

Nº 5
201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ELABORACION Y EVALUACION NUTRICIONAL
DE UN ALIMENTO PARA NIÑOS CON INTOLERANCIA
A LA LACTOSA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A

ERNESTINA MA. TERESA APPENDINI MORAN

1992

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVO	4
GENERALIDADES	6
Algunos aspectos sobre nutrición	7
Carbohidratos	10
Proteínas	14
Lípidos	21
Fibra	21
Vitaminas	22
Minerales	22
Maíz	23
Arroz	25
Garbanzo	27
Pollo	29
Leche y fórmulas	30
Análisis proximal	34
PARTE EXPERIMENTAL	38
Materias primas	39
Análisis proximal	41
Determinación de aminoácidos	50
Elaboración de mezclas	61
Pruebas biológicas	67
RESULTADOS Y DISCUSION	76
CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFIA	104

INTRODUCCION

INTRODUCCION

La desnutrición y las enfermedades gastrointestinales son algunas de las principales causas de mortalidad en el mundo, especialmente en los niños.

En 1980 murieron 5 millones de niños menores de 5 años de edad en los países en vías de desarrollo y en 1986 murieron en América Latina 1 millón de niños menores de 1 año de edad por estas mismas causas. (1)

En México actualmente el 75% de las muertes en niños menores de 1 año de edad se deben a diarreas, a enfermedades que se pueden prevenir por vacunación y perinatales a las que se asocia la desnutrición. (2)

Uno de los tejidos más sensibles a estos problemas es la mucosa intestinal, la cual sufre una atrofia que le impide realizar sus funciones de secretar disacaridasas.

Dado que los niños lactantes tienen como alimento principal la leche y ésta tiene un contenido alto en lactosa (7.5% en la leche materna y 4.5% en la leche de vaca), si presentarse desnutrición o enfermedades gastrointestinales es probable que se presente intolerancia a la lactosa, la cual se define como la incapacidad del organismo de degradar o digerir este carbohidrato, debido a la ausencia o baja actividad de la enzima lactasa; esto puede provocar flatulencia, diarrea, inflamación y otros trastornos, debido a que la lactosa pasa por el intestino delgado sin ser digerida y llega al grueso donde la flora microbiana presente la utiliza produciendo H_2 , CO_2 , H_2O y ácido láctico, con la consecuente baja del pH.

A este tipo de intolerancia se le llama adquirida, pero también existe la congénita en la cual se carece de la enzima desde el nacimiento, y aunque es más rara se llega a presentar.

Para solucionar este problema, en países desarrollados se utiliza directamente la enzima sobre la leche, produciéndose en parte la hidrólisis de la lactosa en sus dos monosacáridos que son glucosa y galactosa, pero es un método muy costoso que en países como México, no tiene ninguna aplicación.

Por ello se han realizado varios trabajos, tratando de obtener un alimento que sustituya a la leche el tiempo que el niño lo requiere, y le proporcione al mismo tiempo

los elementos necesarios para que tenga un desarrollo adecuado.

Uno de los alimentos más usados con este fin ha sido la soya, pero es una leguminosa que necesita tener un proceso de purificación para eliminar en parte la gran cantidad de tóxicos y fibras naturales que contiene, o bien se debe obtener la proteína aislada lo cual eleva su precio, además de no ser un producto muy accesible en nuestro país dado que la producción nacional no es suficiente y no tener un sabor muy agradable si se emplea en concentraciones elevadas.

También existen las fórmulas a base de caseína que es la proteína principal de la leche.

El garbanzo se ha venido utilizando en México para resolver este problema por las siguientes razones:

1. México era hasta hace 3 años el tercer país productor de garbanzo en el mundo, y es actualmente uno de los principales productores y exportadores de este grano.
2. Presenta un bajo contenido en tóxicos naturales, lo cual lo distingue de las demás leguminosas.
3. Fácilmente forma emulsiones cuando se homogeneiza.
4. Tiene un sabor agradable y gran aceptación entre los niños.
5. En algunos niños con diarrea presenta un efecto astringente. (3,4)

Otro producto que se ha venido utilizando en los hospitales de la Cd. de México, especialmente en el Hospital de Pediatría del I.M.S.S., es una fórmula preparada con pechuga cocida, a la cual se agregan los componentes necesarios para tener una composición parecida a la leche, sin embargo esta se ha utilizado únicamente de manera empírica.

Basándose en lo anterior y en trabajos previos realizados con ambos aportadores de proteína, se planeó el siguiente trabajo consistente en la elaboración de diferentes mezclas a partir de pechuga de pollo y/o garbanzo y su combinación con arroz y harina de maíz nixtamalizada para así obtener fórmulas en las cuales se logre una adecuada suplementación, procedimiento empleado en todo el mundo para elevar en forma barata la calidad nutricional de alimentos que contienen baja calidad proteínica.

OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar y elaborar fórmulas a partir de mezclas de pechuga y/o garbanzo con arroz y harina de maíz nixtamalizada y evaluarlas nutricionalmente con el fin de saber si pueden emplearse en el tratamiento de niños con intolerancia a la lactosa.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Para poder realizar el objetivo general, se plantean una serie de objetivos particulares los cuales se muestran a continuación:

- Conocer la composición química y de aminoácidos de las materias primas crudas o cocidas y secadas mediante diferentes procesos.
- A partir de los datos anteriores calcular teóricamente la composición de mezclas que se elaborarán a partir de las materias primas crudas y otros componentes que se requieran.
- Confirmar el cálculo teórico hecho para las mezclas, determinando en las mismas su composición química mediante el análisis proximal.
- Evaluar la calidad nutricional de las mezclas.
- Seleccionar las mezclas de mejor calidad para pruebas posteriores de las mismas.

GENERALIDADES

GENERALIDADES

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE NUTRICION.

Una de las principales necesidades y preocupaciones del hombre a lo largo de su historia ha sido la alimentación, la cual es un factor determinante en la formación y progreso de las sociedades.

La selección de alimentos se hizo primero para satisfacer el hambre y estuvo condicionada por la existencia de los mismos en cada región. (5)

A pesar de todo esto la desnutrición es una de las principales causas de mortalidad en el mundo y se encuentra en mayor proporción en los lugares donde hay pobreza e ignorancia.

Una persona desnutrida no se desarrolla normalmente en la etapa de crecimiento y es incapaz durante su vida de conservar una buena salud y resistir enfermedades. (6)

Entre las causas de la desnutrición se encuentran: tipo de agricultura, clima, economía, sociedad, educación, historia, etc. (7)

La desnutrición puede ser de dos tipos:

1) Por carencia de nutrimentos, en donde el individuo no está recibiendo los nutrimentos en la cantidad adecuada. Este tipo de desnutrición se presenta especialmente en niños menores de un año y se da entonces la enfermedad conocida como marasmo.

Sus principales características son:

- Es una desnutrición crónica.
- Hay atrofia muscular.
- No hay un crecimiento adecuado.
- El peso es adecuado a la talla pero no a la edad.
- No se presenta edema.
- El niño se muestra inquieto.
- El organismo se va adaptando a la mala alimentación.
- Hay pérdida total de grasa subcutánea. (5)

2) Por carencia de proteínas, en donde se puede estar tomando suficientes calorías pero hay falta de proteínas. En este caso se presenta el Kwashiorkor, palabra africana que

explica el desplazamiento del amamantamiento de un niño por la llegada de otro niño. (5)

El Kwashiorkor se presenta generalmente entre los 1-5 años de edad. Sus principales características son:

- Es un cuadro agudo de desnutrición.
- Se presenta edema debido a la disminución de proteínas séricas.
- El peso no es adecuado a la talla.
- Se presenta anorexia.
- El crecimiento no es adecuado.
- Los niños son apáticos.
- Se puede presentar diarrea y por lo tanto deshidratación, que a su vez

agrava la desnutrición, el niño pierde el apetito y no hay una buena absorción de nutrientes por el daño en la mucosa intestinal. (8,9)

Por su frecuencia y consecuencias, la desnutrición proteínico-calórica es uno de los principales problemas de salud en el mundo.

El tratamiento alimenticio para corregir la desnutrición consiste en dar al paciente una dieta abundante y combinada. En el caso de los lactantes, la leche es el alimento ideal para la recuperación, aunque en el caso de los niños con desnutrición severa, su administración puede verse restringida ya que a estos se les modifica parcialmente su sistema enzimático digestivo; por ello la leche debe darse en concentraciones bajas, o utilizar sustitutos como fórmulas a base de caseinato, soya, etc; para lograr la regeneración de la mucosa intestinal y tejido pancreático. (10)

ALIMENTACION DEL LACTANTE.

Las normas de alimentación del niño, especialmente del lactante han variado con las épocas, de lugar a lugar y de una cultura a otra, como resultado de una adaptación empírica a los diferentes modos de vida para conseguir alimentos locales y de otros factores de tipo ecológico, así como del conocimiento más amplio de las funciones de la nutrición y a los avances en la tecnología de alimentos. (9)

A pesar de ello, hay ciertas características que deben existir en la alimentación del

lactante. Las más importantes son:

1) **Suficiente:** Es decir, debe satisfacer las exigencias energéticas y nutricionales del organismo según la edad y el estado de salud.

2) **Equilibrada:** Los nutrimentos deben guardar las proporciones adecuadas entre ellos.

3) **Adecuada:** La alimentación debe ser adecuada para la edad, en su presentación y su composición.

4) **De buena calidad:** Es decir, que contenga alimentos de elevado valor biológico, como las proteínas de origen animal y que contenga los nutrimentos indispensables.

5) **Digerible:** Su composición debe estar de acuerdo con el grado de desarrollo funcional del aparato digestivo del niño, es decir de acuerdo con la actividad de las secreciones digestivas, la dentición, etc.

6) **Inocua:** Libre de microorganismos patógenos, toxinas o cualquier tipo de contaminante.

7) **Proporcionada con ternura.** (11)

REQUERIMIENTOS ENERGETICOS Y NUTRICIONALES DEL LACTANTE.

Los requerimientos nutricionales de los lactantes en términos generales comprenden 60% de carbohidratos, 10% de proteínas y 30% de grasas.

Para obtenerlos, es necesario consumir una gran variedad de alimentos que contengan los diferentes nutrimentos en forma equilibrada, aunque una madre sana, bien nutrida y que alimenta a su hijo exclusivamente del pecho no necesita introducir en la dieta del lactante otros alimentos, sino hasta después de los 3 a 4 meses de vida.

La energía requerida en promedio el primer año de vida es de 112 kcal/kg/día, sin embargo es difícil generalizar sobre el tipo de alimento y la cantidad que se debe dar después del destete ya que esto depende del uso que éste pueda tener. (12)

Estos alimentos se podrían utilizar como:

a) Sustituto total o parcial de la leche materna.

b) Alimento empleado a partir del destete.

c) Complemento de la leche materna. durante el primer año de vida. (12)

En la siguiente tabla se muestran las necesidades calóricas por término medio en el primer años de vida. (13)

TABLA 1

NECESIDADES ENERGETICAS DE LOS LACTANTES DURANTE EL PRIMER AÑO DE VIDA.	
EDAD (Meses)	kcal/kg de peso
0-3	120
3-5	115
6-8	110
9-11	105
12	112

Los nutrimentos que requiere el lactante son:

- Carbohidratos.
- Proteínas.
- Lípidos.
- Minerales.
- Vitaminas.

CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son los nutrimentos más baratos con los que cuenta el hombre, y el consumo de estos por una comunidad o región nos hablará del grado de pobreza o riqueza de la misma.

En el caso de los lactantes los carbohidratos representan el principal suministro de energía en su dieta, ya que su ingesta corresponde a un 50-60% del aporte calórico

dietario. (4 kcal/g de carbohidrato).

Las principales fuentes naturales de carbohidratos para el lactante son: la leche por su contenido de lactosa (disacárido), el azúcar de caña cuyo principal componente es la sacarosa (disacárido), los cereales, frutas y vegetales que proporcionan polisacáridos como almidones y dextrinas que después de ser degradados proveen de monosacáridos como glucosa, fructosa y galactosa. (14)

Los carbohidratos juegan papeles muy importantes en el crecimiento y desarrollo de los individuos ya que cumplen funciones energéticas y de reserva:

- Energéticas: La glucosa constituye el nutrimento de aprovechamiento más rápido y efectivo del lactante, lo cual le permite en gran parte llenar sus requerimientos calóricos.

- Material de reserva: Se encuentran en los vegetales como almidón y en el reino animal como glucógeno.

Los carbohidratos cumplen funciones estructurales, pero esto sólo es de importancia en el reino vegetal.

Otras funciones importantes de los carbohidratos son las de trabajar como precursores biológicos de algunos lípidos y proteínas, inositol y de compuestos denominados glucósidos. (15)

En el comienzo de la lactancia cuando solo se ingiere leche materna o leche de vaca principalmente, los carbohidratos representan del 37% al 42% de la ingestión calórica del lactante. En la lactancia, la lactosa es generalmente el único carbohidrato consumido. (16)

DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE CARBOHIDRATOS.

El proceso de digestión de los carbohidratos, se inicia en la boca con la saliva que contiene una amilasa salival llamada ptialina cuyo pH óptimo esta entre el neutro y ligeramente básico; ésta empieza a degradar el almidón a oligosacáridos (dextrinas y maltodextrinas) pero su acción se detiene al llegar al estómago por el pH ácido del mismo.

El páncreas secreta una amilasa, la cual vierte en el duodeno y es la responsable de que los polisacáridos sean desdoblados a moléculas cada vez más simples.

El intestino además de su función de absorción, tiene función secretora y, vierte diferentes disacaridasas (maltasa, sacarasa, lactasa), que producen a partir de su sustrato, diferentes monosacáridos (glucosa, galactosa, fructosa). Sólo como monosacáridos los carbohidratos pueden ser absorbidos y atravesar la mucosa intestinal. Esto lo hacen mediante un transporte activo.

Las disacaridasas secretadas en la mucosa intestinal son las que se ven más afectadas durante la desnutrición. (17,18)

PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL APROVECHAMIENTO DE CARBOHIDRATOS.

Los problemas más frecuentes en el aprovechamiento de los carbohidratos en los lactantes, están relacionados con la digestión y absorción intestinal y en algunos casos con la utilización anormal de dichos nutrimentos.

En algunos casos, se carece parcial o totalmente de una o más de las enzimas encargadas de hidrolizar en la mucosa intestinal los disacáridos que llegan a ella. Este problema se puede presentar por dos razones:

1) Se nace con la deficiencia, es decir es una deficiencia primaria, congénita y aunque es rara se llega a presentar.

2) Por desnutrición: Se trata de una deficiencia secundaria, que al presentarse desnutrición avanzada o enfermedades gastrointestinales atrofia la mucosa intestinal lo cual impide que ésta secrete las enzimas digestivas. Debido a que la mucosa es un tejido en continuo recambio, esta deficiencia es reversible. (19)

Basta retirar el disacárido agresor de la dieta para que la patología desaparezca.
(20)

INTOLERANCIA A LA LACTOSA.

La leche es el alimento natural más perfecto y completo. La lactosa es el carbohidrato propio de la leche y se encuentra en una concentración de 7.5% en la leche materna y 4.5% en la leche de vaca. La lactosa esta compuesta por dos monosacáridos, la glucosa y la galactosa; y ésta se produce únicamente en las glándulas mamarias. (12,21)

Este carbohidrato es hidrolizado por una disacaridasa (lactasa), localizada en el borde de cepillo de las células del epitelio maduro del intestino delgado. La actividad máxima de dicha disacaridasa tiene lugar en el yeyuno y en el ileon proximal.

La lactasa alcanza sus niveles normales hacia finales de la gestación y se le conoce también como B-galactosidasa.

Cuando la actividad de lactasa es deficiente o no se da, se presenta intolerancia a la lactosa, la cual se define como la incapacidad del organismo de hidrolizar parte o todo el carbohidrato, como resultado de la ausencia o baja actividad de la enzima lactasa, esto provoca flatulencia, cólico, distensión abdominal, retortijones y diarrea debido a que al llegar la lactosa sin hidrolizar al intestino grueso, las bacterias del mismo la degradan produciendo H_2O , CO_2 , H_2 y algunos ácidos orgánicos de cadena corta provocando un descenso en el pH.

A principios de este siglo Jacobi indicó que la diarrea infantil podía estar relacionada con la ingesta de carbohidratos, más tarde Howland recalcó esta posibilidad. Sin embargo la intolerancia a la lactosa sólo fue reconocida por Hazel en 1959.

La intolerancia a la lactosa puede ser de dos tipos:

1) Primaria: La cual es casi siempre congénita y se caracteriza por la ausencia de la enzima lactasa en pacientes con histología normal de intestino delgado, aunque este tipo de intolerancia es muy rara.

2) Secundaria o adquirida: Esta resulta en general por una deficiencia nutricional o enfermedades del tracto digestivo. Se ha observado que la frecuencia de esta intolerancia aumenta a medida que el paciente se encuentra más desnutrido. (22,23,24)

La deficiencia de lactasa en diferentes grados es una situación normal para la mayor parte de la población de la Tierra. La población con un bajo porcentaje de malabsorción de lactosa (0-30%), se encuentra en lugares como el Noroeste Europeo, parte del Mediterráneo, etc; y es gente que tradicionalmente consume leche, este alimento es de uso habitual tanto en niños como en adultos. Se ha observado que estos pueblos han tenido una adaptación genética a través de su historia, dominando el gen particular para que se sintetice la lactasa.

La población con alto porcentaje de malabsorción de la lactosa (60-100%), se encuentra generalmente en áreas donde los productos lácteos o leche casi no se utilizan.

De lo anterior se concluye que la intolerancia a la lactosa se transmite genéticamente como un carácter dominante. (25)

METODOS PARA MEDIR INTOLERANCIA A LA LACTOSA.

Se han usado diversas pruebas en el diagnóstico de la intolerancia a la lactosa. Entre ellas tenemos:

- Cintas (Iabstix) y tabletas reactivas (clinitest), que permiten identificar azúcares reductores en las heces y valorar la acidez de las evacuaciones.

- Curvas de tolerancia a la lactosa: Se mide después de una carga oral de lactosa, la cantidad de glucosa en sangre. Si hay intolerancia a la lactosa los niveles de glucosa en sangre no se elevan adecuadamente.

- Análisis de los componentes del aire espirado para estudiar la absorción intestinal: Se mide el hidrógeno espirado después de una carga oral de lactosa, a mayor concentración de hidrógeno, menor degradación y absorción de lactosa. Este método es el más exacto, aunque es el más difícil de utilizar pues para medir la concentración de hidrógeno se requiere de un cromatógrafo de gases, lo que hace que el uso de este método no sea muy frecuente. (22)

PROTEINAS

Las proteínas son el material más caro dentro de los nutrimentos y por lo tanto serán el material más carente en la dieta de personas pobres.

Las proteínas son macromoléculas formadas por 20 aminoácidos repetidos en una forma secuencial.

Hay diferentes clasificaciones una de ellas es:

- 1) Proteínas simples: Albúminas, globulinas, gluteninas y prolaminas.
- 2) Proteínas complejas o conjugadas: Fosfoproteínas, glucoproteínas, lipoproteínas,

etc.

Otra forma de clasificarlas es:

- 1) Proteínas plasmáticas.
- 2) Proteínas estructurales.
- 3) Proteínas funcionales. (Enzimas, hormonas)

Las proteínas representan el 11% del peso corporal del recién nacido, y el 17.5% del peso corporal del adulto. (12)

Hay un mayor requerimiento de proteínas para los lactantes y niños, ya que gran proporción de estas se utilizan para el crecimiento.

Para un niño sano de 4-6 meses de edad, son suficientes 240 mg de N₂/Kg/día, obtenidos a través de la leche materna o de algún sustituto de ésta. (26)

Las proteínas proporcionan los aminoácidos indispensables requeridos para la síntesis de las proteínas propias del cuerpo, tanto para las estructurales como para las biológicamente activas (enzimas y hormonas).

El hecho de consumir grandes cantidades de proteínas no implica que se satisfagan las necesidades de aminoácidos del individuo; la calidad de estos nutrimentos depende de su composición de aminoácidos indispensables y de su digestibilidad, por lo que es importante conocer estos dos aspectos en las proteínas que componen los alimentos. (14)

En la tabla 2 se muestran las cantidades de proteína diarias recomendadas por la FAO/OMS. (27)

TABLA 2

INGESTA PROTEICA DIARIA RECOMENDADA POR LA FAO/OMS	
EDAD	g de proteína/kg/día
3-6 meses	1.86
7-12 meses	1.48
2-3 años	1.13
9-10 años	0.99

Los aminoácidos indispensables son: Isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano y valina. La histidina y la arginina son también indispensables para lactantes. A estos aminoácidos se les llama indispensables debido a que el organismo no los puede sintetizar o lo hace en cantidades mínimas no suficientes para los requerimientos del mismo. (28)

En general la calidad nutritiva de las proteínas vegetales es menor que la de las proteínas de origen animal. Esto se debe a varios factores como el hecho de que las proteínas vegetales son deficientes en uno o varios aminoácidos indispensables, como es el caso de los cereales escasos en lisina o de las leguminosas que son pobres en aminoácidos azufrados.

Debe haber un adecuado balance de aminoácidos en la proteína ya que un exceso o deficiencia de alguno de ellos, puede ocasionar una reducción en el valor nutritivo del alimento.

Las proteínas vegetales presentan una baja digestibilidad debido a una relación inadecuada en la concentración relativa de sus aminoácidos constituyentes la cual puede ser debida a:

- a) Desequilibrio de aminoácidos.
- b) Antagonismo de aminoácidos.
- c) Toxicidad de aminoácidos. (14)

SUPLEMENTACION.

Los alimentos pueden contener proteínas completas o incompletas, es decir proteínas con los aminoácidos indispensables en cantidad suficiente para satisfacer todas las necesidades del organismo o proteínas que son deficientes en uno o varios de los aminoácidos indispensables, a este último grupo se le considera como proteínas de baja calidad y en él quedan incluidos la mayoría de los alimentos de origen vegetal como son los cereales y leguminosas tan ampliamente consumidos en el mundo. Por ello el mejoramiento de la calidad proteínica debe hacerse en especial sobre los alimentos de origen vegetal. (12)

Para mejorar la calidad proteínica de los alimentos existen diferentes métodos, los cuales en general logran un mejor balance de aminoácidos de la proteína. Entre ellos están:

1) Mejoramiento genético, que es a largo plazo.

2) Adición de aminoácidos limitantes, consistente en la adición al alimento de los aminoácidos (sintéticos) en los cuales es deficiente. Es un método sencillo, pero caro y no aplicable a alimentos que serán procesados.

3) Complementación o suplementación: Este método consiste en la combinación de alimentos en la proporción adecuada para elevar en forma barata la calidad proteínica de los mismos.

Es un procedimiento sencillo, económico, a corto plazo y que puede hacerse entre alimentos de origen animal y vegetal o entre dos alimentos de origen vegetal como es el caso de los cereales y las leguminosas. Esta combinación es de gran importancia nutritiva y permite que muchos grupos de la población subsistan con una dieta económica y de predominio vegetal, a pesar de su falta de recursos. (12)

El proceso de suplementación debe de tener las siguientes características:

a) La mezcla de alimentos debe contener todos los aminoácidos indispensables en cantidad suficiente en los que son deficientes los alimentos suplementados.

b) La suplementación debe realizarse en alimentos que se consuman frecuentemente en la dieta, los cereales por ejemplo.

c) El suplemento debe añadirse en la proporción adecuada.

d) El suplemento usado debe ser disponible y de preferencia de bajo costo. (29)

EVALUACION DE LA CALIDAD DE UNA PROTEINA.

Hay diferentes formas de evaluar la calidad de una proteína, entre ellas están las pruebas microbiológicas, las pruebas biológicas y las pruebas químicas.

Pruebas microbiológicas:

Estas pruebas ocupan a un organismo completo para evaluar la calidad de la

proteína. Se realizan principalmente con protozoarios y bacterias.

Las ventajas de este tipo de pruebas son:

- 1) Se puede hacer el análisis en un espacio reducido.
- 2) Los microorganismos tienen buenos sistemas enzimáticos para la degradación de la proteína.

Las desventajas son:

- 1) No se puede usar el alimento tal cual, se debe hacer previamente una esterilización.
- 2) Estas pruebas se deben realizar con personal muy calificado.
- 3) No es un método muy reproducible.

Pruebas biológicas:

Hegsted y Mitchell, reportaron independientemente que el hombre se comportaba en forma semejante a la rata, en su utilización metabólica de los alimentos proteínicos 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 proteínicas en humanos. Además la rata es un animal fácil de manejar y cuidar y un largo período después del destete continúa creciendo e incrementando su peso corporal; es por ello que estos animales pueden ser utilizados para evaluar la calidad de una proteína.

Son varias las pruebas biológicas que existen, a continuación sólo se mencionarán las que se utilizaron para la evaluación de las fórmulas de este estudio.

- Relación de eficiencia proteínica (PER): En 1919 Osborne, Mendel y Ferry introdujeron el concepto de PER el cual en varias formas modificadas es probablemente el método más ampliamente utilizado por la mayoría de los investigadores para evaluar en forma biológica la calidad de una proteína. Este corresponde al peso ganado por el animal (rata) sobre la proteína consumida, bajo ciertas condiciones bien establecidas. (30)

- Relación neta de proteínas: Bender y Doell más tarde propusieron el uso del NPR para evaluar la calidad de una proteína. En este estudio se toma en cuenta la pérdida de peso de un grupo control que recibe una dieta sin proteína, dicho decremento de peso se

suma al peso ganado del grupo de prueba y se divide entre la cantidad de proteína consumida. Se asume que la proteína requerida para prevenir la pérdida de peso, es equivalente a la proteína necesaria para el mantenimiento de los animales. (31)

Pruebas químicas:

Ya que se establece que una dieta proteínica debe producir el mantenimiento y crecimiento del animal de prueba y que lo anterior está estrechamente relacionado a las cantidades relativas de los aminoácidos indispensables que son disponibles para el animal, se han desarrollado ciertas pruebas de evaluación nutricional en base al análisis de aminoácidos:

- Calificación química: Es un método químico de evaluación de una proteína y es el que más se ha utilizado, ya que este índice fue establecido desde 1946 por Block y Mitchell (14)

Este método se basa en señalar la cantidad del aminoácido indispensable que está en mayor deficiencia en la proteína en estudio, al compararla con el nivel presente en una proteína de referencia.

La calificación química puede tomarse como una primera aproximación de la probable eficiencia de la utilización de una proteína, o mezclas para niños y puede permitir gruesas correcciones de requerimientos proteicos de una dieta proteínica. Sin embargo la calificación química puede subestimar la calidad de las proteínas cuando van a ser destinadas a adultos, ya que para estos las necesidades indispensables son menores. (29) Además no se detecta la presencia de factores antinutricionales que afectan el aprovechamiento del alimento.

DIGESTIBILIDAD.

La digestibilidad es un índice o coeficiente del aprovechamiento de las proteínas en el alimento, es decir la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de la proteína para ser absorbidos por el organismo de prueba.

La digestibilidad está influenciada por la solubilidad y susceptibilidad de la proteína

al ataque enzimático, por ello son varios los factores que la afectan, entre los que podemos mencionar:

1. La fracción proteínica puede estar protegida de la actividad enzimática por materiales celulares estructurales como son celulosa, hemicelulosa, y los cuales no son digeribles.

2. Algunas plantas contienen algunos factores antinutricionales como son los inhibidores de proteasas que disminuyen la digestibilidad de dichos alimentos.

3. Puede haber daño durante el procesamiento de algunos alimentos.

En general se sabe que los alimentos de origen animal son más digeribles que los de origen vegetal. (32)

DETERMINACION DE AMINOACIDOS.

En la actualidad el uso de la cromatografía de intercambio iónico con resinas específicas (resinas de poliestireno sulfonadas), en columnas acopladas a bombas especiales que mantienen un flujo constante, así como dispositivos electromecánicos automáticos, han permitido el desarrollo de los llamados autoanalizadores de aminoácidos, que realizan el análisis de los aminoácidos presentes en una proteína, con increíble rapidez y adecuada exactitud.

La naturaleza de las condiciones de hidrólisis de una proteína son muy importantes y en este caso se recomienda el uso de la hidrólisis química ácida para obtener una completa liberación de los aminoácidos que componen una proteína. La medición de dichos aminoácidos se logra con técnicas modernas de alta precisión como son la cromatografía de intercambio iónico (autoanalizador), la cromatografía de gases o la cromatografía de alta resolución. (HPLC) (33)

TRIPTOFANO.

El triptófano es un aminoácido aromático cuya determinación ha sido muy estudiada; muchos métodos químicos y microbiológicos han sido propuestos para la determinación de este aminoácido en proteínas puras o en materiales biológicos más

complejos como son los alimentos.

La cuantificación de este aminoácido tiene gran importancia desde el punto de vista nutricional, ya que es uno de los aminoácidos indispensables para el hombre; además se sabe que las personas que consumen una dieta pobre en triptofano y en niacina, pueden presentar el cuadro clínico conocido como pelagra

LIPIDOS

Los lípidos, compuestos hidrófobos que son solubles en disolventes orgánicos, son importantes aportadores de energía en el organismo pues son los nutrimentos que más calorías generan. (9 kcal/g).

Tienen importantes funciones biológicas como: aportar los ácidos grasos indispensables al organismo (linoleico y linolénico), que a su vez son precursores de otros compuestos como las prostaglandinas. El colesterol es usado en la síntesis de hormonas esteroides y de la vitamina D.

Aunque los lípidos son indispensables para el hombre, su excesivo consumo causa problemas de salud muy serios como la obesidad y varias enfermedades cardiovasculares.

Las fuentes más importantes de los lípidos son las semillas de oleaginosas, como el cártamo, girasol, ajonjolí, etc. y la grasa de cerdo. (12,2*)

FIBRA

La principal función de la fibra es la de estimular los movimientos de los músculos intestinales que ayudan a la defecación.

Si se consumen grandes cantidades de fibra se puede reducir la densidad de nutrimento del alimento y se pueden llegar a causar irritaciones gastrointestinales en niños de corta edad.

Según las recomendaciones de la FAO, para los niños menores de un año el nivel de fibra debe ser menor al 2%, sin eliminarla de la dieta ya que presenta todas las ventajas antes mencionadas.

(12)

VITAMINAS

Las vitaminas son sustancias de muy variada composición química y de gran importancia para el organismo pues su carencia produce diferentes enfermedades y malestares.

Estas son nutrientes indispensables pues el organismo no las sintetiza en cantidad suficiente, es por ello que se debe consumirlos en la dieta. A pesar de esto se les considera micronutrientes ya que los requerimientos de vitaminas para el hombre están en el rango de mg.

En la lactancia es muy rara la deficiencia de vitaminas. La deficiencia de vitamina A, solo se manifiesta en pacientes con estatorrea o en los que reciben dieta sin leche. Se ha visto deficiencia de tiamina en niños que reciben fórmulas a base de soya.

Una de las principales funciones de algunas vitaminas es la de trabajar como coenzimas en diferentes reacciones enzimáticas del organismo.

La disponibilidad comercial de las vitaminas es muy grande y se les usa en formas muy variadas, desde el uso para fortificar algún alimento hasta el uso como antioxidantes. (12,28)

MINERALES

Los minerales son elementos inorgánicos que constituyen las cenizas de los alimentos vegetales y animales. Son nutrientes necesarios para el organismo ya que desempeñan diferentes funciones y por ello se requieren en formas y concentraciones diferentes.

Los minerales se clasifican en tres grupos:

1. Este grupo está formado por calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre; estos son los de mayor requerimiento (mg).
2. Este grupo está formado por hierro, cobalto, yodo, manganeso, cobre, zinc y molibdeno. Estos minerales se requieren en concentraciones bajas (µg).
3. Este grupo está formado por fluor, aluminio, boro, selenio, cadmio y cromo, y se requieren en concentraciones mínimas (trazas).

Algunas de las funciones de los minerales son:

- a) Cofactores enzimáticos.
- b) Ayudan al control de la presión osmótica de fluidos celulares.
- c) Ayudan al control del pH.
- d) Son parte constitutiva de varias macromoléculas. (34,25)

En base a la información que se presenta en la sección de proteínas y a los estudios previos hechos con estos materiales (14), se eligió para este trabajo utilizar maíz y arroz que son cereales ampliamente usados en nuestro país, además de ser económicos. También se eligieron garbanzo y pechuga de pollo, que suplementan adecuadamente a los cereales. Por ello a continuación se presentan algunas características de estas materias primas seleccionadas.

MAIZ

Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas. El maíz es un cereal que en México ha sido y es el alimento básico de la población y por ello es ampliamente cultivado. (35)

Respecto al origen de este cereal, se cree que su nacimiento está en algún lugar de América.

El maíz pertenece al género *Zea* y a la especie *mays*, aunque se conocen diferentes variedades las cuales se diferencian entre sí principalmente por la estructura de las semillas. (36)

Entre estas variedades están:

- Maíz dentado: *Zea mays indentata*. Se caracteriza por una pequeña depresión de las coronas de los granos maduros, en esta depresión se compactan los gránulos de almidón.

- Maíz cristalino. *Zea mays indurata*. Es un maíz con un grano muy resistente y duro ya que alrededor del grano hay almidón duro y solo en el centro almidón suave.

- Maíz palomero: *Zea mays everta*. La característica principal de este maíz es que cuando se tuesta revienta.

- Maíz dulce: *Zea mays saccharata*. Estos granos contienen mayor cantidad de carbohidratos (dextrinas) que las otras variedades.

- Maíz ceroso: *Zea mays cerea*. Este tipo de maíz contiene grandes cantidades de amilopectina.

- Maíz harinoso: *Zea mays*. El endospermo de este tipo de maíz se desprende con mucha facilidad, por ello el grano se muele fácilmente formando harina. (37,38)

Aunque la composición del maíz es diferente de acuerdo a la variedad, en general contiene entre un 8.5-10% de proteínas, 3.5-4.5% de grasa, 68-72% de carbohidratos y 2-2.4% de fibra.

Como todos los cereales el maíz es rico en carbohidratos y pobre en proteínas. (39)

Sus proteínas son principalmente prolaminas (50-55%) y gluteninas (30-45%). Su proteína principal es la zeína la cual es deficiente en lisina y triptofano que son aminoácidos indispensables, lo cual la hace una proteína de mala calidad. (40)

El carbohidrato principal del maíz es el almidón (98%) y en menores cantidades encontramos sacarosa, glucosa, fructosa y rafinosa.

Los lípidos que contiene principalmente son: ácido linoleico, ácido oleico y ácido palmítico.

En cuanto a las vitaminas que contiene destacan la vitamina A, D y E, todas las demás las contiene a excepción del ácido fólico y la cianocobalamina; la niacina es solo disponible después del proceso de nixtamalización. (41)

NIXTAMALIZACIÓN.

La nixtamalización es un proceso térmico-alkalino; esta palabra proviene del nahuatl: *nextli*-cenizas de cal, *tamalli*-masa de maíz.

Los pasos de este proceso son: Primero se le agrega al maíz agua en una proporción de 1:3 (peso-volumen) y además se le añade 1-3% de cal, se calienta durante

20-40 minutos sin que la mezcla llegue a hervir (90°C), alcanzando un pH de 11-13. Después del calentamiento, se deja todo en reposo de 10 a 14 hrs.

Se elimina el agua de cocción (nejayote) y el maíz se lava con agua para eliminar el exceso de calcio. El maíz lavado se muele en un molino de piedra.

El maíz nixtamalizado tiene mayor calidad nutritiva que la materia prima a pesar de la pérdida de un poco de proteína, fibra, grasa y vitaminas que se da durante el proceso. (28)

La nixtamalización evita la pelagra la cual se presenta cuando hay deficiencia de niacina, ya que esta última se hace disponible en el proceso. Además se aumenta considerablemente el contenido de calcio lo cual evita el raquitismo.

A pesar de esto la calidad de la proteína de maíz después de este proceso no mejora significativamente. (42)

ARROZ

Casi el 50% de la población mundial se alimenta principalmente con arroz, ya que es un alimento básico en la dieta de chinos, japoneses, filipinos e hindúes; además de que interviene en forma significativa en la alimentación del mundo occidental.

La producción de arroz ocupa el segundo lugar en el mundo después del trigo, y el principal productor mundial de este cereal es China, aunque se cree que su origen estuvo en la India y de ahí paso a otros países de Asia. (12)

El arroz pertenece a la familia de las gramíneas pues es un cereal, al género *Oryza* y a la especie *sativa*.

Existen diferentes tipos:

a) Indica: *Oryza sativa indica*. El grano es ligero y de forma alargada y delgada.

b) Japónica: *Oryza sativa japonica*. El grano es corto y grueso, además de que es el que contiene mayor cantidad de almidón.

c) Javánica: *Oryza sativa javanica*. El grano es corto y grueso. (38)

La composición del arroz varía un poco según el tipo, pero en general contiene 6-10% de proteína, 2-2.5% de grasa y 72-74% de carbohidratos.

En cuanto a sus proteínas, predominan las gluteninas y tiene bajas concentraciones de prolaminas, globulinas y albúminas.

La proteína del arroz tiene como aminoácido limitante la lisina al igual que todos los cereales, y aunque esta proteína es la de mejor calidad entre estos, no es adecuada para el óptimo crecimiento de los niños, por lo que se puede suplementar con los aminoácidos limitantes, o se puede complementar con leguminosas (44)

Su carbohidrato principal es el almidón, sus ácidos grasos principales son el palmítico, oleico y linoleico.

Es rico en vitamina B₁ pero solo en forma íntegra

Este cereal es el único que se usa como alimento en forma de grano entero, descascarillado y pulido, este tratamiento elimina las vitaminas hidrosolubles que se encuentran principalmente en la cascavilla lo cual representa una gran desventaja. (12)

El arroz está libre de tóxicos y factores antinutricionales, se considera un alimento que no produce alergia y es uno de los primeros alimentos sólidos que consumen los niños. (45)

BENEFICIOS TERAPEUTICOS DEL ARROZ.

Las enfermedades diarreicas son una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en el mundo

La rehidratación y reemplazo de fluidos y electrolitos perdidos durante la diarrea son tratados actualmente por vía oral, administrando al paciente soluciones de rehidratación oral, que contienen generalmente glucosa o sacarosa con algunas sales.

La base fisiológica de esta terapia consiste en el cotransporte de los iones de sodio que se da en el intestino junto con la glucosa u otras moléculas orgánicas.

Es una vieja costumbre en países como India, Egipto y México dar agua de arroz con una pizca de sal, a los niños que tienen diarrea.

En 1980 se comparó esta solución con las soluciones patrón utilizadas para la rehidratación en niños con diarreas, encontrando que además de servir para rehidratar al niño y reemplazar los electrolitos perdidos, estas soluciones disminuían y eliminaban la

diarrea.

El agua de arroz, es el agua con almidón que queda después de cocer el arroz durante 10 a 20 minutos. La solución electrolítica del agua de arroz se prepara añadiendo de 30 a 50 g de arroz en un litro de agua, además de los electrolitos necesarios (sodio, potasio, cloro, etc), y calentando esta mezcla.

Además de las ventajas ya mencionadas (rehidratación y eliminación de la diarrea), otras ventajas importantes de estas soluciones son:

- La diarrea tiene menor duración.
- Son económicas.
- Son fáciles de preparar.
- No aumentan la osmolalidad, lo que sí sucede con las soluciones de glucosa.

Algunas de las desventajas de estas soluciones son:

- Se requiere una cocción.
- La vida de anaquel de la solución preparada es muy corta y hay riesgo de fermentación y crecimiento bacteriano después de 12 horas.
- Si la diarrea es muy aguda a los niños menores de tres años, se les dificulta la digestión de la solución.
- Si se usa por un tiempo prolongado sin otros nutrientes puede causar desnutrición calórico-proteica.

No obstante sus desventajas, las soluciones electrolíticas de agua de arroz son muy económicas y convenientes. (46,47)

GARBANZO

Las leguminosas son vegetales ricos en proteínas y de bajo costo. (48) El garbanzo pertenece a esta familia, al género *Cicer* y a la especie *arietatum L.* Es una leguminosa de gran importancia en nuestro país pues México esta entre los principales productores y exportadores de garbanzo en el mundo; además la calidad de su proteína es una de las mejores entre las leguminosas y presenta una muy baja concentración de tóxicos y factores antinutricionales. (49,50)

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. (40)

Su contenido de proteínas esta 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 esta alrededor del 60%. Es rico en calcio, fierro 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. (51)

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

La proteína del garbanzo es deficiente en aminoácidos azufrados pero rica en lisina, por lo cual se emplea para suplementar a las proteínas de los cereales, las cuales son deficientes en lisina y ricas en aminoácidos azufrados; obteniéndose de esta forma una mezcla con un adecuado balance de aminoácidos. (48,52)

Los factores tóxicos o antinutricionales característicos de las leguminosas, impiden que estas se aprovechen nutricionalmente en forma adecuada.

El garbanzo contiene bajas cantidades de estos factores comparado con otras leguminosas, y la cantidad de los mismos varía según la variedad de garbanzo.

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 tienen 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, la mayoría de las variedades de garbanzo están ausentes de ellos, al igual que 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 y causando 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. (53,54)

POLLO

En la alimentación cotidiana, especialmente en los menores, es frecuente el uso de la carne de pollo, la cual tiene en general una menor cantidad de tejido conectivo que otras especies mamíferas.

Hasta hace algunos años la mayor parte de la carne de pollo provenía de las mismas aves que producían huevo, pero hoy en día se crían exclusivamente por su carne especies genéticas especiales con características óptimas de crecimiento rápido, resistencia a las enfermedades, carne blanda, gran cantidad de carne y buen sabor. (55)

Aunque aquí no se trata el tema de huevo, es importante hacer notar que la calidad de proteína del huevo es hasta ahora la de más alto valor nutricional dentro de las conocidas.

La clasificación comercial de estas aves, se basa generalmente en la edad y peso antes del sacrificio. Estas clasificaciones son: pollo de leche, pollo asadero, pollo capón, pollo para guisar y gallo viejo. Entre mayor edad tenga el pollo, la carne es menos blanda. Para el procesamiento en forma fresca o congelada, se prefieren los pollos de leche.

También existen normas federales de clasificación de la calidad individual de las aves basadas en plumaje, forma, cantidad de la carne, grasa y ausencia de defectos en la misma, en base a esto tenemos calidad A(1), B(2), C(3). (56,57)

Los pasos principales para el sacrificio de los pollos son los siguientes:

1. Insensibilizado.
2. Sangrado.
3. Escaldado.

4. Desplumado.
5. Lavado.
6. Eviscerado. Únicamente para inspección.
7. Inspección y sello.
8. Refrigerado o congelado. (58)

La carne representa uno de los más importantes alimentos en la nutrición humana. La composición de las partes comestibles del pollo depende de la manera en que éstas se parten, del método de cocimiento y de la parte comestible en sí.

La carne blanca, sin pellejo contiene entre 64-75% de agua, entre 19-30% de proteína y entre 3.5-5% de grasa. La piel es la parte del pollo más rica en grasa.

La carne de pollo contiene más proteína y menos grasa que la carne roja. Es una buena fuente de minerales y vitaminas en especial las del complejo B.

La proteína del pollo es de muy buena calidad y contiene todos los aminoácidos indispensables que el hombre necesita para su desarrollo.

La grasa contiene triglicéridos y fosfolípidos principalmente así como un poco de colesterol. La pechuga está compuesta principalmente de triglicéridos y en menor cantidad de fosfolípidos. Sus principales ácidos grasos son el oleico y el palmítico. (59)

Los carbohidratos en el pollo se encuentran en pequeñas cantidades, en especial en los tejidos en forma de glucógeno. El hígado es el órgano que mayor cantidad de glucógeno contiene, en el caso de la carne adquirida, el contenido de glucógeno es nulo.

Los minerales principales son el sodio, calcio y magnesio y de las vitaminas la B es la más significativa. La tiamina se destruye parcialmente durante los procesos de cocción de la carne.

El pollo constituye un alimento excelente para lactantes y preescolares. (60)

LECHE Y FORMULAS

La leche es el líquido segregado por las hembras de los mamíferos a través de las glándulas mamarias, cuya finalidad básica es alimentar a las crías durante un determinado tiempo, dándoles todos los elementos necesarios para un adecuado desarrollo.

Su importancia radica en su alto valor nutritivo, ya que sus componentes están en la forma y proporciones adecuadas de tal manera que la leche representa el alimento más balanceado y propio para las crías. Además esta contiene diferentes sustancias que actúan como parte fundamental en los sistemas inmunológicos y de protección para el recién nacido.

El análisis de las características de la leche humana en comparación con las de otras especies y el del amamantamiento y sus consecuencias, permite afirmar que por lo menos durante los tres primeros meses de vida, el alimento más apropiado y deseable para el niño es la leche materna y no hay ningún alimento natural o preparado que en este tiempo la pueda sustituir. (12,28)

A continuación se muestra una comparación entre la leche humana y la leche de vaca. (61)

TABLA 3

COMPARACION ENTRE LA COMPOSICION DE LA LECHE MATERNA Y LA DE VACA.		
NUTRIMENTO (unidad)	LECHE HUMANA	LECHE VACA
AGUA (ml/100ml)	86.7	87.2
ENERGIA (kcal/100ml)	75.0	66.0
SOLIDOS (g/100ml)	12.9	12.8
PROTEINA (g/100ml)	1.1	3.5
GRASA (g/100ml)	4.5	3.7
LACTOSA (g/100ml)	7.5	4.5
CENIZAS (g/100ml)	0.2	0.7

Aún después de la introducción de otros alimentos en la dieta, generalmente la leche o fórmulas a base de leche continúan proporcionando un gran porcentaje de la ingestión calórica del lactante y son la principal fuente de la mayoría de los nutrimentos indispensables.

SUCEDANEOS, PREPARACIONES Y FORMULAS PARA EL LACTANTE.

En 1981 se definió en un acuerdo internacional a los sucedáneos de la leche materna como:

"Todo alimento comercializado o de otro modo presentado como sustituto parcial o total de la leche materna sea o no adecuado para este fin."

Se define también "preparación del lactante", a todo sucedáneo de la leche materna preparado industrialmente según normas aplicables al Codex Alimentarius, para satisfacer las necesidades nutricionales de los lactantes hasta la edad de 4 a 6 meses y adaptado a sus características fisiológicas. (62)

Las fórmulas infantiles de continuación son las preparaciones destinadas a los lactantes a partir de los 4 a 6 meses y que forman parte de una alimentación diversificada.

Aunque se han hecho diferentes estudios y ha habido progreso, las leches maternizadas no han mostrado grandes ventajas respecto a la leche humana y a la leche de vaca. (63)

En general la leche evaporada y las fórmulas para lactantes preparadas comercialmente, son estandarizadas respecto a la concentración de sus nutrientes en base a la composición de la leche.

Estas fórmulas se clasifican como leches descremadas, leches enriquecidas, fórmulas sin leche y fórmulas especiales. Las dos últimas se administran a lactantes con problemas particulares como son: los que presentan intolerancia a la lactosa las cuales se preparan a partir de caseína, aceites vegetales y sólidos de jarabe de maíz principalmente (64), o a partir de soya en lugar de caseína. Aunque la soya no puede ser considerada óptima del todo, pues su proteína es deficiente en aminoácidos azufrados, tiene mal sabor cuando se usa en altas concentraciones y algunos niños son también intolerantes a ella.

Además se ha visto que algunas fórmulas elaboradas a base de soya no suplementadas con vitaminas y minerales presentan deficiencia de ellos en el lactante, por lo que es recomendable que toda fórmula sea enriquecida.

Las formulaciones a base de soya son satisfactorias para el crecimiento y el aumento de peso en el lactante, pero se ha visto que estas fórmulas dadas a niños recién nacidos de bajo peso no son muy recomendadas por un tiempo prolongado debido a que predisponen a una deficiencia de fósforo produciéndose raquitismo. Además resultan alérgicas para muchos niños. (65,66)

Otra desventaja del uso de la soya en fórmulas para lactantes es que no es una leguminosa muy abundante en nuestro país, debe sufrir un proceso de refinamiento para su uso y todo esto hace que sea cara, y poco disponible.

ANÁLISIS PROXIMAL

GENERALIDADES.

El análisis proximal es la estimación porcentual de un cierto componente del alimento, en una forma general.

Este análisis también conocido como sistema analítico Weende, se desarrolló en Alemania hace más de 100 años y es de gran importancia en nutrición.

Al realizar este análisis se puede saber hacia donde dirigir el estudio del alimento, que utilidad podría tener, predecir el posible aprovechamiento de alguno de los componentes del mismo, etc.

El análisis proximal incluye las determinaciones de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos asimilables por diferencia.

HUMEDAD

Todos los alimentos contienen una cierta cantidad de humedad, ésta se puede definir como el material perdido por un alimento durante el calentamiento de éste a temperaturas no superiores a la de ebullición del agua, o al ponerlo en contacto con un agente deshidratante o por calentamiento al vacío.

De acuerdo a esto se puede concluir que la humedad comprende tanto el agua libre del alimento como los componentes volátiles del mismo.

La humedad se determina generalmente mediante métodos que se basan en la pérdida de peso del alimento por la aplicación de calor.

Algunas ventajas que resultan de la información obtenida al determinar humedad son:

- 1) Permite expresar los resultados en una cierta base (base húmeda o base seca)
- 2) Permite saber la cantidad real de otros nutrientes en el alimento.
- 3) Tiene gran importancia económica.
- 4) La cantidad de humedad se relaciona estrechamente con la estabilidad del producto. (67,68)

CENIZAS

Las cenizas son el residuo inorgánico que queda al incinerar la materia orgánica de una muestra.

La información que éstas proporcionan es la siguiente:

- 1) Grado de refinación en algunos alimentos, como es el caso de las harinas.
- 2) Adulteraciones en el alimento.
- 3) Se puede cuantificar la materia orgánica presente.
- 4) De ellas se parte para realizar la determinación de minerales. Esto es de gran importancia pues los minerales son indispensables para el organismo, además de poder determinar la presencia de algunos que son tóxicos como el plomo, selenio y mercurio. (67,68)

PROTEINA CRUDA

La determinación de proteína cruda incluye no sólo el nitrógeno proveniente de las proteínas de la muestra, sino también el nitrógeno de compuestos nitrogenados no proteicos como son aminoácidos libres, bases nitrogenadas, amidas, aminas, etc.

Esta determinación se realiza generalmente mediante el método de kjeldal, el cual supone que las proteínas tienen un contenido invariable de 16% de nitrógeno. De esto resulta un factor (6.25) que se utiliza para calcular la cantidad de proteína en la muestra a partir de la cantidad de nitrógeno encontrado. Este factor varía en algunos alimentos como es el caso del arroz (5.95), trigo (5.7), etc.

La importancia de la determinación de proteínas es la siguiente:

- 1) Nutricional: Son nutrimentos indispensables para el organismo, pueden ser estructurales y funcionales.
- 2) Contribuyen en las propiedades organolépticas del alimento.
- 3) Influyen en la textura y propiedades reológicas de los alimentos.
- 4) Es un índice de calidad en diferentes alimentos como las harinas. (67,68)

GRASA CRUDA

La determinación de grasa también llamada extracto etéreo, incluye una gran variedad de compuestos orgánicos, entre ellos están los glicéridos, ácidos grasos, vitaminas liposolubles, provitaminas, etc.

La importancia de esta determinación en los alimentos es la siguiente:

- 1) Son fuentes importantes de calorías.
- 2) Permiten almacenar vitaminas liposolubles.
- 3) Forman parte de la membrana celular.
- 4) Son acarreadores de algunas proteínas.
- 5) Influyen en las propiedades organolépticas de los alimentos.
- 6) Permiten saber si ha habido adulteraciones en algunos alimentos como la leche.

(67,68)

FIBRA CRUDA

La fibra cruda es la fracción orgánica de la muestra que resiste un tratamiento alternando ácido sulfúrico y sosa hirvientes, al 1.25%.

El compuesto más abundante de este residuo es el carbohidrato celulosa y en menor cantidad hemicelulosa, lignina y pentosanos.

La celulosa es un homopolisacárido de D-glucosa con uniones B(1-4), helicoidal.

La hemicelulosa es un heteropolisacárido. Esta compuesta por polímeros que contienen D-xilosa, L-arabinosa, D-glucosa, D-manosa unidos por enlaces glucosídicos B(1-4) a ácido D-galacturónico.

La lignina es un polímero tridimensional formado por la unión de compuestos fenólicos, unidos por una cadena alifática de tres carbonos, insoluble en agua.

La fibra beneficia las funciones intestinales, ya que forma una especie de masa en el intestino que absorbe agua y ayuda a los movimientos peristálticos mejorando la eliminación de las heces. (69)

Sin la ingestión de fibra, se pueden tener problemas graves como constipación, estreñimiento, etc.

CARBOHIDRATOS ASIMILABLES

Los carbohidratos asimilables están formados por azúcares reductores, azúcares no reductores, almidón y derivados.

Se obtienen después de realizar la determinación porcentual de los otros componentes de la muestra, es decir se obtienen por diferencia.

Los carbohidratos asimilables, son la fuente energética más importante para el organismo. (67)

PARTE EXPERIMENTAL

PARTE EXPERIMENTAL

MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas utilizadas para este estudio fueron las siguientes:

- Pechuga de pollo. (sin hueso y sin piel)
- Garbanzo. (El Labrador)
- Arroz. (Morelos)
- Harina de maíz nixtamalizada. (Minsa)

Todas ellas fueron adquiridas en una tienda de autoservicio.

METODOLOGIA.

Los análisis realizados fueron los siguientes:

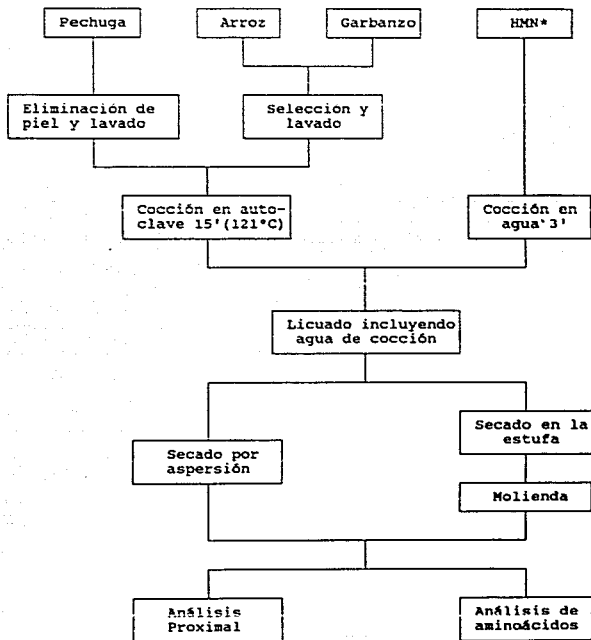
1. Análisis proximal (70) de las materias primas crudas y acondicionadas, tanto las secadas en la estufa como las secadas por aspersión.
2. Análisis de aminoácidos (71,53) de las materias primas acondicionadas, tanto las secadas en la estufa como las secadas por aspersión.
3. Elaboración de mezclas a partir de las materias primas.
4. Análisis proximal (70) de las mezclas.
5. Pruebas biológicas (30,31,72) de las mezclas.

Para el estudio de las materias primas crudas, fué necesario secar previamente aquellas con un contenido de humedad mayor al 15 % en una estufa a 55-60°C. Todas las materias primas se molieron finamente lo cual se hizo en un molino Thomas-Wiley, con malla de 1 mm de diámetro.

En la figura 1 se muestra el acondicionamiento que sufrieron las materias primas. Se puede observar que todas las materias primas a excepción de la harina de maíz nixtamalizada sufrieron una selección, lavado y cocción. La harina de maíz nixtamalizada únicamente se hidrató en agua caliente para gelatinizar el almidón que contiene, ya que en estudios previos (14) se observó que esto facilitaba el proceso de obtención del polvo.

Todas las materias primas después del licuado, se tamizaron (tamiz 60,80) para evitar problemas en el secado.

FIGURA 1
ACONDICIONAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS



HMN: Harina de maíz nixtamalizada.

ANALISIS PROXIMAL

Tanto a las materias primas crudas, como a los polvos obtenidos después del acondicionamiento se les realizó el análisis proximal en base a los métodos del AOAC y el cual consta de las siguientes determinaciones:

- 1) Humedad.
- 2) Cenizas.
- 3) Proteína cruda.
- 4) Grasa cruda.
- 5) Fibra cruda.
- 6) Carbohidratos (por diferencia).

HUMEDAD.

Fundamento:

Esta determinación se basa en la pérdida de humedad de una muestra cuando a esta se aplica calor.

Si esta determinación se realiza a presión reducida, el punto de ebullición del agua se abate y es menor el daño que sufre la muestra por efecto de la temperatura. (70,73)

Material:

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

Procedimiento:

Se pone a peso constante la charola de aluminio introduciéndola en la estufa de vacío aproximadamente de 1 a 2 horas a 60-65°C. Una vez que está la charola a peso constante se pesan en la misma de 2 a 5 g de muestra molida y homogénea. Se mete la charola a la estufa de vacío a una temperatura entre 60-65°C durante 4 horas

aproximadamente. Se saca la charola, se coloca en el desecador y se deja enfriar hasta llegar a la temperatura ambiente, posteriormente se pesa. Se repite el mismo procedimiento hasta que dos pesadas sucesivas no registren una diferencia de más de 0.001 g.

Cálculos:

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

Donde:

P_i = Peso de la charola mas muestra húmeda. (g)

P_f = Peso de la charola mas muestra seca. (g)

m = Peso de la muestra. (g)

CENIZAS.

Fundamento:

Ya que las cenizas son el residuo inorgánicos que queda después de una incineración de la materia orgánica en un alimento, estas se pueden cuantificar por una diferencia de pesos al realizar esta incineración.(70,73)

Material:

- Mufla THERMILYNE, mod. 1500.
- Crisoles de porcelana.
- Mechero Bunsen.
- Balanza analítica.
- Tripié.
- Triángulos de porcelana.
- Desecador.

Procedimiento:

Pesar aproximadamente de 2 a 3 g de muestra en los crisoles puestos previamente a peso constante. Estos se colocan en un tripié con un triángulo de porcelana dentro de una campana y se calientan poco a poco con el mechero hasta lograr la carbonización completa de la muestra; posteriormente se llevan a la mufla la cual debe encontrarse a una temperatura de entre 500-550°C durante el tiempo necesario para obtener cenizas blancas o grises homogéneas. Se dejan enfriar un poco los crisoles, se meten a un desecador, se dejan enfriar hasta llegar a la temperatura ambiente y se pesan.

Cálculos:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{P_i - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

Pf = Peso del crisol más la muestra calcinada. (g)

Po = Peso del crisol vacío a peso constante. (g)

m = Peso de la muestra. (g)

PROTEINA CRUDA:**Fundamento:**

El método Kjeldahl el cual es el más usado en la determinación de proteína, se basa en la oxidación de la materia orgánica mediante una mezcla digestiva, formándose una sal fija de sulfato ácido de amonio. (NH_4HSO_4)

Posteriormente se realiza una destilación en donde se libera amoníaco de esta sal, mediante la adición de hidróxido de sodio al 60%, el cual se fija en ácido bórico formándose borato de amonio, el cual es titulado con una solución valorada de ácido clorhídrico. (HCl)

De esta forma se obtiene la cantidad de nitrógeno en la muestra, el cual se multiplica por un factor que nos da el porcentaje de proteína en la misma. (70,73)

Material y reactivos:

- Digestor TECATOR, mod. ab-20/40.
- Dispositivo de microdestilación LABCONCO.
- Tubos de digestión TECATOR de 75 ml.
- Balanza analítica.
- Mezcla digestiva (a)
- Peróxido de hidrógeno al 30%
- Sulfato de potasio. R.A.
- Solución de hidróxido de sodio al 60%.
- Solución de ácido bórico con indicadores. (b)
- Solución de ácido clorhídrico 0.01 N valorada.

Forma de preparar:

a) Mezcla digestiva: Disolver 3 g de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en 20 ml de agua destilada, agregar 50 ml de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) y una vez que este bien disuelta la sal, adicionar con cuidado y resbalando por las paredes 430 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Se deja agitando la muestra durante 30 minutos aproximadamente.

b) Solución de ácido bórico con indicadores: Se pesan 5 g de ácido bórico y se colocan en un matraz aforado de 1 litro, se adiciona agua destilada hasta disolverlo y se agregan 35 ml del indicador A (100 mg de fenolftaleína aforados a 100 ml con alcohol etílico) y 10 ml del indicador B (33 mg de verde bromocresol más 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 ml con alcohol etílico). Se ajusta el color a un tono café rojizo con ácido o álcali según se requiera y se afora a 1 litro con agua destilada.

Procedimiento:

Pesar de 20 a 80 mg de la muestra (esto dependerá de la cantidad de proteína de la misma) y colocarlos en el tubo de digestión, agregar 0.5 g aproximadamente de sulfato de potasio y 3 ml de mezcla digestiva, poner en el digestor durante 15 minutos a 370°C máximo; después de este tiempo se saca del digestor, se enfría y se agregan 1.5 ml de

peróxido de hidrógeno al 30%. Posteriormente se vuelve a colocar en el digestor que se encuentra a 370°C y se deja ahí hasta que en el tubo no se vean puntos negros y además la mezcla de digestión sea transparente.

Una vez realizada la digestión se deja enfriar el tubo y se procede a efectuar la destilación en el microdestilador, el cual se debe calentar previamente para que inicie el proceso de destilación.

La muestra se vacía en la copa de adición del microdestilador, se enjuaga el tubo de digestión 2 veces con la mínima cantidad posible de agua destilada y este contenido se agrega también a la unidad de destilación. Posteriormente se añaden lentamente y con cuidado 15 ml de hidróxido de sodio al 60% a la copa enjuagando la misma con agua destilada.

El destilado se recibe en un vaso de precipitado que contenga 50 ml de ácido bórico y la destilación se continúa hasta completar un volumen de 100-125 ml.

Una vez completada la destilación, se titula el destilado con ácido clorhídrico 0.01 N, hasta un vire de color verde esmeralda a un color rosa claro.

NOTA: Conviene realizar un blanco sustituyendo la muestra por el equivalente en peso de glucosa o sacarosa y tratándola de la misma forma.

Cálculos:

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

$$\% \text{ de proteína} = \% \text{ de nitrógeno} \times F$$

Donde:

P = ml de HCl 0.01 N usados para titular la muestra.

B = ml de HCl 0.01 N usados para titular el blanco.

N = Normalidad de la solución de HCl.

meq = miliequivalentes de nitrógeno. (0.014)

F = Factor de conversión. (6.25 generalmente)

GRASA CRUDA.

Fundamento:

Esta determinación se basa en la solubilidad de las grasas en éter etílico; éste se calienta y se volatiliza, pero al hacer contacto con una superficie fría se condensa pasando por la muestra y arrastrando las sustancias solubles. Esta operación se repite en forma continua hasta que no queden residuos de lípidos extraíbles. Finalmente el éter se evapora, quedando en el vaso el residuo conocido como grasa cruda. (70,73).

Material y Reactivos:

- * Aparato de extracción Goldfish. LABCONCO.
- * Vasos con borde esmerilado de 100 ml.
- * Cartuchos de celulosa de 22 x 80 mm.
- * Balanza analítica.
- * Desecador.
- * Estufa de vacío LAB-LINE mod. 3620.
- * Portadedal.
- * Eter de petróleo.

Procedimiento:

Se colocan dentro del cartucho de celulosa de 2 a 5 g de muestra molida (es conveniente que la muestra haya sido previamente secada), y se tapa con un pedazo de algodón. Se coloca el cartucho en el portadedal y este a su vez en el seguro metálico del aparato. Posteriormente se colocan aproximadamente 50 ml del éter de petróleo sobre el vaso con borde esmerilado puesto previamente a peso constante, y este con la ayuda de un anillo metálico con rosca se coloca en el aparato de extracción, cuidando que quede bien colocado para evitar fugas del disolvente.

Se sube la parrilla hasta que este en contacto con el vaso, se abre la llave del agua para su circulación en el refrigerante y se procede a un calentamiento moderado que permita la extracción (el tiempo puede ir de 4 a 8 horas dependiendo de la cantidad de grasa en la muestra).

Una vez transcurrido el tiempo de extracción, se bajan las parrillas de calentamiento, se quita el portadedal con el cartucho y se sustituye por el recipiente de recuperación, se calienta el vaso nuevamente para eliminar el éter del mismo. Una vez que el vaso esté libre del disolvente, se coloca en la estufa de vacío a 60-65°C durante 2 horas, se coloca en el desecador, se enfría a temperatura ambiente, se pesa y se repite la operación hasta que el vaso esté a peso constante, es decir hasta que en dos pesadas sucesivas del vaso no haya una diferencia mayor a 0.001 g.

Cálculos:

$$\% \text{ grasa} = \frac{\text{Pf} - \text{Po}}{m} \times 100$$

Donde:

Pf = Peso del vaso con grasa. (g)

Po = Peso del vaso sin grasa. (g)

m = Peso de la muestra. (g)

FIBRA CRUDA.

Fundamento:

La fibra cruda es el residuo orgánico que resiste un tratamiento sucesivo con ácidos y álcalis en caliente, y el cual se somete a una incineración mediante la cual por diferencia de pesos se obtenga el contenido de carbohidratos no degradables es decir la fibra cruda, la cual esta compuesta principalmente por el polisacárido celulosa y en menores cantidades por hemicelulosa y lignina. (70.73)

Material y reactivos:

- Vasos de Berzelius de 600 ml.
- Aparato de digestión LABCONCO.
- Muffa THERMOLYNE, mod. 1500.
- Estufa de vacío LAB-LINE, mod. 3620.
- Crisoles de porcelana.

- Filtro de lino.
- Desecador.
- Balanza analítica.
- Solución de H_2SO_4 al 1.25% (m/v).
- Solución de NaOH al 1.25% (m/v).
- Antiespumante.
- Alcohol etílico.
- Asbesto calcinado.

Procedimiento:

Pesar de 3 a 5 g de muestra desengrasada previamente sobre un vaso de Berzelius que contenga 0.5 g de asbesto limpio y calcinado y unas perlas de vidrio. Agregar 200 ml de H_2SO_4 al 1.25% que esté hirviendo y unas gotas de antiespumante. Colocar inmediatamente en el aparato de digestión, el cual debe estar previamente caliente y digerir por espacio de 30 minutos exactos. Vaciar el contenido sobre un büchner que contenga un filtro de lino y realizar la filtración con ayuda de vacío, lavar el residuo con agua destilada caliente hasta eliminar el ácido (aproximadamente 500 ml).

Una vez lavado el residuo transferirlo nuevamente al vaso, adicionar unas gotas de antiespumante y 200 ml de NaOH al 1.25% que esté hirviendo, mantener en el aparato de digestión por 30 minutos exactamente. Vaciar el contenido a un lienzo de filtración No. 40 o a un filtro de lino de 45 mallas/pulgada, filtrar lavando el residuo con agua destilada caliente (aproximadamente 500 ml), hasta eliminar el álcali. Una vez realizado esto lavar el residuo con 25 ml de alcohol etílico.

Posteriormente pasar el residuo a un crisol previamente puesto a peso constante, colocar en la estufa de vacío entre 4 y 8 horas, sacarlo, enfriarlo en el desecador y pesarlo. Luego carbonizarlo, introducirlo en la mufla para incinerarlo, volver a enfriar y pesar el crisol. Realizar esta operación hasta que el crisol este a peso constante, es decir hasta que entre dos pesadas del mismo no haya una diferencia mayor a 0.001 g.

Cálculos:

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

Donde:

P_s = Peso del crisol con el residuo seco. (g)

P_c = Peso del crisol con el residuo calcinado. (g)

m = Peso de la muestra. (g)

NOTA: Es conveniente trabajar con las muestras desengrasadas para evitar interferencias para ello se pueden utilizar las que quedan en la determinación de grasa cruda.

CARBOHIDRATOS ASIMILABLES POR DIFERENCIA:

Se refiere a los carbohidratos asimilables y digeribles para el hombre como son los azúcares y los almidones y derivados.

Es un dato que se obtiene en forma teórica por diferencia, es decir, restando al 100% el resultado de la suma de los porcentajes de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y fibra cruda contenidos en la muestra. El resultado de esta diferencia será el porcentaje de carbohidratos asimilables en la muestra.

AMINOACIDOS

DETERMINACION DE AMINOACIDOS.

Fundamento:

Se basa en la realización de una hidrólisis ácida para romper los enlaces peptídicos de la proteína y liberar los aminoácidos que las componen. La separación de estos al pasarlos por una resina de intercambio iónico (cromatografía de intercambio iónico) y la reacción de cada uno de ellos con ninhidrina para formar un complejo colorido que permita cuantificar colorimétricamente la cantidad de cada aminoácido en la muestra. (33,71)

Material y reactivos:

- Autoanalizador de aminoácidos TECHNICON, mod. NC-2P.
- Digestor TECATOR, mod. ab 20/40.
- Potenciómetro CORNING, mod. 10.
- Rotavapor BUCHI, mod. R.
- Vortex LAB-LINE INSTRUMENTS, mod. Super-mixer No. 1290.
- Adaptador para filtración en jeringa Millipore XX30012-00.
- Membrana Millipore tipo HATF-02500. (poro 0.45 M)
- Micro-jeringa HAMILTON, mod. 1001-LTN.
- Tubos de cultivo de pared gruesa con tapón de rosca y cubierta de teflón PYREX

No. 9826.

- Acido clorhídrico 6 N.
- Metil-celosolve al 50 %.
- Amortiguador de acetato de sodio 0.4 N. (a)
- Sulfato de hidracina. (b)
- Ninhidrina. (c)
- Solución lavadora. (d)
- Amortiguador de dilucion. (e)
- Amortiguadores de acetatos para regeneración y elución. (f)

- Hidróxido de sodio 0.1 N.

Forma de preparar:

a) Amortiguador de acetato de sodio 0.4 N: Colocar aproximadamente 3 litros de agua destilada en un dispositivo de agitación, adicionar lentamente 1,312 g de acetato de sodio anhidro para prevenir cristalización, si se requiere se puede calentar para la completa solubilización de la sal. Una vez fría la solución se le añaden lentamente 400 ml de ácido acético glacial y se deja enfriar. Por último se lleva a un aforo de 4 litros.

NOTA: El pH de este amortiguador debe ser de 5.51 ± 0.02 ; si se requiere ajustar se debe usar álcali o ácido concentrado.

b) Sulfato de hidracina: Se disuelven en agua destilada y desionizada 1.049 g de sulfato de hidracina, a continuación se adicionan 0.4 ml de ácido sulfúrico concentrado (R.A.) y 30 ml de solución BRIJ-35 al 20%, se lleva esta solución a un volumen de 4 litros; para su conservación se requiere adicionar 0.8 ml de ácido caprílico.

c) Ninhidrina: Disolver 40 g de ninhidrina en 2 litros de metil-celolve, a continuación adicionar lentamente 1 litro del amortiguador de acetato de sodio 0.4 N. Por último se lleva a un volumen de 4 litros.

d) Solución Lavadora: Agua etanol (3:1 v/v) con hidroquinona al 0.01% como agente antioxidante.

e) Amortiguador de dilución: Se prepara una solución de ácido clorhídrico 0.2 N (A) y una solución de cloruro de sodio 0.2M (11.69 g/l) (B). Se toma 50 ml de (A) y 33.3 ml de (B), se lleva a 200 ml con agua destilada y adicionando hidroquinona al 0.01%. El pH de este amortiguador debe ser de 1.50 ± 0.05 .

f) Amortiguadores para la corrida del hidrolizado ácido de una proteína y la preparación de NaOH 0.2 N. Ver tabla 1.

Para preparar las soluciones amortiguadoras se coloca en un recipiente con agitación la mitad del volumen de agua y se disuelven todos los componentes sólidos, después se adicionan los reactivos líquidos y una vez disueltos se agrega agua hasta un volumen aproximado de 900 ml. Se ajusta el pH del amortiguador al pH deseado utilizando un potenciómetro de escala expandida. Una vez ajustado el pH, se afora en un

matraz volumétrico de 1 litro y se agregan unas gotas de ácido caprílico para romper la espuma. Finalmente se agrega la cantidad especificada de ácido caprílico y se vacía el amortiguador a su recipiente.

A continuación se muestra la forma de preparar dichos amortiguadores:

TABLA 1

CANTIDADES UTILIZADAS PARA PREPARAR SOLUCIONES AMORTIGUADORAS				
REACTIVO	BUFFER 1	BUFFER 2	BUFFER 3	NaOH 0.2N
Acetato sodio	4.1 g	5.0 g	87.0	----
Ac. acético glacial	20.0 ml	15.0 ml	20.0 ml	----
Sol. acetato de zinc	----	0.6 ml	2.0 ml	----
Etanol absoluto	78.0 ml	78.0 ml	----	----
Alcohol bencílico	----	----	11.0 ml	----
Hidroquinona	0.11 g	0.11 g	----	----
Sol. BRIJ-35 al 20 %	8.0 ml	8.0 ml	8.0 ml	----
EDTA Sal disódica	0.1 g	----	----	1.0 g
NaOH lentejas	----	----	----	8.0 g
Ac. caprílico	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml
Agua desionizada. <1ppm Na	1.01	1.01	1.01	1.01
pH	3.90±0.02	4.10±0.02	5.30±0.02	----

Procedimiento:

Se pesa dentro del tubo de hidrólisis la cantidad de muestra finamente molida y desengrasada cuando el contenido de grasa sea mayor a 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 para lo anterior se puede ayudar con un agitador mecánico. (Vortex)

$$A = \frac{0.05 \times 100}{\% P}$$

$$B = \frac{4 \times 100}{\% P}$$

Donde:

A = Cantidad de muestra. (g)

B = ml de ácido HCl 6 N.

%P = Porcentaje de proteína en la muestra.

Una vez pesada la muestra se le insufla nitrógeno durante 30 segundos aproximadamente, se cierra perfectamente con el tapón de rosca para evitar fugas. El material se somete a la hidrólisis a una temperatura de $145^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 4 horas contadas a partir del momento en que el tubo se coloca en el digestor.

Una vez transcurrido este tiempo, se enfría un poco el tubo y se trasvasa cuantitativamente a un matraz de bola de 100 ml, dándole algunas lavadas al tubo con agua caliente y solución lavadora. Se lleva dos veces a sequedad en el rotavapor para eliminar el exceso de ácido clorhídrico, a continuación se vuelve a lavar y se concentra el hidrolizado a un volumen menor de 25 ml.

El hidrolizado concentrado se filtra con ayuda de vacío a través de papel filtro doble (Whatman No.52), se lava con solución lavadora (5 ml aproximadamente) y se enjuaga el matraz de bola volviendo a filtrar el lavado. Al hidrolizado se le ajusta el pH a 6.8 ± 0.2 , se filtra y se afora a 25 ml con agua desionizada, si no se utilizara inmediatamente se debe poner en un recipiente, etiquetar y congelar hasta su uso.

Para inyectar el hidrolizado en el autoanalizador, se diluye con el amortiguador de dilución (1:1), se filtra a través del dispositivo Millipore, descartando las primeras cinco gotas del filtrado y finalmente se inyecta en el autoanalizador en una cantidad de 100 a 200 μ l.

A continuación se muestran las condiciones físicas y el programa utilizado en el presente análisis de aminoácidos:

Condiciones físicas:

Tamaño de la columna	470 x 4 mm
Altura de empacada de la columna	420 mm \pm 5
Temperatura de la columna.	60°C \pm 0.1
Velocidad de flujo de amortiguadores	0.6 ml/min
Velocidad de flujo de ninhidrina	0.8 ml/min
Velocidad de flujo de sulfato de hidracina	0.6 ml/min
Velocidad de flujo de nitrógeno.	0.32 ml/min
Velocidad de flujo sobre el colorímetro.	0.6 ml/min
Temperatura del baño de reacción	89°C \pm 0.5
Sensibilidad del registrador	2.5 U
Velocidad de la carta.	3.0 mm/min

Programa:

PASO	TIEMPO (minutos)	CARACTERIZACION
1	2	Amortiguador # 1, metil-celosolve.
2	6	Amortiguador # 2, metil-celosolve.
3	70	Amortiguador # 2, ninhidrina, registrador.
4	80	Amortiguador # 3, ninhidrina, registrador.
5	8	NaOH 0.2 N, ninhidrina, registrador.
6	2	NaOH 0.2 N, metil-celosolve, registrador.
7	6	Amortiguador # 1, metilcelosolve, registrador.
8	2	Amortiguador # 1, metil-celosolve. Apagar registrador.
9	16	NaOH 0.2 N, metil-celosolve.
10	30	Amortiguador # 1, metil-celosolve.

NOTA: EN TODOS LOS PASOS HAY FLUJO DE SULFATO DE HIDRACINA.

Cálculos:

Previamente hay que correr una solución estándar de aminoácidos que contenga $0.025 \mu\text{m}$ de cada uno, para de cada aminograma poder obtener el área de cada uno de los aminoácidos.

Además tanto en el estándar como en cada corrida del hidrolizado se debe inyectar una cantidad constante del aminoácido sintético norleucina (estándar interno), para poder hacer los cálculos en base a los llamados equivalentes de norleucina de cada uno de los aminoácidos.

$$\text{EN aa} = \frac{\text{AN std}}{\text{AA std}}$$

Donde:

ENaa = Equivalente de norleucina del aminoácido correspondiente.

ANstd = Area de norleucina del estándar.

AAstd = Area del aminoácido correspondiente en el estándar.

Del aminograma del hidrolizado de la muestra, calculamos el área bajo la curva de cada uno de los aminoácidos, así como el área de norleucina en el correspondiente aminograma; para lo anterior es conveniente trabajar con la mitad superior de cada uno de los picos, para no tener problemas con la línea base que a veces es muy irregular. A continuación se muestran los cálculos que se deben desarrollar para cada uno de los aminoácidos, en donde se expresa su contenido en mg del aminoácido por gramo de nitrógeno de la muestra.

$$A_{aa} = B_{aa} \times h_{aa}$$

$$\text{mg aa/gN} = \frac{A_{aa} \times EN_{aa} \times \mu_{mstd} \times PM_{aa} \times A}{AN_{m} \times a \times MGN_{m}}$$

Donde:

A_{aa} = Area del aminoácido en el aminograma de la muestra.

B_{aa} = Base a la mitad del pico.

h_{aa} = Altura del pico desde la línea base.

EN_{aa} = Equivalente de norleucina del aminoácido correspondiente.

μ_{maa} = μmoles del aminoácido en el estándar.

PM_{aa} = Peso molecular del aminoácido.

A = Aforo al que se llevó el hidrolizado (ml)

AN_m = Area de norleucina en el aminograma de la muestra.

a = Alícuota inyectada (ml)

MGN_m = Miligramos de nitrógeno de la muestra hidrolizada.

DETERMINACION DE TRIPTOFANO:

Fundamento:

Debido a que la hidrólisis ácida usada generalmente para la determinación de aminoácidos en una proteína, destruye completamente al triptofano; se realiza una hidrólisis alcalina de la proteína que no daña tanto al triptofano y una vez que este es liberado se hace reaccionar con el reactivo de Erlich (p-dimetil-aminobenzaldehído en medio ácido) que produce un compuesto colorido, cuya intensidad es proporcional al contenido del aminoácido en la proteína. (71)

Material y reactivos:

* Tubos de cultivo PYREX de pared gruesa con tapón de rosca cubierta de teflón No. 9826.

- * Digestor TECATOR mod. ab 20/40.
- * Espectrofotómetro SEQUOIA-TURNER mod. 340.
- * Potenciómetro CORNING, mod. 10.
- * Hidróxido de litio 4N.
- * Solución lavadora agua-etanol (3:1)
- * Acido orto-fosfórico concentrado.
- * Solución estándar de triptofano. (50 g/ml)
- * Acido clorhídrico concentrado.
- * Solución de p-dimetil-aminobenzaldehído al 0.5% en HCl conc.
- * Nitrito de sodio al 0.2%

Procedimiento:

En un tubo de cultivo de pared gruesa se coloca la cantidad de muestra que irá de acuerdo al contenido de proteína.

$$\text{mg de muestra} = \frac{10000}{\% \text{ proteína}}$$

A continuación se le adiciona con mucho cuidado la cantidad de álcali necesaria, cuidando de no salpicar la muestra en la pared del tubo, y agitando vigorosamente para evitar que alguna parte de la muestra no se humedezca.

$$\text{ml de álcali} = \frac{400}{\% \text{ proteína}}$$

Una vez que se agregó el álcali a la muestra, se le insufla nitrógeno durante 30 segundos aproximadamente, se cierra bien el tubo y se coloca en el digestor que debe estar a 145°C. El tiempo de hidrólisis va de 4 a 8 horas, dependiendo del contenido de proteína en la muestra.

CONTENIDO DE PROTEINA	TIEMPO DE HIDROLISIS
<35%	8 horas
35-64%	6 horas
>64%	4 horas

Transcurrido el tiempo de hidrólisis se deja enfriar el tubo, ya frío se trasvasa el contenido del tubo a un vaso de precipitado, enjuagando el tubo con solución lavadora (20 ml aproximadamente). Se neutraliza el hidrolizado con ácido ortofosfórico y se filtra sobre el papel de filtración rápida en un buchner con ayuda de vacío, lavando el residuo con solución lavadora caliente. Al hidrolizado ya filtrado se le mide el pH que debe ser 7.0 y se afora a 50 ml.

Se toman 3 alícuotas de 2 ml cada una del hidrolizado (uno de los tubos será el blanco), se adiciona a uno de los tubos 7.5 ml de ácido clorhídrico concentrado, mientras que a los otros dos se les adiciona 7.5 ml de DMAB (p-dimetil-aminobenzaldehído en medio ácido), se agitan y se dejan en reposo en obscuridad durante 15 minutos.

Una vez transcurrido este tiempo, se les adiciona 0.5 ml de nitrito de sodio, se agita nuevamente se deja en la obscuridad por 15 minutos más para que desarrollen la coloración y finalmente se leen en el espectrofotómetro a 590 nm, usando el tubo del

blanco para ajustar a cero el aparato.

Se corre al mismo tiempo una curva estándar de triptofano de 0 a 100 μg , tomando alícuotas de 0.0, 0.4, 0.8, 1.0, 1.6 y 2.0 ml de la solución estándar de triptofano y llevando cada tubo a 2.0 ml con agua destilada.

Cálculos:

El contenido de triptofano se reportará como g de triptofano en 100 g de muestra.

$$\text{g de triptofano/100 g de muestra} = \frac{t \times A \times 10}{a \times m \times \%P}$$

Donde:

t = g de triptofano obtenidos por interpolación.

A = aforo.

a = alícuota.

m = cantidad de muestra en mg.

%P = porcentaje de proteína en la muestra.

CALIFICACION QUIMICA.

Fundamento:

Es un método químico de evaluación biológica de una proteína que se basa en señalar la cantidad del aminoácido indispensable que esta en mayor deficiencia en la proteína en estudio, al compararla con el nivel presente de una proteína de referencia. 14

Cálculos:

$$\text{Calificación química} = \frac{A_x E_e}{A_e E_x} \times 100$$

Donde:

A_x = g de aminoácido en la proteína problema.

A_e = g de aminoácido del patrón de referencia.

E_x = Total (g) de aminoácidos indispensables en el problema.

E_a = Total (g) de aminoácidos indispensables en el patrón de referencia.

En este caso el patrón de referencia usado fue el de la FAO₁₉₇₃ (74) que se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2

PATRON DE REFERENCIA DE LA FAO (1973)	
AMINOACIDOS INDISPENSABLES	g A.A./100 g PROTEINA
ISOLEUCINA	4.0
LEUCINA	7.0
LISINA	5.5
TOTAL DE AZUFRADOS	3.5
TOTAL DE AROMATICOS	6.0
TREONINA	4.0
TRIPTOFANO	1.0
VALINA	5.0

ELABORACION DE MEZCLAS

Las mezclas elaboradas en este estudio se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 3

MEZCLAS ELABORADAS A PARTIR DE LAS MATERIAS PRIMAS		
MEZCLA	% PROTEINA	% PESO ¹
1.PECHUGA-HMN ²	50:50	30.63-69.37
2.PECHUGA-HMN	35:65	19.29-80.71
3.PECHUGA-ARROZ	50:50	28.13-71.87
4.PECHUGA-ARROZ	35:65	17.48-82.52
5.PECHUGA-GARBANZO	50:50	48.70-51.30
6.PECHUGA-GARBANZO	25:75	26.96-73.04
7.GARBANZO-HMN	50:50	29.06-70.94
8.GARBANZO-ARROZ	50:50	26.83-73.17
9.PECHUGA	100	100
10.GARBANZO	100	100

1. En base húmeda.
2. Harina de maíz nixtamalizada.

Para elaborar estas mezclas, se tomaron como base los resultados del análisis proximal hecho a las materias primas acondicionadas, y se hicieron los cálculos teóricos en forma tal que la composición de la formulación final fuera similar en cuanto a grasas y carbohidratos a las fórmulas lácteas comerciales y/o fórmulas para niños con intolerancia a la lactosa.

Una vez que se hicieron los cálculos teóricos, se procedió a realizar las formulaciones según se muestra en los siguientes diagramas, añadiendo además de las materias primas, glucosa y aceite si se requería y en todos los casos 2 aditivos:

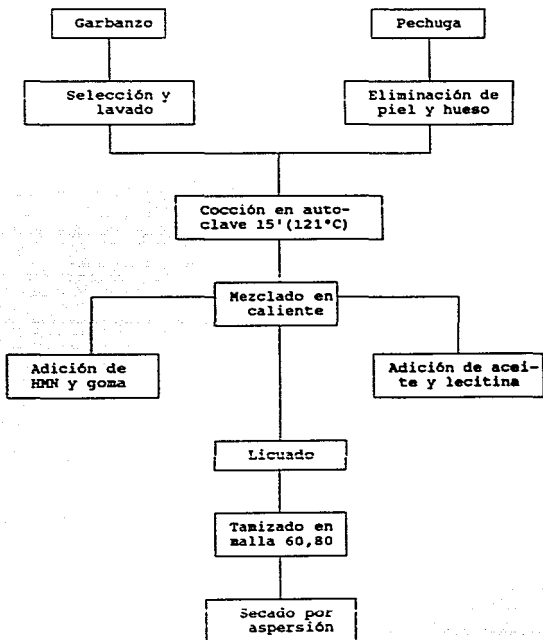
- Lecitina: como emulsificante
- Goma Guar: como estabilizante.

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. (14)

La forma de elaborar las mezclas se muestra en los siguientes diagramas:

FIGURA 2

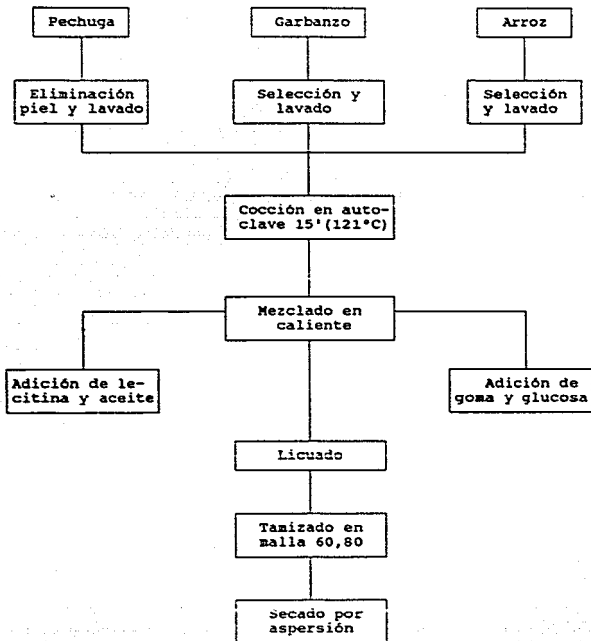
ELABORACION DE MEZCLAS PECHUGA-HMN* Y GARBANZO-HMN



*HMN = Harina de maíz nixtamalizada

FIGURA 3

ELABORACION DE MEZCLAS PECHUGA-ARROZ, PECHUGA-GARBANZO Y
GARBANZO-ARROZ



La cantidad final utilizada para cada mezcla se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 4

CANTIDAD (g) UTILIZADA PARA ELABORAR LAS MEZCLAS					
NO. DE MEZCLA INGREDIENTE	1	2	3	4	5
PECHUGA	402.20	227.05	382.13	215.70	921.00
HMN	910.9	950.07	----	----	----
GARBANZO	----	----	----	----	874.40
ARROZ	----	----	976.41	1018.21	----
GLUCOSA	----	----	----	----	400.00
LECITINA	19.70	17.66	20.38	18.51	32.93
ACEITE	202.7	204.94	224.02	226.39	278.77
GOMA	0.921	0.840	0.961	0.890	1.504

1. Pechuga-harina de maíz nixtamalizada (HMN) 50:50
2. Pechuga-HMN 35:65
3. Pechuga-arroz 50:50
4. Pechuga-arroz 35:65
5. Pechuga-garbanzo 50:50

TABLA 4 (Continuación)

CANTIDAD (g) UTILIZADA PARA ELABORAR LAS MEZCLAS					
NO. DE MEZCLA INGREDIENTE	6	7	8	9	10
PECHUGA	363.70	----	----	1011.94	----
HMN	----	743.59	----	----	----
GARBANZO	985.40	304.62	292.48	----	3500.0
ARROZ	----	----	797.54	----	----
GLUCOSA	400.00	----	----	----	----
LECITINA	26.24	15.70	16.35	15.18	52.50
ACEITE	286.26	197.3	221.85	----	----
GOMA	1.237	0.757	0.797	0.608	2.100

- 6. Pechuga-garbanzo 25:75
- 7. Garbanzo-HMN 50:50
- 8. Garbanzo-arroz 50:50
- 9. Pechuga
- 10. Garbanzo

A los polvos obtenidos del secado por aspersión de las mezclas, se les realizaron los siguientes análisis: el análisis proximal en base a los métodos del AOAC, y las pruebas biológicas para evaluar la calidad de las proteínas.

PRUEBAS BIOLÓGICAS

El grado de crecimiento de un animal bajo condiciones bien definidas, provee cambios relativamente simples para evaluar la calidad nutricional de una proteína. (30)

RELACION DE EFICIENCIA PROTEINICA. (PER)

Fundamento:

El incremento en peso de ratas destetadas alimentadas con una dieta proteica bajo condiciones estandarizadas, nos da un valor confiable del valor nutricional de la proteína en un alimento o fórmula.

Se deben definir diferentes factores como edad, sexo, período de ensayo, nivel de proteína, entre otros; ya que estos afectan la determinación del PER.

En esta prueba se relaciona la ganancia en peso del animal en prueba con la proteína consumida, asumiendo que el incremento en peso es exclusivo del nitrógeno corporal.

RELACION NETA DE PROTEINAS. (NPR)

Fundamento

En esta determinación donde hay un control negativo es decir con pérdida de peso el cual se suma al incremento o decremento de la dieta de prueba, se asume que la proteína requerida para prevenir la pérdida de peso de las ratas alimentadas con la dieta libre de nitrógeno, es equivalente a las necesidades proteicas para su mantenimiento. Con esta prueba se pueden evaluar fuentes de proteína de mala calidad.

Material y reactivos: (para ambas pruebas)

- Ratas recién destetadas, raza Fisher-cepa 344.
- Jaulas de metal con su respectivo comedero y bebedero.
- Balanza granataria para animales de laboratorio O'HAN, mod. 700
- Tamiz metálico.

- Mezcladora HOBART, mod. N-50.
- Papel manila.
- Caseína INC Pharmaceuticals.
- Dextrina comercial.
- Aceite de maíz comercial.
- Manteca vegetal comercial.
- Mezcla de sales INC Pharmaceuticals.
- Mezcla de vitaminas INC Pharmaceuticals.
- Celulosa en polvo USP Tecklad Co.

Procedimiento:

a) Características del estudio: Estas pruebas se realizaron con ratas de la cepa Fisher 344, recién destetadas (21-22 días de edad), 50% machos y 50% hembras, utilizando 6 ratas por lote en jaulas individuales. La temperatura del estudio fue la del bioterio (22°C) y se tuvo luz ciclada (12 horas luz y 12 horas oscuridad) según lo establecido para estas pruebas.

b) Preparación de las dietas: Las dietas deben ser isoproteicas e isocalóricas con respecto a la dieta de referencia, en el estudio se utilizaron dietas al 8% de proteína y 422 kcal, conteniendo la grasa, fibra, minerales y vitaminas necesarias de acuerdo a las especificaciones del método de tal manera que la única variable fuera la calidad proteínica.

La fórmula base o referencia utilizada para la elaboración de las dietas se muestra en la siguiente tabla:

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 5

FORMULA BASE UTILIZADA PARA LA ELABORACION DE LAS DIETAS.	
INGREDIENTE	CANTIDAD EN %
PROTEINA	8.0
GLUCOSA	20.1
SACAROSA	19.0
DEXTRINA	25.0
ACEITE VEGETAL	6.0
MANTECA VEGETAL	8.0
MEZCLA MINERALES	4.0
MEZCLA VITAMINAS	2.0
CELULOSA	5.9

NOTA: El contenido calórico de esta dieta de referencia es de 422.4 kcal.

En la tabla 6 se muestra la composición final de cada dieta elaborada así como las kcal/100 g de mezcla.

TABLA 6

FORMULACION EN PORCIENTO Y KCAL DE LAS DIETAS ELABORADAS PARA EL ANALISIS DEL PER, NPR Y DIGESTIBILIDAD							
DIETA	1	2	3	4	5	6	7
FUENTE DE PROTEINA*	61.87	85.84	87.24	88.5	42.53	45.85	88.79
DEXTRINA	11.52	2.05	2.21	---	17.57	15.99	2.48
GLUCOSA	8.09	---	---	---	12.36	11.24	---
SACAROSA	8.60	---	---	---	13.13	11.95	---
MANTECA	0.62	---	---	---	2.99	3.52	---
ACEITE	0.46	---	---	---	2.24	2.65	---
MINERALES	2.83	2.39	3.17	3.13	2.92	3.13	2.62
VITAMINAS	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
CELULOSA	4.02	7.72	5.38	6.37	4.11	1.66	4.11
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
KCAL	422.4	422.5	422.5	431.0	422.4	422.4	422.3

* Fuente de proteína:

1. Pechuga-harina de maíz nixtamalizada (HMN) 50:50
2. Pechuga-HMN 35:65
3. Pechuga-arroz 50:50
4. Pechuga-arroz 35:65
5. Pechuga-garbanzo 50:50
6. Pechuga-garbanzo 25:75
7. Garbanzo-HMN 50:50

TABLA 6 (Continuación)

FORMULACION EN PORCIENTO Y KCAL DE LAS DIETAS ELABORADAS PARA EL ANALISIS DEL PER, NPR Y DIGESTIBILIDAD							
DIETA	8	9	10	11	12	13	14
FUENTE DE PROTEINA*	91.57	10.36	52.10	88.3	88.2	58.39	9.09
DEXTRINA	---	26.59	14.75	---	---	12.33	27.00
GLUCOSA	---	18.70	10.01	---	---	8.67	19.00
SACAROSA	---	19.88	11.02	---	---	9.21	20.10
MANTECA	1.00	7.64	6.30	5.48	5.26	---	8.00
ACEITE	1.11	5.74	4.73	4.60	3.96	---	6.00
MINERALES	2.66	3.54	0.39	0.62	1.58	2.02	2.00
VITAMINAS	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
CELULOSA	1.66	5.55	0.00	---	---	7.38	4.81
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
KCAL	422.4	422.5	421.0	417.8	400.1	422.4	422.4

* Fuente de proteína:

8. Garbanzo-arroz 50:50

9. Fechuga

10. Garbanzo

11. Harina de maíz nixtamalizada (HMN)

12. Arroz

13. ISOMIL

14. Caseína

Para la elaboración de las dietas se homogeneiza la fuente de proteína junto con todos los ingredientes sólidos a excepción de las vitaminas, a continuación se adicionan el aceite y la manteca la cual fue previamente fundida e incorporada junto con el aceite y finalmente se añaden las vitaminas.

Se trabajó con una dieta control la cual fue de caseína y una dieta libre de nitrógeno para la prueba de NPR.

Además de las mezclas elaboradas a partir de las materias primas acondicionadas, se evaluó la calidad proteínica de:

- ISOMIL: fórmula comercial a base de soya, adicionada con metionina.
- Arroz crudo.
- Harina de maíz nixtamalizada.
- Pechuga y garbanzo tratados igual que las mezclas. (cocción y secado por aspersión)

c) Distribución de los animales: Al inicio del experimento las ratas se pesan en forma individual, este dato corresponde al peso inicial del experimento (Pi). Para una adecuada distribución de los animales por lote, se procede a repartirlos de acuerdo a la distribución culebra japonesa.

Debido a que estos animales tienden a tirar alimento, se coloca debajo de cada jaula una charola de papel manila para poder recuperar este material así como las heces.

d) Desarrollo de la prueba: Una vez que están listos los diferentes lotes, se le coloca a cada animal su respectivo alimento (el cual se debe pesar previamente), y agua *ad libitum* y a partir del primer día se mantienen estas condiciones. Se pesan a los animales 2 veces por semana así como al alimento, recuperando también el alimento desperdiciado y tamizándolo para separarlo de las heces del animal y pesarlo.

En el caso del NPR, el estudio se mantiene por un lapso de 10 días, para el PER el estudio se mantiene durante 4 semanas. Al final de cada lapso, se pesan tanto el alimento como el animal, este dato corresponde al peso final (Pf).

Cálculos:

$$\text{PER} = \frac{\text{Incremento de peso (g)}}{\text{Proteína ingerida (g)}} = \frac{\text{P}}{\text{Al} \times \text{F}}$$

Donde:

P = Incremento corporal (Pf - Pi)

Al = Alimento total ingerido.

F = Nivel de proteína de la dieta en estudio.

Para que los valores obtenidos sean comparativos, es necesario expresarlos como PER ajustado, es decir tomar como referencia el valor de 2.5 para la dieta de caseína.

$$\text{PER Ajustado} = \text{PER prueba} \times \frac{\text{PER caseína estándar (2.5)}}{\text{PER caseína experimental}}$$

$$\text{NPR} = \frac{\text{P del grupo de prueba} + \text{P' de grupo negativo}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

Donde:

P = Incremento en peso (g)

P' = Pérdida de peso (g)

También se recomienda usar un NPR ajustado para lo cual se da a la dieta de caseína un valor promedio de NPR de 4.16

$$\text{NPR ajustado} = \text{NPR prueba} \times \frac{\text{NPR caseína estándar (4.16)}}{\text{NPR caseína experimental}}$$

DIGESTIBILIDAD.

La digestibilidad se determinó en base a la técnica de H.H. Michel, con pequeñas modificaciones.

Fundamento:

Ya que la digestibilidad es un índice que nos indica que tan digerible es la proteína en el alimento, es decir, de la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de la proteína para ser absorbidos por el organismo (nitrógeno absorbido); ésta se determina al relacionar la cantidad de nitrógeno ingerido con la cantidad de nitrógeno excretado en las heces de ratas alimentadas con una cierta dieta en estudio.

Material y reactivos:

Los mismos utilizados para las pruebas de PER y NPR.

Procedimiento:

Entre los días 14 a 21 de la determinación de PER, se recolectan las heces de cada una de las ratas. Estas se limpian, se deshidratan a temperatura ambiente durante 8 días, se trituran en un mortero lo más finamente posible y se les determina el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl.

Cálculos:

$$\% \text{ digestibilidad aparente} = \frac{Ni - Nf}{Ni} \times 100$$

Donde:

Ni = Nitrógeno ingerido.

Nf = Nitrógeno fecal.

Después de la elaboración de las fórmulas, se eligieron las de mejor calidad en base a los resultados obtenidos en las pruebas biológicas y a los resultados de estudios previos. (14)

A las fórmulas elegidas se les harán otras pruebas (físicas, sensoriales, microbiológicas, etc) que no se incluyen en este trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSION

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis proximal en base húmeda de las materias primas crudas se muestran en la tabla 1 donde se observa que la pechuga contiene una gran cantidad de humedad, mientras que los cereales y el garbanzo presentan bajo contenido de este componente.

El garbanzo y la pechuga presentan contenidos de proteína muy similares (alrededor del 20%), los cereales presentan menores cantidades de este componente.

En cuanto a los carbohidratos, se puede observar que los cereales son una buena fuente de los mismos, el garbanzo presentó un contenido menor pero también se puede considerar una buena fuente de carbohidratos. La pechuga presenta valores insignificantes de este componente, esto podría considerarse como error experimental mínimo.

Todas las materias primas presentan bajos contenidos de grasa, aunque la más rica en este componente fue el garbanzo.

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis proximal de las materias primas crudas en base seca en donde se puede observar que la pechuga se convierte en un concentrado proteico importante. Las demás materias primas no modifican su composición de manera significativa ya que su contenido de humedad es bajo comparándolo con el de la pechuga.

En general todas las materias primas presentaron valores similares a los reportados en la literatura.

En la tabla 3 y 4 se presentan los resultados del análisis proximal de las materias primas acondicionadas y secadas en la estufa, donde se observa una vez más que los cereales son una buena fuente de carbohidratos pero son pobres en proteínas, la pechuga resulta una muy buena fuente de proteínas pero es muy pobre en carbohidratos, los contenidos de grasa son bajos en todas las materias primas, así como los de fibra. La humedad de las muestras es muy baja ya que sufrieron un proceso de secado en la estufa, la que presenta mayor humedad es el arroz esto se puede deber a que este cereal al cocerse presenta mayor dificultad para desprender el agua.

TABLA 1

ANÁLISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS CRUDAS. (BASE HUMEDA)						
(g/100 g de muestra)						
MUESTRA	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEINA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA	76.40	0.99	21.10	1.30	----	0.21
GARBANZO	12.40	2.20	20.90	5.10	3.20	56.20
HMN ³	7.10	1.50	8.31	3.42	2.20	77.47
ARROZ	8.82	0.48	8.79 ⁴	0.49	0.60	80.82

1. Factor de conversión N₂ X 6.25
2. Carbohidratos asimilables por diferencia.
3. Harina de maíz nixtamalizada.
4. Factor de conversión N₂ x 5.95

TABLA 2

ANÁLISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS CRUDAS. (BASE SECA)					
(g/100 g muestra)					
MUESTRA	CENIZAS	PROTEÍNA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA	4.19	89.41	5.51	---	0.89
GARBANZO	2.51	23.86	5.82	3.65	64.16
HMN ³	1.61	8.95	3.68	2.37	83.39
ARROZ	0.53	9.64 ⁴	0.54	0.66	88.64

1. Factor de conversión N₂ x 6.25
2. Carbohidratos asimilables por diferencia.
3. Harina de maíz nixtamalizada.
4. Factor de conversión N₂ x 5.95

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 3

ANÁLISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS EN ESTUFA)						
(BASE HUMEDA) (g/100 g muestra)						
MUESTRA	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEÍNA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA	1.64	4.20	87.88	4.86	----	1.42
GARBANZO	2.62	2.12	23.33	5.61	3.27	63.05
HMN ³	2.25	1.55	8.57	2.49	1.90	83.24
ARROZ	7.73	0.49	8.52 ⁴	0.33	0.39	82.54

1. Factor de conversión N₂ x 6.25
2. Carbohidratos asimilables por diferencia.
3. Harina de maíz nixtamalizada.
4. Factor de conversión N₂ x 5.95

TABLA 4

ANÁLISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS EN ESTUFA)					
(BASE SECA) (g/100 g muestra)					
MUESTRA	CENIZAS	PROTEÍNA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA	4.27	89.35	4.94	---	1.44
GARBANZO	2.18	23.96	5.76	3.36	64.75
HMN ³	1.59	8.77	2.55	1.94	85.15
ARROZ	0.53	9.23 ⁴	0.36	0.42	89.45

1. Factor de conversión N₂ x 6.25
2. Carbohidratos asimilables por diferencia.
3. Harina de maíz nixtamalizada.
4. Factor de conversión N₂ x 5.95

Debido a que la humedad es baja, no hay cambios significativos al comparar los resultados en base húmeda con los resultados obtenidos en base seca.

En las tablas 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos en el análisis proximal de las materias primas acondicionadas y secadas en el aspersor (base húmeda y base seca respectivamente), observándose resultados similares a los obtenidos para las materias primas secadas en la estufa a excepción del contenido de cenizas que se encontró en todos los casos muy alto (cerca del doble del contenido encontrado en las materias primas secadas en la estufa). Esto puede deberse a que el aspersor contaminó las muestras, es decir, que pudo desprender algunos minerales sobre las muestras en el momento del secado ocasionando que las cenizas aumentaran.

Aunque el secado en este caso se realizó en el aspersor, la humedad de la pechuga y del garbanzo no fueron tan bajas como fueron las del arroz y la harina de maíz nixtamalizada, a pesar de esto, el contenido de humedad es bajo lo que no modifica significativamente los resultados en base seca respecto a los resultados en base húmeda.

En las gráficas 1,2,3 y 4 se comparan los resultados del análisis proximal en base seca de las materias primas crudas y acondicionadas, tanto las secadas en la estufa como las secadas por aspersión, observándose en general que los valores en el caso de las materias primas acondicionadas son un poco más bajos que los obtenidos en el análisis proximal de las materias primas crudas, esto se puede deber al tratamiento térmico que recibieron las materias primas acondicionadas.

Dentro de las acondicionadas se observa que los valores de proteína encontrados en las muestras secadas en el aspersor son ligeramente más bajos a los de las secadas en la estufa, esto puede deberse a que el tratamiento que reciben las primeras es más drástico que el que reciben las segundas. El único valor que baja en forma notoria es el de la proteína de la harina de maíz, lo cual puede deberse al aumento de cenizas o a que se usaron diferentes lotes y la composición puede variar.

TABLA 5

ANÁLISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS POR ASPERSION) (BASE HUMEDA) (g/100 g muestra)						
MUESTRA	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEÍNA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S
PECHUGA	7.47	6.14	81.36	4.36	----	0.67
GARBANZO	6.03	5.11	23.10	3.69	1.21	60.86
HMN ³	3.59	2.57	6.12	2.29	1.24	84.19
ARROZ	2.28	0.95	8.13 ⁴	0.30	0.37	87.97

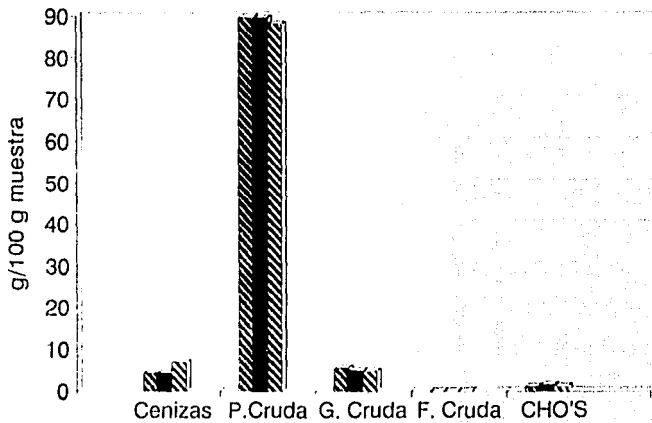
1. Factor de conversión N₂ x 6.25
2. Carbohidratos asimilables por diferencia.
3. Harina de maíz nixtamalizada.
4. Factor de conversión N₂ x 5.95

TABLA 6

ANÁLISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS POR ASPERSIÓN)					
(BASE SECA) (g/100 g muestra)					
MUESTRA	CENIZAS	PROTEÍNA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA	6.64	87.93	4.71	----	0.99
GARBANZO	5.44	24.50	3.93	1.29	64.76
HMN ³	2.67	6.35	2.37	1.29	87.32
ARROZ	0.97	8.32 ⁴	0.31	0.39	90.01

1. Factor de conversión N₂ x 6.25
2. Carbohidratos asimilables por diferencia.
3. Harina de maíz nixtamalizada.
4. Factor de conversión N₂ x 5.95

ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS PECHUGA



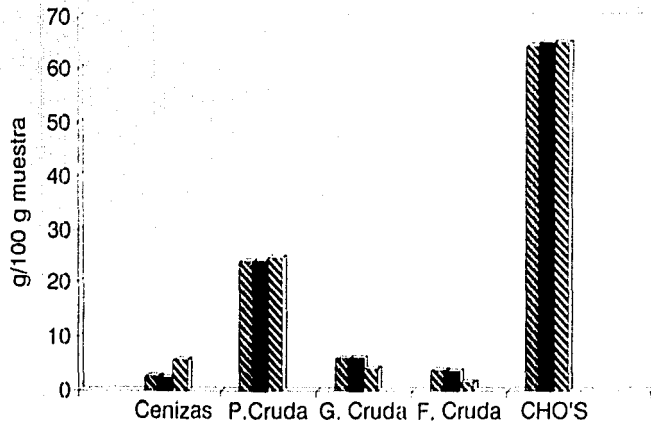
GRAFICA 1

CRUDAS

SECADAS EN ESTUFA

SECADAS POR ASPERS

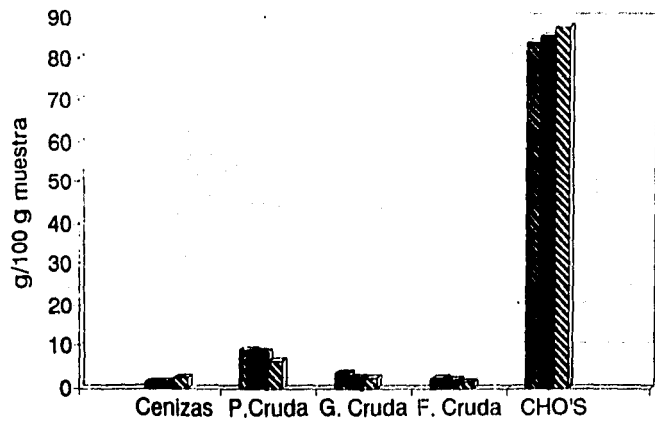
ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS GARBANZO



GRAFICA 2

CRUDAS SECADAS EN ESTUFA SECADAS POR ASPERS

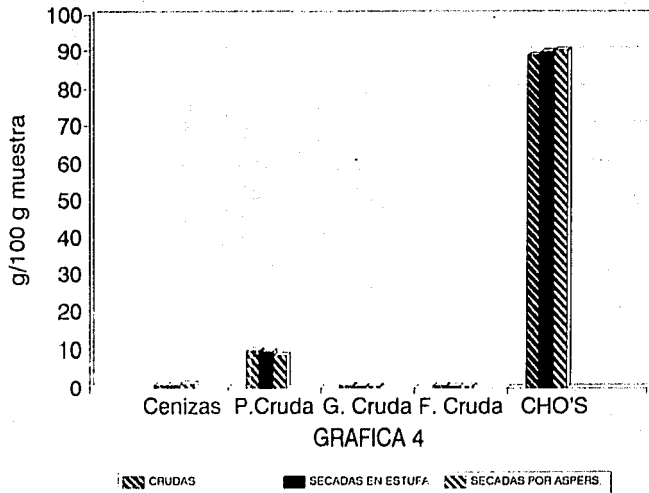
ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA



GRAFICA 3

CRUDAS SECADAS EN ESTUFA SECADAS POR ASPERS

ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS ARROZ



En cuanto a la composición de los aminoácidos indispensables de las materias primas acondicionadas, los resultados obtenidos se muestran en las tablas 7 y 8 observándose que en ambos casos la proteína de la pechuga es la que mejor perfil de aminoácidos muestra y que esta materia prima presenta altas concentraciones de lisina principalmente, así como de treonina y valina; pero es pobre en aminoácidos azufrados.

El garbanzo contiene una buena cantidad de aminoácidos aromáticos y lisina, pero también muestra deficiencia en azufrados.

La proteína de la harina de maíz nixtamalizada presentó valores muy altos de leucina y es rica en aminoácidos aromáticos como se reporta en la literatura, pero es pobre en lisina y triptofano lo cual la hace una proteína de mala calidad.

Finalmente se observa que la proteína del arroz es rica en aminoácidos aromáticos, pero deficiente en lisina; aunque este valor es mayor con respecto al de los otros cereales.

Comparando las tablas 7 y 8 se puede ver que en forma general los valores obtenidos para las materias primas secadas en el aspersor son ligeramente menores a los de las materias primas secadas en la estufa, lo cual puede ser debido al tratamiento térmico que en el primer caso es más drástico que en el segundo, ya que en el secador que se usó para esta prueba no se podían tener controles precisos de temperatura.

En base a los resultados encontrados en el análisis de aminoácidos, se obtuvo la calificación química a partir del patrón de la FAO de 1973. Los resultados se muestran en la tabla 9 donde se puede observar que la pechuga y el garbanzo tienen como aminoácidos limitantes a los azufrados, pero la proteína de la pechuga presenta una mejor calificación química lo cual la hace una proteína de mejor calidad.

La harina de maíz nixtamalizada tiene dos aminoácidos limitantes de gran importancia que son la lisina y el triptofano, la calificación química para el triptofano fue muy baja, repitiéndose lo anterior al realizar en varias ocasiones su determinación analítica, para descartar un error por esta causa.

El arroz tiene como aminoácido limitante la lisina.

TABLA 7

COMPOSICION DE AMINOACIDOS INDISPENSABLES DE LAS MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS EN ESTUFA) (g a.a./16 g N ₂)				
AMINOACIDO	PECHUGA	GARBANZO	HMN ¹	ARROZ
TREONINA	3.238	2.865	3.956	3.615
VALINA	4.632	4.515	5.086	5.365
ISOLEUCINA	4.316	3.657	3.985	3.762
LEUCINA	7.022	5.926	13.935	7.532
LISINA	9.054	6.517	3.245	3.352
TRIPTOFANO	1.692	1.126	0.178	1.710
TOT.AROMATICOS ²	7.511	7.067	9.536	8.644
TOT.AZUFRADOS ³	2.987	2.133	6.311	3.126

1. Harina de maíz nixtamalizada.

2. Total de aromáticos: fenilalanina + tirosina.

3. Total de azufrados: metionina + cistina.

TABLA 8

COMPOSICION DE AMINOACIDOS INDISPENSABLES DE LAS MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS POR ASPERSION) (g a.a./16 g N ₂)				
AMINOACIDO	PECHUGA	GARBANZO	HMN ¹	ARROZ
TREONINA	5.155	3.416	4.060	4.265
VALINA	4.923	3.836	5.023	4.659
ISOLEUCINA	3.474	3.232	3.805	3.890
LEUCINA	5.731	4.944	12.396	5.800
LISINA	7.184	5.832	2.194	3.088
TRIPTOFANO	1.411	1.309	0.154	1.419
TOT.AROMATICOS ²	5.813	6.897	8.485	7.651
TOT.AZUFRADOS ³	2.496	1.800	6.180	2.514

1. Harina de maíz nixtamalizada.

2. Total de aromáticos: fenilalanina + tirosina.

3. Total de azufrados: metionina + cistina.

TABLA 9

CALIFICACION QUIMICA ¹ Y AMINOACIDO LIMITANTE DE LAS MATERIAS PRIMAS ACONDICIONADAS (SECADAS POR ASPERSION)		
MUESTRA	AMINOACIDO LIMITANTE	CALIFICACION QUIMICA
PECHUGA	Azufrados	71.31
GARBANZO	Azufrados	51.45
HMN ²	Lisina-Triptofano	39.89-15.40
ARROZ	Lisina	56.16

1. Se tomó como base el patrón de la FAO de 1973.

2. Harina de maíz nixtamalizada.

Cabe aclarar que entre más alto sea el valor obtenido en la calificación química, mejor será la calidad de la proteína.

Posteriormente se realizó el análisis proximal de las mezclas cuyos resultados se muestran en las tablas 10 y 11; así como los resultados obtenidos para la pechuga y garbanzo tratados igual que las mezclas, arroz y harina de maíz nixtamalizada crudos y una fórmula comercial de soya adicionada con metionina. (ISOMIL) En estas tablas se observa que las mezclas pechuga-garbanzo 50:50 y pechuga-garbanzo 25:75 fueron las que mayor cantidad de proteína presentaron y la mezcla garbanzo-arroz 50:50 fue la que menor cantidad de proteína presentó.

El contenido de grasa en las mezclas fue alrededor del 20%, logrando así una composición parecida a las fórmulas comerciales a excepción de la mezcla garbanzo-arroz 50:50 en la cual no se pudo elevar más el contenido de grasa, pues de haberlo hecho hubiera bajado el valor de la proteína que ya de por sí era bajo y no se hubiera podido evaluar esta dieta mediante las pruebas biológicas que utilizamos.

Los valores encontrados para carbohidratos estuvieron entre el 55-75% lo cual era similar al de las fórmulas comerciales.

Debido al bajo contenido de humedad que presenta las mezclas no se encuentran diferencias significativas entre los datos en base húmeda respecto a los datos obtenidos en base seca.

La pechuga y el garbanzo tratados igual que las mezclas muestran concentraciones menores en proteína y mayores en grasa que los acondicionados, esto es debido a que se les agregó aditivos que elevan la cantidad de grasa y por lo tanto disminuyen la de otros componentes.

En esta tabla también se muestra el análisis proximal del ISOMIL que es la fórmula comercial de referencia que se usó, observándose que la cantidad de proteína es similar a la de algunas muestras elaboradas, pero la cantidad de grasa es superior, y la de carbohidratos ligeramente inferior. Se encontró un valor despreciables de fibra cruda en esta fórmula.

TABLA 10

ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS FORMULAS (BASE HUMEDA) (g/100 g muestra)						
FORMULA % PROTEINA	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEINA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA-HMN ³ 50:50	1.77	1.89	12.93	20.35	1.28	61.25
PECHUGA-HMN 35:65	2.68	1.68	9.32	21.19	1.07	63.66
PECHUGA-ARROZ 50:50	1.19	0.98	9.04	20.18	1.30	67.31
PECHUGA-ARROZ 35:65	4.42	0.95	9.17	20.60	1.66	63.00
PECHUGA-GARBANZO 50:50	1.61	2.53	16.81	20.63	2.24	54.18
PECHUGA-GARBANZO 35:65	2.13	1.90	17.45	17.07	2.74	58.71
GARBANZO-HMN 50:50	5.15	1.55	9.01	20.76	2.97	60.39
GARBANZO-ARROZ 50:50	1.68	1.46	8.19	12.65	1.76	74.30
PECHUGA ⁴ 10:	2.35	4.43	77.20	6.01	1.05	8.96
GARBANZO ⁴ 10:	14.65	3.09	15.36	5.70	3.73	57.50
HMN CRUDO 100	7.82	1.50	9.06	3.70	2.72	75.22
ARROZ CRUDO 100	10.28	0.48	9.07	1.00	0.60	78.57
ISOMIL ⁵	2.50	3.40	13.70	28.00	----	52.40

TABLA 11

ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS FORMULAS (BASE SECA) (g/100 g muestra)					
FORMULA % PROTEÍNA	CENIZAS	PROTEÍNA CRUDA ¹	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CHO'S ²
PECHUGA-HMN ³ 50:50	1.92	13.16	21.26	1.30	62.35
PECHUGA-HMN 35:65	1.94	9.60	21.62	1.10	65.55
PECHUGA-ARROZ 50:50	0.99	9.15	20.42	1.32	68.12
PECHUGA-ARROZ 35:65	0.99	9.59	21.55	1.95	65.01
PECHUGA-GARBANZO 50:50	2.53	19.12	20.97	2.28	55.07
PECHUGA GARBANZO 25:75	1.94	17.82	17.44	2.80	59.99
GARBANZO-HMN 50:50	1.63	9.50	21.89	3.13	63.66
GARBANZO-ARROZ 50:50	1.49	6.35	12.65	1.79	75.72
PECHUGA ⁴ 100	4.54	79.06	6.16	1.08	9.17
GARBANZO ⁴ 100	3.62	16.00	6.66	4.37	67.37
HMN CRUDA ⁵ 100	1.63	9.83	4.01	2.93	81.60
ARROZ CRUDO 100	0.54	10.11	1.10	0.66	87.57
ISOMIL ⁵	3.49	14.05	26.72	----	53.74

1 Factor de conversión N₂ x 6.25

2 Carbohidratos asimilables por diferencia

3 Harina de maíz nctameizada

4 Tratados como las fórmulas.

5 Fórmula comercial a base de soya adicionada con metionina.

Los resultados de la prueba biológica de NPR se muestra en la tabla 12, donde se observa que las fórmulas que resultaron con mejor calidad proteínica fueron en primer lugar ISOMIL aunque esta es una fórmula comercial a base de soya adicionada con metionina lo cual explica la calidad encontrada. Le siguieron las fórmulas de pechuga-harina de maíz nixtamalizada 50:50 y pechuga, ambas con una calidad muy semejante.

Las desviaciones estándar en este estudio fueron muy altas debido a que se inició con ratas cuyas diferencias de pesos eran muy grandes y en 10 días no se lograron adaptar. No obstante esto, el PER vino a confirmar los resultados obtenidos en el NPR.

Los resultados obtenidos en la prueba biológica de PER se muestran en la tabla 13 donde se observa que una vez más las tres fórmulas arriba mencionadas resultaron ser las mejores teniendo en primer lugar a pechuga-harina de maíz nixtamalizada 50:50, seguida de ISOMIL y pechuga. Se observa que las desviaciones estándar se redujeron considerablemente.

Además se puede observar que todas las fórmulas tuvieron una calidad mayor a la caseína que era el patrón, a excepción de garbanzo que tuvo casi el mismo valor que la caseína, la fórmula pechuga-garbanzo 25:75 que tuvo un valor más bajo y la harina de maíz nixtamalizada cuyo valor fue muy inferior al de la caseína aunque ya de antemano se sabía que era una proteína de mala calidad nutricional.

Tanto los resultados del NPR como los resultados del PER se pueden también observar en las gráficas 5 y 6 donde se muestran los valores obtenidos para las diferentes formulaciones en forma decreciente.

Finalmente en la tabla 14 se muestran los datos obtenidos en la prueba de digestibilidad aparente, observándose que el arroz crudo resultó ser la muestra de mejor digestibilidad (esto ya se había reportado en la literatura), aunque en general la proteína de origen animal es más fácil de digerir que la de origen vegetal. Al combinar el arroz con la proteína de origen animal la digestibilidad no se incrementó, esto se debe a que en las mezclas el arroz sufrió un tratamiento térmico que provoca la gelatinización del almidón, haciendo más difícil la digestión.

A pesar de esto todas las muestras presentaron una buena digestibilidad.

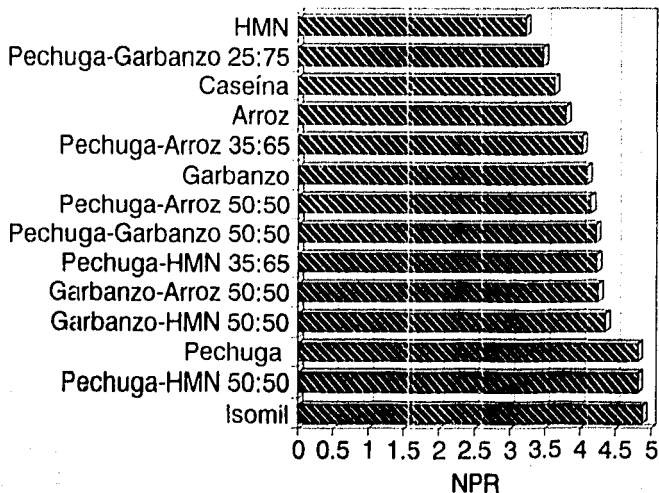
TABLA 12

RELACION NETA DE PROTEINA (NPR) DE LAS MEZCLAS Y MATERIAS PRIMAS			
DIETA	(% EN PROTEINA)	NPR EXPERIMENTAL	NPR AJUSTADO
1.	PECHUGA-HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA (HMN) 50:50	4.82 ± 0.96	5.53
2.	PECHUGA-HMN 35:65	4.22 ± 1.11	4.85
3.	PECHUGA-ARROZ 50:50	4.13 ± 0.97	4.75
4.	PECHUGA-ARROZ 35:65	4.01 ± 0.55	4.61
5.	PECHUGA-GARBANZO 50:50	4.21 ± 0.71	4.83
6.	PECHUGA-GARBANZO 25:75	3.47 ± 0.50	3.99
7.	GARBANZO-HMN 50:50	4.35 ± 0.76	5.00
8.	GARBANZO-ARROZ 50:50	4.25 ± 0.80	4.88
9.	PECHUGA	4.82 ± 1.04	5.54
10.	GARBANZO	4.06 ± 0.55	4.69
11.	HMN	3.22 ± 0.69	3.70
12.	ARROZ	3.79 ± 0.27	4.36
13.	ISOMIL	4.68 ± 0.85	5.61
14.	ISOMIL	3.62 ± 0.27	4.16

TABLA 13

RELACION DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) DE LAS MEZCLAS Y MATERIAS PRIMAS			
DIETA	(% EN PROTEINA)	PER EXPERIMENTAL	PER AJUSTADO
1. PECHUGA	HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA (HMN) 50:50	3.33 ± 0.22	3.08
2. PECHUGA	HMN 35:65	3.03 ± 0.14	2.81
3. PECHUGA	ARROZ 50:50	2.90 ± 0.12	2.69
4. PECHUGA	ARROZ 35:65	2.97 ± 0.12	2.75
5. PECHUGA	GARBANZO 50:50	2.99 ± 0.17	2.77
6. PECHUGA	GARBANZO 25:75	2.39 ± 0.13	2.21
7. GARBANZO	HMN 50:50	2.75 ± 0.28	2.55
8. GARBANZO	ARROZ 50:50	2.85 ± 0.27	2.64
9. PECHUGA		3.16 ± 0.22	2.94
10. GARBANZO		2.69 ± 0.25	2.49
11. HMN		1.81 ± 0.25	1.68
12. ARROZ		2.53 ± 0.14	2.62
13. ISOMIL		3.26 ± 0.28	3.02
14. CASEINA		2.70 ± 0.18	2.50

NPR OBTENIDO PARA LAS DIFERENTES FORMULACIONES



PER OBTENIDO PARA LAS DIFERENTES FORMULACIONES

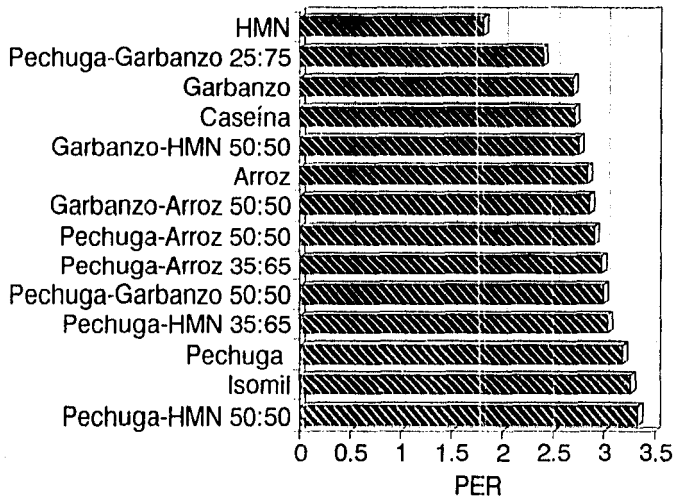


TABLA 14

DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS MEZCLAS Y DE LAS MATERIAS PRIMAS		
DIETA	(% EN PROTEINA)	DIGESTIBILIDAD APARENTE %
1.	PECHUGA-HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA (HMN) 50:50	81.13 ± 1.9
2.	PECHUGA-HMN 35:65	72.69 ± 3.1
3.	PECHUGA-ARROZ 50:50	70.40 ± 2.9
4.	PECHUGA-ARROZ 35:65	72.14 ± 2.9
5.	PECHUGA-GARBANZO 80:20	77.56 ± 4.1
6.	PECHUGA-GARBANZO 25:75	75.50 ± 4.4
7.	GARBANZO-HMN 50:50	68.66 ± 1.8
8.	GARBANZO-ARROZ 35:65	69.62 ± 2.5
9.	PECHUGA	87.04 ± 3.5
10.	GARBANZO	75.50 ± 4.7
11.	HMN	79.67 ± 2.9
12.	ARROZ	90.74 ± 1.2
13.	ISOMIL	82.24 ± 1.9
14.	CASEINA	86.86 ± 2.3

En base a los resultados obtenidos en el análisis químico, en las pruebas biológicas y en estudios previos (14), se decidió que las fórmulas que se elegirían y a las cuales se les realizarían las pruebas posteriores (físicas, sensoriales, microbiológicas, etc.) serían: pechuga-harina de maíz nixtamalizada 50:50, pechuga, pechuga-arroz 50:50 y pechuga-ga:banzo 50:50.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis proximal realizado a las materia primas acondicionadas se concluye que la pechuga (base seca) es una buena fuente de proteínas y los cereales son buenas fuentes de carbohidratos, esto era de esperarse.

- La pechuga presentó el mejor perfil de aminoácidos de las materias primas estudiadas y aunque es deficiente en aminoácidos azufrados presentó la mejor calificación química.

- Se confirmó el cálculo teórico hecho para tener una fórmula no láctea semejante a la leche materna.

- La gran cantidad de lisina que contienen el garbanzo y la pechuga, permitió una verdadera suplementación al mezclarlos con los cereales. Lo mismo sucedió con la aportación de azufrados que hicieron los cereales.

- En las mezclas pechuga-harina de maíz nixtamalizada 50:50, se alcanzaron los máximos valores de suplementación dentro del estudio.

- Todas las muestras presentaron una buena digestibilidad, destacando entre ellas el arroz crudo a pesar de ser de origen vegetal. Las fórmulas con arroz cocido presentaron una menor digestibilidad que el arroz crudo, confirmando con esto los hallazgos de trabajos anteriores.

- La mezcla de mayor interés y la de mejor calidad fue pechuga-harina de maíz nixtamalizada 50:50, puesto que la mezcla en peso abarata notablemente el producto, el cual presenta una calidad semejante al de la pechuga sola, a pesar de que la harina de maíz nixtamalizada es de baja calidad nutricional.

BIBLIOGRAFIA

1. UNICEF. *Estado mundial de la infancia 1991*. España. p.p. 1-3 (1991)
2. SSA., OPS., UNICEF., *Prevención y control de diarreas*. Memorias del seminario internacional de enfermedades diarreicas e hidratación oral. México. p.p. 5-6. (1990)
3. Hernández M., Arenas L., Sotelo A., *Utilización del garbanzo en fórmulas no lácteas I Composición química y calidad nutritiva del garbanzo y su comparación con fórmulas infantiles comerciales*. Arch. Lat. Nutr. 37:551-559. (1987)
4. Sotelo A., Hernández M., Larracilla J., Arenas L., Palapa E., *Utilización del garbanzo en fórmulas no lácteas II. Balance de nitrógeno en niños con intolerancia a la lactosa alimentados con una fórmula a base de garbanzo y un producto comercial de soya*. Arch. Lat. Nutr. 37:468-479 (1987)
5. Behar M., Icaza J., *Nutrición*. Ed. Interamericana. México. p.p. 138-144 (1972)
6. Lowenberg E., Wilson H., Todhunter W., *Los alimentos y el hombre*. Ed. Limusa. México. p.p. 191-195 (1985)
7. Mason J., *La situación alimentaria y el niño*. Alimentación y nutrición. Vol. V (1) 4. (1979)
8. Burton B., *Human Nutrition*. Ed. Mc. Graw Hill Book. E.U.A. p.p. 241-261. (1976)
9. WHO/UNICEF., *The management of diarrhoea and use of oral rehydration therapy*. Geneva. p. 6 (1983)
10. Sigurd N., *Manual de Nutrición*. Ed. CECSA. México. p.p. 19 (1984)
11. Cuellar R., *Alimentación del lactante*. Sociedad Mexicana de Pediatría. México. p.p. 220-225 (1985)
12. Ramos Galván R., *Alimentación normal en niños y adolescentes*. El Manual Moderno. México. p.p. 123-128, 350 (1985)
13. FAO/OMS. *Informe de un comité especial mixto FAO/OMS de expertos, en necesidades de energía y proteínas*. Roma. p. 34 (1973)
14. Cornejo L., *Desarrollo de una fórmula no láctea para niños con intolerancia a la lactosa*. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana. México. p.p. 1-170 (1989)
15. Fomon J.S., *Nutrición Infantil*. Ed. Interamericana. México. p. 453 (1976)
16. Seymour L.H., *Manual de nutrición clínica*. Ed. Limusa. México. p. 90 (1984)
17. Wilson H., *Intestinal Absortion*. W.B. Saunders. Filadelfia. p.p. 69-72 (1962)

18. Carnblath M., Schwartz R., *Disorders of carbohydrates metabolism in infancy*. W.B. Saunders. Philadelphia. p.p. 5-9 (1966)
19. Cuéllar R., Luengas B., Alejandre I., Benitez S., Frenk S., *La actividad de disacaridasas intestinales en el niño desnutrido*. Rev.Mex.Ped. No. Especial. Tomo XXXVII p. 122 (1968)
20. Robinson H., *Normal and therapeutic nutrition*. The Mc. Millan Company. Londres. p. 4 (1967)
21. Houts S., *Lactose Intolerance*. Food Tech. 42(4):110-113 (1988)
22. Larracilla A., García M., Valencia C., Peñaloza S., Solorzano S., *Intolerancia a la lactosa. Generalidades sobre el diagnóstico y tratamiento*. Salud Pública Méx. 26:163-169 (1984)
23. Anonimus. *Lactose malabsorption and lactose intolerance*. The Lancet. 10:831-832 (1979)
24. Kretchmer N., *Lactosa y lactasa*. Sci. Amer. Madrid 17:45 (1972)
25. Holzel A., Schwarz V., Sutcliff S., *Lactose malabsortion causing malnourition in infancy*. The Lancet. 1:1126 (1959)
26. FAO/OMS. *Informe de un grupo mixto FAO/OMS de expertos. Necesidades de proteínas*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 301. (1966)
27. Robinson D., *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. Ed. Acribia. España. p.109 (1991)
28. Badui S., *Química de los alimentos*. Ed. Alhambra Mexicana. México. p. 304. (1990)
29. FAO/WHO. *Protein requirements. Report of a joint FAO/WHO. Expert group*. Technical report series. 301. WHO. Ginebra. (1965)
30. Pellet P., Young R., *Nutritional evaluation of protein foods*. The United University World Hunger Programme. Food and nutrition bulletin supplement 4. Japan (1980)
31. Bender A., Doell b., *Biological evaluation of protein a new aspect*. Brit. J. Nutr. 11:140 (1975)
32. Worldmark International Documentation. *The collected papers issue by the protein-calorie advisory group of the United Nations System*. Wiley & Sons. Worldmark Press Ltd. New York. Vol. C (1975)

33. Moore S., Stein W., *Chromatographic determination of aminoacids by the use of automatic recording equipment*. In methods in enzymology. Vol. VI. Academic Press. New York. (1963)
34. Mitchel R., Anderion D., *Nutrición y dieta de Cooper*. Ed. Interamericana. México. p. 84 (1971)
35. Hernández M., Sotelo A., *Protein quality of masa and tortillas supplemented with chickpea*. Nutr. Report Inter. 36:1:213-221 (1987)
36. Cañedo C., *El cultivo del maíz, su origen, importancia y usos*. Cielo de seminarios. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. (1974)
37. Desrosier W., *Elementos de tecnología de alimentos*. Ed. C.E.C.S.A. México. p.p. 421-422 (1983)
38. Kent L., *Tecnología de los cereales*. Ed. Acribia. España. p.p. 170-172 (1971)
39. Sakaña G., Brown H., *Nutritional composition of corn and flour tortillas*. J. Food Sci. 49:4:1202-1204 (1984)
40. Del Angel R., Sotelo A., *Nutritive value of mixtures using chickpea with weath, triticale, normal and opaque-2 corns*. J.Nutr. 112:1474-1482 (1982)
41. Inglett G., *Corn: culture, processing and products*. AVI. USA. (1980)
42. Estrada O., Herrero M., Lara A., *Harina de maíz nixtamalizada. Estudio comparativo entre el proceso tradicional y el proceso por extrusión*. Tesis ULSA. México. (1986)
43. Chang C., Lee C., Brown G., *Production and nutritional evaluation of high-protein rice flour*. Journal of Food Sci. 51:2:464-467 (1986)
44. Hansen L., Hosek R., Callan M., Jones F., *The development of high-protein rice flour for early childhood feeding*. Food Tech. 11:38-42 (1981)
45. Gastañaduy A., Cordano A., Graham G., *Acceptability, tolerance and nutritional value of a rice-based infant formula*. J. Ped. Gastr. Nutr. 11:240-246 (1990)
46. Sathanakrishnan R., Sankaranarayanan D., *Rice water solution in diarrheal dehydration*. Indian J. Pediatric 52:479-482 (1985)
47. Editorial, *Rice as a carbohydrate substrate in oral rehydration solutions (ORS)*. J. Pediatr. Gastr. Nutr. 11:293-294 (1990)
48. Sotelo A., *Leguminosas silvestres, reserva de proteínas para la alimentación del futuro*. Información Científica y Tecnológica. 3:54:28-32 (1981)

49. Sotelo A., Flores F., Hernández M., *Chemical composition and nutritional value of Mexican varieties of chickpea (Cicer arietinum L.)*. *Plants Foods for Human Nutrition*. 37:299-306 (1987)
50. Hernández M., Sotelo A., *Nutritional evaluation of wheat flour cookies supplemented with chickpea, cheese whey and aminoacids*. *Nutr. Rep. Inter.* 29:845-858 (1984)
51. Chena R., Crispin M., Larrea R., *El garbanzo, un cultivo importante en México*. *Folleto misceláneos. (INIA)* 16:1-35 (1967)
52. Pathwardhan N., *Pulses and beans in human nutrition*. *Am. J. Clin. Nutr.* 11:120-130 (1962)
53. Liener E., *Toxic factor in edible legume and their elimination*. *Am. J. Clin. Nutr.* 11:281-298 (1962)
54. 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)
55. Wilbor W., *La avicultura*. *Scientific american*. Ediciones Madrid. España. p. 167 (1966)
56. Potter N., *La ciencia de los alimentos*. Ed. Edutex. México. p. 450 (1973)
57. Giavarini I., *Notas prácticas de avicultura moderna*. AGT. Editor. México. p. 155 (1981)
58. Georgi I., Manev M., *La carne y su elaboración*. Ed. Científico Técnica. Cuba p. 35 (1983)
59. Fennema O., *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Ed. Reverté. España. p. 675 (1982)
60. Briggs M., *Muscle foods and human health*. *Food Tech.* 39:2:54-58 (1985)
61. Committee on Nutrition American Academy of Pediatrics: *Composition of milk*. *Pediatrics*. 26:1039 (1960)
62. OMS. *Código internacional de comercialización de los sucedáneos de la leche materna*. Ginebra. OMS. (1981)
63. ESPGAN. Committee on nutrition. *Guidelines on infant nutrition. Recommendation for the composition of an adapted formula*. *Acta Paediatrica Scandinava*. Supplement. p. 262. (1977)

64. Ramos R., *Fórmulas lácteas en la alimentación del niño en el primer año de edad*. Simposio Internacional. Conceptos actuales sobre nutrición del lactante. Academia Mexicana de Pediatría. México. (1984)
65. Liener E., *Nutritional aspects of soy protein products*. J. Am. Oil Chem. Soc. 54:454-472 (1977)
66. Glaser J., Johnstone E., *Soy bean milk as a substitute for mammalian milk in early infancy*. Ann Allergy 10:433 (1982)
67. Hart F., *Análisis moderno de los alimentos*. Ed. Acribia. España. p.247-250 (1971)
68. Pearson D., *The Chemical Analysis of Foods*. Churchill Livingstone. Ney York. p.p. 13-40 (1976)
69. Wayne B., Arlene K., Mark M., *Nutritional requirements of the elderly*. Food Tech. 2:1-67 (1986)
70. Association of Official Analytical Chemist. *Official methods of analysis*. 15th Edition. Published by AOAC. Inc. E.U.A. (1990)
71. Lucas B., Sotelo A., *Aminoácido determination in pure proteins foods and feeds using two differentes acid hidrolisis*. Anal. Biochem. 123:349-356 (1982)
72. Sarwar G., Mc.Langhlan M., *Relative net protein ratio method for evaluating protein quality*. Nutr. Rep. Int. 23:6:1157-1166 (1981)
73. Winton L., Winton B., *Análisis de alimentos*. Ed. Continental S.A. México. p.p.64-81 (1967)
74. Food Agricultural Organization. World Healt Organization. *Energy and protein requirements*. WHO Technical Report Series No. 522. FAO Nutrition Meeting Report Series # 52 WHO. Geneve. FAO. Rome. (1973)