987), en el concentrado proteico de hoja de yuca obtuvo un rendimiento de 8,60 %. Luego de obtener el producto final (resumido en el flujograma de la figura 7), se hizo su posterior caracterización.

E. CARACTERIZACION DEL PRODUCTO FINAL

1. Análisis bromatológico

El resultado del análisis bromatológico se presenta en el cuadro 15 donde podemos apreciar que la harina proteica de erythrina contienen un 56,90 %, 56,58 % y 55,61 %; de proteínas totales, proteínas verdaderas y proteínas digeribles respectivamente. Según Espinoza (1993) , el concentrado proteico de hoja de kutzú contiene 43,71 %, 40,82 %, 37,72; de proteínas totales, proteínas verdaderas y proteínas digeribles respectivamente. Ordoñez (1987) , indica que el concentrado proteico de hoja de yuca contiene 38,90 %, 36,07 % y 37,73 %; de proteínas totales, proteínas verdaderas y proteínas digeribles respectivamente. La diferencia podría deberse a que la harina proteica de erythrina contiene más proteínas lo que lo hace altamente nutritivo, por poseer buen porcentaje de proteínas digeribles y verdaderas.

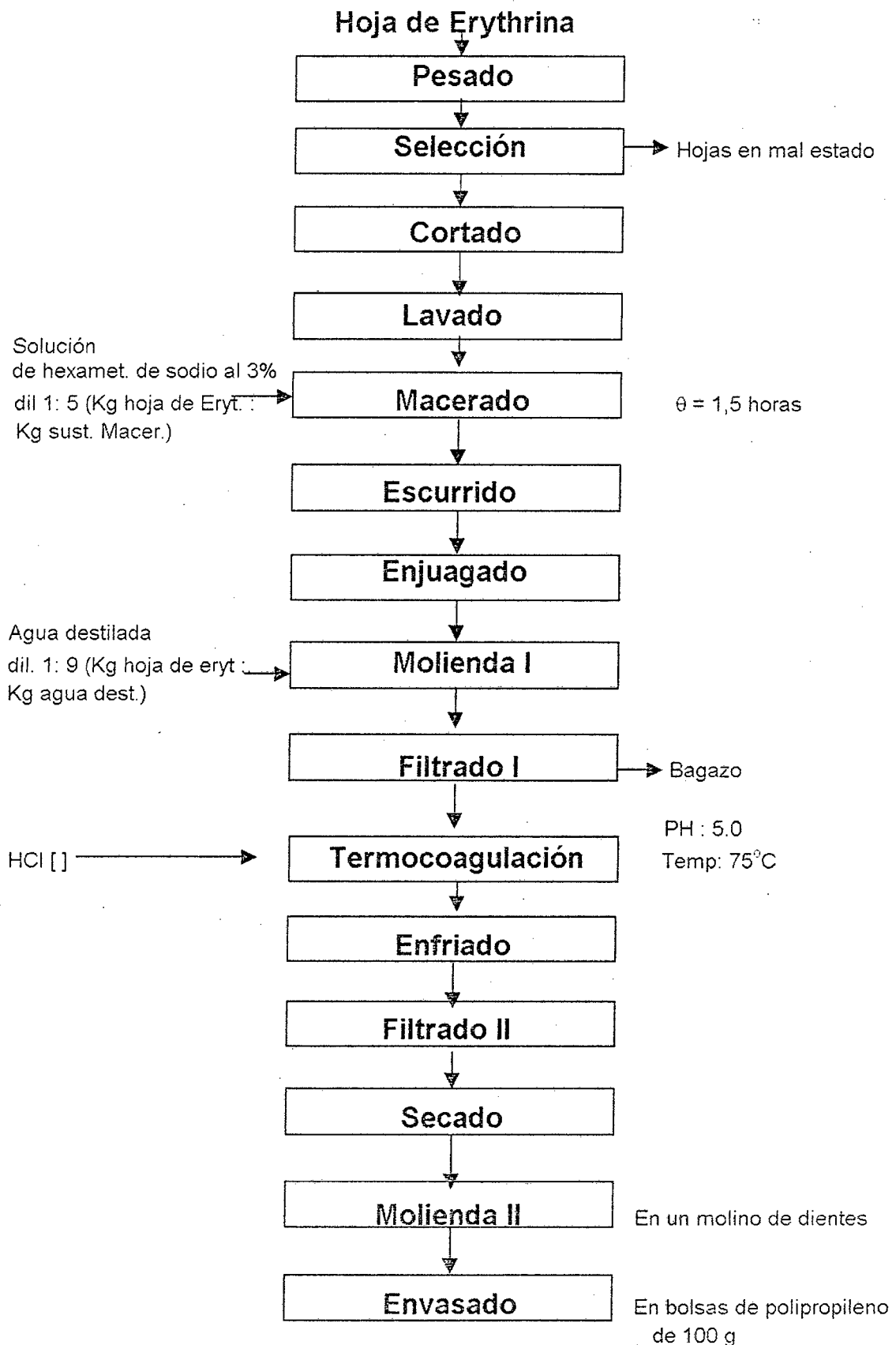


Figura 7. Flujograma para la elaboración de harina proteica a partir de hojas de erythrina.

Cuadro 14. Balance de materia en el proceso de elaboración de harina proteica a partir de hojas erythrina.

OPERACIÓN	INICIO Kg	ENTRA Kg	SALE Kg	SIGUE Kg	REND. OPER. (%)	REND. PROC. (%)
Pesado	100,00	---	---	100,00	100,00	100,00
Selección	100,00	---	2,00	98,00	98,00	98,00
Triturado	98,00	---	1,10	96,90	98,88	96,90
Lavado	96,90	3,10	---	100,00	103,20	100,00
Macerado	100,00	481,40	---	581,40	581,40	581,40
Escurrido	581,40	---	436,70	144,70	24,89	144,70
Enjuagado	144,70	---	---	144,70	100,00	144,70
Molienda	144,70	868,20	52,60	960,30	663,65	960,30
Filtrado I	960,30	---	59,30	901,00	93,82	901,00
Termocoag.	901,00	---	31,10	869,90	96,55	869,90
Enfriado	869,90	---	---	869,90	100,00	869,90
Filtrado II	869,90	---	807,00	62,90	7,23	62,90
Secado	62,90	---	57,62	5,28	8,39	5,28
Molienda II	5,28	---	1,20	4,08	77,27	4,08
Envasado	4,08	---	---	4,08	100,00	4,08

Otros componentes que se encuentran en gran porcentaje son: grasa bruta 17,38 % aproximadamente lo que indica que nuestro producto podría estar sujeto a enranciamientos durante el almacenamiento; debido a que algunas enzimas contenidas en las grasas ponen en libertad pequeñas cantidades de ácidos grasos Enciclopedia Barsa (1974).

Con respecto a los carbohidratos se encontró 12,88 % aproximadamente,

mayormente como carbohidratos insolubles en agua. Analizados estos tres componentes más importantes nos determina que nuestro producto también es energético, como se muestra en el valor calórico.

Cáceres (1994), reporta que la harina de leucaena contiene 5 % de fibra y 14 % de humedad, lo que indica que la presencia de fibra en nuestro producto (6,40 %) es muy importante, por lo que puede considerarse como harina proteica; además la humedad en nuestro producto (5,25 %) es más baja que la mencionada por Cáceres (1994).

2. Controles microbiológicos

En el cuadro 16 se muestra los resultados de los análisis microbiológicos después de 4 meses de almacenamiento.

En relación a la numeración de mohos y levaduras, y la numeración de coliformes totales en particular poseen valores inferiores a los límites microbiológicos dados por Mossel (1985). Además nuestro producto presenta ausencia de Salmonella en 25 g de harina proteica de hoja de erythrina.

F. EVALUACION DEL PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO

En el cuadro 17, se muestra los resultados de los variaciones de humedad, pH, Acidez titulable y porcentaje de proteínas evaluados cada mes durante 3 meses de almacenamiento.

En el análisis de varianza (A-VIII), se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los meses de almacenamiento, en cuanto a la humedad, proteína, pH y acidez como se muestra en el cuadro 17 de ello se

Cuadro 15. Análisis bromatológico de la harina proteica a partir de erythrina en un promedio de tres repeticiones.

COMPONENTE	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)
Extracto acuoso	2,72	2,87
Humedad	5,25	---
Proteínas totales	53,90	56,90
Proteínas digeribles	52,69	55,61
Proteínas Verdaderas	53,61	56,60
Nitrógeno no proteico (NNP)	0,29	0,31
Grasa Bruta	17,40	18,35
Fibra	6,06	6,40
Ceniza Total	4,51	4,76
-Ceniza soluble en agua	0,71	0,75
-Ceniza insoluble en agua	3,80	4,01
Carbohidratos	12,88	13,60
Valor cal (Kcal/100 gr de Mat. Seca)		445,89
Minerales:		
Ca (mgr/100gr)	80,08	84,52
K (mgr/100gr)	43,64	46,06
Acidez Titulable(% Acido sulf.)	0,59	0,63
pH	5,0	----

puede llegar a la conclusión de que durante los 3 meses de almacenamiento, estadísticamente el producto no sufre alteración alguna.

Cuadro 16. Resultados de los análisis microbiológicos de harina proteica de erythrina después de 4 meses de almacenamiento

ANALISIS	CONTENIDO
Numeración de Mohos y Levaduras	< 10 ufc/ g
Numeración de Coliformes totales	< 3 ufc/ 100 g
Salmonella	Ausencia en 25 g

Cuadro 17. Efecto del tiempo en algunos componentes y valores fisico-químicos (base húmeda) de la harina de hoja de erythrina.

TIEMPO (Meses)	COMPONENT.	HUMEDAD (%)	PROTEINAS TOTALES (%)	pH	ACID. TITULAB. (% Ac, Sulf.)
0		5,25 ± 0,52 ^a	53,90 ± 2,08 ^a	3,53 ± 0,16 ^a	0,58 ± 0,05 ^a
1		5,27 ± 0,13 ^a	53,83 ± 1,32 ^a	3,62 ± 0,16 ^a	0,57 ± 0,04 ^a
2		5,42 ± 0,20 ^a	53,75 ± 1,39 ^a	3,63 ± 0,08 ^a	0,55 ± 0,03 ^a
3		5,60 ± 0,16 ^a	53,45 ± 0,72 ^a	3,65 ± 0,17 ^a	0,52 ± 0,03 ^a

G. EVALUACION TOXICOLOGICA DE LA HARINA PROTEICA DE ERYTHRINA

La evaluación se realizó mediante un estudio de la parte externa e interna de la rata y las posibles alteraciones de su conducta y los órganos principales que pudiese haber sido afectadas por la harina proteica comparado con el testigo al cual no se le suministró ninguna dosis de la muestra. También se hizo un control del peso corporal, el consumo de

alimento y la dosis ingerida en promedio semanal durante 13 semanas.

En el cuadro 18, se muestra el examen físico y algunas observaciones de la rata en tratamiento comparado con la rata testigo, después de 13 semanas de tratamiento. Donde se observa aparentemente que no se manifiesta ninguna alteración secundaria de importancia comparado con el testigo, excepto en el color de la defecación verde oscuro, que se debe al pigmento verde (clorofila), que viene adherido al concentrado proteico. Según Espinoza (1993), las proteínas se clasifican en base a sus propiedades físicas y en ocasiones a las características de su composición. Considera a las proteínas conjugadas, que al ser sujeta a hidrólisis, libera α aminoácidos con otras sustancias. En este grupo se encuentran las porfiroproteínas cuyo grupo prostético está formado por una porfirina combinado a un metal. Cuando la porfirina contiene magnesio, se forma la clorofila que permite la integración de las clorofiloproteínas abundante en vegetales.

En el cuadro 19, se puede observar que aparentemente no existe efectos secundarios sobre los principales órganos internos de la rata en tratamiento comparado con el testigo, a excepción del estómago, los intestinos y el páncreas que tienen un color verde oscuro, y como en el caso anterior es debido al pigmento verde (clorofila) que viene adherido a la proteína en forma de clorofiloproteína.

Según Cheftel y Cheftel (1980), conviene resaltar que el estudio de la toxicidad a corto plazo, no es suficiente para juzgar la existencia o ausencia de una posible acción cancerígena o teratógena, no obstante nos orienta

sobre las pruebas de toxicidad a largo plazo, especialmente con relación a los órganos y funciones que se deben vigilar con mayor atención

En conclusión nuestro producto no presenta toxicidad acorto plazo lo que involucra que su consumo aparentemente no implica riesgo alguno.

H. APLICACIÓN DE LA HARINA PROTEICA COMO INSUMO EN OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS

1. Aplicación de la harina proteica en panes

Con la harina proteica se elaboró panes, el producto fue evaluado mediante un testigo y tres tratamientos de acuerdo a la sustitución de harina de trigo con 0; 1; 1,5 y 2% de harina proteica de erythrina. El grado de preferencia de los panelistas semientrenados estuvo de acuerdo a una escala hedónica en relación a los atributos de sabor, aroma y color, debido a que éstos son los atributos que más influyen al usar este tipo de producto y cuyos puntajes se muestran en el (A-X).

Con respecto a los atributos sabor, aroma y color del pan (Cuadro 20 y fig 8) (A-X), se puede apreciar que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, realizado la prueba de comparación de Tukey $p < 0,05$ se determinó que el tratamiento con 0 % de sustitución fue el mejor y los tratamientos T_1 (1,0 %) y T_2 (1,5 %) y T_3 (2,0 %) son estadísticamente iguales dando como respuesta sensorial ligeramente bueno para dichos atributos.

Cuadro 18. Exámenes físicos y algunas observaciones de ratas albinas alimentados con harina proteica de erythrina.

COMPORTAMIENTO	REACCIONES	
	RATA TESTIGO	RATA EN TRATAMIENTO
Actividad	Incremento de locomoción	incremento de locomoción
Respuesta somática	frotarse la nariz	frotarse la nariz
Defecación	color marrón claro	color verde oscuro
Respiración	normal	aparentemente normal
Corazón	pulso normal	pulso aparentemente normal

Cuadro 19. Resultados de las posibles lesiones en los principales órganos internos en ratas albinas, alimentados con harina proteica de erythrina durante 13 semanas.

ORGANO	EXAMEN SUPERFICIAL	
	RATA TESTIGO	RATA EN TRATAMIENTO
Pulmones	Normal	aparentemente normal
Corazón	normal	aparentemente normal
Hígado	normal	aparentemente normal
Riñones	normal	aparentemente normal
Estómago	marrón claro	verde oscuro
Intestino	marrón claro	verde oscuro
Páncreas	fosado	verde oscuro
Cerebro	normal	aparentemente normal

Normal : cuando no existe alteraciones en el color, tamaño, forma y aspecto general del órgano.

Aparentemente normal : cuando no existe posibles alteraciones en el color, tamaño, forma y aspecto general del órgano

Cuadro 20: Evaluación de los atributos sabor, aroma y color del pan elaborado con harina proteica de erythrina.

Tratamientos	Promedios		
	Sabor	Aroma	Color
T ₀ (0 %)	7,72 ± 0,10 ^a	7,33 ± 0,14 ^a	7,55 ± 0,12 ^a
T ₁ (1,0 %)	5,78 ± 0,30 ^b	6,05 ± 0,23 ^b	6,00 ± 0,18 ^b
T ₂ (1,5 %)	5,77 ± 0,19 ^b	6,00 ± 0,19 ^b	5,72 ± 0,16 ^b
T ₃ (2,0 %)	6,22 ± 0,22 ^b	5,94 ± 0,23 ^b	5,61 ± 0,26 ^b

Estos grados de preferencia nos indican que nuestro producto hasta con 2 % de sustitución, tiene atributos organolépticos aceptables por lo que su consumo no estaría sujeto a posibles rechazos en lugares de extrema pobreza donde el nivel proteico de los alimentos es limitado.

2. Aplicación de la harina proteica en mazamorra morada

El producto fue evaluado a través de un testigo y tres tratamientos de acuerdo a la sustitución de chuño con 0; 2; 3 y 4% de harina proteica de erythrina.

Del mismo modo como en el caso anterior, el grado de preferencia de los panelistas semientrenados estuvo de acuerdo a una escala hedónica en relación a los atributos sabor, aroma y color. Cuyos resultados se puntajes se muestran en el A-XI

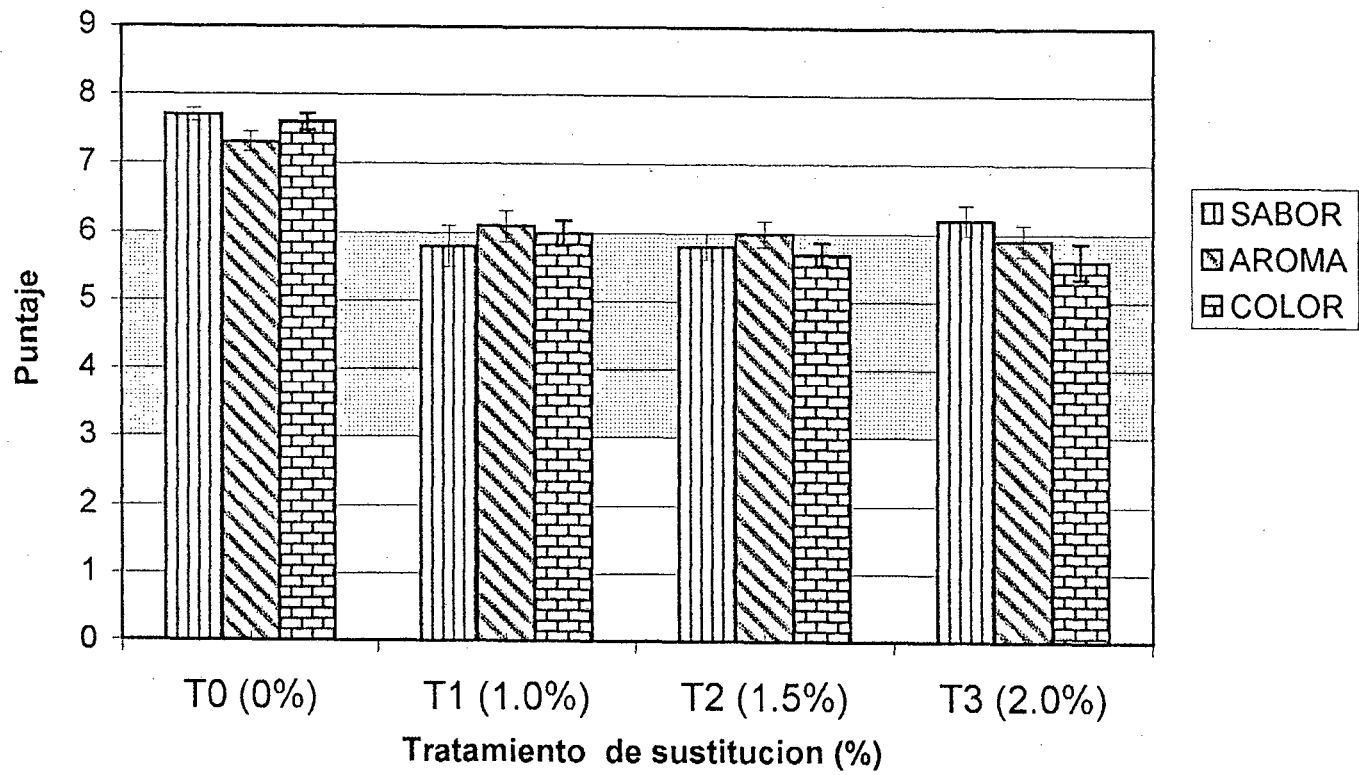


Figura 8. Representacion esquematica de la evaluacion organoleptica en el pan utilizando harina de erythrina

Cuadro 21. Evaluación de los atributos sabor, aroma y color de la mazamorra morada elaborado con harina proteica de erythrina.

Tratamientos	Promedios		
	Sabor	Aroma	Color
T ₀ (0 %)	7,44 ± 0,21 ^a	7,16 ± 0,24 ^a	7,61 ± 0,16 ^a
T ₁ (2,0 %)	5,88 ± 0,19 ^b	6,22 ± 0,22 ^{ab}	5,55 ± 0,28 ^b
T ₂ (3,0 %)	5,05 ± 0,22 ^{bc}	5,22 ± 0,27 ^b	4,16 ± 0,32 ^c
T ₂ (4,0 %)	4,27 ± 0,31 ^c	4,00 ± 0,34 ^c	3,33 ± 0,37 ^d

De acuerdo al cuadro 21 y figura 9, el tratamiento que ocupa el primer lugar fue el T₀. Con respecto al atributo sabor de la mazamorra morada, se puede apreciar que existe diferencia estadística altamente significativa, realizando la prueba de comparación de Tukey $p < 0,05$ se determinó los tratamientos T₁ (2,0 %) y T₂ (3,0 %) son estadísticamente iguales dando como respuesta sensorial ligeramente bueno.

Para el atributo aroma, se determinó que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos. Realizando la prueba de comparación de Tukey $p < 0,05$, se obtuvo que el T₀ (0 %) y el T₁ (2,0 %) son estadísticamente iguales, el nivel de sustitución da como calificativo de bueno.

En el atributo color, se determinó, que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos. Mediante la prueba de comparación de Tukey $p < 0,05$, se determinó que los tratamientos T₀ (0

%), T_1 (2,0 %), T_2 (3,0 %) y T_3 (4,0 %) son estadísticamente diferentes, encontrándose en segundo lugar T_1 (2,0 %), Calificándolo como regular.

De la aplicación de la harina de hoja de erythrina en mazamorra morada se puede concluir que los panelistas si reconocen la sustitución, siendo el mejor el T_0 (0 %) de sustitución, sin embargo se puede dar con buena aceptación con respecto a los atributos olor, sabor y color con 2 % de sustitución para ambos productos.

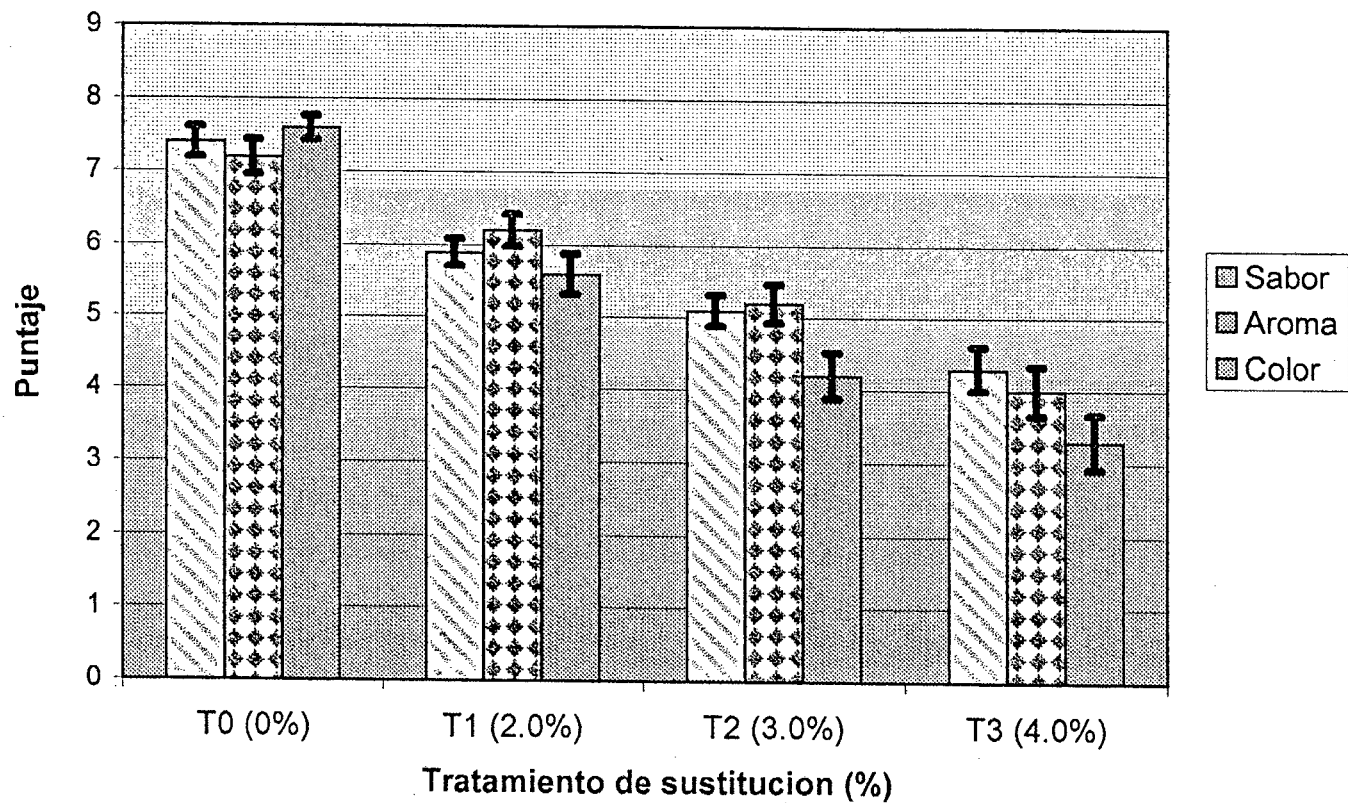


Figura 9. Representacion esquematica de la evaluacion organoleptica de la mazamorra morada utilizando harina proteica de erythrina

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación son:

1. La edad óptima de cosecha para las hojas de erythrina fue de 5 semanas.
2. Los parámetros de procesamiento para la obtención de la harina proteica de erythrina fue : maceración durante 1,5 horas, con un contenido de 3% de hexametáfosfato de sodio al 95% de pureza, y una relación hoja/sust. maceradora de (1:5); termocoagulación, con HCl, a pH isoeléctrico 5,0 y temperatura de 75°C, secado, envasado, finalmente el rendimiento fue de 4,08 %.
3. Los resultados del análisis bromatológico fue 56,89 % de proteínas totales, 55,61 % de proteínas digeribles y un 56,59 % de proteínas verdaderas, un valor calórico de 445,88 Kcal/100 g y no tiene efecto toxicológico.
4. La aplicación de la harina proteica en panes y mazamorra fue 2,0 % de sustitución evaluados en los atributos sabor, aroma y color.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar un trabajo de investigación para la obtención de harina proteica de hoja de erythrina, libre de color verde, sabor y aroma característicos a vegetal.
2. Utilizar la harina proteica de erythrina en productos como salsas verdes a base de espinacas, albaca, perejil, etc.
3. Promover el consumo de la harina proteica de erythrina en los sectores más pobres, mediante proyecciones sociales sobre alimentación.
4. Promover más trabajos de investigación de características similares con otros vegetales, ricos en proteínas, que existen en la zona.

VII. BIBLIOGRAFIA

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of analysis of international. 16th edition vol
llapter 32 cereal food and chapter 33 Dairy products. pp 815, 825, 830
- CACERES T.M. 1994 Utilización de la harina de leucaena (*Leucaena
leucocephala*) como fuente pigmentante de raciones de pollo de carne.
Tesis UNAS. p. 55.
- CHEFTEL, J., CHEFTEL, H 1980 Introducción a la Bioquímica y Tecnología
de Alimentos. Acribia Zaragoza España. pp. 325, 328, 338.
- DAVID W. MARTIN jr , PETER A. MAYES, VICTOR W. RODWELL y
DARYL K GRANNER. 1986 Bioquímica de Harper Trad. Carsolio
P. Rosalio Edit. El manual moderno S.A México. pp. 14, 15, 38, 672,
682, 683.
- ENCICLOPEDIA BARSA 1974 Tomo VII Edit. Británica. p. 356.
- ENCICLOPEDIA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNICA 1982 Tomo IV, VII Edit
Océano. pp. 1493, 2489.
- ESPINOZA CLARA R. 1993 " Extracción de proteínas de la hoja de Kutzú
(*Pueraria phaseoloides*) para alimentación humana " tesis Industrias
alimentarias UNAS Tingo María Perú. pp. 7, 10, 36, 37, 39, 51,51,
73.
- ESPINOZA, J.E. 1983 Características Nutritivas de la fracción nitrogenada del
forraje del madero negro (*Gliricidiasepium*) y poró (*Erythrina
Poeppiagiana*) Tesis M.Sc., CATIE Costa Rica. pp 16.

- FAO 1980 Evaluación Nutricional de los Alimentos Proteínicos Edit Pellett
P.L y Joung V.R. Tokio Japón. p. 79.
- FISHER P. , BENDER A. 1972 Valor nutritivo de los alimentos Trad. Gomez
de Segura L. Edit. Limusa Wiley México. p. 200.
- GUERRA MELENDEZ M.A. 1988 "Alimentación de cobayos (*Cavia cobayo*)
con forraje de eritrina (*Erythrina sp*) suplementado con diferentes
niveles de concentrado comercial Tesis Zootecnia UNAS Tingo María
Perú. pp. 3, 4.
- HART. F , FISHER H. 1971 Análisis moderno de los alimentos Edt. Acribia
Zaragoza España. p. 619.
- ICMSF, 1983. Microorganismos de los alimentos I. Técnicas de análisis
microbiológico. Edit. Acribia. Zaragoza-España. p. 76.
- LEES S. 1969 Manual de análisis de los alimentos Edit. Acribia
Zaragoza España p. 288.
- MOSSEL M. 1985 Microbiología de los alimentos Edit. Acribia Zaragoza
España. p. 85.
- NATIVIDAD F.R. 1988 Evaluación sensorial de los alimentos Universidad
Nacional Agraria de la Selva Tingo María Perú. p. 35.
- ORDOÑEZ, G. 1987 Obtención de un concentrado proteico a partir de
hojas de yuca (*Manihot esculenta*, Grantz) y su aplicación. Tesis
Industrias Alimentarias Universidad Nacional Agraria de la Selva. pp.
20, 26, 44, 62, 83.
- REYES S.M.R. 1986 Alimentación de Cobayos (*Cavia Cobayo*) con hojas

de eritrina (*Erythrina SP*) suplementado con diferentes niveles de concentrado comercial. Tesis Ing. Zootecnista. UNAS, Tingo María Perú. p. 10.

ROBINSON A. 1988 Fundamentos de nutrición normal Edit. C.E.C.S.A. México. p. 78.

SAISAVILCA G.D.G. 1987 Alimentación de conejos con erythrina (*Erythrina SP*) suplementado con diferentes niveles de concentrado. Tesis Ing. Zootecnista, UNAS, Tingo María, Perú. pp. 10, 11.

VILLACREZ .R M. L. 1987 Estudio químico bromatológico de las semillas de *Erythrina edulis_ triana* ex micheli "pajuro" Tesis Universidad Mayor de San Marcos Facultad de Farmacia. p. 35.

VIII. ANEXOS

A-I

Efecto de la edad de la hoja de erythrina en el porcentaje de proteínas

Trat.	Edad de la hoja	Repetición	% de Proteínas
T1	1 sem	R1	3,98
	1 sem	R2	4,07
	1 sem	R3	4,58
T2	3 sem	R1	4,67
	3 sem	R2	4,82
	3 sem	R3	5,06
T3	5 sem	R1	6,76
	5 sem	R2	5,98
	5 sem	R3	6,06
T4	8 sem	R1	1,78
	8 sem	R2	1,37
	8 sem	R3	1,41

ANVA del efecto de la edad de la hoja en el contenido de proteínas de la hoja de Erythrina.

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
Trat	3	35.60	11.87	125.55	0.0001 **
Error	8	0.76	0.09		
Total	11	36.36			

R ²	Coef.Var.	Root MSE	% Prot. Medio
0.98	7.30	0.31	4.21

A-II

ANVA del efecto del hexametáfosfato de sodio en rendimiento proteico de la hojas de erythrina.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
C	4	147.83	36.96	10.17	0.0001 **
θ	2	27.44	13.72	3.78	0.0345 *
C* θ	8	41.50	5.19	1.43	0.2260 NS
Error	30	109.05	3.63		
Total	44	325.82			

R ²	Coef. Var.	Root MSE	Rend. Medio
0.66	7.83	1.91	24.34

ANVA del efecto de hexametáfosfato en el rendimiento proteico manteniendo constante el tiempo 1 (θ_1)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
C	4	48.96	12.24	23.48	0.0001 **
Error	10	5.21	0.52		
Total	14	54.18			

R ²	Coef. Var.	Root MSE	Rend. Medio
0.903	2.99	0.72	24.18

ANVA del efecto del hexametáfosfato en el rendimiento proteico manteniendo constante el tiempo 2 (θ_2)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
C	4	74.15	18.54	16.45	0.0002 *
Error	10	11.27	1.13		
Total	14	85.41			

R ²	Coef. Var.	Root MSE	Rend. Medio
0.868	4.18	1.06	25.36

ANVA del efecto del hexametáfosfato en el rendimiento proteico manteniendo constante el tiempo 3 (03)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
C	4	66.13	16.53	8.49	0.0030 *
Error	10	19.48	1.95		
Total	14	85.62			

R ²	Coef. Var.	Root MSE	Rend.Medio
0.77	5.95	1.39	23.46

A-III

ANVA del efecto del bisulfito de sodio en la maceración de hojas de Erythrina .

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
C	4	147.93	36.98	7.20	0.0003 **
θ	2	27.31	13.66	2.66	0.0865 NS
C* θ	8	41.53	5.19	1.01	0.4492 NS
Error	30	154.14	5.14		
Total	44	370.91			

R ²	Coef.Var	Root MSE	Rend. Medio
0.58	9.31	2.27	24.34

ANVA del efecto de la concentración del bisulfito de sodio (C) en la maceración de hojas de Erythrina .

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
C	4	147.93	36.10	6.63	0.0003 **
Error	40	222.10	5.57		
Total	44	370.91			

R ²	Coef.Var	Root MSE	Rend. Medio
0.40	9.70	2.40	24.34

A-IV

ANVA del efecto del HCl y la temperatura durante la termocoagulación de las hojas de erythrina.

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
H	3	1099.72	366.57	143.50	0.0001 **
K	2	527.62	263.81	103.27	0.0001 **
H*K	6	156.20	26.03	10.19	0.0001 **
Error	24	61.31	2.55		
Total	35	1844.85			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	Rend.Medio
0.97	5.69	1.60	28.10

ANVA de la interacción del pH y la temperatura durante la termocoagulación

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
TRAT	11	2021.35	183.76	83.91	0.0001 **
Error	24	52.56	2.19		
Total	35	2073.91			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	Rend. medio
0.97	5.22	2.48	28.35

A-V

Formulaciones usadas en las diferentes mezclas sustituidas con concentrado proteico de erythrina durante la elaboración del pan de harina de trigo y la mazamorra morada para la elaboración sensorial.

A. PAN DE HARINA DE TRIGO

1. Harina de hoja de erythrina	0,0%	1,0%	1,5%	2,0%
2. Harina de trigo	79,0%	69,0%	64,0%	59,0%
3. Ingredientes (Van en porcentaje constante)				
a. Levadura	6,0%			
b. Manteca	7,0%			
c. Azúcar	7,0%			
d. Mejorador	2,0%			
e. Sal	1,0%			

B. MAZAMORRA MORADA.

1. Harina de hoja de erythrina	0,0%	2,0%	3,0%	4,0%
2. Almidón de papa	100,0%	98,0%	97,0%	96,0%

Los saborizantes y colorantes certificados van en porcentajes mínimos.

El agua se adiciona de acuerdo al gusto del consumidor y cuyo peso está de 11 a 12 veces el peso de la mezcla sustituida.

A-VII

Valor microbiológico de referencia para alimentos deshidratados sustitutos de la leche materna.

CLASE	GRUPO	MICROORGANISMOS	VALORES DE REFERENCIA	
			MAXIMO	MINIMO
I*	1	Salmonella, Arizona, Shigella	Ausencia en 25 gr	Ausencia en 25 gr
	2	E. coli	Ausencia en 10 gr	Ausencia en 10 gr
	3	S. Aureus	Ausencia en 10 gr	Ausencia en 10 gr
	4	S. Cereus	10 ² col/gr	10 ⁰ col/gr
	5	Esporas de mohos	10 ² col/gr	10 ⁰ col/gr
	6	Enterobacteriaceae	Ausencia en 10 gr	Ausencia en 10 gr
II**	7	Recuento de aerobios totales	10 ⁴ col/gr	10 ⁰ col/gr
	8	Recuento de esporas	10 ² col/gr	10 ⁰ col/gr
	9	Streptococcus del grupo D.	10 ² col/gr	10 ⁰ col/gr
	10	Cl. Perfringes	10 ² col/gr	10 ⁰ col/gr

Fuente : MOSSEL (1985)

* Análisis llevados a cabo en forma rutinaria.

** Análisis llevados a cabo sólo en usos especiales.

A-VIII

ANVA del efecto del tiempo (meses), en el contenido de humedad de la harina proteica de hoja de erythrina durante 3 meses de almacenamiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
Mes	3	0.24	0.08	0.29	0.83 N.S
Error	8	2.15	0.27		
Total	11	2.38			

R ²	Coef.Var.	Root MSE	Humedad media
0.09	9.62	0.518	5.59

ANVA del efecto del tiempo (meses), en el contenido de proteínas de la harina proteica de hoja de erythrina durante 3 meses de almacenamiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
Mes	3	1.27	0.42	0.07	0.98 N.S
Error	8	51.20	6.40		
Total	11	52.47			

R ²	Coef.Var.	Root MSE	Contenido medio
0.02	4.73	2.53	53.51

ANVA del efecto del tiempo (meses), en el pH de la harina proteica de hoja de erythrina durante 3 meses de almacenamiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
Mes	3	0.02	0.01	0.12	0.94 N.S
Error	8	0.52	0.60		
Total	11	0.54			

R ²	Coef.Var.	Root MSE	pH Medio
0.44	7.06	0.25	3.61

ANVA del efecto del tiempo (meses), en la acidez titulable de la harina proteica de hoja de erythrina durante 3 meses de almacenamiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr >F
Mes	3	0.01	0.002	0.46	0.72
Error	8	0.04	0.004		
Total	11	0.05			

R ²	Coef.Var.	Root MSE	Acidez Tit. Media
0.15	12.12	0.07	0.56

A-IX

Variación de la dosis suministrada y la dosis ingerida de la muestra problema en función de la variación del peso promedio de las ratas.

Wprom.ratas(gr)	Dosis suministrada(gr)	Dosis Ingerida(gr)
81.000	0.162	0.156
95.000	0.190	0.155
106.000	0.212	0.179
108.500	0.217	0.177
113.167	0.225	0.202
122.000	0.244	0.235
124.000	0.248	0.238
129.000	0.258	0.254
137.667	0.275	0.222
141.667	0.283	0.231
140.667	0.281	0.204
137.500	0.275	0.171
133.667	0.267	0.139

A-X

Puntajes dados por los panelistas, en la evaluación del sabor del pan de harina de trigo sustituido en porcentajes con harina de hojas de erythrina,

TRAT. PANEL.	T0	T1	T2	T3
1	8,0	6,0	6,0	8,0
2	7,0	6,0	5,0	5,0
3	7,0	6,0	6,0	4,0
4	8,0	5,0	5,0	8,0
5	8,0	6,0	5,0	8,0
6	8,0	6,0	6,0	6,0
7	8,0	7,0	6,0	6,0
8	7,0	7,0	6,0	5,0
9	7,0	4,0	5,0	5,0
10	8,0	4,0	6,0	7,0
11	8,0	5,0	5,0	6,0
12	8,0	5,0	6,0	7,0
13	8,0	6,0	6,0	6,0
14	8,0	7,0	6,0	7,0
15	8,0	7,0	7,0	6,0
16	7,0	6,0	5,0	4,0
17	8,0	6,0	5,0	8,0
18	8,0	5,0	8,0	6,0

ANVA de la evaluación del sabor del pan

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
PANEL	17	19.61	1.15	1.60	0.098 N.S
TRAT	3	42.28	15.43	21.42	0.0001 **
Error	51	32.72	0.72		
Total	71	102.61			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	P Mean
0.64	13.34	0.85	6.36

Puntajes dados por los panelistas, en la evaluación del aroma del pan de harina de trigo sustituido en porcentajes con harina de hojas de erythrina.

PANEL. \ TRAT.	T0	T1	T2	T3
1	6,0	5,0	6,0	5,0
2	7,0	7,0	6,0	6,0
3	7,0	7,0	6,0	5,0
4	7,0	7,0	6,0	7,0
5	7,0	5,0	5,0	5,0
6	8,0	7,0	7,0	6,0
7	8,0	7,0	5,0	6,0
8	8,0	5,0	6,0	5,0
9	8,0	5,0	5,0	6,0
10	8,0	5,0	6,0	6,0
11	7,0	6,0	6,0	7,0
12	8,0	6,0	6,0	7,0
13	7,0	8,0	8,0	8,0
14	7,0	6,0	7,0	7,0
15	7,0	6,0	7,0	6,0
16	7,0	5,0	5,0	4,0
17	8,0	5,0	5,0	5,0
18	7,0	7,0	6,0	7,0

ANVA de la evaluación del aroma del pan

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
PANEL	17	24.61	1.45	2.72	0.003*
TRAT	3	22.90	7.65	14.42	0.0001 **
Error	51	27.06	0.530		
Total	71	74.61			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	P Mean
0.64	11.45	0.73	6.36

Puntajes dados por los panelistas, en la evaluación del color del pan de harina de trigo sustituido en porcentajes con harina de hojas de erythrina..

PANEL. \ TRAT.	T0	T1	T2	T3
1	8,0	6,0	5,0	4,0
2	8,0	6,0	5,0	5,0
3	7,0	6,0	4,0	4,0
4	8,0	5,0	6,0	6,0
5	7,0	6,0	5,0	6,0
6	8,0	7,0	5,0	5,0
7	8,0	7,0	6,0	8,0
8	8,0	7,0	6,0	6,0
9	8,0	5,0	6,0	5,0
10	7,0	6,0	5,0	4,0
11	7,0	5,0	6,0	6,0
12	7,0	5,0	6,0	6,0
13	8,0	7,0	6,0	7,0
14	7,0	6,0	6,0	6,0
15	7,0	6,0	7,0	7,0
16	8,0	5,0	5,0	5,0
17	8,0	6,0	6,0	6,0
18	7,0	7,0	6,0	7,0

ANVA de la evaluación del color del pan

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
PANEL	17	21.28	1.251	2.01	0.028 *
TRAT	3	46.28	15.43	24.80	0.0001 **
Error	51	31.72	0.62		
Total	71	99.28			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	P Mean
0.68	12.73	0.79	6.19

A-XI

Puntajes dados por los panelistas, en la evaluación del sabor de la mazamorra morada sustituido en porcentajes con harina de hojas de erythrina.

TRAT. PANEL.	T0	T1	T2	T3
1	7,0	8,0	7,0	7,0
2	8,0	6,0	5,0	4,0
3	8,0	5,0	4,0	3,0
4	5,0	4,0	4,0	4,0
5	7,0	6,0	4,0	4,0
6	7,0	6,0	5,0	5,0
7	7,0	6,0	6,0	5,0
8	8,0	5,0	4,0	2,0
9	8,0	6,0	5,0	5,0
10	9,0	7,0	5,0	4,0
11	8,0	6,0	5,0	2,0
12	9,0	6,0	6,0	5,0
13	7,0	6,0	5,0	4,0
14	7,0	6,0	5,0	4,0
15	7,0	6,0	5,0	4,0
16	8,0	6,0	7,0	7,0
17	7,0	6,0	4,0	4,0
18	7,0	5,0	5,0	4,0

ANVA de la evaluación del sabor de la mazamorra morada

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
PANEL	17	38.50	2.26	3.58	0.0002 **
TRAT	3	99.22	33.07	52.26	0.0001 **
Error	51	32.28	0.63		
Total	71	170.00			

R^2	Cof.Var.	Root MSE	PMED
0.81	14.04	0.79	5.67

Puntajes dados por los panelistas, en la evaluación del aroma de la mazamorra morada sustituido en porcentajes con harina de hojas de erythrina..

PANEL. \ TRAT.	T0	T1	T2	T3
1	9,0	7,0	6,0	5,0
2	7,0	6,0	5,0	4,0
3	6,0	5,0	5,0	4,0
4	5,0	4,0	4,0	4,0
5	7,0	6,0	4,0	3,0
6	7,0	6,0	5,0	4,0
7	6,0	6,0	5,0	5,0
8	8,0	7,0	6,0	3,0
9	8,0	7,0	3,0	2,0
10	7,0	7,0	6,0	4,0
11	8,0	7,0	5,0	1,0
12	8,0	7,0	7,0	3,0
13	8,0	5,0	4,0	2,0
14	6,0	7,0	6,0	6,0
15	8,0	7,0	7,0	6,0
16	6,0	5,0	7,0	6,0
17	8,0	7,0	4,0	5,0
18	7,0	6,0	5,0	5,0

ANVA de la evaluación del aroma de la mazamorra morada

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
PANEL	17	34.40	2.03	1.68	0.078 NS
TRAT	3	105.82	35.27	29.28	0.0001 **
Error	51	61.43	1.20		
Total	71	201.65			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	P Mean
0.70	19.32	1.10	5.68

Puntajes dados por los panelistas, en la evaluación del color de la mazamorra morada sustituido en porcentajes con harina de hojas de erythrina..

PANEL. \ TRAT.	T0	T1	T2	T3
1	9,0	6,0	6,0	6,0
2	7,0	6,0	6,0	5,0
3	8,0	6,0	5,0	3,0
4	7,0	3,0	2,0	2,0
5	7,0	6,0	4,0	2,0
6	7,0	5,0	4,0	3,0
7	8,0	7,0	5,0	5,0
8	7,0	4,0	3,0	2,0
9	8,0	5,0	4,0	1,0
10	7,0	7,0	5,0	4,0
11	8,0	6,0	2,0	1,0
12	9,0	6,0	5,0	4,0
13	8,0	5,0	2,0	1,0
14	7,0	7,0	6,0	5,0
15	8,0	6,0	5,0	5,0
16	7,0	3,0	3,0	3,0
17	8,0	6,0	3,0	3,0
18	7,0	6,0	5,0	5,0

ANVA de la evaluación del color de la mazamorra morada

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
PANEL	17	65.00	3.82	4.41	0.0001 **
TRAT	3	188.78	62.93	72.57	0.0001 **
Error	51	44.22			
Total	71	298.00			

R ²	Cof.Var.	Root MSE	P Mean
0.85	18.02	---	5.17