



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

“VALOR NUTRITIVO DEL SUERO DE LECHE Y SU POSIBLE UTILIZACION COMO SUPLEMENTO EN MAIZ Y TRIGO”.



DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

Que para obtener el título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a :

JOSE ARTURO VEGA ESPINOSA

México, D. F.

1980

M-23557



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

Presidente: ANGELA SOTELO LOPEZ.
Vocal: SALVADOR BADUI DERGAL.
Secretario: MIGUEL HERNANDEZ INFANTE.
1er. Suplente: RICARDO BERNAL CASTELAZO.
2o. Suplente: FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: Sección de
Bromatología , División de Bioquímica , Unidad de Inves-
tigación Biomédica , Centro Médico Nacional , IMSS.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

JOSE ARTURO VEGA ESPINOSA. *José Arturo Vega E.*

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

MIGUEL HERNANDEZ INFANTE.



A mis Padres

a

sus hijos

¡Gracias! Maestra Angela Sotelo L.,
a su grupo de colaboradores
y a la gente que me ha sonreído.

¡Hasta cuándo mi vida
ha de ser solamente una ala presentida!
Ala que si tendiere alguna vez sus plumas
será por la guerra, para una guerra púnica ...
Ala que habrá de ser lira en sus soledades,
tendrá como la aurora, parientes en los árboles.
¡Ala llena de luz! Más alta que la lluvia;
más bella que la noche a través de la música.
¡Hasta cuándo mi vida
ha de ser solamente una ala presentida!
Delante de las aguas
sentimentales,
canto y mi canto tiene
recuerdos de mujeres y paisajes.
Agua sentimental, noble agua hundida
que vio pasar mis trenes, sonoros de ilusión.
Aguas del corazón, aguas vencidas
que votaron la paz para mi corazón.
Os habrá de agitar esa ala presentida.
Quebrará con sus plumas los vidrios de la paz.
¡No sé! ... ¡Pero este vasto silencio de mi vida
anuncia un grito largo, un gran grito de mar!

Soledad
Carlos Pellicer

CONTENIDO

- I. - OBJETIVO
- II. - INTRODUCCION
- III. - GENERALIDADES
- IV. - PARTE EXPERIMENTAL
- V. - RESULTADOS Y DISCUSION
- VI. - CONCLUSIONES
- VII. - BIBLIOGRAFIA

O B J E T I V O

El objeto de este trabajo es conocer el valor nutritivo del suero de leche seco tipo "dulce" procesado en México, para poder usarlo como suplemento en harinas de cereales de amplio consumo como son : la harina de trigo, de maíz nixtamalizado y de salvado de trigo.

I N T R O D U C C I O N

El avance tecnológico y la industrialización en los diferentes campos relacionados a la alimentación han provocado un considerable incremento en la producción de alimentos, además de una utilización de subproductos que antaño eran descartados, por lo cual se ha incrementado la disponibilidad tanto de proteínas como de calorías para atacar el problema de la desnutrición y el hambre que derivan en gran proporción del alto índice de crecimiento de la población que aun persiste en los países en vías de desarrollo. De todos estos avances el más sobresaliente ha sido el incremento en la producción agrícola, especialmente en el campo de los cereales, sin embargo estos presentan un bajo contenido de proteínas y pobre en calidad. Se han desarrollado algunas variedades de alto contenido proteico y aún otras de mejor calidad (como en el caso del maíz Opaco-2), pero su producción es limitada.

Las tortas de oleaginosas, obtenidas después de la extracción del aceite contienen una buena cantidad de proteína pero su utilización para consumo humano es limitado, ya que su mayor uso es en la nutrición animal. Muy semejante en cuanto su utilización se encuentra el suero de leche, el cual se obtiene de la industria quesera, el suero ya en polvo tiene alrededor de 13 % de proteína, de excelente calidad, que la hace adecuada para utilizarse como suplemento de cereales, con lo cual a la vez que se estimula su consumo, puede mejorar la calidad de la proteína de estos alimentos de origen vegetal que son la fuente calórica y en muchas ocasiones la fuente proteica de gran parte de la humanidad.

GENERALIDADES

El suero de leche o lactosuero es el subproducto de la transformación de leche en queso o caseína. (1)

Durante la fabricación de estos productos se producen aproximadamente 9 Kg de suero líquido por Kg. de producto final, Su composición es variable dependiendo del proceso tecnológico seguido durante la fabricación de quesos de los cuales procede. (2)

Cuando se trata de quesos de coagulación rápida (tipo Cheddar) se produce el suero "dulce" con pH de 6.5, que contiene la lactosa de la leche (4.0- 4.5%) y las proteínas del suero (0.55-0.60%), además tiene un mayor contenido de aminoácidos libres y fragmentos de caseína, resultado del rompimiento enzimático.

De los quesos de coagulación lenta (tipo Cottage) que se obtienen por la acidificación del medio al ser transformada parte de la lactosa en ácido láctico por acción de un microorganismo láctico, resulta el suero ácido con pH menor y por lo tanto una vida de anaquel mayor que el suero "dulce", parte de las proteínas del suero se han incorporado a la caseína, debido a que su pH isoelectrico se halla entre 4.2-5.3, este tipo de suero no contiene residuos de caseína aunque sí más calcio. En los dos tipos de suero el contenido de agua es alto pero aun así quedan la mitad de los sólidos de la leche original, esencialmente las vitaminas hidrosolubles, los minerales, las proteínas solubles y la lactosa (tabla 1). (2) (3) (4)

Dentro de estos sólidos la fracción proteica es el componente más importante nutricionalmente hablando. Las proteínas del suero representan aproximadamente el 20% del total de las proteínas lácteas, (tabla 2).

TABLA 1

Composición proximal de los dos tipos de suero (2)

	Suero (a) "dulce" %	Suero (b) "ácido" %
Sólidos totales	6.7	6.4
Proteína. (NX6.38)	0.9	0.9
Lactosa	4.9	4.3
Cenizas	0.5	0.8
Grasa	0.1-0.3 ^(c)	0.1
pH	5.8-6.6 ^(d)	4.6

(a) De queso o caseínas obtenidas por cuajo

(b) Queso tipo cottage o caseína ácida

(c) El valor alto es para el suero de queso

(d) El valor alto es para el suero de caseína

TABLA 2

Principales componentes de la proteína láctea (6)

Proteína	Proteína láctea total. % Peso
Caseína	78
β - lactoglobulina	14
α - lactoalbúmina	3
Inmunoglobulinas	2
albúmina sanguí- nea	3

La β -lactoglobulina es la más abundante, tiene un peso molecular de 36,000, es rica en lisina, leucina, ácido glutámico y ácido aspártico. Contiene cisteína, que por tener grupos sulfhidrilos libres interviene en el desarrollo del sabor a cocido de la leche hervida.

La α -lactoalbúmina es la otra proteína importante del suero de leche, tiene un peso molecular de 16,000, no contiene grupos sulfhidrilos libres aunque su contenido en cistina es alto, es rica en triptofano.

Ambas proteínas forman del 70-80% del contenido proteico del suero, cantidades fácilmente identificables de inmunoglobulinas, seroalbúmina sanguínea y proteosas-peptonas forman el remanente de las principales proteínas del suero. Adicionalmente, numerosas enzimas proteicas y proteínas con funciones metabólicas específicas han sido identificadas y muchas veces aisladas del suero. (4) (5) (6)

✓ En resumen las proteínas del suero, son de las más nutritivas que existen en la naturaleza, su aminograma con respecto al patrón de la FAC para los aminoácidos indispensables es mayor en una relación de 1.35:1.0. La Relación de Eficiencia Proteica (REP) de estas proteínas con respecto a la caseína es mayor. Son ricas en lisina y triptefano, bien equilibradas en aminoácidos azufrados gracias a su elevado contenido en cistina y por lo tanto son valiosas para enriquecer proteínas vegetales donde estos aminoácidos son de los más críticos. (1) (3)

El otro componente importante del lactosuero es la lactosa. Es un carbohidrato que solo se encuentra en la leche como un producto de la glándula mamaria, es un azúcar reductor formado por glucosa y galactosa en unión β 1-4, tiene efectos fisiológicos no característicos de otros azúcares o aun de otros disacáridos, algunos de estos son por la liberación de la galactosa al hidrolizarse, otros son específicos de la molécula por si misma. Su valor nutritivo es muy importante sobre todo en bebés, ya que la leche humana tiene un contenido doble que la leche de vaca, es menos dulce, menos soluble y más estable que la sacarosa. (3) (7)

Se atribuyen a la lactosa varias funciones reguladoras, una de estas es la aceleración del crecimiento de bacterias deseables en el intestino delgado. Algunas de estas bacterias son útiles en la síntesis de varias vitaminas del complejo B. Facilita la absorción de calcio y fósforo. Cuando es hidrolizada en el organismo libera una molécula de glucosa y otra de galactosa, este último es un azúcar "estructural" el cual puede ser importante en la formación de compuestos tales como cerebrósidos y mucopolisacáridos. Si no es hidrolizado la flora del intestino lo fermenta produciendo gas y provocando malestares como; flatulencia, calambres abdominales y diarreas más o menos severas. La hidrólisis no se efectúa por una deficiencia en la enzima lactasa, numerosos estudios han demostrado que un alto porcentaje de personas son intolerantes a la lactosa, sobre todo en los países no desarrollados. Esta deficiencia empieza después del destete y aumenta con la edad. Una investigación efectuada con un grupo de niños negros de Estados Unidos demostró que el 29% de los niños por debajo de los cinco años son intolerantes, mientras que el 59% de los niños de ocho años lo eran y este porcentaje aumentaba a un 74% con niños de doce años de edad. Se sugiere la hipótesis de que la lactasa puede ser una enzima inactiva o sea que se encuentra activa mientras haya leche en la dieta, pero si se elimina de la alimentación la enzima tiende a desaparecer. (7) (8) (9)

El contenido de lactosa en el suero de leche es aproximadamente el mismo que el de la leche descremada (50 g / lt) y representa alrededor del 70% del extracto seco del suero. (1)

Todavía hace algunos años este subproducto de la industria láctea era eliminado, provocando la muerte por asfixia de la fauna piscícola en lagos y ríos, debido a su elevada Demanda Biológica de Oxígeno (BDO) que es del orden de 40,000-50.000 mg/lt. (2) (10)

El elevado costo que representa el tratamiento de las aguas

de desecho, la necesidad de reducir la contaminación ambiental y la calidad de la proteína del suero han ocasionado numerosos estudios para industrializar este subproducto. (10)

Hasta hace algún tiempo el suero líquido era regresado a las granjas para que sirviera como suplemento en la alimentación animal, pero en la actualidad esto es incosteable debido a la lejanía de las plantas productoras de queso.

El riego de sembradíos con suero ha sido poco usado aunque su valor nutritivo es alto ya que una tonelada de suero líquido contiene; 1.5 Kg. de nitrógeno, 0.35 Kg. de fósforo y 1.65 Kg. de potasio, además de calcio, magnesio, sodio y cloruros. Mejora la estructura del suelo haciéndolo más manejable, incrementa la filtración de agua y reduce la erosión. El problema en este caso es que el suero sólo se usa al inicio de la temporada de siembra que es cuando se necesita fertilizante y por eso su uso es limitado. (11).

El uso del suero líquido para la elaboración de bebidas alcohólicas y no alcohólicas aun es raro en muchos países, así como la fermentación para producir ácido láctico, antibióticos, vitaminas o para la obtención de proteína unicelular para consumo animal.

La recuperación de los sólidos totales del suero, como ingredientes para la alimentación humana y animal ha sido la técnica más usada por los grandes procesadores de suero. Las técnicas tradicionales incluyen; secado por aspersión, secado por rodillos, concentración del suero para consumo animal o producción de suero con centrado dulce, otros métodos bien establecidos incluyen cristalización de la lactosa de sueros no tratados o modificados, producción de concentrados proteicos por medio de la desnaturalización por calentamiento (lactoalbúmina clásica) o recuperación de la grasa que contiene el suero. (2).

Debido a sus ventajas nutritivas, múltiples esfuerzos han sido hechos para la recuperación de la proteína del suero, actualmente diferentes técnicas de separación molecular son usadas para la -

producción de concentrados proteicos de suero (CPS) como son la ultrafiltración (UF), filtración en gel (FG), acomplejamiento con polifosfatos y un mejoramiento en las técnicas de precipitación por calor, por otro lado estas técnicas y otras como la ósmosis reversible (OR), electrodialisis (ED) e intercambio iónico (II) han ampliado el rango para la elaboración de diferentes productos de suero como son los sueros fraccionados, modificados o reconstituídos y mezclas lácteas. (12).

Los usos que se le darán a la CPS dependerán principalmente de sus propiedades nutritivas y funcionales. Dependiendo del método de separación usado el contenido de nutrientes será diferente, además cuando se usan dos métodos combinados el resultado es mejor como se puede observar en la tabla 3. En donde se ve que usando UF+FG e II+UF, el contenido de proteínas aumenta considerablemente y la lactosa y los minerales disminuyen. (12).

En la tabla 4 se tabula el contenido de aminoácidos de los CPS obtenidos por UF y FG, se puede notar que los CPS tienen un mayor contenido de triptofano y cisteína que la leche descremada, que los valores para, valina, tirosina, fenilalanina y metionina son menores con respecto al valor del huevo se puede observar el alto contenido de lisina, triptofano y cisteína. (12).

Las propiedades funcionales de los CPS son otro aspecto muy importante para su desarrollo. Estas pueden ser definidas como aquellas propiedades que dan información de como se comportará la proteína en un sistema alimenticio. Un aditivo proteico debe mantener o aumentar la calidad y aceptabilidad del alimento al cual es añadido. Así aparte de tener propiedades intrínsecamente satisfactorias, tales como valor nutritivo, sabor y color, los concentrados proteicos deben poseer otras propiedades que los hagan compatibles con los alimentos a los que van a ser añadidos.

Los CPS han mostrado que poseen un amplio rango de propiedades funcionales como son; solubilidad a diferentes pH, afinidad al agua, gelación, viscosidad, capacidad emulsionante y de batido, y

Tabla 3:

Composición de concentrados proteicos de suero (CPS) preparadas por procesos de membrana y afines. (12)

Proceso	%			
	Proteína	Lactosa	Minerales	Grasa
Electrodialisis (ED)				
Comercial	20-35	45-60	3-18	2-4
Experimental	13-17	82-86	1-2	1
Acomplejamiento con Metafosfato				
Comercial	55-60	18-22	10-18	6-9
Filtración Gel (FG)				
Comercial	54	25	14	2
Experimental	68	18	3	5
Ultrafiltración (UF)				
Experimental	30-70	20-55	3-5	4-5
Intercambio Iónico (II)				
	15	78	1	1
UF + FG	81	12	2	3
II + UF	76	16	1	3

Tabla 4

Composición de aminoácidos de los Concentrados Proteicos de Queso (CPS) g aminoácido / 16 g N .(12)

Aminoácido	CPS (UF)	CPS (FG)	Leche descremada	Huevo entero prot. de ref.
Acido aspártico	10.3	10.7	7.0	
Treonina	7.1	6.9	4.4	5.1
Serina	5.3	5.0	5.6	
Acido glutámico	16.7	18.1	22.5	
Prolina	6.2	6.0	10.6	
Glicina	1.7	1.9	1.9	
Alanina	4.6	4.8	3.3	
Valina	6.0	5.9	6.6	7.3
Isoleucina	6.5	5.9	6.1	6.6
Leucina	9.8	10.0	9.4	8.8
Tirocina	2.9	1.2	4.9	4.2
Fenilalanina	3.0	3.5	4.6	5.8
Lisina	8.7	9.2	7.4	6.4
Histidina	1.8	1.7	2.5	
Arginina	2.4	2.4	3.5	
Triptofano (1)	2.0	2.8	1.3	1.6
Metionina (2)	2.1	2.1	2.3	3.1
Cisteína (2)	2.3	2.4	0.85	2.4
Total	99.0	100.0	104.75	
Total de amino- ácidos esenciales	50.4	49.4	47.85	51.3
Cuenta química	51.7	52.5	58.0	

(1) determinado por análisis colorimétrico.

(2) determinado por oxidación con ácido perbórmico.

por esto se usan en alimentos infantiles, dietéticos, para alimentación animal, como suplemento en cereales, fortificación de bebidas carbonatadas, imitación de cremas ácidas, alimentos instantáneos, etc. (12)

La manufactura de los CPS es normalmente seguida por una operación de recuperación de la lactosa, por ser el principal constituyente del lactosuero pues la producción de la CPS por sí solo, no atenua el problema de la contaminación ambiental. (2)

La lactosa se recupera principalmente por cristalización o por dispersión después de haber purificado el lactosuero.

Debido a que la lactosa tiene un sabor muy poco dulce es compatible con muchos sabores alimenticios y puede ser usada como vehículo, se usa en edulcorantes artificiales para su fácil manejo, para distribuir sabores y colores concentrados, necesario sólo en pequeñas cantidades. En la industria farmacéutica se usa como vehículo para antibióticos, debido a sus excelentes propiedades para producir tabletas cuando es comprimido. (13)

En panadería contribuye a mejorar muchas características como son; sabor, textura, apariencia, vida de anaquel y tostado del pan.

Debido a que no todos los microorganismos fermentan la lactosa, ésta queda disponible, durante el cocimiento del pan, para dar un color óptimo a la corteza mediante la reacción de Maillard. (13)

La razón por la cual se usa en alimentos es que no causa dulzura excesiva, es menos dulce que la glucosa, fructosa, galactosa y sacarosa, aunque depende de muchas variables encontradas en el alimento, como son concentración de azúcar, ausencia o presencia de sales ácidas, temperatura.

Los azúcares dan viscosidad a los alimentos o mejoran la textura a través de un incremento de los sólidos totales. La lactosa es más efectiva al mejorar estas cualidades porque se puede añadir más cantidad sin dañar el sabor. Tiene capacidad para acentuar los sabores, ayuda a estabilizar las proteínas de la leche. (13)

Aunque la posibilidad de la lactosa en alimentos es grande, tiene sus limitaciones por no ser muy soluble (aproximadamente 20g/100 ml de agua a temperatura ambiente) y puede cristalizar si es usada en mayor cantidad. Otro problema es la intolerancia que presentan grandes grupos de población, por carecer del sistema enzimático para desdoblarla en glucosa y galactosa. (13)

Debido a esto el mercado de la lactosa es relativamente pequeño y estático y se buscan nuevas aplicaciones. El uso de la lactosa como edulcorante, después de su hidrólisis en glucosa y galactosa, incrementa su utilidad. (13)

La hidrólisis de la lactosa puede ser ácida o enzimática. La hidrólisis por medio de enzimas libres o inmovilizadas de origen microbiano, ha sido ampliamente investigada en los últimos años. El proceso industrial consiste en la hidrólisis con 1 ó 2 pasos de U.F. (eliminando las proteínas del suero del reactor de hidrólisis y recuperando la enzima libre para su uso repetitivo). En general el uso de enzimas es costoso y ha sido considerado como no económico. (2)

La hidrólisis ácida, como una alternativa a la tecnología enzimática, no es práctica en sueros no-tratados, debido a su pronunciado oscurecimiento y precipitación de la proteína. Sin embargo un proceso ha sido desarrollado para efectuar la hidrólisis ácida en permeatos desproteinizados por UF. El filtrado es sometido a un intercambio catiónico que es parte de un ciclo de intercambio iónico, resultando un abatimiento de pH a aproximadamente 1.2-1.5. El permeato altamente ácido es calentado a 140°C/3-11 minutos resultando una hidrólisis de 50-94%. Se completa el ciclo de intercambio iónico y se evapora a 30% de sólidos totales, produciendo un jarabe claro y dulce que fue probado en conservas. Su uso potencial incluye bebidas gaseosas, confitería y panadería.

La hidrólisis de la lactosa parece ser el más prometedor de los nuevos procesos para la utilización de grandes cantidades de suero. (2)

Secado de Suero

Durante los últimos años se ha manifestado un enorme interés para la recuperación de la proteína del suero y de la lactosa, sin embargo su proceso es caro, siendo el secado del suero líquido el proceso más usado.

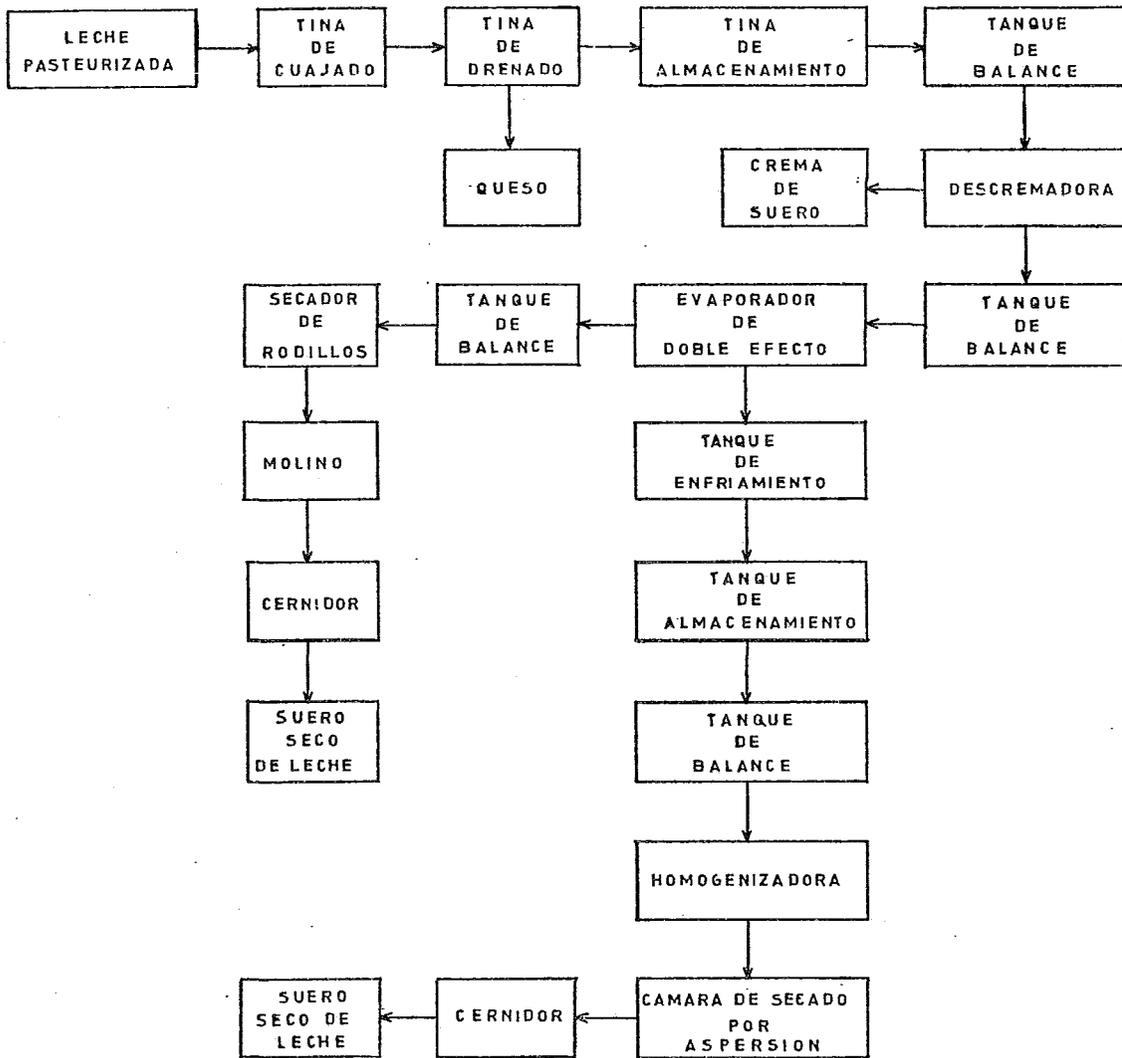
El secado del suero entero presenta el problema de eliminar el gran contenido de agua de este producto, con una mínima cantidad de cambios físicos y químicos en los sólidos del suero. (14)

De los diferentes procesos que son usados el secado por atomización es el más importante, menores cantidades son secadas por el método de secado por rodillos.

El suero "dulce" es el tipo de suero más frecuentemente usado debido a que el ácido láctico que contiene el suero ácido hace difícil la eliminación de agua.

Los principales pasos que se siguen para secar el suero son los siguientes : Después de haber obtenido el suero, este pasa a un tanque de almacenamiento a una temperatura de 75°C para impedir la formación de ácido láctico y el crecimiento de microorganismos, luego se pasa a través de una descremadora en donde se obtiene crema de suero y el suero descremado se pasa a un evaporador de doble efecto en donde se concentra a 47% de sólidos o a 13% si se va a secar por el método de rodillos. El concentrado de suero pasa a un tanque de enfriamiento y se almacena a 4°C durante 4-7 hrs para la cristalización de la lactosa. Si durante el proceso este paso es eliminado el producto final será muy higroscópico que no es satisfactorio para uso comercial. Después de este tiempo el concentrado pasa a través de una homogenizadora que tiene una presión de 1100/lb a una temperatura de 65°C y de aquí a la cámara de secado, donde se seca por aspersión. Por otro lado el concentrado al 13% pasa a un tanque de almacenamiento y de ahí al secador por rodillos que tiene una temperatura de 74°C . (figura 1)

"DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SECADO DE SUERO DE LECHE"



Composición y valor nutritivo del suero de leche

Debido al incremento que ha tenido el suero seco en las formulaciones para alimentos de uso humano y animal, se han hecho numerosos trabajos en donde se reporta la composición de los sueros tipo "dulce" y ácido.

En la tabla 5 se muestra la composición general de los 2 tipos de suero, estos datos fueron obtenidos de numerosas muestras de suero de diferentes quesos y secados por diferentes procesos industriales. (15)

La composición de aminoácidos de las proteínas del suero se halla resumida en la tabla 6. En donde podemos ver que la composición en ambos sueros es similar a excepción de dos aminoácidos esenciales, la treonina que es mayor en el suero dulce que en el suero ácido y la lisina que fue mayor en el suero ácido al comparar el contenido de aminoácidos indispensables de la proteína del suero con la proteína de referencia de la FAO (tabla 4), con excepción de la metionina y fenilalanina que se encuentra por abajo de los requerimientos establecidos, los restantes aminoácidos se hallan en igual o mayor cantidad. (15)

Además el suero en polvo es una buena fuente de vitaminas como la vitamina B₁₂, riboflavina, ácido pantoténico, biotina y celi, así como de minerales, se puede considerar una buena fuente de calcio y fósforo, pero pobre en hierro y yodo, además contiene otro tipo de minerales como sodio, potasio y magnesio (tabla 7) las variaciones en el contenido de minerales y vitaminas son debidas a múltiples factores entre las que están, tipo de queso del cual procede, proceso, área geográfica, temperatura y tiempo de almacenamiento, estos dos últimos factores afectan sobre todo a las vitaminas inestables como son la vitamina C, B₆ y biotina. (16)

TABLA 5

Composición general de sueros secos. (a) (15)

	Suero "dulce"		Suero "ácido"	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Lactosa (%)	69.4	56.9-74.6	63.2	58.8-71.7
Proteínas (N _X 6.38) (%)	13.0	11.1-16.6	11.7	8.0-12.6
Nitrógeno no-proteico (%)	0.5	0.23-0.65	0.58	0.45-0.73
Cenizas totales (%)	8.3	7.1-10.7	10.6	7.3-12.2
Cenizas alcalinas (ml Na OH 0.1N/100g)	124	54-304	335	214-404
Húmedad (%)	3.0	1.1-6.3	3.1	1.6-5.0
Grasa (%)	1.03	0.37-1.52	0.48	0.34-0.74
Acidez titulable (%)	0.10	0.07-0.19	0.39	0.28-0.44
pH	5.88	5.20-6.40	4.57	4.40-4.81

(a) Datos obtenidos de 117 muestras de suero "dulce" y 33 muestras de suero "ácido."

TABLA 6

Composición de aminoácidos de las proteínas del suero seco. (a)(15)

Aminoácido	Suero "dulce"		Suero "ácido"	
	g/100g Prot.	g/100g de suero	g/100g Prot.	g/100g de suero
Lisina	8.8	1.10	10.3	1.24
Histidina	2.0	0.25	2.3	0.28
Arginina	2.6	0.33	2.8	0.33
Triptofano	2.4	0.30	2.4	0.29
Ac. aspártico	10.2	1.28	10.2	1.23
Treonina	6.8	0.85	4.9	0.59
Serina	5.3	0.66	4.7	0.56
Ac. glutámico	18.0	2.23	18.4	2.22
Prolina	6.9	0.85	6.4	0.77
Glicina	1.9	0.24	1.7	0.20
Alanina	4.6	0.58	4.1	0.50
Cistina	2.3	0.28	2.2	0.26
Valina	5.9	0.73	5.2	0.63
Metionina	1.8	0.22	1.8	0.21
Isoleucina	5.9	0.74	5.4	0.66
Leucina	10.3	1.28	10.5	1.26
Tirosina	2.7	0.34	3.1	0.37
Fenilalanina	3.5	0.43	3.7	0.44

(a) Análisis de 7 muestras de suero "dulce" y 3 de suero "ácido."

Tabla 7

Contenido de vitaminas y minerales en sueros en polvo. (16)

Vitamina	Suero ^(a) "dulce"	Suero ^(b) "ácido"
Vit. A (UI / 100g)	136	107
Vit. C (mg / 100g)	1.41	0.33
Vit. B ₆ (mg / 100g)	0.59	0.62
Vit. B ₁₂ (g / 100g)	2.4	2.5
Tocoferol (mg / 100g)	0.063	0.071
Tiamina (mg / 100g)	0.51	0.049
Riboflavina (mg / 100g)	2.41	1.85
Acido pantotenico (mg / 100g)	11.5	11.4
Biotina (mg / 100g)	43.0	35.0
Niacina (mg / 100g)	1.30	1.16
Folocina (mg / 100g)	0.0116	0.0332
Colina (mg / 100g)	104	101

(a) Datos obtenidos de 40 muestras

(b) Datos obtenidos de 10 muestras

Tabla 7 (continuación).

Contenido de vitaminas y minerales en sueros en polvo. (16)

Minerales	Suero "dulce"	Suero "ácido"
Calcio (mg / 100g)	878	2404
Fósforo (mg / 100g)	1096	1588
Sodio (mg / 100g)	1287	1087
Potasio (mg / 100g)	1855	1915
Magnesio (mg / 100g)	178	224
Zinc (mg / 100g)	2.1	8.1
Hierro (mg / 100g)	0.9	1.3
Cobre (ppm)	2.8	5.3
Iodo (ppm)	6.79	8.64
Plomo (ppm)	1.15	1.68
Selenio (ppm)	0.064	0.034
Arsenico (ppm)	0.77	0.59

Los tratamientos térmicos a los que se ve expuesto durante su elaboración pueden hacer que la disponibilidad biológica de la lisina baje al efectuarse la reacción de Maillard. Otros factores que hacen posible esta reacción es el alto contenido de lactosa y la humedad que posee el suero seco. Siendo la reacción de Maillard una reacción progresiva que daña el valor suplementario de la proteína del suero, la disponibilidad de la lisina es un parámetro importante que se debe determinar cuando el valor nutritivo del suero es evaluado. (17)

En trabajos efectuados para determinar el valor nutritivo del suero seco, se observó que los tratamientos térmicos si dañan el contenido de lisina del producto, pero el contenido de lisina disponible si es satisfactorio y muy similar al patrón de la FAO, el valor suplementario del suero se conserva. (17)

Aunque el contenido de proteína fluctúa en un 13.0%, al ser usado como suplemento en cereales aumenta el valor nutritivo de ellos, esto ha sido demostrado en estudios efectuados con ratas - recién destetadas sanas, con ratas que también han sido destetadas pero con alimentación deficiente y con ratas adultas que sufren una desnutrición proteico - calórica (tipo Kwashiorkor). Algunos de los animales sufrieron diarrea durante la primera semana del experimiento, pero aun así aumentaron de peso. (18) (19)

Aunque el alto contenido de lactosa en el suero seco puede ser un inconveniente se ha demostrado que como suplemento tiene efectos positivos. Por otro lado para los grupos de población que toleran la lactosa puede ser deseable al aumentar la absorción de minerales. (18)

El uso más extendido del suero seco es en panadería, donde se ha visto que aparte de aumentar el valor nutritivo del pan mejora sus características organolépticas, como el color, aroma, aumento de volumen. (20)

Maíz:

El maíz es el alimento básico de grandes sectores de población en México, y contribuye con cantidades significativas de calorías y proteínas en la dieta diaria. Los resultados de análisis químico-proximal del maíz indican que es un alimento de bajo contenido proteico y rico en carbohidratos, característica que lo coloca como a los otros cereales entre las fuentes energéticas. (tabla8). (21)

TABLA 8

Composición químico-proximal promedio del maíz. (21)

%	Blanco	Amarillo
Materia seca	84.1	87.6
Grasa	4.83	3.53
Proteína	8.06	8.37
Fibra cruda	1.58	1.33
Cenizas	1.28	1.08
Carbohidratos	70.04	73.86
Calorías/100g	356	370

El contenido de proteínas y aminoácidos es variable dependiendo de múltiples factores como son; raza, variedad, medio ambiente, fertilizantes, etc. Estudios hechos para conocer la calidad de la proteína, así como la proteína utilizable han demostrado que el maíz tiene los resultados más bajos de todos los cereales debido a que es deficiente en lisina, triptofano e isoleucina, la zeína, fracción proteica deficiente en estos aminoácidos esenciales tiene altos valores de leucina, tirosina y fenilalanina lo que provoca un desbalance en el contenido de aminoácidos.

El proceso seguido en México así como en otras partes de Lati-

noamérica para la cocción del maíz se le llama "Nixtamalización. Este proceso utiliza una solución alcalina en la cocción del maíz, que ayuda a desprender el pericarpio del grano, quedando juntos el endospermo y el germen. Después de cocido y enfriado, se lava con agua para ayudar a desprender la cáscara y eliminar el exceso de cal. El maíz así cocido se llama Nixtamal. (figura 2) (21) (22)

El proceso casero termina al tener la masa nixtamalizada, en el proceso industrial la masa se seca, se muele y se cierne para tener un producto final de partículas finas, que se empaqueta en bolsas dobles de papel.

La harina de maíz nixtamalizada es un polvo fino, seco, de color blanco o blanco-amarillento con un olor característico de masa de maíz. (22)

En la siguiente tabla se halla la composición química proximal de la harina de maíz nixtamalizada. (22)

Tabla 9

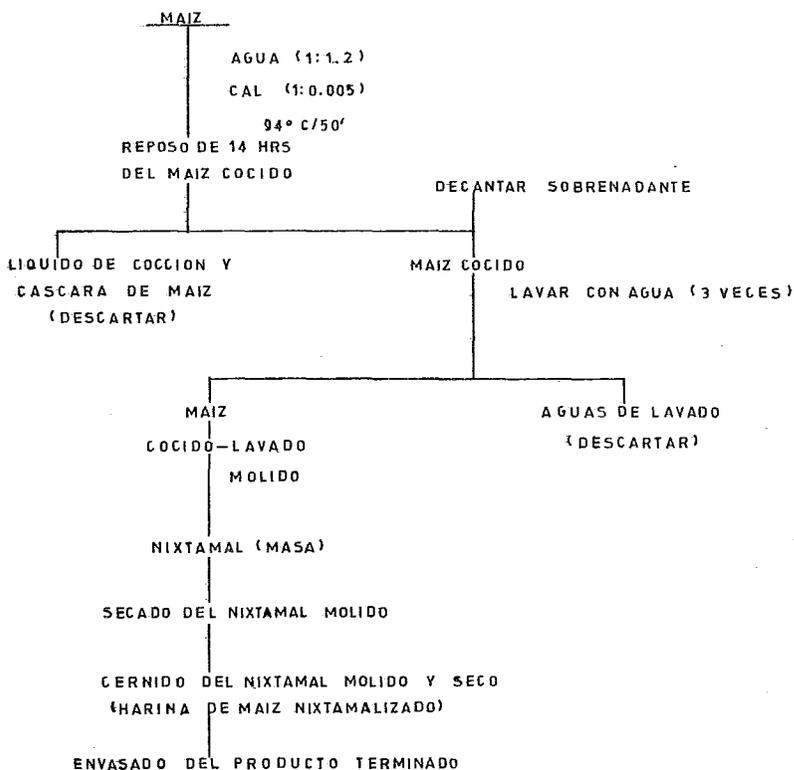
Composición química-proximal de la harina de maíz nixtamalizada. (22)

Humedad máxima	10 % (al envasar)
Cenizas	2 %
Proteínas mínimas	7.5 %
Fibra cruda máxima	3 %
Grasa	5 %
Lignina	reacción negativa.

El proceso alcalino de cocción del maíz evita la pelagra, enfermedad que se presenta cuando hay deficiencia de niacina. En el maíz esta vitamina se halla unida a un péptido y no es disponible biológicamente, en el cocimiento alcalino hay pérdida de niacina pero gran parte es liberada en forma activa. Otra ventaja de este cocimiento es el aumento en el contenido de calcio, evitando así el raquitismo. A pesar de las ventajas de este proceso la calidad y cantidad de proteínas del maíz no mejora, conduciendo a un estado nutricional pobre en humanos y animales. (21)

FIGURA 2

“DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA NIXTAMALIZACION DEL MAIZ.”



Trigo y Salvado de trigo:

El trigo constituye el elemento básico en la dieta de un tercio de la población mundial.

El grano de trigo puede ser dividido en tres partes principales, que son el embrión o germen que está cubierto por el escutelo, el endospermo y las capas exteriores o cáscara. La cáscara consiste de varios componentes, principalmente la capa de aleurona, pericarpio y testa. (23)

TABLA 10

"Contribución de las principales partes del grano de trigo a el peso y proteína total". (23)

Parte	g/100g de grano	Proteína (% del total)
Embrión + escutelo	3	8
Endospermo	82	72
Pericarpio + Testa + aleurona	15	20

Del mismo modo que los otros cereales, la composición química del trigo indica que es un alimento de bajo contenido de proteína y con un alto contenido de carbohidratos que consisten principalmente de almidón (90%), dextrinas, pentosas y azúcares.

Los nutrientes no se encuentran uniformemente distribuidos en las diferentes partes del grano. La cáscara tiene un alto contenido de celulosa, pentosanas y cenizas, el germen es rico en lípidos y proteínas, además de azúcares y constituyentes de cenizas. El en

dospermo contiene almidón y es más bajo en contenido de proteínas que el germen y el salvado. El trigo es buena fuente de vitaminas del grupo B, el aceite del embrión es rico en vitamina E. La distribución de las diferentes vitaminas varía en las diversas estructuras, aunque el menor contenido se encuentra en el endospermo. (24)

Tabla 11

"Análisis químico-proximal del trigo entero y sus diferentes partes después de la molienda." g/100 g de muestra (24).

Muestra	Humedad	Cenizas	Proteínas (N x 5.7)	Grasa	Fibra Cruda	CNC por dif.
Grano entero de trigo	8.50	2.05	14.00	1.80	2.52	71.13
Harina de trigo	11.20	0.46	12.43	1.10	0.36	74.45
Granillo de trigo	10.54	2.72	14.74	3.77	1.67	66.56
Salvado de trigo	10.80	5.48	18.50	3.22	9.66	51.74

La gran mayoría de la producción de trigo es empleada en la elaboración de harina blanca, que es la materia prima en la preparación de una gran variedad de alimentos.

Durante el proceso de molienda el germen y la cáscara son eliminados del endospermo lo mejor posible. El endospermo finamente molido es lo que se conoce como harina blanca, en el proceso de molienda la separación de las partes de trigo no es cuantitativa y en la práctica aproximadamente el 70% del grano es obtenido como harina blanca aunque el endospermo comprenda más del 80% del grano.

El salvado de trigo es un subproducto de la molienda y comprende las capas externas o cáscara junto con algo de endospermo adherido. La capa de aleurona es la mayor fuente de proteína del salvado, estudios efectuados sobre esta parte del grane concluyeron que las células hialinas de la aleurona contenían cerca del 90% de la proteína total del salvado y cerca del 20% de las protefnas del grano entero, la epidermis, capas intermedias y testa contribuyeron con; 1.2, 0.6 y 0.7% de proteína respectivamente. (24)

En reciente estadio sobre la calidad nutritiva de la proteína de diferentes fracciones del grano de trigo, se observó que la lisina e isoleucina son los aminoácidos limitantes en la harina de -trigo y en el salvado de trigo fueron isoleucina y valina. Los PER's para estos productos fueron 0.96 y 1.31 respectivamente en comparación de 2.70 que fué el de la caseína. (24)

PARTE EXPERIMENTAL.

Este capítulo incluye; el programa de trabajo, las materias primas, los métodos de análisis y el material y equipo usados durante el trabajo.

PROGRAMA DE TRABAJO.

1). En base a lo reportado en la literatura consultada y a su disponibilidad, se trabajó con suero seco tipo "dulce" para medir su calidad y como posible suplemento en cereales.

2). De los cereales a suplementar, dos son productos industriales de amplio consumo como son la harina de trigo y la harina de maíz nixtamalizado, el tercero es el salvado de trigo que es un subproducto de la molienda del grano de trigo.

3). A partir de los resultados obtenidos del análisis químico proximal se elaboraron diferentes dietas experimentales, en donde el cereal y el suero o la mezcla de ambos fué la fuente proteica.

4). La calidad nutritiva de estas dietas se determinó por los métodos de Relación de Eficiencia Proteica (REP) y Digestibilidad Aparente en grupos de ratas recién destetadas.

5). Los resultados obtenidos se evaluaron estadísticamente.

MATERIAS PRIMAS.

- 1). • Suero seco entero de leche tipo "dulce", proporcionado por Alimentos "Kraft de México", S.A. de C.V.
- 2). • Harina de maíz nixtamalizado "MINSA", comercial.
- 3). • Harina de trigo "Tres estrellas", comercial.
- 4). • Salvado de trigo. Proporcionado por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). Se molió en un molino Arthur H. Thomas C.O., a través de una malla No. 40.

METODOS DE ANALISIS.

- 1). • Análisis bromatológico o proximal. Se llevó a cabo siguiendo las técnicas descritas en el AOAC. (25)
 - a). • Humedad (14.004)
 - b). • Cenizas (14.006)
 - c). • Proteína cruda (2.051)
 - d). • Grasa cruda (Métodos de extracción; Soxhlet y Mojonnier⁽¹⁾)
(7.048) (16.052)
 - e). • Fibra cruda (7.053)
- 2). • Determinación de lactosa, en el suero seco de leche por el método de "Teles". (26)

Esta técnica se basa en el color desarrollado por la acción del fenol, hidróxido de sodio, ácido pícrico y bisulfito de sodio con la lactosa.

(1)

El método de extracción Mojonnier solo fué usado para la determinación de grasa en el suero seco de leche.

A) Reactivos:

- 1). - Hidróxido de bario 4.5 %
- 2). - Sulfato de zinc 5.0 %
- 3). - Reactivo de "Teles" (solución stock en agua destilada):
 - a). - Fenol 1.0 % (estable)
 - b). - Hidróxido de sodio 5.0 % (estable)
 - c). - Acido pícrico 1.0 % (estable)
 - d). - Bisulfito de sodio 1.0 %, grado analítico (2 días de vida de anaquel)

Para preparar una solución de trabajo (2 días de vida de anaquel) de este reactivo, mezclar las anteriores soluciones en el siguiente orden: 1 volumen de fenol, 2 volúmenes de hidróxido de sodio, 2 volúmenes de ácido pícrico y 1 volumen de bisulfito de sodio, guardar en recipiente oscuro.

B) Material y Equipo:

- 1). - Centrífuga con camisas para tubos.
- 2). - Tubos de centrífuga.
- 3). - Matraces volumétricos de 25.0 ml.
- 4). - Espectrofotómetro Beckman con celdas.
- 5). - Pipetas de diferentes volúmenes.
- 6). - Agitador.

C) Procedimiento:

Transferir 1.0 g de suero en polvo a matraces volumétricos de 100 ml, aforar con agua destilada y agitar.

Tomar una alícuota de 2.5 ml de la muestra y transferirla a un tubo de centrifuga, añadir 0.2 ml de $ZnSO_4$ al 5.0% y agitar en Vortex, añadir 0.2 ml de $Ba(OH)_2$ y agitar en Vortex, centrifugar a 1000 rpm 1 minuto, pasar un ml del sobrenadante a un matraz volumétrico de 25 ml, añadir 2,5 ml del reactivo de "Teles", tapar y ponerlo en un baño María de agua hirviendo exactamente seis minutos, enfriar inmediatamente en un baño de agua fría y aforar con agua destilada.

Leer la absorbancia a 520 nm, contra un blanco tratado de la misma manera, en el cual 2,5 ml de agua sustituyen a la muestra.

Comparar resultados con una solución standard de lactosa seca en agua destilada (1 mg / ml) o disolver 1.052 g de lactosa monohidratada en 1 lt de agua (vida media, una semana bajo refrigeración) y proceder de la misma manera que el problema.

D) Cálculos:

$$\text{Lactosa (mg / ml)} = \frac{\text{Abs. de la muestra} \times \text{Factor de dilución}}{\text{Abs. del Estandard}}$$

3). - Análisis cuantitativo de aminoácidos. (27)

Se pesa cierta cantidad de muestra que contenga 16 mg de proteína en un tubo de ensaye con tapón de rosca y se hidroliza con 4.0 ml de HCl 6 N a $110^\circ C/24$ hrs, después de este tiempo la muestra hidrolizada se filtra, se lava varias veces y se seca en un rotavapor a presión reducida y a baja temperatura, para evitar daños en los aminoácidos. El concentrado

de aminoácidos se diluye con 10 ml de buffer 0.05 M de pH = 3.1 y de aquí se toman alícuotas para inyectar en un autoanalizador de aminoácidos Perkin-Elmer modelo KLA-5.

La composición del buffer 0.05 M es:

1 lt de agua destilada

4.1 g de acetato de sodio anhidro

92 ml de ácido acético glacial

0.55 g de hidroquinona (como preservativo).

4). - Determinación de triptofano. (28)

Esta técnica consta de dos partes:

1). - Hidrólisis enzimática. Se basa en la hidrólisis enzimática de la muestra con pepsina y pancreatina a sus pHs óptimos de actividad.

1). - Reactivos:

Buffer de fosfatos, pH = 8.0 . - Soluciones stock.

Solución A: $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.2 M (27.2 g / 1 lt)

Solución B: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0.2 M (53.65 g / 1 lt)

5.3 ml de A + 94.7 ml de B se diluyen a un volumen de 200 ml.

2). - Técnica:

a). - Pesar 500 mg de muestra molida en matraces volumétricos de 50 ml (por duplicado).

b). - Añadir 10 ml de una solución de pepsina al 0.3% en HCl 0.1 N, incubar a temperatura ambiente durante tres horas con agitación continua.

c). - Añadir 10 ml de NaOH 0.1 N.

d). - Añadir 10 ml de una solución de pancreatina "MERCK" al 0.4% en solución buffer de fosfatos de pH = 8.0 y 0.1 ml de merthiolate 1:1000 en solución alcohólica. Incubar a temperatura ambiente con agitación por 24 hrs.

e). - Se afora con agua destilada, centrifugar y filtrar si es necesario, del filtrado tomar alícuotas para la determinación de triptofano (correr un blanco durante toda la técnica).

II). - Determinación de triptofano de la muestra hidrolizada.

Se siguió el método descrito por Udenfriend (28) con algunas modificaciones.

Fundamento:

De todos los aminoácidos de las proteínas, solamente triptofano y tirosina exhiben apreciable fluorescencia en medios acuosos, la intensidad de fluorescencia del triptofano es grande a un pH cercano a 11 y a 350 nm.

Material y Equipo:

Espectrofotómetro con lámpara de fluorescencia

Celdas de fluorescencia

Tubos de ensayo y pipetas volumétricas.

Reactivos:

Carbonato de sodio 0.3 M.

Técnica:

1 ml de la muestra hidrolizada se diluye con 10 ml de Na_2CO_3 0.3 M, y la fluorescencia es ensayada a una longitud de onda de 350 nm con una excitabilidad de 313 nm.

Curva Standard:

Preparar una solución de $2 \mu\text{g}$ de triptofano por ml de solución de Na_2CO_3 0.3 mM , tomar alícuotas de 1.0 a 10.0 ml en tubos de ensaye y aforar a 10 ml, agitar y leer fluorescencia a 350 nm con una $E=313$.

Correr un blanco de Na_2CO_3 0.3 M .

Nota: Con el de mayor concentración ajustar a 100% de transmitancia.

Cálculos:

Graficar % T vs μg de triptofano/ml. Interpolarse el % T de los problemas.

$$\text{mg triptofano/100 g de Prot.} = \frac{\text{F.D.} \times \text{trip. leído} \times 10\,000}{\% \text{ de proteína}}$$

F.D. = Factor de dilución

$$\text{F.D.} = \frac{\text{aforo 1}}{\text{p. de muestra}} \times \frac{\text{aforo 2}}{\text{alícuota}}$$

5). Determinación de lisina disponible. (29)

Fundamento:

Esta técnica se basa en la reacción del fluordinitrobenceno (FDNB) con los grupos E-NH_2 de las unidades de lisina en las proteínas no dañadas de los alimentos y la estimación colorimétrica del DNP-lisina obtenido por la hidrólisis ácida.

Reactivos ;

1. NaHCO_3 8.0 % (peso/vol.)

2. Fluor-dinitrobenceno (FDNB) al 2.5 % en etanol (v/v). Prepararlo antes de cada determinación. Tener cuidado con la piel, es irritante.

- 3.- HCl 8.1 N
- 4.- Eter etílico
- 5.- NaOH 10 % y 2 N y solución de fenolftaléina como indicador
- 6.- Buffer (pH = 8.5) ; NaHCO_3 8.0 % (p/v) = Na_2CO_3 8.0 % (p/v);
19 :1 (v/v). Ajustar con NaOH o HCl si es necesario.
- 7.- Metoxi-carbonil-clorhidrato (metilcloroformiato).
- 8.- HCl concentrado.
- 9.- Etanol absoluto.

Técnica:

- a) Preparación del derivado; En un matraz Erlen-Meyer de 250 ml, pesar una cantidad de muestra molida, que contenga aproximadamente 30-50 mg de nitrógeno y suspenderla con 10 ml de una solución de NaHCO_3 al 8.0 % (p/v), agitar y dejar reposar 10 minutos, añadir 12 ml de FDNB al 2.5 % recién preparado (0.3 ml de FDNB se solubilizan en 11.8 ml de etanol) y agitar suavemente durante 2 hrs.
- b).- Hidrólisis de la ϵ -DNP-lisina; Después de 2 hrs evaporar el etanol en un baño María hasta que las muestras no produzcan efervescencia, enfriar y adicionar 50 ml de HCl 8.1 N lentamente y los matraces son puestos a reflujo durante 16 hrs a una temperatura de 130-150°C. Enfriar en un baño de hielo, filtrar y al filtrado lavarlo constantemente con agua destilada, aforar a 250 ml.

c).- Determinación de ϵ -DNP-lisina ; Tomar una alícuota de 10 ml del hidrolizado y lavar con éter varias veces en un embudo de separación, hasta que la capa etérea no sea colorida. El exceso de éter se evapora en un baño María.

De esta manera teniendo el derivado libre de exceso del reactivo, tomar tres alícuotas de dos ml cada una:

1a. alícuota.- Los 2 ml se aforan a 10 ml con agua destilada (No. 1).

2a. alícuota.- los 2 ml se aforan a 10 ml con agua destilada, se añade indicador y se titula con NaOH 2 N, anotar la cantidad usada y desechar la muestra.

3a. alícuota.- A los 2 ml añadirles la misma cantidad de NaOH 2 N, gastadas en la anterior alícuota, ajustar el pH en un rango de 8.2-9.6 con solución buffer de carbonatos de pH = 8.5 (aprox. 2 ml) usando un potenciómetro Beckman.

A partir de este momento, continuar hasta terminar la determinación, ya que los DNP-compuestos son menos estables en solución alcalina. Inmediatamente añadir 0.05 ml de metilcloroformiato y dejar reposar 10 minutos. Adicionar lentamente 0.75 ml de HCl concentrado, evitando la excesiva efervecencia. Lavar con éter hasta que la capa etérea no sea colorida (3 lavados son suficientes), el exceso de éter evaporarlo en un baño María, aforar a 10 ml con agua destilada (No. 1').

Finalmente se lee la densidad óptica de los tubos 1 y 1' en un espectrofotómetro Beckman, a una longitud de onda de 435nm.

Cálculos:

$$\mu\text{moles} = \frac{\frac{D.O._1 - D.O._{1'}}{D.O._{\text{est}}} \times C_{\text{est}} \times F.D. \times 100}{P.m.}$$

$D.O._1$ = Densidad óptica de la alícuota 1.

$D.O._{1'}$ = Densidad óptica de la alícuota 1'.

$D.O._{\text{est}}$ = Densidad óptica del estandar.

C_{est} = Concentración del estandar.

$F.D.$ = Factor de dilución.

$P.m.$ = Peso de la muestra.

Curva estandar:

Pesar 17.7 mg de ϵ -DNP-lisina-HCl, aforar a 100 ml con agua destilada, tomar una alícuota de 10 ml y aforar a 100 ml, teniendo una concentración final de 0.005 μ moles/ml tomar alícuotas de 1 a 10 ml y aforar con agua destilada. Leer a 435 nm.

6). - Cómputo químico. (30)

Este método permite predecir el valor nutritivo de la proteína de la muestra analizada. Con los resultados obtenidos por el análisis de aminoácidos, se hicieron las siguientes relaciones:

$$X = \frac{\text{g de cada aminoácido esencial del patrón}}{\text{g de aminoácidos esenciales del patrón}} \times 100$$

$$Y = \frac{\text{g de cada aminoácido esencial del problema}}{\text{g de aminoácidos esenciales del problema}} \times 100$$

$$\frac{Y}{X} \times 100 = \text{cuenta química}$$

El aminoácido que presenta el menor resultado de cuenta química se considera el aminoácido limitante. El patrón usado como referencia es la proteína del huevo entero.

7).- Determinación de la Relación de Eficiencia Proteica (REP)(31)

Esta determinación relaciona el peso ganado de un animal de prueba, con la cantidad de proteína consumida (aportada por una dieta) bajo condiciones controladas.

a).- Preparación de las dietas; Para preparar las dietas se usaron el cereal, el suero y diferentes mezclas cereal-suero ($\frac{1}{10}$ peso/peso) de tal manera que estos fueran la fuente que suministrara la proteína. El contenido de proteína de todas las mezclas se ajustó a 8.0%. se prepararon dietas control de caseína con 8.0% y 10.0% de proteína. La fórmula base es la siguiente:

	%
Proteína	8.0
Sacarosa	20.1
Glucosa	19.0
Dextrina	25.0
Manteca vegetal	8.0
Aceite vegetal	6.0
Mezcla de sales	4.0
Mezcla de vitaminas	2.0
Celulosa CSP 100%	7.9

b). - Parte experimental ; Se usaron ratas recién destetadas (21-23 días de nacidas) de la raza Sprague-Dawley, del mismo sexo.

Se formaron grupos de 6 ratas con un promedio de peso semejante entre grupos, se colocaron en jaulas individuales con la dieta experimental y agua "ad libitum". Las ratas y el alimento ingerido se pesaron 2 veces por semana, durante 3 semanas.

c). - Cálculos:

$$\text{REP} = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

8). - Digestibilidad Aparente. (31)

Esta determinación se realizó durante la última semana del REP. Se recolectaron las heces de cada rata, se secaron, se limpiaron y se pesaron

Una vez pesadas se molieron finamente en un mortero y se les determinó el contenido de nitrógeno por el método Kjeldahl.

Se calculó el nitrógeno ingerido en base al alimento que consumió, durante el tiempo en que se recolectaron las heces.

Cálculos:

$$\% \text{ de digestibilidad} = \frac{\text{N ingerido} - \text{N excretado}}{\text{N ingerido}} \times 100$$

9). Análisis Estadísticos. (32)

Se efectuó el análisis de varianza y la prueba de diferencia múltiple en la prueba biológica del REP para determinar el efecto de suplementación del suero de leche en los cereales.

RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados del análisis químico-proximal o bromatológico se encuentran en la tabla 12, se observa que los datos para el suero en polvo son semejantes a lo reportado en la literatura, a excepción del contenido de grasa que es mayor, probablemente a una mala separación de la grasa durante el proceso de secado del suero líquido, la diferencia entre la lactosa y los carbohidratos por diferencia es mínima por lo cual la cantidad de carbohidratos expresada por diferencia es adecuada. los valores para la harina de maíz nixtamalizado están dentro de lo establecido por la Norma Oficial de Calidad de la S.I.C. (22). Los datos obtenidos para la harina de trigo y de salvado de trigo son semejantes a lo reportado en la literatura (24).

La tabla 13 muestra el contenido de aminoácidos, de las proteínas de las materias primas, se nota que el contenido de lisina y triptófano en el suero de leche es alto y el de fenilalanina bajo en comparación con las harinas de cereales, el contenido de lisina disponible en el suero de leche es casi un 50 % de la lisina total, debido probablemente al tratamiento térmico que sufre el suero de leche durante el proceso de secado. En la tabla 14 se encuentra el análisis microbiológico del suero de leche.

La calificación química de las muestras se presenta en la tabla 15

en donde podemos ver que los aminoácidos limitantes para el suero de leche son la fenilalanina y los azufrados, esto concuerda con lo reportado en la literatura (12). La harina de maíz tiene como aminoácidos limitantes a la lisina y triptofano, la harina de trigo a la lisina y treonina y la harina de salvado de trigo a los azufrados y treonina.

En la elaboración de las dietas Cereal-Suero de leche, estos componentes se mezclaron en diferentes proporciones (Peso / Peso), en donde la proteína aportada por cada componente es variable, la última dieta se elaboró, para que cada componente aportara el 50% de la proteína total, esto se resume en la tabla 16.

En la tabla 17 se hallan los aminoácidos limitantes de las dietas. En las dietas Harina de maíz-Suero de leche, a mayor cantidad de suero de leche en la dieta, la cuenta química del primer aminoácido limitante aumenta hasta pasar de lisina a azufrados en la última dieta, el segundo aminoácido limitante en las dos primeras dietas es triptofano después pasa a azufrados con una cuenta química constante y en la última es lisina. En las dietas Harina de trigo-Suero de leche el primer aminoácido limitante que es lisina se conserva aunque su cuenta química pasa de 47.2 a 70.7, el segundo aminoácido limitante desaparece en las cuatro primeras dietas y en las tres restantes es fenil-

alanina. En las dietas Salvado de trigo-Suero de leche, los azufrados que son el primer aminoácido limitante tienen una cuenta química de 64.3 que se conserva constante y cambia a fenilalanina en la última dieta donde la proporción de suero es mayor, el segundo aminoácido limitante es la fenilalanina cuya cuenta química disminuye de 78.0 a 69.2 y pasa a azufrados en la última dieta. El contenido de proteínas más alto en el salvado de trigo que en el suero de leche (tabla 12) ocasiona que esta última dieta en la cual cada componente aportó el 50% de la proteína total, los aminoácidos limitantes sean los mismos que el suero de leche solo.

La tabla 18 muestra los resultados de los cuatro ensayos de Relación de Eficiencia Proteica (REP). Los tres primeros se hicieron con las harinas suplementadas con suero de leche en proporciones de 95-5 hasta 75-25% Peso / Peso. Los resultados para las dietas de harina de maíz y trigo aumentaron al tener mayor contenido de suero de leche, para las dietas de salvado de trigo el mejor valor fue para la dieta suplementada con 15% de suero de leche. Los valores de REP obtenidos para las dietas de maíz, trigo y de salvado de trigo fueron de: 0.43, 0.32, 0.79 respectivamente, el suero de leche tuvo un REP de 1.39 y los valores para las dietas con caseína al 8.0 y 10.0% fueron diferentes en todos los ensayos. La última prueba se

efectuó con dietas suplementadas con el 30 % en peso del suero de leche y con dietas en el cual cada componente aportó el 50% de la proteína total.

En la tabla 19 se agrupan todos los valores de REP corregidos con el valor de caseína de 2.50 y en la tabla 20 se encuentran los valores de REP corregidos, cuenta química y % de digestibilidad aparente de todas las dietas elaboradas. Podemos observar que la dieta elaborada con harina de salvado de trigo y suero de leche en proporción 41-59% Peso / Peso, tiene el más alto valor de REP corregido, las dietas de harina de maíz y harina de trigo suplementadas con suero de leche en donde cada componente aportó el 50% de proteína tiene valores más altos que el suero de leche solo, así como otras dietas, principalmente las de salvado de trigo. Los valores más bajos fueron para las harinas solas y para la dieta de harina de trigo suplementada con un 5 % en peso de suero de leche. Las dietas con mayor porcentaje de digestibilidad aparente fueron las de harina de trigo, debido probablemente a la falta de fibra cruda de los componentes.

La tabla 21 muestra el peso inicial de las ratas usadas en las pruebas de REP de las dietas donde la fuente proteica fué la caseína, se observa que a menor peso, mayor valor de REP, probablemente

a un mejor aprovechamiento de la proteína cuando el peso de la rata es menor. Lo que puede implicar que es de gran importancia estandarizar el peso inicial de las ratas recién destetadas para obtener una mejor respuesta. En este caso fué entre 40 y 50 g de peso inicial.

En la figura 3 se grafican los resultados de REP corregidos de todas las dietas y se comparan con los REP de caseína y suero seco de leche.

Tabla 12

Análisis químico - proximal de las materias primas usadas. (g/ 100 g de M.).

	Suero seco de leche tipo "dulce".	Harina de maíz "MINSA"	Harina de trigo "Tres Estrellas"	Harina de salvado de trigo
Humedad.	1.96	8.83	8.04	5.03
Grasa.	4.60	4.07	1.26	3.78
Fibra Cruda.	0.00	2.47	0.00	7.96
Proteína. (1)	12.41	8.77	10.07	17.88
Cenizas.	7.05	1.46	0.55	3.48
Carbohidratos por diferencia.	73.98	74.40	80.08	61.93
Lactosa.	73.27	-----	-----	-----

(1) Los factores de conversión de Nitrógeno a proteína son ; Suero de leche (6.38)

Harina de maíz "MINSA" (6.25), Harina de trigo (5.7), Harina de salvado de trigo (6.31).(33).

Tabla 13

Contenido de aminoácidos de las materias primas. (g/ 100 g de proteína).

Aminoácido	Suero seco de leche tipo "dulce"	Harina de maíz "MINSA"	Harina de trigo "Tres Estrellas"	Harina de salvado de trigo
Tirosina	0.884	1.846	1.362	1.019
Fenilalanina	2.382	4.484	3.688	2.380
Lisina	5.125	2.753	1.933	2.832
Histidina	0.561	2.438	1.290	2.384
Arginina	1.671	4.427	1.908	3.847
Ac. Aspártico	8.620	7.170	4.404	5.542
Ac. Glutámico	15.889	18.476	23.290	21.673
Treonina	7.310	3.170	2.523	1.938
Serina	5.671	4.686	4.096	5.823
Prolina	7.215	6.168	11.282	3.819
Alanina	5.075	4.419	6.637	4.028
Glicina	2.598	4.062	3.634	3.005

Tabla 13 (continuación).

Aminoácido	Suero seco de leche tipo "dulce"	Harina de maíz "MINSA"	Harina de trigo "Tres Estrellas"	Harina de salvado de trigo
Valina	5.836	4.888	4.361	3.483
Cisteína	1.414	1.426	1.896	1.009
Metionina	1.869	1.614	1.732	0.928
Isoleucina	5.930	3.134	3.387	3.620
Leucina	9.380	14.832	6.791	7.353
Triptofano ⁽¹⁾	1.753	0.685	1.290	0.920
Lisina disponible ⁽²⁾	2.606			

(1) Determinado por el método Fluorométrico. (28).

(2) Datos obtenidos con la reacción con FDNB. (29).

Tabla 14

Análisis microbiológico del suero seco de leche tipo "dulce".

	No. de colonias/g	Control (maximo)
Coliformes	0	10
Cuenta Estandard	7345	50,000
Hongos	30	50
Levaduras	40	50

Tabla 15

Computo químico y aminoácidos limitantes en las materias primas.

	Suero seco de leche tipo "dulce"	Harina de maíz "MINSA"	Harina de trigo "Tres Estrellas"	Harina de sal- vado de trigo
Fenilalanina	47.8	99.1	109.8	79.8
Lisina	84.3	50.0	47.2	78.0
Treonina	163.9	78.4	84.0	72.8
Valina	97.8	90.4	108.6	97.8
Azufrados ⁽¹⁾	65.1	66.5	106.8	64.3
Isoleucina	108.2	66.8	91.8	110.7
Leucina	122.3	213.0	131.8	160.6
Triptofano	135.2	58.2	147.5	118.8
1 ^{er} aa. lim.	Fenilalanina 47.7	Lisina 50.0	Lisina 47.2	Azufrados 64.3
2 ^o aa. lim.	Azufrados 65.1	Triptofano 58.2	Treonina 84.0	Treonina 72.8

(1) Azufrados = Metionina + Cisteina.

Tabla 16

Proporción en peso y proteína de las dietas; Cereal-Suero de leche.
Proteína total 8.0%

Dietas HMN-SSL %		Dietas HT-SSL %		Dietas HST-SSL %	
Peso/Peso	Prot./Prot.	Peso/Peso	Prot./Prot.	Peso/Peso	Prot./Prot.
100-0	100-0	100-0	100-0	100-0	100-0
95-5	93-7	95-5	94-6	95-5	96.5-3.5
90-10	86.5-13.5	90-10	88-12	90-10	93-7
85-15	80-20	85-15	82-18	85-15	89-11
80-20	74-26	80-20	76.5-23.5	80-20	85-15
75-25	68-32	75-25	71-29	75-25	81-19
70-30	62-38	70-30	65.5-34.5	70-30	77-23
59-41	50-50	59-41	50-50	59-41	50-50

HMN= Harina de maíz nixtamalizado, HT = Harina de trigo, HST = Harina de salvado de trigo, SSL = Suero seco de leche.

Tabla 17.

Aminoácidos limitantes de las dietas : Cereal-Suero.

(Cálculo en base al análisis de aminoácidos de las materias primas).

% en peso de las dietas Cereal-Suero.	Dietas HMN-SSL		Dietas HT-SSL		Dietas HST-SSL	
	1er. aa. lim.	2o. aa. lim.	1er. aa. lim.	2o. aa. lim.	1er. aa. lim.	2o. aa. lim.
100-0	Lis. = 50	Trip. = 58.2	Lis. = 47.2	Treo. = 84	Azuf. = 64.3	Treo. = 72.8
95-5	Lis. = 52.5	Trip. = 64.1	Lis. = 50.3		Azuf. = 64.3	Φala. = 78
90-10	Lis. = 55	Azuf. = 66.2	Lis. = 53.6		Azuf. = 64.3	Φala. = 76.4
85-15	Lis. = 57.4	Azuf. = 66.1	Lis. = 56.3		Azuf. = 64.4	Φala. = 74.4
80-20	Lis. = 59.6	Azuf. = 66	Lis. = 58.6		Azuf. = 64.4	Φala. = 72.6
75-25	Lis. = 61.7	Azuf. = 66	Lis. = 61.3	Φala. = 86.3	Azuf. = 64.5	Φala. = 70.9
70-30	Lis. = 63.7	Azuf. = 65.9	Lis. = 64.7	Φala. = 82.5	Azuf. = 64.5	Φala. = 69.2
59-41	Azuf. = 65.7	Lis. = 68				
55-45			Lis. = 70.7	Φala. = 72.7		
41-59					Φala. = 59.7	Azuf. = 64.8

HMN = Harina de maíz nixtamalizado, HT = Harina de trigo, HST = Harina de salvado de trigo,

SSL = Suero seco de leche.

Tabla 18

Resultados de la Relación de Eficiencia Proteica (REP) en los cuatro trabajos efectuados con las dietas; Cereal-Suero con 8.0 % de proteína total.

Peso / Peso		I	REP \bar{x} D.E.	Peso / Peso		II	REP \bar{x} D.E.
HMN-SSL	95-5		1.21 \bar{x} 0.23	HT-SSL	95-5		0.50 \bar{x} 0.21
HMN-SSL	90-10		1.28 \bar{x} 0.19	HT-SSL	90-10		0.67 \bar{x} 0.21
HMN-SSL	85-15		1.23 \bar{x} 0.29	HT-SSL	85-15		0.76 \bar{x} 0.27
HMN-SSL	80-20		1.36 \bar{x} 0.46	HT-SSL	80-20		0.83 \bar{x} 0.17
HMN-SSL	75-25		1.38 \bar{x} 0.42	HT-SSL	75-25		0.94 \bar{x} 0.21
HMN	100		0.43 \bar{x} 0.28	HT	100		0.32 \bar{x} 0.22
SSL	100		1.39 \bar{x} 0.84	Caseína	8.0 % de prot.		1.72 \bar{x} 0.35
Casefna	8.0 % de prot.		2.38 \bar{x} 0.36	Caseína	10.0 % de prot.		1.73 \bar{x} 0.49

HMN = Harina de maíz nixtamalizado, HT = Harina de trigo, SSL = Suero seco de leche.

Tabla 18 (continuación)

Resultados de la Relación de Eficiencia Proteica (REP) en los cuatro trabajos efectuados con las dietas; Cereal-Suero con 8.0 % de protefna total.

		III		IV			
Peso /	Peso	REP	D.E.	Peso /	Peso		
		REP	D.E.	REP	D.E.		
HST-SSL	95-5	1.44	0.37	HMN-SSL	70-30	2.00	0.39
HST-SSL	90-10	1.19	0.67	HMN-SSL	59-41	2.28	0.32
HST-SSL	85-15	1.86	0.34	HT-SSL	70-30	1.53	0.19
HST-SSL	80-20	1.35	0.44	HT-SSL	55-45	1.73	0.50
HST-SSL	75-25	1.51	0.59	HST-SSL	70-30	1.84	0.71
HST	100	0.79	0.29	HST-SSL	41-59	2.72	0.34
Casefna	8.0 % de prot.	2.36	0.17	Casefna	8.0 % de prot.	2.93	0.41
Casefna	10.0 % de prot.	2.37	0.37				

HST = Harina de salvado de trigo, HMN = Harina de maiz nixtamalizado, HT = Harina de trigo, SSL = Suero seco de leche.

Tabla 19
Resultados de los REP corregidos de todas las dietas elaboradas.

Dietas	% Peso/Peso	% Prot./Prot.	REP CORREGIDO
Casefna			2.50
HST-SSL	41-59	50-50	2.33*
HST-SSL	85-15	89-11	1.97*
HMN-SSL	59-41	50-50	1.95*
HMN-SSL	70-30	62-38	1.71*
HST-SSL	75-25	81-19	1.60*
HST-SSL	70-30	77-23	1.57*
HST-SSL	95-5	96.5-3.5	1.53*
HT-SSL	55-45	50-50	1.48*
HMN-SSL	75-25	68-32	1.45*
Suero seco de leche	100	100	1.45
HST-SSL	80-20	85-15	1.43
HMN-SSL	80-20	74-26	1.38*
HT-SSL	75-25	71-29	1.37*
HMN-SSL	90-10	86.5-13.5	1.34*
HT-SSL	70-30	65.5-34.5	1.31*
HMN-SSL	85-15	80-20	1.30*
HMN-SSL	95-5	93-7	1.27*
HST-SSL	90-10	93-7	1.26

Tabla 19 (continuación)

Resultados de los REP corregidos de todas las dietas elaboradas.

Dietas	% Peso/Peso	% Prot./Prot.	REP CORREGIDO
HT-SSL	80-20	76.5-23.5	1.21*
HT-SSL	85-15	82-18	1.10
HT-SSL	90-10	88-12	0.97
Harina de salvado de trigo	100	100	0.79
HT-SSL	95-5	94-6	0.72
Harina de trigo	100	100	0.47
Harina de - maíz nixta- malizado	100	100	0.46

* Mezclas que difieren significativamente del cereal solo ($P < 0.05$)

HMN = Harina de maíz nixtamalizado, HT = Harina de trigo,

HST = Harina de salvado de trigo, SSL = Suero seco de leche.

Tabla 20

Valores de REP corregidos, Cuenta química y % de Digestibilidad aparente de las dietas elaboradas.

Dietas (% P/P)	REP correg.	C.Q. 1er. aa. lim.	% D. aparente.
HMN 100	0.46	Lis. 50.0	75.5 \pm 1.7
HMN-SSL 95-5	1.27	Lis. 52.5	76.8 \pm 1.2
HMN-SSL 90-10	1.34	Lis. 55.0	79.1 \pm 3.4
HMN-SSL 85-15	1.30	Lis. 57.4	68.2 \pm 4.8
HMN-SSL 80-20	1.43	Lis. 59.6	78.2 \pm 5.3
HMN-SSL 75-25	1.45	Lis. 61.7	77.7 \pm 3.8
HMN-SSL 70-30	1.71	Lis. 63.7	70.9 \pm 2.7
HMN-SSL 59-41	1.95	Azuff. 65.7	75.2 \pm 2.6
HT 100	0.47	Lis. 47.2	85.1 \pm 1.5
HT-SSL 95-5	0.72	Lis. 50.3	84.1 \pm 2.1
HT-SSL 90-10	0.97	Lis. 53.6	82.4 \pm 2.4
HT-SSL 85-15	1.10	Lis. 56.3	82.8 \pm 2.7
HT-SSL 80-20	1.21	Lis. 58.6	80.5 \pm 3.4
HT-SSL 75-25	1.37	Lis. 61.3	80.0 \pm 0.7
HT-SSL 70-30	1.31	Lis. 64.7	80.1 \pm 2.1
HT-SSL 55-45	1.48	Lis. 70.7	73.5 \pm 2.2

Tabla 20 (continuación)

Valores de REP corregidos, Cuenta química y % de Digestibilidad aparente de las dietas elaboradas.

Dietas (% P/P)	REP correg.	C.Q. ler. aa. lim.	% D. aparente.
HST-SSL 100	0.79	Azuf. 64.3	78.9 \pm 1.4
HST-SSL 95-5	1.53	Azuf. 64.3	76.6 \pm 2.2
HST-SSL 90-10	1.26	Azuf. 64.3	75.9 \pm 2.2
HST-SSL 85-15	1.97	Azuf. 64.4	76.5 \pm 3.6
HST-SSL 80-20	1.43	Azuf. 64.4	76.1 \pm 2.1
HST-SSL 75-25	1.60	Azuf. 64.5	74.6 \pm 4.6
HST-SSL 41-59	2.33	ϕ ala. 59.7	71.0 \pm 5.2
SSL	1.45	ϕ ala. 47.7	64.9 \pm 1.43
Caseína	2.50		82.3 \pm 0.8

HMN = Harina de maíz nixtamalizado, HT = Harina de trigo,

HST = Harina de salvado de trigo, SSL = Suero seco de leche.

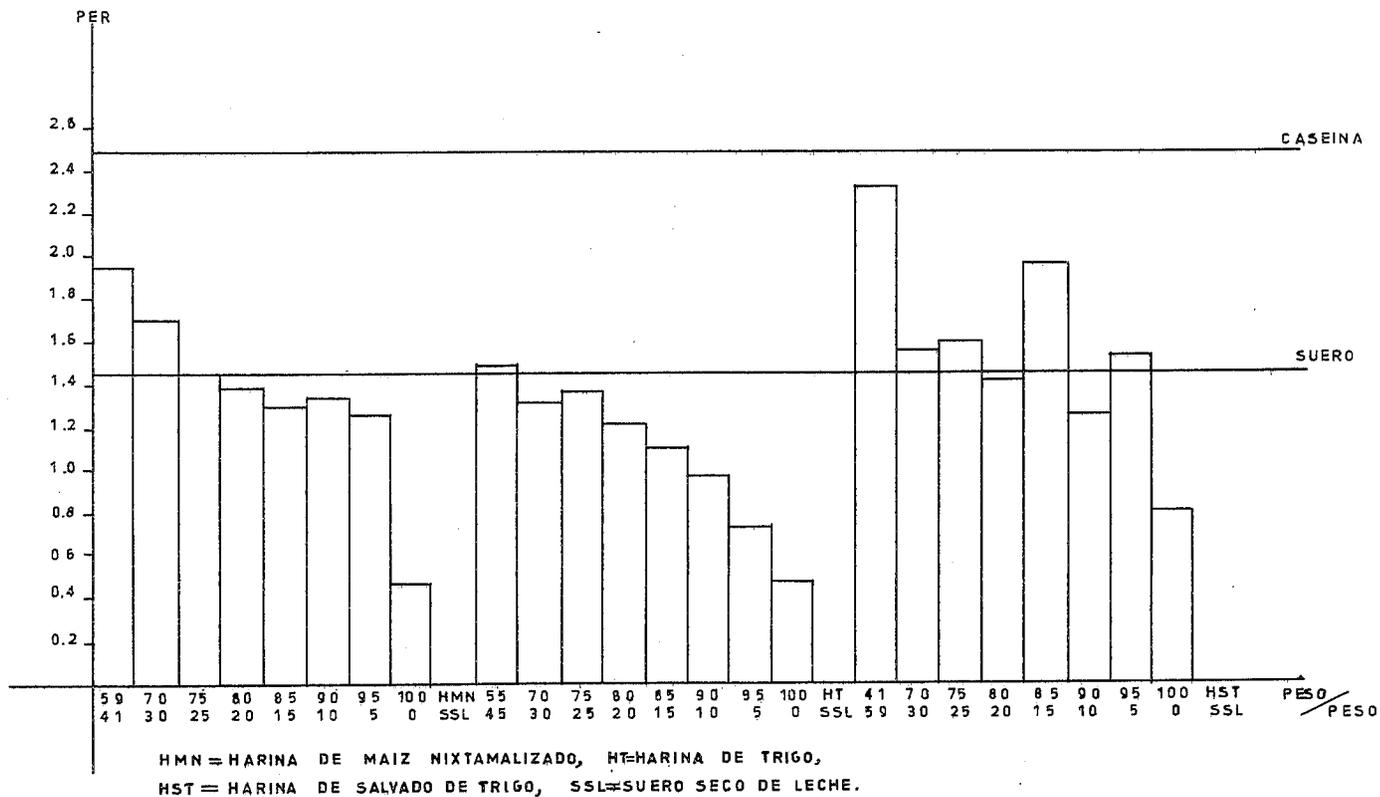
Tabla 21

Variación del REP de Caseína de acuerdo al peso inicial de las ratas.

Peso inicial. (g)	REP (Caseína).
38.3	2.93 \pm 0.41
47.2	2.36 \pm 0.17
48.4	2.38 \pm 0.36
61.5	1.72 \pm 0.35
76.1	1.66

FIGURA 3

RELACION DE REP'S DE LAS DIETAS CEREAL-SUERO
(PER CORREGIDO DE CASEINA = 2.5)



CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos en este trabajo podemos concluir que:

El suero seco de leche tuvo un REP bajo, comparado con los valores reportados para los concentrados proteicos de suero que son de 3.0 aproximadamente. La diferencia entre estos resultados, tratándose prácticamente de la misma proteína, puede ser debido al alto contenido de lactosa, de minerales o a ambos factores en conjunto, el bajo contenido de humedad que tiene el suero seco puede ser otro factor que influye en la calidad de la proteína ya que a menor contenido de humedad, la velocidad de la reacción de Maillard es mayor.

Pero aun así puede usarse adecuadamente mezclado con algunos cereales en este caso con harina de maíz nixtamalizado y con salvado de trigo. La adición en un 15% o más en peso del suero seco de leche ya aumentó significativamente el valor del cereal, siendo la mejor combinación cuando el cereal y el suero seco de leche aportaron el 50% de proteínas cada uno.

Finalmente el hecho de que la mejor combinación fué; harina de salvado de trigo-suero seco de leche con un aporte del 50% de proteínas cada uno y que ambos son subproductos de la industria alimenticia, estimula para tratar de aprovechar numerosos subproductos que en la actualidad no se utilizan.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Casalis, J. "Consideraciones sobre la utilización del lactosuero en la industria de la alimentación." Revista Española de Lechería, 94:221-223, 1974.
- 2.- Jelen, P. "Industrial whey processing technology : An overview." J. Agric. Food Chem., 27 (4) : 658-661, 1979.
- 3.- Racotta, V. "Aprovechamiento del suero." Ponencia, Enero 28-30, 1976, México, D.F.
- 4.- Whitaker, J. R. y R.T. Steven. "Food Proteins." The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut, 1977.
- 5.- Webb, J. y Alford. "Fundamentals of Dairy Chemistry." The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 1974.
- 6.- Manson, W. "Aspects of the value and the limitations of milk protein as a food material." Proc. Nutr. Soc., 37: 217-223, 1978.
- 7.- Duncan, D.L. "The physiological effects of lactose." Nutrition Abstracts and Reviews., 25 (2):309-320, 1955.
- 8.- Robinson, C.H. "Fundamentos de Nutrición Normal," Ed. CECSA 2a. edición, México, D.F., 1976.
- 9.- Paige, D.M. , N.B. Theodore y D. Leonora. "Effects of age and lactose tolerance on blood glucose rise with whole cow and lactose-hydrolyzed milk." J. Agric. Chem., 27 (4):677-680, 1979.
- 10.- Nieto, F.J. "Sueros de quesería: Orientación sobre su aprovechamiento y revalorización." Industrias Lácteas , 24 (5):1975.

- 11.- Badui, S. "Propiedades y usos del suero de leche." Tecnología de Alimentos, 12 (1) : 5-10, 1977.
- 12.- Delaney, R. A. M. "Composition, properties and uses of whey protein concentrates." J. Soc. Dairy Tech., 29 (2) :91-100, 1976.
- 13.- Nickerson, T. A. "Why use lactose and its derivatives in food?." Food Technology, 32 (1) : 40-46, 1978.
- 14.- Jenness, R. y S. Patton "Principles of Dairy Chemistry." John Willey and Sons, Inc. 1959.
- 15.- Glass, L. y T. I. Hedrick. "Nutritional composition of sweet and acid-type dry wheys. I) Major factors including aminoacids." J. Dairy Science, 60 (2) :185-189, 1977.
- 16.- Glass, L. y T. I. Hedrick. "Nutritional composition of sweet and acid-type dry wheys. II) Vitamins, mineral and caloric contents." J. Dairy Science, 60 (2) :190-196, 1977.
- 17.- Forsum, E. y L. Hambreanus. "Nutritional and biochemical studies of whey products." J. Dairy Science, 60 (3) : 370-377, 1977.
- 18.- Womack, M. y D. A. Vaughan. "Whey and whey products as cereal supplement." J. Dairy Science, 55 (8) :1081-1084, 1972.
- 19.- Womack, M. y D. A. Vaughan. "Evaluation of whey products as supplements for maize by using protein-calorie malnourished or stunted rats." Nutr. Rep. Int., 9 (4) :241-244, 1974.

20. Chumachenko, N.A. y A.P. Demchuck "Contents of aminoacids, sugars and volatile carbonyle compound in the process of making bread with dried whey addition." *Izvestiga Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Pishchevaya Tekhnologiya*, 4 : 58-61, 1977.
21. Bressani, R. "La importancia del maiz en la nutrición humana en América Latina y otros países." *Mejoramiento Nutricional del Maiz. Conferencias realizadas en el INCAP, Cd. de Guatemala*. pp.5-30, 6-8 de Marzo de 1972.
22. Valle, F.R. Del. "Producción industrial, distribución y mercadeo de la harina para tortillas en México." *Mejoramiento Nutricional del Maiz. Conferencias realizadas en el INCAP, Cd. de Guatemala*. pp. 60-86, 6-8 de Marzo de 1972.
23. Redman, D.G. "Wheat proteins." *Chemistry and Industry*, pp1061-1068, 1971.
24. Hernández, C.G. "Estudio comparativo del valor nutricional de harina, granillo y salvado obtenidos en la molienda de trigo y triticale." Tesis Q.F.B., Facultad de Química, U.N.A.M., México, D.F., 1979.
25. Association of Official Agricultural Chemist. "Official Methods of Analysis." AOAC, Eleventh Edition, Washington, D.C., USA, 1970.
26. Teles, F.F.F., C.K. Young y J.W. Stull. "A method for rapid determination of lactose." *J. Dairy Science*, 61 (4):506-508, 1978.
27. Moore, S. y W.H. Stein. "Chromatographic determination of aminoacids by the use of automatic recording equipment." *Methods in Enzimology*. 6:819-830, Academic Press, New York, 1963.

- 28.- Torres, C. M. de los A. "Comparación de diferentes métodos químicos y microbiológicos para la determinación de triptofano." Tesis Q.F.B., Facultad de Química, U.N.A.M., México, D.F., 1979.
- 29.- Carpenter, K.J. "The estimation of the available lysine in animal-protein foods." *Biochem. J.*, 77:604-610, 1960.
- 30.- Food Policy and Food Science Service, Nutrition Div. FAO. "Amino-acids contents of food and biological data." *Proteins Nutritional Studies*, No. 24 : 286, Rome, 1970.
- 31.- *Biological Assay Methods for Protein Evaluation*. Publication 1100 National Academic of Science, 23-27, Washington, D.C., USA, 1963.
- 32.- Steel, R., G.D. y J.H. Torrié. *Principles and Procedures of Statistics*. Mc Graw-Hill, New York, 1960.
- 33.- "Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas." FAO : Estudios sobre nutrición, Roma, 1970.