

201/120



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO CALORICO DE DIVERSOS ALIMENTOS A BASE DE MAIZ



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
MARTHA PATRICIA VELEZ OCHOA



MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

I N D I C E

Capítulo		Página.
I	INTRODUCCION	1
II	GENERALIDADES	3
III	OBJETIVOS	45
IV	DESARROLLO EXPERIMENTAL	46
V	RESULTADOS	73
VI	ANALISIS DE LOS RESULTADOS	86
VII	CONCLUSIONES	97
VIII	ANEXO I	99
IX	BIBLIOGRAFIA	102

I. INTRODUCCION

En la época actual los países en vías de desarrollo tienen que --- afrontar innumerables problemas, dentro de los principales tenemos : la ex-- plosión demográfica, el nivel socioeconómico y la escasez de alimentos de - buena calidad protefínica. En los países en desarrollo como el nuestro, el - hambre y la desnutrición están ampliamente difundidos. El problema más gra- ve en estas áreas es que la mayor parte de la población consume dietas que - contienen una cantidad y calidad inadecuada de protefínas. Las protefínas de origen animal son de buena calidad nutritiva, mientras que las de origen ve- getal pueden tener deficiencias en algunos aminoácidos esenciales. Es sabido que los cereales son deficientes en lisina y en otros aminoácidos esencia- les y las poblaciones de los países en desarrollo dependen más de las pro-- teínas de los cereales que de aquéllas de origen animal.

El maíz, consumido principalmente en forma de tortilla, es uno de los cereales de mayor importancia en la dieta del pueblo mexicano debido a - su elevado consumo en todos los niveles del país; este cereal puede proveer del 70 al 80 % de las calorías totales durante la mayor parte del año pero - no aporta los requerimientos diarios de protefina que un individuo requiere.

Esta deficiencia en protefina trae como resultado varios problemas clínicos y subclínicos como son el retraso en el desarrollo físico y mental en los niños preescolares, que resulta más tarde en el adulto en una salud - precaria, y una deficiencia en el trabajo. Actualmente está comprobado que la desnutrición protefínica es la de mayor -- incidencia, particularmente para los grupos vulnerables como son los niños , las mujeres embarazadas y las madres lactantes. Se ha demostrado que en mu-- chos países en desarrollo, un alto porcentaje de la población no llega a la edad de 5 años, y que hay mucha desnutrición en las poblaciones que consumen maíz. Un síndrome resultante de la deficiencia protefínica, como es el ---- Kwashiorkor, que ataca principalmente a los niños, es muy común en dichas po- blaciones.

El problema de una alimentación deficiente provoca con esto que -- el progreso en los países que la presentan se estanque.

Uno de los propósitos de la Organización de las Naciones Unidas -- para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O.) para solucionar el grave problema de la desnutrición es aumentar en cantidad y calidad los alimentos, ya sea con la búsqueda de nuevas fuentes proteínicas que suplementadas a los -- alimentos tradicionales, pongan a la disponibilidad de la población alimentos de bajo costo y con un alto valor nutritivo.

Entre los alimentos que se consumen en México reviste especial --- importancia el maíz y sus derivados como son : tortillas, atole, tamales ; productos procesados con un tratamiento térmico-alcalino, en donde se experimentan cambios en su composición física, química y biológica.

Pocos trabajos se han efectuado para la evaluación del valor nutritivo-calórico de diversos alimentos a base de maíz nixtamalizado y relacionar esto con costos proteínicos-calóricos, lo cual corresponde básicamente a los objetivos del presente estudio y que podrían servir de base para determinar que alimentos de los estudiados, dan una mejor calidad nutricional (proteíno-calórico) a un bajo costo.

II GENERALIDADES .

CONTENIDO

- 2.1 Características generales del maíz
- 2.1.1 Origen y clasificación.
- 2.1.2 Importancia y usos del maíz.
- 2.2 Composición estructural del maíz.
- 2.3 Composición química y características nutricionales.
- 2.4 Alimentos a base de maíz.
- 2.4.1 Nixtamalización
- 2.4.2 Cambios fisicoquímicos y nutricionales durante el -
proceso de nixtamalización.
- 2.5 Modificaciones químicas y nutricionales de las pro-
teínas debido al procesamiento en alimentos.
- 2.6 Valor nutritivo y métodos de evaluación biológica -
de calidad proteica.
- 2.6.1 Relación de Eficiencia Proteica.
- 2.6.2 Relación Neta de proteína.
- 2.6.3 Índice de Crecimiento Nitrogenado.
- 2.6.4 Balance de Nitrógeno .
- 2.6.5 Valor biológico.
- 2.6.6 Digestibilidad.
- 2.6.7 Utilización neta de una proteína

- 2.7 **Energía**
- 2.7.1 **Historia del metabolismo energético**
- 2.7.2 **Principios de la calorimetría.**
- 2.7.3 **Definición de términos.**

- 2.8. **Necesidades energéticas.**
- 2.8.1 **Metabolismo basal.**
- 2.8.2 **Actividad física.**
- 2.8.3 **Efecto térmico de los alimentos.**
- 2.8.4 **Necesidades totales de energía.**

- 2.9. **Metabolismo energético.**
- 2.9.1 **Energía gruesa**
- 2.9.2 **Energía digerible**
- 2.9.3 **Energía metabolizable**
- 2.9.4 **Energía neta.**

II. GENERALIDADES

2.1 Características generales del maíz.

2.1.1. Origen y clasificación .

Su origen no se ha podido establecer con precisión; sin embargo se puede afirmar que el maíz ya se cultivaba en Mesoamérica en la época precortesiana, de donde se extendió a las partes más templadas de Europa, África - India y Australia.

El maíz es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas; por eso, se le cultiva en casi todo el mundo.

El nombre maíz es de origen antillano, en náhuatl se denomina tlaoalli y centli ; perteneciente a la familia de las gramíneas y tribu Tripsáceae. Una característica distinguible de la Tripsáceae es la presencia -- de flores masculinas y femeninas en espiga, separadas sobre la misma planta. El género Zea tiene las espigas pistiladas que crecen juntas formando una -- mazorca, sólo una especie, mays es incluida en este género. (21) (29) (14)

Clasificación: de acuerdo con la estructura de sus granos, el -- maíz puede dividirse en diferentes variedades, como sigue :

- . Zea mays indurata o maíz cristalino.- tiene un endospermo duro y granos - de almidón compacto, se usa en la alimentación como materia prima para la - obtención de alcohol y almidón.
- . Zea mays amylacea o maíz amiláceo.- endospermo blando y granos de almidón no compactos.
- . Zea mays everta o maíz reventador o palomero.
- . Zea mays saccharata o maíz dulce.- endospermo con 11 % de azúcares aproximadamente.
- . Zea mays tunicata o maíz tunicado.
- . Zea mays cerea o maíz céreo.- con endospermo céreo y almidón compuesto -- sólo por amilopectina.
- . Zea mays japonico.

Recientemente se ha desarrollado por hibridación el llamado maíz opaco, con el fin de obtener un grano más rico en proteínas y en los aminoácidos esenciales en los que es deficiente el maíz (lisina y triptófano); sin embargo, es muy susceptible a varias enfermedades y plagas, por lo que no se ha logrado desplazar a otras especies que siendo menos nutritivas, dan mayor rendimiento. (21) (14)

2.1.2 Importancia y usos del maíz .

Importancia.

Después del trigo, el maíz es el principal grano cultivado en el mundo. De América Latina: Argentina, Brasil y México son los principales productores de maíz. En México el maíz es el principal cultivo nacional y representa aproximadamente el 23 % del valor de la producción agrícola total; es una de las actividades con mayor peso en el producto bruto nacional, absorbe el 45% de la superficie total destinada a la agricultura y genera ocupación para el 13% de la población económicamente activa. (11)

La importancia del maíz es el Hemisferio Oeste y otras partes del mundo está dirigida por completo al estudio del valor nutricional de esta planta alimenticia y especialmente de sus implicaciones en la mayoría de las ciudades en América Latina donde éste predomina como una fuente principal de nutrición. Estudios llevados a cabo en México y América Central tienen una atención particular por el extenso uso de tortillas, como la mayor muestra dietética de la población. En las áreas rurales de México y América Latina, el consumo de Maíz proporciona aproximadamente 70% de las calorías y cerca de la mitad de las proteínas en la dieta diaria.

La importancia de las tortillas en México puede ser apreciada notando que el promedio anual per cápita del consumo es del orden de 120 Kg. (29)

Usos :

La planta de maíz es aprovechable en su totalidad, las raíces y el rastrojo quedan como abono en la tierra, los tallos azucarados y las hojas constituyen un buen forraje para el ganado, las hojas secas y las brácteas de la mazorca pueden emplearse para hacer papel y cigarros o para envolver tamales; las mazorcas tiernas (elotes) son un alimento muy popular; con los granos ya secos se preparan las tortillas, así como varios tipos de atoles, tamales, pinole, cerveza de maíz, pozole, palomitas, maicena y diferentes alimentos típicos; de la sémola de maíz se preparan los copos que se usan mucho en la preparación de desayunos, del endospermo del grano se extrae almidón que a su vez sirve para fabricar alcohol, las mazorcas desgranadas (olote) se emplean para combustible, en medicina popular, los estigmas o cabellitos de elote como diurético.

Las aplicaciones industriales del maíz han aumentado considerablemente: de los granos se obtiene aceite y jarabe; y de los tallos, olotes y otros desperdicios, se elaboran explosivos, disolventes, fibras y papel.

(14) (19)

2.2 Composición estructural del maíz.

Botánicamente, un grano de maíz es conocido como cariósipside, o sea una semilla de grano seco en el cuál el fruto cubierto y semilla están fusionados para formar un grano individual (19).

Las características, dada la variedad sobresalen usualmente, por su diferente endospermo dependiendo de la operación de un gen particular.

Los granos maduros están compuestos de 4 partes principales: pericarpio (cáscara o salvado), germen (embrión), endospermo y capa extrema (cubierta).

Granos de la misma mazorca varían considerablemente en tamaño y forma dependiendo de la posición sobre el zurco de la mazorca u olote. Los granos de maíz son los más grandes de todos los cereales y los de mayor adaptabilidad de cultivo. Es una semilla de color blanco, rojo obscuro, morado o café; ya maduro tiene un peso de 300 a 500 mg. (27)

Capa terminal .- Capa donde el grano es unido a la mazorca, es una continuación del pericarpio estando usualmente presente, pero puede algunas veces perderse durante el desgrane; representa alrededor de 0.8 % del peso del grano.

Pericarpio .- El grano de maíz es cubierto por una cutícula impermeable al agua. El pericarpio está debajo de la cutícula, compuesto de : epidermis, células cruzadas, células tubulares y mesocarpio. fig. 1

La epidermis del pericarpio tiene una capa de células individuales cuyas paredes celulares son gruesas en la superficie externa. El mesocarpio ocupa la porción más grande del pericarpio. Debajo del mesocarpio las células cruzadas están localizadas, formando un arreglo de ramas filamentosas sueltas o flojas. Las células tubulares forman una fila individual - de filamentos no ramificados. Una membrana conocida como cubierta de la semilla o testa le continúa. Después de la testa se sitúa un tejido espeso conocido como aleurona. El pericarpio tiene de 41 - 46 % de hemicelulosa. (19) (23).

En el tratamiento térmico-alkalino el pericarpio se pierde ya que se queda en el "nexayote" (líquido sobrenadante del proceso térmico-alkalino), de ahí que la mayor parte de fibra cruda perdida en el proceso provenga del pericarpio. (25).

Germen .- El germen de un maíz dentado normal es de aproximadamente 11.5 % del peso del grano (15). El escutelo y ejes embrionarios son las 2 partes principales del germen. El escutelo forma el 90 % del germen y almacena los nutrientes movilizados durante la germinación ; los ejes embrionarios crecen dentro de la planta de la semilla.(19).

La composición del germen es tal que los lípidos se encuentran en una proporción mayor que en las otras fracciones (23) ; de los azúcares presentes en el germen aproximadamente 67 % es glucosa (29).

Se ha encontrado que las mayores pérdidas de los nutrientes en el tratamiento térmico-alkalino ocurren en el germen.

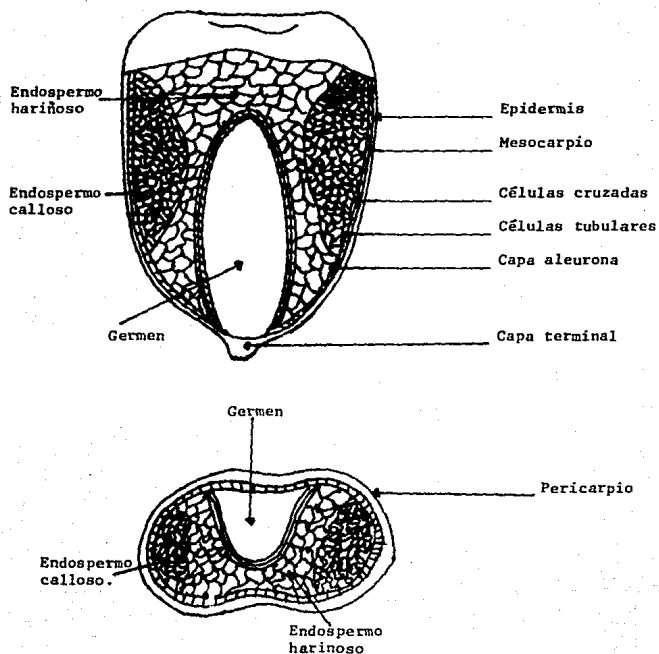


Fig. 1 Sección longitudinal de un grano de maíz (arriba)
y sección transversal de un grano de maíz (abajo) (23)

Durante el proceso de nixtamalización se pierde aproximadamente un 41.5 % de lípidos y 45 % de los carbohidratos presentes en el germen (6) .

Endospermo .- El endospermo maduro de granos dentados normales corresponde al 82.3 % del peso del grano, está compuesto de regiones harinosas y cerosas en proporción 1:2 .

La capa más externa del endospermo es la denominada capa aleurona; el almidón es el componente predominante del maíz y se encuentra principalmente en el endospermo.

El endospermo harinoso es opaco y fácilmente comprimido entre los dedos; esta región es caracterizada por grandes células libres, alrededor de gránulos de almidón y una fina matriz proteica (porosa).

El endospermo ceroso tiene células de tamaño pequeño, gránulos de almidón y una densa matriz proteica (estructura compacta).

Durante la nixtamalización en el endospermo harinoso se promueve la migración de calcio, en contraste con el endospermo calloso que obstruye la migración de él (22) . El hidróxido de calcio produce la separación celular en el endospermo debido a la disolución de las hemicelulosas de las paredes celulares (34). Por otro lado, el cocimiento a temperaturas superiores a 60°C produce la gelatinización del almidón.

El tratamiento térmico-alcálico no produce pérdidas significativas en las proteínas que constituyen al endospermo del grano de maíz, esto debido a que la capa aleurona actúa como una barrera selectiva al paso de moléculas de cierto peso molecular, por otra parte se ha observado que favorece la separación celular principalmente del pericarpio pero no causa pérdidas de la capa aleurona motivo por el cual las pérdidas en las características que constituyen el endospermo son relativamente bajas.

2.3 Composición química y características nutricionales.

La composición química de los granos de maíz de diferentes variedades y tipos varía significativamente y es influenciada por factores genéticos, climatológicos y procedimientos agrícolas (27).

Los principales componentes del grano de maíz son almidón, proteínas y lípidos, pequeñas cantidades de fibra cruda, azúcares y minerales; varias sustancias orgánicas incluyendo vitaminas están también presentes. A continuación el cuadro I muestra el análisis proximal de este cereal .

CUADRO I

Análisis proximal de maíz integral y sus fracciones
(base seca)

FRACCION	GRANO	ALMIDON	PROTEINA	LIPIDOS	AZUCARES	CENI
	%	%	%	%	%	ZAS %
Grano integral	100	71.5	10.3	4.8	2.0	1.4
Endospermo	82.3	86.4	9.4	0.8	0.6	0.3
Germen	11.5	8.2	18.8	34.5	10.8	10.1
Pericarpio	5.3	7.3	3.7	1.0	0.3	0.8
Capa externa	0.8	5.3	9.1	3.8	1.6	1.6

Fuente : Earle y et al. (15)

Carbohidratos.

Los carbohidratos tienen gran importancia, porque constituyen la principal fuente de energía en los organismos vivos.

El monosacárido D-glucosa es la unidad estructural básica de los polisacáridos más abundantes tales como el almidón y la celulosa, polisacáridos que se encuentran en el maíz.

El almidón es la forma principal de almacenamiento de combustible en el grano de maíz. El gránulo de almidón, contiene moléculas de amilosa y amilopectina. La mayor parte de almidón de maíz es una mezcla de 25 % del polímero lineal (amilosa) y 75 % del polímero ramificado (amilopectina) .

Los gránulos de almidón se hinchan por absorción de agua. La temperatura a la cual principia la gelatinización es característica de cada almidón -- según su procedencia botánica.

Durante la nixtamalización, a medida que se cuece el maíz los gránulos de almidón continúan hinchándose hasta el punto en que rozan unos con otros.

El hinchamiento se debe a la penetración de agua al interior de los gránulos -- hidratando las áreas intermicelares.

La celulosa es otro polisacárido importante en la estructura del maíz, se encuentra depositada en las paredes celulares de semilla y plantas en concentraciones variables.

Lípidos.

Los lípidos comprenden un grupo de sustancias que en general, son solubles en éter, cloroformo u otros solventes no-polares, pero son poco solubles o insolubles en agua. Las principales sustancias lipídicas son grasas, ceras, fosfátidos, cerebrósidos, esteroides y carotenos. Casi el 85 % de los lípidos -- del maíz están en el germen, el cual es la fuente del aceite de maíz.

La composición del aceite de maíz refinado son triglicéridos tanto de ácidos -- grasos saturados como insaturados. Son saturados los ácidos mirístico, palmítico y esteárico, e insaturados los ácidos palmitoleico, oléico y linoléico, siendo éste último el más importante, por ser esencial en la dieta diaria del hombre.

El contenido total de aceite en el maíz es de 1.2 a 5.7% , con un rango de índice de yodo de 111-151. El contenido total de tocoferoles de los aceites está entre 0.03 y 0.33 % Xantófilas están presentes de 10 a 30 ppm; carotenos de 1 a 4 ppm, estos pigmentos están asociados con proteínas del endospermo.

(19)

Proteínas.

Entre los principales componentes del grano de maíz se encuentran las proteínas, constituyendo cerca del 10 % del grano, con gran importancia funcional y nutricional. Como se sabe, las proteínas poseen un elevado peso molecu---

lar, contienen átomos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, y con frecuencia azufre. Las unidades fundamentales de las proteínas son los aminoácidos .

La mayor parte de las moléculas proteínicas solamente retienen su actividad biológica dentro de fluctuaciones muy limitadas de pH y temperatura. Si estas moléculas son sometidas a elevadas temperaturas o a cambios extremos - de pH, sufren lo que se conoce como desnaturalización, que consiste en la pérdida de sus estructuras secundaria y terciaria, lo cual se refleja en un descenso de su solubilidad. Este cambio, se pone de manifiesto cuando las condiciones - de temperatura son superiores a 60°C.

Las proteínas en disolución muestran cambios profundos en su solubilidad en función del pH, fuerza iónica, propiedades dieléctricas del disolvente y temperatura.

Por lo que se refiere a las proteínas del maíz, estas se encuentran - clasificadas por la Sociedad Fisiológica Americana de acuerdo a su solubilidad:

- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| - Albúminas | (solubles al agua) |
| - Globulinas | (solubles en solución salina) |
| - Prolaminas | (solubles en etanol 70-80%) |
| - Glutelinas | (solubles en solución alcalina) |
| - Escleroproteínas | (insolubles en solventes acuosos) |

Las proteínas del maíz están en el endospermo principalmente, pero -- la contribución del germen (embrión) no puede ser ignorado.

El cuadro II muestra que la fracción de prolaminas y glutelinas juntas constituyen la masa de la proteína del endospermo, y el germen contribuye - con mayor proporción de albúminas y globulinas del grano de maíz integral.

CUADRO II

Distribución de proteínas en las diferentes partes del maíz.

COMPONENTE	GRANO	ENDOSPERMO	GERMEN	CAPA EXTER-
	INTEGRAL	%	%	NA.
	%			%
Contenido de proteína	9.8	8.8	19.6	5.1
Fracción proteica:				
Albúminas	8.0	4.0	30.0	-
Globulinas	9.0	4.0	30.0	-
Prolaminas (Zeína)	39.0	47.0	5.0	-
Glutelinas	40.0	39.0	25.0	-

Fuente: Reiners et al (31).

En las proteínas del endospermo, la zeína, la cual es una prolamina -- es la principal fracción del maíz junto con la glutelina. Dicha proteína es de mala calidad ya que es deficiente en su contenido de lisina y triptófano (aminoácidos esenciales) y tiene un exceso de leucina, lo que provoca un desequilibrio en su contenido de aminoácidos.

Las glutelinas a su vez contienen más ácido aspártico, arginina, cistina y valina y menos ácido glutámico, isoleucina, leucina y prolina que la zeína, así se puede decir que las glutelinas tienen un valor biológico más alto que --- zeína.

Estudios en maíz opaco-2 indican que el endospermo de este híbrido --- contiene 60% más de lisina y los valores de triptófano son considerablemente mejorados; esto, es debido principalmente a que el maíz opaco-2 tiene sólo 22.8 % de zeína y la glutelina aumenta a un 50.0 % (Cuadro III) .

CUADRO III
Cantidades relativas de fracción proteínica en endos-
permo de maíz normal y opaco-2 .

PROTEINA	NORMAL %	OPACO-2 %
Albúmina	3.2	13.2
Globulina	1.5	3.9
Prolamina (zeína)	47.2	22.8
Glutelina	35.0	50.0

Fuente: Inglett, G.E. (19)

El aumento de glutelina en el maíz opaco-2 da como resultado mayor cantidad de lisina, lo cual explica en cierto modo un valor nutricional más elevado (Cuadro IV).

CUADRO IV
Relación de Eficiencia Proteica
Comparativa de cereales comunes

CEREAL	P E R
Maíz común	0.87
Opaco-2	2.46
Trigo	1.05
Cebada	1.60
Arroz	2.15
Caseína	2.71

Fuente: Martínez, M.L. (22)

Según Hansel, L.W. et al, han encontrado que el maíz harinoso-2 contiene cerca de 60% más de metionina (aminoácido esencial) que el maíz normal - y la causa de este aumento es el alto contenido del aminoácido en la fracción glutelina.

En algunos trabajos se ha publicado que la solubilidad de la zeína - (fracción proteínica soluble en alcohol) decrece significativamente debido al tratamiento alcalino que recibe el maíz durante la nixtamalización (33).

2.4 Alimentos a base de maíz

En la remota historia de la preparación de maíz para alimento en la cultura indígena, alguien descubrió que la cocción del grano en agua, previa - adición de álcali o cal hidratada podía permitir un ablandamiento y aflojamiento de pericarpio o cutícula y así hacerlos fácilmente removibles por lavado.

El tratamiento alcalino de maíz da al producto un sabor característico y una textura física que no puede ser imitado por molienda seca de los productos. El tratamiento con lejía conocido comúnmente como "nixtamalización" hizo un proceso básico en convertir el grano para alimento.

Entre los diversos alimentos a base de maíz podemos citar los siguientes :

La tortilla, alimento básico y favorito para la gente con limitados - recursos ; sirviendo también como cuchara para comer frijoles, guisados de carne u otros alimentos suaves .

El taco o enchilada es otro alimento popular preparado de la tortilla. La harina de tortilla es hecha comercialmente del maíz integral y requiere control de condiciones para dar un producto similar a aquél preparado en casa. La arepa (pan de maíz) usado generalmente en Sudamérica, los tamales, atole , pinole y chicha dulce son otros alimentos tradicionales del continente Americano.

Las hojuelas de maíz o corn flakes es un alimento comúnmente usado -- para desayunar. (20)

2.4.1 Nixtamalización.

Entre el maíz y la tortilla como producto final, el paso obligado - del proceso de transformación es la llamada nixtamalización.

Los antiguos pobladores de México elaboraban las tortillas en forma manual, así como el nixtamal. El proceso de elaboración empezaba con el desgrane de las mazorcas, la cocción del maíz con agua de cal en recipientes de barro calentados por leña, la molienda en metate de piedra, el moldeado de la masa para convertirla en discos delgados por medio de palmoteo y finalmente - la colocación en una plancha de barro o comal caliente para su cocimiento por ambos lados.

Actualmente el procedimiento para la preparación de la masa sigue - los mismos lineamientos de la técnica primitiva, sólo que en mayor capacidad y haciendo uso de la mecanización en la molienda.

Elaboración de masa de nixtamal.

El proceso de elaboración de la masa de maíz se inicia con la limpieza del maíz a través de cribas, para después en tinajas u ollas ponerse a cocer una parte de maíz integral por 2 partes de solución alcalina al 1% . La mezcla se calienta aproximadamente a 94°C (201°F) por 50 a 70 min, y se deja en reposo alrededor de 14 horas.

El líquido de cocimiento se decanta y el maíz, ahora conocido como nixtamal - se lava 2 o 3 veces con agua removiendo la capa externa. El maíz cocido se muele dando como resultado una fina pasta llamada masa, aproximadamente 35 a 50 g. de esta masa es aplanada formando círculos de 15 a 20 cm. de diámetro - y aproximadamente 0.3 cm. de grosor, los cuales se calientan por 75 a 100 -- seg. y cuando se infla, la masa compacta se voltea y se calienta finalmente - por otros 30 seg. (fig. 2). (5) (29)

Elaboración de harina de maíz.

En los últimos años un método relativamente nuevo para hacer tortillas y productos similares ha comenzado a ser bastante popular en México. Este se basa en el uso de harina de maíz nixtamalizado preparado industrialmente. Su uso requiere solamente mezclar la harina y agua para formar la pas-

ta y hacer las tortillas de esta masa. El procedimiento seguido para la producción de harina de maíz nixtamalizado es aproximadamente el mismo que el -- descrito en la fig. 2 excepto que antes de la molienda, el nixtamal es secado en un tambor o cámara secadora (temperatura de 45-50°C). Después de la molienda y tamizado, la harina es empaquetada. (11) (18) (29)

Características del producto.

La harina de maíz nixtamalizado debe cumplir con las siguientes especificaciones :

Sensoriales .- color blanco amarillento, sabor característico del -- producto, no presentar signos de rancidez u otro olor extraño.

Físicas .- a) aspecto granuloso, con una finura tal que pase la malla número 60 equivalente a 0.250 mm.

b) si se mezcla con agua, deberá dar una consistencia de masa adecuada para hacer productos como tortillas, tamales, etc.

Químicas.- (en base seca)

Humedad %	11.0 máx
Proteína % (N x 6.25)	8.0 mín
Cenizas %	1.5 máx
Extracto etéreo %	4.0 mín
Fibra cruda %	2.0 máx

2.4.2. Cambios fisicoquímicos y nutricionales durante el proceso de nixtamalización.

La pérdida de nutrientes del maíz en la preparación de tortillas -- y otros alimentos puede ser debido a cambios químicos y físicos. Los cambios físicos son debido a la completa o parcial separación de algunos de los constituyentes del grano de maíz, por lo consiguiente se remueven los componentes que se encuentran en ellos. Los cambios químicos pueden ser en el lavado con agua o la destrucción de los nutrientes por los diferentes tratamientos (22). En el caso del maíz amarillo, Cravioto y et al, encontraron que aproximadamente 40 % de los carotenos fueron eliminados, y algunas pérdidas en tiamina y -

ELABORACION DE MASA DE NIXTAMAL

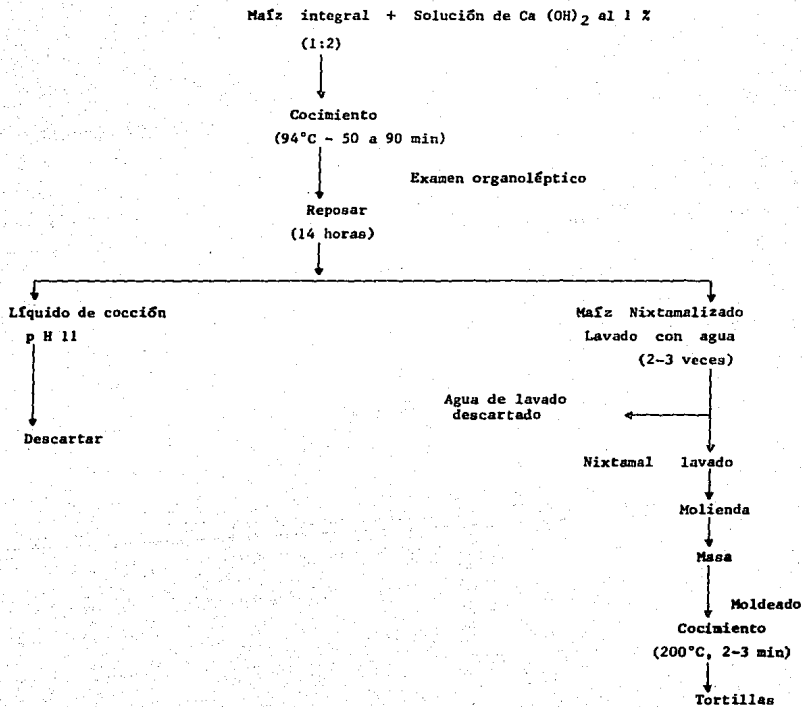


Figura 2.

niacina fueron también observadas, mientras que el contenido de calcio se incremento alrededor de 24 veces (cuadro V). Aproximadamente 3.4 % del nitrógeno que originalmente estuvo presente en el grano integral es perdido también en el líquido de cocimiento. (6) (29)

CUADRO V

Contenido de nutrientes durante la preparación de tortillas.

COMPONENTE	MAIZ		NIXTAMAL		MASA		TORTILLA	
	A	B	A	B	A	B	A	B
(g/100 g)								
Humedad	15.0	—	45.50	—	51.90	—	38.90	—
Nitrógeno	1.19	1.40	0.74	1.36	0.65	1.35	0.84	1.37
Genizas	1.17	1.38	0.92	1.69	0.81	1.69	1.03	1.69
(mg/100 g)								
Calcio	8.0	9.0	120	220	108	224	131	214
Fósforo	242	285	180	330	154	320	195	320
Hierro	3.2	3.8	2.1	3.9	2.1	4.2	2.8	4.5
Caroteno	0.45	0.53	0.24	0.44	0.21	0.44	0.19	0.30

A = Base húmeda B= Base seca.

Fuente : Parades López O. et al (29).

Estudios de investigación han mostrado que la solubilidad de zeína es significativamente disminuida por el tratamiento de nixtamalización. Este tratamiento también incrementa la proporción de la mayoría de los aminoácidos esenciales libres. La pérdida de leucina durante el proceso mejora el valor biológico de la proteína de la tortilla por la parcial corrección de la desproporción isoleucina-leucina, efectos que dan una probable explicación -- para el mejoramiento del crecimiento de ratas alimentadas con tortillas cuando son comparadas con maíz. (6)

2.5 Modificaciones químicas y nutricionales de las proteínas de los alimentos debido al procesamiento.

Por sus efectos en la calidad de la proteína, la temperatura en el procesamiento de alimentos es uno de los factores más importantes.

El efecto del tratamiento en las proteínas de los alimentos puede producir cambios en el valor nutritivo si dicho alimento constituye una proporción razonable de la dieta. Los métodos para medir valor nutritivo (VB, NPU, PER) revelan cambios solamente cuando los aminoácidos limitantes son los afectados.

Los factores principales que controlan el grado de daño a las proteínas por efecto de la temperatura son : tiempo de calentamiento, presencia de humedad, sustancias reductoras y pH.

Pérdidas en valor nutritivo pueden resultar de diferentes reacciones: destrucción de los aminoácidos por oxidación, modificación de algunos de los enlaces entre los aminoácidos de modo que su liberación es retenida durante la digestión, formación de enlaces que no son hidrolizados durante la digestión, esto es, pérdida de disponibilidad biológica y formación de sustancias tóxicas o antinutricionales, pérdidas de sabor (22).

El análisis convencional de nutrientes como carbohidratos, grasas, aminoácidos, minerales, vitaminas y elementos traza, antes y después del proceso dan información básica del contenido de nutrientes y su pérdida.

Métodos químicos tradicionales como cromatografía de intercambio iónico de hidrolizados ácidos son utilizados para detectar el daño durante el proceso. Aunque el análisis de alimentos clásicos es la base para la evaluación del daño proteínico, no da una imagen verdadera de disponibilidad biológica; esto es, la cantidad de nutriente realmente utilizado. Los ensayos biológicos son un procedimiento para la determinación de la disponibilidad de aminoácidos.

Aparte de las necesidades de todos los aminoácidos de estar presentes en el sitio de síntesis, la energía también es necesaria (6) (22) (25).

2.6 Valor nutritivo y métodos de evaluación biológica de calidad proteica.

Las proteínas difieren en valor nutritivo debido a las diferencias en la clase y cantidad de sus aminoácidos constituyentes, un ejemplo de ello es la caseína (proteína + ác. fosfórico), que promueve el crecimiento; la gliadina del trigo y el centeno sólo promueven el crecimiento con la adición del aminoácido lisina y , la zeína del maíz, necesita la adición de dos aminoácidos, triptófano y lisina.

Este tipo de nutrientes se distinguen además de su capacidad de promover el crecimiento, por conservar los compuestos que contienen nitrógeno del organismo. La eficiencia de una proteína para llevar a cabo estas funciones depende de la proporción de los aminoácidos esenciales presentes en la misma (17).

Aunque se ha dado énfasis en la investigación nutricional para el desarrollo de métodos microbiológicos, que permitan al investigador trabajar sólo con pocas células individuales, así como químicos y físicos no resultan satisfactorios para ser aplicados al hombre.

Mitchell y Hested, reportaron independientemente que el crecimiento del hombre se asemeja íntimamente al de ratas, en su utilización metabólica de proteínas alimenticias , indicando que los resultados de crecimiento en ratas son aplicables a la evaluación de dietas en humanos (9).

Las primeras pruebas de evaluación de la calidad nutricional de una proteína, se hicieron comparando las tasas de crecimiento de ratas alimentadas con las dietas por evaluar con ratas alimentadas con proteína que se sabía eran de buena calidad biológica como leche y huevo (método indirecto). Posteriormente surgen métodos directos que miden el nitrógeno retenido por estudios de equilibrio (en el caso de animales de experimentación) o por análisis del esqueleto y partes blandas. (17) (39)

2.6.1 RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA. " P.E.R. "
(Protein Efficiency Ratio)

En 1919 Osborne, Mendel y Ferry introdujeron el concepto de "PER" - el cual es probablemente el método más usado para la evaluación de proteínas, esto es, los gramos ganados en el animal por gramo de proteína consumida.
(9)

Los factores que afectan los ensayos de P.E.R. como son, edad de la rata, duración del período de ensaye, nivel de proteína y sexo de la rata --- pueden ser estandarizados para obtener resultados reproducibles. El grupo -- estándar de caseína en cada ensayo, reduce diferencias entre las ratas, laboratorios y tiempos de ensayo.

En el método estándar para evaluar proteínas, la Association of --- Official Analytical Chemists (AOAC) , especifica un nivel de 10% para proteína 8% de grasa, 5% de cenizas, 5% de humedad y 1% de fibra. Un análisis proximal de las dietas es necesario para que cada uno de los nutrientes estén dentro de los niveles de requerimiento, empleándose 4 semanas de examen, usando ratas machos destetadas de 21 a 28 días de edad, con un rango de peso individual entre las ratas menor o igual a 10 g, mantenidas en --- jaulas individuales , suministrando alimento y agua at libitum . A continuación se calcula el promedio del peso ganado y proteína (N x 6.25) ingerida -- por cada rata de cada grupo. Se calcula el PER de cada grupo y se determina la relación x 100 de cada uno con respecto al PER de caseína. Se reporta la calidad proteínica como relación porcentual del PER de la muestra con respecto al de la caseína.

$$\text{PER} = \frac{\text{Incremento en peso}}{\text{proteína consumida}}$$

Sin embargo, otros investigadores proponen reportar el valor de --- PER del alimento de prueba, como un PER corregido, asumiendo que el PER de -- caseína permanezca constante en un valor de 2.5 ; por lo tanto:

$$F = \frac{2.5}{\text{PER experimental del grupo de caseína}}$$

$$\text{PER}_{\text{ajustado}} = \text{PER}_{\text{exp}} \times F$$

Se ha sugerido que se tome en cuenta el uso de un grupo control no - proteico (D.L.N) para mantenimiento. (4) (9)
(D.L.N) = Dieta libre de nitrógeno.

2.6.2 RELACION NETA DE PROTEINA . "N.P.R" (Net Protein Ratio)

Bender y Doell propusieron el uso de N.P.R. , el cual es simplemente el peso perdido de un grupo control negativo adicionado al peso ganado del grupo en estudio dividido por la proteína consumida de éste último, así :

$$\text{N.P.R.} = \frac{\begin{array}{l} \text{ganancia en peso} \\ \text{de la proteína} \\ \text{en estudio} \end{array} + \begin{array}{l} \text{peso perdido} \\ \text{en un grupo no} \\ \text{proteico (D.L.N)} \end{array}}{\text{peso de proteína consumida}}$$

Este calculo fué necesario para vencer las variaciones en alimento - ingerido encontradas en las determinaciones de P.E.R. (9)

En esta prueba se asume que la proteína requerida para prevenir la - pérdida de peso de las ratas alimentadas con una D.L.N. es equivalente a la -- proteína necesaria para el mantenimiento de los animales. Sin embargo, una falla de esta determinación es que frecuentemente sobreestima el valor de las -- proteínas de baja calidad.

2.6.3 INDICE DE CRECIMIENTO NITROGENADO. "N.G.I." (Nitrogen Growth Index)

Una modificación adicional a los métodos basados en el crecimiento - del animal de experimentación lo constituye el índice de crecimiento nitrogenado (N.G.I) el cuál es obtenido como la pendiente de la región lineal de la relación entre nitrógeno ingerido e incremento en peso.

Con este método al usar altos niveles de proteína, estas dietas pueden suministrar un indicador de ciertos efectos tóxicos; sin embargo, éste tiene la desventaja de no poderse aplicar como un método rutinario, ya que se deben suministrar varios niveles de cada una de las proteínas en estudio. (39)

La figura 3 muestra la relación entre los índices mencionados anteriormente.

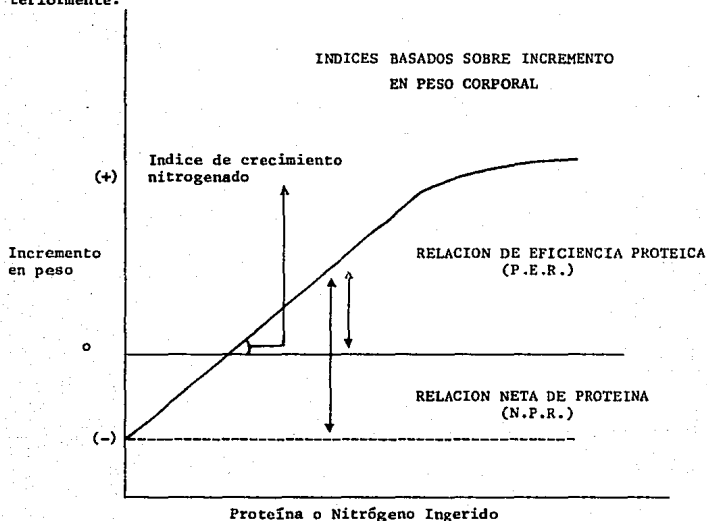


Fig. 3

2.6.4 BALANCE DE NITROGENO. "B"

Ya que el balance de nitrógeno está relacionado a la suma de la ganancia y pérdida de tejido muscular del cuerpo, éste puede ser usado como una medida de dietas proteicas para el animal en estudio.

El balance de nitrógeno se determina de la ecuación.

$$B = I - (U + F)$$

Significando un balance positivo, un organismo con adecuado suministro proteínico en desarrollo o reproducción; un balance cero, un organismo con adecuado suministro proteínico en madurez fisiológica; un organismo con inadecuado suministro de proteína tiene un balance negativo.

2.6.5 VALOR BIOLÓGICO . "VB" (Biological Value)

La fracción del nitrógeno absorbido que es retenido en el cuerpo para la utilización del organismo es reconocido como valor biológico de la proteína, concepto introducido en 1909 por Thomas y definido más tarde por Mitchell.

El valor biológico es determinado de la relación :

$$VB = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ absorbido}} \times 100$$

El balance de nitrógeno o valor biológico pueden ser considerados como un coeficiente de utilización de la proteína y , bajo condiciones bien controladas es función únicamente del perfil de aminoácidos y en especial de los aminoácidos esenciales de la proteína del alimento. (9)

Allison y colaboradores demostraron que con perros adultos estandarizados fue posible hacer una gráfica de nitrógeno absorbido contra balance de nitrógeno (figura 4) para obtener una línea recta. La relación lineal ayudó sólo en la región de balance de nitrógeno negativo y bajo balance positivo. La curva representa la proporción de nitrógeno ingerido y la tangente de la curva a cualquier ingestión fue llamado "Índice de Balance de Nitrógeno" de aquella ingestión. (4) (9)

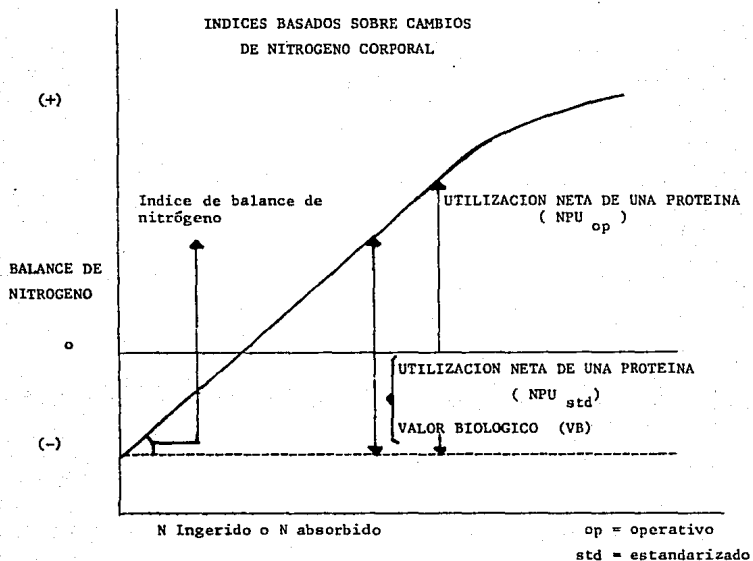


Fig. 4

2.6.6 DIGESTIBILIDAD . "D"

Es un índice o coeficiente de la digestibilidad de la proteína en -- el alimento, o sea la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de la -- proteína (s) para ser absorbidos por el organismo de prueba.

Ya que la digestibilidad esta influenciada por la solubilidad y susceptibili-- dad de la proteína al ataque enzimático, podemos citar algunos puntos que la -- afectan :

- a) La fracción proteínica puede estar protegida de la actividad enzimática por materiales celulares estructurales (celulosa, hemicelulosa, etc.)
- b) Algunas plantas, especialmente leguminosas contienen factores antinutricio-- nales (inhibidores de enzimas proteolíticas)
- c) Daño durante el procesamiento de ciertos alimentos o preparación de concen-- trados o aislados proteínicos.
- d) Cantidad consumida de alimento y estado del aparato digestivo.

La digestibilidad es determinada de la relación :

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

2.6.7 UTILIZACION NETA DE UNA PROTEINA. "N.P.U" (Net Protein Utilization)

Siguiendo la metodología propuesta por Thomas y Mitchell, basada --- en un esquema de balance de nitrógeno podemos definir el NPU, como la propor-- ción del nitrógeno consumido que queda retenida en el organismo ; está influen-- ciado tanto por la digestibilidad (D) como por la calidad de la proteína (VB).

$$NPU = \frac{N_{\text{retenido}}}{N_{\text{ingerido}}} \times 100$$

$$D \times VB = \frac{N_{\text{absorbido}}}{N_{\text{ingerido}}} \times \frac{N_{\text{retenido}}}{N_{\text{absorbido}}} \times 100 = \frac{N_{\text{retenido}}}{N_{\text{ingerido}}} \times 100 = NPU$$

Por lo tanto el NPU es el producto de valor biológico por la digestibilidad. (39)

Sin embargo, en 1953 Bender y Miller describieron una forma más sencilla y rápida para poder estimar el NPU, la cual se basa en determinar directamente el nitrógeno corporal; o sea determinar directamente el nitrógeno retenido en el carcass, a diferencia del método anterior que se podría considerar como una determinación indirecta del NPU. (9)

$$\text{NPU aparente} = \frac{\text{NCF} - \text{NCi}}{\text{I}} \times 100$$

Para que sea equivalente este valor de NPU directo al obtenido por el método de Thomas y Mitchell, es necesario considerar la pérdida de nitrógeno endógeno.

$$\text{NPU} = \frac{\text{NCF} - \text{NCE}}{\text{I}} \times 100$$

La determinación directa de nitrógeno corporal implica el uso de --- 4 camadas de 8 ratas; a un grupo de 4 animales, uno de cada camada es dado una dieta libre de nitrógeno y las 7 restantes alimentadas con 7 proteínas de prueba a un nivel de 10% por diez días. Cada grupo es alojado en una jaula y el consumo de alimento medido para todo el grupo.

Los animales son sacrificados, el nitrógeno corporal determinado y, el NPU calculado de la ganancia de nitrógeno corporal sobre el grupo libre de nitrógeno. (9)

Ya que el NPU es un índice que es afectado por la digestibilidad y la calidad de la proteína, se puede considerar como un indicador de mayor utilidad práctica.

Todas las anteriores determinaciones biológicas (PER, NPU, VB, ETC.) --- tienen la desventaja de que se aplican a simples fuentes de proteínas o mezclas bien definidas, aparte de que los niveles de proteína están abajo de los necesarios para obtener la óptima respuesta nutricional; en la actualidad se han descrito métodos para aplicarlos en dietas consumidas normalmente como ---

tales y donde entran en juego otros parámetros como son : la complejidad de --- las mezclas consumidas, la naturaleza e intervalo de alimentación, el efecto - del procesamiento y cocinado del alimento o dieta, el nivel de proteína y ---- otros nutrientes y la relación proteína/calorías.

Entre algunos de los métodos utilizados para ello están NPU Operativo (NPU_{op}), valor neto proteínico de la dieta ($ND_p V$) y porcentaje neto de calorías proteínicas en la dieta ($ND_p Cal \%$), (39)

NPU OPERATIVO (NPU_{op}) .- Platt y Miller propusieron el uso de alimentar a ratas con las dietas sin ninguna modificación exclusivamente liofilizándolas; a la vez que Miller y Bender propusieron realizar la determinación del NPU operativo.

VALOR NETO PROTEINICO DE LA DIETA ($ND_p V$) .-

Es obtenido del producto de NPU_{op} por el factor de la concentración de proteína.

$$ND_p V = NPU_{op} \times \text{conc de proteína}$$

Por lo tanto se puede decir que el $ND_p V$ es la proporción de proteína retenida a partir del alimento consumido por el animal de experimentación.

$$ND_p V = \frac{\text{Proteína retenida}}{\text{Alimento ingerido}} \times 100$$

PORCENTAJE NETO DE CALORIAS PROTEINICAS EN LA DIETA ($ND_p Cal \%$) .-

Ya que el $ND_p V$ no toma en consideración el contenido calórico de la dieta, y como es sabido, es importante la interrelación proteína-energía metabolizable se estableció el valor neto de calorías proteínicas en la dieta.

$$ND_p Cal \% = \frac{\text{Proteína retenida (expresada en Calorías)}}{\text{Energía metabolizable total en el alimento consumido}} \times 100$$

2.7 Energía.

Dado que se tiene una amplia información de fácil accesibilidad con respecto al metabolismo, requerimientos y cuantificación de proteínas, cosa -- que no sucede con los temas energéticos, a continuación se proporcionan conocimientos mas detallados referentes a éste aspecto.

2.7.1 Historia del metabolismo energético.

Los alimentos son tan necesarios para proveer tanto los requerimientos energéticos del cuerpo humano como los requerimientos proteínicos; aunque estos últimos sean los que determinan el crecimiento y regeneración de tejidos. Los requerimientos calóricos son vitales para mantener la vida y calor.

Lo anterior es la esencia de la ciencia de la nutrición, que se originó como tal en los trabajos realizados por Lavoisier "Padre de la Nutrición" en 1777, el cual sentó las bases del conocimiento del metabolismo energético, con su descubrimiento de la importancia del oxígeno en el proceso de combustión tanto in vitro como in vivo. (18)

Claude Louis Berthelot (1748-1822), "Padre de la termoquímica", fué el primero en abrir camino para la determinación del contenido energético de -- los alimentos por medio de la bomba calorimétrica.

En 1842 J. Von Liebig's demostró que eran los carbohidratos, proteínas y grasas los que se oxidaban en el organismo viviente y no el "carbono e -- hidrógeno" como había postulado Lavoisier.

Carl Von Voit, concluyó que el papel de las proteínas de la dieta no se limitaba a la transferencia de energía química en el desempeño del trabajo -- muscular.

V. Regnault y J. Reiset en 1849 mostraron que el valor del cociente -- respiratorio dependía de la naturaleza de los alimentos que son oxidados y no -- de la especie animal.

F. Bedder y C. Schmidt en 1852, hicieron estudios cuantitativos de -- proteína ingerida y nitrógeno eliminado encontrando que casi todo el nitrógeno era eliminado en heces y orina.

Fue Rubner el primero en analizar el valor calórico de los alimentos y proponer equivalentes calóricos para carbohidratos , protefmas y grasas .

W.O. Atwater y H.P. Armsby, construyeron el primer calorímetro de -- respiración humana.

Otras contribuciones en el aspecto de metabolismo energético fueron realizadas por Sherman, Mitchell, Forbes, Mendel, Mc. Collum y Maynard.

Gracias a los trabajos de estos investigadores se pudo formular la -- "ley de la isodinámica" ; según la cual una substancia alimenticia equivale a otra y puede sustituirla con tal de que ambas aporten la misma cantidad de -- energía y la "ley del mínimo proteico" que señala la necesidad de administrar un mínimo de ciertas substancias constitutivas o estructurales, del cual no se puede prescindir sin causar carencia. (3) (17) (40).

2.7.2 Principios de la calorimetría .

La calorimetría es la medición de la cantidad de calor desprendido , el valor energético de un alimento particular y de las necesidades diarias -- de energía de una persona; se determinan ambas por medio de la calorimetría --- directa o indirecta.

El efecto que resulta de la medición, son cambios de temperatura del medio ambiente o un flujo de calor .

Las mediciones calorimétricas están divididas según el principio en - que se basan, así tenemos calorímetros por :

- 1.- Compensación del calor mediante un cambio de estado (basado en el calor -- latente).
- 2.- Compensación del calor mediante un efecto termoeléctrico (basado en el calor endotérmico).
- 3.- Medición de una diferencia de temperatura a través del tiempo (basado en - un equilibrio de temperatura).

4.- Medición de una diferencia de temperatura en un punto o lugar. (18)

Los diferentes calorímetros se han utilizado en propósitos diversos esto debido al principio en que cada uno está basado.

Calorimetría directa .

La liberación de calor por el organismo humano puede medirse por -- calorimetría directa.

Este método físico remueve el calor eliminado vía radiación, conducción o convección utilizando una medida de corriente de agua fría fluida a -- través de tubería en la cámara.

El calor consumido o gastado en evaporación de agua por la piel y -- pulmones del sujeto, es determinado pasando el aire de la cámara a través de ácido sulfúrico absorbente y así, midiendo gravimétricamente la cantidad de -- agua de este origen o fuente.

Calorimetría indirecta.

La energía química utilizada de los depósitos corporales puede de-- terminarse por calorimetría indirecta. Si se mide el consumo de oxígeno , la producción de anhídrido carbónico y la excreción urinaria de nitrógeno, ade-- más de conocer ciertos factores predeterminados como equivalentes calóricos -- por litro de O_2 y CO_2 ; es decir litros de O_2 y CO_2 por gramo utilizados y -- producidos respectivamente , es posible averiguar el tipo y cantidad de sub-- stancias que han sido utilizadas del complejo metabólico. Además puede calcu-- larse la cantidad total de calor que resulta de la oxidación de estas substan-- cias . (36).

La producción de calor está estrechamente relacionada con el consu-- mo de O_2 y la producción de CO_2 cuando los compuestos orgánicos son oxidados in vivo o in vitro. Las cantidades de O_2 utilizado y CO_2 y calor producidos en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas pueden variar debido -- al diferente contenido de carbono y oxígeno de cada una de las 3 clases de -- nutrientes.

Si se mide el calor de combustión de grasas y carbohidratos en una bomba calorimétrica puede determinarse el valor calórico de estos materiales en el organismo.

La bomba calorimétrica está formada por una cámara metálica en la cual se colocan cantidades conocidas de una substancia. Se establece contacto entre la substancia y un alambre de hierro; la cámara se cierra herméticamente y se hace entrar oxígeno a alta presión. El calorímetro está sumergido en una cantidad determinada de agua, cuya temperatura se conoce; cuando se aplica una corriente eléctrica por el alambre, el material se quema y se produce una combustión completa.

Este proceso libera cierta cantidad de calor que depende de la naturaleza de la substancia empleada. El calor de combustión de una substancia (Kcal/g) -- puede calcularse partiendo del volumen de agua en el baño y del aumento en su temperatura.

El calor de combustión varía para los diferentes carbohidratos, -- aceptándose un valor promedio de 4.1 Kcal/g., en tanto que para los lípidos -- se acepta como valor promedio el de 9.3 Kcal/g. Las proteínas presentan características especiales porque su oxidación no se completa en el organismo. Algunos productos terminales del metabolismo proteico aparecen en los materiales excretados principalmente en la orina en forma de urea. Por lo tanto, la cantidad de calor producido por oxidación de este tipo de nutriente es diferente in vivo e in vitro. Se ha calculado que el valor calórico de las proteínas in vivo es de 4.3 Kcal/g. Los valores metabólicos son resumidos en el -- cuadro VI.

CUADRO VI
Valores metabólicos para los diversos nutrientes.

VARIABLE	CARBOHIDRATOS	GRASAS	PROTEINAS
Calor de combustión :			
Kcal/g	4.1	9.3	4.3
Kj/g	17.0	38.0	17.6
Litros de CO ₂ producido por la combustión de un gramo.	0.75	1.43	0.78
Litros de O ₂ utilizado para la combustión de un gramo.	0.75	2.03	0.97
Cociente respiratorio vol CO ₂ /vol O ₂	1.00	0.70	0.80
Equivalente calórico por litro de O ₂ emplea do. (Kcal/lt.)	5.00	4.70	4.50
Equivalente calórico por litro de CO ₂ pro-- ducido (Kcal/lt.).	5.00	6.60	5.00
Kilojoules/gramo			

Fuente: (36)

Entre otros métodos de calorimetría indirecta se encuentra el "procedimiento Haldane", el cual se basa en el cambio en peso de animales pequeños equivalentes a la suma algebraica del agua y CO_2 producido y O_2 absorbido.

Peso de O_2 = peso de H_2O + peso de CO_2 - peso perdido.

"El método de balance nitrógeno - carbono", es un método indirecto para calcular energía metabólica. Los únicos análisis implicados son nitrógeno, carbono y energía (bomba calorimétrica).

Una diferente manera de medir indirectamente la producción de calor puede ser llamado "Método de balance del cuerpo" en el cual se hace determinación de Nitrógeno y energía en cuerpo, heces y alimento (3).

2.7.3 Definición de términos.

La energía contenida en combustibles o alimentos significa la energía potencial química la cual puede ser liberada como calor de combustión medido en unidades de Calorías (cantidad de calor).

Las Calorías o Kilocalorías se definen como la cantidad de calor necesaria para incrementar la temperatura de 1 kg. de agua un grado centígrado, específicamente de 14.5°C a 15.5°C , situado a nivel del mar.

Alrededor de 1842 de acuerdo con Lusk, el inglés James Prescott Joule realizó experimentos sobre el equivalente mecánico de calor. Sus investigaciones establecieron la relación entre trabajo mecánico y calor asumiendo que una Kilocaloría es equivalente a 4.180 Joules ($\text{Kg m}^2 / \text{seg}$).

El estudio de las unidades métricas ha provocado controversia con el empleo de "Joule" en vez de Kilocalorías, particularmente cuando la energía se mide como "calor".

Algunos institutos entre ellos el Royal Society, han descrito que la Caloría debería ser omitida de la selecta lista de unidades establecidas por el Sistema Internacional de Unidades "SI" y, que el Joule deberá jugar un doble papel como la unidad de calor y energía mecánica.

La causa principal de que la Caloría no podía continuar indefinidamente como unidad de energía es que la Caloría no puede derivarse directamente de las unidades bases del SI (MKGS), sin usar un factor experimental determinado,

Los factores de conversión citados por Ames son 4.1852 a 4.1858 J , 4.1867 a 4.1868 para el así llamado "International steam table" y 4.1833 para la caloría termoquímica. (26)

El VIII Congreso Internacional de Nutrición, en 1969, aceptó que el Joule reemplazara a la Caloría dentro de la terminología de la nutrición y, - se estableció además que el cambio debería ser gradual por los efectos que -- podrían ocasionarse (1).

Un cambio de las unidades nutricionales básicas de la Caloría a el Joule, puede implicar confusión, el familiarizarse con ello es un proceso lento a causa, entre otras razones, de que no se dispone de tablas bromatológicas corregidas. Un cambio más real y menos laborioso, podría ser el redefinir la Caloría como una unidad de alimento más que de calor. La "nueva caloría" podría ser convenientemente definida como la cantidad de cualquier alimento, el cual cuando es usado por el cuerpo del animal exclusivamente para - la generación de energía produce 4.180 Joule.

Desde 1977 en la Trigésima Asamblea Mundial de la Salud, hubo el --- acuerdo en utilizar por completo el "Joule" (julio) como unidad de trabajo - energía o calor dentro del Sistema Internacional de Unidades, la abreviatura aceptada para el joule es J. (28).

El Kilojoules puede definirse como la energía empleada cuando 1 kg es desplazado un metro por un Newton, siendo el Newton la unidad de fuerza.

Las equivalencias entre Calorías y Kilojoules son citadas a continuación :

1 cal = 4.184	j	1 Kj = 0.239	Kcal
1 Kcal = 4.184	Kj	1000 Kj = 239.0	Kcal
1000 Kcal = 4,184.0	Kj	1 Mj = 239.0	Kcal
1000 Kcal = 4.184	Mj		

2.8 Necesidades energéticas.

Puesto que los seres vivos dependen del alimento como fuente de --- energía para trabajar y mantener la temperatura del cuerpo, es obvio que la - fotosíntesis es básica en lo que se refiere a la vida misma. En el curso de la utilización de los alimentos , estos son oxidados dentro de las células -- dando como productos finales CO_2 , agua y calor.

La cantidad de energía incorporada al organismo debe ser equivalente a la cantidad total eliminada para que se establezca un balance energético.

La proporción de la energía aportada por los carbohidratos, lípidos y proteínas es variable en las dietas de las diferentes culturas y estratos - socio-económicos; surgiendo así el concepto de "Densidad calórica" correspondiendo a la cantidad de Kilocalorías aportadas por gramo de dieta.

Las necesidades energéticas se derivan del metabolismo basal, actividad física, efecto dinámico específico de los alimentos y crecimiento.

2.8.1 Metabolismo basal.

El metabolismo basal, esto es, la cantidad de calor emitido por el individuo durante el descanso físico, digestivo y emocional, se refiere únicamente a la cantidad de energía necesaria para los procesos vitales como actividad cardíaca, función renal y respiratoria.

Después de los trabajos de Voit, se consideró a la superficie corporal como una buena variable independiente , para juzgar o expresar la magnitud del metabolismo basal, pero cada vez se hace más evidente la falta de relación directa entre ambas y, en los seres humanos parece ser mejor la relación que existe con el peso corporal.

Existen ciertos factores los cuales afectan el metabolismo basal , ellos son tamaño del cuerpo, la composición de éste, edad, estado de salud y secreciones glandulares endocrinas . En un tiempo se pensó que la raza y el clima podrían afectar el metabolismo , pero estos factores han sido descartados (3) (17) (40).

2.8.2 Actividad física.

El costo energético de actividad física o muscular es el segundo --- gasto calórico mayor en el cuerpo. Se ha demostrado que el costo por actividad física representa aproximadamente 1/4 del total de energía gastada de una persona con actividad moderada. Sin embargo en el caso de personas muy activas, --- éste puede exceder a aquel del metabolismo basal. (3)

Un gasto energético individual para una actividad física específica implica 3 factores: el costo energético de la actividad , el tiempo gastado --- en la ocupación de la actividad y el tamaño corporal del individuo.

Taylor y Mac Leod han publicado una lista de actividades basadas en Cal/Kg de peso corporal/hora que son comúnmente usadas en el estudio de meta--- bolismo energético.

Entre algunos de los gastos energéticos de diversas actividades donde se excluye el metabolismo basal e influencia del efecto dinámico específico tenemos: ciclismo 2.5, bailar 3.8, comer 0.4, nadar 7.9, escribir 0.4 Cal/Kg/ hr. entre otros (3).

2.8.3 Efecto térmico de los alimentos.

La utilización de los alimentos implica empleo de energía que condic--- iones un aumento en los requerimientos. Este aumento representa el "costo ener--- gético" que para el organismo significa la digestión y la asimilación del ali--- mento. Inicialmente se le conocía como acción dinámica específica , denomina--- ción que a propuesta de Kleiber, se ha desechado por ser poco connotativa.

Los lípidos tienen un efecto térmico de 4.0 % , los carbohidratos de 6.0 % y las proteínas de 30.0 % , siendo éste último nutriente disminu~~ido~~ cuando el organismo tiene balance positivo de nitrógeno.

Las cifras varían de acuerdo a la composición de los alimentos y --- de la dieta y resulta menor que la suma del efecto térmico aceptado para cada uno de los nutrimentos energéticos en forma individual; sin embargo en la práctica, es este último método el que se utiliza para calcularlo.

La distribución más deseable de energía de una dieta normal es aquella en que los carbohidratos contribuyen con 65% , proteínas 10% y grasas 25%, por lo tanto, se considera que el efecto térmico de la dieta es de 7.90%.

El grado del efecto térmico depende también de la cantidad de nu--- trientes dado, el metabolismo basal del sujeto y las condiciones nutritivas -- del sujeto. (40)

2.8.4 Necesidades totales de energía.

Es posible calcular la necesidad global de energía de un individuo - por medio del método factorial utilizando el factor "costo" o gasto de energía para cada actividad efectuada y el tiempo dedicado a cada una de ellas en 24 - horas.

Un segundo método para asegurar los requerimientos energéticos de un individuo es por el uso aceptado de estándares o tablas de asignación de energía recomendada. Las raciones de energía recomendadas en 1974 por el Food and Nutrition Board son : 3000 Kcal (12522 Kj) y 2100 Kcal (8786 Kj) para hombres y mujeres respectivamente.

Las necesidades de energía según la Organización de las Naciones Uni das para Alimentos y Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS) se basan en el varón y mujer de "referencia" moderadamente activos, siendo --- 3200 y 2300 calorías por día respectivamente.

Se han confeccionado tablas para apreciar las necesidades de energía de adultos de diverso tamaño corporal y según las diversas ocupaciones.

(3) (17)

2.9 Metabolismo energético.

El proceso que experimentan los elementos nutritivos del alimento -- para liberar la energía que han de utilizar las células se designa como metabolismo energético.

Los constituyentes orgánicos de la dieta principalmente grasas, carbohidratos y proteínas representan el potencial químico de energía el cual es -- transformado hacia otra forma: energía química para la síntesis de elementos nutritivos, energía mecánica para la contracción de los músculos, energía eléctrica para la conducción de los impulsos nerviosos y energía osmótica para el transporte de sustancias a través de membranas.

Dichas transformaciones no se producen en sentido opuesto como es mostrado en la figura 5. (17) (36)

TRANSFORMACIONES BIOLÓGICAS DE ENERGÍA

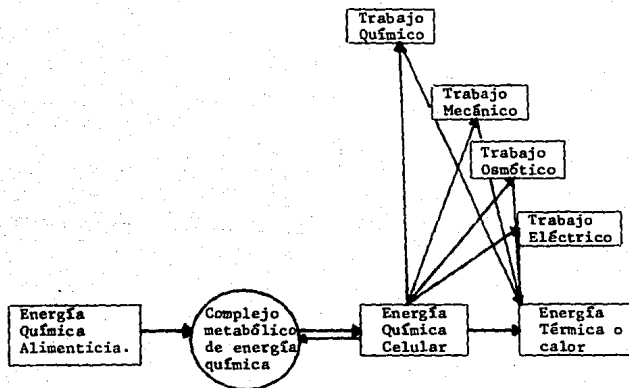


Figura 5

Un conocimiento de la utilización o distribución bajo condiciones ordinarias proporciona las bases necesarias para una perspectiva de los estudios que afectan el metabolismo energético, para ello es necesario entender el significado de los términos utilizados.

2.9.1 La energía gruesa o bruta (EG) de un alimento.- es el calor total producido cuando el alimento es quemado completamente en una bomba calorimétrica, o sea que es la energía potencialmente disponible, si se lleva a cabo una completa oxidación.

2.9.2 Energía digerible (ED) .- este índice nos trata de definir aquella energía que es absorbida por el organismo diferenciándola de la no digerible y que es eliminada en las heces. Esta energía fecal aparte de la no digerible nos indica aquella proveniente de la energía metabólica endógena "Per se" ; puede ser considerada como el primer paso en una evaluación nutricional más refinada.

Una medida de energía digerible aparente pero expresada en unidades de peso o por ciento más bien que de energía es conocido como nutrientes totales digeribles (NTD). Para convertir los NTD no calóricos a sistemas calóricos (ED), Swift (1957) sugirió el factor 2000 Kcal/lb o 4.4 Kcal/g que multiplicado por el peso de NTD da el equivalente en Calorías. (3) (10).

$$ED = EG - EF$$

2.9.3 La energía metabolizable (EM) .- es la energía gruesa del alimento ingerido menos la energía fecal, urinaria y en el caso de rumiantes menos la energía en productos gaseosos de digestión (PGD) metano, que resulta principalmente del metabolismo microbiano en el rumen. La pérdida de energía en la orina representa la energía endógena, o sea, la fracción de energía que aunque es absorbida no llega a ser oxidada dentro del organismo.

$$EM = EG - (EF + EU + PGD)$$

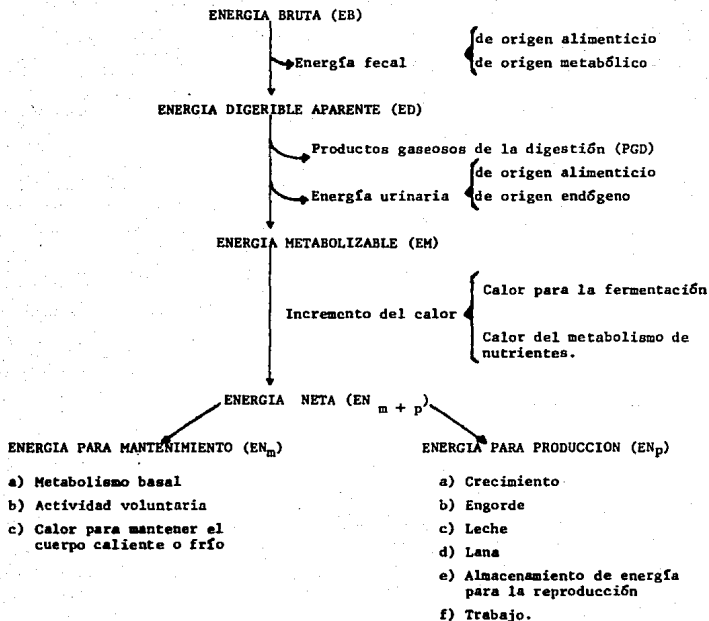
$$PGD = 0 \text{ (PARA MONOGASTRICOS)}$$

2.9.4 La energía neta (EN).- puede ser definida como la energía --- metabolizable menos el efecto térmico de los alimentos (I.C.). Este tipo de energía incluye la cantidad de energía disponible para mantenimiento (EN_m) y producción (EN_p). Solo la cantidad de alimento ingerido por encima de los requerimientos de mantenimiento es disponible para producción.

Si se trabaja con animales que están en la fase de crecimiento, podemos suponer que la energía productiva (EN_p) será exclusiva para la formación de tejido músculo-esquelético, con lo cual será requisito indispensable un adecuado suministro de una fuente proteínica; por lo cual si alimentamos -- animales con una dieta libre de proteína o más estrictamente sin nitrógeno --- (DLN), la energía que consumen será exclusivamente la energía para el mantenimiento (EN_m).

$$EN = EM - IC$$

En la figura 6 , se tiene un esquema que muestra la pérdida progresiva en energía y los diferentes índices energéticos que se acaban de definir.



Esquema convencional de utilización de la energía

Fig. 6

Fuente: Church, D.C. et al. (10)

I I I OBJETIVO

Tomando en cuenta la necesidad que se tiene de proveer de mayor cantidad de -
proteínas de buena calidad, a los grupos de población que más lo necesitan, -
el objetivo de este trabajo es realizar una investigación sobre productos ela
borados a base de maíz, observando el efecto que tiene el tratamiento térmico
en lo referente al valor nutritivo y contenido calórico, relacionando estas -
variables con su costos.

El estudio se ha dividido con este fin en varias partes:

1. Analizar la composición bromatológica de los alimentos elaborados, dando -
prioridad al contenido proteínico.
2. Determinar el contenido calórico de los productos
3. Desarrollar la evaluación biológica
4. Referir costos proteínicos - calóricos para seleccionar el mejor sustento.

IV PARTE EXPERIMENTAL .

CONTENIDO .

- 4.1 Material y métodos
- Preparación de los alimentos en estudio.
- 4.2 Análisis bromatológico.
- 4.3 Densidad calórica.
- 4.4 Pruebas biológicas.
- 4.5 Estudio estadístico.

IV . PARTE EXPERIMENTAL

4.1. MATERIAL Y METODOS :

Básicamente el grano de maíz criollo del Municipio de Jilotepec --- Estado de México, fue el material principal empleado en el presente estudio .

Este trabajo se dividió en las siguientes partes :

- a) Preparación de los alimentos en estudio.
- b) Análisis bromatológico de los alimentos preparados.
- c) Determinación de densidad calórica en las muestras estudiadas.
- d) Pruebas biológicas para determinar la calidad proteínica de las muestras.
- e) Determinación de costos relativos.

a) Preparación de los alimentos de estudio :

En la figura 7 se ilustran los diversos alimentos elaborados siendo estos: grano integral, maíz nixtamalizado, tortillas, tortillas con frijol -- (tacos), tamal con y sin carne, atole de leche y, hojuelas de maíz comercial.

Ya que el contenido de humedad original de algunos alimentos, es -- relativamente alto, fué necesario remover el exceso de agua por algún procedi miento que no fuera drástico y que pudiera afectar la calidad nutricional ; - por lo tanto en las figuras 8,9 y 10 se muestran los diagramas ilustrativos , que indican como se trabajaron estos alimentos.

En el cuadro VII, VIII y IX se muestra la formulación de algunos de los alimentos elaborados.

Procesos de elaboración de las muestras :

a.1).- GRANO INTEGRAL :

Una vez desgranada la mazorca, se procedió a la limpieza y homogeni zación del maíz previo a su utilización, almacenándose a temperatura ambiente durante la presente investigación.

OBTENCIÓN DE HARINA PARA LOS PRODUCTOS DE BAJO E INTERMEDIO
CONTENIDO DE HUMEDAD.

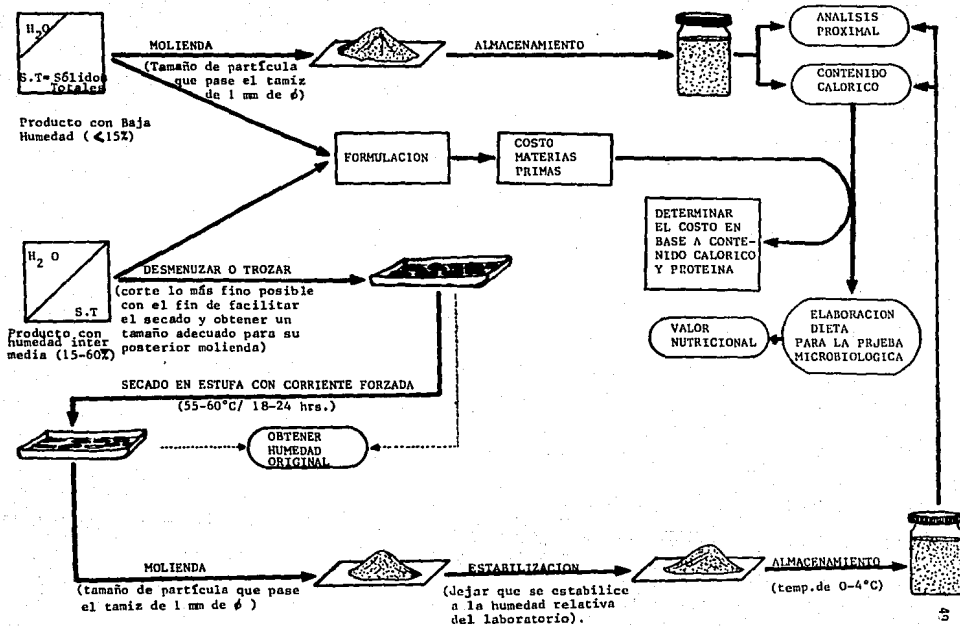


Fig. 8

OBTENCION DE HARINA PARA EL PRODUCTO DE ALTO CONTENIDO DE HUMEDAD.

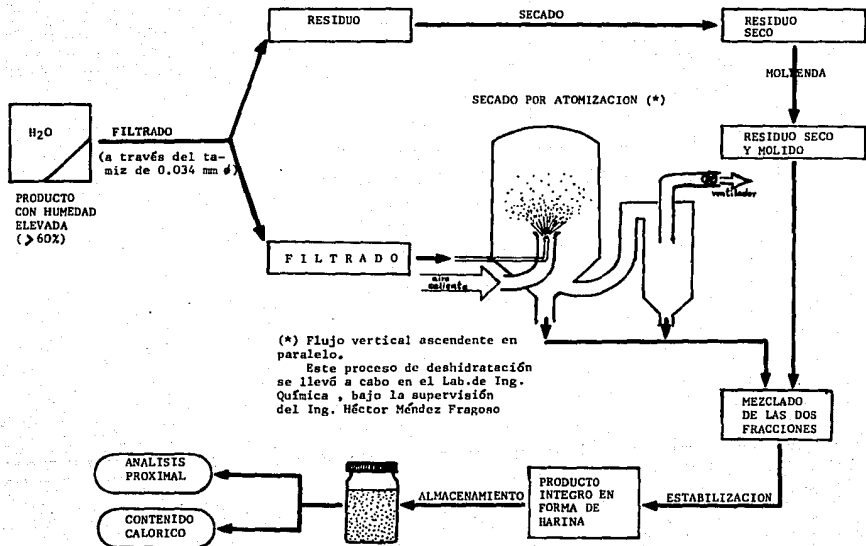


FIG. 9

La muestra de maíz integral se molió en molino marca Thomas-Willey - Mod. 4 para sus posteriores determinaciones.

a.2) .- MAÍZ NIXTAMALIZADO :

El método seguido en la nixtamalización, fue el llamado método case-ro, que es un método muy semejante al proceso seguido industrialmente.

Para nixtamalizar el maíz, se puso éste con el doble de su peso de agua, se le adicionó hidróxido de calcio (cal comercial) en cantidad de 2.5% y se sometió a un calentamiento con temperatura de 92°C durante 50 minutos, -- de esta forma se obtuvo un maíz cocido que se dejó en reposo durante 12 horas después de las cuales las aguas residuales (nexayote) fueron eliminadas lavando por decantación 2 veces con agua; el lavado fue profundo, frotando los granos unos con otros de tal manera de eliminar el exceso de hidróxido de calcio; el maíz así cocido se llama nixtamal.

Una vez lavado el maíz se pasó a una estufa con corriente forzada -- (LAB-LINE, mod. IMPERIAL III) a una temperatura de 50-60°C durante 30 horas -- con el fin de eliminar el exceso de humedad. A continuación el maíz ya seco -- se molió para obtener la harina, una vez estable ésta fue envasada y almacenada a una temperatura de 0-4°C.

En el caso de obtener directamente masa el proceso varía en que se -- realiza una molienda húmeda del grano nixtamalizado en un molino pequeño de -- discos rugosos.

a.3) .- TORTILLA :

La elaboración de tortillas, se logró tomando una muestra de aproximadamente 35 g de masa , se hizo el "teztal" (bola de masa) y se colocó en una máquina tortilladora manual, la cual al prensar el "teztal" produjo un disco -- delgado que fue colocado sobre una superficie caliente (calor seco) para su -- cocimiento, primero durante 15 segundos formando lo que se llama "derecho" de la tortilla y posteriormente al volverse para ser cocida por el reverso, se -- dejó en contacto con el comal durante 30 segundos aproximadamente; nuevamente se le dió vuelta y se dejó en contacto con la superficie caliente otros segun

dos para formar la "ampolla" de la tortilla, que indica el fin de la elaboración.

Dicho producto se considera con una humedad intermedia (15-60%), -- por lo que se prosiguió a trozar las tortillas, secar en estufa con corriente forzada (55-60°C/18-24 horas), moler a un tamaño de partícula de 1 mm de ϕ , estabilizar a la humedad ambiental y almacenar a una temperatura de 0-4°C.

a.4).- TORTILLA - FRIJOL (TACO) :

Se elaboraron lo que se conoce comúnmente como "tacos" de frijol -- utilizando frijol cocido Canario 107, proporcionado por la Escuela Nacional - de Agricultura Chapingo, México.

Las condiciones de cocción del frijol son similares a las caseras temperatura de 92°C y tiempo de cocción de 120 minutos.

El secado del producto se desarrolló en las mismas condiciones de tiempo y temperatura que las tortillas, pero en este caso se secaron y molieron por separado tortilla y frijol. Fue necesario sacar la relación de dichos componentes en su forma original para poder hacer la relación en su forma seca, la cual fue aproximadamente de 1:1.

a.5) .- TAMAL SIMPLE :

En el cuadro VII se muestra la formulación de dicho alimento :

CUADRO VII

COMPONENTE	TAMAL SIMPLE (%)
Harina de maíz nixtamalizado	69.69
Manteca vegetal	17.42
Royal	0.42
Agua	8.71
Na Cl	3.76

METODO Y CONDICIONES DE PREPARACION DE NIXTAMAL Y TORTILLAS

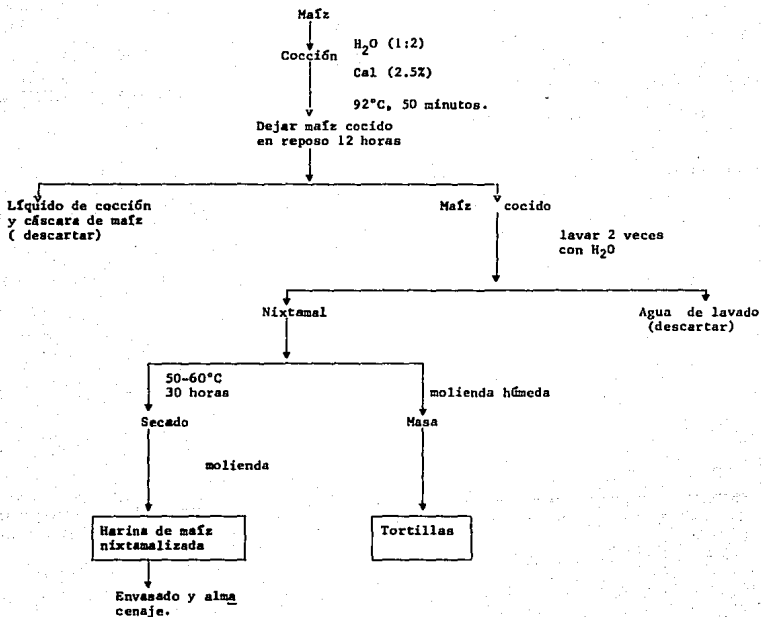


Fig. 10

La elaboración se desarrolló con un método casero, cociéndose con - calor húmedo (vapor de agua) durante 90 minutos. Se procedió a obtener harina de tamal; considerando que es un producto con humedad intermedia, se desmenuza para facilitar el secado en estufa con corriente forzada a una temperatura de 60°C durante 36 horas. Pasa por una molienda en mortero para obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1 mm. de ϕ y se almacena a temperatura - de refrigeración.

a.6) .- TAMAL CON CARNE :

El alimento se procesó en forma similar al tamal simple, con excepción de que en este se adicionó además otra fuente proteínica siendo ésta carne magra de pollo.

La formulación de dicho producto se presenta en el cuadro VIII.

CUADRO VIII

COMPONENTE	TAMAL CON CARNE %
Harina de maíz nixtamalizado	53.28
Manteca vegetal	13.32
Royal	0.32
Agua	6.66
Na Cl	2.88
Carne magra (pollo)	23.55

a.7) .- ATOLE DE LECHE :

En el cuadro IX se muestra la formulación por litro de atole.

CUADRO IX

COMPONENTE	ATOLE %
Harina de maíz nixtamalizado	3.90
Leche en polvo Nido	11.26
Agua	77.93
Sacarosa	6.93

El método casero fue seguido en este caso para la obtención de la bebida, es decir se disuelven todos los ingredientes en agua y se someten a un tratamiento térmico por un período de 30 min. a temperatura cercana a la ebullición.

Para las posteriores determinaciones hubo la necesidad de transformar el líquido en harina de atole utilizándose para esta finalidad un equipo secador de espumas marca "Swenson".

Las condiciones de secado para atole son :

Temperatura de entrada de aire caliente : 121°C
 Temperatura de salida de aire de cámara de secado: 100°C
 Presión de aire de atomización : 2.1 Kg/cm²
 Presión de tanque de alimentación : 2.0 Kg/cm²

a.8) .- HOJUELAS DE MAIZ :

Producto comercial (Corn flakes de Kellog's) con baja humedad, por lo que se realizó solamente una molienda para obtener la harina.

4.2 ANALISIS BROMATOLOGICO DE LOS ALIMENTOS PREPARADOS :

Con objeto de conocer la composición química de las harinas de los productos mencionados anteriormente, se efectuó un análisis bromatológico que consistió en determinar :

Humedad
 Cenizas
 Proteína cruda
 Grasa cruda
 Fibra cruda
 Carbohidratos

Los métodos seguidos para estas determinaciones son las especificadas por la Association of Official Agricultural Chemist (AOAC) (2)

HUMEDAD

FUNDAMENTO.

Se basa en la pérdida de agua de la muestra por efecto de la temperatura. El dato se obtiene por diferencia de peso.

MATERIAL.

Estufa de vacío LAB-LINE mod. 3620
 Balanza analítica
 Desecador
 Pesafiltros o charolas de aluminio

TECNICA.

Es necesario tener los pesafiltros a peso constante, para lo cual se colocan en una estufa de vacío a una temperatura de 60°C por 2 horas o más hasta peso constante. En los pesafiltros o charolas a peso constante se pesan aproximadamente de 2 a 5 g. de muestra molida y homogénea, se colocan nuevamente en la estufa por 5 horas, se transfieren los pesafiltros a un desecador, hasta enfriar a temperatura ambiente, y se pesan tan rápido como sea posible.

CALCULOS

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

P_i = Peso de pesafiltro más muestra húmeda

P_f = Peso de pesafiltro más muestra seca

m = Peso de muestra.

CENIZAS**FUNDAMENTO.**

Al incinerarse una muestra se logra la destrucción de materia orgánica, obteniéndose como residuo las cenizas que forman la parte mineral de un alimento pudiéndose cuantificar.

MATERIAL

Mufla THERMOLYNE , mod. 1500

Balanza analítica

Mechero bunsen

Crisoles de porcelana

Desecador

Balanza analítica

TECNICA

Pesar de 2 a 3 g. de muestra en un crisol de porcelana previamente a peso constante. Los crisoles con la muestra, se colocan en posición inclinada en un triángulo de porcelana sobre un tripié , calentándose con mechero directamente hasta la completa carbonización de la muestra. Posteriormente se mete a la mufla a una temperatura de 500-550°C, durante el tiempo necesario --- para obtener cenizas blancas o grisáceas homogéneas.

Se debe evitar elevar la temperatura de 550°C, para que no se volatilicen los cloruros. Se dejan enfriar los crisoles y se colocan en un desecador para que adquieran la temperatura ambiente, a continuación se pesan. La diferencia entre el peso del crisol con cenizas y vacío indica el contenido de las mismas.

CALCULOS

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Pf}-\text{Po}) \times 100}{m}$$

Pf = Peso del crisol más muestra incinerada .

Po = Peso del crisol a peso constante.

m = peso de muestra.

PROTEINA CRUDA

FUNDAMENTO

(Método de Micro-Kjeldahl)

La determinación de proteína consta de :

A) Digestión de la muestra.- Consiste en una oxidación de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico para formar CO₂ y H₂O y liberar el nitrógeno como amonio. El amonio existe en la solución ácida como sulfato ácido de amonio, debido a que hay un exceso de ácido en la mezcla de reacción.



B) Destilación.- El amoniaco obtenido es liberado por acción de un álcali recibiendo en ácido bórico, con el que forma el borato de amonio, que es titulado con una solución valorada de ácido clorhídrico.

De esta forma, se obtiene el porcentaje de nitrógeno de la muestra - el cual al multiplicarlo por el factor de conversión correspondiente se convierte en porcentaje de proteína cruda.

MATERIAL/REACTIVOS

Digestor de microkjeldahl TECATOR, mod. ab-20/40

Dispositivo de microdestilación LABCONCO.

Balanza analítica.

Tubos de digestión TECATOR de 75 ml.

Matraces erlenmeyer de 250 ml.

Bureta graduada de 50 ml.

Mezcla digestiva (a)

Peróxido de hidrógeno al 30 %

Sulfato de potasio (R.A)

Solución de Na OH al 60 %

Solución de ácido bórico con indicadores (b)

Solución de HCl 0.01 N valorada.

(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, y agregar 50 ml de ácido ortofosfórico (H_3PO_4), una vez disuelto se adiciona 430 ml de ácido sulfúrico concentrado, mezclar durante 30 min.

(b) Solución de ácido bórico con indicadores: Pesar 5 g de ácido bórico y colocarlo en un matraz aforado de 1000 ml y adicionar agua destilada hasta disolverlo. Posteriormente 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 de bromocresol + 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 ml con alcohol etílico). Se agrega más agua hasta cerca del aforo; se ajusta el color a un tono café rojizo con ácido o álcali según se requiera y se afora a 1000 ml.

TECNICA.

Se realizaron determinaciones de porcentaje de nitrógeno en alimentos, orina y heces. Para las muestras de orina, esta se recogió en papel absorbente empapado en ácido bórico al 1 % y secado para que, posteriormente se extraiga ésta del papel filtro con aproximadamente 125 ml de agua destilada y agitación de una hora para después llevar a un aforo de 100 ml con agua destilada.

Una vez obtenida la solución de orina, se adiciona la cantidad necesaria en tubos de digestión para que exista un gasto de ácido en la titulación significativa.

Las muestras sólidas se secaron en estufa a 80°C y se molieron. Posteriormente se pesan de 20-60 mg de muestra por duplicado y se colocan en tubos de digestión, se adicionan para ambos tipos de muestra aproximadamente -

0.5 g de sulfato de potasio y 3 ml de mezcla digestiva. Se colocan los tubos - en el digester por espacio de 15 min a una temperatura aproximada de 300°C , después de ello se sacan del digester, se enfrían y adicionan 1.5 ml. de peróxido de hidrógeno al 30 % , colocar nuevamente en el digester a una temperatura de 370°C hasta que la digestión sea completa, aproximadamente una hora.

Una vez realizada la digestión se dejan enfriar los tubos y se procede a la destilación, vaciando por la copa de adición al microdestilador, enjuagando ésta y los tubos con la mínima cantidad de agua destilada.

Después añadir también por la copa de adición 15 ml de NaOH al 60% en forma -- lenta pero continua. El destilado se recibe en un matraz que contenga 50 ml -- del ácido bórico procurando destilar hasta un volumen de 100 - 125 ml.

Al recibir el amoníaco en la solución de ácido bórico, el indicador que contiene éste vira del café rojizo al verde esmeralda.

Finalmente el amoníaco atrapado en el ácido bórico se titula con --- HCl 0.01 N, hasta un vire de color verde esmeralda a un rosa claro. Al mismo tiempo se hace el análisis de un blanco con los reactivos.

CALCULOS

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

P = ml de HCl 0.01 N usados para titular problema.

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

Meq = Miliequivalentes de nitrógeno.

m = Peso de muestra

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

F = Factor de conversión.

GRASA CRUDA

FUNDAMENTO.

Esta determinación se basa en la solubilidad de las grasas en éter -

etílico anhidro, el cual al calentarse se volatiliza y al hacer contacto con una superficie fría se condensa, pasando a través de la muestra y acarreado consigo las sustancias solubles en el éter.

MATERIAL/REACTIVOS

Aparato de extracción Goldfish, LABCONCO
Cartuchos o dedales de celulosa.
Estufa de vacío LAB-LINE , mod. 3620
Vasos de borde esmerilado
Desecador
Balanza analítica
Eter etílico (anhidro)

TECNICA

Se colocan los vasos de borde esmerilado en una estufa de vacío a 60-62°C durante dos horas hasta obtener peso constante. Se transfieren los vasos a un desecador dejándose enfriar antes de pesarlos.

Pesar aproximadamente de 2 a 5 g de muestra seca, la cual se coloca en el cartucho de celulosa y éste a su vez en el extractor Goldfish. En los vasos de borde esmerilado se colocan 50 ml de solvente, estos se insertan al condensador con un empaque y se sostienen con un anillo de rosca evitando con esto fugas del sistema.

A continuación se hace funcionar el aparato aproximadamente 8 horas hasta observar que ya no se extrae grasa, después de dicho tiempo se cambia el cartucho por un recolector para recuperar el éter.

El vaso con la grasa cruda se mete a la estufa de vacío a una temperatura de 60°C aproximadamente dos horas, después se mantienen en el desecador hasta que se enfríe a temperatura ambiente; se pesa y por diferencia con el peso del vaso se obtiene la cantidad de grasa cruda, expresándose como por ciento de muestra seca.

CALCULOS

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{(\text{Pf} - \text{Po})}{m} \times 100$$

Pf = Peso del vaso después de la extracción.

Po = Peso del vaso antes de la extracción.

m = Peso de la muestra.

FIBRA CRUDA.

FUNDAMENTO.

Se denomina fibra o fibra cruda, a la fracción de polisacáridos de los tejidos vegetales, que no son digeridos por las enzimas intestinales de los monogástricos. De acuerdo a Weinde, la fibra cruda es la pérdida por ignición, del residuo seco remanente de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio al 1.25 % bajo condiciones bien especificadas, de una muestra previamente desengrasada.

MATERIAL / REACTIVOS.

Vasos de Berzelius de 600 ml.
 Aparato de digestión LABCONCO.
 Estufa de vacío LAB-LINE, mod. 3620 .
 Mufla THERMOLYNE, mod. 1500.
 Crisoles de porcelana.
 Paño de lino o papel filtro No. 40
 Matraces kitazato de 1000 ml.
 Embudo buchner.
 Solución de H₂SO₄ al 1.25 %
 Solución de Na OH al 1.25 %
 Antiespumante (emulsión Sigma-B)
 Alcohol etílico.
 Asbesto preparado.

TECNICA.

Se pesan de 3 a 5 g de muestra desengrasada, sobre un vaso Berzelius,

0.5 g de asbesto preparado y unas perlas de vidrio. Se agregan 200 ml de la solución ácida que esté hirviendo y gotas de antiespumante, el vaso es colocado en el aparato de digestión previamente caliente dejando digerir 30 minutos exactos.

Se filtra con ayuda de vacío el contenido del vaso a través de un paño de lino y se lava con agua caliente hasta la neutralidad, transferir el contenido del filtro al vaso y se adicionan 200 ml de hidróxido de sodio hirviendo, procediéndose de igual forma que en la hidrólisis ácida. Después de neutralizado el residuo se lava con 25 ml de alcohol etílico al 95 %.

La muestra se pasa a un crisol de porcelana (a peso constante), el cual se seca a 60-62°C durante 4-8 horas en estufa de vacío, después se pesa.

A continuación se carboniza y se introduce en la mufla para su incineración, para después de realizada dicha operación volver a pesar el crisol.

La diferencia de los pesos nos da el contenido de fibra cruda.

CALCULOS.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{Ps - Pc}{m} \times 100$$

Ps = Peso crisol con residuo después de secado

Pc = Peso crisol con residuo después de calcinado.

m = Peso de muestra.

CARBOHIDRATOS ASIMILABLES (Por diferencia)

Determinación absolutamente teórica, ya que para obtener este dato se procede de la forma siguiente: se suman los porcentajes de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda y fibra cruda y se le restan a 100, reportándose la diferencia como el porcentaje de carbohidratos asimilables en la muestra.

4.3 DENSIDAD CALORICA

FUNDAMENTO.

El incremento de temperatura temporal por efecto de la combustión

total de la muestra, dentro de un recipiente cerrado con exceso de oxígeno, -- proporciona en un termopar, una señal eléctrica que produce una deflexión que se traduce posteriormente en un valor calórico.

MATERIAL/REACTIVOS.

Bomba calorimétrica GALLENKAMP, mod. CBB-330-0101

Balanza analítica.

Estufa de vacío LAB-LINE mod. 3620.

Crisoles de acero inoxidable de 2.54 cm. de ϕ

Mecha de algodón de 50 mm. de longitud.

Mango metálico prensador.

Acido benzóico (Valor calórico certificado: 26,454.3 Joules/gramo pesado al aire, de la British Chemical Standards).

TECNICA.

Se realizaron determinaciones de densidad energética en alimentos, -- dietas, heces y orina, con objeto de conocer la cantidad de energía en térmi-- nos de kilocalorías que proporciona un gramo de muestra. Para el caso de ali-- mentos, heces y dietas se trabajó en forma de harina homogénea efectuándose -- para ello una molienda. En muestras de orina fue necesario de extraer ésta -- del papel filtro, con aproximadamente 125 ml de agua destilada y agitación de una hora para después llevar a un aforo de 100 ml con agua destilada. Una vez obtenida la solución de orina se adicionaron tantos ml de orina en -- un pedazo de papel filtro Wathman para que existiera una lectura significati-- va de los mililitros de orina. La determinación calorimétrica de la orina se llevó a cabo en el papel seco.

Para muestras finamente molidas pesar de 0.4 a 1.5 g dependiendo de la cantidad que libere aproximadamente 4.0 Kcal, en un crisol junto con la -- mecha de algodón (peso preliminar) compactar la muestra y tomar el peso final, colocar el crisol en la parte superior del pilar central de la bomba e intro-- ducir el extremo de la mecha en el alambre de ignición, montar el cilindro -- de la bomba sobre el anillo asegurador girando hasta un ajuste hermético.

Introducir la terminal del termopar en el orificio superior del cilindro de -- la bomba.

Girar 1/4 la perilla de oxígeno hasta obtener una presión de 25 atm. en aproximadamente 30 seg. Ajustar el galvanómetro a cero con los dispositivos de ajuste grueso y fino; esperar 30 seg. para cerciorarse que la temperatura -- se ha estabilizado. Llevar a cabo la ignición de la bomba, tomando como lectura la máxima deflexión del indicador del galvanómetro liberando posteriormente los gases de la combustión, quitar la terminal del temporar y remover el cuerpo de la bomba.

Es necesario realizar la determinación por duplicado con una varia-- bilidad máxima entre una y otra de 5 %.

CALCULOS.

En el cuadro X se presentan los datos obtenidos de contenido calóri-- co para ácido benzóico para que una vez obtenidas las lecturas se conviertan -- éstas en términos calóricos interpolando en una curva estandar el ácido benzóico (valor calórico certificado) graficando el contenido energético vs lectura del galvanómetro basándose de los siguientes factores:

1 g de ácido benzóico	=	26,454.0	Joules
1 g de ácido benzóico	=	6,270.7	calorfás
1 Kcal	=	4.1868	Kjoules.

4.4 PRUEBAS BIOLÓGICAS

FUNDAMENTO.

Las protefnas difieren en valor nutritivo debido a las diferencias en clase y cantidad de sus aminoácidos constitutivos, distinguiéndose además en su variación en disponibilidad, por lo cual pueden producir diferente res-- puesta en la promoción del crecimiento en ratas recién destetadas de 21 a - 23 días de edad, alimentadas con dietas y agua "ad libitum".

CUADRO X

CURVA PATRON DE ACIDO BENZOICO

(Valor calórico certificado: 26,454.3 Joules/gramo)

PESO DE AC. BENZOICO (g)	LECTURA OBTENIDA EN GALVANOMETRO.	REGRESION LINEAL DE LA LECTURA.	CONTENIDO CALORICO EN JOULE.	CONTENIDO CALORICO Kcal/100 g.
0.6275	11.025	11.141	16599.88	396.74
0.4951	8.175	8.811	13097.37	313.03
0.3961	7.525	7.068	10478.42	250.44
0.2211	3.675	3.988	5848.97	139.79
0.1649	2.850	2.998	4362.26	104.26

CURVA ESTANDAR DE ACIDO BENZOICO

Contenido energético Vs. lectura del galvanómetro

GRAFICA NO. 1

LECTURA GALVANOMETRO (DIRECTO)

15

10

5

100

200

300

400

CONTENIDO ENERGETICO (Kcal/100 g)

$$y = a + bx$$
$$r = 0.9924$$
$$a = -0.096$$
$$b = 17.60$$

$$\text{Kcal/100 g} = \text{Lectura} + 0.096$$
$$17.60$$

El nivel de protefna y calorfa se dejó tal y como se encuentran en cada muestra y sólo se suplementó con la cantidad adecuada de vitaminas y minerales, con el fin de obtener las respectivas dietas; por lo tanto los fndices biológicos tanto protéinicos como calóricos, se pueden considerar como fn dices nutritivos operativos.

MATERIAL/REACTIVOS

Ratas Sprague Dawley.
 Jaulas de metal con su respectivo comedero y bebedero.
 Balanza granataria para animales de laboratorio OHAUS, mod. 700.
 Tamiz metálico (ϕ 1.40 mm).
 Molino de Laboratorio CYCLO-TEC, mod. cyclone.
 Mezcladora HOBART, mod. N-50
 Casefna (ICN Pharmaceuticals).
 Glucosa (comercial).
 Sacarosa (comercial)
 Dextrina (Comercial)
 Aceite de maiz (mazola).
 Manteca Vegetal (INCA).
 Mezcla de sales (INC Pharmaceuticals).
 Mezcla de vitaminas (INC Pharmaceuticals).
 Celulosa en polvo (Sigma Chemical Company).
 Alimentos preparados a base de maiz.

Las formulaciones de las dietas en estudio las encontramos en el - cuadro XI; cuando fue necesario se usaron las dietas de casefna y dieta libre de nitrógenó para evaluar algunos parámetros cuya composición se encuentra - en el cuadro XII.

CUADRO XI
FORMULACION DE LAS DIETAS EN ESTUDIO

	MAIZ INTEGRAL	MAIZ NIXTAMAL	TORTILLA	TORTILLA/ FRIJOL	TAMAL SIMPLE	TAMAL/ CARNE	ATOLE	CORN FLAKES
% PROTEINA	8.01	8.84	7.51	17.07	5.66	19.03	13.10	6.59
Kcal/100 g	396.71	389.85	433.99	418.33	603.41	464.91	440.89	385.17
COMPONENTE %								
HARINA DEL PRODUCTO	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0
MEZCLA DE MINERALES	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
MEZCLA DE VITAMINAS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

CUADRO XII
FORMULACION DE LAS DIETAS DE REFERENCIA

	CASEINA	DIETA LIBRE DE NITROGENO
% Proteína	10.00	0
Kcal/100 g	456.36	486.24
C O M P O N E N T E		
%		
FUENTE DE PROTEINA	11.23	-----
DEXTROSA	19.00	19.00
SACAROSA	22.00	22.00
DEXTRINA	25.00	36.23
MANTECA VEGETAL	8.00	8.00
ACEITE DE MAIZ	6.00	6.00
MEZCLA DE MINERALES	2.00	2.00
MEZCLA DE VITAMINAS	1.00	1.00
CELULOSA EN POLVO	5.77	5.77

TECNICA .

El presente experimento fue realizado en el bioterio de la Facultad de Química (UNAM).

El día que se inició el experimento se pesaron las ratas Sprage-Dawley recién destetadas de 21 a 23 días de edad en forma individual. Para una adecuada distribución de los alimentos por lote, se procedió a repartirlos de acuerdo a la distribución de "culebra japonesa" en forma ascendente. Se utilizaron lotes de 6 ratas para cada serie de dietas (3 hembras y 3 machos), mantenidas en jaulas individuales, con fondo de tela metálica, dándoles agua y alimento "ad libitum".

La duración del experimento fue de 21 días, durante los cuales se registró el consumo de la dieta y el peso de éstas 3 veces por semana con el fin de conocer el peso ganado y alimento consumido.

Para la determinación de digestibilidad, valor biológico, energía metabólica, energía digerible, se recolectaron diariamente las heces y orina durante los últimos 7 días; las heces fueron separadas, secadas en estufa a 80°C y molidas para su análisis de nitrógeno, la orina se recogió en papel absorbente empapado y secado con ácido bórico al 1 % para también analizar el nitrógeno usando el método microkjeldhal.

CALCULOS .

Se calculó el índice de eficiencia proteica (PER), relación neta de proteína (NPR), Digestibilidad (D) aparente y verdadera, valor biológico (VB) verdadero y utilización neta de proteína (NPU) como índices proteínicos; así como porcentaje de eficiencia calórica en crecimiento (KECC), energía digerible (ED) aparente y verdadera y energía metabólica (EM), como índices calóricos.

Para cada uno de los parámetros estudiados se realizaron los cálculos adecuados que se desglosan en el anexo I.

4.5 ESTUDIO ESTADISTICO

El presente estudio fue realizado en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química (UNAM); con la colaboración del M en C. Alejandro Alcántara.

Se efectuó el examen estadístico a los índices operativos obtenidos aplicando un análisis discriminante por método de WILKS' ; utilizando para -- ello el paquete SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (40)

En dicho método se emplearon como variables de selección :

- Lambda de wilks' minimizada.
- Mínimo nivel de tolerancia de 0.001
- Mínima función canónica discriminante (F) para entrar de 1.00
- Máxima función canónica discriminante (F) para remover de 1.000
- Mínimo porcentaje acumulativo de varianza de 100.0
- Máxima Lambda de wilks' significativa de 1.000

Se trabajaron nueve grupos de dietas y las variables de respuesta -- proteínicas y calóricas; analizándose exclusivamente las dos funciones con mayor significancia, para la representación del mapa territorial.

Como primer estudio se analizaron los índices proteínicos exclusivamente de balance de nitrógeno, seguido de un segundo estudio de índices calóricos; en un tercer estudio se analizaron las variables de respuesta proteínicas (incremento de peso corporal y balance de nitrógeno) y como cuarto y último se examinaron en forma global los índices calóricos y proteínicos.

Los resultados obtenidos de dicho estudio son mostrados posteriormente , en la sección de resultados y discusiones y en los mapas territoriales.

V. RESULTADOS

CUADRO XIII - A
 ANALISIS BROMATOLOGICO DE LOS ALIMENTOS EN ESTUDIO
 (gramos / 100 gramos de muestra)
 (Producto)

	% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEINA CRUDA.	% GRASA	% FIBRA CRUDA.	CARBOHIDRATOS
Mais Integral	10.50	1.86	8.26	4.80	3.09	71.49
Mais Nixtamalizado	7.02	1.98	9.12	5.80	2.95	73.13
Tortilla	45.60	1.30	4.42	2.30	1.28	45.10
Tortilla - Frijol	55.36	1.32	8.15	1.23	1.64	32.30
Tamal	50.15	1.58	2.95	16.72	1.00	27.57
Tamal Carne	55.25	2.17	8.94	11.81	0.76	21.07
Atole	75.50	0.76	3.47	0.86	0.20	19.21
Corn - Flakes	3.72	1.97	6.80	0.34	0.75	86.42

CUADRO XIII - B
 ANALISIS BROMATOLOGICO DE LOS ALIMENTOS EN ESTUDIO
 (gramos /100 gramos de muestra)
 B. Humeda (como harina)

	% HUMEDAD	% CENIZA	% PROTEINA CRUDA	% GRASA	% FIBRA CRUDA	CARBOHIDRATOS
Mais Integral	10.50	1.86	8.26	4.80	3.09	71.49
Mais Nixtamalizado	7.02	1.98	9.12	5.80	2.95	73.13
Tortilla	4.63	2.27	7.75	4.03	2.25	79.07
Tortilla/Frijol	3.61	2.84	17.60	2.66	3.55	69.74
Tamal Simple	1.34	3.14	5.84	33.07	2.00	54.59
Tamal Carne	1.86	4.75	19.62	25.91	1.66	46.20
Atole	4.60	2.97	13.50	3.36	0.77	74.80
Corn Flakes	3.72	1.97	6.80	0.34	0.75	86.42

CUADRO XIII - C
ANALISIS BROMATOLOGICO DE LOS ALIMENTOS EN ESTUDIO
 (gramos / 100 gramos de muestra)
 Base Seca (como harina)

	* S.T.	% CENIZAS	% PROTEINA CRUDA	% GRASA	% FIBRA CRUDA	CARBOHIDRATOS
Maíz Integral	89.50	2.08	9.23	5.36	3.45	79.88
Maíz Nixtamalizado	92.98	2.13	9.81	6.24	3.17	78.65
Tortilla	54.40	2.38	8.13	4.23	2.36	82.90
Tortilla/Prijol	44.64	2.95	18.26	2.76	3.68	72.35
Tamal Simple	49.85	3.18	5.92	33.54	2.03	55.33
Tamal Carne	44.75	4.84	19.99	26.40	1.69	47.08
Atole	24.50	3.11	14.15	3.52	0.81	78.41
Corn Flakes	96.38	2.05	7.06	0.35	0.78	89.76

* S.T. = Sólidos totales.

CUADRO XIV
 CONTENIDO ENERGETICO DE LOS ALIMENTOS EN
 ESTUDIO

	** Kcal/ 100 g. Producto	* Kcal/100 g.	Ración (g)	Kcal / Ración ó pieza
I Mafz Integral	366.03	408.98	—	—
II Mafz Nixtamalizado	373.69	401.91	—	—
III Tortilla	243.39	447.42	17.0	41.37
IV Tortilla/Frijol	192.51	431.27	47.0	90.47
V Tamal/Simple	310.10	622.08	65.0	201.56
VI Tamal/Carne	214.48	479.29	100.0	214.48
VII Atole	111.35	454.53	260.0	289.51
VIII Corn Flakes	382.31	397.09	30.0	114.69
** base húmeda		* base seca		

CUADRO XV
DATOS DE CRECIMIENTO Y CONSUMO ALIMENTICIO EN LAS PRUEBAS BIOLÓGICAS

DIETA	PESO RATA		GANANCIA EN PESO (10 DIAS)	GANANCIA EN PESO (21 DIAS)	ALIMENTO INGERIDO (10 DIAS)	ALIMENTO INGERIDO (21 DIAS)
	INICIAL	FINAL				
I Maíz Integral	50.5 ± 4.10	62.3 ± 10.32	4.5 ± 3.41	11.8 ± 7.63	53.4 ± 12.82	127.0 ± 22.10
II Maíz Nixtamalizado	50.7 ± 4.20	61.8 ± 7.28	3.6 ± 5.13	11.1 ± 4.30	59.1 ± 8.25	132.6 ± 9.30
III Tortilla	49.9 ± 4.31	62.4 ± 9.36	4.6 ± 2.04	12.5 ± 5.29	56.2 ± 11.23	129.5 ± 31.80
IV Tortilla/Frijol	50.75 ± 4.14	117.3 ± 13.79	24.1 ± 2.57	66.5 ± 10.38	74.4 ± 15.71	210.3 ± 28.45
V Tamal Simple	50.71 ± 8.46	48.2 ± 8.16	-3.3 ± 1.97	-2.5 ± 4.65	39.6 ± 7.35	89.9 ± 12.40
VI Tamal/Carne	50.7 ± 5.21	124.5 ± 18.64	31.4 ± 14.69	73.8 ± 14.69	67.2 ± 10.14	177.1 ± 21.45
VII Atole	50.0 ± 5.15	119.7 ± 14.78	28.7 ± 7.58	69.7 ± 12.53	72.1 ± 13.32	190.3 ± 25.58
VIII Corn Flakes	50.8 ± 4.21	41.5 ± 5.23	- 6.2 ± 1.53	- 9.3 ± 2.71	39.2 ± 5.49	76.9 ± 7.85
IX Caseína	50.7 ± 3.91	84.7 ± 7.53	12.9 ± 1.85	33.9 ± 4.09	58.9 ± 2.97	152.0 ± 15.64
X Libre de N ₂	50.6 ± 4.05	40.5 ± 2.43	-10.1 ± 2.40	-----	30.8 ± 4.70	-----

Los datos son el promedio de seis determinaciones con su desviación estandar.

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE VARIABLES

CUADRO XVI

PROTEINICAS Y ENERGETICAS

D I E T A	% N DIETA	% N HECES	% N ORINA	Kcal/100 g DIGERIBLE(*)	Kcal/100 g HECES	Kcal/100 ml. ORINA	PESO NETO DE HECES (7 DIAS)
I Mafz Integral	1.28	0.16+0.02	0.15+0.07	384.43	25.88+8.80	1.53+0.90	6.27+2.20
II Mafz Nixtamalizado	1.41	0.16+0.02	0.17+0.01	378.12	13.26+2.32	1.65+1.62	3.24+0.45
III Tortilla	1.20	0.16+0.05	0.17+0.05	425.05	15.84+4.05	2.47+1.99	4.07+1.21
IV Tortilla/Frijol	2.73	0.50+0.07	0.28+0.07	404.21	44.78+9.59	1.62+1.05	10.06+2.00
V Tamal Simple	0.90	0.07+0.02	0.08+0.00	595.46	12.71+2.27	0.78+0.37	2.25+0.43
VI Tamal con pollo	3.04	0.32+0.08	0.20+0.04	458.50	38.22+8.38	3.85+2.18	7.80+2.00
VII Atole	2.05	0.30+0.07	0.20+0.03	437.87	28.75+6.74	4.90+1.74	6.29+1.54
VIII Corn Flakes.	1.05	0.09+0.00	0.12+0.02	382.19	5.86+0.85	1.26+1.30	1.20+0.26
IX Caseina	1.76	0.08+0.01	0.21+0.04	432.71	22.83+4.92	3.94+3.13	4.76+0.91
X Litre de N ₂	—	0.03+0.00	0.06+0.00	462.58	9.46+1.72	0.99+0.36	1.60+0.82

Los datos son el promedio de seis determinaciones con su desviación estandar.

(*) Este valor es el obtenido al eliminar el contenido calórico aportado por la fibra cruda

CUADRO XVII
 RESULTADOS DE INDICES PROTEINICOS

DIETA	RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)	RELACION NETA DE PROTEINA (NPR)	DIGESTIBILIDAD APARENTE (Da)	VALOR BIOLOGICO APARENTE (VBa)	DIGESTIBILIDAD VERDADERA (D)	VALOR BIOLOGICO VERDADERO (VB)	UTILIZACION NETA DE PROTEINA. (NPU) CALCULADO.
I Mafz Integral	1.41+0.68	4.07+0.44	82.67+3.58	81.51+5.29	0.86+0.02	90.55+6.09	67.38+4.43
II Mafz Nixtamalizado	1.17+0.36	3.07+0.94	84.61+2.39	80.18+1.72	0.87+0.02	87.81+1.69	67.84+2.05
III Tortilla	1.59+0.35	4.21+0.65	82.87+2.94	77.27+5.78	0.86+0.02	86.79+3.52	64.03+3.36
IV Tortilla/Frijol	2.33+0.14	3.30+0.66	86.55+1.13	91.24+2.55	0.87+0.01	93.30+2.42	78.96+1.84
V Tamal	-0.68+1.19	3.53+0.60	81.48+8.86	75.30+5.27	0.88+0.08	94.74+1.60	61.35+7.06
VI Tamal/Carne	2.77+0.48	3.83+0.64	90.19+3.43	93.28+1.56	0.91+0.03	95.47+1.38	84.12+2.49
VII Atole	3.53+0.45	4.88+0.39	87.36+2.15	90.39+2.48	0.88+0.02	93.15+2.24	78.96+2.31
VIII Corn Flakes	-2.31+0.60	1.83+0.96	76.40+4.38	50.47+7.62	0.84+0.03	82.66+5.07	38.55+6.00
IX Caseina	2.5+0.00	4.16+0.00	95.18+0.48	87.06+0.85	0.97+0.00	91.21+1.25	82.86+0.66

Los datos son el promedio de seis determinaciones con su desviación estandar.

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO XVIII

RESULTADOS DE INDICES CALORICOS

DIETA	EFICIENCIA CALORICA EN CRECIMIENTO (% ECC)	ENERGIA DIGERIBLE APARENTE (% EDa)	ENERGIA METABOLICA APARENTE (% EMa)
1.- Maíz Integral	2.33 ± 1.13	91.22 ± 1.01	90.69 ± 1.18
2.- Maíz Nixtamalizado	2.17 ± 0.68	95.37 ± 0.79	94.79 ± 0.67
3.- Tortilla	2.22 ± 0.49	95.24 ± 1.11	94.56 ± 1.23
4.- Tortilla/Frijol	7.82 ± 0.50	92.19 ± 0.94	91.88 ± 0.86
5.- Tamal	-0.52 ± 0.90	95.40 ± 1.33	95.12 ± 1.42
6.- Tamal/Carne	9.13 ± 1.58	92.36 ± 2.30	91.56 ± 2.69
7.- Atole	8.36 ± 1.07	94.51 ± 0.77	93.55 ± 0.84
8.- Corn Flakes	-3.16 ± 0.82	95.84 ± 1.26	95.00 ± 1.35
9.- Caseína	5.45 ± 1.34	94.84 ± 0.64	94.01 ± 1.04

Los datos son el promedio de seis determinaciones con su desviación estandar.

CUADRO XIX
"RELACION DE COSTOS PROTEICOS-CALORICOS"

	ALIMENTO	\$ / Kg. de Producto	\$ / Kg. de Proteína	\$ / 100 Kcal.
I	Mafz Integral	500.00	6,053.26	12.25
II	Mafz Nixtamalizado	647.50	7,099.80	16.10
III	Tortilla	270.00	6,108.60	10.60
IV	Tortilla / Frijol	1,693.40	54,215.00	92.15
V	Tamal Simple	3,333.40	112,994.40	106.15
VI	Tamal / Carne	4,386.00	49,005.20	201.20
VII	Atole	1,377.4	39,694.50	117.80
VIII	Corn Flakes	6,993.30	99,055.30	176.15

Datos recolectados de 10 diferentes mercados y supermercados en diversos puntos de la ciudad en el segundo semestre de 1988.

TERRITORIAL MAP ASSUMING ALL FUNCTIONS BUT THE FIRST TWO ARE ZERO * INDICATES A GROUP CENTROID

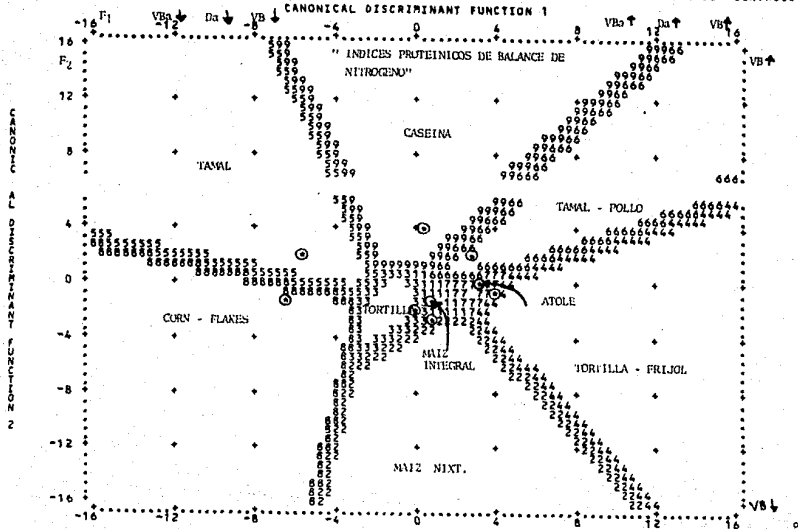


Fig. 11

TERRITORIAL MAP ASSUMING ALL FUNCTIONS BUT THE FIRST TWO ARE ZERO • INDICATES A GROUP CENTROID

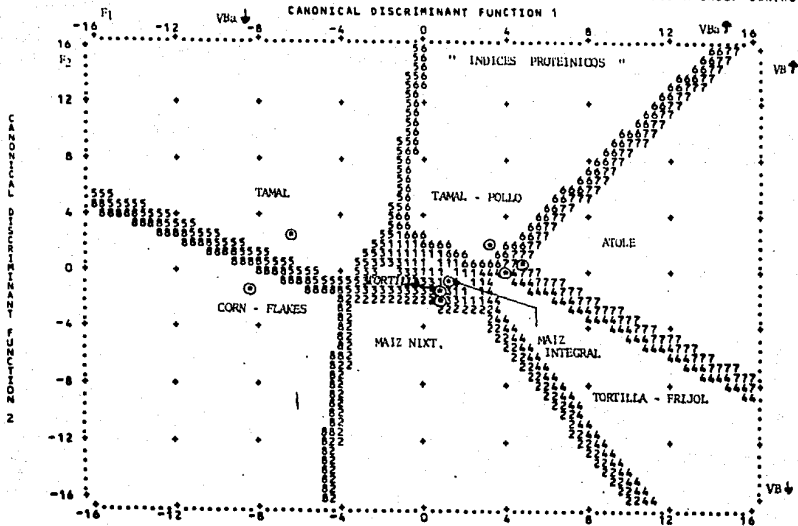
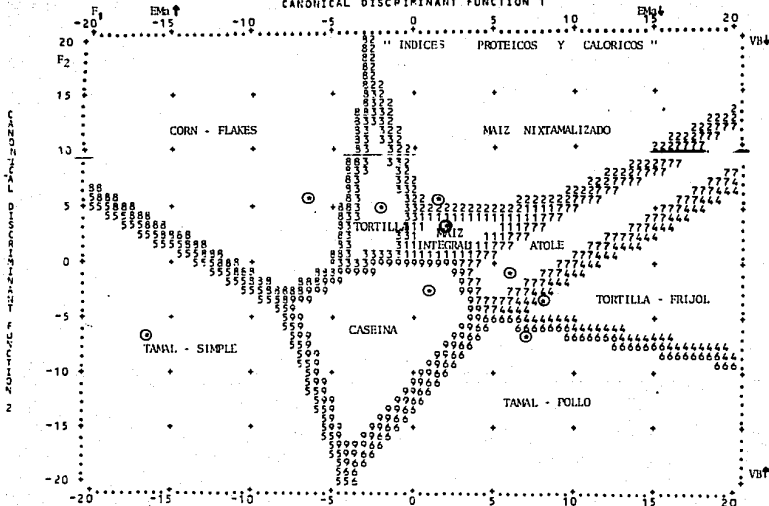


Fig. 13

TERRITORIAL MAP ASSUMING ALL FUNCTIONS BUT THE FIRST TWO ARE ZERO 'g' INDICATES A GROUP CENTROID
 CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 1



PERCENT OF "GROUPED" CASES CORRECTLY CLASSIFIED: 94.05%

VI ANALISIS DE RESULTADOS

En los cuadros XIII-A, XIII-B y XIII-C, se muestran los resultados -- obtenidos del análisis bromatológico de los alimentos en estudio; los datos son reportados en base húmeda y base seca (como producto y harina).

Como puede observarse del análisis proximal, éstas determinaciones -- varían de acuerdo a la formulación para cada alimento elaborado en un amplio margen, principalmente en su contenido de humedad original (agua), cuadro (XIII-A); con un rango de 3.72 a 75.50 %, valores que influyen en el porcentaje de sólidos totales y, consecuentemente en los valores de las determinaciones bromatológicas restantes; por lo cual, para hacer un análisis comparativo de los macronutrientes es conveniente realizarlo con los datos en base seca.

La tabla (XIII-B) nos muestra el análisis proximal de la muestra tal y como se proporcionaron para el estudio biológico, o sea en forma de harina; -- sin embargo en la tabla (XIII-C) tenemos los datos en base seca para poder realizar la comparación en forma más adecuada y de lo cual lo más relevante es lo siguiente:

Existe variabilidad en el contenido de cenizas de los nutrimentos de 2.05 a 4.84, valores que están por encima de las especificaciones para un gramo de maíz nixtamalizado, esto debido posiblemente a la adición de sal para las -- muestras del tamal con y sin carne y la adición de leche en polvo en el atole correspondiendo a las muestras con el porcentaje más elevado en cenizas.

A la vez, existe gran diversidad en el contenido de proteína, esto debido a la suplementación proteica tanto para tortilla-frijol y tamal-carne, si -- éstos son comparados con tortilla y tamal respectivamente; así como un valor alto para el atole por la suplementación con las proteínas de la leche.

Existe un contenido apreciable de grasa o extracto etéreo para los tamales con y sin carne, debido, al elevado contenido de grasa (manteca vegetal) -- en la formulación de estos alimentos.

La proporción de fibra cruda es muy variable para todos los alimentos en el estudio, siendo el más alto en el grano sin previo tratamiento de nixtamalización reafirmando, que en el tratamiento de nixtamalización el pericarpio --- (con 41-46 % de hemi celulosa) se pierde en el nexayote, de ahí que la mayor parte de fibra cruda es eliminada en el proceso.

El contenido de carbohidratos depende de la cantidad de los demás - componentes teniendo el valor más alto la muestra de CORN - FLAKES.

La densidad energética alcanzada en los alimentos por interpolación en la curva estándar de ácido benzoico son señalados en el cuadro XIV. Los datos son reportados en base húmeda y seca.

Como se observa, el contenido energético en base húmeda es muy variado, cosa que no sucede con los resultados en base seca cuyo rango en general es aproximadamente de 400 a 480 Kcal/100 g; con excepción del tamal simple con un valor superior, debido a la alta proporción de grasa.

Es importante señalar que los datos son dados en Kcal/100 g, ya que como se examina los valores son influenciados por la proporción en gramos de - una ración alimenticia indicándose la mayor proporción calórica para atole por ración.

En el cuadro XV se muestran los resultados encontrados de ganancias en peso y alimento ingerido para las dietas tanto a 10 y 21 días, datos necesarios para las determinaciones de índices proteínicos y calóricos.

Ya que toda prueba biológica muestra variabilidad, es conveniente - reportar el valor promedio con su respectiva variación, en este caso con su -- desviación estándar, para observar en cuales dietas encontramos mayor variación, lo cual nos indicará que el valor promedio no es tan representativo en dicha determinación.

Se observa que debido a la distribución de los animales por el procedimiento de "culebra japonesa", el peso inicial de estos es homogéneo, con - una media de 50.5 g.

Se puede observar que el alimento ingerido y ganancia en peso tanto a 10 y 21 días es muy variable, encontrándose la mayor ingesta para las dietas de tortilla-frijol, atole y tamal de carne.

Contrariamente observamos que los lotes correspondientes a tamal -- simple y corn flakes muestran decremento de peso (signo negativo), y un pobre consumo de la dieta.

Valores intermedios de ganancia en peso y alimento ingerido corresponden las dietas de maíz integral, maíz nixtamalizado, tortilla y casefna.

Para la dieta libre de N_2 no se reporta el alimento ingerido y consecuentemente la ganancia en peso en el lapso de 21 días, ya que como se observa tiene el mayor decremento de peso y menor proporción de alimento ingerido en 10 días no sobreviviendo los animales periodos de 21 días, con este tipo de dieta, de ahí que se usa solo para la determinación de NPR, el cual solo dura los 10 días indicados.

Resultados del contenido de nitrógeno y densidad calórica en dietas, heces y orina así como peso neto de heces y porcentaje de proteína en las dietas, necesarios para los cálculos de índices proteínicos y calóricos son presentados en el cuadro XVI.

Como se puede observar de esta tabla, el porcentaje de nitrógeno de cada una de las dietas varía significativamente, ya que como se ha indicado con anterioridad, los índices proteínicos y calóricos fueron considerados como índices operativos.

En la tabla XVI, se observa que la dieta de tortilla-frijol presenta el mayor valor de heces recolectadas, lo que nos podría indicar que hay un menor aprovechamiento de los nutrientes y a su vez es la que muestra la mayor concentración de nitrógeno en las heces, lo que se traduce en una digestibilidad pobre. Sin embargo, hay que aclarar que es la dieta con el más alto consumo de alimento, así como mayor incremento y solo hasta realizar los respectivos cálculos, podemos decidir si hay una pobre digestibilidad.

Se observa que para la dieta libre de nitrógeno, el peso neto de heces es uno de los más bajos correspondiendo los valores de nitrógeno urinario y fecal al nitrógeno endógeno liberado de los animales.

Con respecto al porcentaje de nitrógeno en orina, hay que aclarar -- que este dato de concentración nos indica directamente la cantidad que se elimina por esta vía, y nuevamente se observa que la dieta de tortilla - frijol muestra el valor más elevado.

La muestra que presenta mayor pérdida de energía en heces volvió a -- corresponder a la dieta tortilla-frijol, significando con ello una baja energía digerible.

La evaluación de la calidad nutricional protefca en las dietas (Indices Protefnicos) es mostrada en el cuadro XVII.

Los valores de relación de eficiencia protefnica (PER) para atole, tamal-carne y tortilla-frijol, demuestran que este tipo de alimentos promueven un adecuado crecimiento; esto debido a la suplementación protefnica, ya que si se comparan con los datos de tamal, tortilla y maíz nixtamalizado, po demos ver claramente valores más altos.

Es importante acentuar que en las dietas de corn-flakes y tamal- - simple, los valores de PER son negativos, significando con ello la no promoción de crecimiento.

Existe un rango muy amplio (de 1.83 a 4.88) entre los datos reportados para NPR, encontrándose sólo el atole con un valor superior a 4.16 correspondiente a la casefna; como el valor mas pequeño se encuentra el corn-flakes, este índice nos indica la protefna necesaria para el mantenimiento, - aunque hay que aclarar que debido a que sólo ocupa 10 días, esta prueba generalmente sobreestima dietas de mala calidad.

Aunque los resultados de PER para atole, tamal-carne y tortilla- - frijol son superiores o muy cercanos al valor de casefna, sus coeficientes - de digestibilidad aparente y verdadera o disponibilidad de los aminoácidos - para ser absorbidos son menores a la dieta control, esto debido a que la can tidad de nitrógeno eliminado por vfa fecal fué mucho mayor para estas tres - dietas comparadas con el nitrógeno fecal de la casefna.

Los valores bajos de digestibilidad aparente para corn-flakes y ta mal son debido a que, aunque presentan bajos valores de nitrógeno excretado, éstos son relativamente significativos si se comparan con los datos de nitró ge no ingerido, al pequeño consumo alimenticio, a la baja proporción de pro- tefna en la dieta, así como al bajo contenido de nitrógeno excretado.

Nuevamente se observa que las dietas atole, tamal-carne y torti- - lla-frijol, tienen los valores más altos tanto de valor biológico aparente, como verdadero, inclusive superiores a la dieta control, significando con - ello que son las dietas que tienen mayor fracción de nitrógeno retenido por el cuerpo animal es decir, tienen un buen coeficiente de utilización protef ca.

Por el contrario, las dietas que resultaron tener los valores más bajos de valor biológico, aparente fueron corn-flakes, maíz integral, tortilla y tamal.

La proporción de nitrógeno consumido que queda retenido en el organismo, es decir, el NPU; calculado a partir de la Digestibilidad y valor biológico, para atole, tamal con carne y tortilla-frijol son cercanos al estandar de casefna, recalcando que en esta determinación se refleja tanto la calidad como digestibilidad de la fuente de proteína.

En general las dietas maíz integral, maíz nixtamalizado y tortilla,-- reportaron valores intermedios entre los máximos y mínimos para la mayoría de los índices proteínicos.

Los valores para la dieta de tamal simple, no son lógicos, esto debido posiblemente a que durante el periodo de experimentación no se obtuvo un buen control para este lote.

El cuadro XVIII, presenta los resultados obtenidos de índices calóricos proporcionado un conocimiento de la utilización de energía por los organismos vivos. Los datos obtenidos para la eficiencia calórica en crecimiento ---- (%ECC), fueron muy variados con un rango desde -3.16 hasta 9.13 teniéndose como valores más altos el atole, tamal-carne y tortilla-frijol, datos que son influenciados significativamente por el incremento en peso y alimento ingerido en 21 días.

Es importante señalar que existen valores negativos de %ECC, para tamal y corn-flakes, esto causado por el decremento en peso (signo negativo) para ambas dietas, afectando con ello este índice.

Las muestras que presentan menor porcentaje de energía digerible aparente son tortilla-frijol y tamal carne, esto debido a la gran pérdida de kilo calorías en heces como se confirma en los datos reportados de Kcal/100 g en heces (cuadro XVI); otro resultado bajo de EDa es para maíz integral.

Contrariamente los valores superiores correspondieron a corn-flakes, tamal, tortilla y maíz nixtamalizado, esto a causa de los resultados bajos en Kcal/100 g en heces.

Uno de los parámetros más importantes a señalar es la energía metabólica, ya que se ha eliminado la energía urinaria y fecal observándose valores elevados para corn-flakes, maíz nixtamalizado y tamal.

Debido a la gran pérdida de energía por vía urinaria las dietas tamal pollo y atole presentaron las energías metabólicas aparentes menores; otra dieta que presentó baja EMa fue tortilla-frijol.

La relación de costos proteínicos y calóricos son mostrados en el cuadro XIX.

Se observa que existe una gran variabilidad de resultados con relación a precios por kilogramo de producto, datos que afectaron a los costos por kg. de proteína y 100 Kcal.

Se denota que existen precios elevados con respecto a Kg de proteína para tamal simple y corn-flakes, esto a causa del bajo porcentaje de contenido proteico en ambos alimentos y en el caso particular de corn-flakes al elevado costo por kg de producto.

Asimismo, se observan bajos costos por kg de proteína para maíz integral, maíz nixtamalizado y tortilla, ya que aunque no contienen elevado porcentaje de proteína, su precio por kilo de producto no es muy alto.

Hay que hacer notar que para el caso de la tortilla, el precio por kilo esta subsidiado.

Valores intermedios en precio por kg de proteína son registrados para tortilla-frijol, tamal-carne y atole; estos aunque tienen elevado contenido de proteína su precio por kg de producto es relativamente alto por su formulación y manufactura.

Con respecto a los costos energéticos, el tamal con pollo y corn-flakes presentaron los precios mas elevados; contrariamente los valores de pesos por 100 Kcal menores fueron para maiz integral, tortilla y maiz nixtamalizado.

En lo referente al estudio estadístico , la figura 11 muestra el mapa territorial para los índices protefínicos exclusivamente de balance de nitrógeno.

Como primer resultado se señala un coeficiente de correlación matricial (r) de 0.9089 entre la digestibilidad aparente y verdadera.

De acuerdo a las variables de selección previamente definidas para este análisis, a continuación se presentan los coeficientes canónicos discriminantes estandarizados de las dos primeras funciones (F_1 y F_2) y los respectivos centroides de las dietas analizadas y señaladas en el mapa.

VARIABLE DE RESPUESTA.	FUNCION 1	FUNCION 2	DIETA	CENTROIDE (F_1 , F_2)
NPU	- 2.7322	- 6.3653	Atole	(3.1030, 0.0835)
VBa	1.6758	- 4.1224	Caseína	(0.4013, 3.7977)
Da	1.2256	8.3532	Corn flakes	(-6.4477, -1.2340)
VB	0.7358	8.4358	Maiz Integral	(0.7707, -1.6063)
D	0.2469	- 1.1706	Maiz Nixt.	(0.7254, -2.4526)
			Tamal	(-5.5960, 1.7988)
			Tamal - Pollo	(2.8994, 1.8393)
			Tortilla	(0.1655, -1.8012)
			Tortilla - Frijol	(3.9782, -0.4252)

Se observa en este análisis que las mejores variables protefínicas que discriminan son VBa, VB y Da y que, los resultados obtenidos en cuanto a qué dietas son las mejores, fueron: atole, caseína, tamal-pollo y tortilla-frijol, seguidas de maiz nixtamalizado y tortillas; el corn flakes y tamal como dietas de mala calidad como se esperaba.

En la figura 12 se muestra el mapa territorial de los índices calóricos que intervienen en el estudio.

Se denotan altos valores de coeficiente de correlación matricial -- entre las variables de respuesta :

Coeficiente de correlación (r)	Variable de respuesta
0.9266	ED Vs. EM
0.9185	EDa Vs. EMa

Los resultados de los coeficientes canónicos discriminantes estandarizados para las dos primeras funciones y los centroides señalados en el mapa para las variables calóricas se muestran a continuación :

VARIABLE DE RESPUESTA.	FUNCION 1	FUNCION 2	DIETA	CENTROIDE (F ₁ , F ₂)
EMa	- 1.2169	2.2430	Atole	(-4.2410,-2.1023)
XECC	- 0.8645	- 0.6588	Casefna	(-1.8014,-0.4500)
EM	0.6652	- 1.7110	Corn Flakes	(8.1162,-1.9916)
EDa	0.6072	- 1.3809	Mafz Integral	(1.0648, 2.6852)
			Mafz Nixt.	(1.5834,-0.2440)
			Tamal	(3.8250, 1.4436)
			Tamal - Pollo	(-5.3796,-0.4758)
			Tortilla	(1.4135, 0.1805)
			Tortilla - Frijol	(-4.5809, 0.9544)

Es importante señalar que la energía digerible verdadera no entró en el estudio ya que no cumplió con las variables de selección estipuladas.

Como resultado de este segundo análisis discriminante, se observa - que las mejores dietas según el mapa territorial son atole, casefna y tamal - pollo, teniendo valores altos de %ECC y EDa; con excepción de la EDa para - tamal - pollo que es baja, debiendo además anexarse a este grupo la dieta de tortilla - frijol con un %ECC elevado y observándose como dieta pobre de mafz integral correspondiendo el cuadrante en el mapa territorial con valores de - %ECC y EDa bajos; aunque en dicho cuadrante se encuentra incluida la dieta de tamal, en ésta se examinan valores numéricos elevados de EDa, EMa, ED y EM y por lo tanto se considera como buena dieta en lo que al contenido calórico se refiere.

Las mejores variables discriminantes para este estudio resultaron - ser el %ECC y la EDa.

A continuación se presenta como tercer análisis discriminante, los índices proteínicos globales (tanto índices de crecimiento como de balance de nitrógeno, (fig. 13), obteniéndose un coeficiente de correlación matricial en tre la digestibilidad aparente y verdadera de 0.9094; resultando muy similar al señalado en el examen de índices proteínicos de balance de nitrógeno.

Los coeficientes canónicos discriminantes de las dos primeras funciones y los los centroides en este análisis es el siguiente:

VARIABLE DE RESPUESTA	FUNCION 1	FUNCION 2	DIETA	CENTROIDE (F_1, F_2)
VBa	2.2209	- 3.3734	Atole	(4.8737, 0.8488)
Da	-1.1478	6.1268		
NPU	-1.0617	- 4.1057	Corn Flakes	(-8.5808, -1.4090)
VB	-0.8965	6.4636	Mafz Integral	(1.2112, -0.7935)
D	0.8655	- 1.1463	Mafz Nixt.	(0.7471, -2.0759)
PER	0.6623	0.0386	Tamal	(-6.2998, 2.8667)
NPR	0.1102	0.2364	Tamal-Pollo	(3.1397, 2.0666)
			Tortilla	(0.8359, -1.2295)
			Tortilla-Frijol	(4.0727, -0.2742)

En este estudio en el cual no se trabajo con la dieta control de caseína, se encontraron como buenas variables discriminantes proteínicas, el valor biológico aparente y verdadero y las mejores dietas en este examen corresponden al cuadrante en donde existen VB aparentes y verdaderos altos siendo éstas : atole, tamal-pollo y tortilla-frijol.

El corn-flakes con VB aparente y verdadero menor corresponde a la dieta de más baja calidad.

Como cuarto y último análisis discriminante se encuentran englobados el estudio de variables proteínicas y calóricas; con una dieta de caseína como control; el mapa territorial está representado en la figura 14.

Se encontró un alto coeficiente de correlación matricial entre las siguientes variables de respuesta :

Coeficiente de correlación (r)	Variable de respuesta
0.9218	ED vs. EM
0.9147	EDa vs. EMa
0.9088	Da vs. Dv

A continuación se especifican los coeficientes canónicos discriminantes de las dos primeras funciones y los grupos centroide respectivos a las dietas en estudio:

VARIABLE DE RESPUESTA.	FUNCION 1	FUNCION 2	DIETA	CENTROIDE (F ₁ , F ₂)
NPU	-6.2807	-0.7296	Atole	(5.7826, -0.8283)
EM	5.1490	3.5725	Caseína	(0.8443, -2.5670)
EMa	-5.1397	-3.5904	Corn Flakes	(-6.3831, 5.5995)
VBa	4.3812	3.7520	Mafz Integral	(1.7851, 3.7090)
Da	2.2839	-1.3926	Mafz Nixt.	(1.5195, 5.9004)
D	2.1944	0.0994	Tamal	(-16.3064, -6.8480)

VARIABLE DE RESPUESTA	FUNCION 1	FUNCION 2	DIETA	CENTROIDE (F ₁ , F ₂)
% ECC	1.1077	- 1.5502	Tamal-Pollo	(7.2259,-6.2949)
VB	0.8872	- 3.1347	Tortilla	(1.9876, 5.0697)
EDa	- 0.4696	0.6033	Tortilla-Frijol	(7.9574,-3.5499)
PER	- 0.2853	1.6454		
NPR	-0.2601	- 0.0784		

De acuerdo con las variables de Selección establecidas en el análisis discriminante, la energía digerible verdadera fué removida del estudio por no cumplir las especificaciones.

Examinando el mapa territorial, una buena variable discriminante es el valor biológico con datos elevados para atole, casefna, tamal - pollo y - tortilla - frijol.

Una segunda variable discriminante buena, es la energía metabólica aparente con datos elevados en corn-flakes, tamal simple y tortilla.

El tamal además de tener un VB alto, tiene una EMA elevada por lo que debiera considerarse una de las mejores dietas pero, no es concordante con los resultados experimentales de incremento o ganancia en peso de los animales. Sin embargo, en el mapa territorial, no cae dentro del grupo de casefna atole, tortilla-frijol y tamal-pollo.

Las dietas de peor calidad en este último estudio fueron maíz integral y nixtamalizado con EMA y VB bajos por lo tanto, las mejores variables discriminantes tomándose en cuenta proteínicos y calóricos son VB y EMA.

VII CONCLUSIONES

- 1.- Los componentes químicos de los alimentos en estudio varían de acuerdo a la formulación para cada alimento, ya que el contenido de agua en cada uno de ellos es muy variable.
- 2.- Existe gran diversidad en el contenido de proteínas para las diversas muestras, esto debido a la suplementación proteica de tortilla-frijol y tamal-carne, si éstos son comparados con tortilla y tamal respectivamente, así como el atole por la suplementación de la Proteína de la leche.
- 3.- Durante el tratamiento de nixtamalización el pericarpio se pierde, por lo tanto en el grano integral se encuentra el valor más alto de fibra cruda.
- 4.- El alto contenido de grasa y densidad energética en tamal con y sin carne no influyó en la determinación de PER y NPR que algunos autores indican -- siendo solamente la calidad de la proteína la que influyó en el aumento de peso.
- 5.- El contenido energético para tamal simple es el más elevado; pero la mayor proporción calórica por ración corresponde al atole.
- 6.- El porcentaje de proteína de cada una de las dietas varía significativamente, ya que éstas se trabajaron con el fin de obtener índices nutricionales operativos.
- 7.- En general las pruebas biológicas para atole, tamal-carne y tortilla-frijol (tacos) son superiores o muy cercanas a la caseína; en forma contraria el corn-flakes y tamal simple son alimentos pobres en cuanto a su aprovechamiento y utilización proteica se refiere, alimentos con calidad intermedia en este estudio son maíz integral, maíz nixtamalizado y tortilla.

- 8.- Relacionando costos protéicos y calóricos los mejores alimentos para consumo son: atole, tamal-carne y tortilla-frijol con altos valores en sus índices protéicos y valores intermedios en precio por kilogramo de proteína; -- con relación a alimentos energéticos estos correspondieron a maíz nixtamalizado y tortilla con valores altos de índices calóricos y costos bajos por - 100 Kcal.
- 9.- Para las dietas de mala calidad la dieta libre de nitrógeno sobreestima los resultados de índices proteínicos y calóricos.
- 10.- Al comparar el PER y NPR, éste último es menos discriminatorio, esto debido quizás al tiempo que es mas corto, no permitiendo una mejor discriminación.
- 11.- Los mejores índices proteínicos discriminantes exclusivamente de balance -- de nitrógeno en este estudio son VB_a , VB y D_a , con el atole, casefna, --- tamal-pollo y tortilla-frijol como mejores dietas; tamal simple y corn-flakes como las de mala calidad y maíz nixtamalizado y tortilla como dietas in termedias.
- 12.- La mejor variable discriminante en lo referente a variables energéticas es el % ECC , observándose que los mejores alimentos resultaron -- ser tamal-pollo, atole y casefna.
- 13.- De los alimentos que se consumieron con respecto a la calidad proteínica -- se puede decir que los mejores índices proteínicos discriminatorios son --- VB_a y VB ; de acuerdo con esto los productos de mejor calidad serán tacos de tortilla-frijol, tamal de pollo, atole de leche y como peor el corn flakes.
- 14.- Englobándose en un sólo estudio los índices proteínicos y calóricos las mejores variables discriminantes resultaron ser VB y EM_a , obteniéndose como mejores alimentos el atole, casefna, tortilla-frijol y tamal-pollo con VB altos; los mejores nutrimentos energéticos son tamal simple, corn flakes y tortilla con EM altas.

ANEXO I

$$1.- \quad Da = \frac{I - F}{I} \times 100$$

$$2.- \quad D = \frac{I - (F - F_e)}{I}$$

$$3.- \quad \% E C C = \frac{\Delta P}{CID} \times 100 \quad ; \quad CID = A_I \times \frac{CCD}{100}$$

$$4.- \quad EDa = \frac{E_I - E_F}{E_I} \times 100$$

$$5.- \quad ED = \frac{E_I - (E_F - E_{Fe})}{E_I} \times 100$$

$$6.- \quad EMa = \frac{E_I - (E_F + E_U)}{E_I} \times 100$$

$$7.- \quad EM = \frac{E_I - (E_F - F_{Fe}) - (E_u - E_{ue})}{E_I} \times 100$$

$$8.- \quad NPR = \frac{\Delta P \ 10 \ dfa + \Delta P * DLN}{P.I}$$

$$NPR \ (AJUSTADO) = NPR \ (PRUEBA) \times \frac{NPR \ (casefna) \ std.}{NPR \ (casefna) \ EXP.}$$

$$9.- \quad NPU = D \times VB$$

$$10.- \quad \text{PER} = \frac{\Delta P (21 \text{ Días})}{PI}$$

$$\text{PER (AJUSTADO)} = \text{PER (PRUEBA)} \times \frac{\text{PER (CASEINA) std}}{\text{PER (CASEINA) EXP.}}$$

$$11.- \quad V_{Ba} = \frac{I - (F + U)}{I - F} \times 100$$

$$12.- \quad V_B = \frac{I - (F - Fe) - (U - Ue)}{I - (F - Fe)} \times 100$$

Nomenclatura :

AI	=	Alimento ingerido
CCD	=	Contenido calórico digerible en la dieta
CID	=	Kcal ingeridas digeribles
Da	=	Digestibilidad aparente
D	=	Digestibilidad verdadera
% ECC	=	Porcentaje de eficiencia calórica en crecimiento
EDa	=	Energía digerible aparente
ED	=	Energía digerible verdadera
E _F	=	Energía fecal.
E _{Fe}	=	Energía fecal metabólica o endógena
E _I	=	Energía ingerida
EMa	=	Energía metabólica aparente

EM	-	Energía metabólica verdadera
EU	-	Energía urinaria
EUE	-	Energía urinaria endógena
F	-	Nitrógeno fecal
Fe	-	Nitrógeno fecal metabólico
I	-	Nitrógeno ingerido
NPR	-	Relación neta de proteína
NPU	-	Utilización neta de proteína
ΔP	-	Incremento de peso en gramos del grupo de prueba.
ΔP _{DLN}	-	Decremento de peso del lote con dieta libre de nitrógeno
PER	-	Relación de eficiencia proteínica
P _I	-	Proteína ingerida en gramos
U	-	Nitrógeno urinario
Ue	-	Nitrógeno urinario endógeno.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Ames Stanley R. The Joule - Unit of Energy. J. Am. Diet. Assoc. -- 57, 415-416 (1970)
- 2.- Association of Official Agricultural Chemist Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 14° Edition 1984 Washington D. C. Pág. 249 - 267
- 3.- Beaton George H. and Mc. Henry, Nutrition. A Comprehensive treatise - macronutrients and nutrient elements. Vol. 1, Academic Press (1964). - New York, San Francisco London. Pág. 234-276
- 4.- Biological Assay Methods. National Academy of Sciences, Publication -- 1100 Washington, D. C. 1963, Pág. 23-37
- 5.- Bressani R., L. G. Elias and M. R. Molina. Nixtamalización de mafz. - Interciencia, Vol. 2 (1977) Pág. 281
- 6.- Bressani, R., Paz, P. P. and Scrimshaw, N. S. Chemical Changes in corn during preparation of tortillas. J. Agricultural and Food Chemistry 6 (10) 770-774 (1958)
- 7.- Bressani, R., Braham J. Edgar Behar Moisés. Mejoramiento Nutricional del Mafz. Publicación INCAP. Guatemala, Octubre 1972, Pág. 70-79.
- 8.- Bressani, R., Braham J. E., Elias L. G., Rubio M. Further studies on - the enrichment of lime - treated corn with whole soybeans. J. of --- Food Science, 44, (6), 1707-1710 (1979).

- 9.- Campbell, J. A. Methodology of Protein Evaluation. In; Sachs, M. Y. The PAG Compendium. Vol D. p-p - 205-240. John Wiley & Sons, N. Y. (1975).
- 10.- Church, D. C. et al. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants O & B Boock, Oregon, U. S. A. Pág. 543-547
- 11.- CONASUPO. La Industrfa del Mafz (1972-1976)
- 12.- C. E. Stanffer. Industrial Uses of Cereals. Vol 28, 301 (1983)
- 13.- Dfáz - Castañeda M., Pegeot, F., Brisson, G. J. Nutritive Value of - lime treated corn and hydrolysed fish protein. Nutr. Rep. Int. 1986, 33, (5), 811-820
- 14.- Enciclopedia de México, Vol 8 Pág. 442-477. México 1977, Editorial - Reverté.
- 15.- F. R. Earle, J. J. Curtis and J. E. Hubbord, Cereal Chemistry. 23, - 504 (1946)
- 17.- Hansel L. W., Tsli C. Y, Nelson D. C. The effect of The floury 2 gene on the distribution of protein fractions and methionine in maize endosperm. Cereal Chemistry 50, 383-394. (1973)
- 18.- Hemminger W. Historical notes on calorimetry, Thermochimica Acta 40 (1), 41 - 62, (1980)
- 19.- Inglett, G. F. Corn: Culture, Processing, Products; Ed. G. E. Inglett (Westport, conn: Avf Publishing Co. (1970) Cap. 7.

- 20.- James, R. Fortson. El Maíz Alimento del Hombre. Impresora y Editora Cocoyoc, S.A. Edición No. 15 (1986) México, pág. 35 a 47
- 21.- Maíz. Manuales para educación agropecuaria. Ed. Trillas. México 1985., pág. 10 a 12
- 22.- Martínez, M.L., Lachance, P.A. Factors affecting textural behavior and calcium content of corn during the lime treatment process. Doctoral thesis Rutgers University. (1977). New Branswich, New Jersey.
- 23.- Matz Samuel A. (1969) . Corn. Cereal Science. Avi Publishing Co. Inc. Westport Connecticut.
- 24.- Mc. Laughlan, J.M. and Keith, M.O. Bioassays for protein quality. In: Friedman, M. Protein Nutritional Quality of Food and Feeds. Vol 1. Pág. 79-112. Marcel Dekker, Inc., N.Y. (1975).
- 25.- Merino , M.E., Trejo, G.Q. (1973) Estudio comparativo de las propiedades -- físicas y químicas en la nixtamalización de tres tipos de maíz. Parte 1. Tesis Profesional I.B.Q. ENCB-IPN. México.
- 26.- Moore Sc. D. The Calorie versus the Joule. Cambridge University. England J.Am. Diet. Assoc. 59, 327-330 (1971)
- 27.- N.L. Kent. M.A. Tecnología de los cereales Ed. Acribia. México 1971. pág. 249 a 258.
- 28.- O. M. S. Las unidades S. I., para las profesiones de salud. Informe preparado a petición de la Trigésima Asamblea Mundial de la Salud. Ginebra. OMS 1980

- 29.- Paredes López O and M.E. Saharópulos - Paredes. Bakers Digest. September 13, 1983. 56 (5) Pág. 16-25. A review of tortilla production technology.
- 30.- Pérez-Villaseñor, J. Valle, F.R. Del, Saleme, M.M. Enrichment of tortillas with soy proteins by nixtamalization of maize soybean mixtures. *Tecnología de Alimentos*, 1974, 9 (1), 24-27.
- 31.- R.A. Reiners, J.S. Wall and G.E. Inglett, Industrial uses of cereals, Symposium Proceedings ed. y Pomeranz. (ST. Panel AACC, 1973). P. 1985
- 32.- Racotta, V. Bourges. H. Navarrete, A., Zuckermann, J. Use of whey Proteins for supplementing tortilla. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1979, 27 (4) , 668-672.
- 33.- Ruíz G. García A.J.L. Efecto Térmico en las globulinas del frijol negro Mecesentral - Estudio realizado en la Escuela Nacional de Agricultura Chapin go México, 1973.
- 34.- Salorio, G; García A. J; Velarde M. Substitución de los Procedimientos -- Primitivos en la elaboración de maíz nixtamalizado. Artículo de consumo -- básico de la población Mexicana. Banco de México, S.A. Departamento de -- Investigaciones Industriales, México (1964) Pág. 81-96
- 35.- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana. NOM-F-46-5-1980. "Harina de Maíz Nixtamalizado". Dirección General de -- Normas.
- 36.- Selkurt Ewald. E. Fisiología. Ed. Ateneo, S.A. 3a. edición. 1981 Impreso en España Cap. 27.

- 37.- Valencia M.E., Vavich, M.G., Weber, C.W., Reid B.C. Protein quality evaluation of corn tortillas, wheat flour tortillas, pinto beans, Soybeans and their combinations. Nutrition Reports International, 1979, 19 (2) 195-201.
- 38.- Yang, M.G. and Mickersen, O. Laboratory Animals in Nutritional Research In: Gay, W.I. Methods of Animal Experimentation, Vol V Academic press, N.Y. (1974)
- 39.- Lucas F. Bernardo ; Sotelo L. Angela.
Técnicas especiales para conocer el contenido y calidad de nutrimentos en alimentos naturales y procesados. Curso impartido en la UNAM. Fac. Química México D.F. 1987.
- 40.- Norman H. Nie C. Hadlai Hull, Jean G. Jenkis, Karin Steinbrenner, Dale -- H. Bent. Statistical Package for the Social Sciences.
Mc. Graw Hill 2a. Edition 1975, Cap. 23.