

19
21



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



GRADOS PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

ELABORACION Y EVALUACION NUTRICIONAL DE
UNA MEZCLA DE GARBANZO-ARROZ PARA EL
DESARROLLO DE ALIMENTOS INFANTILES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A :

LORNA DYANA GARCIA SANCHEZ



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente

Prof. Angela Sotelo López

Vocal

Prof. Bernardo Lucas Florentino

Secretario

Prof. Josefina Viades Trejo

1^o Suplente

Prof. Francisca Iturbe Chiñas

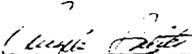
2^o Suplente

Prof. Miguel Hernández Infante

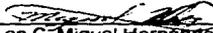
SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA :

Laboratorio 111, Conjunto E, Departamento de Farmacia de la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Química, UNAM.

Asesor del tema


M. en C. Angela Sotelo López

Supervisor técnico


M. en C. Miguel Hernández Infante

Sustentante


Lorna Dyana García Sánchez

AGRADECIMIENTOS

M. en C. Angela Sotelo López por su apoyo y confianza, gracias por brindarme la oportunidad de trabajar en su equipo.

M. en C. Miguel Hernández Infante por su apoyo y asesoría.

M. en C. Bernardo Lucas Florentino y M. en C. Josefina Viades Trejo por el tiempo dedicado a la corrección de este trabajo.

M. en C. Lucía Comejo Barrera por tu amistad.

Q. A. Marcela Zendejas García por tu ayuda.

D.G.A.P.A. por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A Ricardo Herrera por un sin fin de motivos (S. T. N. S.)

A mis padres, hermanos, abuela, Vero y Pancho por su cariño y apoyo, a cada uno de ustedes les debo lo que soy.

A Diego, Dana y Barby por hacerme tan feliz.

A Eli, Lety, Hugo, Teté, Marian, Lalo, Manolo, Yax, Enrique, Gaby y Aba por su apoyo en todo momento pero sobre todo por contar con su amistad.

A Chela y Belinda por su enorme ayuda.

A Iliana, Vero, Faby, Icela, Lore, Claudia S., Coatza, Pepe, Conquis, Saúl, Alicia, Edna, Lupita, Agueda, Rene, Fito, Ismael, Sandra, Sergio, Juan Carlos y Charlines por su amistad.

Gracias a la generación 89 por hacer de la universidad una época inolvidable.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
ANTECEDENTES	
Nutrimentos	3
Cereales	7
Leguminosas	12
Suplementación	17
Evaluación de la calidad de proteínas	19
Pruebas químicas	20
Pruebas biológicas	22
Secado por aspersión	27
PARTE EXPERIMENTAL	
Elaboración de harinas	30
Pruebas químicas	36
Análisis proximal	36
Determinación de aminoácidos esenciales	46
Pruebas biológicas	53

Pruebas biológicas	53
Relación de eficiencia proteica PER	53
Relación neta de proteína NPR	55
Digestibilidad verdadera DV	59
Análisis estadístico	62
ANALISIS DE RESULTADOS	63
CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFIA	90

INTRODUCCION

La desnutrición calórico - proteica, particularmente entre lactantes y niños pequeños (de la edad del destete hasta 6 años) se produce en los países en desarrollo por una dieta insuficiente responsable de su escasa salud. Los requerimientos por kilogramo de peso para este grupo vulnerable es mayor que para el resto de su comunidad. La deficiencia de nutrimentos puede ocasionar daños irreversibles en las funciones vitales del cuerpo lo cual deteriora la eficiencia en su vida posterior. Para combatir este problema, las sugerencias hechas por la FAO, OMS y UNICEF es el uso de fuentes de proteínas vegetales locales baratas para preparar alimentos infantiles ricos en proteína.

Con este fin se han desarrollado, en México y en otros países (Egipto e India principalmente), alimentos en los cuales se ha logrado una buena suplementación utilizando garbanzo, este procedimiento se emplea para elevar en forma barata la calidad nutricia de alimentos que contienen baja calidad proteica (cereales principalmente).

En este trabajo se evaluó una harina a base de garbanzo y arroz para mejorar la calidad de la proteína, elaborando a partir de esta mezcla alimentos infantiles de consumo común, de buena calidad nutricia y de bajo costo.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una mezcla a base de garbanzo y arroz para obtener un producto con un valor proteico superior al de ambas materias primas solas.

OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar la calidad nutricia de la mezcla garbanzo-arroz por medio de pruebas químicas y biológicas.

Elaborar alimentos de consumo común para lactantes y preescolares a partir de la mezcla de garbanzo-arroz.

ANTECEDENTES

Comemos muchos alimentos diferentes, pero todos ellos, contienen los siguientes nutrimentos: hidratos de carbono (HC), grasas, proteínas, sales minerales, vitaminas y agua. Los nutrimentos se emplean para el crecimiento, mantenimiento y reparación de los tejidos corporales. Los hidratos de carbono y las grasas son nutrimentos fundamentalmente energéticos. Los primeros proporcionan la mayor parte de la energía en las dietas de casi todos los pueblos (en algunas partes llegan a constituir hasta el 80% de la dieta) (1,2,3)

NUTRIMENTOS

Existen dos definiciones de nutrimentos: "Es toda sustancia con energía química almacenada, capaz de ser utilizada por el organismo como energía metabólica" , la segunda es "Toda sustancia cuya carencia en la alimentación causa necesariamente enfermedad y (en caso de persistir su carencia) determina la muerte", es en esta última en donde el agua se clasifica como nutrimento (3)

AGUA

El agua es el nutrimento de mayor importancia, no sólo por representar más del 50% del peso corporal y por que confiere características coloidales especiales a las proteínas, sino que además las reacciones bioquímicas ocurren en medio acuoso y en muchas de ellas el agua interviene en forma activa. La falta de agua

produce un cuadro agudo o sobreagudo de desnutrición frecuentemente conocido como "deshidratación". (4)

HIDRATOS DE CARBONO

Los hidratos de carbono o carbohidratos son compuestos con estructura de polihidroxialdehído o de polihidroxiacetona, son los principales compuestos químicos almacenadores de la energía radiante del sol. se clasifican como monosacáridos (pentosas, hexosas), disacáridos, oligosacáridos (tri, tetra y penta sacáridos) y polisacáridos (almidón, glucógeno, celulosa, hemicelulosa, pectinas). Los cereales, las leguminosas, las raíces, la miel, las frutas y el azúcar refinada obtenida a partir de caña es la principal fuente de carbohidratos. La glucosa, fructosa y galactosa son los productos finales de la digestión de los carbohidratos, su principal función es proporcionar energía para llevar a cabo el trabajo del cuerpo y calor para mantener la temperatura corporal. (5)

LIPIDOS

El término lípido se usa para designar las grasas, aceites y sustancias similares, incluyendo los fosfolípidos y los esteroides la mayoría son triglicéridos, son sustancias insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos, los cuales se clasifican en: lípidos simples (grasas, aceites y ceras), lípidos compuestos (fosfolípidos, glucolípidos y lipoproteínas); compuestos asociados (ácidos grasos, pigmentos, vitaminas liposolubles, esteroides e hidrocarburos). Fuentes de lípidos

son: mantecas, mantequilla, aceites, leche, carne (entre y alrededor de las fibras musculares) y yema de huevo. A igualdad de peso, las grasas suministran más del doble de energía (9kcal/g) que los carbohidratos (4kcal/g). Según las recomendaciones de la FAO/OMS/ONU la ingesta diaria de grasa debe cubrir el 40% de las necesidades energéticas. Además de proporcionar energía, las grasas son indispensables para : mantener constante la temperatura corporal al formar el tejido adiposo, acojinar los órganos vitales, transportar y facilitar la absorción de vitaminas liposolubles (A,D,E,K) y contribuir a la textura y propiedades sensoriales de los alimentos. El ácido linoleico debe estar presente en la dieta, en el organismo se transforma en ácido araquidónico el cual es esencial

Cuando la dieta carece de hidratos de carbono y grasas (nutrimentos principalmente energéticos) y no se dispone de energía suficiente, pero hay un aporte adecuado de agua, el cuadro clínico es de desnutrición subaguda, como es frecuente observar en niños que tienen una enfermedad infecciosa, a los que se les somete a ayuno de grado variable (3)

PROTEINAS

Como los hidratos de carbono y las grasas, las proteínas contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y además cerca de un 4.2-32.0 % de nitrógeno. En pequeñas cantidades también se encuentra azufre, fósforo, hierro y yodo. Las proteínas están compuestas por cadenas de aminoácidos que el hombre y otros animales

utilizan para: mantenimiento, reposición y crecimiento de tejidos; producción de proteínas plasmáticas; síntesis de enzimas, hormonas, anticuerpos, neurotransmisores y otras proteínas especiales; formación de piel, cabello y uñas; síntesis de las proteínas de la leche, cuando éste es el caso y compuestos con nitrógeno no proteicos como los ácidos nucleicos. Los alimentos ricos en estas macromoléculas son carne, huevo y leche. Las proteínas son responsables en gran medida de la textura y de las características reológicas de muchos alimentos.

Las proteínas representan 11% del peso corporal del recién nacido y 17% del que corresponde al adulto, estas cantidades son el resultado de un equilibrio dinámico entre síntesis y degradación. Cuando la dieta no ofrece proteínas en cantidad o calidad conveniente, se origina desnutrición proteica. (3)

VITAMINAS

Las vitaminas son compuestos orgánicos reguladores importantes de la síntesis de innumerables compuestos corporales. Las vitaminas individuales tienen poco en común estructuralmente, se agrupan en base a su función, normalmente la de cofactores biológicos y se dividen en vitaminas hidrosolubles (B1, B2, B6, B12, C, biotina, ácido fólico, niacina y ácido pantoténico) y vitaminas liposolubles (A, D, E y K).

MINERALES

Los elementos minerales son sustancias inorgánicas, están presentes en los alimentos en forma de sales aunque pueden combinarse con compuestos orgánicos como es el caso del hierro y el azufre, no proporcionan energía y son solubles en agua. Funciones: estructurales (huesos, dientes y tejidos), control de la presión osmótica de fluidos celulares y del pH. Los elementos de importancia nutricional pueden dividirse en dos grupos (en base a las cantidades en que se presentan en el cuerpo), el de elementos mayoritarios y el de elementos vestigiales o traza. Los elementos mayoritarios son calcio, fósforo, magnesio, y hierro. Los elementos traza son yodo, flúor, cobre, cobalto, manganeso y selenio (6)

CEREALES

La palabra cereal procede del latín, *Cerealia munera*, que significa "don de la diosa Ceres". Desde el punto de vista botánico, todos los cereales son miembros de las Gramíneas o herbáceas. Son plantas anuales, los tallos son huecos, las hojas lineales y recubiertas en la base por una vaina. El grano de las semillas es una cariopsis. El tamaño, forma y hábitat de los cereales varía considerablemente.

La composición de las semillas varía entre especies y dentro de una misma especie. El grano maduro de los cereales está formado por hidratos de carbono,

compuestos nitrogenados (principalmente proteínas), lípidos, sustancias minerales y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas y otras sustancias, algunas de las cuales son importantes en la dieta de los humanos (7)

En general el contenido de humedad en los cereales varía desde un 10-15%.

Los hidratos de carbono son, cuantitativamente, los componentes más importantes, constituyendo el 70-80% de la materia seca total, que incluyen almidón, celulosa, hemicelulosa, pentosas, dextrinas y hexosas

El grano de almidón es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales, está formado por amilosa y amilopectina. La celulosa y hemicelulosa junto con la lignina constituyen el grueso de la "fibra cruda"

El contenido de proteína en los cereales varía de 8-15%, en las que se encuentran 18 aminoácidos diferentes, estas proteínas se clasifican de acuerdo a su solubilidad. Las proteínas solubles albúminas y globulinas, están concentradas en las células de aleurona, salvado y germen y a concentraciones algo inferiores, en el endospermo; desde el punto de vista nutricional tienen un perfil de aminoácidos adecuado, son relativamente ricas en lisina, triptófano y metionina, estas proteínas tienen funciones metabólicas y estructurales. Las proteínas insolubles prolaminas y glutelinas se encuentran fundamentalmente en el endospermo, son pobres en aminoácidos nutricionalmente importantes lisina y triptófano, estas

proteínas forman cuerpos proteicos y se consideran de reserva para ser utilizadas durante la germinación. La proteína está repartida por todos los tejidos del grano, encontrándose en el embrión, escutelo y capa de aleurona a mayor concentración que en el endospermo feculento, el pericarpio y la testa. La digestibilidad del nitrógeno es de aproximadamente 90%. La calidad de la proteína varía, tendiendo a estar limitada por el contenido de lisina.

El contenido lipídico de los cereales varía de 1-6%. Los lípidos son glicéridos de ácidos grasos, contienen fosfolípidos hasta en un 4%. Los ácidos grasos saturados constituyen del 1-26% del total, los no saturados 72-85%.

El contenido de fibra y ceniza alcanza el 2%. Un 95% de las sustancias minerales de los cereales están formadas por fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio.

Las variaciones en el contenido de vitaminas de un cereal a otro son notablemente pequeñas. La tiamina (B1), niacina, riboflavina (B2), ácido pantoténico y piridoxina (B6) están distribuidas por todo el grano sin uniformidad. La tiamina se encuentra en el escutelo y la niacina en la capa de aleurona. La riboflavina y el ácido pantoténico están distribuidos con más uniformidad. La piridoxina se concentra en la aleurona y en el germen y muy poco en el endospermo. El aceite de los granos de cereal es rico en tocoferoles. (8,9)

ARROZ

El arroz ocupa el tercer lugar, después del trigo y del maíz en términos de producción mundial de cereales; sin embargo, es el primer cultivo alimentario de casi la mitad del mundo.

Las zonas más importantes de cultivo son: la India, Bangladesh, China, Japón y Asia Sudoriental. (10)

El arroz pertenece a la familia de las gramíneas. Se conocen más de 8,000 variedades de arroz que en gran medida forman dos grupos principales:

- La variedad Indica : *Oryza sativa indica*, que tiene un grano largo
- La variedad Japónica : *Oryza sativa japónica*, que tiene el grano corto y mayor cantidad de almidón.

Se cultiva en los trópicos, en regiones templadas donde son abundantes la lluvia y la luz solar.

El grano de arroz consta de un endospermo feculento, embrión, escutelo, capa de aleurona y diversas capas de salvado.

La composición del arroz varía dependiendo de la variedad, pero en general contiene de 6-10% de proteína, 0.2-2.7% de grasa y 72-74% de carbohidratos.

(11)

Durante el pulido del arroz se remueven las capas de salvado y aleurona lo que afecta el valor nutritivo de este cereal. La concentración de los constituyentes del arroz, excepto por el almidón es mayor en las capas externas y decrece hacia el centro del grano, para el almidón es al contrario.

Los valores reportados para el contenido de proteína en el arroz entero van de 5-15.5% y para arroz pulido de 4.5-14.3%. La concentración de proteína es mayor en la periferia del arroz y decrece hacia el centro de la semilla. Gran parte de las proteínas son removidas durante el pulido. El contenido proteico del arroz es inferior al de los otros cereales, sin embargo se considera de mejor calidad proteica que la de los demás cereales (maíz, centeno, trigo y cebada). Las proteínas que se encuentran en mayor proporción son las glutelinas con un 80% de la proteína total. La Relación de Eficiencia de Proteína (PER) para el arroz pulido es de 1.38-2.56 dependiendo de la variedad. La fracción de prolamina es muy baja (menor al 3.5%). La lisina (3.5% de la proteína total) es el primer aminoácido limitante seguido por la treonina. El arroz y la avena sobrepasan a los otros cereales en su riqueza en arginina. El nivel de ácido glutámico es relativamente bajo (menor al 29%). (8)

El almidón es el único constituyente del arroz que su concentración es mucho menor en la periferia del endospermo y crece hacia el centro del grano. La fibra

en el arroz entero es de 0.9%, en el arroz pulido crudo de 0.3% y en el pulido cocido de 0.2% .

La concentración total de grasa es de 0.19-2.73%, los ácidos grasos del arroz pulido contienen 29% de ácidos poliinsaturados, linoléico y linolénico, en una relación de 1:1, es rico en ácido oléico.

Los valores de cenizas para el arroz pulido son de 0.26-1.95% (base seca), los minerales que la constituyen son: fósforo, potasio, silicio, magnesio, calcio, sodio y hierro. El ácido fítico se presenta en forma de sales de calcio y magnesio.

Las vitaminas presentes en el arroz son: tiamina, riboflavina y niacina, siendo las más importantes la tiamina y la riboflavina, que se encuentran principalmente en la cascarrilla y salvado del arroz. (11)

LEGUMINOSAS

El orden *Leguminosae*, consta de tres familias: *Mimosaceae*, *Caesalpinaceae* y *Leguminosae* o *Fabaceae*. El nombre de la familia de las leguminosas se deriva de la palabra "legumbre", que es el nombre del tipo del fruto (vaina) característico de las plantas de esta familia. Una legumbre es un fruto que contiene una solo

hilera de semillas y que hace su dehiscencia a lo largo de dos suturas o costillas.

(12)

Las leguminosas son una de las familias más importantes del mundo vegetal, tanto por el número de especies como por su contribución a la alimentación humana. En cuanto a su composición existen básicamente dos grupos de leguminosas. En primer lugar un grupo rico en proteína y aceite, en el que figuran la soya, cacahuate, altramuza y la judía saltadora. El contenido de proteína se eleva al 35% y el contenido de aceite varía entre 15-45%. El segundo grupo comprende los tipos de leguminosa con un contenido medio de proteína y bajo de aceite. Las leguminosas representativas de este grupo muy importantes como alimento humano, su contenido de proteína es de 17-30% aproximadamente y poseen el 1% a menos de aceite (frijol lenteja, haba y chícharo). Las leguminosas presentan algunos inconvenientes desde el punto de vista nutricional, debido a su baja digestibilidad, producen flatulencia por la presencia de oligosacáridos (rafinosa, estaquiosa y verbascosa). En estudios anteriores se encontró que el almidón se puede clasificar como "rápidamente digerible" y "parcialmente resistente o resistente". Esta fracción de almidón principalmente amilosa, cuando se encuentra en medios con alto contenido de humedad y tras haber tenido un tratamiento térmico tiende a formar "almidón resistente", el cual es resistente a la degradación enzimática del intestino delgado, pero fermentable por las bacterias del colon. La presencia del "almidón resistente" es de mayor

interés en leguminosas por tener un mayor contenido de amilosa/amilopectina en relación con los cereales. (13)

Otro inconveniente es la presencia de factores antinutricionales, las leguminosas pueden contener inhibidores de proteasas, saponinas, hemaglutininas y latirógenos, también son susceptibles a la contaminación por hongos productores de aflatoxinas (cacahuates y soya). Afortunadamente, los factores antifisiológicos de tipo proteico presentes en las leguminosas se destruyen tras tenerlas en remojo durante 24 horas seguidas de una adecuada cocción. (2,14)

Las raíces de las leguminosas albergan bacterias simbióticas (*Rhizobium leguminosarum*) que fijan el nitrógeno del aire , lo cual facilita la síntesis de proteínas, aunque estas son pobres en los aminoácidos azufrados metionina y cistina, pero ricas en lisina, esto se debe al elevado contenido de proteína. Las leguminosas aportan el 20% de la proteína alimenticia consumida en todo el mundo, su contenido es dos veces mayor que en los cereales. Estas semillas son fuente de : fósforo, calcio, hierro, tiamina, riboflavina, folacina, ácido pantoténico y biotina, casi no contienen ácido ascórbico pero éste se forma durante la germinación. El contenido de almidón de la mayoría de las leguminosas es alto. (2,8,14)

GARBANZO

El garbanzo (*Cicer arietinum*) pertenece a la familia de las leguminosas, esta planta es de ciclo anual. Se conocen tres variedades que se distinguen por el color de la semilla: la amarilla, la rojiza y la negra. La variedad amarilla es de semilla más grande y se usa casi exclusivamente en la alimentación del hombre.

El garbanzo es planta que se adapta a climas templados-fríos e incluso en climas cálido-secos. En México se cultiva en El Bajío y en las regiones agrícolas de Sinaloa y Sonora. Grandes volúmenes se exportan a Estados Unidos y sobre todo a España (13). La calidad de su proteína es una de las mejores entre las leguminosas y presenta una muy baja concentración de tóxicos y factores antinutricionales. (15,16)

A pesar de todo esto su consumo en México es muy bajo debido al gran consumo de frijol en nuestro país y a la gran exportación de garbanzo a otros países .

Su contenido de proteína está entre 17-26%, tiene una cantidad de grasa entre 4-8% rica en ácidos grasos insaturados, 5% de fibra y es una buena fuente energética pues su contenido de carbohidratos está alrededor del 60%. Es rico en calcio, hierro y fósforo y también en vitaminas del complejo B.

Hay diferentes factores que influyen en la composición química del garbanzo entre los que están : pH del suelo, agua de riego, densidad de siembra, clima, temperatura, humedad relativa, luz, etc (17,18)

La proteína de la semilla del garbanzo, esta constituida por albúminas y globulinas, encontrándose las globulinas en mayor proporción que las albúminas.

El garbanzo contiene bajas cantidades de factores tóxicos o antinutricionales comparado con otras leguminosas, y la cantidad de los mismos varia según la variedad .Contiene inhibidores de la amilasa salival y de amilasa pancreática, los que afectan la digestibilidad de los almidones durante el proceso de la digestión, aunque estas cantidades son bajas. En general el garbanzo tiene bajo contenido de inhibidores de tripsina y quimotripsina. Parecen estar ausentes las hemaglutininas, sustancias de origen proteico que tiene la capacidad de aglutinar eritrocitos. En cuanto a los taninos que pueden llegar a interactuar con las proteínas de los alimentos formando complejos no metabolizables y bajando el valor nutricional de los mismos, están ausentes en la mayoría de las variedades de garbanzo, al igual que el de los glucósidos cianogénicos

El garbanzo contiene oligosacáridos (galactósidos) que son azúcares de bajo peso molecular los cuales no pueden ser metabolizados por las enzimas del

aparato digestivo, llegando al intestino grueso donde la flora microbiana los degrada produciendo compuestos gaseosos causantes de flatulencia.

A pesar de lo anterior se considera al garbanzo como una leguminosa con mínimos problemas de toxicidad, incluso se puede consumir tanto en forma cruda como en forma cocida. (19,20)

SUPLEMENTACION

Las leguminosas y cereales tienen la mayor contribución de proteína en los países en desarrollo. La mezcla de estos vegetales ha resultado tener un buen valor nutricional. Esto se debe a que la proteína de las leguminosas tiene un gran contenido de lisina y tiene un efecto complementario cuando se consume con proteína de cereales que son bajos en lisina. Por su parte, la proteína de cereales es solo complementaria al contribuir con metionina y cisteína, los aminoácidos limitantes de las proteínas de leguminosas. Otro método es adicionar directamente los aminoácidos en que es deficiente el alimento pero resulta muy caro. Se han desarrollado alimentos suplementarios de complementación o ablactación aprovechando la suplementación de cereales con leguminosas.

En Nigeria se han hecho estudios con dos leguminosas típicas del lugar *Vigna unguiculata* y *Voandzeia subterranea* suplementándolas con arroz, dando como

resultado un alimento útil para complementar dietas deficientes en proteína, como ingrediente para procesar alimentos ricos en proteína , incluyendo los ya preparados y listos para servirse. (1)

En Bangladesh también se ha hecho este tipo de estudio mezclando trigo, arroz, leguminosas locales, concentrado de proteína de pescado y leche descremada. Obteniendo resultados de PER en un rango de 2.11-3.59, en los cuales no se encontró diferencia significativa entre las mezclas que contenían leche descremada y los que no, los valores más altos corresponden a las mezclas con proteína de pescado. (21)

En Egipto se han realizado estudios para producir mezclas alimenticias ricas en proteína con fuentes de proteína vegetal y animal. Estas mezclas pueden producirse en polvo o en formas semilíquidas para niños desde los 6 meses elaborándose a base de: leguminosas, cereales, leche descremada, carne y pollo. En las mezclas preparadas se encontró un perfil de aminoácidos igual o superior al del patrón de la FAO, excepto en los aminoácidos azufrados, siendo éstos los aminoácidos limitantes. (22)

Todos estos estudios realizados principalmente en países en desarrollo en donde la principal fuente de proteínas y calorías proviene de vegetales típicos de cada zona se han realizado con la intención de proveer a sus habitantes

(principalmente lactantes y niños pequeños), alimentos de mayor calidad nutricional, que puedan estar a su disposición de acuerdo con las condiciones y costumbres de cada lugar, empleando cereales y leguminosas disponibles, de gran consumo y por lo tanto baratas.

EVALUACION DE LA CALIDAD DE PROTEINAS

Al hablar del aprovechamiento nutricional de las proteínas se deben distinguir tres aspectos muy importantes: cantidad, calidad y digestibilidad, ya que el hecho de consumir grandes cantidades de proteína no implica necesariamente que se satisfagan las necesidades de aminoácidos del individuo. Por otra parte, la calidad de una proteína se define de acuerdo al contenido de aminoácidos indispensables: histidina (sólo lactantes), isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, que son utilizados para el crecimiento y mantenimiento del organismo. La digestibilidad se considera como una medida de la capacidad con la que el organismo degrada y aprovecha dichos nutrientes.

De acuerdo a la composición en aminoácidos de las proteínas de la dieta, las fuentes proteicas se clasifican en buenas, adecuadas o pobres; las buenas son huevo, carne, pescado, productos lácteos y leguminosas, adecuadas son arroz, maíz, trigo y papa, mientras que las pobres son mandioca y muchas frutas, aunque estas últimas se consumen como fuente de vitaminas. (6,23)

Para elevar la calidad nutricia de las proteínas se pueden complementar o suplementar adicionando los aminoácidos en que son deficientes o mezclar dos alimentos que contengan en exceso el aminoácido en que el otro es deficiente logrando así completar el contenido de aminoácidos esenciales

En la actualidad para medir la calidad de las proteínas se han desarrollado una gran cantidad de métodos o procedimientos matemáticos en base a la composición de aminoácidos de una proteína. Además se establece que una dieta proteica debe producir el mantenimiento y crecimiento del animal de prueba y que lo anterior está estrechamente relacionado con las cantidades relativas de los aminoácidos esenciales, que son indispensables para el animal. Algunas de estas pruebas se mencionan a continuación

PRUEBAS QUIMICAS

Se basan en la composición de aminoácidos y en especial de los esenciales, estas pruebas son: Score Químico (S.Q) o Calificación Química, Score Químico Simplificado (S.Q.S) o Calificación Química Simplificada e Índice de Aminoácidos Esenciales (I.AAE).

CALIFICACIÓN QUÍMICA (C.Q.)

Es un método químico que nos permite evaluar la calidad de una proteína, es el que más se ha usado y del cual se tiene mayor información, ya que este índice se estableció en 1946 por Block y Mitchell

La C.Q. se basa en señalar la cantidad de aminoácido esencial que está en mayor deficiencia en la proteína de estudio al compararla con el nivel presente en una proteína de referencia (caseína, huevo o patrón de la FAO)

La C.Q. puede considerarse como una primera aproximación de la probable eficiencia de la utilización de una proteína, además de que permite hacer gruesas correcciones de los requerimientos proteicos en una dieta. Sin embargo, el S.Q. puede subestimar la calidad de las proteínas cuando van a ser destinadas a adultos, cuyas necesidades esenciales son menores (24)

CALIFICACION QUIMICA SIMPLIFICADA (C Q S)

Esta prueba química al igual que la C Q , nos permite evaluar la calidad proteica, pero en esta solo se analizan algunos aminoácidos en especial. Es importante aclarar que para realizar éste cálculo, se debe contar con información previa respecto a la proteína en estudio. Por ejemplo, si se trata de leguminosas, que se sabe son deficientes en azufrados, para el cálculo solo se usarían la cisteína y la metionina.

INDICE DE AMINOACIDOS ESENCIALES (I.A.A.E.)

Es definido como la media geométrica de la relación de cada uno de los aminoácidos esenciales de la proteína en estudio y la proteína de referencia. En el caso de fenilalanina y metionina se reportan como aromáticos y azufrados respectivamente.

PRUEBAS BIOLÓGICAS

Fueron de las primeras pruebas de evaluación y en la actualidad con ciertas modificaciones y con un control más estricto de aquellos parámetros controlables, son las pruebas que en definitiva tienen mayor significación.

Hegsted y Mitchell, reportaron independientemente que el hombre se comportaba de manera semejante a la rata, en su utilización metabólica de alimentos proteicos en lo que respecta a su crecimiento, indicando que los resultados de pruebas de crecimiento en ratas, podían ser aplicables para la evaluación de dietas en humanos. Otras razones por las cuales la rata es ampliamente utilizada son:

- a) Es un animal omnívoro y puede ser alimentado con la misma dieta a lo largo de su vida, si dicha dieta es adecuada nutricionalmente.
- b) Son fáciles de manejar y cuidar.
- c) Un gran número de animales puede ser colocado en un área pequeña.

d) Presentan un período largo después del destete, durante el cual continúan creciendo e incrementando su peso corporal; esto es de bastante interés en estudios nutricionales donde se requiere el uso de animales que continúen ganando peso durante periodos extensos.

Las primeras pruebas de evaluación de la calidad nutricia de una proteína, se hicieron comparando las tasas de crecimiento de ratas alimentadas con las dietas para evaluar, con las ratas alimentadas con fuentes proteicas que se sabía eran de buena calidad.

RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

En 1919 Osborne, Mendel y Ferry introdujeron el concepto de "PER" (Protein Efficiency Ratio), el cual modificado de varias formas es quizá el método más usado para la evaluación de una fuente de proteína, y corresponde al peso ganado por el animal debido a la proteína consumida, bajo ciertas condiciones bien establecidas, que a continuación se describen. (25,26,27,28)

DIETA.- En la elaboración de la dieta, se debe contar con el análisis proximal de la fuente proteica, para poder ajustarla y así compararla con la dieta de referencia. Se sugieren niveles de grasa, cenizas, humedad y fibra cruda que sean iguales entre las diferentes dietas, hasta donde el análisis proximal lo permita.

ANIMALES DE EXPERIMENTACION.- Para esta prueba se recomiendan ratas macho de la misma colonia, recién destetadas (la edad del destete se considera entre los 21-28 días); la diferencia de peso individual entre las ratas debe ser menor o igual a 10g.

PERIODO DE ENSAYE.- El estudio tiene una duración de tres semanas (21 días). Durante el estudio las ratas son mantenidas en jaulas individuales y se les suministra dieta y agua "ad libitum". Se registra el peso corporal de cada rata al inicio del ensaye, tanto el peso corporal como el alimento ingerido se registran dos veces por semana.

CALCULOS.- Se calcula el peso ganado y proteína ingerida, de cada rata de los diferentes lotes. A continuación se calcula el PER de cada grupo (cada grupo tiene una dieta específica) y se determina la relación en porcentaje de cada una con respecto al PER de la proteína de referencia; finalmente se reporta la calidad proteica como relación porcentual del PER de la muestra con respecto al de la referencia (caseína).

Lo anteriormente descrito se refiere a las condiciones establecidas en el método oficial propuesto por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC); sin embargo, otros investigadores proponen reportar el valor del PER del alimento de

prueba, como un PER corregido, asumiendo que el PER de caseína bajo condiciones bien establecidas es de 2.50 (20,21)

RELACION NETA DE PROTEINA (NPR)

Bender y Doell propusieron el uso del NPR (Net Protein Ratio), como una prueba biológica en la cual se toma en cuenta la pérdida de peso de un grupo control, dicho decremento de peso se suma al peso ganado del grupo de prueba y se divide por la proteína consumida

En esta prueba se asume que la proteína requerida para prevenir la pérdida de peso de las ratas alimentadas con una dieta libre de nitrógeno (DLN), es equivalente a la proteína necesaria para el mantenimiento de los animales. Sin embargo, una falla de esta determinación es que frecuentemente sobrestima el valor de las proteínas de baja calidad.

Se ha observado que el valor de NPR correlaciona estrechamente con la determinación de NPU (Net Protein Utilization), incluso Bender y Doell han encontrado un factor experimental de 16 para correlacionar ambas determinaciones en una amplia serie de alimentos. (24,29)

DIGESTIBILIDAD (D)

Esta se considera como la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de las proteínas, para ser absorbidos por el organismo de prueba. Debido a que la digestibilidad está influenciada por la solubilidad y susceptibilidad de la proteína al ataque enzimático, a continuación se mencionan algunos puntos que la afectan. (24)

- a) La fracción proteica puede estar protegida de la actividad enzimática por materiales celulares estructurales (celulosa, hemicelulosa por ejemplo).**
- b) Algunas plantas contienen algunos factores antinutricionales (inhibidores de enzimas proteolíticas).**
- c) Daño durante el procesamiento de ciertos alimentos o preparación de concentrados o aislados proteicos**

En general se sabe que los alimentos de origen animal son más digeribles que los de origen vegetal. (30)

En la obtención de preparados proteicos en los que se emplean vegetales como fuente de proteína es necesario la cocción de éstos para eliminar factores antinutricionales termolábiles. Posterior a este tratamiento se requiere de un producto estable a las reacciones químicas y al crecimiento microbiano, uno de los métodos mas aplicados para la conservación de alimentos es el secado. A continuación se describe el proceso de secado por aspersión.

SECADO POR ASPERSION

El término "secado" se refiere a la eliminación de humedad en una sustancia por procedimientos térmicos. Entre los secadores de contacto directo se encuentra el secado por aspersión

La transmisión del calor para la desecación se realiza por contacto directo entre el sólido húmedo y los gases calientes. El líquido vaporizado es arrastrado y desalojado por el medio secador, es decir, por los gases calientes. Los secadores directos podrían llamarse también por convección.

Este tipo de secador se ha diseñado para procesar pastas y soluciones para velocidades de producción relativamente altas. El producto se obtiene en forma de pequeñas esferas que son razonablemente uniformes en tamaño.

En la operación de secado mediante aspersión la alimentación se bombea hasta un atomizador que rocía la carga en forma de gotitas muy finas. Estas gotitas están sometidas a una corriente de gas caliente que puede fluir en contracorriente en relación con las gotitas que caen como partículas una vez secado el sólido y se separan del gas mediante gravedad.

SECADO POR ASPERSION

El término "secado" se refiere a la eliminación de humedad en una sustancia por procedimientos térmicos. Entre los secadores de contacto directo se encuentra el secado por aspersión.

La transmisión del calor para la desecación se realiza por contacto directo entre el sólido húmedo y los gases calientes. El líquido vaporizado es arrastrado y desalojado por el medio secador, es decir, por los gases calientes. Los secadores directos podrían llamarse también por convección.

Este tipo de secador se ha diseñado para procesar pastas y soluciones para velocidades de producción relativamente altas. El producto se obtiene en forma de pequeñas esferas que son razonablemente uniformes en tamaño.

En la operación de secado mediante aspersión la alimentación se bombea hasta un atomizador que rocía la carga en forma de gotitas muy finas. Estas gotitas están sometidas a una corriente de gas caliente que puede fluir en contracorriente en relación con las gotitas que caen como partículas una vez secado el sólido y se separan del gas mediante gravedad.

Cualquier unidad de secado por aspersión tiene como partes fundamentales: el suministro de la carga y el sistema de atomización; el sistema de producción y de soplo de gas caliente; una cámara de secado, un sistema de separación de gases y de sólidos; y finalmente un sistema para la descarga del producto. Las propiedades del producto dependen en gran medida de las condiciones bajo las cuales ha sido secado. Las condiciones que influyen las propiedades del producto seco son: la finura y uniformidad de la aspersión, el comportamiento de las gotitas rociadas durante el secado, la temperatura, la humedad, la proporción de flujo de masa y el patrón de flujo del gas secante. (31,32)

VENTAJAS

1. Continuidad en operación.
2. Especificaciones del producto seco para encontrar ,mediante el diseño del secador una flexibilidad operacional. Estas son:

- a) Formas del producto requerido (partículas como esferas, y aglomerados finos)
- b) Propiedades del producto, las requeridas como son: tamaño de partícula, grado de fluidez, humedad, etc.

Las especificaciones del producto seco están relacionadas con:

- * Distribución del tamaño de partícula
- * Densidad bruta y densidad del tamaño de partícula
- * Contenido de la mezcla

- * Apariencia
- * Desmenuzamiento
- * Dispersión
- * Color, aroma y sabor
- * Actividad (bioquímica, degradación por calor)

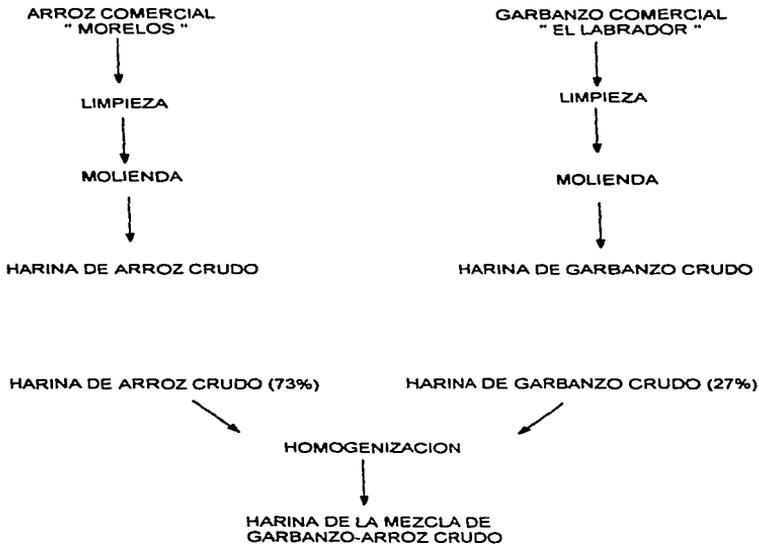
3. Adaptabilidad al control automático total.
4. Aplicable a materiales sensibles al calor.
5. Eficiencia térmica aceptable.
6. Suspensiones y pastas
7. Pueden manejarse grumos corrosivos y abrasivos.

DESVENTAJAS

1. Cuando se requiere mayor densidad en el producto.
2. Una vez puesto en operación el secador por aspersion es relativamente inflexible
3. Alta inversión original.
4. Los problemas de recuperación del producto y colección de polvo incrementan el costo del secador por un factor considerable

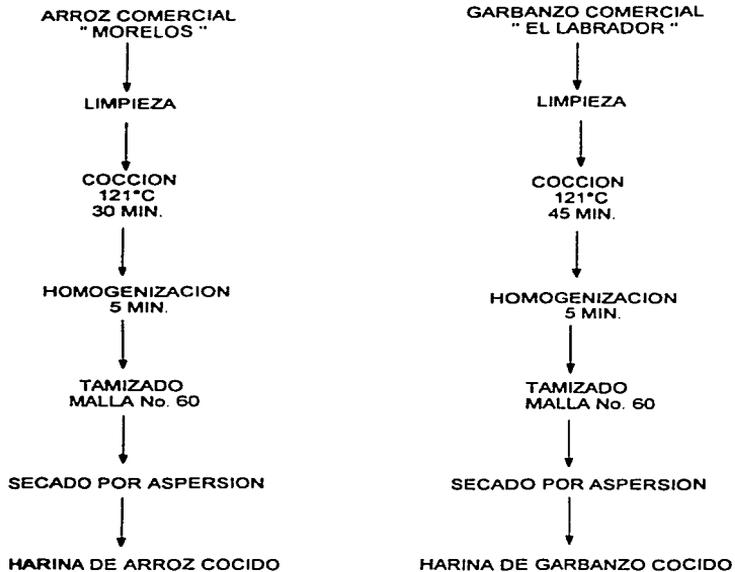
PARTE EXPERIMENTAL

ELABORACION DE HARINAS DE MATERIAS PRIMAS CRUDAS



DIAG. 1

ELABORACION DE HARINAS DE MATERIAS PRIMAS COCIDAS

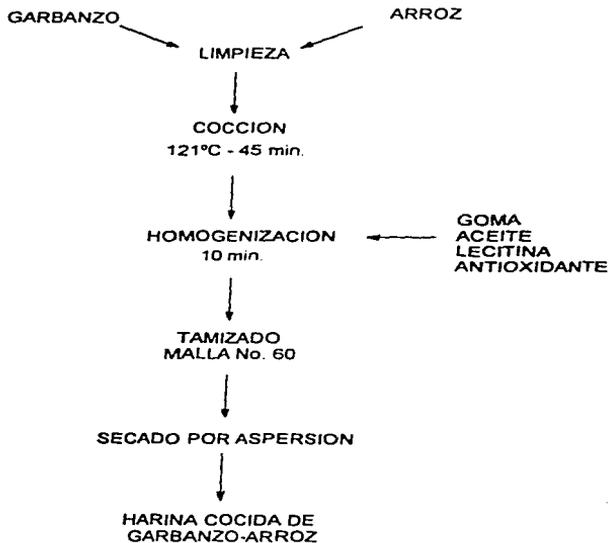


DIAG. 2

ELABORACION DE LA MEZCLA COCIDA GARBANZO-ARROZ

GARBANZO : 50% proteína = 27% (p/p)

ARROZ : 50% proteína = 73% (p/p)



DIAG.3

DIAGRAMA GENERAL



DIAG. 4

De acuerdo con los resultados del análisis proximal se elaboró la mezcla de garbanzo y arroz aportando cada uno el 50% de la proteína, aunque el porcentaje en peso es diferente, el arroz se encuentra en mayor proporción (73%) que el garbanzo (27%). Se adicionó aceite vegetal para incrementar su densidad energética, goma xantana para estabilizar la suspensión lecitina y palmitato de ascorbilo como estabilizante del aceite y antioxidante respectivamente.

La lecitina se uso al 1% y la goma al 0.06% que según estudios previos son las cantidades óptimas de uso para este tipo de mezclas. (33, 34) El antioxidante se empleó de acuerdo a la permitido en la norma 1mg / 100 ml de fórmula rehidratada. (35)

El agua de cocción de la mezcla se no se eliminó. La formulación de esta mezcla y el proceso de elaboración se muestran en la Tabla 1 y en el Diagrama 3.

TABLA 1
FORMULACION DE LA MEZCLA COCIDA
GARBANZO 27% (p/p) Y ARROZ 73% (p/p)

ARROZ	500.00 g
GARBANZO	184.40 g
ACEITE VEGETAL	75.00 g
LECITINA DE SOYA	11.40 g
GOMA XANTANA	0.45 g
PALMITATO DE ASCORBILO	0.05 g

Para obtener un polvo de los materiales cocidos fué necesario hacer un secado por aspersión. Se secaron en las mismas condiciones tanto el arroz como el garbanzo por separado sin la adición de los aditivos, como la mezcla con la adición de éstos, controlando que la humedad final de los polvos no sobrepasara el 3% para evitar contaminación microbiana. Durante el proceso de secado se controló la temperatura de entrada de la muestra, las temperaturas de entrada y salida del aire, y el flujo de alimentación, para evitar, que debido al alto contenido de carbohidratos el material a secar se pegara a las paredes y formara una costra que permanece húmeda y ocasiona pérdidas de proteína. La temperatura de entrada de alimentación de las muestras al secarse se controló entre 55-60 °C Las condiciones de secado se muestran a continuación.

CONDICIONES DEL SECADOR POR ASPERSION

MUESTRA	T _E (°C)	T _S (°C)	P (Bar)	% Sólidos de la alimentación	A (ml/min)
ARROZ	190	89-91	4	6.5	25
GARBANZO	190	92-93	4	10.0	25
GARBANZO/ARROZ	195	90-92	4	6.5	25

T_E - Temperatura de entrada del aire

T_S - Temperatura de salida del aire

P - Presión

A - Alimentación

PRUEBAS QUIMICAS

ANALISIS PROXIMAL

El análisis proximal se realizó siguiendo las técnicas descritas en el AOAC (36) Las determinaciones realizadas fueron humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, los carbohidratos asimilables fueron determinados por diferencia. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado.

HUMEDAD.

Fundamento: La determinación se basa en el material perdido (por evaporación de agua) por la muestra durante el calentamiento a una temperatura no mayor a la de ebullición del agua, o al ponerlo en contacto con un agente deshidratante.

Material.

- Estufa de vacío MARCA LAB-LINE MOD.3620.
- Desecador.
- Balanza analítica.
- Charolas de aluminio.

Procedimiento.

Se ponen a peso constante las charolas de aluminio, en una estufa de vacío a una temperatura de 60-65°C, de 2 a 4 hrs. A continuación se pesan de 2-5 g de

muestra en cada charola, se colocan en la estufa de vacío, se considera que la determinación ha terminado cuando las charolas con la muestra están a peso constante, esto es cuando haya una variación no mayor de 0.001g / g de muestra, entre una pesada y otra.

Cálculos.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{m} \times 100$$

Donde:

P_i = peso de la charola con muestra antes de secar

P_f = peso de la charola con muestra después de secar

m = peso de muestra

CENIZAS.

Fundamento: La determinación se basa en la incineración de la materia orgánica a una temperatura de 500-550°C, obteniéndose así las cenizas que comprenden el material inorgánico (minerales)

Material.

- Mufla THERMOLYNE MOD. 1500
- Balanza analítica.
- Desecador.
- Crisoles de porcelana.

Procedimiento.

Se ponen a peso constante los crisoles, para lo cual se colocan en la mufla a una temperatura de 500-550°C, marcándolos con lápiz o cualquier sustancia que no se elimine durante el proceso de incineración.

En el crisol tarado se ponen de 2-5 g de muestra, antes de meterlo a la mufla se coloca en la campana y con la ayuda de un mechero se carboniza. El tiempo de permanencia en la mufla es variable, (en este caso el tiempo fue de 4 a 6 hrs.) ya que éste depende del material que se esté trabajando. Se considera que la determinación ha terminado cuando se observen unas cenizas de color homogéneo (grises o blancas) sin puntos negros, además de estar a peso constante. Si se observan puntos negros es recomendable agregar unas gotas de agua a las cenizas frías y nuevamente meterlas a la mufla hasta observar homogeneidad en el color.

Cálculos.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

P_f = peso del crisol con las cenizas

P_o = peso del crisol a peso constante

m = peso de la muestra en gramos

PROTEINA CRUDA

Fundamento: La determinación se basa en el Método Kjeldahl y consiste en una oxidación de la materia orgánica por la acción del H_2SO_4 , H_3PO_4 y H_2O_2 y como resultado de ésta se forma CO_2 , H_2O y N_2 el cual se transforma en NH_4HSO_4 .

La reacción es catalizada por el Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Para liberar el NH_3 se usa álcali fuerte (NaOH al 60%), el NH_3 es recibido en ácido bórico y mediante una titulación con HCl 0.01 N se determina la cantidad que reaccionó con el ácido bórico formando el borato de amonio.

Material / Reactivos.

- Digestor TECATOR MOD. AB-20/40
- Dispositivo para microdestilación LABCONCO
- Tubos para digestión de 75 ml MARCA TECATOR
- Mezcla digestiva (a)
- Sulfato de potasio R.A.
- Peróxido de hidrógeno al 30% R.A.
- Hidróxido de sodio al 60% R.A.
- Acido bórico con indicadores (b)
- Acido clorhídrico valorado 0.01

(a) Mezcla digestiva: pesar 3 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ y disolver en 20 ml de agua destilada, adicionar 50 ml de H_3PO_4 conc y 430 ml de H_2SO_4 resbalándolo por la pared. Agitar durante 30 min.

(b) Acido bórico con indicadores: pesar 10 g de ácido bórico y disolverlos en agua destilada, enseguida adicionar 70 ml de indicador A (100 mg de fenolftaleína disueltos y aforados a 100 ml con etanol) y 20 ml de indicador B (33 mg de verde de bromocresol y 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 ml con etanol), llevar a un volumen final de 2000 ml con agua destilada. Ajustar el ácido bórico a un color café-rojizo.

Procedimiento.

Digestión: Pesar de 20-60 mg de muestra y colocarlos en el tubo de digestión, agregar 0.5 g de K_2SO_4 y 3 ml de mezcla de digestión, colocar el tubo en el digestor (precalentado a una temperatura inferior a 370°C), para una predigestión de 15 minutos. Después de este tiempo sacar el tubo, dejarlo enfriar y adicionar 1.5 ml de H_2O_2 y colocarlo nuevamente en el digestor, durante 30 min. a 370°C . Se considera que la digestión ha concluido cuando el contenido del tubo sea translúcido, sin restos de material orgánico. Si se observan restos de material orgánico es recomendable poner nuevamente el tubo en el digestor por unos minutos más. Simultáneamente se deben correr blancos (sustituyendo la muestra por sacarosa o glucosa comercial).

Destilación: La muestra ya digerida y fría se pasa a la copa de adición del aparato de microdestilación, que previamente debe estar en proceso de destilación. Colocar un vaso de precipitados con 50 ml de ácido bórico al final del refrigerante. Vaciar el contenido de la copa al bulbo de reacción lentamente, lavar el tubo y la copa de adición con la mínima cantidad de agua destilada, adicionando esto al bulbo de reacción. En seguida se adicionan 15 ml de NaOH al 60% a la copa de adición y se agregan muy lentamente al bulbo de reacción, lavar nuevamente con agua destilada. Destilar hasta un volumen de 100-125 ml, retirar el vaso y lavar el aparato.

Titulación: El contenido del vaso de precipitado se titula con HCl 0.01 N hasta un vire a rojo fresa, agitando durante la adición del ácido.

Cálculos.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times \text{meq}}{m} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \times F$$

Donde:

P = ml de HCl gastados en la titulación de la muestra

B = ml de HCl gastados en la titulación del blanco

N = Normalidad del HCl

meq = Miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m = Peso de la muestra en gramos

F = Factor de conversión (6.25 para el garbanzo y la mezcla, 5.95 para el arroz)

GRASA CRUDA.

Fundamento: La determinación se basa en la solubilidad de la grasa cruda en éter; la cantidad de material extraído de una muestra mediante reflujo con éter se denomina extracto etéreo o grasa cruda.

Existe una gran cantidad de compuestos orgánicos que se encuentran en el extracto etéreo y solo algunos tienen interés nutricional, como los ácidos grasos y sus ésteres, vitaminas liposolubles y provitaminas tales como los carotenoides.

Material / Reactivos.

- Equipo para desengrasar Goldfisch MARCA LABCONCO
- Balanza analítica
- Estufa de vacío LAB-LINE MOD. 3620
- Cartuchos de celulosa de 22 x 80 mm
- Vasos de borde esmerilado
- Eter de petróleo R.A.

Procedimiento.

Pesar de 2-5 g de muestra (Nota 1) en un cartucho de celulosa, se pone el cartucho en el portadetal de vidrio y se coloca en el compartimiento del extractor. En el vaso de borde esmerilado (previamente puesto a peso constante) se

agregan 50 ml de éter de petróleo (Nota 2) y con ayuda de un anillo metálico con rosca se asegura al aparato de extracción donde se ha colocado el cartucho. Se sube la parrilla hasta que esté en contacto con el vaso y se calienta poniendo el control de temperatura de la parrilla en grado bajo, se abre la llave de agua para enfriar los refrigerantes (Nota 3). Es importante mantener un reflujo constante durante 8 hrs. aproximadamente. Después de este tiempo se baja la parrilla de calentamiento, se deja enfriar se quita el vaso y se sustituye el portadetal por un colector de vidrio, y nuevamente se asegura el vaso al aparato de extracción, se sube la parrilla de calentamiento y coloca el control en grado alto, para que así se recupere el éter y en el vaso solo quede el extracto etéreo. se suspende el calentamiento, se quita el vaso y se coloca en la estufa de vacío (60-65°C), para eliminar el éter, cuando el vaso esté a peso constante la determinación habrá concluido.

Cálculos.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

P_f = Peso del vaso con el extracto etéreo

P_o = Peso del vaso a peso constante

m = Peso de la muestra en gramos

***Nota₁** Se utiliza la muestra empleada en la determinación de humedad refiriendo el peso a la muestra inicial, con esto se evitará el arrastre de componentes solubles en agua debido a la humedad de la muestra.

***Nota₂** Se utilizo el éter de petróleo, porque es más barato que el éter etílico, no absorbe humedad durante la extracción y la razón más importante es que se evitan posibles explosiones por la formación de peróxidos en el éter etílico

***Nota₃** Debido a que el éter de petróleo tiene un rango de punto de ebullición de 30-60°C, se recomienda emplear hielo-agua, para enfriar los refrigerantes.

FIBRA CRUDA.

Fundamento: La determinación se basa en la obtención del residuo no digerible por ácido y base fuertes, de una muestra que ha sido desengrasada y digerida sucesivamente con H_2SO_4 y NaOH al 1.25 %.

Material / Reactivos.

- Aparato de digestión para fibra MARCA LABCONCO
- Estufa de vacío LAB-LINE MOD. 3620
- Mufla THERMOLYNE MOD. 1500
- Vasos de Berzelliuss de 600 ml Kimax
- Crisoles de porcelana
- H_2SO_4 al 1.25 % (P/V)
- NaOH al 1.25 % (P/V)
- Antiespumante (Emulsión Sigma-B)

-Alcohol etílico

Procedimiento.

Se coloca la muestra desengrasada en el vaso Berzelius, se agregan 0.5 g de asbesto (lavado y calcinado) y unas perlas de vidrio. A continuación se adicionan 200 ml de H_2SO_4 al 1.25 % en ebullición y unas gotas de antiespumante, se coloca el vaso en el digestor y se sube la parrilla (previamente calentada), y se deja en ebullición durante 30 min. Transcurrido éste tiempo, se retira el vaso del digestor y se filtra con ayuda de vacío sobre un filtro de lino, el residuo se lava con agua destilada (caliente) hasta eliminar el ácido (aproximadamente con 500 ml). El residuo lavado se transfiere al vaso Berzelius y se adicionan 200 ml de NaOH al 1.25 % en ebullición y unas gotas de antiespumante, (no olvidar las perlas de vidrio) se coloca el vaso en el digestor, se sube la parrilla y se deja en ebullición 30 min. Al término de éste tiempo se retira el vaso del digestor y se procede a filtrar sobre el mismo filtro de lino, se lava con agua destilada (caliente) hasta eliminar el álcali (aproximadamente 500 ml.). Finalmente se adicionan 25 ml de alcohol etílico (ayuda a eliminar humedad). El residuo lavado se pasa a un crisol de porcelana (previamente puesto a peso constante) y se coloca en la estufa de vacío (60-65°C) para secarlo hasta que esté a peso constante. Una vez que está seco el crisol con el residuo, se carboniza con ayuda de un mechero antes de meterlo a la mufla, la determinación concluye cuando el crisol esté a peso constante.

Cálculos.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{P_s - P_c}{m} \times 100$$

Donde:

P_s = Peso del crisol con el residuo seco

P_c = Peso del crisol con el residuo calcinado

m = Peso de la muestra (referido al peso de la muestra original)

CARBOHIDRATOS ASIMILABLES.

Se calculan por diferencia, restando al 100% la suma de los porcentajes de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y fibra cruda

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra cruda})$$

DETERMINACION DE AMINOACIDOS ESENCIALES POR HPLC

HIDROLISIS

Se pesa dentro del tubo de hidrólisis la cantidad de muestra finamente molida y desengrasada (cuando el contenido de grasa sea mayor de 5%). A continuación se adiciona con mucho cuidado la cantidad de ácido requerida, tratando de que

toda la muestra se humedezca con el reactivo de hidrólisis; de ser necesario lo anterior se puede ayudar con un agitador mecánico (vortex). (37)

$$A = \frac{0.125 \cdot 100}{\%P}$$

$$B = \frac{1 \cdot 100}{\%P}$$

Donde:

A = Cantidad de muestra en gramos.

B = ml de ácido (HCl 6N).

%P = Porcentaje de proteína en la muestra.

Se procede a congelar el material de hidrólisis en un baño de hielo seco-acetona, una vez congelado se le insufla nitrógeno de altísima pureza y se procede a cerrar perfectamente con el tapón de rosca y cubierta de teflón. Una vez descongelado el material se somete a las condiciones de hidrólisis en el digestor tecator; en este caso son de 145 C ± 1 por 4 horas (contadas a partir del momento en que se coloca en el digestor).

Una vez transcurrido el tiempo de hidrólisis se deja enfriar un poco el tubo y se transvasa cuantitativamente a un matraz de bola de 100 ml, dándole algunas lavadas al tubo con agua caliente y solución lavadora. El hidrolizado obtenido en

un matraz de bola se trabaja en el rotavapor llevándolo dos veces a sequedad con el fin de eliminar el exceso del ácido clorhídrico; a continuación se concentra el hidrolizado en el tercer lavado a un volumen menor de 30 ml.

El hidrolizado concentrado se filtra a través de papel filtro whatman (duro y poro cerrado) sobre un buchner y kitasato con ayuda de vacío; es conveniente dar un lavado de 5 ml de la solución lavadora, enjuagando el matraz de bola y filtrando a través del papel filtro. Al hidrolizado filtrado se le agregan 2 ml de estándar ácido alfa-aminobutírico y se afora a un volumen de 50 ml. Cuando la muestra no vaya a ser analizada inmediatamente es apropiado ajustar el hidrolizado a un pH de 6.8 ± 0.2 con la ayuda de un potenciómetro y NaOH 5N.

FILTRACION

Material / Reactivos

- Adaptador para filtración en jeringa Millipore xx30-012-00.
- Jeringas desechables de 10 ml.
- Jeringas desechables de 3 ml.
- Membrana Millipore tipo GVWP 047 00 (tamaño de poro 0.22 micrómetros).
- Recipientes de vidrio 2 ml
- Acetonitrilo grado HPLC.
- Agua grado HPLC.
- Solución de acetonitrilo 20 %.
- Cartuchos Sep-pac C18 WATO 51910

Para correr una muestra en el HPLC es importante una adecuada filtración para evitar dañar el equipo y tener impurezas que alteren los aminogramas.

a) Filtrar las muestras por membrana de 0.22 micrómetros.

- b) Activar un sep-pack C18 con 6 ml de acetonitrilo grado HPLC (la jeringa se conecta con la parte más larga del Sep-pack).
- c) Se pasan lentamente 6 ml de agua HPLC por el Sep-pack C18.
- d) Mezclar 2 ml de muestra con 2 ml de acetonitrilo 20%.
- e) Pasar la muestra lentamente a través del sep-pack C18.
- f) Eliminar el primer mililitro y colocar el siguiente mililitro en un recipiente. Esta fracción contiene todos los aminoácidos. Los contaminantes o interferencias son retenidos en el sep-pack.

DERIVACION

Material / Reactivos

- Membrana millipore tipo GVWP 047 00 (tamaño de poro 0.22 micrómetros).
- Minidigestor marca TECATOR.
- Vortex marca LAB-LINE INSTRUMENTS, mod. Super-mixer No. 1290.
- Juego de reactivos (Kit) AccQ TAG.

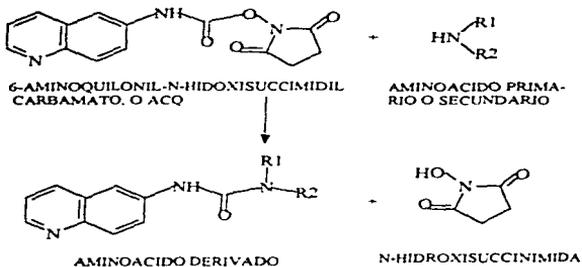
- a) Llevar a 55 °C el bloque de calentamiento.
- b) Colocar con una micropipeta 20 microlitros de muestra en el fondo de un tubo de 6x50 mm.
- c) Usar una micropipeta para adicionar 60 microlitros de buffer AccQ.Fluor-Borato al tubo con la muestra. Utilizar el vortex para agitar brevemente.
- d) Agregar 20 microlitros de reactivo AccQ-Fluor.
- e) Dejar reposar la muestra a la temperatura ambiente 1 min.

f) Tapar el tubo con cinta de teflón y colocarlo en el bloque de calentamiento a 55 °C contando con cronómetro 10 min.

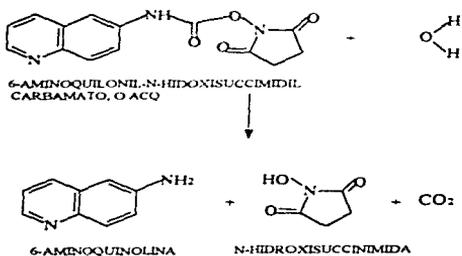
Transcurrido el tiempo se deja enfriar a temperatura ambiente 5 min y la muestra se encuentra lista para inyectar.

La inyección y el manejo del equipo de cromatografía de gases de alta resolución la realizó el técnico académico responsable del laboratorio.

REACCION DE DERIVATIZACION



HIDROLISIS DEL REACTIVO



CALIFICACION QUIMICA O SCORE QUIMICO (S.Q.)

Fundamento: Es un método químico que permite evaluar la calidad de una proteína y se basa en señalar la relación del aminoácido indispensable que está en mayor deficiencia en la proteína de estudio, al compararla con la relación que establece la FAO.

Cálculos.

$$S.Q. = \frac{Ax Ee}{Ae Ex}$$

Donde:

Ax = Relación de cada aminoácido esencial en la proteína de prueba

Ae = Relación de cada aminoácido esencial en la proteína de referencia

Ex = Relación del total de aminoácidos esenciales en la proteína de prueba

Ee = Relación del total de aminoácidos esenciales en la proteína de referencia

El patrón de referencia empleado es el siguiente. (24)

PATRON FAO

AMINOACIDOS INDISPENSABLES	g de a.a. / 16 g de nitrógeno
TREONINA	4.00
VALINA	5.00
TOTAL DE AZUFRADOS	3.50
TOTAL DE AROMATICOS	6.08
LISINA	5.44
ISOLEUCINA	4.00
LEUCINA	7.04
TRIPTOFANO	1.00

TOTAL DE AZUFRADOS : METIONINA + CISTEINA

TOTAL DE AROMATICOS : FENILALANINA + TIROSINA

PRUEBAS BIOLÓGICAS

RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

Fundamento: El incremento de peso de ratas recién destetadas, alimentadas con una dieta proteica bajo condiciones bien establecidas provee una medida confiable del valor nutricional. (24)

Cálculos

Los datos obtenidos durante el estudio biológico se anotaron en hojas de registro como la siguiente, para cada una de las ratas.

DATOS PARA PRUEBA BIOLÓGICA NUTRICIONAL

Rata _____	Sexo _____	Peso inicial (Pi) _____	Dieta _____	Fecha _____
Tiempo(días)				Total
Peso animal				Pf=
Incremento acumulativo				Pf-Pi=
Alimento inicial (Ai)				
Alimento final (Af)				
Alimento Ingerido (Ai=Ai-Af)				
Alimento acumulativo				Σ A
Observaciones				

Se calculó el PER para cada una de las ratas empleando la siguiente ecuación:

$$\text{PER} = \frac{\text{Incremento de peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{(\Sigma \text{AI}) (F)}$$

Donde:

F = Factor correspondiente al contenido de proteína en la dieta, expresado en fracción decimal.

Con cada uno de los valores individuales, se procede a calcular el PER promedio de cada lote, para lo cual se manejarán los datos que sean promediables (deben dar un $CV \leq 15$).

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

Donde.

CV = Coeficiente de variabilidad

σ = Desviación estándar

\bar{x} = Promedio

Cuando se presenta una gran variación en los datos, se elimina el valor mayor y el menor, para reducir dicha variación

Se calcula también el PER de la referencia (Caseína)

Con los PER promedio se calcula el PER ajustado, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PER_{ajustado} = PER_{xp} \times \frac{PER \text{ caseína (ref.)}}{PER \text{ caseína (exp.)}}$$

Donde:

PER caseína (ref) = 2.5

RELACION NETA DE PROTEINA (NPR)

Fundamento: En ésta prueba se asume que la proteína requerida para prevenir la pérdida de peso de las ratas alimentadas con una dieta libre de Nitrógeno (DLN), es equivalente a la proteína necesaria para el mantenimiento de los animales. (24)

Cálculos

Al igual que en el PER, se requiere de un control adecuado del peso del animal, así como del alimento ingerido, ya que al final del estudio se usó la siguiente ecuación:

$$\text{NPR} = \frac{\text{Incremento en peso(g)} + \text{Decremento en peso del grupo con DLN (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

También se calcula el NPR promedio de cada lote, y es recomendable reportar el valor de NPR como NPR ajustado de la siguiente manera:

$$\text{NPR}_{\text{ajustado}} = \text{NPR (prueba)} \times \frac{\text{NPR caseína (Ref.)}}{\text{NPR caseína (exp.)}}$$

Donde:

NPR (ref.) = 4.16

DESARROLLO DE LAS PRUEBAS BIOLÓGICAS

ELABORACION DE DIETAS

Para llevar a cabo la evaluación nutricional de una fuente de proteína, se necesita elaborar una dieta que sea isoproteica e isocalórica, con respecto a una dieta de referencia (generalmente CASEINA), y que además la única variable sea precisamente la proteína. Por lo que es de suma importancia contar con el análisis proximal de la fuente de proteína, para poder ajustarla a la dieta de referencia. (36, 38)

Es importante hacer notar que en la elaboración de las dietas, se maneja un 8.0 % de proteína (de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis proximal) y 400kcal/100g de dieta, en cada una de estas, excepto para la dieta de arroz la cual por el bajo contenido de proteína se ajustó a 7.0% y 360 kcal/100 g de dieta. (39, 27)

Material

- Balanza granataria
- Mezcladora MARCA HOBART MOD. N-50

Componentes empleados para la elaboración de las dietas.

Caseína (SIGMA # C - 3400)

Sacarosa (comercial)

Glucosa (SIGMA # G - 500)
Dextrina (SIGMA # D - 2131)
Manteca vegetal (comercial)
Aceite de maíz (comercial)
Mezcla de minerales (ICN # 902842)
Mezcla de vitaminas (ICN # 904654)
Celulosa (SIGMA # C - 8002)

Procedimiento

Las dietas se elaboraron de la siguiente manera, se pesaron los componentes de cada una de las dietas en la balanza granataria, posteriormente la fuente de proteína se homogeneiza, junto con todos los ingredientes sólidos, excepto las vitaminas, a continuación se adicionan los lípidos (aceite y manteca vegetal (fundida)), finalmente se agregan la vitaminas y se mezcla hasta perfecta homogeneización. Se coloca la dieta en un recipiente, se tapa y se mantiene en refrigeración hasta su uso.

PERIODO DE ENSAYE

Se utilizaron ratas macho recién destetadas (21-23 días de nacidas), de la raza WISTAR, con un peso promedio de 45.35 ± 4.13 . Las ratas se pesaron al azar y de acuerdo a su peso inicial (P_0) la distribución de los animales por lote se hizo de acuerdo a la distribución de "culebra japonesa" (40), quedando distribuidos los lotes de la siguiente manera:

Rata	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8
1	39 00	39 50	39 50	40 00	40 00	40 00	40 20	40 50
2	42 60	42 50	42 00	41 60	41 60	41 50	41 10	40,70
3	43 10	43 40	43 50	43 50	43 80	44 00	44.60	44 70
4	48 00	47 50	46 50	46 50	45 80	45 30	45 20	45 00
5	48 50	48.90	49 00	49 10	49 20	49 60	49 60	50 00
6	52 50	52 00	52 00	52 00	51 00	50 80	50 00	50 00

El día de inicio del estudio, las ratas de cada lote se colocaron en jaulas individuales y se puso en cada jaula un comedero con la dieta respectiva (las dietas se designaron al azar) y agua "ad libitum". Posteriormente dos veces por semana se registraba el peso de cada rata y el alimento ingerido, además de que se colectaba el alimento que desperdiciaban, esto se hizo durante los 21 días que duró el estudio. Es importante hacer notar que al onceavo día se inició la recolección de orina y heces, dos veces por semana hasta el final del estudio.

Las heces de cada rata se recibían en una charola, limpiando perfectamente la malla, luego se pasaba por dos tamices, con el fin de separar las heces del alimento desperdiciado, ya separadas se colectaban en frascos de vidrio, y se metían en una estufa de secado a una temperatura de $50 \pm 5 \text{ C}^\circ$ (para evitar el crecimiento de hongos en las heces).

Una vez colectadas todas las heces se secaron, pesaron, molieron en mortero y se pusieron en congelación hasta su uso para hacerles las determinaciones de nitrógeno.

DIGESTIBILIDAD VERDADERA (DV)

Fundamento: Es la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de las proteínas, para ser absorbidos por el organismo de prueba. (24)

Cálculos

$$D = \frac{N \text{ absorbido}}{N \text{ ingerido}}$$

$$D = \frac{I - (F - FM)}{I}$$

Donde:

D = Digestibilidad

I = Nitrógeno ingerido

F = Nitrógeno fecal

FM = Nitrógeno fecal metabólico

En las Tablas 2 y 3 se muestra la formulación para cada una de las dietas de estudio.

TABLA 2
FORMULACION DE DIETAS PARA PRUEBAS BIOLÓGICAS
PER, NPR Y DV (g/100g DE DIETA)

	A. CRUDO	A. COCIDO	G. CRUDO	G. COCIDO
PROT. PRUEBA	92.10	92.10	39.00	39.60
SACAROSA	0.00	0.00	17.50	17.15
DEXTROSA	0.00	0.00	15.14	14.80
DEXTRINA	0.00	0.00	19.92	19.50
CELULOSA	0.00	0.00	1.64	2.35
MANTECA VEGETAL	3.00	3.16	2.80	2.77
ACEITE VEGETAL	2.25	2.37	2.20	2.10
SALES MINERALES	1.64	1.36	0.80	0.73
VITAMINAS	1.00	1.00	1.00	1.00
TOTAL	99.99	99.99	100.00	100.00
KCAL/100g	362.95	401.86	401.10	400.13
% DE PROTEINA	7.00	7.00	8.00	8.00

A: ARROZ

G: GARBANZO

TABLA 3
FORMULACION DE DIETAS PARA PRUEBAS BIOLÓGICAS
PER, NPR Y DV (g/100g DE DIETA)

	G/A CRUDOS	G/A COCIDOS	CASEINA	LIBRE DE N
PROT. PRUEBA	72.70	75.50	9.00	0.00
SACAROSA	4.90	6.70	25.30	27.50
DEXTROSA	4.30	5.80	21.90	23.75
DEXTRINA	5.70	7.60	28.80	31.20
CELULOSA	1.01	0.51	4.96	6.55
MANTECA VEGETAL	5.40	1.08	4.05	4.60
ACEITE VEGETAL	4.10	0.81	3.04	3.40
SALES MINERALES	0.89	1.00	1.95	2.00
VITAMINAS	1.00	1.00	1.00	1.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00
KCAL/100g	399.80	399.80	399.80	401.80
% DE PROTEINA	8.00	8.00	8.00	0.00

G-A: MEZCLA DE GARBANZO Y ARROZ

N: NITROGENO

ANALISIS ESTADISTICO

En los resultados de las pruebas biológicas se realizó el análisis de varianza de una variable (ANOVA) y la prueba de rango múltiple (Método de Duncan), ambas con un nivel de significancia del 95% (41)

ANALISIS DE RESULTADOS

En las tablas 4 y 5 (gráficas 1 y 2) se muestran los resultados del análisis proximal del arroz, garbanzo y la mezcla de éstos, los cuales corresponden a lo reportado en la literatura. Con esto se confirma que el arroz es un alimento principalmente energético con un contenido medio de proteína y pobre en grasa, el garbanzo, por su parte, es una fuente rica en proteína y carbohidratos. En ambos alimentos el contenido de grasa fue pobre por lo que su densidad energética es baja. Las diferencias encontradas entre el arroz y el garbanzo crudos y cocidos son pérdidas en el contenido de proteína, grasa y fibra ocasionados durante los procesos de tamizado (proteína y fibra) y secado por aspersión (la grasa tiende a pegarse en las paredes de la cámara de secado). En el contenido de cenizas (minerales) no hubo gran diferencia debido a que las aguas de cocción no se eliminaron.

En la mezcla de garbanzo-arroz cocidos se observó un incremento en el contenido de grasa y de proteína en comparación con el arroz, con una disminución del contenido de carbohidratos lo que incrementa su densidad energética por la adición del aceite vegetal aunque el contenido de grasa fue menor al esperado lo que indica pérdidas durante el secado por aspersión, posiblemente el aceite vegetal no se emulsificó adecuadamente en la suspensión, y se pegó a las paredes de la cámara. El contenido de proteína

entre la mezcla cruda y la cocida se vio disminuido en esta última debido a la adición de aceite, al tamizado y al proceso de secado.

Durante el proceso de secado es importante controlar la alimentación de la muestra sobre todo tratándose de cereales y leguminosas que por su alto contenido de carbohidratos (hidrocoloides) tienden a formar un gel por lo que la alimentación debe ser en caliente (50-55 °C) y el flujo de aire y la temperatura de entrada la adecuada para evitar que se pegue en las paredes del secador lo que ocasiona pérdidas de grasa y proteína.

TABLA 4
ANALISIS PROXIMAL
MATERIAS PRIMAS CRUDAS
(BASE SECA)

NUTRIMENTO %	ARROZ	GARBANZO	GARBANZO-ARROZ
CENIZAS	0.46	3.25	1.65
PROTEINA	8.73	22.34	12.09
GRASA CRUDA	0.11	5.75	1.43
FIBRA CRUDA	0.83	3.04	1.65
CHOS ASIMILABLES	89.87	65.62	83.18

CONTENIDO DE HUMEDAD ARROZ 13.00% GARBANZO 7.80% Y GARBANZO-ARROZ
9.00%

GRAFICA 1. ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS CRUDAS

(BASE SECA % PIP)

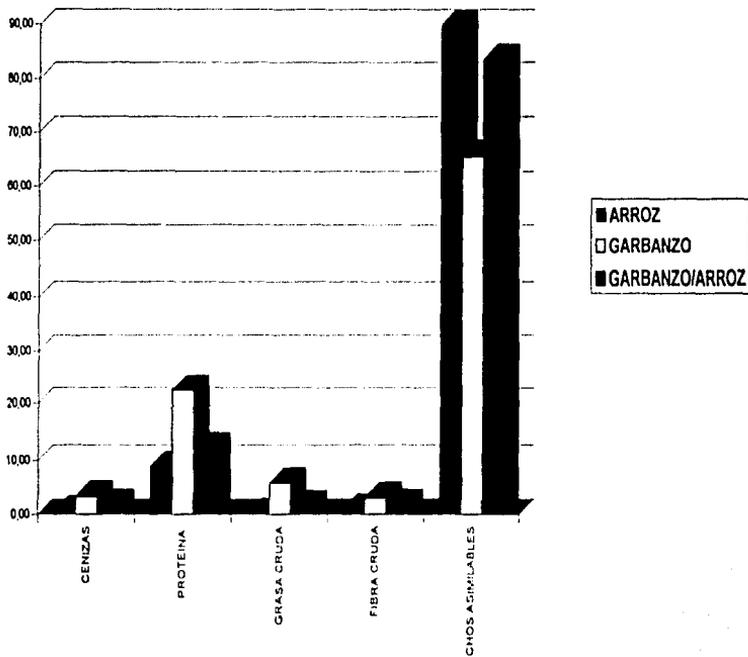
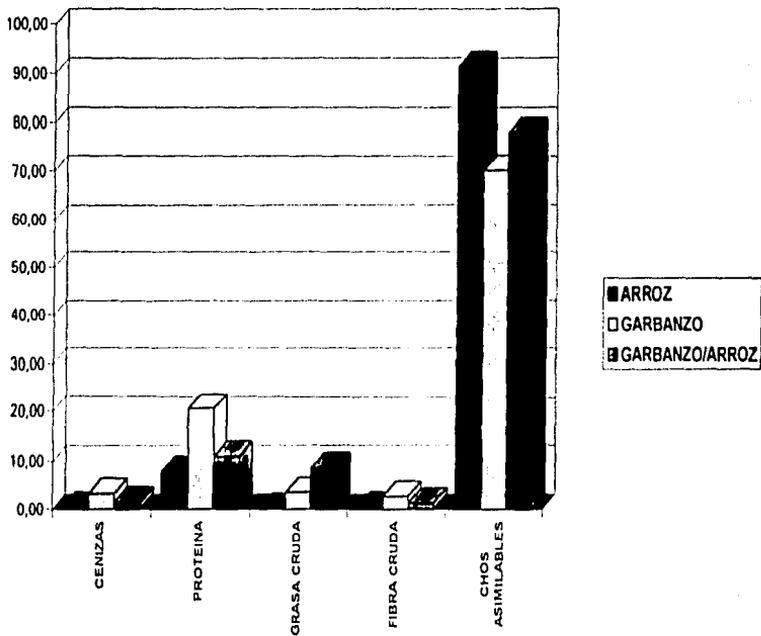


TABLA 5
ANALISIS PROXIMAL
MATERIAS PRIMAS COCIDAS
(BASE SECA)

NUTRIMENTO %	ARROZ	GARBANZO	GARBANZO-ARROZ
CENIZAS	0.39	3.24	1.43
PROTEINA	7.86	20.49	10.87
GRASA CRUDA	0.07	3.45	8.61
FIBRA CRUDA	0.41	2.64	1.23
CHOS ASIMILABLES	91.27	70.18	77.86

CONTENIDO DE HUMEDAD ARROZ 3.30% GARBANZO 1.40% Y GARBANZO-ARROZ
2.50%

GRAFICA 2. ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS COCIDAS
(BASE SECA % p/p)



En las tablas 6 y 7 (gráficas 3 y 4) se muestra el contenido de aminoácidos esenciales de las muestras los cuales corresponden a lo reportado en la literatura. Se observó que tanto el arroz como el garbanzo son ricos en aminoácidos aromáticos, que el garbanzo es una fuente de lisina, isoleucina, leucina, valina y treonina. El arroz por su parte es rico en aminoácidos azufrados y en treonina. Se encontró que el arroz es deficiente en lisina, el garbanzo en azufrados y en la mezcla el aminoácido limitante es la isoleucina (Tabla 8). El contenido de aminoácidos azufrados en la mezcla de garbanzo-arroz se vio considerablemente incrementado, pero esto no pasa con la lisina. En la suplementación no se observó un incremento considerable de lisina como ocurre con los aminoácidos azufrados, prácticamente no hubo suplementación pues en la mezcla de garbanzo-arroz el segundo aminoácido limitante fue la lisina, esto se debe seguramente a que la variedad de garbanzo que se empleó no tuvo contenidos tan altos de lisina como otras variedades y no se logró una buena suplementación.

Al comparar el contenido de aminoácidos entre materias primas crudas y las cocidas, se observó el mismo contenido entre ellos, excepto que en algunos casos hubo pequeñas pérdidas y en otros se incrementó. Esto se debe a que durante la cocción se pierde alguna fracción proteica, lo que se refleja como disminución en algunos de los aminoácidos y por lo tanto proporcionalmente otros aminoácidos se incrementan (leucina). Al comparar el contenido de aminoácidos entre el garbanzo y el arroz contra la mezcla, se encontró que los

aminoácidos cuyo contenido no es alto o complementario del otro grano, no se suplementa, no hay incremento y si una ligera dilució (isoleucina, leucina, total de aromáticos).

TABLA 6
AMINOACIDOS ESENCIALES EN MATERIAS PRIMAS CRUDAS
 (g de aminoácido / 16g de nitrógeno)

AMINOACIDO ESENCIAL	ARROZ	GARBANZO	GARBANZO/ARROZ
TREONINA	3.89	3.25	3.13
VALINA	5.59	3.38	4.04
METIONINA + CISTEINA	3.12	2.18	3.13
FENILALANINA + TIROSINA	8.38	6.75	6.25
LISINA	3.54	5.81	4.36
ISOLEUCINA	3.34	3.25	2.87
LEUCINA	7.02	6.92	6.43
TRIPTOFANO	*1.40	*0.82	**1.11

* Valores reportados (7.30)

** Valor calculado

GRAFICA 3. AMINOACIDOS ESENCIALES EN MATERIAS PRIMAS CRUDAS

(g de aminoácido / 16 de nitrógeno)

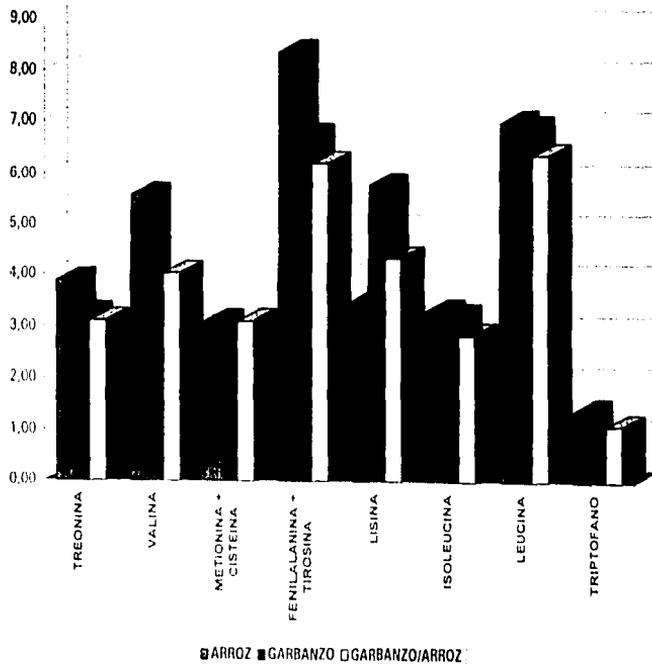


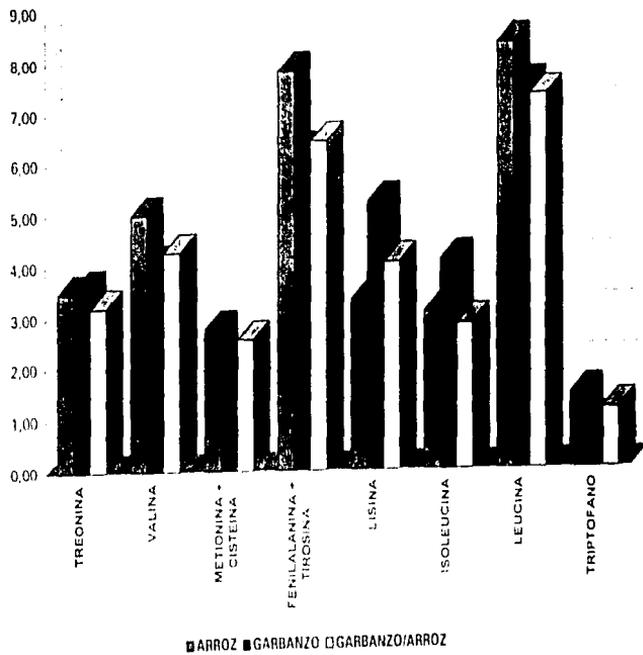
TABLA 7
AMINOACIDOS ESENCIALES EN MATERIAS PRIMAS COCIDAS
 (g de aminoácido / 16g de nitrógeno)

AMINOACIDO ESENCIAL	ARROZ	GARBANZO	GARBANZO/ARROZ
TREONINA	3.49	3.59	3.20
VALINA	5.01	4.05	4.27
METIONINA + CISTEINA	2.76	1.95	2.55
FENILALANINA + TIROSINA	7.82	6.24	6.43
LISINA	3.31	5.22	4.04
ISOLEUCINA	3.05	4.08	2.83
LEUCINA	8.31	7.47	7.29
TRIPTOFANO	*1.40	*0.82	**1.11

* Valores reportados (7,30)

**Valor calculado

GRAFICA 4. AMINOACIDOS ESENCIALES EN MATERIAS PRIMAS COCIDAS
 (g de aminoácido / 16g de nitrógeno)



**TABLA 8. AMINOACIDO LIMITANTE Y CALIFICACION QUIMICA
EN MATERIAS PRIMAS CRUDAS**

MUESTRA	AMINOACIDO LIMITANTE	CALIFICACION QUIMICA
ARROZ	LISINA	64.90
GARBANZO	AZUFRADOS	68.37
G-A	ISOLEUCINA	84.51

De acuerdo con los resultados de las pruebas biológicas (Tabla 9) se observó que en el PER la proteína de mejor calidad es como se esperaba la caseína, seguida de la mezcla cruda de garbanzo-arroz y del garbanzo crudo. Los valores para el arroz tanto el crudo como el cocido tienen la misma calidad pues no se encontró diferencia significativa. El arroz es de mejor calidad que el garbanzo cocido, la mezcla cocida de garbanzo-arroz es la de más baja calidad, lo que hace suponer que el proceso de cocción fue muy drástico y dañó la calidad de la proteína. Esto mismo se observó con el garbanzo aunque no para el arroz, lo que comprueba la posible formación de almidón resistente en leguminosas por ser mayor la relación en el contenido de amilosa/amilopeptina. El valor de PER para el arroz pudiera haber sido mayor si el nivel de proteína hubiera sido el mismo de las otras dietas pero aún así se obtuvo un valor correspondiente a los reportados en otros estudios

Los resultados de NPR (Tabla 10) concordaron con lo obtenido en el PER , pero no hubo diferencias significativa entre la caseína y la mayoría de las dietas, esto se debe a que el periodo de adaptación de las ratas en estudio es mayor para el PER que para el NPR, por lo que la desviación estándar es mayor en esta última, por lo tanto no discrimina entre los valores más altos y no se encuentra diferencias significativas entre las muestras, excepto con el garbanzo cocido y la mezcla de garbanzo-arroz cocidos que fueron los de peor calidad lo que hace más claro que los procesos aplicados fueron muy drásticos ocasionando el deterioro de la proteína.

. . .

TABLA 9
RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

DIETA	PER	PER AJUSTADO
CASEINA	2.74 ± 0.27 ^a	2.50
GARBANZO-ARROZ CRUDO	2.10 ± 0.32 ^b	1.92
GARBANZO CRUDO	1.96 ± 0.24 ^{b,c}	1.79
ARROZ COCIDO	1.72 ± 0.34 ^{c,d}	1.57
ARROZ CRUDO	1.68 ± 0.21 ^{c,d}	1.53
GARBANZO COCIDO	1.39 ± 0.29 ^{d,e}	1.27
GARBANZO-ARROZ COCIDO	1.09 ± 0.15 ^e	0.99

Letras distintas indican diferencia significativa

GRAFICA 5. RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

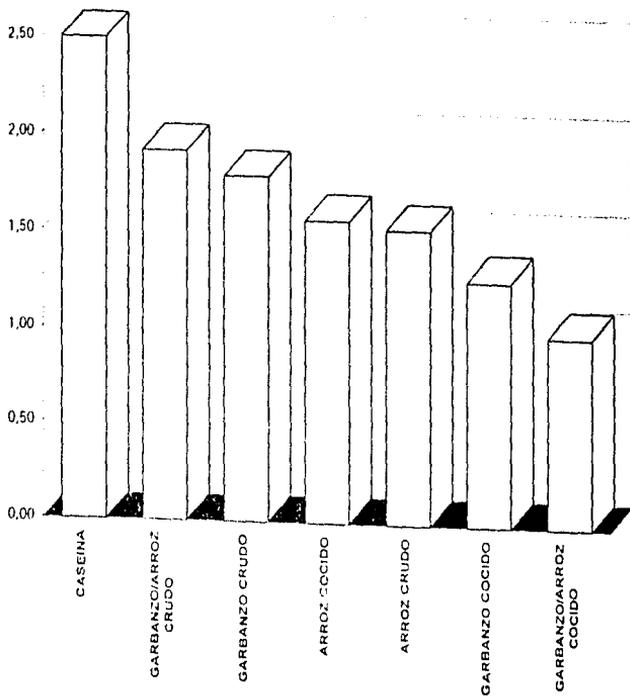


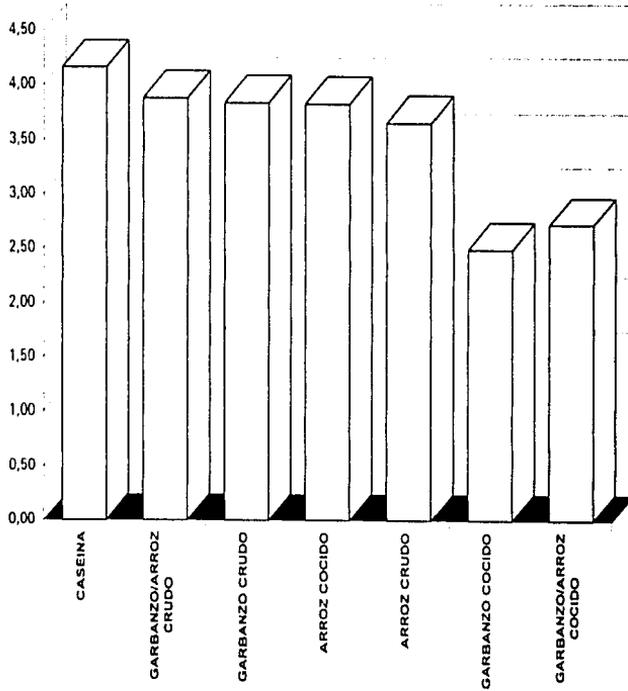
TABLA 10
RELACION NETA DE PROTEINA (NPR)

DIETA	NPR	NPR AJUSTADO
CASEINA	4.18 ± 0.79 ^a	4.16
GARBANZO-ARROZ CRUDO	3.9 ± 0.73 ^a	3.88
GARBANZO CRUDO	3.86 ± 0.75 ^{a,b}	3.84
ARROZ COCIDO	3.85 ± 0.57 ^{a,b}	3.83
ARROZ CRUDO	3.68 ± 0.58 ^{a,b}	3.66
GARBANZO-ARROZ COCIDO	2.73 ± 0.43 ^{b,c}	2.72
GARBANZO COCIDO	2.51 ± 0.50 ^c	2.49

Letras distintas indican diferencia significativa

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

GRAFICA 6. RELACION NETA DE PROTEINA (NPR)



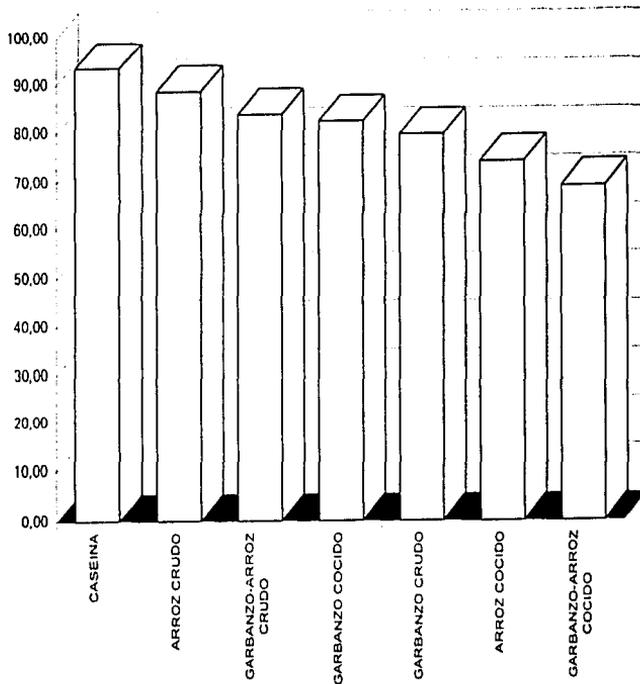
En los resultados de Digestibilidad Verdadera (Tabla 11) la proteína cuyos aminoácidos tienen mayor biodisponibilidad para ser aprovechados por las ratas son los de la dieta control, seguidos en este caso por el arroz crudo. El garbanzo-arroz crudo y el garbanzo cocido no fueron diferentes significativamente y tuvieron mayor digestibilidad que el garbanzo crudo, los alimentos con la más baja digestibilidad fueron el arroz cocido y la mezcla de garbanzo-arroz cocido. Estos resultados eran los esperados ya que en el caso del arroz durante la cocción se forma almidón resistente, lo que impide el ataque enzimático de la proteína y por lo tanto esta no se puede aprovechar dando como resultado una mayor digestibilidad en el arroz crudo. En el caso del garbanzo ocurre lo mismo pero durante la cocción se eliminan los tóxicos que pudiera contener y que interfieren en la absorción, por eso fue mejor el cocido que tras el tratamiento térmico elimina estos factores antinutricionales termolábiles. La mezcla de garbanzo-arroz crudo tuvo una digestibilidad semejante a la del arroz crudo ya que éste se encuentra en mayor proporción (73% p/p). La mezcla de garbanzo-arroz cocido fue la más baja lo que confirma que durante el proceso de cocción hubo alguna reacción indeseada que modificó la estructura de la proteína lo que impide su digestión o la formación de almidón resistente lo que impide la degradación y por lo tanto su aprovechamiento biológico.

TABLA 11
DIGESTIBILIDAD VERDADERA (DV)

DIETA	DIGESTIBILIDAD VERDADERA
CASEINA	93.41 ± 1.99 ^a
ARROZ CRUDO	88.61 ± 4.14 ^{a,b}
GARBANZO-ARROZ CRUDO	83.86 ± 2.63 ^{b,c}
GARBANZO COCIDO	82.46 ± 1.47 ^{b,c}
GARBANZO CRUDO	79.86 ± 5.64 ^{c,d}
ARROZ COCIDO	74.28 ± 3.46 ^{d,e}
GARBANZO-ARROZ COCIDO	69.25 ± 4.05 ^e

Letras distintas indican diferencia significativa

GRAFICA 7. DIGESTIBILIDAD VERDADERA (DV)



En las pruebas biológicas los valores más bajos correspondieron al garbanzo cocido y a la mezcla cocida de garbanzo-arroz, esto hace suponer que durante la cocción se formó "almidón resistente" principalmente en el garbanzo, lo que deteriora el valor nutricional de la proteína al hacer menos disponibles los aminoácidos esenciales.

Las alteraciones durante la cocción no se pueden determinar con el simple análisis de aminoácidos. Si la proteína se asocia con otros componentes estos pueden disociarse durante la hidrólisis y finalmente obtener los aminoácidos libres que no son biodisponibles, esto se observa en los resultados de digestibilidad.

Los productos se hicieron con formulaciones tradicionales fáciles de preparar en casa y como se trata de alimentos que se consumen comúnmente son opcionales para la alimentación de lactantes y preescolares.

En el desarrollo de los productos no fue posible elaborar las pastas debido a que la harina de la mezcla (tanto la cocida como la cruda) no tiene las características para manejarla y formar las pastas, éstas eran muy frágiles y no se extendían, se fraccionaban al momento de cortarlas en el extrusor, tampoco soportarían la cocción en agua y se desintegrarían, por lo tanto este producto se desechó.

En la elaboración del atole se obtuvieron muy buenos resultados, se logró preparar una suspensión estable que no sedimentaba con el calentamiento y con un sabor agradable, que se puede variar con la adición de unas gotas de esencia de vainilla, cocoa en polvo o nuez molida.

Las galletas se elaboraron con sabor dulce y salado, siendo el primero más agradable, aunque la consistencia fue firme no es crujiente como comúnmente se espera en estos productos pero fue aceptable .

Para la sopa tipo crema la mezcla es muy útil ya que le da buen cuerpo y sabor, además con la adición de vegetales frescos como: calabaza, zanahoria, papa y chícharos se obtiene un alimento completo. En este producto se puede hacer una variación, haciéndola más espesa, como papilla para lactantes.

El pudín fue el producto con mejores resultados ya que la consistencia que da la mezcla es la adecuada para este tipo de productos en la que se requiere la formación de un gel estable y el sabor chocolate se acopla bien con el sabor de la mezcla, no se percibe un sabor a harina que pudiera resultar un poco desagradable.

Con los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad de la proteína no sería recomendable elaborar los productos con la mezcla de garbanzo-arroz cocida por ser los de más baja calidad, sin embargo al tener mayor cuidado sobre el proceso de cocción, disminuyendo el tiempo o la presión durante éste, la mezcla tendría las características necesarias para ser usada en los productos.

La mezcla de garbanzo-arroz cruda se usó para elaborar los productos, pero debido a su bajo contenido en grasa las formulaciones tienen mayor contenido de aceite vegetal o margarina que si se tratara de la mezcla cocida.

A continuación se muestra la formulación para cada uno de estos productos:

FORMULACION DE PRODUCTOS

ATOLE

HARINA GARBANZO-ARROZ CRUDA	20.0 g
AZUCAR	8.0 g
AGUA	200.0 ml

SOPA TIPO CREMA

HARINA GARBANZO-ARROZ CRUDA	100.0 g
CALDO DE POLLO EN POLVO	15.0 g
MARGARINA	12.5 g
SAL	1.5 g
VEGETAL	1 pza.
AGUA	1.25 l

GALLETAS

HARINA GARBANZO-ARROZ CRUDA	500.0 g
AZUCAR	175.0 g
ACEITE VEGETAL O MARGARINA	60.0 g
POLVO DE HORNEAR	7.5 g
VAINILLA	12.5 ml
SAL	0.5 g
AGUA	500.0 g

PUDINES

HARINA GARBANZO-ARROZ CRUDA	75.0 g
AZUCAR	75.0 g
MARGARINA	25.0 g
COCOA	12.5 g
SAL	0.75 g
AGUA	250.0 ml

CONCLUSIONES

En la elaboración de la mezcla garbanzo-arroz 1:1 de proteína se logró la suplementación, como era de esperarse, al mezclar un cereal con una leguminosa se mejoró la calidad de la proteína, esto se observa en la mezcla cruda. Para lograr esta proporción de proteína la mezcla se hizo con 27% de garbanzo y 73% de arroz, lo que abarata el producto pues el arroz es más barato que el garbanzo.

El tratamiento térmico que se aplicó a la mezcla cocida fué muy drástica por lo que se debe tener mayor precaución en este proceso para evitar el daño en la calidad nutricia de la proteína de este alimento.

La elaboración de los productos desarrollados, atole, sopa tipo crema, galletas y pudín es posible con la mezcla de garbanzo:arroz cocida siempre que se controlen los procesos térmicos. También es posible elaborarlos con la mezcla cruda ya que todos ellos requieren de calentamiento para su elaboración, durante el cual se cocería la mezcla y se eliminarían los factores antinutricionales que pudieran afectar a los lactantes o preescolares que son para quienes van dirigidos estos productos

BIBLIOGRAFIA

1. Ikemefuna, C.O. . Comparative nutritional value of legume proteins supplemented with rice fed rats at equal intake. *Ecology of Food and Nutrition*. 14 : 71-75 (1984)
2. OMS, Los alimentos y el hombre. Salvat Ediciones S.A. España 1989. p: 19
3. Ramos Galvan, R. Alimentación normal en niños y adolescentes. Editorial El Manual Moderno. México 1985. p: 2,7,156,348
4. Badui, D.S. , Química de los alimentos. 2ª edición. Alhambra Universidad. México 1990. p. 46, 47, 125, 133, 213, 214, 367
5. Robinson, Ch. , Nutrición básica y dietoterapia. Ediciones Científicas La Prensa Mexicana,S.A. México 1986. p: 51, 62-67, 73, 97, 127
6. Robinson, D.S. , Bioquímica y valor nutricional de los alimentos. Acribia. España 1991. p: 109-193
7. Kent, N.L. , Tecnología de los cereales. 3ª edición. Acribia. Zaragoza, España 1987. p: 27-32, 36
8. Charley, H. , Tecnología de alimentos. Limusa. México 1987. p: 71,72,143,145

9. Hawthorn, J. , *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Acribia. España 1986. p: 63,64
10. Chang, C. , Lee, C. , Brown, G. , *Production and Nutritional Evaluation of high -protein rice flour*. *Journal of Food Sci. , 51:2:464-467 (1986)*
11. Luh, B. *Rice: Production and utilization*. Shiun Westport, Conn. 1980
12. Flores, M. J. A. *Bromatología animal*. 3ª edición. Limusa México 1989 p: 413-415, 488-489
13. Siljeström, M., Björck, Y. *Digestible and undigestible carbohydrates in autoclaved legumes, potatoes and corn*. *Food Chemistry* 38: 145-152 (1990)
14. Muller, H.G. , Tubin, G. *Nutrición y ciencia de los alimentos*. Acribia. España p: 143-145
15. Sotelo, A. , Flores, F. , Hernández, M. , *Chemical composition and nutritional value of mexican varieties of chickpea (*Cicer arietinum L.*)*. *Plants Food for Human Nutrition*. 37: 299-306 (1987)
16. Hernández, M. , Sotelo, A. *Nutritional evaluation of wheat flour cookies supplemented with chickpea, chees whey and amino acids*. *Nutr. Rep.* 29: 845-858 (1984)
17. Del Angel, R. , Sotelo, A. , *Nutritive value of mixtures using chickpea with wheat, triticale, normal and opaque-2 corns*. *J. Nutr.* 112: 1474 (1982)

18. Chena, R. , Crispin, M. , Larrea, R. , El garbanzo, un cultivo importante en México. Folletos misceláneos (INIA) 16: 1-35 (1967)
19. Liener, I. E. , Toxic factor in edible legume and their elimination. *Am. J. Clin. Nutr.* 11: 281-289 (1962)
20. Sotelo, A. , Lucas B. , Uvalle, A. , Giral, F. Chemical composition and toxic factors content of sixteen Leguminous seeds. *Quart. J. Crude Drug Res.* 18: 9-16 (1980)
21. Kabirullah, M. , Ahmed, R. , Faruque, O. Studies on the preparation of protein-rich infant/children food using cereals and legumes. *Bangladesh J. of Sci. and Industrial Reserch* 11: (1-4) 14-20 (1976)
22. Morcos, S. R. , Said, A. K. , Gabriel, G. N. , Hady, N. A. Supplementary and weaning food for the Egiptian child. *Food Sci. and Nutr. Department, National Reserch Cent* 27 (4): 295-304 (1983)
23. Hart, F. *Análisis moderno de los alimentos* . Acribia. España 1971 p: 1-9, 13,14
24. Pellet, D. L. and Young, V. R. *Nutritional Evaluation of Protein foods*. The United Nations University. Tokio. 1980 p: 1-6, 27-54
25. Campbell, J.A. *Methodology of protein evaluation in the PAG compendium*, Sach, M.Y. Ed. John Wiley & Sons. Vol. D. N. Y. 1975
26. De Maeyer, E. M. , *Colaborative study on protein evaluation*. In : *The PAG Compendium*, Sach, M. Y. Ed. John Wiley & Sons. Vol. D. N. 1975

27. Hurt, H. D. , Forsythe, R. H. and Krieger, C. M. Factor which influence the biological evaluation of protein quality by the efficiency ratio method. In : Protein Nutritional Quality of Food and Feeds. Friedman, M. Ed. Marcel Dekker vol. 1 N.Y. 1975
28. Yang, M. G. and Mickelson, O. Laboratory animal in nutrition reserch. In : Methods of Chemical Experimentation. Gay, W I. Ed. Academic Press. N.Y. 1974
29. Bender, A. E. and Doell, B. M. Biological evaluation of protein, a new aspect. Brit. J. Nutr. 11 : 140-158 (1975)
30. Sarwar, G. and Mc Langhlan, J. M. Relative net protein ratio method for evaluating protein quality. Nutr. Rep. Int. 23 (6): 1157-1166 (1981)
31. Wesdergard, V. Tecnología de la leche en polvo, evaporación y secado por atomización. Niroatomizer. Dinamarca. 1982
32. Brennan, J. G. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 2ª edición. Acribia. España 1980 p. 341-347
33. Cornejo, L. Desarrollo de una formula no láctea para niños con intolerancia a la lactosa. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana. México. 1989 p: 1-170
34. Appendini, E. Elaboración y evaluación nutricional de un alimento para niños con intolerancia a la lactosa. Tesis. UNAM. México 1992. p: 61, 62, 77, 102

35. Norma del I.M.S.S. de Fórmula no láctea en polvo. Junio / 1990.
36. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist. Published by AOAC. Inc. Horlich K. (Editor) 15th edition. vol. I & II. Arlington. 1990. p: 17, 18, 40-62, 69-83, 1012, 1095-1098.
37. Zendejas, M. Determinación de proteína verdadera y cuantificación de aminoácidos proteínicos, libres y raros por HPLC en cuatro estados de maduración en el fruto *Erythrina americana*. Tesis. UNAM México. 1996
38. Imegas, A. E. Determinación de la calidad proteínica de algunas leguminosas por diferentes métodos biológicos. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Guatemala C. A. 1973
39. Cobin, J. Laboratory nutrition . In. Handbook of Laboratory Animal Science. Melby, E. C. and Altman N.M. (Ed). CRC. Press Cleveland 1976 p: 3-21
40. Molinar, M.G. Valor energético de diversos alimentos determinado por medio de una bomba calorimétrica y métodos biológicos. Tesis. Universidad La Salle. México 1988. p: 44,45
41. Paquete estadístico "STATGRAPHICS" Version 5.0 Statical Graphics System. 2115 East Jefferson Street, Rockville, M. D. 20852. 1991