

MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO DE LA CALIDAD PROTEINICA DEL ARROZ¹

*Roberto A. Gómez-Brenes², Manuel Humberto Ruiloba³,
y Ricardo Bressani²*

Instituto de Nutrición de Centro América y
Panamá (INCAP), Guatemala, C.A.

RESUMEN

El arroz constituye un alimento básico para un gran porcentaje de población latinoamericana aunque, desafortunadamente, su proteína no es de buena calidad por ser limitante en los aminoácidos esenciales lisina y treonina.

El objetivo del presente trabajo fue, por lo tanto, estudiar las condiciones óptimas para aumentar, por medio de infusión, las concentraciones de lisina y treonina en el grano de arroz crudo a fin de preparar granos enriquecidos que pudieran mezclarse con el arroz común en las proporciones adecuadas para corregir sus deficiencias. Las condiciones óptimas de infusión se determinaron evaluando el efecto de la concentración de los aminoácidos, la temperatura y el pH de la solución, así como el tiempo de infusión, la variedad y la humedad inicial de los granos.

Los resultados indicaron que las variables concentración y pH de la so-

-
1. En la ejecución de este trabajo se contó con la ayuda financiera de la Research Corporation, Nueva York, E.U.A. (Subvención INCAP No.740).
 2. Científico y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, respectivamente.
 3. Parte de los datos que aquí se presentan fueron recabados por el Lic. Ruiloba durante la elaboración de su trabajo de tesis previo a obtener el título de Magister Scientifiae en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala/INCAP.

Publicación INCAP E-908.

Recibido. 22-6- 76.

lución, tiempo y temperatura de la infusión, así como el contenido de humedad del grano, afectan significativamente el grado de incorporación de los aminoácidos a este cereal.

La humedad inicial del grano es la variable más limitante, ya que al ser tratado conservó su aspecto natural, sólo 18% de humedad, mientras que a valores más bajos, éste sufrió fisuras.

La variedad del grano no afectó el nivel de aminoácidos incorporados, lo que es importante desde el punto de vista práctico, puesto que simplifica el proceso de infusión a nivel industrial.

Considerando el aspecto físico del grano y la cantidad de aminoácidos incorporados, se encontró que la infusión óptima con L-lisina se obtiene a 10% de concentración, pH natural de la solución, 4 horas de remojo a la temperatura de 40°C y 18% de humedad del grano.

La infusión con L-treonina presentó condiciones óptimas iguales salvo en lo referente a temperatura, que en este caso fue la ambiental.

Luego se determinó en ratas la disponibilidad biológica de los aminoácidos incorporados al grano de arroz por infusión. Las ganancias en peso, el consumo de alimento y el índice de eficiencia proteínica indicaron que los aminoácidos incorporados en esa forma, son 100% disponibles.

Se concluye que el proceso de infusión es un método factible de utilizar para enriquecer grandes cantidades de arroz, cuya implementación en gran escala tendría como consecuencia un mejoramiento nutricional de los grupos de población más vulnerables.

INTRODUCCION

El arroz es un alimento básico que goza de aceptación mundial (1-7), y América Latina no es la excepción, siendo sus principales consumidores, Costa Rica, Panamá y Brasil (8). A través de diferentes estudios se ha comprobado que el contenido de proteína cruda de las diferentes variedades de arroz oscila entre 6 y 9%, en base seca (8-10), y que la lisina y la treonina son aminoácidos limitantes (11-16).

Son numerosos los estudios realizados con miras a corregir las deficiencias proteínicas del arroz, tanto en términos de cantidad como de calidad (17). Sin embargo, la mayoría de las técnicas de suplementación utilizadas requieren la conversión del grano en harina para obtener una mezcla de suplementación uniforme y, desafortunadamente, el arroz se consume más como grano entero que en forma de harina.

Hoy día se cuenta también con granos sintéticos que contienen lisina, treonina y otros nutrientes, cuya apariencia y sabor son muy similares al arroz natural y con los que éste puede mezclarse

para obtener así mezclas suplementadas (18-22). Esta técnica tiene el inconveniente de que en algunos casos es fácil distinguir los granos sintéticos de los naturales, y las amas de casa que desconozcan la suplementación del arroz natural con granos sintéticos, puede que descarten estos últimos, anulando así el efecto de la suplementación.

Una técnica que ha dado muy buenos resultados para enriquecer cereales con nutrientes, sin las desventajas mencionadas, es la infusión o remojo de los granos de cereal con soluciones concentradas de nutrientes puros (13, 23-29). Estos granos enriquecidos por absorción de nutrientes se pueden utilizar ya secos para suplementar otros granos del mismo cereal no enriquecidos. Dicha técnica tiene la ventaja de conservar las características físicas y organolépticas del cereal, el cual puede ser utilizado sin afectar los hábitos dietéticos y culinarios propios de la población.

En vista de las consideraciones anteriores referentes a la importancia nutricional del arroz, y dado que en la literatura no hemos encontrado información acerca de las condiciones óptimas de infusión y del valor nutritivo de arroz enriquecido por esta técnica, se consideró conveniente estudiar a nivel de laboratorio y en variedades locales, los diferentes parámetros físicos inherentes al proceso de infusión como paso inicial a un estudio de factibilidad a nivel industrial.

MATERIALES Y METODOS

A. Materiales

1. Arroz natural

Se utilizó una muestra de arroz comercial y muestras de las variedades Blue Bonnet y Blue Bell. La primera consistió de una mezcla de las variedades de consumo común que se expenden en los mercados públicos. Fue almacenada durante el estudio a la temperatura de 4°C y 70% de humedad relativa, y se utilizó en la determinación del efecto de las principales variables (concentración, pH, tiempo, temperatura y humedad del grano) sobre el nivel del aminoácido infundido. Las variedades Blue Bonnet y Blue Bell eran semillas seleccionadas que se obtuvieron al momento de utilizarlas. Tanto el arroz comercial como las dos últimas variedades tenían una concentración promedio de 0.6 mg % de lisina y 0.7% de treonina libres.

2. Soluciones de aminoácidos

Se prepararon soluciones acuosas de lisina⁴ a las concentraciones de 5, 10, 15, 20, 25 y 30%, y soluciones de treonina⁴ a 5 y 10%. Esta última concentración de treonina se obtuvo a temperaturas que oscilaron entre 60 y 70°C. Las soluciones fueron ajustadas a los diferentes pH utilizando ácido clorhídrico e hidróxido de sodio concentrado.

3. Arroz enriquecido por infusión

Este se obtuvo sometiendo el arroz comercial a las condiciones óptimas de concentración y pH de la solución, tiempo y temperatura de infusión determinadas en este estudio. Bajo dichas condiciones, el arroz obtuvo una ganancia de lisina y treonina, de 0.98 y 1.45 g %, respectivamente. Esto se explica con más detalle en la sección correspondiente a "Resultados".

4. Mezcla de arroz natural con granos enriquecidos por infusión, para propósitos de evaluación biológica.

Para esta finalidad se utilizó arroz comercial y se mezcló con arroz infundido, en una relación que permitió un nivel de fortificación de 0.38% de L-lisina y 0.20% de L-treonina. Estas mezclas se emplearon para los ensayos biológicos, los cuales se llevaron a cabo en ratas en crecimiento, usando también aminoácidos puros agregados a la ración, los cuales sirvieron como controles. Los ingredientes de dichas raciones se detallan en la Tabla 1.

B. Métodos

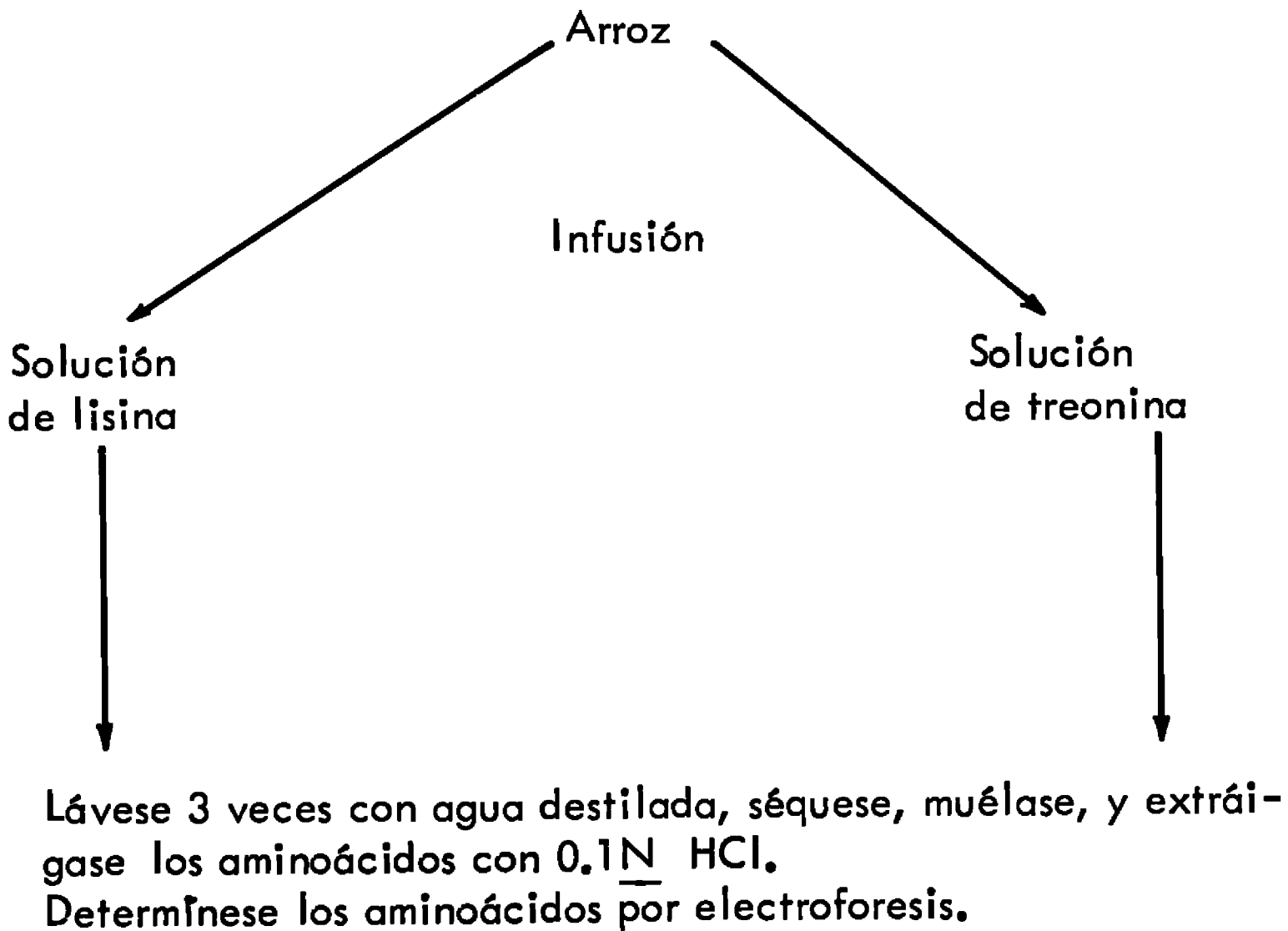
1. Análisis químico proximal

Para determinar la composición química proximal de las mezclas se utilizaron los métodos de la AOAC (30).

2. Infusión

La infusión se llevó a cabo de conformidad con el esquema en

4. L-lisina HCl y L-treonina producidos por Ajinomoto Company, Inc., Tokio, Japón.



Incap 76-53

FIGURA 1

Esquema de enriquecimiento por infusión.

la Figura 1, sometiendo a remojo 20 g de arroz pulido tipo comercial en 50 ml de la solución de aminoácidos. Al final del período de infusión, el sobrenadante se decantó y el arroz se lavó con tres alícuotas de 100 ml de agua destilada. Luego se secó en un secador de aire a 35 - 40°C, hasta obtener un grano con 12% de humedad.

3. Diseño experimental y análisis estadístico

a) **Efecto de la concentración, del pH, y del tiempo sobre el grado de infusión:** Se utilizó un diseño aleatorizado con arreglo factorial de 3 x 3 para las infusiones con lisina y treonina, realizándose una observación por cada condición experimental. Las concentraciones de lisina empleadas fueron de 5, 10, 20, 25, y 30%, y las de treonina, de 5 y 10%; con ambos aminoácidos se utilizó un pH de 2, 4, 6, 8, 10 y 12, y un tiempo de infusión de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas, respectivamente.

b) **Efecto de la temperatura sobre el grado de infusión:** En este caso se empleó también un diseño aleatorizado con arreglo factorial de 3 x 3 tanto en las infusiones con lisina como con treonina. Para cada condición experimental se llevaron a cabo tres infusiones en forma individual; las concentraciones, el pH, y el tiempo fueron seleccionados de acuerdo con los resultados del experimento anterior. En la infusión con lisina se utilizaron concentraciones de 10 y 20%, y en la de treonina, de 5 y 10%; en ambos casos se infundió al pH de la solución, durante un tiempo de 2, 4 y 6 horas, y a 20°, 30° y 40°C de temperatura.

c) **Efecto de la humedad sobre el grado de infusión:** Para ambos aminoácidos se usó un diseño aleatorizado con arreglo factorial de 4 x 4, practicándose dos determinaciones por condición experimental. Las concentraciones para la infusión con lisina fueron de 10, 20 y 30%, y para treonina, de 5 y 10%; ambas infusiones se realizaron al pH de la solución, usándose un tiempo de 2 y 4 horas, la temperatura de 20° y 40°C, y una humedad del grano de 11, 15 y 18%.

d) **Efecto de la variedad del grano sobre el grado de infusión:** Para determinar este efecto, en ambos aminoácidos se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con dos observaciones por tratamiento. El experimento consistió en someter diferentes clases de arroz a iguales condiciones de infusión. Se usaron dos muestras de tipo comercial y las variedades Blue Bonnet y Blue Bell; las infu-

siones se llevaron a cabo bajo las condiciones óptimas determinadas en este estudio, salvo en lo referente a la humedad del grano, que en este caso fue de 13%.

4. Extracción de aminoácidos libres

El arroz se molió en un molino Wiley provisto de un tamiz de 20 mallas; a un gramo de la harina se le adicionó 25 ml de solución de ácido clorhídrico 0.1 N y se agitó durante 1 hora. El extracto se separó por centrifugación y el residuo se agitó de nuevo con 25 ml de la solución ácida, aplicando el mismo tiempo de agitación y el mismo método de separación.

5. Análisis de los aminoácidos

El nivel de aminoácidos infundido se determinó por electroforesis en papel a bajo voltaje, por el método de Gómez-Brenes y Bressani (25).

6. Ajuste de la humedad del grano de arroz

Se utilizaron soluciones saturadas de acetato de potasio, nitrato de sodio y fosfato diácido de amonio, las cuales producen un ambiente con humedad relativa de 22.5, 64.4 y 92.5%, respectivamente, a 25°C. Los ajustes se llevaron a cabo en cámaras de vidrio, permitiendo así un aislamiento completo del medio exterior.

RESULTADOS

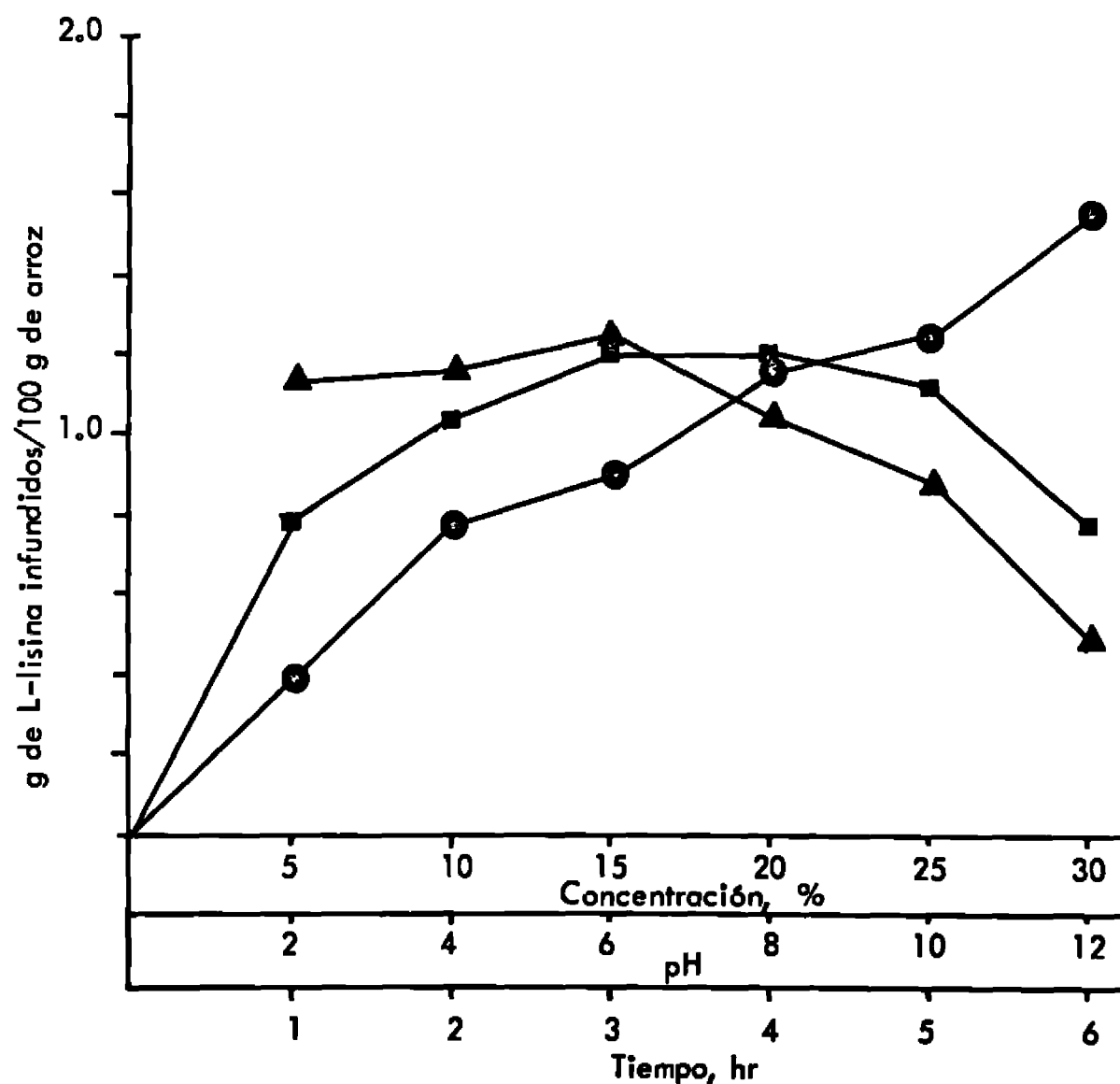
A. Infusión con Lisina

1. Efecto de la concentración, del pH y del tiempo de infusión sobre el nivel de lisina incorporada.

En este experimento no se controló la temperatura de infusión ni la humedad del grano, variando éstas entre 20° y 30°C, y 13 y 15%, respectivamente. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 2.

En todas las condiciones de infusión utilizadas, se observó en el grano, después de la deshidratación, fisuras que afectaron negativamente su apariencia natural; además, a valores de pH de más de 8, el grano tomó una coloración amarilla.

- Concentración: Valores promedio a través de los diferentes niveles de pH y tiempos
- ▲—▲ pH: Valores promedio a través de las diferentes concentraciones y tiempos
- Tiempo: Valores promedio a través de las diferentes concentraciones y niveles de pH



Incap 76-54

FIGURA 2

Efecto individual de la concentración, el pH y el tiempo de infusión sobre el grado de incorporación de L-lisina.

El estudio de cómo incidía la concentración en cada una de sus combinaciones simples con el pH y el tiempo, reveló un efecto cuadrático con niveles máximos de lisina infundida entre 15 y 20% de concentración. En igual forma se evaluó el efecto del pH y del tiempo. Para el pH se encontró que a valores ácidos el nivel de lisina infundida es máximo, pero que éste disminuye a medida que aquél se hace más alcalino; en cambio, el efecto del tiempo de infusión en cada una de sus combinaciones simples con la concentración y el pH demostró ser prácticamente lineal.

Los resultados indican que no hubo diferencia significativa entre los niveles de aminoácido infundidos cuando la concentración es de 10 a 25%, pero sí entre esos niveles y los obtenidos con 5 y 10% de concentración, rango en que el efecto de esta variable demostró ser lineal. Tampoco se observó ninguna diferencia significativa entre los niveles incorporados al grano a valores de pH que oscilaban entre 2 y 8, y a períodos de tiempo de 5 a 6 horas.

Con miras a estudiar el efecto de la concentración a tiempos mayores, se llevaron a cabo infusiones aplicando las mismas condiciones de temperatura y humedad del experimento anterior, pero sólo a valores de pH de 2, 4, 6, y 8, y a tiempos de 12 y 18 horas. Los resultados se presentan en la Figura 3; los valores de 2 y 6 horas corresponden al experimento inicial, pero promediados a través de los valores de pH utilizados en este segundo experimento. Además, las cifras de lisina incorporadas al grano para cada tiempo, a las diferentes concentraciones de la solución del aminoácido, son los promedios medidos a un pH común.

Según pudo establecerse, a concentraciones bajas el nivel de lisina infundida es constante a partir del término de 6 horas, lo que no sucede cuando se emplean valores altos, en cuyo caso, aún transcurridas 18 horas se obtienen incrementos en la incorporación de este aminoácido al grano de arroz.

2. Efecto de la temperatura y de la humedad sobre el nivel de lisina infundida

El efecto neto de la temperatura se aprecia en la Figura 4, observándose que sus valores constituyen promedios obtenidos a través de las otras variables. Esta curva es representativa del efecto causado por esta variable en cada una de sus combinaciones con la concentración y el tiempo.

Las comparaciones estadísticas no revelan diferencias significativas entre los niveles del aminoácido infundido con 10 y 20%

INTERACCION: CONCENTRACION POR TIEMPO
(VALORES PROMEDIO A TRAVES DE LOS DIFERENTES NIVELES DE pH)

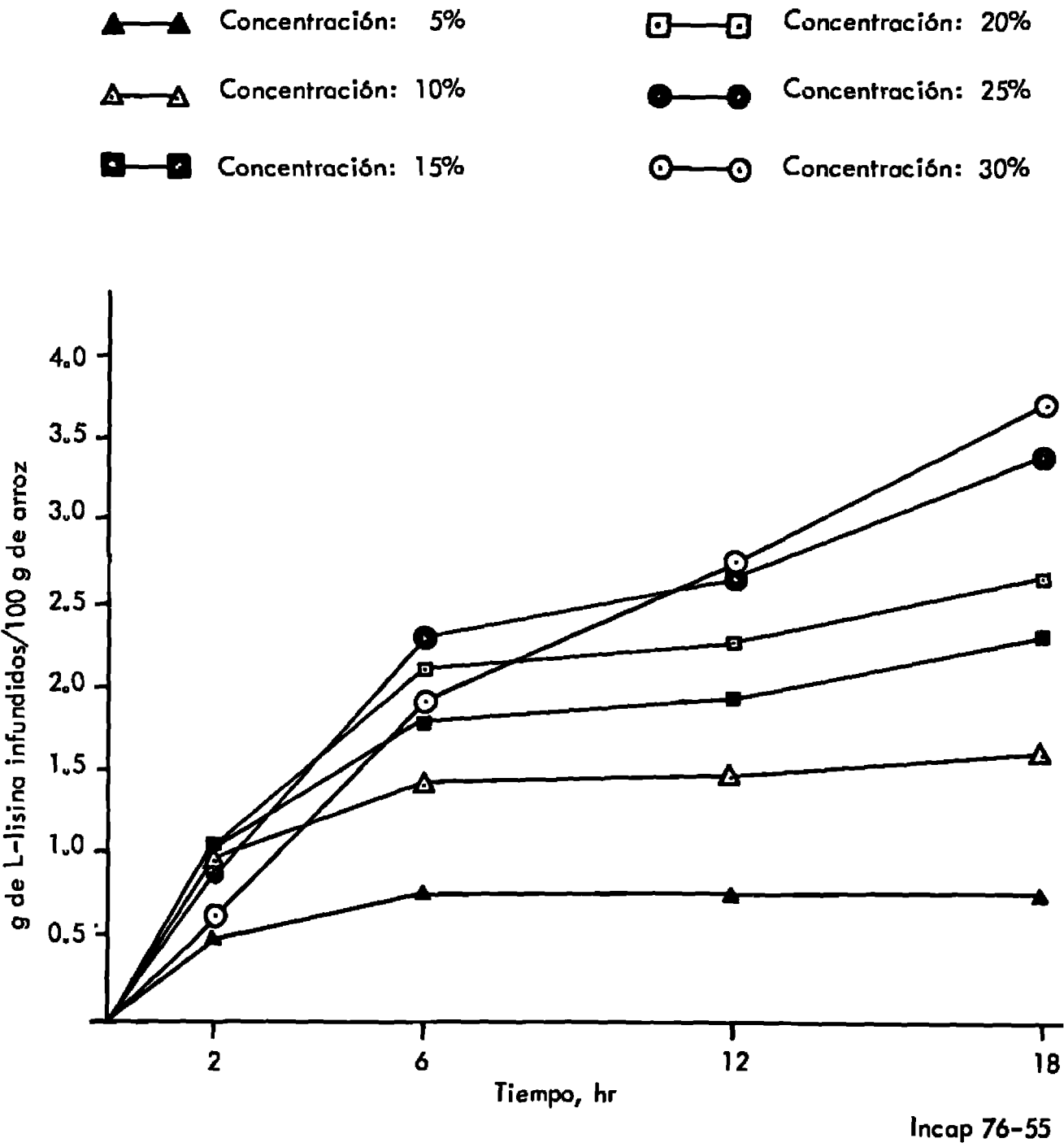
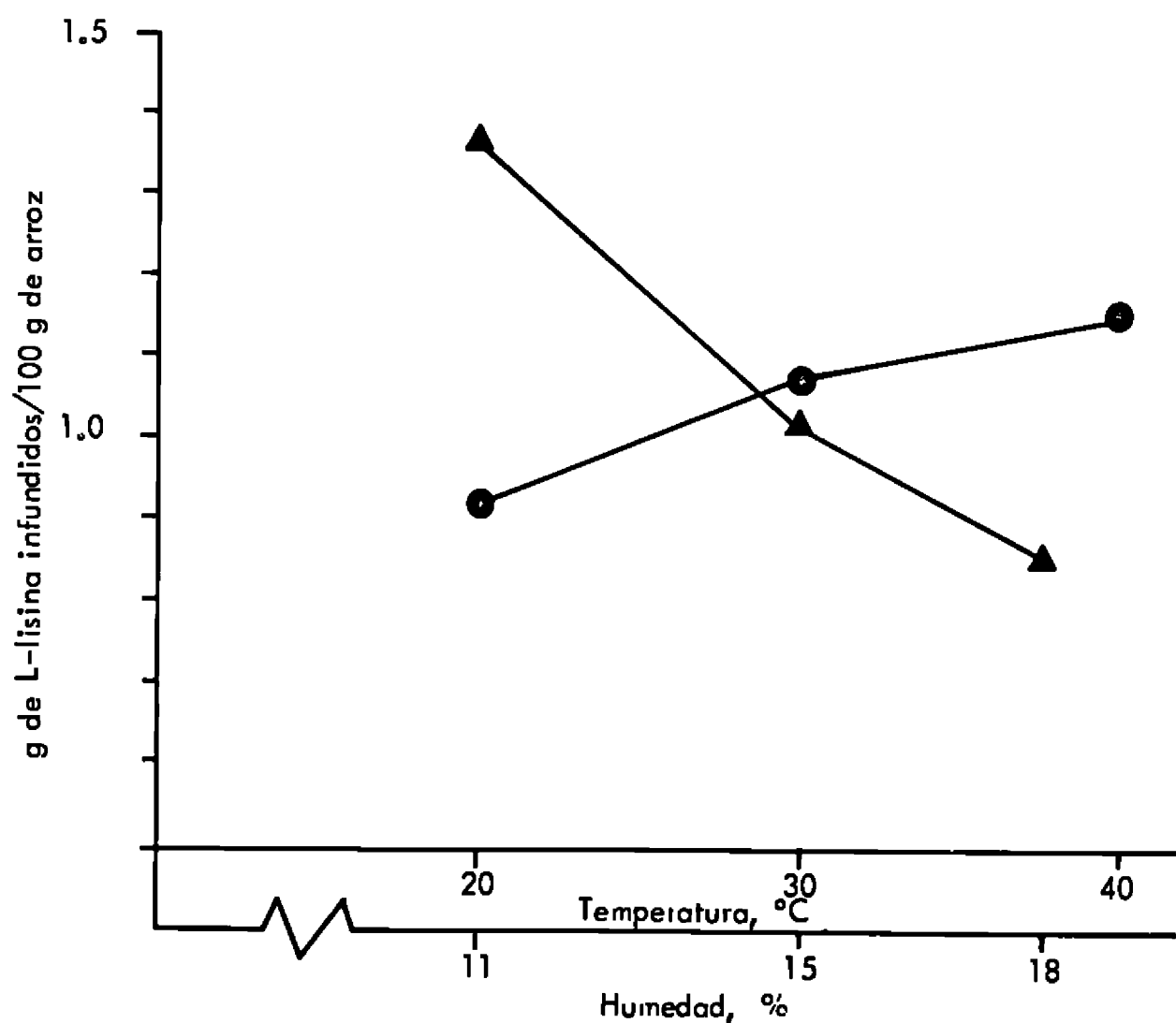


FIGURA 3

Efecto de la concentración, el pH y el tiempo de infusión, sobre el grado de incorporación de L-lisina.

●—● Temperatura: Valores promedio a través de las diferentes concentraciones y tiempos

▲—▲ Humedad: Valores promedio a través de las diferentes concentraciones, tiempos y temperaturas



Incap 76-56

FIGURA 4

Efecto individual de la temperatura y de la humedad sobre el grado de incorporación de L-lisina.

de concentración y con 4 a 6 horas de infusión, pero sí al usarse de 20° a 40°C de temperatura.

La humedad del grano presenta un efecto inverso, o sea que a mayor humedad corresponde un menor nivel de la lisina infundida. Además, por observaciones visuales se determinó que a 18% de humedad, el grano tratado no sufría fisuras y conservaba su aspecto natural. Esto sitúa al contenido de humedad del grano como la variable principal en este proceso de enriquecimiento.

3. Efecto de la humedad del grano sobre el grado de incorporación de lisina

La interacción de concentración por humedad se detalla en la Figura 5, en la que cada combinación representa un valor promedio a través del tiempo y de la temperatura. Es importante destacar el hecho de que a humedades altas, principalmente a 18%, las comparaciones estadísticas no indicaron diferencia significativa alguna entre los niveles promedio de la lisina infundida con 10 a 30% de concentración; en cambio, a 11% de humedad, las diferencias entre estos promedios fueron estadísticamente significativas.

B. Infusión con Treonina

1. Efecto de la concentración del pH y del tiempo sobre el nivel de treonina infundida

En este caso, la temperatura de infusión y la humedad del grano oscilaron entre 20° y 30°C, y entre 14 y 15%, respectivamente. Al igual que en la infusión con lisina, el grano sufrió fisuras, y a valores de pH que excedían de 8, se tornó amarillo. Los resultados experimentales se presentan en la Figura 6.

Al estudiar la concentración en cada una de sus combinaciones con el pH y el tiempo, se encontró un efecto lineal, cuyas pendientes están condicionadas por estas dos últimas variables.

En cada una de las combinaciones simples entre las variables investigadas se determinó la condición óptima por medio de comparaciones estadísticas. En el caso de la concentración, se encontró que existía una diferencia significativa entre los niveles de treonina infundidos con 5 y 10%; iguales resultados se obtuvieron con los diferentes valores de pH estudiados. En cambio, no se encontró diferencia significativa al comparar las cantidades de treonina incorporadas al grano durante el término de 3 a 6 horas de infusión.

INTERACCION: CONCENTRACION POR HUMEDAD
(VALORES PROMEDIO A TRAVES DE LOS DIFERENTES
TIEMPOS Y TEMPERATURAS)

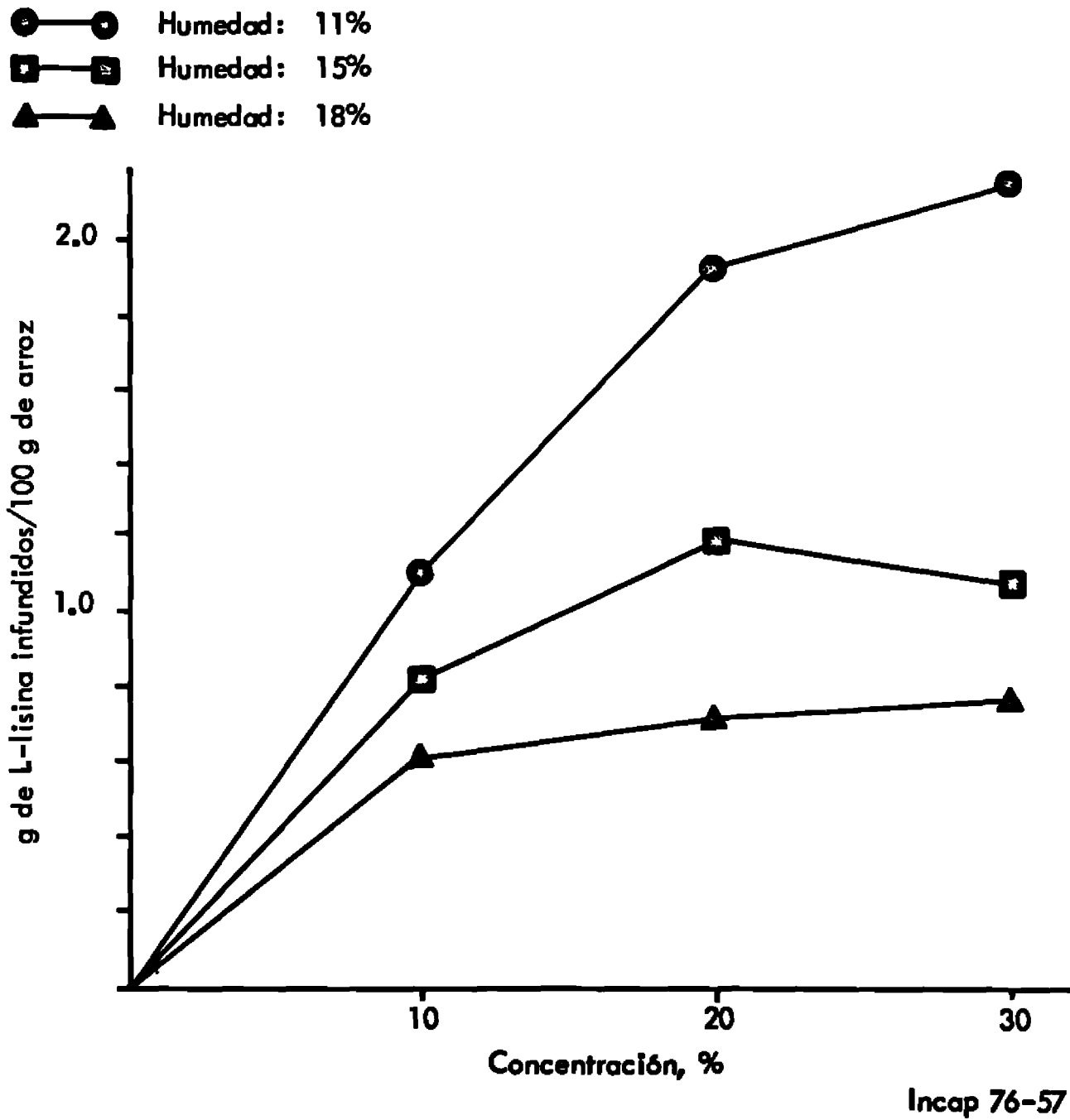


FIGURA 5

Efecto de la humedad sobre el grado de incorporación de L-lisina.

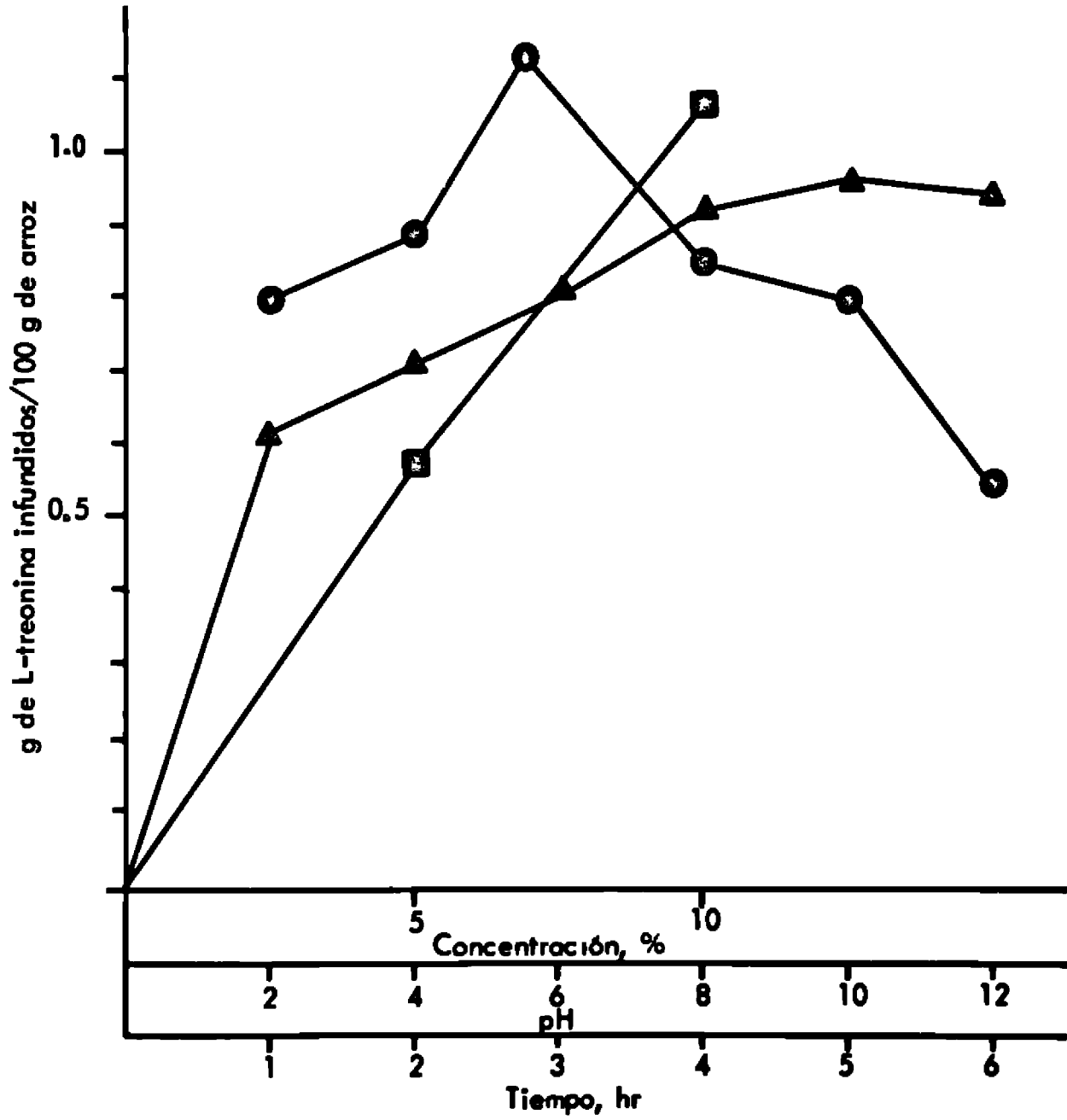
- Concentración:

Valores promedio a través de los diferentes niveles de pH y tiempos
- pH:

Valores promedio a través de las diferentes concentraciones y tiempos
- ▲—▲

Tiempo:

Valores promedio a través de las diferentes concentración y niveles de pH



Incap 76-58

FIGURA 6

Efecto individual de la concentración, el pH y el tiempo de infusión sobre el grado de incorporación de L- treonina

2. Efecto de la temperatura y de la humedad del grano sobre el nivel de treonina infundida

El efecto neto de la temperatura se indica en la Figura 7, observándose un ligero incremento en los niveles de treonina infundida al aumentar esta variable, incremento que, sin embargo, no fue estadísticamente significativo.

El tipo de efecto obtenido en lo referente a la humedad en las distintas combinaciones simples en que se usó con las otras variables es inverso, o sea que a mayor humedad menor fue el nivel de treonina infundida.

C. Condiciones Optimas para Infusión

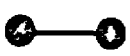
En la Tabla 2 se resumen las condiciones óptimas de infusión del arroz con lisina y treonina. Considerando el aspecto físico del grano tratado, es decir su coloración y la ausencia de fisuras así como la cantidad de aminoácido incorporado, se encontró que la infusión óptima con L-lisina se obtiene a 10% de concentración, un pH natural (5.9) de la solución, y 4 horas de remojo a 40°C de temperatura y 18% de humedad del grano; la infusión con L-treonina presenta iguales condiciones óptimas, salvo con la temperatura, que en este caso fue la ambiental (25°C, aproximadamente). Bajo estas condiciones, el grano de arroz incorpora 1% de lisina y treonina.

D. Aspecto Físico de los Granos Después de la Infusión

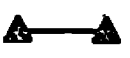
Se puede observar que no hay diferencia en el aspecto físico de los granos de arroz antes y después de su infusión con L-lisina y L-treonina, así como de la mezcla de este arroz enriquecido con arroz común.

E. Efecto de la Variedad del Grano sobre el Nivel de Lisina y Treonina Infundida

Según se detalla en la Tabla 3, tanto en el caso de la infusión con lisina, como con treonina, no hubo diferencia significativa entre los niveles infundidos en las diferentes muestras tratadas. Tampoco se determinó ningún efecto de la variedad del grano sobre el nivel de aminoácido infundido.

- 

Temperatura:

Valores promedio a través de las diferentes concen-
traciones y tiempos
- 

Humedad:

Valores promedio a través de las diferentes concen-
traciones, tiempos y temperaturas

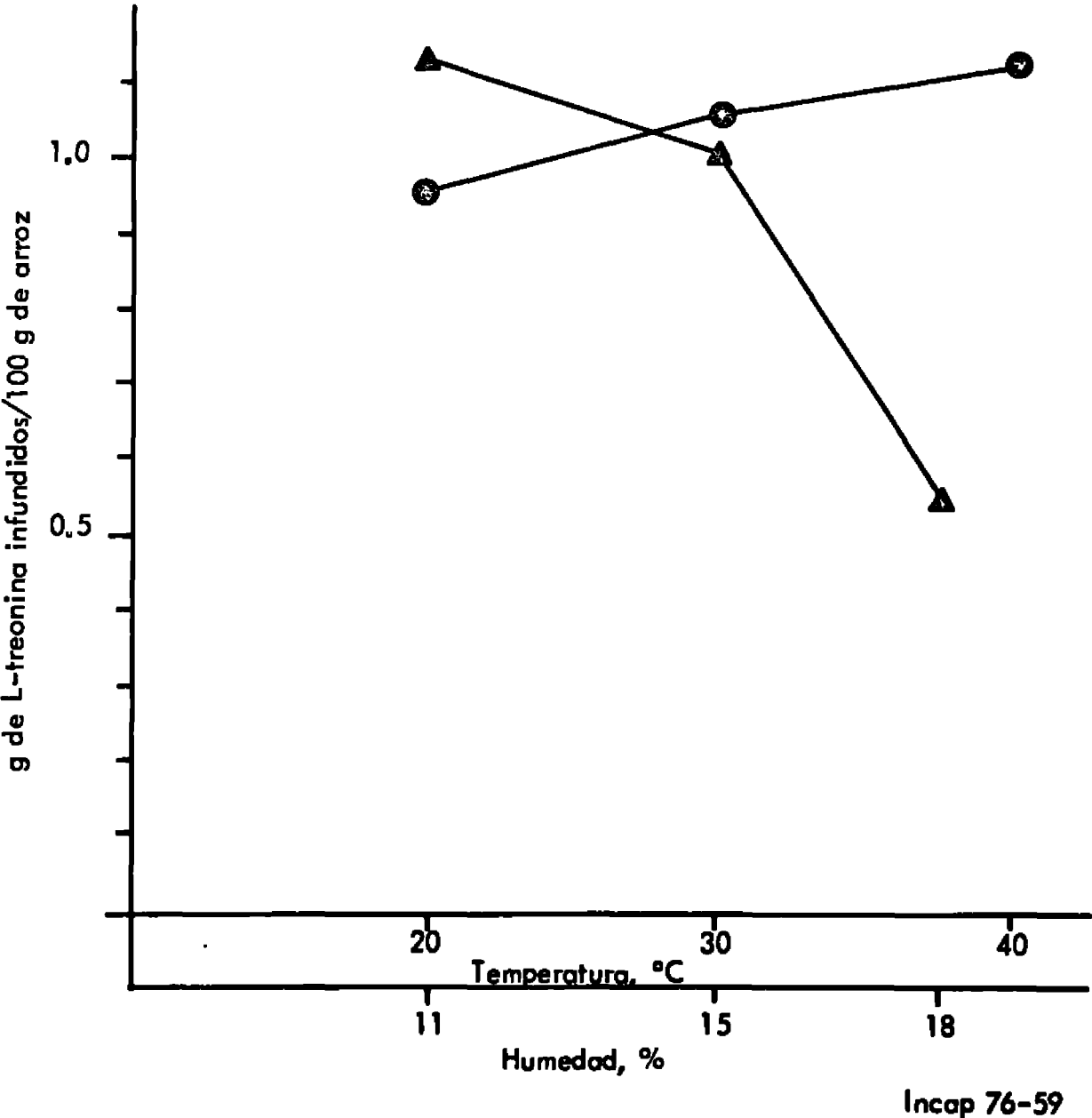


FIGURA 7

Efecto individual de la temperatura y de la humedad sobre el grado de incorporación de L- treonina

TABLA 1
COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS DIETAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS
BIOLOGICOS CON RATAS EN CRECIMIENTO

Ingredientes %*	Raciones **							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Arroz natural	--	--	89.58	89.82	--	89.40	90.00	--
Arroz, premezcla con L-lisina***	90.00	--	--	--	--	--	--	--
L-lisina HCl	--	--	0.42	--	--	0.42	--	--
Arroz, premezcla con L-treonina***	--	90.00	--	--	--	--	--	--
L-treonina	--	--	--	0.18	--	0.18	--	--
Arroz, premezcla con L-lis + L-treo***	--	--	--	--	90.00	--	--	--
Caseína	--	--	--	--	--	--	--	9.30
Almidón	--	--	--	--	--	--	--	80.70
Contenido de proteína	7.75	7.55	7.75	7.59	7.66	7.93	7.54	8.60
Aumento en L-lisina	0.34	--	0.34	--	0.34	0.34	--	--
Aumento en L-treonina	--	0.18	--	0.18	0.18	0.18	--	--

* Gramos/100 g de ración con 12% de humedad.

** A todas las raciones se les adicionó 4% de minerales, 5% de aceite de soya, 1% de aceite de hígado de bacalao y 5 % de solución de vitaminas.

*** Aminoácidos incorporados por infusión.

F Ensayos Biológicos

Los resultados de los ensayos biológicos se aprecian en la Tabla 4. La ganancia en peso, el consumo de alimento y el índice de eficiencia proteínica (PER) se utilizaron para evaluar el efecto del enriquecimiento del arroz y la disponibilidad biológica de los aminoácidos incorporados por infusión. De acuerdo a los datos, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos a base de arroz suplementado con arroz enriquecido por infusión, y el arroz suplementado por adición directa de los aminoácidos.

La ganancia ponderal y el PER fueron significativamente mayores en el arroz suplementado con lisina más treonina que en el grano sin suplementar. Asimismo, puede notarse que entre el arroz suplementado con sus aminoácidos limitantes y la caseína, que sirvió como control, la diferencia en cuanto a PER fue significativa.

En los tres parámetros estudiados, los valores obtenidos con el arroz sin suplemento y el arroz suplementado con treonina, la diferencia careció de significado estadístico, o sea que la adición de sólo este aminoácido no afectó biológicamente la calidad proteínica del arroz.

TABLA 2

**CONDICIONES OPTIMAS PARA INCORPORAR LISINA Y
TREONINA AL ARROZ USANDO EL METODO DE
INFUSION**

Condiciones	Lisina	Treonina
Concentración de la solución	10%	10%
pH de la solución	Normal (5.9)	Normal (5.5)
Temperatura de la solución	40°C	25°C
Tiempo de infusión	4 horas	4 horas
Humedad del grano	18%	18%
% de aminoácidos incorporado	1.0%	1.0%

TABLA 3

**EFFECTO DE LA VARIEDAD DEL GRANO SOBRE EL GRADO
DE INCORPORACION DE L-LISINA Y L-TREONINA**

(Gramos incorporados/100 g de arroz)

Variedades de arroz	L-lisina		L-treonina	
Blue Bonnet	1.04	0.99	1.31	1.20
Blue Bell	0.95	1.17	1.48	1.35
Comercial "A"	1.01	0.96	1.41	1.37
Comercial "B"	0.94	0.87	1.28	1.42

TABLA 4

**GANANCIA EN PESO, CONSUMO DE ALIMENTO E INDICE DE
EFICIENCIA PROTEINICA EN RATAS ALIMENTADAS CON
DIETAS A BASE DE ARROZ**

Ración	Promedio de ganancia en peso, g	Consumo promedio de alimento, g	Indice de eficiencia proteínica promedio
Arroz L-lis*	61.0 ± 7.9	307.0 ± 19.1***	2.59 ± 0.26***
Arroz L-lis**	60.0 ± 5.8	309.0 ± 42.6	2.55 ± 0.20
Arroz L-treo*	41.0 ± 7.4	277.0 ± 53.4	1.94 ± 0.13
Arroz L-treo**	47.0 ± 12.0	264.0 ± 39.3	2.06 ± 0.36
Arroz L-lis L-treo*	99.0 ± 13.5	375.0 ± 46.7	3.47 ± 0.26
Arroz L-lis L-treo**	102.0 ± 9.1	379.0 ± 46.7	3.42 ± 0.32
Arroz sin suplemento	45.0 ± 5.9	302.0 ± 38.3	1.98 ± 0.10
Caseína	92.0 ± 14.2	365.0 ± 39.8	2.93 ± 0.15

* Fortificación por infusión.

** Fortificación por adición directa.

*** Desviación estándar.

DISCUSION

Los resultados de este estudio parecen indicar que en el proceso de infusión del arroz, la humedad inicial del grano es la variable de mayor importancia, ya que para conservar su apariencia natural éste debe contener una humedad mínima de 18% ; de lo contrario, el grado de fisura se incrementa debido posiblemente a una mayor velocidad de hidratación. Además, se ha informado que este fenómeno también depende de la temperatura a que se lleva a cabo la hidratación (31).

En vista de estos hallazgos sería, pues de interés encontrar formas prácticas de aumentar el contenido de humedad del grano u otros medios de evitar la formación de fisuras o de eliminar su presencia en el arroz infundido.

La concentración y el pH de la solución, el tiempo y la temperatura de infusión así como la humedad del grano, afectan significativamente el grado de incorporación de lisina y de treonina.

En el caso de ambos aminoácidos, la infusión óptima se logra al 10% de concentración de la solución, lo que favorece económicamente el proceso. Debido a la baja solubilidad de la treonina en el agua, la obtención de este nivel de concentración requiere que las temperaturas utilizadas oscilen entre 60° y 70°C. Esto implica un aumento en el costo del proceso, por lo que convendría más trabajar con soluciones cuyas concentraciones sean fáciles de obtener a temperatura ambiente.

Desde el punto de vista del aspecto físico del grano y de la cantidad de aminoácido infundido, los valores de pH más favorables para la infusión incluyen el de la solución inicial. Los cambios en color que ocurren a valores de pH de más de 8 también han sido informados en el caso de otros cereales (25,32); además, varios autores(33) indican que el tratamiento alcalino disminuye el valor nutritivo debido a las reacciones que a estos valores de pH se suscitan entre los aminoácidos.

El tiempo óptimo de infusión obtenido fue de 4 horas, tanto con la lisina como con la treonina, hecho indicativo de que el proceso es práctico en función de esta variable.

La temperatura óptima fue de 40°C para la lisina y la temperatura ambiente para la treonina. En consideración a aspectos tecnológicos y económicos, sería conveniente limitar el proceso a una temperatura lo más próxima posible a la ambiental, aunque ello signifique el sacrificar un poco el grado de incorporación del aminoácido.

Afortunadamente, no se constató ningún efecto de la variedad del grano sobre el grado de incorporación de lisina y de treonina; se ha informado resultados similares para el sorgo (24), con el que no se obtuvo efecto de esta variable en infusiones con lisina, metionina y triptofano. Las implicaciones prácticas de este hecho son evidentes dado que el proceso sería muy complejo si existieran limitaciones debidas a esta variable.

Bajo las condiciones óptimas establecidas para la infusión del grano de arroz sin afectar su apariencia natural, se logró aumentar los niveles de lisina y treonina a 1 g%, aproximadamente. Se ha indicado que los niveles necesarios para optimizar la calidad proteínica del arroz procesado son de 0.38% de L-lisina y de 0.20% de L-treonina (34).

Teóricamente, con un arroz enriquecido bajo las condiciones establecidas en este estudio, se necesitaría agregar 38% de arroz infundido con lisina y 20% de arroz infundido con treonina para mejorar al máximo la proteína del arroz corriente. No obstante, es necesario llevar a cabo nuevos estudios orientados a determinar cuáles son los niveles óptimos de lisina y treonina que debe contener el grano enriquecido, a fin de garantizar una buena homogenización de estos nutrientes en la mezcla de arroz corriente con arroz enriquecido.

Para que el proceso de infusión sea tecnológicamente práctico, es necesario establecer si el tiempo y las condiciones de almacenamiento del grano de arroz después de la cosecha afectan el proceso de infusión.

Es muy probable que estas últimas variables —tiempo y condiciones de almacenamiento— no afecten significativamente el proceso de infusión, ya que al determinar el efecto de la variedad del grano se utilizaron muestras obtenidas en diferentes mercados y en distintas épocas del año, y como ya indicamos, no se encontró diferencia significativa entre los niveles de aminoácidos infundidos.

Las dietas a base de arroz, con o sin fortificación, son tan aceptables por las ratas como la dieta a base de caseína. Indirectamente, esto indica que la fortificación del arroz con granos enriquecidos por infusión no afecta las propiedades organolépticas del arroz natural, a juzgar por el consumo de dieta por las ratas.

Los resultados de este estudio señalan que los aminoácidos incorporados al grano de arroz por infusión; son 100% disponibles al organismo animal. Es importante establecer hasta qué grado afectan la disponibilidad de estos aminoácidos el procesamiento a nivel del hogar y los sistemas de almacenamiento utilizados en nuestros países para este cereal. Es posible que durante el almacenamiento se

pierda lisina, debido a reacciones con compuestos carbonilos que se producen durante el envejecimiento del arroz (33).

La fortificación de arroz con lisina o con lisina más treonina, mejora significativamente la calidad proteínica de este cereal, hecho que ya ha sido informado por varios autores (11, 12, 14). Por otra parte, según los resultados de este estudio, la fortificación del arroz con treonina no afecta su calidad proteínica, pero sí la afecta positivamente cuando se ha corregido la deficiencia de lisina (34), su primer aminoácido limitante.

SUMMARY

Technological improvement of the protein quality of rice

Rice is a staple food for a large percentage of the Latin American population. Unfortunately its protein, because of its deficiency in the essential amino acids lysine and threonine, is of a low quality. Therefore, the objective of the present work was to study the optimum conditions to increase, through infusion, the concentrations of lysine and threonine in the grain of rice. These enriched grains could be mixed with common grains in the correct proportions to obtain a mixture with a better protein quality.

The optimum conditions of infusion were evaluated through the effect of temperature, pH of the solution, time of infusion, variety, and water content of the grains on the concentration of the infused amino acids in the kernel.

The results obtained showed that the variables studied can affect significantly the incorporation of the amino acids in this cereal grain. The most limiting variable in the process of infusion was the initial water content of the grains, since their natural appearance could be kept unchanged only at 18% moisture content; lower values were responsible for the presence of fissures on the grains.

The level of amino acid incorporation was not affected by the variety of the grain, a fact of practical importance in the implementation of the process of infusion at the industrial level.

Considering the physical aspect of the grains and the amount of amino acid incorporated through infusion, the optimum conditions for L-lysine was a concentration of 10% , natural pH of the solution 4 hours of infusion at 40°C, and 19% moisture content in the grains. For threonine, the conditions were similar to those obtained with lysine except for the temperature which in this case was ambient, around 25°C.

The biological availability of the amino acids incorporated was determined in weanling rats. Weight gain, food consumption and protein efficiency ratio showed that the amino acids were 100% available.

It is concluded that the process of infusion can be successfully used to enrich large amounts of rice, and that its implementation could improve the nutritional conditions of those populations consuming this cereal as a staple food.

BIBLIOGRAFIA

1. Adair, R.C. Production and utilization of rice. En: *Rice: Chemistry and Technology*. D. F. Houston, Ed. St. Paul, Minn., American Association of Cereal Chemists, Inc., 1972, p. 1-15.
2. Beachell, H.M. Rice. En: *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. S. A. Matz, Ed. Westport, Conn., The AVI Publishing Co., Inc., 1959, p. 137-176.
3. Castillo, S. & M. Flores. Estudios dietéticos en El Salvador. II. Cantón Platanillos, municipio de Quezaltepeque, departamento de La Libertad. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 54-65.
4. Flores, M. & E. Reh. Estudios de hábitos dietéticos en poblaciones de Guatemala. I. Magdalena Milpas Altas. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 90-128.
5. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Panamá. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP); Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (EE.UU.); Ministerio de Salud Pública. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1969, 117 p.+ 5 anexos.
6. Reh, E. & C. Fernández. Condiciones de vida y de alimentación en cuatro grupos de población de la zona central de Costa Rica. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 66-89.
7. Sogandares, L. & G. de Barrios. Estudios dietéticos en Panamá. I. La Mesa, provincia de Veraguas. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Pnamericana, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 38-46.
8. Bressani, R. El valor nutritivo del arroz en comparación con el de otros cereales en la dieta humana de la América Latina. En: *Políticas Arroceras en América Latina*. Memorias de una Conferencia a nivel latinoamericano celebrada en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 10-14 de octubre de 1971. Colombia, CIAT, 1972, p. 1-25.
9. Houston, D.F., A. Mohammad, T. Wasserman & E. B. Kester. High-protein rice flours. *Cereal Chem.*, 41:514-523, 1964.

10. Kester, B. E. Rice processing. En: *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. S.A. Matz, Ed. Westport, Conn., The AVI Publishing Co., Inc., 1959, p. 427-461.
11. Daniel, V.A., S.V. Rao, M. Swaminathan & H.A.B. Parpia. Amino acid supplementation of protein. III. The effect of supplementing rice and wheat and diets based on them with L-lysine and DL-threonine on the nutritive value of their proteins. *J. Nutr. Dietet. (India)*. 5:278-282, 1968.
12. Hundley, J. M. H. R. Sandstead, A. Gordon Sampson & G. D. Whedon. Lysine, threonine and other amino acids as supplements to rice diets in man: amino acid imbalance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 5:316-326, 1957.
13. Kik, M.C. Nutritional improvement of rice. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 32: 647-650, 1956.
14. Pecora, L. J. & L. M. Hundley. Nutritional improvement of white polished rice by the addition of lysine and threonine. *J. Nutrition*, 44: 101-112, 1951.
15. Rosenberg, H. R. & R. Culik. The improvement of the protein quality of white rice by lysine supplementation. *J. Nutrition*. 63: 477-487, 1957.
16. Sure, B. Effect of amino acid and vitamin B₁₂ supplements on the biological value of protein in rice and wheat. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 31: 1232-1234, 1955.
17. Elías, L. G., R. Jarquín, R. Bressani & C. Albertazzi. Suplementación del arroz con concentrados proteicos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18: 27-38, 1968.
18. Ajinomoto Co., Inc. Tokio. Artificial Rice. British patent, 1 225 070, 1971. (c.f. *Food Sci. Technol. Abst.*, 3(11):M1244, 1971).
19. Ajinomoto Co., Inc. Tokio. Imitation Rice. Japanese patent, 29 178/71, 1971. (c.f. *Food Sci. Technol. Abst.*, 4(3): M280, 1972).
20. Gómez-Brenes, R.A. Enriquecimiento de los cereales y sus productos con concentrados proteínicos y aminoácidos, o ambos; aspectos nutricionales. En: *Recursos Proteínicos en la América Latina*. M. Béhar y R. Bressani, Eds. (Memorias de una Conferencia a nivel latinoamericano celebrada en el INCAP, ciudad de Guatemala, del 24 al 27 de febrero de 1970). Guatemala, Talleres Gráficos del INCAP, 1971, p. 333-352. (Publicación INCAP L-1).
21. Katsuya, N., T. Sagara, R. Takahashi, Y. Yoshida & T. Ojima. Enriched artificial rice. United States patent 3 628 966, 1971 (c.f. *Food Sci. Tech. Abst*, 4 (5):.M547, 1972).
22. Yoshida, T., T. Sagara, T. Ojima, R. Takahashi & M. Takahashi. Enriched artificial rice. United States patent 3 620 762, 1971. (c.f. *Food*

Sci. Tech. Abst., 4(4): M483, 1972).

23. Brooke, C.L. Enrichment and fortification of cereals and cereal products with vitamins and minerals. *J. Agr. Food Chem.*, 16:163-167, 1968.
24. Cavins, F.J., C.W. Blessin & G.E. Inglett. Infusion of grain sorghum with lysine, methionine, and tryptophan. *Cereal Chem.*, 49:605-608, 1972.
25. Gómez Brenes, R.A. & R. Bressani. Un método para la determinación de aminoácidos, aplicable a problemas de suplementación, fitomejoramiento y bioquímica nutricional. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 23:445-464, 1973.
26. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202:91-96, 1953.
27. Mitsuda, H. Rice enrichment. United States patent 3 623 886, 1971. (c.f. *Food Sci. Tech. Abst.*, 4(4): M467, 1972).
28. Mitsuda, H. Storage and nutritional improvement of rice grain *J. Japan Soc. Food Nutr.*, 22:127-130, 1968.
29. Nagano, Y & H. Samejima. Prevention of lysine elution from lysine-enriched rice. *J. Food Sci. Tech.*, 16:318-320, 1969.
30. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. S. A. Matz, Ed., 11th ed. Washington, D.C., AOAC. 1970.
31. Desikachar, H.S.T. & V. Subrahmanyam. The formation of cracks in rice during wetting and its effect on the cooking characteristics of the cereal. *Cereal Chem.*, 38:356-364, 1961.
32. Blessin, C.W., J.F. Cavins & G.E. Inglett. Lysine infused popcorn. *Cereal Chem.*, 48:373-377, 1971.
33. De Groot, A.P. & P. Slump. Effects of severe alkali treatment of protein on amino acid composition and nutritive value. *J. Nutr.*, 98: 45-56, 1969.
34. Rosenberg, H.R., R. Culik, & R.E. Eckert. Lysine and threonine supplementation of rice, *J. Nutr.*, 69: 217-228. 1959.