Ē 620 P&G.

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXIX DICIEMBRE, 1989 No. 4

CONTENIDO

Página

EDITORIAL 549

TRABAJOS DE INVESTIGACION

NUTRICION Y ALIMENTACION

Maximización de rentabilidad económica, dietas óptimas de costo mínimo y diversificación de cultivos para los pequeños agricultores del altiplano de Guatemala. —*Jorge A. Alarcón, Maarten D.C. Immink y Luis F. Méndez.* 551

CIENCIAS DE ALIMENTOS

A protein concentrate from distillery yeast, and its application to supplement corn tortillas. —*M.C. de Arriola, M. de Zepeda y C. Rolz* 565

Eliminación de compuestos tóxicos, evaluación biológica y caracterización parcial de la proteína de pasta de jojoba (*Simmondsia chinensis* Link Schneider). — *Luis Angel Medina Juárez y Augusto Trejo González.* 576

Estudio sobre la composición química y contenido de factores antifisiológicos de la pasta residual de jojoba (*Simmondsia chinensis*). — *F. Pérez-Gil, G. L. Sanginés, R. A. Torreblanca, M. L. Grande y J. M. E. Carranco.* 591

Efecto de la temperatura sobre la degradación aeróbica de vitamina A en jugos de frutas cítricas. —*Juan de Dios Alvarado y Nelly Palacios Viteri.* .. 601

Fortificación del pan con harina de frejoles (*Phaseolus vulgaris* **L.). I. Aspectos farinológicos y de panificación.** — *Héctor Wulf, Claudio Cafati y Enrique Yáñez* 613

Fortificación del pan con harina de frejoles (*Phaseolus vulgaris* **L.). II. Valor nutritivo del pan fortificado.** — *Enrique Yáñez, Héctor Wulf, Claudio Cafati, Gloria Acevedo y Viviana Reveco* 620

BIOQUIMICA NUTRICIONAL

Actividad de gama glutamil-transpeptidasa y contenido de glutatión en la glándula mamaria durante el progreso de la preñez y la lactancia en ratas crónicamente desnutridas. — *Julia Araya, Gonzalo Ramos, Ana María Aguilera, Carmen Paz Aguilera y Darío Villalonga* 631

Estudio teratogénico de *Spirulina* en rata. — *German Chamorro, María Salazar y Silvia Salazar* 641

NUEVOS LIBROS 651

NOTAS 655

INDICE GENERAL DEL VOLUMEN XXXIX, 1989 657

INDICE POR MATERIA 661

INDICE POR AUTORES 664

INFORMACION PARA LOS AUTORES 670

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXIX DECEMBER, 1989 No. 4

CONTENTS

Page

EDITORIAL 549

RESEARCH PAPERS

FOOD AND NUTRITION

Net income maximization, optimal minimum cost diets and crop diversification among small-scale farmers in the highlands of Guatemala. — *Jorge A. Alarcón, Maarten D.C. Immink and Luis F. Méndez* 551

FOOD SCIENCE

A protein concentrate from distillery yeast, and its application to supplement corn tortillas. — *M. C. de Arriola, M. de Zepeda and C. Rolz* 565

Elimination of toxic compounds, nutritional evaluation, and partial characterization of protein from jojoba meal (*Simmondsia chinensis* Link Schneider). — *Luis Angel Medina Juárez and Augusto Trejo González* ... 576

Study on the nutritive value and antiphysiological factors of jojoba (*Simmondsia chinensis*) residual meal. — *F. Pérez-Gil, G. L. Sanginés, R. A. Torreblanca, M. L. Grande and J. M. C. Carranco.* 591

Effect of temperature on the aerobic degradation of vitamin C in citric fruit juices. — *Juan de Dios Alvarado and Nelly Palacios Viteri* 601

Bread fortification with bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) flour. I. Farinological and panification aspects. — *Héctor Wulf, Claudio Cafati and Enrique Yáñez* 613

Bread fortification with bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) flour. II. Nutritive value of fortified bread. — *Enrique Yáñez, Héctor Wulf, Claudio Cafati, Gloria Acevedo and Viviana Reveco* 620

Gamma glutamyl transpeptidase activity and glutathione content in the mammary gland of chronically malnourished rats during pregnancy progress and lactation. — *Julia Araya, Gonzalo Ramos, Ana María Aguilera, Carmen Paz Aguilera and Darío Villalonga*. 631

Teratogenic study of *Spirulina* in rats. — *Germán Chamorro, María Salazar and Silvia Salazar*. 641

NEW BOOKS 651

NOTES 655

GENERAL OF VOLUME XXXIX, 1989 657

SUBJECT INDEX 661

AUTHOR INDEX 664

INSTRUCTIONS TO AUTHORS 670

EDITORIAL

LA DECADA DE LOS 80

Con este cuarto número del Volumen 39 de **Archivos Latinoamericanos de Nutrición,** *terminamos la década de los 80! Nos aprestamos, pues, a iniciar la última década del siglo, y adentrarnos al año 2,000, el que ha sido fijado como la meta de grandes logros para la humanidad, a plasmar en "Salud para Todos en el Año 2,000".*

Previendo los significativos cambios que están ocurriendo en la sociedad mundial, los que se agudizarán en un futuro cercano, con optimismo se principia ya a planificar nuevas actividades, nuevos enfoques, a fin de prepararnos a enfrentar los problemas, y a aprovechar las oportunidades que se abrirán durante los próximos años. Pero, realizamos, que con este número estamos terminando el decenio de los 80, la década que frecuentemente se ha llamado "Década Pérdida" en vista del empeoramiento de la situación económica mundial y en particular de los países en vías de desarrollo. En los países latinoamericanos, sobre todo, el deterioro económico es tema de todo día y constituye la primera brecha que deberá ser resuelta. El nivel de la deuda externa hace aún más difícil la solución que todos desean. En efecto, los pocos recursos que se generan casi no bastan para satisfacer las demandas cada día mayores de las crecientes poblaciones en todas las naciones latinoamericanas, y contrarrestar así el deterioro del nivel de vida, y aplacar el creciente descontento.

Ajeno a los cambios políticos que se han suscitado en casi todos los países de la Región, en esta década han estado ocurriendo otros cambios significativos que, de una forma u otra, afectarán los enfoques que se planifiquen. Entre otros, el significativo incremento de las poblaciones urbanas es de gran importancia, ya que conlleva nuevos estilos de vida que incluyen alimentación y nutrición; el mayor número de una población joven, inquieta, con grandes necesidades y aspiraciones; el poco o insignificante incremento de nuestra producción agrícola, etc., haciéndonos más dependientes de la ayuda de donaciones externas. En esta década, como para infundir esperanza a la solución de los problemas si se quiere, o como

un mecanismo de defensa o como metas de la sociedad, se han convertido en expresiones populares los términos "Seguridad Alimentaria", "Agricultura Sostenible" y otras más que en realidad han existido siempre en el ambiente de los que trabajamos en el campo de la Alimentación y Nutrición. Asimismo, se han desarrollado nuevos enfoques en las investigaciones biológicas como lo es la Biotecnología que, de nuevo, brinda la esperanza de que con sus múltiples aplicaciones, saldremos avantes del estado de subdesarrollo a una etapa de mayores y mejores logros sociales y económicos. La solución, aunque no lo pareza y aunque difícil, está en nuestras manos, en nuestra voluntad de querer corregirla; por eso, pensamos que realmente no es correcto llamar a la década de los 80 "La Década Perdida". En verdad, del análisis de casos o eventos negativos siempre se aprende tal vez más que de los resultados positivos y para no reincidir en las faltas cometidas en ese lapso, en una palabra, para que las promesas sean mejores en el futuro.

Pero volviendo a casa, y si hacemos un análisis retrospectivo de ALAN en la década de los 80, podremos concluir que el período fue bastante positivo, a pesar de que por varias razones —que son vivencias del grupo de ALAN que se encarga de que la Revista salga a luz oportunamente— ha habido irregularidades en este aspecto, retrasos que, afortunadamente, poco a poco están subsanándose. Lo positivo, sin embargo, es que se publicaron 506 artículos procedentes de casi todos los países de América Latina, con información valiosa para el desarrollo de la Región en aspectos científicos y prácticos. Esto también se traduce en otros beneficios que quizás sean poco palpables, pero necesarios, como lo es el intercambio de información, la comunicación, el reconocimiento de todos los que participan en esta actividad, tanto como generadores de información como usuarios de la misma. Esto es algo que debe ser ampliado y reforzado en la década que pronto iniciaremos y que poco a poco, al máximo de esfuerzos, contribuirá al desarrollo económico y social de nuestra Región Latinoamericana.

Ricardo Bressani
Editor General

DR. LEONARDO SINISTERRA — SEMBRADOR INFATIGABLE.....

Con profunda pena nos enteramos de la irreparable pérdida acaecida en el mes de agosto de 1989, de un buen amigo, un gran hombre, y miembro de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN)! Fue el propio Presidente actual de la Sociedad, Dr. Jaime Ariza, quien gentilmente nos informó de tan lamentable acontecimiento.

Nos impresionó profundamente, y sabemos que nuestros lectores sabrán comprenderlo, porque dejó en cada amigo así como en los círculos científicos latinoamericanos, huella indeleble de su amistad y de su constante quehacer. Colombia, su amada patria, fue el centro de sus acciones, a la que siempre supo dar lo mejor de sus conocimientos, habiendo dedicado gran parte de su vida a combatir los efectos ocasionados por la desnutrición en los niños.

El Dr. Sinisterra eligió la carrera de medicina, la que terminó en la Universidad Nacional de Colombia, y complementó sus estudios en París y España, donde validó tesis con la tutoría del profesor y humanista Gregorio Marañón, quien afirmaba que el colombiano era uno de sus mejores alumnos.

En la trayectoria de su vida, este incansable sembrador volvió a Cali, y consciente de la importancia de la educación en el desarrollo de los pueblos, participó en la fundación de la Universidad del Valle, sumándose al grupo que lideraba Gabriel Velásquez Palau, y creando la Facultad de Medicina de dicha Universidad. Este trabajo él lo complementó organizando el Departamento de Nutrición que, por su calidad científica, mereció el patrocinio de la Fundación Rockefeller.

Desde los primeros años de su labor, lo habían impactado los daños visibles que por el hambre presentaban los infantes, que la mayoría de las veces se iniciaba en el vientre materno. Por este motivo, comenzó a investigar el campo de su interés en los barrios pobres de Cali. En base a sus experiencias, optó por marchar a Estados Unidos donde, en la Universidad de Harvard, recibió su Master en Nutrición Humana.

En Cali instituyó la Fundación para la Ecología Humana; creó la Colombiarina, mezcla de arroz, soya, minerales, calcio y vitaminas que, diluidos en agua y leche alimentaban, a precios bajos y con resultados inmediatos, que sirvió como una de las bases para las campañas nutricionales efectuadas en Colombia y también en el Tercer Mundo.

La multiplicación de sus experiencias y teorías merece la difusión y el análisis de expertos por los beneficios comprobados. . . Nosotros nos concretamos a decir que las huellas de su prolífera obra en pro de la población colombiana en particular, y de América Latina en general, al igual que el fruto de su lucha y esfuerzos por mejorar el estado nutricional, perdurará. . . . Nos dejó Leonardo Sinisterra, pero llevó consigo un buen bagaje: la satisfacción del haber cumplido plenamente su misión en la tierra. Q.E.P.D.

Ricardo Bressani
Editor General

TRABAJOS DE INVESTIGACION

MAXIMIZACION DE RENTABILIDAD ECONOMICA, DIETAS OPTIMAS DE COSTO MINIMO Y DIVERSIFICACION DE CULTIVOS PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES DEL ALTIPLANO DE GUATEMALA

Jorge A. Alarcón[1], *Maarten D. C. Immink*[2] *y Luis F. Méndez*[3]

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

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo como parte de la evaluación económica y nutricional de un programa de diversificación de cultivos para pequeños agricultores del Altiplano de Guatemala. Se aplicaron modelos de programación lineal para obtener combinaciones óptimas de cultivos tradicionales y no tradicionales en diferentes condiciones ecológicas, que aporten: (a) dietas de costo mínimo en familias de agricultores de autoconsumo y (b) patrones de producción que maximizan la rentabilidad económica y disponibilidad de calorías en mercados locales (en tierras disponibles para producción comercial). Los datos utilizados provienen de una encuesta agroeconómica realizada en 1983 en un total de 726 familias beneficiarias y no beneficiarias del Programa referido; también se usaron precios de venta de los alimentos del Instituto de Mercadeo Agrícola, y datos de costos de producción del Banco Nacional de Desarrollo Agrícola. Asimismo, los períodos vegetativos de cada cultivo fueron obtenidos como promedios, de tres fuentes diferentes.

Los resultados indican que los patrones óptimos de producción para dietas de costo mínimo incluyen alimentos tradicionales (maíz, frijol, haba, trigo, papa), no-tradicionales (zanahoria, brócoli y remolacha) y de origen animal (leche, huevos). Un número importante de agricultores en la muestra no tuvo suficiente tierra de

---

Manuscrito modificado recibido: 14–3–88.

1 Economista Agrícola, Investigador de la División de Planificación Alimentaria y Nutricional del INCAP.

2 Economista, Jefe de la División de Planificación Alimentaria y Nutricional del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

3 Ingeniero Agrónomo, Asistente de Investigación de la misma División.

Publicación INCAP E-1289.

cultivo disponible para producir los alimentos requeridos para la dieta de costo mínimo. El patrón de producción que brinda la mayor rentabilidad económica consiste solamente de alimentos no-tradicionales (cebolla, zanahoria, brócoli, remolacha, coliflor, rábano en las zonas bajas y brócoli, rábano, zanahoria y coliflor en las zonas altas). Asimismo, el patrón óptimo de producción para maximizar la disponibilidad de calorías en mercados locales consiste de alimentos tradicionales y no-tradicionales; para agricultores de las áreas bajas: trigo, maíz, rábano, remolacha, zanahoria y cebolla, y para agricultores de áreas altas: papa, trigo, rábano, zanahoria y repollo.

INTRODUCCION

La diversificación de la agricultura de subsistencia, en general, y el cambio de los cultivos de alimentos tradicionales por cultivos modernos para comercialización[4] en particular, a menudo se considera como un aspecto básico del desarrollo agrícola en muchos países del Tercer Mundo. Sin embargo, los resultados notificados con base en evaluaciones realizadas en programas de transformación de producción agropecuaria, no muestran consistencia en lo que a mejoras sustantivas se refiere, tanto del ingreso real como del estado nutricional de los miembros de las familias involucradas en el proceso de modernización y comercialización agrícola (1).

Se han señalado muchos elementos positivos de la diversificación de cultivos por pequeños agricultores, entre ellos: a) la mayor disponibilidad de alimentos a nivel familiar y comunitario, b) la generación de empleo, que permite la ocupación de mano de obra excedente de las familias participantes en el proceso de diversificación y de otros miembros de la comunidad, y c) incrementos en ingresos agrícolas y, por ende, mayor capacidad de adquisición de alimentos. Los efectos negativos se asocian frecuentemente a las limitaciones de la materialización del ingreso incrementado debido a: a) incrementos en precios locales de alimentos (2), y b) baja propensión marginal a consumir alimentos, y en particular a consumir calorías. El hecho de que la propensión marginal a consumir alimentos sea mayor o menor depende en mucho de las relaciones intrafamiliares existentes y de la conducta asumida para el gasto del dinero, el control del mismo, etc. (3). Por ejemplo, si el ingreso es distribuido por la madre, o si el ingreso no es recibido en un solo efectivo sino en partes, normalmente un mayor porcentaje se destina al consumo de alimentos (4).

Cuando la producción de alimentos se destina al autoconsumo de las unidades productoras y al consumo local, la diversificación de cultivos debe ser considerada en términos tanto de la dieta mínima u óptima para los miembros de las familias participantes, como de la rentabilidad económica y la disponibilidad de energía dietética a nivel local.

---

4 Convencionalmente denominamos alimentos tradicionales a aquellos bienes que son y han sido el sustento básico de las familias del Altiplano. En contraste, llamamos alimentos modernos a aquéllos que en el Programa de Diversificación de la Agricultura del Altiplano Noroccidental de Guatemala, se pretende inducir en los patrones de producción y consumo.

El objetivo del presente estudio fue determinar patrones de producción que optimicen la rentabilidad económica, la dieta de las familias de los pequeños agricultores en el Altiplano Noroccidental de Guatemala, y la disponibilidad local de energía dietética. Se plantean las siguientes hipótesis: que la introducción de hortalizas en el patrón de producción de los pequeños agricultores, permite patrones de consumo óptimo en función de las recomendaciones dietéticas diarias (5), aumenta la rentabilidad económica de la actividad agrícola en comparación a la producción de cultivos tradicionales básicos (maíz, frijol, trigo, papa, haba, etc.), y permite un patrón productivo óptimo en términos de disponibilidad local de energía dietética.

Limitaciones del Estudio

1. -Los datos utilizados en este estudio son secundarios y provienen de una muestra aleatoria con agricultores beneficiarios y no beneficiarios del Programa de Diversificación Agrícola. Por lo tanto, se usan promedios que, como todo promedio, no recogen especificidades relacionadas con diferente calidad del producto, diferente calidad de suelos de los agricultores, y variaciones del clima de un año a otro. Se intenta únicamente orientar de manera general en cuanto a la efectividad del Programa de Diversificación de Cultivos en términos de una dieta adecuada de costo mínimo y del mejor patrón productivo. Los resultados, pues, son de carácter evaluativo antes que normativo, y miden la potencialidad de un programa en funciones. Por consiguiente, no constituyen una respuesta a una problemática particular de un agricultor determinado, y tampoco podrían generalizarse a cualquier región del país que no sea la del Altiplano Noroccidental de Guatemala.

2. Por las mismas características de los datos, el estudio no puede considerar aspectos de operacionalización de los programas de diversificación agrícola. Así, no se contemplan factores limitantes de importancia de acceso a la tierra, falta de infraestructura, tecnología y comercialización de alimentos, ni la propia dinámica y perspectivas de la agricultura campesina.

Los aspectos de operacionalización requerirían de datos primarios obtenidos con un diseño más ajustado a la realidad de los agricultores y sus familias. En este último caso, los resultados pueden perfectamente aprobar o desaprobar las conclusiones señaladas en este documento.

3. En lo que respecta a la disponibilidad de nutrientes en la evaluación de la dieta, no se ha tomado ninguna consideración detallada acerca de la calidad ni valor biológico de las calorías y proteínas aportadas por cada uno de los alimentos, así como tampoco para mezclas de los mismos. La razón es la inexistencia de datos uniformes para todos los cultivos que han sido motivo de evaluación.

MATERIAL Y METODOS

Los datos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos mediante una encuesta agroeconómica aplicada a 726 unidades productoras en seis

departamentos de Guatemala (Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, El Quiché y Sololá). La encuesta se llevó a cabo en octubre y noviembre de 1983 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de Guatemala, en un área del Altiplano donde se lleva a cabo un programa de diversificación de cultivos para pequeños agricultores, con fines de recolección de información basal que permitan medir el impacto del referido programa. Las unidades productoras incluidas en la encuesta fueron seleccionadas al azar, según un marco muestral por áreas o segmentos. La encuesta estuvo compuesta en un 85o/o de los casos, por familias no beneficiarias del proyecto de diversificación agrícola, y sólo 15o/o por familias beneficiarias, ubicadas en 76 segmentos, los que constituyen el 0.6o/o del total de segmentos del área total que abarcó el estudio.

El componente agropecuario de la encuesta agroeconómica suministró datos sobre disponibilidad de tierra, capital de trabajo, uso de mano de obra, tecnología agrícola y pecuaria, patrones de cultivos y rendimientos por cultivo; además, aporta datos sobre ingresos y gastos, acceso a crédito, así como de composición familiar. Este acopio de información permite una tipología de las unidades productoras de acuerdo al nivel de uso de sus recursos de producción (Tabla 1), y son fundamentales para la aplicación de modelos de programación lineal.

Para complementar el banco de datos requerido para el análisis aquí presentado, se hizo uso de las siguientes fuentes: del Banco Nacional de Desarrollo Agrícola (BANDESA) se obtuvieron los datos sobre costos de producción por cultivo para el ciclo agrícola 1983-84, y coeficientes tecnológicos relacionando varios insumos (tierra, mano de obra, fertilizantes, semillas, etc.) y productos. Los precios de venta de los productos fueron obtenidos a partir de las estadísticas publicadas por el Instituto de Comercialización Agrícola (con excepción de trigo, brócoli y rábano que se recabaron por medio de otras fuentes).

El período vegetativo para cada cultivo se obtuvo de tres fuentes distintas: BANDESA, Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, y del Banco de Guatemala. Se utilizó un promedio en cada caso, de discrepancia entre los datos de las tres fuentes. Para convertir los datos sobre el aporte de los alimentos a la ingesta energética, proteínica y de micronutrientes, se utilizó la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica y Panamá (6).

A los fines de alcanzar los objetivos del estudio, se aplicó a los datos la técnica estadística conocida como programación lineal, para la cual se formularon modelos apropiados (véase Anexo Matemático). Los modelos de programación lineal están formalmente constituidos por una función objetivo, en donde ciertos parámetros de decisión están representados, y por un conjunto de relaciones matemáticas que representan las restricciones al cumplimiento del objetivo. Los resultados del modelo generan combinaciones "óptimas" de alimentos a consumir, o de cultivos a producir, pues permiten el menor costo para propósitos de consumo y el mayor beneficio para propósitos de producción, con el ajuste respectivo de las restricciones impuestas (7).

Se fórmuló un modelo de minimización para determinar dietas de costo mínimo, en el que en la función objetivo se incluyeron los costos de producción, y las restricciones se presentaron al nivel mínimo de aportes

TABLA 1

CLASIFICACION DE AGRICULTORES QUE PARTICIPAN EN EL PROCESO DE EVALUACION DEL PROGRAMA DE DIVERSIFICACION DE CULTIVOS

Tipo de agricultor	Rango de extensión agrícola (Manzanas)	Número de agricultores	Extensión agrícola promedio en Mz. $\bar{x}$ DE	Capital variable disponible en Q. $\bar{x}$ DE	Jornales contratados días/hombre $\bar{x}$ DE	Crédito usado de Bandesa en Q. $\bar{x}$ DE
Mediano	> 2 A 6	76	2.60 (0.92)	856.0 (276.9)	86 (74.3)	400 (63.0)
Pequeño	> 1 A 2	153	1.50 (0.28)	645.0 (219.9)	60 (54.5)	300 (25.2)
Subsistencia	> 0 A 1	488	0.42 (0.26)	405.0 (216.7)	16 (26.9)	240 (66.8)

Fuente: USPADA/INCAP/UCPRODA. *Encuestas Agroeconómicas, Dieta y Estado Nutricional del Proyecto de Diversificación del Pequeño Agricultor del Altiplano de Guatemala,* 1983.

Sólo 12.4o/o del total de agricultores usaron crédito de BANDESA. Por lo tanto, los promedios y variaciones corresponden sólo a ese porcentaje de productores.

DE = Desviación estándar y $\bar{x}$ = Promedio.

de micronutrientes a una dieta recomendada para Centro América y Panamá (5).[5] Además de energía y proteína, los micronutrientes que participaron a nivel de las restricciones fueron: calcio, hierro, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, ácido ascórbico y vitamina B_{12}.

Para determinar los patrones óptimos de producción en términos de rentabilidad económica y disponibilidad local de calorías, se formularon modelos de maximización. La función objetivo fue evaluada considerando dos criterios: a) precios de venta de los diferentes alimentos, y b) aporte calórico por 100 g de alimentos. Los rendimientos por unidad de área de terreno y el uso de los recursos requeridos para cada cultivo han sido ponderados por unidad de tiempo, utilizando el período vegetativo del cultivo respectivo. La siembra, cosecha y utilización del producto fueron definidas como actividades principales, y el uso de mano de obra familiar, la contratación de mano de obra eventual y el uso de crédito agrícola, fueron las actividades complementarias. En todos los modelos se incluyeron las siguientes restricciones: a) la mano de obra familiar; b) un límite de contratación de mano de obra impuesto por el capital disponible y la capacidad organizativa de los agricultores; c) el capital de trabajo destinado a la compra de insumos básicos; d) la tierra disponible, y e) un límite máximo de crédito disponible. Los coeficientes de utilización de los recursos productivos, así como los propios niveles de uso de los mismos recursos, son promedios.

En Guatemala se han definido 14 zonas de vida diferentes, basadas en características topográficas y ambientales. De éstas, siete se encuentran en la región del estudio (8), y dan existencia a dos patrones de producción relativamente diferentes, denominados el área "baja" (1,500 – 2,425 msnm) y el área "alta" (2,426 – 2,700 msnm). Además, se estratificaron las unidades productoras por extensión de tierra, en: mediana, pequeña, y de subsistencia (Tabla 1).

RESULTADOS

1. Dieta Optima de Costo Mínimo[6]

El modelo de minimización permitió obtener una dieta óptima de costo mínimo, fundamentalmente con dos características: 1) cumplen con todas las recomendaciones mínimas de energía, proteína y los micronutrientes, y 2) incorporan alimentos correspondientes al patrón de producción de cultivos de los propios agricultores. Asimismo, el modelo se

---

5 Se utilizaron precios de venta promedio de cinco años como una variable aproximada de los costos de producción en la función objetivo, dado que estos últimos no estaban disponibles para todos los alimentos y eran incompletos como una serie histórica que permite el cálculo de promedios.

6 Se maneja el término óptimo tal como es manejado en la literatura especializada (7) para hacer notar que es la única mejor combinación de alimentos que disminuye los costos de la alimentación al mínimo, ajustándose a los requerimientos de nutrientes mínimos de ingesta recomendados.

estimó para familias de 5, 6 y 7 miembros,[7] siendo los tamaños familiares más representativos en la población en estudio (Tabla 2).

El modelo contiene restricciones acerca de un valor máximo para la ingesta de algunos alimentos que participan en la evaluación de la dieta familiar en el área denominada alta, que no permitieron hallar una solución óptima con los cultivos que en el área alta constituyen el patrón productivo. En la Tabla 2 se exponen los resultados obtenidos con las unidades productoras del área baja.

TABLA 2

DIETA OPTIMA DIARIA, A NIVEL FAMILIAR, OBTENIDA POR EL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA TRES FAMILIAS PROMEDIO DE AGRICULTORES DEL AREA BAJA DEL ALTIPLANO DE GUATEMALA

Alimento	Unidad de medida	Familias de:		
		5 miembros	6 miembros	7 miembros
Frijol	(Lb)	0.10	0.62	1.02
Maíz	(Lb)	3.70	3.96	4.32
Papa	(Lb)	—	—	0.28
Trigo	(Lb)	1.32	1.59	1.85
Zanahoria	(Lb)	0.66	0.79	0.72
Haba	(Lb)	1.95	1.59	1.62
Remolacha	(Lb)	1.20	1.41	1.28
Brócoli	(Lb)	0.35	0.40	0.46
Carne de res	(Lb)	—	—	0.25
Leche	(Lt)	0.58	1.54	1.76
Huevos	(U)	0.42	3.50	3.90
Mínimo de tierra requerido	(Mz)	(1.37)	(1.39)	(1.51)

Nota: Los 5 miembros de la familia tipo son:
Un adulto varón (hasta 40 años).
Un adulto mujer (hasta 40 años).
Un niño de 3-4 años.
Un varón de 10-12 años.
Un varón de 13-15 años.
Para constituir los 6 miembros de la familia tipo, se agrega:
Un niño de 1-2 años.
Para constituir los 7 miembros de la familia, se agrega a los 6 anteriores:
Un varón de 16-18 años.

7 Las familias tipo de obtuvieron a partir de las frecuencias de ubicación de la población por grupos de edad.

En general, las dietas óptimas están constituidas por cultivos tradicionales: trigo, maíz y haba, así como frijol, en menor grado. De los cultivos hortícolas, la zanahoria, la remolacha y el brócoli están también presentes en las dietas óptimas. De los cuatro productos pecuarios incluidos en el modelo (carne de res y de ave, leche y huevos), la leche y los huevos aparecen en todas las soluciones óptimas obtenidas, y la carne de res sólo en la dieta óptima para la familia de siete miembros. Los alimentos no tradicionales claramente representan un aporte significativo a la dieta óptima de costo mínimo, lo que justifica su inclusión en los patrones de producción, ya que aumentan su disponibilidad para el autoconsumo de estas familias.

En la Tabla 2 se presenta también el mínimo de tierra requerido[8] para producir los alimentos, y sus respectivas cantidades de las dietas óptimas, teniendo en cuenta los períodos vegetativos de cada cultivo, y los rendimientos promedio. Al comparar las necesidades de tierra para producir la dieta óptima con clasificación de los agricultores por tamaño de extensión, solamente aquéllos con disponibilidad de tierra relativamente mayor tienen un excedente de área de cultivo, mientras que la extensión promedio de agricultores de subsistencia no alcanza el mínimo requerido para producir la dieta óptima (Tabla 1).

Los niveles de adecuación de las dietas óptimas se dan a conocer en la Tabla 3 en términos de energía, proteína y micronutrientes. Los porcentajes de adecuación son particularmente altos para proteína, hierro, tiamina y vitamina C.

2. Rentabilidad Económica

La rentabilidad económica se refiere al potencial productivo de cada cultivo en términos del valor económico aportado a la función objetivo. Los modelos fueron formulados para grupos de agricultores con excedentes de tierra, después de restar tierras para producción de la dieta óptima de costo mínimo: el agricultor mediano con 1.52 manzanas[9] de excedente (y familia de 7 miembros) y con 1.37 manzanas de excedente (y familia de 5 miembros)[10] segúnTablas 1 y 2.

En los modelos de maximización de ingresos derivados de la producción agrícola, comúnmente los resultados generan áreas de terreno de una

---

8 El mínimo de tierra requerido es una estimación obtenida a partir de los cultivos cuya producción para autoconsumo requiere la mayor cantidad de terreno agrícola, y tienen el período vegetativo más largo. El supuesto básico usado es la producción intensiva de la tierra, con rotación de cultivos.

9 La manzana es una unidad local de medida de la superficie de la tierra, equivalente a 0.7 de hectárea.

10 Debido a que no se estimó una dieta de costo mínimo para agricultores en el área alta del Altiplano, no se calculó el tamaño mínimo para la producción de la dieta óptima. Se utilizó entonces el tamaño mínimo de tierra de los agricultores en el área baja para los del área alta, a fin de estimar el terreno excedente para producción con destino comercializable.

TABLA 3

RESULTADOS DEL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA LA DIETA DE COSTO MINIMO EN TERMINOS DEL NIVEL DE ADECUACION DE ENERGIA, PROTEINA Y NUTRIENTES

Nutriente	Familia de 5 miembros		Porcentaje de adecuación	Familia de 6 miembros		Porcentaje de adecuación	Familia de 7 miembros		Porcentaje de adecuación
	Requerido[1]	Aportado[2]		Requerido[1]	Aportado[2]		Requerido[1]	Aportado[2]	
kcal	11,450.0	12,230.9	106.8	13,000.0	13,677.8	105.2	15,850.0	15,850.0	100.0
Proteína (g)	240.3	472.7	196.7	270.5	270.5	197.2	330.5	641.7	194.2
Calcio (mg)	2,416.7	2,416.7	100.0	3,033.4	3,033.4	100.0	3,683.4	3,683.4	100.0
Hierro (mg)	82.0	127.3	155.2	90.0	146.5	162.8	108.0	177.4	164.3
Vitamina A (µg)[3]	3,195.8	3,819.1	119.5	3,391.6	4,699.4	138.6	4,116.6	5,612.3	136.3
Tiamina (mg)	4.6	11.3	245.6	5.2	13.5	259.6	6.3	16.1	255.5
Riboflavina (mg)	6.3	6.3	100.0	7.1	7.1	100.0	8.7	8.7	100.0
Niacina (mg)	75.5	80.4	106.5	85.8	89.6	104.4	104.6	104.6	100.0
Vitamina C (mg)	136.7	274.0	200.4	153.4	307.0	200.1	183.4	183.4	196.3

1 Requerido: Los niveles mínimos de energía, proteína y nutrientes recomendados para Centro América y Panamá (5).
2 Aportado: Los niveles de energía, proteína y nutrientes aportados por la dieta óptima estimada.
3 Vitamina A, en su equivalente de retinol.

combinación de cultivos que brinda el máximo beneficio neto y un uso adecuado de los recursos de la producción. Sin embargo, cuando la competencia relativa entre cultivos no es grande, el modelo puede arrojar resultados con sólo uno o dos cultivos presentes en el patrón óptimo de producción. Este fue nuestro caso, procediéndose entonces a correr el programa más de una vez hasta obtener seis cultivos (de 12) en la parte baja, y cuatro (de 8) en la parte alta. Por razones similares el mismo procedimiento se aplicó con la evaluación de la disponibilidad local de energía dietética. Las extensiones de tierra informadas en los planes óptimos no son relevantes para los objetivos del estudio; por lo tanto, no han sido consideradas en los cuadros correspondientes. El orden en que los cultivos fueron seleccionados por el modelo de programación lineal es el mismo de la Tabla 4.[11]

TABLA 4

PATRON OPTIMO DE CULTIVOS PARA MAXIMIZAR LA RENTABILIDAD ECONOMICA EN AREAS BAJAS Y ALTAS DEL ALTIPLANO

Areas bajas Superficie de tierra disponible para producción comercial		Areas altas Superficie de tierra disponible para producción comercial	
1.09 Mz	1.23 Mz	1.09 Mz	1.23 Mz
1. Cebolla	1. Cebolla	1. Brocolí	1. Brócoli
2. Brócoli	2. Remolacha	2. Rábano	2. Rábano
3. Remolacha	3. Brócoli	3. Zanahoria	3. Zanahoria
4. Zanahoria	4. Zanahoria	4. Coliflor	4. Coliflor
5. Rábano	5. Rábano		
6. Coliflor	6. Coliflor		

Los resultados muestran que todos los cultivos seleccionados son cultivos hortícolas, no existiendo variación importante entre un tipo de agricultor y otro. Destacan la cebolla, la zanahoria, el brócoli, la coliflor y la remolacha en agricultores de la zona baja; y el rábano, el brócoli, la coliflor y la zanahoria en los agricultores de la zona alta del altiplano de Guatemala. Ninguno de los denominados cultivos tradicionales figura en el plan óptimo formulado por los modelos.

3. Disponibilidad de Calorías

Los mismos modelos fueron estimados con el fin de evaluar los cambios que podrían ocurrir en la disponibilidad de calorías a nivel local con

11 Los resultados para la familia de seis miembros son idénticos a los de la familia de cinco miembros.

la diversificación de cultivos. Las kilocalorías por 100 g de peso de los alimentos reemplazan los precios de venta en la función objetivo. Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Para los agricultores de las áreas bajas el patrón óptimo de producción incluye cultivos tradicionales (trigo y maíz) y hortalizas (remolacha, zanahoria, rábano y cebolla). Un patrón similar resultó para los agricultores de las áreas altas: papa y trigo como cultivos tradicionales, así como rábano, zanahoria y repollo del grupo de hortalizas. Es probable que la inclusión de hortalizas en el patrón óptimo de producción en ambas zonas ecológicas se deba en parte al menor período vegetativo en comparación con los cultivos tradicionales, a pesar del mayor número de calorías de estos últimos en 100 g de alimento.

TABLA 5

PATRON OPTIMO DE CULTIVOS PARA MAXIMIZAR LA DISPONIBILIDAD DE CALORIAS EN MERCADOS LOCALES EN AREAS BAJAS Y ALTAS DEL ALTIPLANO

Areas bajas		Areas altas	
Superficie de tierra disponible para producción comercial		Superficie de tierra disponible para producción comercial	
1.09 Mz	1.23 Mz	1.09 Mz	1.23 Mz
1. Zanahoria	1. Remolacha	1. Zanahoria	1. Zanahoria
2. Maíz	2. Maíz	2. Trigo	2. Rábano
3. Remolacha	3. Zanahoria	3. Rábano	3. Papa
4. Cebolla	4. Cebolla	4. Papa	4. Repollo
5. Trigo	5. Trigo		
6. Rábano	6. Rábano		

DISCUSION

Los patrones óptimos de producción en el área baja del Altiplano para dietas de costo mínimo por medio de autoconsumo, incluyen alimentos de origen vegetal, tradicionales y no tradicionales, y alimentos de origen animal. Para maximizar la rentabilidad económica, después de producir los alimentos para autoconsumo, el patrón de cultivos está conformado únicamente de alimentos no tradicionales que tienen ventajas sobre los alimentos tradicionales en cuanto a precios de mercado y períodos vegetativos más cortos. Los patrones de producción comercial para maximizar la disponibilidad de calorías en los mercados locales consisten de alimentos tradicionales y no tradicionales.

Los resultados están condicionados por el supuesto de que todas las unidades productoras tienen un acceso igual al mercado, tanto para la venta de sus productos como para la adquisición de insumos productivos.

En particular, el patrón óptimo de producción para maximizar la rentabilidad económica varía según el grado de acceso al mercado, tal como se refleja en los precios obtenidos y costos económicos de los insumos para cada productor. El análisis tampoco contempla una variación en precios por calidad del producto ni variaciones drásticas de clima de un período a otro. Los patrones de producción también pueden estar condicionados por factores socioculturales y demográficos, por ejemplo, el proceso de toma de decisión intrafamiliar, roles y composición familiar.

Por último, los patrones actuales de consumo de alimentos están basados en factores socioculturales. Al considerar la dieta óptima de costo mínimo se debe tener en cuenta que el consumo de la remolacha y el brócoli, por ejemplo, no es frecuente en las poblaciones del altiplano de Guatemala. Así, dicha dieta tal vez podría ajustarse considerando únicamente los alimentos que entran en el patrón actual de consumo. Como alternativa, los programas de diversificación podrían incluir un componente de educación alimentario-nutricional dirigido a la incorporación de alimentos no tradicionales en la dieta.

Los beneficios económicos y nutricionales de la diversificación parecen limitarse a las unidades productoras de tamaño relativamente grande (medio). Las unidades de subsistencia, tal como se definieron en el presente estudio, generalmente no tienen suficiente tierra para producir una dieta óptima de costo mínimo para autoconsumo. No obstante, en la medida que estas unidades están integradas al sector comercial, la disponibilidad de tierra para producción de alimentos destinados al autoconsumo es aún menor. La venta de servicios de mano de obra en el mercado para tener un ingreso adicional que complemente la dieta de autoconsumo con alimentos comprados, tiene un costo privado y social elevado. Las mismas consideraciones aplican a las unidades denominadas pequeñas que, sin embargo, generalmente disponen de tierra suficiente para producir una dieta de costo mínimo con propósitos de autoconsumo.

SUMMARY

NET INCOME MAXIMIZATION, OPTIMAL MINIMUM COST DIETS AND CROP DIVERSIFICATION AMONG SMALL-SCALE FARMERS IN THE HIGHLANDS OF GUATEMALA

The present study was conducted as part of an evaluation of the economic and nutritional effects of a crop diversification program for small-scale farmers in the Western highlands of Guatemala. Linear programming models are employed in order to obtain optimal combinations of traditional and non-traditional food crops under different ecological conditions that: a) provide minimum cost diets for auto-consumption, and b) maximize net income and market availability of dietary energy. Data used were generated by means of an agroeconomic survey conducted in 1983 among 726 farming households. Food prices were obtained from the Institute of Agrarian Marketing; data on production costs, from the National Bank of Agricultural Development in Guatemala. The gestation periods for each crop were obtained from three different sources, and then averaged.

The results indicated that the optimal cropping pattern for the minimum-cost diets for auto consumption include traditional foods (corn, beans, broad bean, wheat,

potato), non-traditional foods (carrots, broccoli, beets) and foods of animal origin (milk, eggs). A significant number of farmers included in the sample did not have sufficient land availability to produce all foods included in the minimum-cost diet. Cropping patterns which maximize net incomes include only non-traditional foods: onions, carrots, broccoli and beets for farmers in the low highland areas, and raddish, broccoli, cauliflower and carrots for farmers in the higher parts. Optimal cropping patterns which maximize market availability of dietary energy include traditional and non-traditional foods; for farmers in the lower areas: wheat, corn, beets, carrots and onions; for farmers in the higher areas: potato, wheat, raddish, carrots and cabbage.

BIBLIOGRAFIA

1. International Food Policy Research Institute. **A Common Framework for Research on the Income and Nutrition Effects of Increasing Commercialization of Semi-Subsistence Agriculture.** Washington, D. C., IFPRI, 1984.
2. Lappe, F. M. & J. Collins. **Food First: Beyond the Myth of Scarcity.** Boston, Haughton Mifflin Company, 1977.
3. Goldman, R. & C. Overholt. Agricultural production, technical change and nutrition goals. In: **Nutrition Intervention in Developing Countries.** Cambridge, Massachussets, Degleschlager, Gunn and Hain, 1981.
4. Kennedy, E. & P. Pinstrup-Andersen. **Nutrition-Related Policies and Programs: Past Performance and Research Needs.** Washington, D. C., International Food Policy Research Institute, 1982.
5. Menchú, M. T., G. Arroyave & M. Flores. **Recommendaciones Dietéticas Diarias para Centro América y Panamá.** Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1973, 33 p.
6. Flores, M., Y. Gularte, Z. Flores & B. García. **Tabla de Composición de Alimentos de Centro América y Panamá.** Cuarta ed. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1960.
7. Beneke, R. & R. Winterboer. **Linear Programming Applications to Agriculture.** Ames, The Iowa State University Press, 1973.
8. INAFOR/DIGESA. **Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento.** Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 1982.

ANEXO MATEMATICO

Un modelo de programación lineal puede ser representado así:

$$\text{Max } Z = \sum_{J=1}^{n} Cj \; Xj$$

ó

$$\sum_{N}$$

$$\text{Min } Z = j = 1 \; Cj \; Xj$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

i) $bi >= \sum_{J=1}^{n} Aij \; Xj \quad (i = 1, \ldots\ldots\ldots, m)$

ii) $bi = \sum_{J=1}^{n} Aij \; Xj \quad (i = m + 1, \ldots\ldots\ldots, k)$

iii) $bi <= \sum_{J=1}^{n} Aij \; Xj \quad (i = K + 1, \ldots\ldots\ldots r)$

iv) $Xj > 0$

Donde Z es la función objetivo a optimizar en un determinado período de tiempo: un año agrícola por ejemplo.

Xj Es la unidad de actividad para la alternativa j durante el período considerado.
Cj Es el ponderador de la actividad j; pueden ser costos, precios, nutrientes, etc.
bi Es el nivel del recurso limitante en el año.
Aij Es el coeficiente que refleja una absorción (a > o) o una contribución (a < o) de una cantidad limitante.
n Es el número total de actividades.
m, k y r Son el número total de restricciones o filas de transferencias.

A PROTEIN CONCENTRATE FROM DISTILLERY YEAST, AND ITS APPLICATION TO SUPPLEMENT CORN TORTILLAS

M. C. de Arriola[1], *M. de Zepeda*[2] *and C. Rolz*[3]

Central American Institute for Research in Industry (ICAITI), Guatemala City, Guatemala, C. A.

SUMMARY

The purpose of this study was to increase the protein quality of tortillas supplementing them with a protein concentrate obtained from the yeast *(Saccharomyces cerevisiae)* cream from an alcohol distillery.

Rupture of the yeast cell wall was studied, and a procedure for obtaining a high percentage of broken cells from the yeast was developed. A protein concentrate was obtained from the cell-wall free portion. Techniques were developed to obtain the protein concentrate with a low level of nucleic acids.

The latter were reduced 91%, and the protein increased 55% with respect to the initial yeast.

Different levels of protein concentrate were added to dough made from corn of the Nutricta variety. The resulting tortillas were submitted to a taste panel for sensory evaluation, and the results were statistically analyzed. The highest level of supplementation that did not affect negatively acceptation by the panel was 18% dry weight.

In the tortillas with the highest acceptable level of supplementation, protein content increased 60% when compared to the control tortillas, and a significant improvement in lysine content was observed. Nucleic acid content was low, having been reduced to levels which did not represent a limiting factor for the use of yeast in a product destined for human consumption.

INTRODUCTION

In some areas of Latin America there exists a protein shortage and deficiency in the human diet, mainly due to nutritional habits, as well as to

Manuscrito modificado recibido: 20–9–89.

1 Head, Chemistry Section, Applied Research Division of ICAITI.

2 Associate Researcher of the Applied Research Division of the same Institute.

3 Head of the Applied Research Division, Central American Institute for Research in Industry (ICAITI), P. O. Box 1552, Guatemala City, Guatemala, C. A.

availability and price of food. In northern Central America and Mexico, corn is the main source of food energy and vegetable protein in the low-income population groups, being consumed essentially in the form of tortillas.

Although corn protein is deficient in lysine and tryptophan (1), new improved varieties have been developed through plant breeding techniques.

Another approach has been to complement and enrich the nutritional value of the protein through mixing with other food materials and developing processed food products (2). Many vegetable protein sources have been used as supplements in the past; however, few efforts have rather been directed towards the possibility of employing microbial biomass from different microorganisms. A significant improvement in the protein quality of lime-treated corn was obtained by the addition of 3% Torula yeast (3).

The industrial processing technology for producing microbial biomass from a series of different raw materials has favored the development of the continuous system of submerged cultivation in stirred tank bioreactors and the separation of the microbial biomass solid. Among microorganisms, yeast has been the most studied and several industrial factories in the world produce such products (4, 5). The major limitation in their future expansion is economic since its selling price must be competitive with alternative sources.

The protein content of yeast varies according to the strain, the substrate and growth conditions, and is approximately 50%; nutritionally it is low in sulfur amino acids as is typical for all microorganisms (6). Its major drawbacks are a cell wall which interferes with protein digestion (7, 8), the presence of antigenic and allergic compounds (9) and a rather high (6-16%) nucleic acid content (6).

Hence, in order for yeast to be incorporated into human food products, certain processing steps are required to circumvent the above-mentioned problems. Cell wall rupture and protein concentration can be done by mechanical, chemical and enzymatic procedures alone or in combination (10, 11), and nucleic acid separation can also be incorporated into such processing schemes.

The objective of the present work was to obtain a yeast protein concentrate, low in nucleic acid, suitable to be mixed with corn dough for tortilla preparation. The maximum amount that could be added without impairing the organoleptic characteristics of the finished product was established also.

MATERIAL AND METHODS

Yeast Biomass

The yeast employed in the experiments was obtained directly from a local rum factory fermenting a mixture of virgin and blackstrap cane molasses. It was an ethanol efficient *Saccharomyces cerevisiae* strain. At the factory it had been acid treated, washed and centrifuged; the paste was brought to the laboratory and was then freeze-dried.

Cell-Wall Breakage

All the tests for breaking the yeast cell wall were done by mechanical friction, employing a laboratory glass bead disintegrator operated at 4°C. The bead diameter was 0.3–0.5 mm.

Protein Concentration

Basically, the methodology of Hedenskog and Mogren (11) was followed. The cell suspension from the mechanical cell wall disintegrator was centrifuged until a clear supernatant was obtained. The pH was adjusted to 9.5, a volume of a 4.2% NaCl solution was added, and the mixture was heated rapidly to 80°C and kept at this temperature for only 8 s. The precipitate was centrifuged at 10,000 rpm and 4°C, washed several times with water, and freeze-dried.

Tortilla Manufacture

The detailed description of this operation has been published elsewhere (12), and the improved Nutricta variety was used.

Organoleptic Evaluation

Tortillas made with corn and corn-yeast and corn-protein concentrate were evaluated for flavor, color, aroma and texture, with a previously-trained panel following standard procedures (13). The results were statistically evaluated at 1 and 5% of significance (14).

Chemical Analysis

Moisture and nitrogen were determined by the AOAC methods (15, 16); protein hydrolysis for amino acid determination according to Kaiser *et al.* (17); amino acid analysis by liquid chromatography in an autoanalyzer; and nucleic acids, according to Sarwar and Shah (18).

Protein Efficiency

This was determined from the amino acid analysis, employing the equations of Alsmeyer, Cunningham and Happich (19).

RESULTS AND DISCUSSION

Results obtained for cell-wall breakage are presented in Table 1, where it is seen that with 10% yeast suspension at pH 9.5, a cell wall breakage of 97% was obtained after a disruption time of 25 min. A succesful mechanical treatment, as the one obtained here, has its advantages over alternative procedures, either chemical or enzymatic, as it can be scaled up, and its operation optimized (10, 21). Cell-wall separation has many advantages: it increases nitrogen extraction (8), eliminates coloring reactions and compounds that might originate gastrointestinal problems (5, 22) and improves digestibility (23).

TABLE 1

CELL WALL BREAKAGE

Effect of biomass concentration

(Disruption time, 15 min; pH = 7)

Yeast concentration o/o	Broken cells o/o
5	21.55
10	79.60
16	69.85
25	65.05
50	33.00

Effect of pH

(Disruption time, 15 min; yeast concentration, 10o/o)

pH	Broken cells o/o
6.5	79.60
9.5	87.52
11.0	83.17

Effect of disruption time

(Yeast concentration, 10o/o; pH = 9.5)

Time, min	Broken cells o/o
20	93.78
25	97.00
30	95.61
35	94.52

It also presents processing disadvantages, as it reduces the protein yield and adds another unit operation to the process (24, 25). In our case it was a necessary procedure in order to improve acceptability of the product.

Figure 1 illustrates the experimental procedure followed to obtain the protein concentrate once the cell wall was separated. Treatment of yeast cells with alkali pH 11 weakens the cell wall, and facilitates the rupture by mechanical methods (26). Hedenskog and Mogren (11) recommended a pH of 11.5, but we found that at 9.5 the protein precipitated in a more

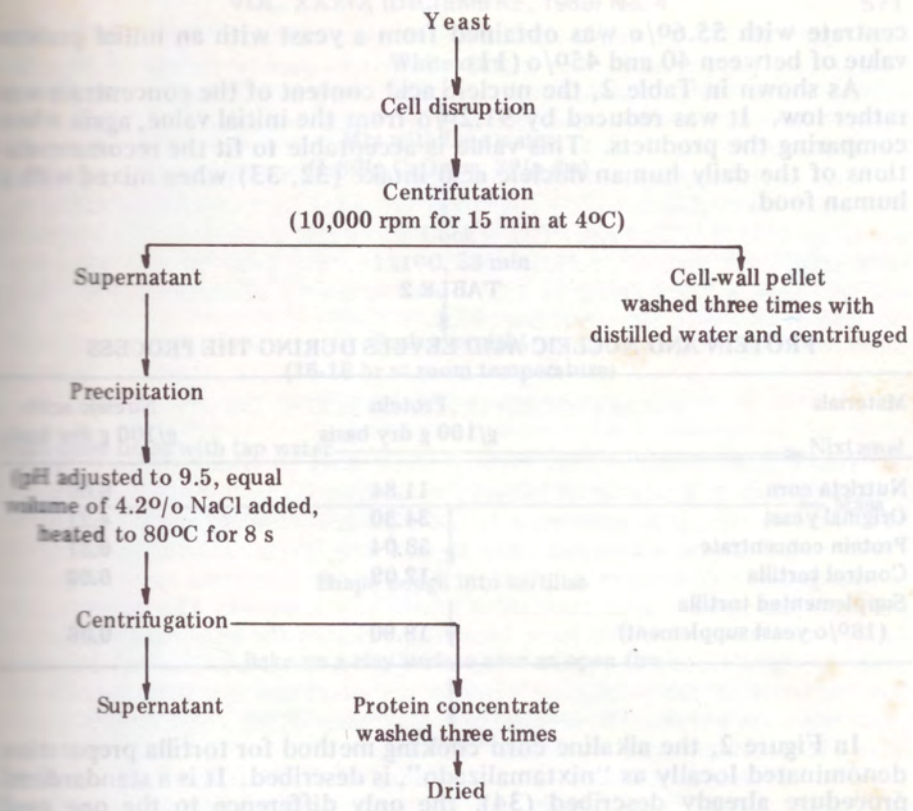


FIGURE 1

Preparation of protein concentrate

firm way which favored its ultimate recovery. Less drastic alkaline conditions improve the membrane permeability, increasing protein solubility and reducing nucleic acids (27, 28). A low NaCl concentration was used, as no further improvements were obtained at higher values. The presence of salt improved coagulation of the protein precipitate, as reported elsewhere (24, 27). Heat was needed to activate the endogenous yeast ribonuclease (29, 30). The activation may occur by changes in cellular location of ribonuclease, by conformational changes in ribonuclease itself, or via the denaturation of ribonuclease's inhibitor (31). Cell-wall washings improved protein recoveries by about 10%.

A protein yield of 65.3% was obtained after cell-wall breakage. The precipitated protein represented 97.8% of the amount in solution.

The protein content of the concentrate was 53.0% on a dry basis. The fresh yeast had 34.3%; hence, a protein increase of 54.6% was obtained when comparing the two products. In the literature, a con-

centrate with 55.6o/o was obtained from a yeast with an initial protein value of between 40 and 45o/o (11).

As shown in Table 2, the nucleic acid content of the concentrate was rather low. It was reduced by 91.2o/o from the initial value, again when comparing the products. This value is acceptable to fit the recommendations of the daily human nucleic acid intake (32, 33) when mixed with a human food.

TABLE 2

PROTEIN AND NUCLEIC ACID LEVELS DURING THE PROCESS

Materials	Protein g/100 g dry basis	Nucleic acids g/100 g dry basis
Nutricta corn	11.84	0.00
Original yeast	34.30	4.21
Protein concentrate	53.04	0.37
Control tortilla	12.09	0.00
Supplemented tortilla (18o/o yeast supplement)	18.90	0.06

In Figure 2, the alkaline corn cooking method for tortilla preparation denominated locally as "nixtamalizado", is described. It is a standardized procedure already described (34), the only difference to the one used commercially being the amount of calcium employed. The corn dough moisture in the process was 63.2o/o and for the tortilla 49.8o/o; hence, some water is lost during tortilla cooking.

Fresh yeast corn mixtures were used to prepare tortillas employing the procedure described. The amount of yeast was varied between 2.4, 4.8, 7.2, 12 and 24o/o of the corn on dry-weight basis, (1, 2, 3, 5 and 10o/o on a wet-weight basis, respectively). The resulting products were compared to an only corn control in organoleptic tests. The data revealed that 4.8o/o was the maximum amount of yeast that could be added to the product without impairing its organoleptic characteristics. Similar results had been obtained previously by Bressani (35).

Another set of data was obtained employing the protein concentrate at the levels of 6, 12, 18 and 19o/o on a dry-weight basis (2.5, 5, 7.5 and 10o/o wet-weight basis, respectively). The same type of organoleptic evaluations showed in this case that it was possible to incorporate up to 18o/o without establishing differences between the enriched products and the control.

In Table 2 it is easily seen that this consumer-acceptable tortilla had 18.9o/o of protein, figure which is 59.7o/o higher than the control product. The amount of nucleic acids in this product is quite low.

Table 3 illustrates lysine content for the different materials and products; the higher lysine content of the enriched tortilla over the control, is statistically significant at the 0.05 level. If normal corn had

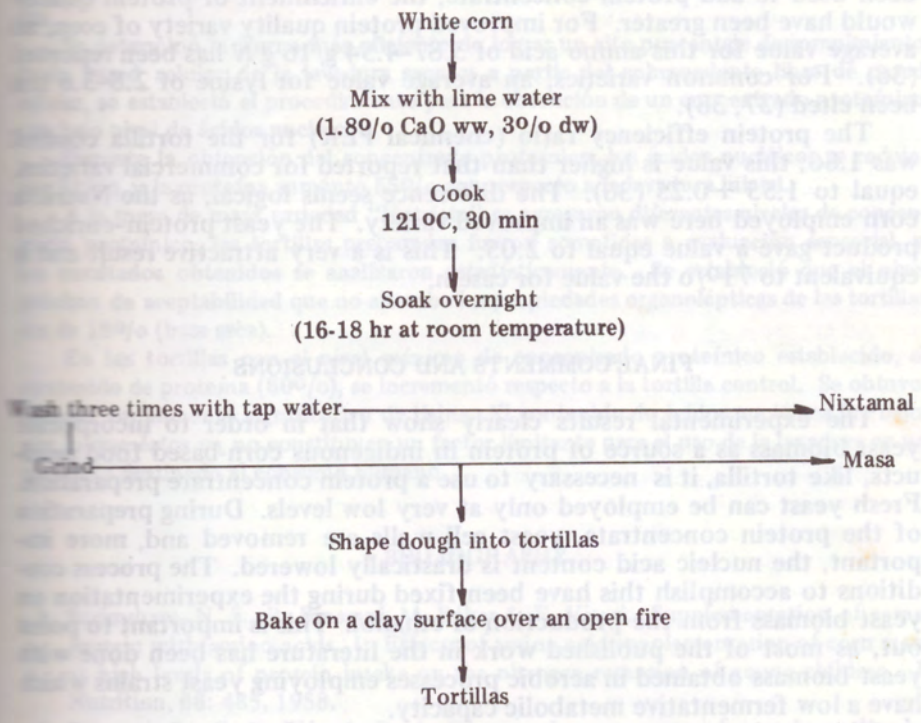


FIGURE 2

Nixtamalization process used

TABLE 3

ESSENTIAL AMINO ACIDS
g/100 g protein

	Protein concentrate	Tortilla control	Tortilla 10% protein concentrate	Yeast	Nutricta corn
Isoleucine	5.61	1.48	2.05	2.55	0.81
Leucine	8.94	5.29	5.59	4.39	5.71
Lysine	8.99	2.63	4.15	6.86	2.53
Methionine	0.69	0.36	0.50	0.22	1.75
Phenylalanine	4.09	1.58	1.65	1.62	1.48
Threonine	3.87	1.57	1.96	2.70	1.28
Valine	6.81	3.03	2.52	4.05	3.42

been used to add protein concentrate, the enrichment of protein quality would have been greater. For improved protein quality variety of corn, an average value for this amino acid of 3.87–4.54 g/16 g *N* has been reported (36). For common varieties, an average value for lysine of 2.8–3.6 has been cited (37, 38).

The protein efficiency ratio (chemical PER) for the tortilla control was 1.86; this value is higher than that reported for commercial varieties, equal to 1.55 + 0.25 (36). The difference seems logical, as the Nutricta corn employed here was an improved variety. The yeast protein-enriched product gave a value equal to 2.05. This is a very attractive result and is equivalent to 71o/o the value for casein.

FINAL COMMENTS AND CONCLUSIONS

The experimental results clearly show that in order to incorporate yeast biomass as a source of protein in indigenous corn-based food products, like tortilla, it is necessary to use a protein concentrate preparation. Fresh yeast can be employed only at very low levels. During preparation of the protein concentrate, yeast cell walls are removed and, more important, the nucleic acid content is drastically lowered. The process conditions to accomplish this have been fixed during the experimentation on yeast biomass from the production of ethanol. This is important to point out, as most of the published work in the literature has been done with yeast biomass obtained in aerobic processes employing yeast strains which have a low fermentative metabolic capacity.

The maximum amount of concentrate was 18o/o of the corn on a dry-weight basis. The tortilla had the same organoleptic characteristics as the control, and showed improved nutritional properties.

The technology that was developed could easily be adapted in Guatemala and other tortilla-consuming countries as distiller's yeast is available and, more important, the protein concentrate could be added during the industrial production of instant tortilla flour.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was undertaken with support from the Office of Science, USAID, Grant No. 936-5542-3N-06, whom we thank for their encouragement and support.

RESUMEN

OBTENCION DE UN CONCENTRADO PROTEINICO A PARTIR DE LEVADURA PROVENIENTE DE UNA DESTILERIA, Y SU APLICACION COMO SUPLEMENTO DE TORTILLA DE MAIZ

El objetivo de este estudio fue el de aumentar la calidad proteínica de las tortillas, suplementándolas con un concentrado proteínico obtenido a partir de crema de leva-

tura (*Saccharomyces cerevisiae*) proveniente de una planta procesadora de alcohol y ron.

Se determinó la forma más eficiente de lograr un alto porcentaje de rompimiento de la pared celular de la levadura seca, y a partir del sobrenadante libre de pared celular, se estableció el procedimiento para la obtención de un concentrado proteínico con bajo nivel de ácidos nucléicos.

Durante la obtención del concentrado proteínico, los ácidos nucléicos se redujeron 91%, y la proteína aumentó 55% con respecto a la levadura inicial.

A la masa de maíz variedad "Nutricta" se agregaron diferentes niveles de concentrado proteínico, las tortillas preparadas fueron sometidas a evaluación sensorial, y los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente. Se estableció que el nivel máximo de aceptabilidad que no alteraba las propiedades organolépticas de las tortillas era de 18% (base seca).

En las tortillas con el nivel máximo de concentrado proteínico establecido, el contenido de proteína (60%), se incrementó respecto a la tortilla control. Se obtuvo, además, un aumento significativo de lisina. El contenido de ácidos nucléicos fue bajo, por lo que éstos ya no constituyen un factor limitante para el uso de la levadura en un producto destinado al consumo humano.

BIBLIOGRAPHY

1. Scrimshaw, N. S., R. Bressani, M. Béhar & F. Viteri. Supplementation of cereal protein with amino acids. I. Effects of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. **J. Nutrition, 66**: 485, 1958.
2. Bressani, R., G. L. Elías & R. A. Gómez. Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation. In: **International Encyclopedia of Food and Nutrition Nutritional Role of Protein and Amino Acids.** Vol. II, E. G. Bigwood (Ed.). Oxford, England, Pergamon Press, 1975, p. 475-540.
3. Bressani, R. The use of yeast in human foods. In: **Single-Cell Protein.** R.I. Mateles and S.R. Tannenbaum (Eds.). Cambridge, Mass., The M.I.T. Press, 1968, p. 90-121.
4. Rolz, C. & A. Humphrey. Microbial biomass from renewables: review of alternatives. In: **Advances in Biotechnology Engineering.** A. Fiechter (Ed.). Berlin, Springer-Verlag, 1982. p. 1-53.
5. Rolz, C. Microbial biomass from renewables: A second review of alternatives. In: **Annual Reports on Fermentation Processes.** Vol. 7. G. T. Tsao, M. C. Flickinger & R. Finn (Eds.). New York, N. Y., Academic Press, 1984, p. 213-356.
6. Kihlberg, R. The microbe as a source of food. **Annual Rev. Microbiol., 26**: 427-466, 1972.
7. Bauer-Staeb, G. & F. Bouvard. An *in vitro* model for the determination of amino acid availability and digestion kinetics of protein-containing foods and its application to yeast. **Lebensm-Wiss. Tech., 6**: 219, 1973.
8. Tannenbaum, S. R. Factors in the processing of single-cell protein. In: **Single Cell Protein.** R. I. Mateles & S. R. Tannenbaum (Eds.). Cambridge, Mass, M. I. T. Press, 1968, p. 343-352.
9. Scrimshaw, N. S. Single-cell protein for human consumption. An overview. In: **Single Cell Protein II.** S. R. Tannenbaum & D. Wang (Eds.). Cambridge, Mass, M.I.T. Press, 1975, p. 24-45.
10. Mogren, H., M. Lindblom & G. Hedenskog. Mechanical disintegration of microorganisms in an industrial homogenizer. **Biotech. Bioeng., 16**: 261-274, 1974.

11. Hedenskog, G. & H. Mogren. Some methods for processing of single-cell protein. **Biotech. Bioeng., 15**: 129-142, 1973.
12. Arriola, M. C. de, E. de Porres, S. de Cabrera, M. de Zepeda & C. Rolz. Aflatoxin fate during alkaline cooking of corn for tortilla preparation. **J. Agric. Food Chem., 36**: 530-533, 1988.
13. Larmond, E. **Methods for Sensory Evaluation of Foods.** Canadian Department of Agriculture Publication 1284, 1970, p. 1-57.
14. Lyman, O. **An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis.** North Scitiate, Mass., Duxbury Press, 1981, p. 354-377.
15. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975, p. 222.
16. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975, p. 927.
17. Kaiser, F. E., C. W. Gehrke, R. W. Zumwalt & K. C. Kuo. Amino acid analysis: Hydrolisis, ion-exchange clean up, derivatization and quantitation by gas-liquid chromatography. **J. Chromat., 94**: 113-133, 1974.
18. Sarwar, G., & B.G. Shah. Nucleic acid, fiber and nutrient composition of inactive dried food yeast products. **J. Food Sci., 50**: 353-357, 1985.
19. Alsmeyer, R. H., A. E. Cunningham & M. L. Happich. Equations predict PER from amino acid analysis. **Food Tech., 28**(7): 34-40, 1974.
20. Johnson, J. **Yeast for Food and Others Purposes.** Park Ridge, N. J., Noyes Data Corporation, 1977.
21. Curris, J. A., P. Dunnill & M. D. Lilly. Release of protein from baker's yeast **(S. cerevisiae)** by disruption in an industrial agitator mill. **Biotech. Bioeng., 14**: 725, 1972.
22. Kinsella, J. E. & K. J. Shetty. Yeast proteins: Recovery, nutritional and functional properties. In: **Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins.** M. Friedman (Ed.). New York, N. Y., Plenum Press, 1978, p. 797-825.
23. Mitsuda, H., K. Yasumoto & H. Nakamura. A new method for obtaining protein isolates from *Chlorella* algae, torula yeast and other microbial cells. **Chem. Eng. Prog. Symp. Ser., 65**(93): 93-103, 1969.
24. Hedenskog, G. & J. L. Ebbinghaus. Reduction of the nucleic acid content of single cell protein concentrates. **Biotech. Bioeng., 14**: 447-457, 1972.
25. Lindblom, M. & H. Mogren. Enzymatic RNA reduction in disintegrated cells of *Saccharomyces cerevisiae.* **Biotech. Bioeng., 16**(8): 1123-1133, 1974.
26. Friedman, M. Protein crosslinking stereochemistry and nomenclature. In: **Protein Crosslinking: Nutritional and Medical Consequences.** Friedman (Ed.). New York, N. Y., Plenum Press, 1977, p. 1-26.
27. Gómez, H. J. & G. Viniegra. Extracción del ARN de *S. cerevisiae* en condiciones alcalinas suaves. **Rev. Soc. Química., 21**(3): 97-102, 1977.
28. Tu, C., C. Farnum & J. Cleland. Extraction of protein from mechanically disrupted freeze-dried brewer's yeast. **J. Milk Food Technol., 38**(4): 219-222, 1975.
29. Ohta, S., S. Maul, A. J. Sinskey & S. R. Tannenbaum. Characterization of a heat shock process for reduction of the nucleic acid content of *C. utilis.* **Appl. Micro-Biol., 22**(3): 415-421, 1972.
30. Trevelyan, W. E. Processing yeast to reduce its nucleic acid content. Induction of intracellular RNase action by a simple heat shock procedure, and an efficient chemical method based on extraction of RNA by salt solution at low pH. **J. Sci Fd. Agric., 29**(2): 141-147, 1978.

31. Imada, A., A. J.Sinskey & S. R. Tannenbaum. A new macromolecular inhibitor of yeast ribonuclease mediated through purine nucleotides. **Biochim. Biophys. Acta, 268**. 674-679, 1972.
32. PAG. Statement No. 4. Single Cell Protein, 1970.
33. PAG. Guideline No. 7. Human Testing of Supplementary Food Mixtures, 1972.
34. Bressani, R. & N. S. Scrimshaw. Effect of lime treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. **J. Agric. Food Chem., 6**(10): 774-777, 1958.
35. Bressani, R. The use of yeast in human foods. In: **Single Cell Protein,** R. I. Mateles & R. Tannenbaum (Eds.). Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1958, p. 90-121.
36. Gupta, H. O., J. Singh, P. C. Ram & R. P. Singh. Chemical and biochemical investigations on normal, chalky and modified Opaque-2 strains of maize. **J. Fd Sci. Tech., 24**(4): 184-186, 1987.
37. Bressani, R. La calidad proteica del maíz con gen Opaco-2. **Turrialba, 18**(1): 8-13, 1968.
38. Bressani, R. La importancia del maíz en América Latina y otros países. En: **Mejoramiento Nutricional del Maíz.** Publicación INCAP L-4, 1972, p. 12.

ELIMINACION DE COMPUESTOS TOXICOS, EVALUACION BIOLOGICA Y CARACTERIZACION PARCIAL DE LA PROTEINA DE PASTA DE JOJOBA *(Simmondsia chinensis* [Link] Schneider)

Luis Angel Medina Juárez[1] *y Augusto Trejo González*[2]

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICTUS),
Universidad de Sonora
Hermosillo, México, y

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Hermosillo, México

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue el establecimiento de una metodología para destoxificar la pasta y harina de jojoba *(Simmondsia chinensis* (Link) Schneider), su evaluación biológica y caracterización parcial de la proteína. Para la experimentación se utilizó pasta residual y semilla sin testa de jojoba; estos materiales fueron desengrasados con hexano y destoxificados con una mezcla de isopropanol-agua (7.3). Los productos destoxificados fueron evaluados por el método de la NPR para determinar el valor nutritivo de la proteína. La solución destoxificadora eliminó el 86o/o de los compuestos fenólicos y totalmente a las simmondsinas responsables del efecto letal y amargo que tiene la semilla completa o la pasta residual para los animales de laboratorio. Los productos destoxificados, incorporados a las dietas para ratas, mostraron que no sólo hubo sobrevivencia de los animales a lo largo de los 12 días de experimentación, sino incluso ganancia en peso. Sin embargo, los valores de NPR fueron significativamente diferentes a los de caseína ($P < 0.05$). De las fracciones proteínicas aisladas de la harina destoxificada de jojoba, el 61.8o/o representó a la fracción acuosa soluble, el 22.6o/o a la fracción salina soluble, y la alcalina fue de 14.6o/o. Las curvas de solubilidad de nitrógeno para estas fracciones mostraron que en la región de pH 3.0 se presentaba el punto isoeléctrico (pI) para las proteínas acuosas y salino-solubles y un pI para la alcalino-soluble de 4.5 a 5.0, y el pH de máxima solubilidad para todas las fracciones se presentó en las cercanías de 7.0.

Manuscrito modificado recibido: 7–7–88.

1 Profesor-Investigador de la Universidad de Sonora, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICTUS), Hermosillo, Sonora, México.

2 Profesor-Investigador del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Hermosillo, Sonora, México.

Esta metodología propone una solución para la utilización integral de la jojoba, que pueda emplear la pasta destoxificada para alimentación animal o para el aislamiento de proteínas.

INTRODUCCION

La jojoba, *(Simmondsia chinensis* (Link) Schneider), es una angiosperma arbustiva perenne originaria del desierto de Sonora, que comprende los Estados de Arizona y California en los Estados Unidos de América (EUA) y de Sonora y Baja California en México (1). De las semillas de la planta se obtiene una cera líquida (alrededor del 50o/o en peso), que tiene mucha demanda por su utilización en cosméticos, farmacia y como lubricante industrial (2, 3). Las semillas han sido utilizadas en medicina tradicional por los indios Seri de Sonora (4).

La planta silvestre ha sido sometida a domesticación, tomando en consideración solamente el aspecto del peso de semilla por planta y el contenido de la cera líquida (5). Existen en el desierto sonorense aproximadamente 19,600 hectáreas de jojoba bajo condiciones de cultivo, que fueron establecidas entre los años 1978-1983; el 86o/o, se encuentran en los EUA, y el resto en la región desértica de México. Considerando la edad de las plantas (4 a 6 años) en ambos países, la producción de semilla, y por supuesto de aceite, se elevará significativamente a partir de 1987 (6), lo que producirá un volumen importante de pasta residual. Esta pasta contiene 32o/o de proteína, 42o/o de carbohidratos y 10o/o de fibra cruda, lo que la convierte en un ingrediente potencial en la elaboración de alimentos balanceados para animales (7). No obstante, la presencia de una familia de compuestos altamente tóxicos para ratones, ratas, pollos, conejos y borregos, ha impedido la utilización directa de la pasta de jojoba en la formulación de raciones para animales (8, 9). También se ha observado que dicha pasta, incorporada a las raciones de animales de interés económico (10-13), ha sido discriminada por los animales del resto de la ración debido a su amargor, lo que se refleja en el bajo consumo y, por consiguiente, en la eficiencia de conversión.

Los compuestos identificados como responsables del efecto letal que ejerce sobre animales de laboratorio, se conocen con el nombre genérico de simmondsinas (14), cuyo LD_{50} para ratas es de 4 g/kg (8).

Sin embargo, no se conoce el LD_{50} de la simmondsina-2-ferulato y, por otro lado, Williams (15), especula que la muerte y pérdida de peso en ratas alimentadas con pasta de jojoba, no sólo se debe al efecto de la simmondsina, sino al efecto conjunto con otros compuestos como inhibidores de tripsina, ácido fítico y compuestos fenólicos (16, 17).

Se han desarrollado métodos para la eliminación de los compuestos tóxicos de la pasta de jojoba: por solubilidad, utilizando solventes puros (agua, metanol, isopropanol y acetona), por calentamiento y tratamiento químico al grupo cianometilén utilizando peróxido de hidrógeno amoniacal (12). Otro método de destoxificación utilizado recientemente es el de fermentación, el cual consiste en inocular a la pasta de jojoba con *Lactobacillus acidofilus* y *bulgaricus* (13), pero sus características amargas no han sido del todo eliminadas.

Los objetivos del presente trabajo fueron: establecer una metodología para la eliminación de los compuestos tóxicos y amargos de la pasta y harina de jojoba, evaluar biológicamente los productos destoxificados, y la extracción y caracterización parcial de la proteína.

MATERIAL Y METODOS

Materia Prima

Los materiales utilizados en este trabajo fueron: semilla de jojoba cosechada en 1985 en el campo Santa Czarina de la Costa de Hermosillo, y pasta de jojoba –residuo de la extracción mecánica por expeller (Hunder, modelo EX-100)– del aceite de la semilla de jojoba.

Remoción de la Testa de la Semilla de Jojoba

Esta última fue sometida a varios tratamientos térmicos con agua (agua caliente y vapor), para eliminar la testa. Una vez que se aplicó el vapor, se frotó la semilla entre los dedos de la mano para separar la testa del cotiledón. Después, la almendra se puso a secar en una estufa de aire forzado a 45°C por 4 horas y se desengrasó.

Desengrasado de Semilla y Pasta de Jojoba

Las semillas de jojoba con testa (pasta de jojoba), y sin testa (harina de jojoba), fueron molidas en una licuadora por 4 min utilizando hexano como disolvente en una relación Semilla: hexano de 1:2, luego se pasaron a un extractor tipo Soxhlet con hexano, con una relación almendra: solvente de 1: 6, durante 24 horas.

Eliminación de Compuestos Tóxicos de la Jojoba

En este trabajo se eligió el uso de isopropanol por las características de solubilidad que presenta hacia los compuestos fenólicos, sobre todo cuando se emplea en mezclas acuosas.

La harina de jojoba fue extraída con isopropanol en diferentes mezclas con agua y diferentes tiempos con una relación solvente:pasta de 10:1, a temperatura ambiente y con agitación con un agitador de flecha (Plysciense Corp., modelo RZR10). La extracción se repitió tres veces; al término de los tiempos de extracción se filtró a través de un embudo Buchner de porcelana y papel filtro Whatman No. 1 con presión reducida. Una vez seca la harina de jojoba, se procedió a realizar un análisis de macrocomponentes y se cuantificaron los tóxicos residuales y el contenido de fenoles.

Con miras a lograr las condiciones óptimas para extracción de los tóxicos, se tomó en cuenta la influencia que pudieran tener los parámetros: relación isopropanol:agua, tiempo de extracción y relación solvente:semilla (v/p), a través de un diseño de experimentos factorial 2 con dos repeticiones, por medio del cual se comprobó la no existencia de un efecto combinado entre estos parámetros. Al no existir un efecto

combinado entre los parámetros en el proceso de destoxificación se procedió a evaluar cada uno de ellos por separado. Así, en el caso de la relación isopropanol:agua, se probaron varias mezclas de isopropanol:agua (1:9 hasta 9:1), para lograr la máxima extracción de simmondsinas y fenoles. Se probaron varios tiempos de extracción, desde 2 hasta 14 horas y por último se probó la relación solvente:semilla (v/p) desde 10:1 hasta 30:1.

Análisis de Macrocomponentes

A la pasta y harina de jojoba desengrasadas y destoxificadas, se les practicó el análisis de proteína (N x 5.30), extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, humedad y extracto no proteínico, según técnicas de la AOAC (18).

Extracción y Determinación Semicuantitativa de Simmondsinas

Sobre placas cromatográficas se aplicaron los extractos conteniendo los tóxicos junto con los estándares de simmondsina y simmondsina-2-ferulato, desarrollándose la cromatografía y revelándose a la luz UV a 250 nm. El método tiene una sensibilidad para medir simmondsina-2-ferulato de 0.05 µg al UV. Durante la cuantificación se hace una comparación visual de la intensidad de las manchas de los estándares, respecto a la intensidad de las manchas de las muestras. Se dice que este método es semicuantitativo debido a que se efectuó a través de comparación visual y no a través de un equipo de precisión. Los estándares de simmondsina y simmondsina-2-ferulato se aislaron y purificaron a partir de pasta de jojoba, según el procedimiento propuesto por Verbiscar y Banigan (19).

Determinación Cuantitativa de Compuestos Fenólicos

La determinación de compuestos fenólicos en la harina de jojoba se llevó a cabo por el método de Folin-Denis (18), el cual cuantifica: taninos, flavonoides y ácidos fenólicos (20). Se leyó a 760 nm en un espectrofotómetro Coleman Junior II Modelo 6/35, y su absorbencia se interpoló de una curva preparada con una solución patrón de ácido tánico de 0.1 mg/ml.

Evaluación Biológica de las Pastas y Harinas Destoxificadas de Jojoba

La evaluación biológica se realizó por medio de la razón proteínica neta (NPR), de acuerdo al método de Bender y Doell (21). Esta evaluación, según Happich *et al.* (22), propone que sea durante 10 ó 14 días (22). En el presente trabajo se efectuó en 12 días.

Para la evaluación se utilizaron 70 ratas recién destetadas de la cepa Sprague Dawley, con un peso de 35 g a 45 g. Los animales fueron distribuidos en jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable y condiciones ambientales controladas de 22-23°C, 55-65°/o de humedad y un período de luz obscuridad de 12 horas. Se les dio alimento fresco y agua *ad libitum* y se pesaron cada tres días. Se formaron siete grupos de 10 ratas cada uno; la dieta fue similar para todos los grupos a excepción de

la fuente proteínica, que para cada grupo estuvo constituída por: caseína-ANRC libre de nitrógeno, pasta de jojoba, harina de jojoba, harina de jojoba destoxificada con isopropanol al 70o/o en una relación solvente/harina 20:1, harina de jojoba destoxificada con isopropanol al 70o/o en una relación solvente/harina 30:1, y pasta de jojoba destoxificada con isopropanol al 70o/o en una relación solvente/pasta 30:1. Todas las dietas fueron elaboradas en base a 10o/o de proteína. En la dieta control, este 10o/o fue proporcionado por caseína, tal como se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1

COMPOSICION DE LA DIETA BASAL USADA PARA LA EVALUACION BIOLOGICA DE HARINA DESTOXIFICADA DE JOJOBA

Ingrediente[1]	g/100 g
Aceite de algodón	8.0
Vitaminas Premix	1.0
Minerales Premix	5.0
Celulosa	1.0
Agua	5.0
Cr_2O_3	0.2

La proteína se incluyó en relación de 10o/o a la dieta y se agregó almidón y dextrosa para completar el 100o/o.

1 Aceite, minerales, celulosa y agua se ajustaron después del análisis de proteína de las harinas, de acuerdo al Método 43.212, de la AOAC (18).
Todos los ingredientes, excepto el aceite de algodón, se obtuvieron de Bioserv, Inc., N. J., EUA, 1982. La premezcla de vitaminas contiene lo siguiente en g/kg de dieta: ácido ascórbico, 0.45; biotina, 0.0002; pantotenato de calcio, 0.03; colina, 0.633, ácido fólico, 0.0009; inositol, 0.05; manodiona, 0.02; niacina, 0.04; PABA, 0.05; piridoxina, 0.01; riboflavina, 0.01; tiamina, 0.01; vitamina A, 9,000 IU; vitamina B_{12}, 0.01 mg; vitamina D, 1,000 IU; y vitamina E, 25 IU. La premezcla de minerales contiene, en g/kg de dieta: aluminio, 0.0005; calcio, 11.08; cloro, 4.8; cobre, 0.0175; flúor, 0.0027; yodo, 0.003; hierro, 0.385; magnesio, 0.3812; manganeso, 0.0055; fósforo, 2.5305; potasio, 5.882; sodio, 1.369; azufre, 0.1162 y zinc, 0.0637.

Diseño y Análisis Estadístico

El diseño fue completamente al azar con siete tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico se hizo a base de análisis de varianza de un criterio de clasificación. Cuando de estos resultados —de acuerdo al diseño especificado— rechazaron la igualdad de medias, se utilizó la prueba de rango múltiple SNK (23).

Extracción y Caracterización Parcial de la Proteína de Jojoba

Se suspendió harina de jojoba desengrasada en una mezcla de isopropanol-agua (70:30), se agitó durante 24 horas, y al cabo de este tiempo se puso en un tubo de diálisis (Visking); luego se dializó contra agua desionizada con tres cambios durante 24 hr, para eliminar todos los compuestos solubles de bajo peso molecular (azúcares, sales minerales y simmondsinas) y, de esta manera, obtener las proteínas libres de compuestos fenólicos. Una vez dializadas las muestras, se separaron tres fracciones dependiendo de la solubilidad (Figura 1). Luego, a cada una de las fracciones se les cuantificó el contenido de proteína por medio del método de Biuret (24).

RESULTADOS Y DISCUSION

Eliminación de Compuestos Tóxicos del Harina de Jojoba

Se establecieron las condiciones óptimas durante el proceso de destoxificación, resultando ser la mejor relación de isopropanol-agua, la del 70o/o, la cual extrajo el 86o/o de los compuestos fenólicos contenidos en la harina de jojoba desengrasada. Las simmondsinas mostraron solubilidad plena a todas las concentraciones probadas, habiéndose extraído el 99o/o con la mezcla isopropanol-agua al 70o/o. La mejor relación disolvente-harina fue la de 30:1. La determinación analítica de la simmondsina reveló que con esta relación, era eliminada totalmente de la harina desengrasada.

El tiempo óptimo de extracción exhaustiva de los compuestos fenólicos de la harina desengrasada de jojoba, fue de 4 horas, ya que tiempos más largos mostraron un comportamiento asintótico, con lo que se extrajo el 86o/o.

Las pérdidas en peso por el tratamiento con isopropanol al 70o/o, fueron del orden de 36.5o/o. La pérdida se debe esencialmente a la disolución de azúcares y en menor proporción a: oligosacáridos, aminoácidos libres, cera residual, fenoles, simmondsina y proteínas, entre otros.

La Tabla 2 expone los contenidos en macrocomponentes de cuatro productos de jojoba y la testa; la harina desengrasada y la harina destoxificada acusaron el contenido más alto en proteínas. El cálculo para este contenido se hizo en base a la recomendación de Southgate (25), utilizando el factor de 5.30 para el porcentaje de proteína.

En la misma Tabla 2 se muestran los contenidos de simmondsina de los productos de semilla y testa de jojoba. Es notable el hecho de que la harina desengrasada y tratada con isopropanol al 70o/o no presentó simmondsinas residuales, por lo que se logró la eliminación completa de estos compuestos, a diferencia de los tratamientos notificados en la bibliografía, los cuales dejan simmondsina residual, especialmente simmondsina-2-ferulato (12, 13).

Es conocido el hecho de que la cascarilla o testa de semillas, presenta un gran contenido de compuestos fenólicos amargos y astringentes, además de compuestos fenólicos coloridos (26); el caso de la jojoba podría ser el mismo. Como se observa en la citada Tabla 2, la testa tiene 6.5o/o de fenoles, comparado con 1.12o/o de la harina desengrasada.

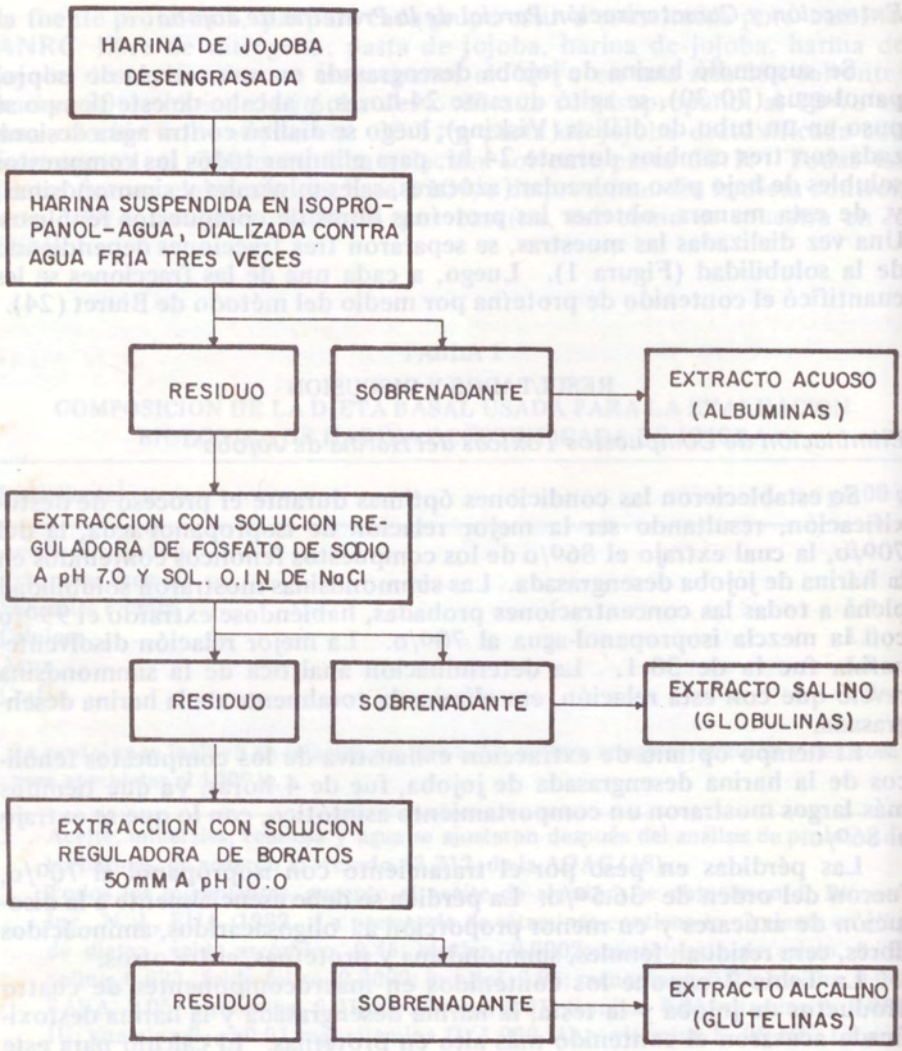


FIGURA 1

Esquema de la extracción de la proteína de harina de jojoba, de acuerdo a su solubilidad

TABLA 2

COMPOSICION DE LA PASTA Y HARINA DESENGRASADA, PASTA Y HARINA DESTOXIFICADA Y TESTA DE SEMILLA DE JOJOBA

Componente	Pasta		Harina		Testa de semilla de jojoba[1]
	Desengrasada (Expeller) g/100 g	Destoxificada (Isop. 70o/o) g/100 g	Desengrasada (Hexano) g/100 g	Destoxificada (Isop. 70o/o) g/100 g	g/100 g
Proteína (N x 5.30)	24.6± 0.7	27.5± 1.0	33.0 ±1.0	42.4 ±1.2	6.0 ±0.5
Humedad	4.0± 0.5	4.0± 0.7	4.2 ±0.5	2.5 ±0.3	10.0 ±1.0
Grasa	10.0± 0.2	0.5± 0.2	0.6 ±0.1	0.5 ±0.1	0.7 ±0.1
Fibra cruda	9.5± 1.0	11.0± 1.2	8.0 ±0.9	9.0 ±1.2	15.6 ±1.2
Cenizas	3.7± 0.5	4.0± 0.8	3.9 ±0.6	4.1 ±0.7	4.4 ±1.0
Carbohidratos[2]	48.8	53.0	50.27	41.53	63.30
Simmondsina[3]	4.6± 0.70	ND[5]	6.2 ±0.70	ND[5]	0.31 ± 0.09
Simmondsina-2-ferulato[3]	1.8± 0.30	ND[5]	0.85 ±0.30	ND[5]	0.12 ± 0.09
Fenoles[4]	—	0.14± 0.04	1.12 ±0.12	0.16 ± 0.03	6.50 ± 0.01

1 La testa representa el 15 ±2o/o de la semilla entera.
2 Por diferencia.
3 Por cromatografía en capa delgada (19).
4 Por el método de Folin-Denis (20).
5 No detectado por cromatografía de capa delgada, el método no detecta valores por debajo de 0.05 µg al UV.

En estas circunstancias, fue necesario eliminar la testa de la semilla con el objeto de disminuir la contribución de fenoles, ya que el 15 ± 2o/o del peso de la semilla completa es testa. El tratamiento con vapor fue seleccionado, considerándose que la testa se desprende con mayor facilidad de la jojoba.

El almendra obtenida se desengrasó con hexano y se obtuvo una harina con un rendimiento de 51o/o en peso y con una cantidad de cera líquida residual de 0.6o/o. Con este contenido tan bajo de cera, se garantizó hasta donde se pudo, que se disminuyeran los efectos tóxicos que, según se ha informado, se presentan en ratones alimentados con niveles mayores del 2o/o de cera de jojoba (12).

Evaluación Biológica de la Harina Destoxificada

La dieta con un menor contenido de tóxicos, según se aprecia en la Tabla 3, condujo a un mayor consumo de alimento por las ratas, mayor ganancia de peso y un 100o/o de sobrevivencia durante el ensayo; esto significa que el proceso de eliminación de tóxicos fue efectivo, ya que además de reducir los tóxicos, probablemente hizo más apetitosa la harina de jojoba destoxificada.

Durante el período experimental se pudo apreciar que las ratas alimentadas con dietas a base de pasta y harina de jojoba sin destoxificar, se rehusaron a consumir las dietas después de las primeras horas del experimento, lo que parece indicar que tanto la toxicidad de las simmondsinas como el sabor astringente fueron factores contribuyentes a la mortalidad observada. El fenómeno de rechazo al consumo de las dietas ha sido informado también por Verbiscar *et al.*, (13), con novillos, borregos, y ratas, en cuyo caso los animales incluso son capaces de seleccionar discriminadamente las partículas de pasta de jojoba en la dieta, y evitar su consumo.

Entre los muchos compuestos que acusan sabores amargos y astringentes se encuentran involucrados los compuestos fenólicos (27). Por otro lado, la astringencia al paladar se da en términos de fenoles por la presencia de proantocianidinas, siendo por demás relevante la observación de que, a medida que aumenta el peso molecular de estos compuestos, se incrementa la astringencia (28). Por lo tanto, la eliminación de los compuestos fenólicos de la jojoba por el tratamiento con isopropanol al 70o/o, pudo haber mejorado la aceptación de los productos destoxificados.

Una vez que se comprobó con los experimentos con ratas que los compuestos tóxicos de la jojoba habían sido eliminados, se procedió a la evaluación del valor nutritivo de la proteína, evaluación que consistió en el cálculo de la NPR. Esta metodología permite el uso de materiales proteínicos de bajo valor, los cuales no necesariamente promueven crecimiento. En este experimento, el factor de mantenimiento se calculó en base a la pérdida ponderal promedio del grupo de ratas alimentadas con una dieta libre de nitrógeno, el cual fue de 12.59 g a los 14 días. Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla 4, donde se observa una diferencia significativa entre los valores de NPR ($P < 0.05$). Según la prueba de comparación múltiple SNK, sin embargo, la NPR es igual para harina y pasta de jojoba destoxificada y diferente a la NPR de caseína. La

TABLA 3

EFECTO DE LA ELIMINACION DE COMPUESTOS TOXICOS DE LAS PASTAS Y HARINAS DE JOJOBA EN EL CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE RATAS

Dieta	Días	Tóxicos en la dieta[1] g/100 g	Cambio de peso g	Alimento consumido g	Mortalidad o/o
Pasta de jojoba desengrasada con expeller	1	2.40	—	--	20
	4	2.40	-10.1 ± 1.2	11.5± 2.0	100
Harina de jojoba desengrasada con solvente	4	1.82	-5.0 ±0.9	14.6± 3.2	20
	9	1.82	-7.0 ±1.7	26.3± 3.0	100
Harina de jojoba destoxificada con solv./harina 20:1	9	0.10	-0.1 ±0.7	39.0± 3.2	30
	12	0.10	3.5 ±1.0	59.0± 5.5	50
Harina de jojoba destoxificada con solv./harina 30:1	12	ND[2]	16.8 ±3.0	97.3± 2.7	0
Pasta de jojoba destoxificada con solv./pasta 30:1	12	ND[2]	10.8 ±3.4	82.1± 10.2	0

1 Simmondsina y Simmondsina-2-Ferulato.
2 No detectados por cromatografía de capa delgada. El método no detecta valores por debajo de 0.05 µg al UV.

superioridad de la NPR de la caseína sobre la de los productos destoxificados se debió a que la pasta de jojoba –al igual que la mayoría de las pastas de oleaginosas– son deficientes en aminoácidos azufrados (17). Los valores de R-NPR muestran de nuevo la similitud entre los grados de destoxificación de la pasta y harina de jojoba, y la diferencia con el control caseína.

Al comparar la pasta y harina de jojoba destoxificadas con otras fuentes proteínicas provenientes de plantas de las zonas áridas como *Cucurbita foetidíssima* (29) y *Zostera marina* y *Pachycereus pringlei* (30), se observa que la pasta y harina de jojoba destoxificadas tienen valores de NPR superiores.

Otros estudios que confirman la calidad nutricional de la jojoba han sido presentados por Storey *et al.* (17), quienes concluyen que el contenido de aminoácidos indispensables de harina de almendra de jojoba,

TABLA 4

RAZON PROTEINICA NETA (NPR), Y NPR RELATIVA DE PASTA Y HARINA DE JOJOBA

Dieta	NPR[3]	R-NPR
Caseína[1]	3.40 ± 0.70^{a}	100.0
Harina de jojoba destoxificada[2]	2.83 ± 0.50^{b}	83.2
Pasta de jojoba destoxificada[2]	2.74 ± 0.23^{b}	80.6

1 NPR calculada a los 14 días.
2 NPR calculada a los 12 días, en base a la ecuación de Bender y Doell (1957) (21).
3 Los valores con diferente superíndice son significativamente diferentes (SNK, $P < 0.05$).

cumple con los requerimientos de animales monogástricos tales como aves y puercos.

Caracterización de Proteína de Jojoba de Acuerdo a su Solubilidad

Se aislaron tres fracciones proteínicas de harina de jojoba destoxificada, siendo la mayor fracción la acuosa, que representó el 61.8o/o, y se le denominó albúmina, de acuerdo a la definición de proteínas por sus características de solubilidad (31).

A partir del residuo de la extracción de albúminas, se hicieron extracciones secuenciales de las otras fracciones proteínicas; primero con NaCl 0.5M con el fin de aislar las globulinas, habiéndose obtenido alrededor de un 23.6o/o de las proteínas solubles totales. Y de la extracción con la solución alcalina pH 10.0 de boratos, se obtuvieron 14.6o/o de glutelinas.

Características de Solubilidad de las Proteínas de Jojoba en Función del pH

Los contornos de la solubilidad de las fracciones proteínicas de la jojoba con relación al ambiente de pH se aprecian en la Figura 2. En la región de pH de mínima solubilidad, tanto las globulinas como las albúminas mostraron un punto isoeléctrico (pI) de 3.0, mientras que las glutelinas presentaron un pI de alrededor de 4.5-5.0.

En lo que respecta a los valores de pH de máxima solubilidad para las tres fracciones, éste parece estar en las cercanías de 7.0. Sin embargo, la fracción de glutelinas acusó también otro valor de pH en la región ácida, y está alrededor de pH 3.0.

Al preparar el perfil de pH para la fracción de globulinas, se encontró que el patrón de comportamiento no definía ni mínimos, ni máximos de solubilidad. Por lo tanto, se infirió que el ambiente iónico salino estaba influyendo en ese comportamiento, razón por la que hubo necesidad de eliminar el NaCl, por vía de diálisis, para así concretar la influencia que sobre esta fracción tenía el pH.

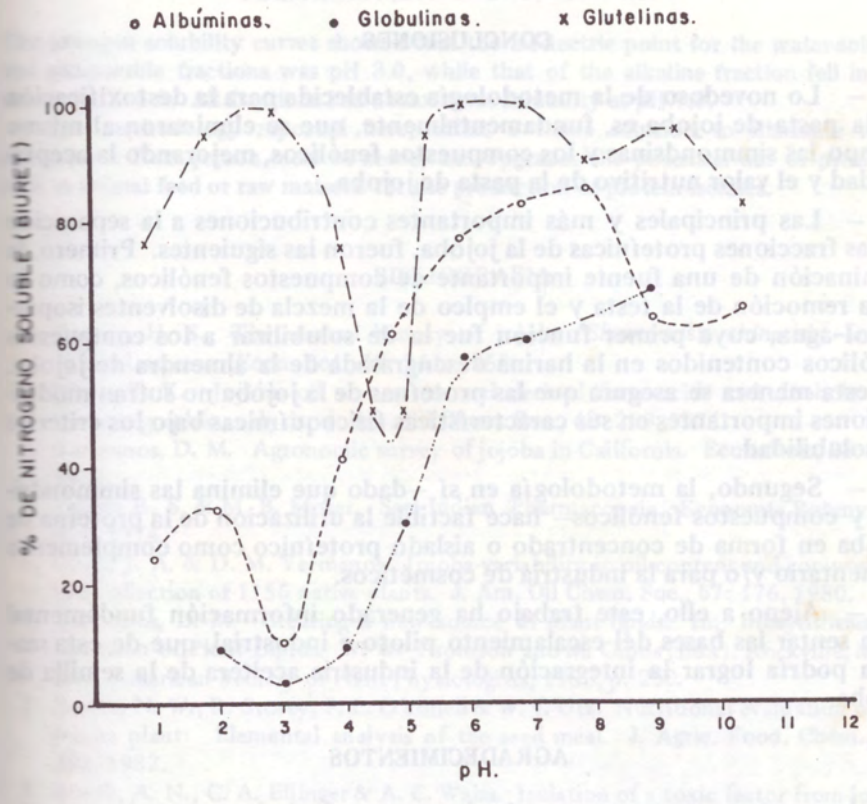


FIGURA 2

Curvas de solubilidad de proteína de jojoba en relación al pH

Uso Potencial de la Proteína de Jojoba

La destoxificación con isopropanol–agua al 70o/o a pesar de eliminar los compuestos tóxicos de la pasta de jojoba es un proceso caro, si se pretende utilizar sólo como pasta de jojoba. En cambio sería económicamente más factible el utilizar la proteína de jojoba en forma de concentrados y/o aislados proteínicos, dado que estos productos tienen un mayor costo y pueden orientarse a otros usos, el de los cosméticos, por ejemplo, donde la jojoba es ampliamente conocida. Sólo en Estados Unidos, la industria de los cosméticos requiere 100,000 toneladas/año de hidrolizado de proteína y es factible que la proteína de jojoba pueda tomar gran parte de este mercado.

CONCLUSIONES

– Lo novedoso de la metodología establecida para la destoxificación de la pasta de jojoba es, fundamentalmente, que se eliminaron al mismo tiempo las simmondsinas y los compuestos fenólicos, mejorando la aceptabilidad y el valor nutritivo de la pasta de jojoba.

– Las principales y más importantes contribuciones a la separación de las fracciones proteínicas de la jojoba, fueron las siguientes. Primero, la eliminación de una fuente importante de compuestos fenólicos, como lo es la remoción de la testa y el empleo de la mezcla de disolventes isopropanol-agua, cuya primer función fue la de solubilizar a los compuestos fenólicos contenidos en la harina desengrasada de la almendra de jojoba. De esta manera se asegura que las proteínas de la jojoba no sufran modificaciones importantes en sus características fisicoquímicas bajo los criterios de solubilidad.

– Segundo, la metodología en sí –dado que elimina las simmondsinas y compuestos fenólicos– hace factible la utilización de la proteína de jojoba en forma de concentrado o aislado proteínico como complemento alimentario y/o para la industria de cosméticos.

– Ajeno a ello, este trabajo ha generado información fundamental para sentar las bases del escalamiento piloto e industrial, que de esta manera podría lograr la integración de la industria aceitera de la semilla de jojoba.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna manera ayudaron a la realizaron de este trabajo, de modo especial a Elvira G. de Mejía, Inocencio Higuera y Mauro E. Valencia J., por sus sugerencias y comentarios.

SUMMARY

ELIMINATION OF TOXIC COMPOUNDS, NUTRITIONAL EVALUATION, AND PARTIAL CHARACTERIZATION OF PROTEIN FROM JOJOBA MEAL (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider)

The purpose of this study was to establish a new methodology to remove the toxic compounds present in jojoba meal and flour. Also, to perform the biological evaluation of the detoxified products and to chemically characterize the protein fractions. Jojoba meal and seed without testa were deffated with hexane and detoxified with a 7:3 isopropanol-water mixture which removed 86o/o of total phenolic compounds and 100o/o of simmondsins originally present, the resulting products had reduced bitterness and caused no deaths on experimental animals. NPR values obtained for diets containing such products were significantly different from those obtained with the casein control ($p < 0.05$). Total protein was made up of three different fractions: the water-soluble fraction was the most abundant (61.8o/o), followed by the salt-soluble (23.6o/o), and the alkaline soluble fraction (14.6o/o).

The nitrogen solubility curves showed that the isoelectric point for the water-soluble and salt-soluble fractions was pH 3.0, while that of the alkaline fraction fell in the range of 4.5-5.0. All fractions had a maximum solubility at pH 7.0.

The methodology reported here, offers a viable solution to eliminate toxic compounds from jojoba meal or seeds, and upgrades the potential use of products such as animal feed or raw material for the production of protein isolates.

BIBLIOGRAFIA

1. Gentry, H. S. The natural history of jojoba *(Simmondsia chinensis)* and its cultural aspects. **Econ. Bot., 12**: 261, 1958.
2. Miwa, T. K. Jojoba oil wax esters and derived fatty acids and alcohols: gas cromatographic analysis. **J. Am. Oil Chem. Soc., 48**: 259, 1971.
3. Yermanos, D. M. Agronomic survey of jojoba in California. **Econ. Bot., 28**: 160, 1974.
4. Felger, R. S. & M. B. Moser. Seri Indian Pharmacopeia, **Economic Botany, 28**: 414, 1974.
5. Clark, J. A. & D. M. Yermanos. Jojoba-variability in oil content and composition in a collection of 1156 native plants. **J. Am. Oil Chem. Soc., 57**: 176, 1980.
6. Yermanos, D. M. Creating a new source of plant lipids. In: **Biosynthesis and Function of Plant Lipids.** W. W. Thomson and M. Gibbs (Eds.). Rockville, Maryland, American Society of Plant Physiologists, 1983, p. 250.
7. Bower, N. W., R. Storey, P. L. O'conell & W. J. Utz. Nutritional evaluation of the jojoba plant: Elemental analysis of the seed meal. **J. Agric. Food. Chem., 30**: 392, 1982.
8. Booth, A. N., C. A. Ellinger & A. C. Waiss. Isolation of a toxic factor from jojoba meal. **Life Science, 15**(6): 1115, 1974.
9. Weber, C. W. & B. L. Reid. Toxic effects of simmondsia in growing and reproducing mice. **Fed. Proc., 34**: 226, 1975.
10. Ngoupayou, J. D. N., P. M. Maiorino & B. L. Reid. Jojoba meal in poultry diets. **Poultry Sci., 61**: 1692, 1982.
11. Ngoupayou, J. D. N., P. M. Maiorino, W. A. Schurg & B. L. Reid. Jojoba meal in rabbit diets. **Nutr. Reps. Internat., 31**(1), 1985.
12. Verbiscar, A. J., T. F. Baningan, C. W. Weber, B. L. Reid, J. E. Trei, E. A. Nelson, R. F. Raffauf & D. Kosersky. Detoxification of jojoba meal. **J. Agric. Food Chem., 28**: 571, 1980.
13. Verbiscar, A. J., T. F. Banigan, C. W. Weber, B. L. Reid, R. S. Swingle, J. E. Trei & E. A. Nelson. Detoxification of jojoba meal by *Lactobacilli.* **J. Agric. Food Chem., 29**: 296, 1981.
14. Elliger, C. A., A. C. Waiss & R. E. Lunding. Simmondsin on usual-2-cyanomethylenecyclohexil glucoside from *Simmondsia californica.* **J. I. Chem. Soc., Perk. Trans.,** 1 Nov., **19**: 2202, 1973.
15. Williams, R. R. **The Toxicity of Simmondsin, a Glycoside Found in Jojoba.** Tesis de Maestría, Universidad de Arizona, 1980. (No. 141).
16. Wiseman, O. M. **Purification and Characterization of Protein Concentrates from Jojoba *(Simmondsia chinensis)* Pressed Meal.** Tesis Doctoral, Universidad de Arizona, 1983.
17. Storey, R., N. Bower, C. Lovejoy & R. Tagge. Analysis of selected nutritional and antinutritional factors in jojoba seed from the United States and México. In: **Jojoba and its Uses, Through 1982. Proceedings of the Fifth International**

Conference of Jojoba and its Uses. A. E. Cesnick (Ed.). Tucson Arizona, University of Arizona, College of Agriculture, Conference Department, 1983, p. 25.

18. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 4th ed. Washington, D. C., The Association, 1984.
19. Verbiscar, A. J. & T. F. Banigan. Composition of jojoba seed and foliage. **J. Agr. Food Chem., 26**: 1456, 1978.
20. Hahn, D. H., L. W. Rooney & C. F. Earp. Tannins and phenols of sorghum. **Cereal quality Lab., Dept. of Soil & Crop, Sciences. Texas A & M University, 29** (12): 778, 1984.
21. Bender, A. E. & B. H. Doell. Biological evaluation of proteins: A new aspect. **Brit. J. Nutr., 11**: 140, 1957.
22. Happich, M. L., C. E. Bodwell, R. Hackler, L. Phillips, J. G. Derse, P. H. Elliott, J. G. Hartnagel, R. E. Hopkins, D. T. Kapiszka, E. L. Mitchell, G. F. Parsons, E. E. Prescher, E. S. Robaidek & M. Wonack. Net protein ratio data: AACC-ASTM Collaborative Study. **JAOAC, 67**: 255, 1984.
23. Snedecor, G. W. & W. C. Cochran. **Statistical Methods.** 17th ed. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1980, p. 157.
24. Chaykin, S. M. **Biochemistry Laboratory Techniques.** New York, N. Y., John Wiley & Sons, Inc., 1966, p. 17.
25. Southgate, D. A. T. **Guidelines for the Preparation of Tables of Food Composition.** Basel (Switzerland), S. Karger (Ed.), 1974, p. 27.
26. Gupta, R. K. & E. Haslam. Vegetable tannins – structure and biosynthesis. In: **Polyphenols in Cereal and Legumes. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Institute of Food Technologists.** J. H. Hule (Ed.). St. Luis Missouri, 10-13 June, 1979, p. 15-24.
27. Van Sumere, C. F., J. Albercht, A. Dedonder, A. De Pooter & I. Pé. Plant proteins and phenolics. In: **The Chemistry and Biochemistry of Plant Proteins.** Vol. 11. J. B. Harborne and C. F. Van Sumers (Eds.). New York, N. Y., Academic Press, 1975, p. 212-256.
28. Haslam, E. Vegetable tannins. In: **The Biochemistry of Plants.** Vol. 7, **Secondary Plant Products.** E. E. Conn (Ed.). San Francisco, Academic Press, Inc., 1981, p. 527-556.
29. Scheerens, J. C. & J. W. Berry. Buffalo gourd: Composition and functionality of potential food ingredients. **Cereal Foods World, 31**(2): 183, 1986.
30. Valencia, M. E., J. L. Atondo & G. Hernández. Nutritive value of Zostera marina and Cardon *(Pachycereus pringlei)* as consumed by the Seri Indians in Sonora México. **Ecol. Food Nutr., 17**: 165, 1985.
31. Wall, J. S. Cereal protein. In: **Symposium on Foods: Proteins and their Reactions.** H. W. Schultz (Ed.). Westport, Connecticut, The Avi Publishing Company, Inc., 1964, p. 315-341.

ESTUDIO SOBRE LA COMPOSICION QUIMICA Y CONTENIDO DE FACTORES ANTIFISIOLOGICOS DE LA PASTA RESIDUAL DE JOJOBA *(Simmondsia chinensis)*

F. Pérez-Gil R.[1], *G. L. Sanginés*[1], *R. A. Torreblanca*[2], *M. L. Grande, C. D.*[1] *y J. M. E. Carranco*[1]

Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (INNSZ), México D. F., México

RESUMEN

La jojoba *(Simmondsia chinensis)* es una planta que últimamente ha despertado gran interés mundial debido a la cera líquida que de ella se obtiene. Aun cuando se ha prestado mucha atención al uso potencial de esta cera como sustituto del aceite de ballena (cachalote), poco ha sido el trabajo efectuado sobre el subproducto, de elevado contenido proteínico, que queda después de la extracción del aceite. Considerando que una de las principales preocupaciones actuales es la búsqueda de nuevas fuentes de alimentos, tanto para consumo humano como animal, es clara la necesidad de efectuar un estudio sobre este producto. Como resultados significativos de la caracterización realizada se obtuvo: proteína cruda, 14.03 y 25.24o/o; extracto etéreo, 48.89 y 14.73o/o; fibra cruda, 10.03 y 10.07o/o; cenizas, 1.59 y 4.72, y extracto libre de nitrógeno, 25.46 y 45.25, siendo los aminoácidos limitantes la metionina, lisina e isoleucina; el inhibidor de tripsina, 13,747 y 11,197 UIT/g, y presencia de glucósidos cianogénicos en la semilla y la pasta, respectivamente. Se puede considerar, que por su valor nutritivo, la pasta residual de jojoba es un suplemento adecuado para la alimentación animal. Sin embargo, requiere de un tratamiento previo a su consumo para eliminar los factores tóxicos.

INTRODUCCION

En la actualidad existe gran interés en la búsqueda de nuevas fuentes de alimento tanto para consumo humano como animal. En torno a esta

---

Manuscrito modificado recibido: 7–7–88.

1. Investigadores del Departamento de Nutrición Animal, División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga 15, Col. Tlalpan, 14000 México D. F., México.

2. Jefe del Departamento de Nutrición y Ciencia de los Alimentos de la Universidad Iberoamericana, México, D. F., México.

preocupación, se ha estudiado el valor nutritivo y toxicológico de innumerables plantas, entre las cuales destacan las leguminosas y oleaginosas.

La jojoba es una planta perenne y longeva, perteneciente a la familia de las Buxáceas, genero *Simmondsia* y especie *chinensis.* El habitat natural de esta planta es el desierto sonorense, los Estados de Baja California Norte y Sur en la República Mexicana, el desierto de Arizona y el Suroeste del Estado de California en los Estados Unidos de América (Figura 1) (1, 2).

A raíz del pasaje del "Acta de Conservación de Especies en Peligro de Extinción de 1969", en el cual se establece que las ballenas cachalote, quedaban en la lista de especies protegidas, la importación del aceite, carne y otros productos de dicha especie se vio disminuida. A partir de ello, la jojoba fue objeto de gran atención y publicidad, ya que el aceite (cera líquida) que se obtiene de la semilla de esta planta está considerado como el principal sustituto del aceite de ballena y sus diversas aplicaciones comerciales, gracias a sus propiedades físicas y químicas (3).

La cera está compuesta por ésteres de alto peso molecular, ácidos monoetilénicos, y alcoholes.

Los ácidos no saturados se identificaron como una mezcla de ácido eicosenoico y dicosenoico junto con pequeñas cantidades de oleico y palmitoleico. Los alcoholes no saturados son una mezcla de dicosenol con pequeñas cantidades de tetracosenol (4).

En la Tabla 1 se detalla la composición y estructura de los ácidos grasos y alcoholes de la cera de jojoba.

Esta planta es capaz de tolerar las temperaturas extremas del desierto, que en verano oscilan entre 35 y 45°C. Requiere de 500 mm de precipitación pluvial anual, aun cuando con una precipitación de 100 mm se obtiene una pequeña producción (5). En México, el 40°/o de la superficie territorial presenta condiciones de aridez y semiaridez, donde la producción de jojoba podría ser una alternativa.

El aceite de jojoba representa el 50°/o de la semilla, por lo que al extraerlo se obtiene un residuo –la pasta–, el cual constituye el otro 50°/o, y que, se sabe, contiene de 26 a 33°/o de proteína cruda (1); sin embargo, los estudios que en la actualidad se han efectuado con este subproducto, enfocándolo a la alimentación humana o animal, son reducidos. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue investigar el valor nutritivo de la semilla y de la pasta residual de jojoba *(Simmondsia chinensis)* y determinar la presencia de factores antinutricionales.

MATERIAL Y METODOS

La semilla y pasta de jojoba *(Simmondsia chinensis)* utilizada en este trabajo se obtuvo del campo experimental "Todos Santos" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, ubicado en San Pedrito, Delegación Todos Santos, Municipio de la Paz, B.C.S.

Fue una muestra "revuelta" de semilla silvestre y semilla bajo domesticación. La pasta residual se obtuvo después de la extracción mecánica del aceite (a base de prensas).

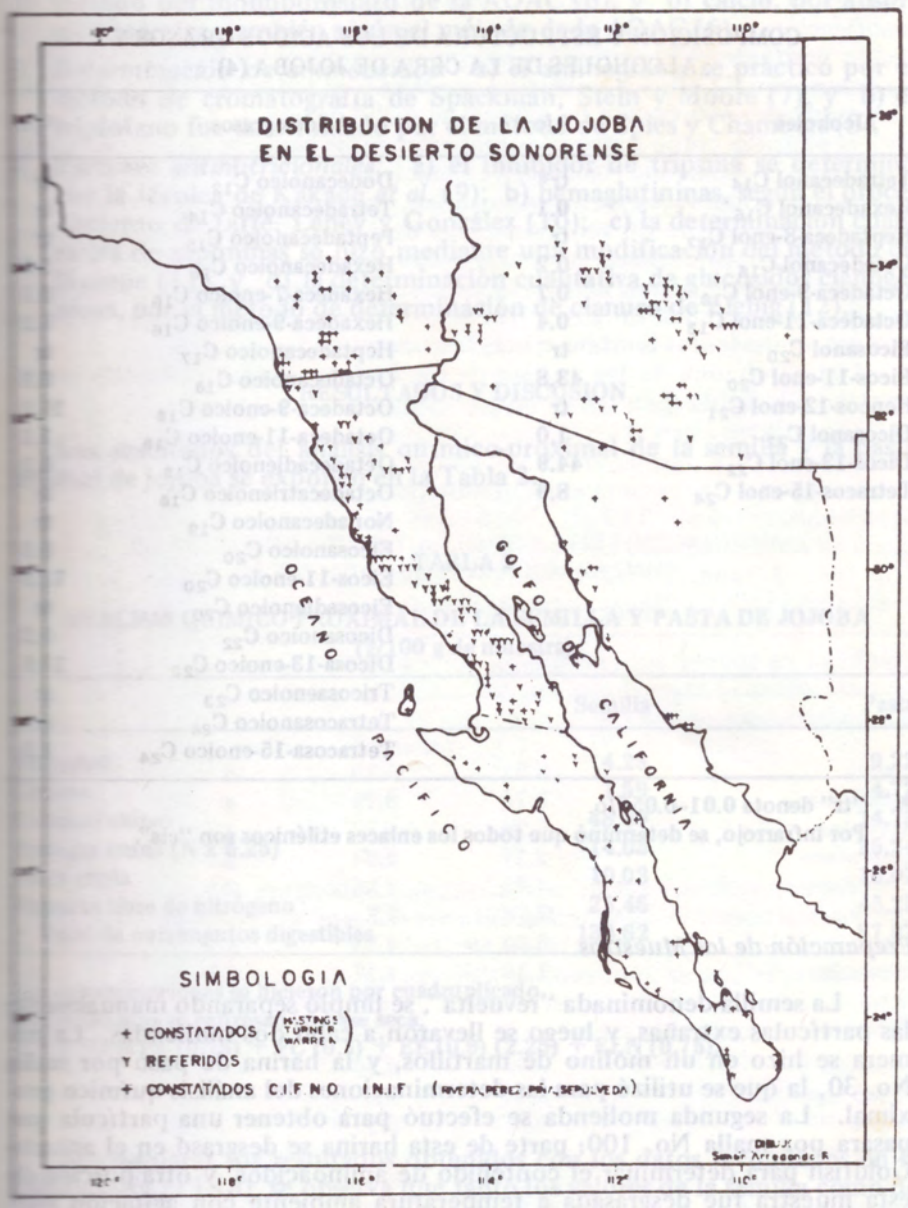


FIGURA 1

Localización de rodales silvestres de jojoba

TABLA 1

COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LOS ACIDOS GRASOS Y ALCOHOLES DE LA CERA DE JOJOBA (4)

Alcoholes	o/o	Acidos grasos	o/o
Tetradecanol C_{14}	tr*	Dodecanoico C_{12}	tr
Hexadecanol C_{16}	0.1	Tetradecanoico C_{14}	tr
Heptadeca-8-enol C_{17}	tr	Pentadecanoico C_{15}	tr
Octadecanol C_{18}	0.2	Hexadecanoico C_{16}	1.2
Octadeca-9-enol C_{18}	0.7	Hexadeca-7-enoico C_{16}	0.1
Octadeca-11-enol C_{18}	0.4	Hexadeca-9-enoico C_{16}	0.2
Eicosanol C_{20}	tr	Heptadecanoico C_{17}	tr
Eicos-11-enol C_{20}	43.8	Octadecanoico C_{18}	0.1
Hencos-12-enol C_{21}	tr	Octadeca-9-enoico C_{18}	10.1
Dicosanol C_{22}	1.0	Octadeca-11-enoico C_{18}	1.1
Dicos-13-enol C_{22}	44.9	Octadecadienoico C_{18}	0.1
Tetracos-15-enol C_{24}	8.9	Octadecatrienoico C_{18}	tr
		Nonadecanoico C_{19}	tr
		Eicosanoico C_{20}	0.1
		Eicos-11-enoico C_{20}	71.3
		Eicosadienoico C_{20}	tr
		Dicosanoico C_{22}	0.2
		Dicosa-13-enoico C_{22}	13.6
		Tricosaenoico C_{23}	tr
		Tetracosanoico C_{24}	tr
		Tetracosa-15-enoico C_{24}	1.3

* "tr" denota 0.01-0.05o/o.
Por infrarrojo, se determinó que todos los enlaces etilénicos son "cis".

Preparación de las Muestras

La semilla denominada "revuelta", se limpió separando manualmen las partículas extrañas, y luego se llevaron a cabo dos moliendas. La pr mera se hizo en un molino de martillos, y la harina de pasó por mal No. 30, la que se utilizó para las determinaciones del análisis químico pr ximal. La segunda molienda se efectuó para obtener una partícula qu pasara por malla No. 100; parte de esta harina se desgrasó en el aparat Goldfish para determinar el contenido de aminoácidos, y otra porción d esta muestra fue desgrasada a temperatura ambiente con agitación pa la determinación de factores antinutricionales, ya que con la aplicació de calor se destruyen algunos de éstos.

La pasta se quebró en un molino de discos, y se obtuvo una harina co un tamaño de partícula de malla No. 30. Una vez preparadas las muestra se realizaron los siguientes análisis:

1. Análisis químico-proximal, por el método de la AOAC (6).

2. *Análisis de minerales:* a) Fósforo, como pentóxido de fósforo por el método del molidbofosfato de la AOAC (6), y b) calcio, por absorción atómica, también según el método de la AOAC (6).
3. *Determinación de aminoácidos:* a) el aminograma se practicó por el método de cromatografía de Spackman, Stein y Moore (7), y b) el triptofano fue determinado por el método de Spies y Chambers (8).
4. *Factores antinutricionales:* a) el inhibidor de tripsina se determinó por la técnica de Kakade *et al.* (9); b) hemaglutininas, según el procedimiento de Jaffé, Leney y González (10); c) la determinación cualitativa de saponinas se hizo mediante una modificación del método de Monroe (11), y d) la determinación cualitativa de glucósidos cianogénicos, por el método de determinación de cianuro de Liebig (12).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis químico-proximal de la semilla y la pasta residual de jojoba se exponen en la Tabla 2.

TABLA 2

ANALISIS QUIMICO-PROXIMAL DE LA SEMILLA Y PASTA DE JOJOBA
(g/100 g de muestra)

	Semilla	Pasta
Humedad	4.23	9.22
Cenizas	1.59	4.72
Extracto etéreo	48.89	14.73
Proteína cruda (N x 6.25)	14.03	25.24
Fibra cruda	10.03	10.07
Extracto libre de nitrógeno	25.46	45.25
* Total de nutrimentos digestibles	133.62	87.87

Las determinaciones se hicieron por cuadruplicado.
Los resultados se expresan en base seca.
* TND = PC (0.75) + FC (0.5) + EE (0.9) (2.25) + ELN (0.75).

Al comparar los resultados obtenidos con los datos recopilados en la bibliografía (13-18), se observa que tanto los valores de la semilla como de la pasta, se encuentran dentro de los rangos informados.

En el caso de los minerales, es difícil establecer una comparación objetiva, ya que el contenido de minerales es muy variable, dependiendo de las zonas de cultivo (19). Los valores obtenidos en este trabajo fueron de 1,560 ppm de fósforo en la semilla y de 1,770 ppm en la pasta; mientras que de calcio fueron de 650 ppm y 440 para la semilla y pasta, respectivamente.

Los resultados del aminograma de la semilla y pasta de jojoba, se aprecian en la Tabla 3. Si se toma como referencia el patrón FAO (20) para calificación química de la proteína, salta a la vista que el primer aminoácido limitante es la metionina, ya que sólo equivale al 51%, seguido por la lisina, con 92.1% e isoleucina con 93.6%; todos los demás aminoácidos esenciales sobrepasan los valores de dicho patrón.

Si se toma como patrón los requerimientos para cerdos y aves establecidos por la Academia Nacional de Ciencias de los EUA (21, 22), se observa que la proteína es de buena calidad, tanto de la semilla como de la pasta, ya que cubre los requerimientos de aminoácidos de ambas especies.

Es importante subrayar el alto contenido de triptofano (2.17 y 2.04 g/100 g de proteína en la semilla y en la pasta) el que corresponde a una calificación química de 210.5%, debido a que éste, junto con la lisina, son los aminoácidos limitantes más frecuentes en los cereales.

Los resultados de los análisis de los factores antinutricionales se presentan en la Tabla 4.

TABLA 3

AMINOACIDOS EN LA SEMILLA Y PASTA DE JOJOBA EN COMPARACION CON EL PATRON FAO

(g de aminoácidos/100 g de proteína)

	Semilla	Pasta	Patrón FAO	C.Q.
Aminoácidos esenciales				
Valina	5.31	5.70	5	110
Isoleucina	3.70	3.79	4	93.65
Treonina	5.76	4.72	4	131
Triptofano	2.17	2.04	1	210.5
Fenilalanina	4.75	4.88	2.8	171
Leucina	7.72	7.81	7	110.5
Lisina	5.20	4.91	5.5	92.10
Metionina	1.10	1.17	2.2	51.0
Aminoácidos no esenciales				
Histidina	2.00	1.46		
Acido aspártico	8.84	9.20		
Serina	4.55	5.13		
Acido glutámico	12.51	12.59		
Prolina	6.19	6.43		
Glicina	8.57	9.06		
Alanina	4.02	4.29		
Cisteína	5.39	4.69		
Tirosina	4.89	4.92		
Arginina	7.38	7.21		

C.Q. = Calificación química, calculada utilizando el patrón FAO 1973 como referencia.

TABLA 4

FACTORES ANTINUTRICIONALES

	Pasta	Semilla
Inhibidor de tripsina	11,197	13,747 UIT/g
Hemaglutininas	Negativo	Negativo
Saponinas	Negativo	Negativo
Glucósidos cianogénicos	Positivo	Positivo

UIT/g = El incremento de 0.01 unidades de absorbancia a 410 nm, por cada 0.02 mg/g de muestra de reacción.

En lo que respecta a los valores del inhibidor de tripsina encontrados, se aprecia que tanto los de la semilla como los de la pasta están dentro del rango de seguridad, pues aun cuando no se ha llegado a una conclusión definitiva en lo que al valor máximo tolerable concierne, se considera como aceptable una destrucción del 60-80o/o de UIT de los inhibidores de la soya, que hasta el momento han sido los más estudiados. Si se considera que la soya posee 70,000 UIT, se podría estimar 14,000 UIT como máximo tolerable en ratas[3]. (No existen estudios de esta naturaleza para otras especies animales).

La razón por la que el inhibidor de tripsina fue mayor en la semilla que en la pasta es que esta última fue procesada para la extracción del aceite (con cocción previa), y se sabe que este factor antinutricional se destruye por calentamiento húmedo.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados comentados, se puede concluir que la jojoba y en particular, la pasta, pueden ser utilizados como un ingrediente más en las dietas para animales. No obstante, la utilización de esta última debe de hacerse con un tratamiento previo a su consumo, siendo el primer paso el desgrasado con hexano, hasta obtener un nivel máximo del 2o/o, ya que se ha observado que cuando a una dieta básica para ratas se le añade el 2o/o del aceite, las heces se tornan suaves, provocando una disminución en su crecimiento. Cuando el aceite alcanza niveles del 10o/o, mueren algunas animales, mientras que con niveles del 1o/o se notifican buenas ganancias ponderales y heces normales (16).

Ello se debe a que el aceite no es digerible y actúa como lubricante intestinal, ocasionando la eliminación de vitaminas y mala absorción de carbohidratos, proteínas y lípidos (16).

3 Comunicación personal de Elsa Muñoz, del INNSZ.

Como segundo paso, se procedería a eliminar los glucósidos cianog
nicos (como la simmondsina). Esto se logra modificando el grupo cian
mediante un tratamiento, ya sea térmico, químico, enzimático o micr
biano (16), pues se ha visto que éste tiene un efecto negativo sobre el co
sumo de alimento en rumiantes, y es tóxico para animales monogástric
(1).

Se ha observado que ensilando la pasta de jojoba con maíz verde pic
do, la gustosidad en rumiantes aumenta (23), lo mismo que tratamientos
base de lactobacilos. Sin embargo, esto último no es recomendado en
caso de monogástricos, porque disminuye la disponibilidad de los amin
ácidos y de almidón (1, 22).

SUMMARY

STUDY ON THE NUTRITIVE VALUE AND ANTIPHYSIOLOGICAL FACTORS OF JOJOBA *(Simmondsia chinensis)* RESIDUAL MEAL

Jojoba *(Simmondsia chinensis)* is a perennial plant with an interesting econom value by processing it for liquid wax production. By pressing of jojoba seeds, b product which has been called "residual meal" has been obtained, and because of high protein content, it would be a great interest to evaluate it as animal feedstu The results of this study showed the following. Both seed and residual meal we analyzed in regard to their chemical proximal composition: crude protein 14.03 a 25.24%; ether extract, 48.89 and 14.73%; crude fiber, 10.03 and 10.07%; as 1.59 and 4.72, and nitrogen-free extract, 25.46 and 45.25, the limiting amino aci being methionine, lysine and isoleucine. The trypsin inhibitor factors were 13,74 and 11,197 TIU/g; and hemaglutinins and saponins were negative for both sample Cyanogenic glucosides were positive in both samples. It was concluded that jojo residual meal is an alternative as an adequate feedstuff in those regions where jojoba produced. Nevertheless, prior to consumption it must be treated so as to elimina the toxic factors.

BIBLIOGRAFIA

1. Swingle, R. S., M. R. García, F. J. Delfino & F. L. Prouty. An evaluation *Lactobacilus acidophilus*-treated jojoba meal in beef cattle diets. **J. Anim. Sc 60**(3): 832-838, 1985.
2. Piña, P. F. & F. Pérez Octavo. Localización de rodales silvestres de jojo *(Simmondsia chinensis)* en el Estado de Baja California Sur. **Ciencia Forest** 8(41): 23-43, 1983.

3. Parra, H. **La Jojoba** *(Simmondsia chinensis* **L. Schneider). Una Contribución al Conocimiento de la Jojoba.** Publicación Especial No. 20. 2a ed. México, D. F., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), 1980.
4. Miwa, T. K., G. F. Spence & R. D. Plattner. Separation and structure determination of jojoba oil components by high-pressure liquid chromatography and gas chromatography/mass spectrometry. **La Jojoba, Memorias de la II Conferencia Internacional sobre la Jojoba y su Aprovechamiento.** 3a ed. México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), y Consejo Internacional sobre Jojoba, 1981, p. 40-59.
5. **Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value.** Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1975, p. 105-110.
6. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
7. Spackman, O. H., W. H. Stein & S. Moore. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Anal. Chem., 30**: 1190-1206, 1958.
8. Spies, J. R. & D. C. Chambers. Chemical determination of tryptophan in protein. **Anal. Chem., 21**(10): 1249-1250, 1949.
9. Kakade, M. L., C. Rackis, J. E. Mc. Ghee & G. Puski. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products. **Amer. Assoc. of Cereal Chem., 51**: 376, 1974.
10. Jaffe, W. G., A. Leney & D. Gonzalez. Isolation and partial characterization of bean phytohemagglutinins. **Phytochem., 13**: 2685-2693, 1974.
11. Monroe, E. E. Detection and estimation of steroidal sapogenins in plant tissue. **Anal. Chem., 24**(8): 1337-1341, 1952.
12. Orozco, F. **Análisis Químico Cuantitativo.** México, D. F., Editorial Porrúa, 1970.
13. Verhiscar, A. J. & T. F. Banigan. Composition of jojoba seeds and foliage. **J. Agric. Food Chem., 26**(6): 1456-1459, 1978.
14. Miller, R. H., R. E. Edwards & G. O. Kohler. Pilot plant scale grinding and pressing of jojoba seeds. **JAOCS, 56**: 556-558, 1979.
15. Robles, B. C. **Estudio Analítico de la Semilla de la** *Simmondsia californica* **(Jojoba).** Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México, D. F., 1940.
16. Verhiscar, A. J. & T. F. Banigan. Detoxification of jojoba meal. **J. Agric. Food Chem., 28**(3): 571-578, 1980.
17. Tejada, H. I. Valor nutritivo de algunos ingredientes de zonas áridas. **Técnica Pecuaria en México, 31**: 89-93, 1976.
18. Verhiscar, A. J., T. F. Banigan, C. W. Wever, B. L. Reid, R. Spencer, J. E. Trei & E. A. Nelson. Detoxification of jojoba meal by *Lactobacilli.* **J. Agric. Food Chem., 29**(2): 296-302, 1981.
19. Utz, W. J. Nutritional evaluation of the jojoba plant: Elemental analysis of the seed meal. **J. Agric. Food Chem., 30**: 392-394, 1982.
20. Arlin, M. **The Science of Nutrition.** 2nd. ed. New York, N. Y., Mac Millan Publishing Company, 1977.
21. The National Research Council. **Nutrition Requirements of Swine.** Eighth revised ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1979.
22. National Research Council. **Nutrient Requirements of Poultry.** Seventh revised ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1977.
23. Ngou, Ngoupayou, J. D., P. M. Maiorino & B. L. Reid. Jojoba meal in poultry diets. **Poultry Sci., 61**: 1692-1696, 1982.

24. Manos, C. D., P. J. Schrynemeeckers, D. E. Houge, J. N. Telford, G. S. Stoesanc D. H. Beerman, J. C. Babish, J. Y. Blue, B. S. Shane & D. J. Lisk. Toxicologi studies with lambs fed jojoba meal supplemented rations. **J. Agric. Food Chem 34**(5): 801-805, 1986.

EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA DEGRADACION AEROBICA DE VITAMINA C EN JUGOS DE FRUTAS CITRICAS

Juan de Dios Alvarado[1] *y Nelly Palacios Viteri*[2]

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

RESUMEN

Por el método de la 2, 4 - dinitrofenilhidrazina se determinó el contenido de ácido ascórbico total en jugos de lima, limón, mandarina y toronja, frescos y mantenidos a cuatro temperaturas por diferentes tiempos. Se comprobó en todos los casos que la degradación aeróbica del ácido ascórbico sigue una cinética de primer orden, y que los valores de la velocidad de reacción son diferentes entre las especies y aún entre variedades de limón y mandarina; se informan los valores de los términos de las ecuaciones y se citan ejemplos de aplicación. En el rango de 20º a 92ºC, el efecto de la temperatura sobre la velocidad de degradación del ácido ascórbico es descrito satisfactoriamente por la ecuación de Arrhenius, calculándose los correspondientes valores de energía de activación para compararlos con otros publicados. En base a la aplicación simple del método de dos etapas, y considerando que el ácido L-ascórbico y L-dehidroascórbico son predominantes, los resultados sirven para calcular pérdidas de vitamina C en jugos de frutas cítricas cuando éstos se someten a tratamientos térmicos tradicionales.

INTRODUCCION

Las frutas cítricas constituyen una de las principales fuentes de vitamina C, y su consumo como jugo fresco es predominante en los países latinoamericanos: sin embargo, la cantidad de jugo procesado por acción del calor se incrementa.

Manuscrito modificado recibido: 13–7–88.

1. Docente de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Casilla 334, Ambato, Ecuador.

2. Asistente de Investigación, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la misma Universidad.

Matthews y Hall (1) se refieren al ácido ascórbico total como la suma de ácido L-ascórbico, ácido L-dehidroascórbico con un valor vitamínico estimado en 75o/o respecto al anterior, y ácido L-dicetogulónico sin actividad vitamínica; las frutas y vegetales frescos contienen en forma predominante ácido L-ascórbico. El término vitamina C se informa como la suma de valores de las dos formas: reducido, ácido L-ascórbico, y oxidado, ácido L-dehidroascórbico (2). En consecuencia, la degradación de ácido ascórbico total está relacionada con una disminución del contenido de vitamina C.

Se han llevado a cabo varios trabajos sobre la degradación de ácido ascórbico. Saguy, Coppelman y Mizrahí (3), señalan que la destrucción del ácido ascórbico puede seguir una ruta aeróbica o anaeróbica; sumarizan los factores que determinan la ruta, y la velocidad de degradación: temperatura, oxígeno, pH, catalizadores metálicos, enzimas, concentración de azúcares y aminoácidos.

Además, existen estudios demostrativos de que la degradación de ácido ascórbico sigue una cinética de primer orden (4, 5); sin embargo, se ha notificado que la cinética de primer orden es válida únicamente en los casos de degradación totalmente aeróbica o totalmente anaeróbica. En situaciones intermedias, la reacción depende de las concentraciones de oxígeno y ácido ascórbico (6).

Labuza (7), presenta una recopilación de datos sobre la cinética de degradación de ácido ascórbico en varios alimentos, y señala que la aplicación del modelo de Arrhenius permite comprender el efecto de la temperatura sobre la reacción. En adición, Saguy y Karel (8) notifican valores típicos de energía de activación para degradación de vitaminas.

En frutas cítricas, se comprobó que la oxidación del ácido ascórbico en jugo de naranja en su estado líquido es una reacción de primer orden cuya velocidad es una función de la temperatura y que ocurre lentamente cuando está expuesto al oxígeno atmosférico a temperatura ambiente (9). En concentrado de jugo de naranja enlatado se estableció, asimismo, que la degradación de ácido ascórbico era rápida al existir oxígeno atmosférico en el espacio de cabeza; la velocidad de degradación disminuyó a menores concentraciones de oxígeno (10).

Estudios más específicos en jugo de limón indican que los niveles iniciales de oxígeno disuelto no tienen efectos significativos en la velocidad de degradación de ácido ascórbico durante el almacenamiento del producto envasado en frascos y almacenado a 36oC (11).

El objetivo del trabajo aquí descrito fue establecer la velocidad de pérdida de ácido ascórbico en jugos frescos de frutas cítricas como una función de la temperatura, definir las ecuaciones correspondientes para calcular las pérdidas que ocurren en fresco, y cuando se someten a procesos de calentamiento en contacto directo con el aire atmosférico.

MATERIAL Y METODOS

Las frutas fueron adquiridas en su madurez comercial en los mercados de la ciudad de Ambato, libres de daños físicos y aptas para el consumo humano. Con cada fruta se hicieron cinco repeticiones, una por semana con frutas de lotes diferentes, por la variación en el contenido inicial de

ácido ascórbico atribuible a diferentes factores como: genéticos, origen del injerto, estado de madurez, conformación física y tamaño del fruto, y posición en el árbol, según lo señalado por Kefford (12). Se trabajó con: lima *(Citrus aurantifolia)*, limón del Oriente *(Citrus limon)*, limón de la Sierra *(Citrus limon)*, mandarina de la Costa *(Citrus reticulata)*, mandarina de la Sierra *(Citrus reticulata)*, y toronja *(Citrus paradisii)*.

La extracción del jugo se hizo en forma manual; luego de filtrado se determinó °Brix en refractómetro Abbe a 20°C y pH mediante un pH-Metro Photovolt Corporation. Se colocaron muestras de 250 ml de jugo contenidas en erlenmeyers de cristal en baños termostáticos a 20°, 40°, 60° y 92°C, con termostatos con una precisión de 0.1°C. Previa agitación, a diferentes intervalos de tiempo que se indican en la Tabla 1, se tomaron alícuotas que fueron enfriadas rápidamente y diluidas con solución de ácido oxálico hasta concentraciones de 400 -1,400 microgramos/100 ml para determinaciones de la vitamina C, además de la muestra de jugo original.

Para cuantificación de ácido ascórbico total se utilizó el método de la 2, 4-dinitrofenilhidrazina (13), previa oxidación de la muestra, con miras a determinar el ácido ascórbico y el dehidroascórbico; como solución extractora se utilizó ácido oxálico y tiourea para prevenir cambios durante el análisis. Fue necesario realizar un ajuste en la lectura espectrofotométrica en el equipo digital Varian 630, obteniendose los mejores resultados a una longitud de onda de 525 nm. En forma paralela, con cada jugo se elaboró la curva estándar con ácido L (+) - ascórbico p.a., y los resultados se informan como mg/100 g, considerando la densidad de los jugos.

El cálculo de las constantes de velocidad se llevó a cabo graficando en coordenadas semilogarítmicas la concentración residual, expresada como porcentaje de retención contra el tiempo según la ecuación cinética de primer orden:

$$\ln (100\,(C/C_0)) = A - Kt$$

siendo C la concentración a un tiempo t, C_0 la concentración inicial, A el valor del logaritmo natural de 100, y K la constante de velocidad de reacción. Por técnicas de regresión lineal se determinaron los valores de K.

En base a la ecuación de Arrhenius:

$$\ln K = \ln K_0 - E_a/RT$$

se graficó en coordenadas semilogarítmicas los valores de las constantes de velocidad contra el inverso de la temperatura absoluta (T). Luego, mediante técnicas de regresión lineal se determinó el valor de la pendiente, lo que permite establecer el valor de la energía de activación (E_a), pues R la constante de los gases es 8.314 Joules/g mol °K ; y el valor de K_0 que corresponde al factor de frecuencia.

El método es referido por Cohen y Saguy (14) como de mínimos cuadrados lineal con dos etapas, siendo menos exacto con relación al método de mínimos cuadrados no lineal para estimar los parámetros de la ecuación de Arrhenius; sin embargo, se utilizó por ser de amplia y fácil aplicación y permitir una presentación más completa de los datos.

TABLA 1

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE ACIDO ASCORBICO TOTAL (mg/100 g) EN JUGOS DE FRUTAS CITRICAS[1]

FRUTA	SOLIDOS SOLUBLES (°Brix)	TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACION INICIAL (C_o) (mg/100 g)	PUNTO DE CORTE EN ORDENADAS (A)	CONSTANTE DE VELOCIDAD (K) (1/s)	COEFICIENTE DE CORRELACION (-r)	VIDA MEDIA (horas)
LIMA	6.34	20	43.5 ± 2.69*	4.6068	$5.0562 * 10^{-7}$	0.978	381
	6.34	40	43.5	4.6014	$3.9157 * 10^{-6}$	0.975	49
	6.34	60	43.5	4.5992	$1.7516 * 10^{-5}$	0.997	11
	6.34	92	43.5	4.5925	$5.5597 * 10^{-5}$	0.995	3
LIMON (ORIENTE)	6.00	20	26.7 ± 2.05	4.6100	$1.6080 * 10^{-6}$	0.971	120
	6.00	40	26.7	4.5972	$6.6172 * 10^{-6}$	0.988	29
	6.00	60	26.7	4.5950	$2.2471 * 10^{-5}$	0.996	9
	6.00	92	26.7	4.5734	$6.7957 * 10^{-5}$	0.984	3
LIMON (SIERRA)	7.56	20	37.9 ± 2.92	4.6158	$2.5191 * 10^{-6}$	0.939	76
	7.56	40	37.9	4.6041	$5.8637 * 10^{-6}$	0.997	33
	7.56	60	37.9	4.5948	$1.4188 * 10^{-5}$	0.989	14
	7.56	92	37.9	4.5721	$4.1959 * 10^{-5}$	0.956	5
MANDARINA (COSTA)	13.40	20	31.7 ± 1.93	4.6068	$2.2635 * 10^{-6}$	0.989	85
	13.40	40	31.7	4.6022	$8.6766 * 10^{-6}$	0.997	22
	13.40	60	31.7	4.6011	$2.8568 * 10^{-5}$	0.999	7
	13.40	92	31.7	4.5901	$8.1248 * 10^{-5}$	0.996	2
MANDARINA (SIERRA)	11.10	20	44.8 ± 3.33	4.6095	$1.5128 * 10^{-6}$	0.976	127
	11.10	40	44.8	4.6046	$5.8074 * 10^{-6}$	0.998	33
	11.10	60	44.8	4.5963	$5.0074 * 10^{-5}$	0.997	4
	11.10	92	44.8	4.5875	$9.2230 * 10^{-5}$	0.997	2
TORONJA	11.20	20	36.9 ± 2.19	4.6066	$5.7548 * 10^{-7}$	0.986	335
	11.20	40	36.9	4.6033	$3.0256 * 10^{-6}$	0.987	64
	11.20	60	36.9	4.5975	$1.5524 * 10^{-5}$	0.994	12
	11.20	92	36.9	4.5945	$5.3935 * 10^{-5}$	0.997	4

$\ln [100(C/C_o)] = A - Kt$

RESULTADOS Y DISCUSION

Según se indicó, en la Tabla 1 se informan los cambios de ácido ascórbico total registrados en los jugos de seis frutas cítricas a cuatro temperaturas y diferentes tiempos. El método de Roe-Oesterling (13), previa oxidación de la muestra, permite determinar el ácido ascórbico total. No obstante, considerando el hecho que en jugos de frutas es predominante el ácido L-ascórbico, los valores pueden ser considerados como una estimación aceptable del contenido de vitamina C. Al comparar los valores iniciales con otros publicados (2, 15) se encuentran diferencias que pueden explicarse por los factores señalados por Kefford (12), en lima 43.5 contra 35 mg/100 g publicado, y toronja 36.9 contra 38 mg/100 g; las mayores diferencias se establecieron en jugo de limón variedad Oriente, 28.7 contra 45 mg/100 g publicado. Sin embargo, el valor experimental es comparable con el determinado mediante cromatografía líquida por Lizcano (16) para limón sutil 26.87 mg/100 g. En adición, se destaca el hecho que las variedades de limón y mandarina cultivadas en las zonas altas acusan una mayor concentración de la vitamina con relación a las cultivadas en las zonas bajas tropicales, en donde los frutos son más grandes y rinden mayor cantidad de jugo.

Según se observa en la Figura 1 –que corresponde a los datos de jugo de naranja– al graficar en escala semilogarítmica el porcentaje remanente de ácido ascórbico total o porcentaje de retención contra el tiempo, a las cuatro temperaturas de trabajo, se cumple la linealidad prevista por la ecuación cinética de primer orden con coeficientes de correlación superiores a –0.97. Lo anterior está de acuerdo con lo informado por varios autores (4, 5, 9, 10) respecto a la cinética de degradación aeróbica de ácido ascórbico en alimentos. Resultados similares se establecieron en los jugos de todas las frutas en consideración. Como es de esperar, el valor del punto de corte en ordenadas de las ecuaciones es próximo a 4.6052 el logaritmo natural de 100, y la velocidad de degradación se incrementa con la temperatura, indicado por los valores más altos de las pendientes a temperaturas mayores, que corresponden a las constantes de velocidad de reacción (1/s).

Son escasos los valores de las constantes de velocidad de reacción para pérdida de vitamina C en frutas y vegetales frescos y durante el procesamiento térmico. Labuza (7), señala que una de las causas es que el deterioro de los componentes ocurre en el orden siguiente: sabor, color, textura y, con posterioridad, pérdidas nutritivas. No obstante, para establecer comparaciones, Saguy, Kopelman y Mizrahí (3) notifican datos de jugo de toronja con 11.2° Brix en condiciones anaeróbicas: $2.127 * 10^{-5}$ /s. a 61°C, $4.172 * 10^{-5}$ /s. a 95°C. Según se indica en la Figura para jugo de toronja con 11.2° Brix, los valores son semejantes: $1.5524 * 10^{-5}$ /s. a 60°C y $5.3935 * 10^{-5}$ /s. a 92°C.

En la Tabla 2 se detallan los valores de los términos de la ecuación cinética de primer orden para las seis frutas consideradas, con sus respectivos coeficientes de correlación y los tiempos de vida media –que es el tiempo en el que se destruye la mitad del compuesto. En la columna de los valores correspondientes a la concentración inicial de ácido ascórbico, se incluye la desviación estándar de las cinco determinaciones; las diferencias son pequeñas, con coeficientes de variación inferiores a 0.1. Los

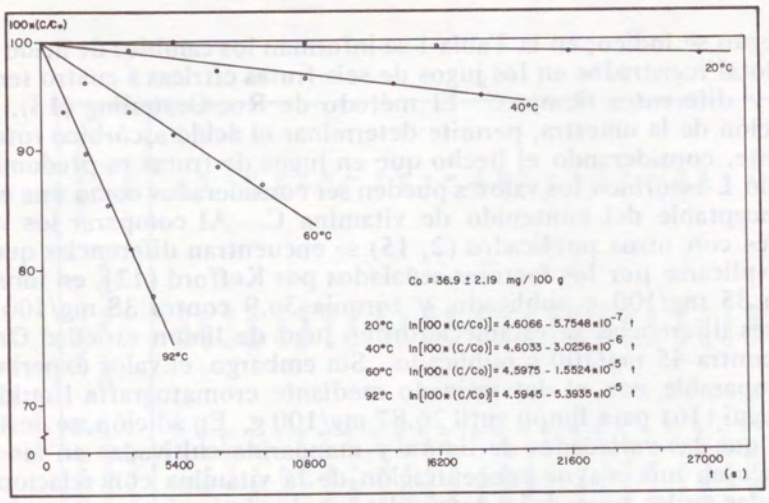


FIGURA 1

Efecto de la temperatura y tiempo sobre la retención de ácido ascórbico (escala logarítmica) en jugo de toronja. Valores promedio de 5 pruebas

valores más altos para la constante de velocidad de reacción se establecen en los jugos de mandarina y limón, lo que indica que la pérdida de la vitamina es más rápida en los jugos de estas frutas en relación a lima y toronja con velocidades de pérdida menores. Lo expuesto se aprecia en forma clara en los tiempos de vida media, a 20°C: lima 381 horas, toronja 335 horas, mandarina Sierra 127 horas, limón Oriente 120 horas, mandarina Costa 85 horas y limón Sierra 76 horas; las diferencias son menos notorias conforme la temperatura aumenta.

Con el propósito de comprobar que las velocidades de reacción son diferentes, se realizó un análisis de varianza considerando los valores correspondientes a cada determinación. Los resultados indicaron diferencias de significado estadístico para los factores temperatura y tipo o variedad de fruta; la prueba de Tukey a un nivel de significación de 0.01 permitió establecer que cada fruta acusa una velocidad de degradación específica, aún entre variedades, como es el caso del limón y la mandarina.

Las ecuaciones cinéticas pueden ser aplicadas de dos maneras: para estimar la cantidad residual de vitamina C cuando un jugo es calentado a temperatura constante por determinado tiempo, o para estimar el tiempo en que se destruye una cantidad determinada de vitamina. En el primer caso, como ejemplo, si el jugo de toronja es pasteurizado a 92°C por 13 segundos, según la ecuación $\ln (100 * C/C_0) = 4.5945 - 5.3935 * 10^{-5} * 13$, el logaritmo natural del porcentaje de retención es 4.5938 y su

TABLA 3
VALORES DE LOS TERMINOS DE LA ECUACION CINETICA DE PRIMER ORDEN PARA LA DEGRADACION DE ACIDO ASCORBICO TOTAL EN JUGOS DE FRUTAS CITRICAS A CUATRO TEMPERATURAS

TIEMPO (segundos)	TEMPERATURA																							
	20 °C						40 °C						60 °C						92 °C					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0	43.5	26.7	37.9	31.7	44.8	36.9	43.5	26.7	37.9	31.7	44.8	36.9	43.5	26.7	37.9	31.7	44.8	36.9	43.5	26.7	37.9	31.7	44.8	36.9
900																	42.3		40.5	23.9	34.3	28.7	40.1	34.4
1 800													41.8	25.1	36.3	29.7	40.4	35.4	38.4	22.4	33.6	26.5	36.6	33.1
2700											44.1						38.8		36.9	21.4	32.4	25.2	34.4	31.4
3 600							42.9	25.7	37.1	30.4		36.5	40.3	24.3	35.3	28.6	37.2	34.4	35.4	20.4	31.6	23.4	31.7	30.1
4 500																	35.6		33.5	19.3	30.7	21.7	29.2	28.7
5 400	43.5	26.7		31.5	44.8	36.9					43.4		39.3	23.4	34.8	27.0		33.6						
7200			37.8				41.7	25.2	36.1	29.7		35.8	38.1	22.6	33.9	25.7		32.6						
8 100											42.7													
9 000													37.1	21.6	33.1	24.4		32.0						
10 800	43.4	26.4		30.9	44.5	36.7	41.4	24.8	35.6	28.7	42.1	35.5												
13 500											41.6													
14 400			37.1				41.2	24.3	34.7	28.1		35.3												
16 200	43.2	26.2		30.5	43.8	36.6																		
18 000							40.4	23.5	34.1	26.9		34.9												
21 600	43.1	26.1	36.7	30.2	43.6	36.5																		
25 200			35.9																					
27 000	43.0	25.6		29.9	43.2	36.3																		
28 800			35.2																					

* Valores promedio de 5 pruebas, las determinaciones se realizaron por duplicado.

A.- Lima: pH=5.92±0.08; °Brix=6.34±0.42. B.- Limón del Oriente: pH=2.94±0.05; °Brix=6.00±0.10 C.- Limón de la Sierra: pH=2.74±0.05; °Brix=7.56±0.59.

D.- Mandarina de la Costa: pH=4.10±0.07; °Brix=13.40±0.45. E.- Mandarina de la Sierra: pH=4.02±0.15; °Brix=11.10±1.14. F.- Toronja: pH=3.54±0.05; °Brix=11.20±0.45.

antilogaritmo 98.9 que indica una destrucción del 1.1o/o con relación al contenido original. Además, como se conoce la concentración inicial, la concentración residual estará dada por C = 98.9 * 36.9/100 = 36.5 mg/100 g. En el segundo caso, si el jugo de toronja se mantiene a 20oC y se desea conocer el tiempo en que se perderá el 5o/o de la vitamina, el logaritmo natural de 95 es 4.5539 y según la ecuación respectiva t = (4.5539 – 4.6066)/(-5.7548 * 10^{-7}) = 91,576 segundos = 25 horas. Se destaca que, según lo indicado, previamente existirán cambios en el sabor, color y textura; sin embargo, si la temperatura es mayor, los tiempos serán menores.

En la Figura 2 se presenta el gráfico semilogarítmico de los valores de las constantes de velocidad de reacción correspondientes a jugo de toronja contra el inverso de la temperatura absoluta, según la ecuación de Arrhenius. Se observa que el efecto de la temperatura sobre la velocidad de degradación del ácido ascórbico total puede ser descrito de manera satisfactoria por la ecuación en el rango de temperaturas considerado, y el coeficiente de correlación es alto (-0.992); en todos los jugos se establecieron resultados similares. Del valor de la pendiente se calcula la energía de activación 56.90 KJ/g mol, que es superior al informado por Saguy, Kopelman y Mizrahí (3) 20.85 KJ/g mol, y por Kramer (17) para segmentos de

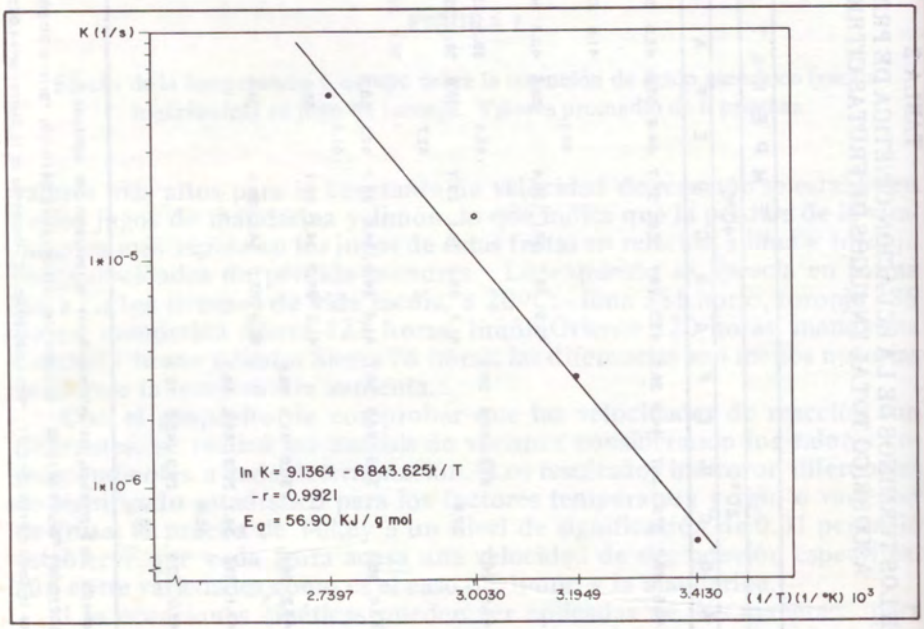


FIGURA 2

Gráfico de Arrhenius para determinar la energía de activación en la cinética de degradación de ácido ascórbico, en jugo de toronja

naranja almacenados en base a la pérdida del 10% de la vitamina 30.10 KJ/g mol. Al respecto, en sistemas modelo y condiciones aeróbicas se han notificado valores más altos de energía de activación, Blang y Hajratwala (18): 45.64 KJ/g mol. Lee y Labuza (19) informan para el rango de humedad intermedia, 81.20 KJ/g mol, lo que indica que la destrucción aeróbica de ácido ascórbico es más afectada por la temperatura que la destrucción anaeróbica.

En la Tabla 3 se presentan los valores de los términos de la ecuación de Arrhenius, los coeficientes de correlación, y los valores de energía de activación de las frutas consideradas. Por aplicación de las ecuaciones es posible calcular los valores de la constante de velocidad (K) a diferentes temperaturas en el rango de 20° a 92°C. A 37°C para jugo de toronja In K = 9.1364 − (6843.6251/310) = -12.9398 y K = 2.401×10^{-6}/s. = 0.20/día. Mediante igual procedimiento se establece, en lima, 0.22/día; limón del Oriente, 0.45/día; limón de la Sierra, 0.47/día; mandarina de la Costa, 0.60/día, y mandarina de la Sierra, 0.50/día. Los valores son del mismo orden que los informados por Saguy, Kopelman y Mizrahí (3) en jugo de naranja, 1/día, pero muy superiores a los notificados por otros autores a temperaturas comunes de almacenamiento. Esto lo explica el hecho de que existe un incremento drástico en la velocidad de reacción a temperaturas superiores a 27°C, según lo indicado por Nagy y Smoot (20). En cuanto a los valores de energía de activación, Lund (21) señala que es usual asumir que el ácido ascórbico es muy lábil al calor, pero se dispone de muy pocos datos cinéticos para la determinación de estos valores. Su recopilación de datos en lo referente a la degradación térmica de componentes alimenticios, al igual que los de Labuza (7), permiten establecer que la tiamina es la vitamina considerada en una gran extensión con valores para la energía de activación del orden de 84 a 126 KJ/g mol, según lo indicado por Saguy y Karel (8). Los valores para la energía de activación correspondientes a la degradación aeróbica del ácido ascórbico total en jugos de frutas cítricas son inferiores (rango de 35 − 58 KJ/g mol). Ello permite pensar en su uso más amplio como parámetro de

TABLA 3

VALORES DE LOS COEFICIENTES DE LA ECUACION DE ARRHENIUS Y DE LA ENERGIA DE ACTIVACION PARA LA CINETICA DE DEGRADACION DE ACIDO ASCORBICO EN JUGOS DE FRUTAS CITRICAS

Fruta	In (K_o)	- (E_a/R) (°K)	- r	E_a (KJ/g mol)
Lima	9.6492	6 987.0678	0.9846	58.09
Limón Oriente	5.8854	5 595.5114	0.9942	46.52
Limón Sierra	1.4600	4 211.9567	0.9996	35.02
Mandarina Costa	5.4163	5 360.0446	0.9939	44.56
Mandarina Sierra	8.7286	6 442.2546	0.9669	53.56
Naranja	9.1364	6 843.6251	0.9921	56.90

In $K = K_o - E_a/RT$; K_o en l/s.

pérdida de calidad nutricional durante el procesamiento térmico de jugos, pues al necesitar una energía de activación menor que la requerida por otros compuestos como la tiamina, se esperaría que los cambios son más notorios en condiciones similares de procesamiento.

Se reconoce que un tratamiento térmico adecuado en alimentos permite retener un porcentaje alto de las vitaminas y otros nutrientes, ya que las pérdidas mayores ocurren por un manejo inadecuado durante la cadena alimentaria y en operaciones como el blanqueado o el almacenamiento. Benterud (22), concluye que más del 90o/o de la vitamina C es retenido en jugos enlatados de frutas cítricas con alta acidez; en purés de frutas, pH próximo a 3.5, con adición de ácido ascórbico y esterilizados en autoclave por 30 minutos a 95oC utilizando envases de cristal, se establecieron pérdidas del 10o/o.

Como ejemplo de aplicación del método de dos etapas, se realizará el cálculo para jugo de mandarina de la Costa en el caso que sea sometido al tratamiento térmico de esterilización indicado. Según la ecuación de Arrhenius:

$$\ln K = 5.4163 - (5360.0446/368) = -9.1490 \text{ y } K = 1.0632 * 10^{-4}/s$$

Según la ecuación cinética de primer orden:

$$\ln (100 * C/C_o) = 4.6052 - 1.0632 * 10^{-4} * 1800 = 4.4138$$

el porcentaje de retención corresponde a 83o/o de ácido ascórbico; para un contenido inicial de 31.7 mg/100 g, el contenido residual es 26.3 mg/100 g.

Resultados similares pueden ser establecidos en todos los jugos de las frutas cítricas analizadas para diferentes condiciones de temperatura - tiempo en el blanqueado, evacuado, pasteurización o esterilización. En consecuencia, la aplicación de las ecuaciones permite estimar las pérdidas de vitamina C, hecho de especial interés en tecnologías de alimentos que requieren reponer las pérdidas del nutriente, o cuando es necesario realizar cálculos dietéticos luego de preparaciones domésticas.

SUMMARY

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE AEROBIC DEGRADATION OF VITAMIN C IN CITRIC FRUIT JUICES

By means of the method of the 2,4-dinitrophenylhydrazine the total ascorbic acid content in lima, lemon, tangerine and grapefruit juices, fresh and kept at four temperatures and different times, was determined. It was confirmed that in all the cases, the aerobic degradation of ascorbic acid follows a kinetic first order and that the values of the reaction rate are different between species and even between varieties of lemon and tangerine. The values of the equation terms are reported, and examples of application given. Within a range from 20o to 92oC, the effect of temperature on the velocity of the ascorbic acid degradation is described satisfactorily following the Arrhenius equation, in accordance with which, the corresponding values of activation

energy are calculated to compare them with other published values. With the simple application of the method, in two steps, and considering that the L-ascorbic acid and the L-dehydroascorbic acid are predominant, the results can be used to calculate the vitamin C losses in citric fruit juices, indicated when they are processed by traditional thermal treatments.

BIBLIOGRAFIA

1. Matthews, R. F. & J. W. Hall. Ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogulonic acid in frozen green peppers. **J. Food Sci., 43**: 532-534, 1978.
2. Bauerfeind, J. C. & D. M. Pinkert. Ascorbic acid and food technology. In: **Encyclopedia of Food Technology**. A. H. Johnson and M. S. Peterson (Eds.). Vol. 2. Westport, Conn., The Avi Publishing Co., Inc., 1974, p. 67-75.
3. Saguy, I., I. J. Koperman & S. Mizrahi. Simulation of ascorbic acid stability during heat processing and concentration of grapefruit juice. **J. Food Proc. Eng., 2**: 213-225, 1978.
4. Waletzko, P. & T. P. Labuza. Accelerated shelf-life testing of an intermediate moisture food in air and in oxygen-free atmosphere. **J. Food Sci., 41**: 1338-1340, 1976.
5. Saguy, I., I. J. Kopelman & S. Mizrahi. Extent of nonenzymic browning in grapefruit juice during thermal and concentration processes: Kinetics and prediction. **J. Food Proc. Preserv., 2**: 175-184, 1978.
6. Singh, R. P., D. R. Heldman & J. R. Kirk. Kinetics of quality degradation: Ascorbic acid oxidation in infant formula during storage. **J. Food Sci., 41**: 304-307, 1976.
7. Labuza, T. P. **Shelf-life. Dating of Foods.** Westport, Conn., The Avi Publishing Co., Inc., 1982, 500 p.
8. Saguy, I. & M. Karel. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. **Food Technol., 34**(2): 67-77, 1980.
9. Sinclair, W. B. **The Grapefruit, Its Composition, Physiology and Products.** Los Angeles, Calif., The University of California, Division of Agricultural Sciences, 1972.
10. Johnson, R. L. & R. T. Toledo. Storage stability of 55° Brix orange juice concentrate aseptically packaged in plastic and glass containers. **J. Food Sci., 40**: 433, 1975.
11. Robertson, G. L. & C. M. L. Samaniego. Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. **J. Food Sci., 51**: 184-187, 192, 1986.
12. Kefford, J. F. The chemical constituents of citrus fruits. **Adv. Food Res., 9**: 285-372, 1959.
13. Roe, J. H. & M. H. Oesterling. The determination of dehydroascorbic acid and ascorbic acid in plant tissues by the 2-4 dinitrophenylhydrazine method. **J. Biol. Chem., 152**: 511-517, 1944.
14. Cohen, E. & I. Saguy. Statistical evaluation of Arrhenius model and its applicability in prediction of food quality losses. **J. Food Proc. Preserv., 9**: 273-290, 1985.
15. Nelson, P. E. & D. K. Tressler. **Fruit and Vegetable Juice Processing Technology.** 3rd ed. Westport, Conn., The Avi Publishing Co., Inc., 1980, 603 p.

16. Uzcátegui, E. Contenido de ácido ascórbico en algunas frutas y vegetales exóticos del Ecuador, determinado por cromatografía de alta presión con fase reversa. En: **Memorias del II Encuentro Ecuatoriano de Tecnología Alternativa.** Universidad Técnica de Ambato, 1985, p. 129-139.
17. Kramer, A. Storage retention of nutrients. **Food Technol., 28**: 50-60, 1974.
18. Blang, S. M. & B. Hajratwala. Kinetics of aerobic oxidation of ascorbic acid. **J. Pharm. Sci., 61**(4): 556-561, 1972.
19. Lee, S. H. & T. P. Labuza. Destruction of ascorbic acid as a function of water activity. **J. Food Sci., 40**: 370-373, 1975.
20. Nagy, S. & J. M. Smoot. Temperature and storage effects on per cent retention and per cent U. S. recommended dietary allowance of vitamin C in canned single-strength orange juice. **J. Agric. Food Chem., 25**: 135-138, 1977.
21. Lund, D. B. Effects of blanching, pasteuritation and sterilization on nutrients. In: **Nutritional Evaluation of Food Processing.** 2nd ed. Robert S. Harris & E. Karmas (Eds.). Westport, Conn., The Avi Publishing Co., Inc., 1977, p. 205-240.
22. Benterud, A. Vitamin losses during thermal processing. In: **Physical, Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing.** T. Hoyem and O. Kvale (Eds.). London, England, Applied Science Pub. Ltd., 1977, p. 185-201.

FORTIFICACION DEL PAN CON HARINA DE FREJOLES (*Phaseolus vulgaris* L.). I. ASPECTOS FARINOLOGICOS Y DE PANIFICACION[1]

Héctor Wulf[2], *Claudio Cafati*[2] *y Enrique Yáñez*[3]

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
e Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA)
Universidad de Chile
Santiago, Chile

RESUMEN

Se preparó harina de frejoles (frijoles) *(Phaseolus vulgaris, cv Tórtola)*, con el objeto de utilizarla en el enriquecimiento de pan, sustituyendo 2, 4, 6, 8 y 10o/o de harina de trigo por harina de frejoles. En primer término se prepararon mezclas de harina de trigo y frejoles para estudiar las propiedades farinológicas de estas combinaciones. Luego se prepararon panes que contenían harina de frejoles en las proporciones señaladas, midiéndose los parámetros propios de este producto. Las propiedades farinológicas — absorción de agua, desarrollo de la masa, decaimiento y valor W— acusaron deterioro en los niveles de 6, 8 y 10o/o. La panificación experimental demostró que la absorción de agua, tiempo de mezcla, peso y volumen del producto, color y textura de la miga no experimentaron variaciones importantes en los niveles de sustitución de 2, 4 y 6o/o; sin embargo, en las concentraciones de 8 y 10o/o se observó un deterioro significativo.

INTRODUCCION

El pan es uno de los alimentos básicos de grandes conglomerados humanos en muchos países del mundo. Sin embargo, su ingrediente fundamental —que es la harina de trigo— tiene un contenido de proteína

Manuscrito modificado recibido: 15–2–90.

1 Esta investigación fue financiada por la Subvención No. 127/83 de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Chile.

2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina, Santiago, Chile.

3 Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago 11, Chile.

relativamente bajo, cuya composición de aminoácidos es deficitaria en lisina y otros aminoácidos esenciales (1). Afortunadamente, la proteína de este cereal es complementaria con la de las leguminosas, que tienen una concentración adecuada de lisina, pero que son deficientes en aminoácidos azufrados. Por esta razón, se han hecho numerosos intentos por corregir el balance de aminoácidos de la proteína del pan y mejorar el valor proteínico de este alimento mediante su complementación con harinas de leguminosas tales como soya y garbanzos (2, 3).

Una combinación menos explorada en panificación es la de harina de trigo con harina de frejoles que, de acuerdo con los datos de composición química de estos últimos (4), debería también dar resultados satisfactorios desde el punto de vista de la calidad proteínica del pan.

No obstante, es necesario considerar que el agregado de materiales extraños, generalmente ocasiona deterioro de las características farinológicas de la harina de trigo, que es necesario investigar. Así pues, el objetivo del presente estudio fue evaluar en qué forma la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frejol, podría modificar los principales parámetros físico-mecánicos de la harina de trigo y la calidad panadera de ésta. La evaluación se hizo mediante ensayos farinológicos que permiten determinar las variables de las características físico-mecánicas de las harinas en la formación y manejo de la masa, y ensayos de panificación experimental que permiten valorar aspectos del proceso de panificación y del producto final, el pan.

MATERIAL Y METODOS

Materiales

La harina de trigo usada en esta investigación fue un producto comercial con un grado de extracción de 78o/o que corresponde a una harina dura.

La harina de frejol (frijol) *(Phaseolus vulgaris)* se elaboró a partir de granos de la variedad Tórtola, color café claro. El procedimiento empleado fue el siguiente:

Limpieza – Se eliminaron las impurezas y granos partidos y dañados.

Lavado – Los frejoles se lavaron durante 6 horas en agua corriente.

Secado – Los granos lavados se secaron mediante una corriente de aire a temperatura ambiente hasta lograr un porcentaje de humedad de 14o/o.

Triturado – Para facilitar su molienda los granos se trituraron en un molino Buhler de Laboratorio, Modelo MLU 200.

Molienda – Los granos triturados se molieron en un molino experimental Buhler, Modelo MLU 202, que consta de tres pasajes de cilindros rayados y de tres cilindros lisos.

Cernido – La harina obtenida se cernió a través de una malla 40 mesh para eliminar residuos ocasionales de las capas periféricas. El producto final acusó una apariencia similar a las harinas panificables, de color marfil cremoso y de granulometría similar a la de las harinas comerciales. El rendimiento en harina de frejol fue de 88.5o/o.

Métodos

Farinograma — Se determinó con el farinógrafo de Brabender, usando una amasadora de 50 gramos y considerando los siguientes parámetros, cada uno con cuatro repeticiones.

Absorción de agua — Es la cantidad de agua requerida para centrar la curva farinográfica en 500 UB (Unidades Brabender). Se expresa en términos de porcentaje.

Desarrollo de la masa — Este desarrollo es el tiempo que transcurre desde el inicio del ensayo hasta que la curva muestra el primer signo de decaimiento. Se expresa en minutos y segundos.

Decaimiento — Este es la distancia desde el punto medio del extremo final de la curva farinográfica a la línea media del gráfico. Se expresa en Unidades Brabender (UB).

Valor W — Llamado también cifra valorimétrica, es un valor empírico de las propiedades físico-mecánicas de la harina medidas en el farinograma con el valorímetro de Brabender.

Panificación Experimental

Se empleó el método de panificación directa (5) que, a la vez, es el método oficial para Chile (N. Ch. 88. Of. 77) (6).

La fórmula base del pan tipo "molde" se incluye en la Tabla 1. En cada ensayo se trabajó con muestras duplicadas de 100 g de harina. La masa se formó utilizando una mezcladora Complete Dough Mixer (National Manufacturing Co.). Luego, se fermentó durante 180 minutos en una cámara de fermentación a 30°C y 86°/o de humedad relativa.

Seguidamente, se laminó, se colocó en un molde por 55 minutos a 30°C y se horneó a 226°C por 25 minutos en un horno marca Destath Oven. El pan se pesó a los 60 minutos después de horneado, y se determinó el volumen en un volumenómetro por desplazamiento de semillas pequeñas.

Al día siguiente se evaluaron en forma visual, el color y la textura de la miga, en relación a un pan testigo hecho con una harina especial muy blanca proveniente de trigo duro (5).

Diseño y Análisis Estadístico

Se aplicó un diseño estadístico completamente al azar, con cuatro repeticiones. El cálculo estadístico incluyó análisis de varianza y el test de rango múltiple de Duncan (7).

RESULTADOS Y DISCUSION

Farinografía

Los resultados de los farinogramas se dan a conocer en la Tabla 2.

TABLA 1

FORMULA BASE DE PAN TIPO MOLDE[1]

Ingredientes	
Harina de trigo	100 g
Manteca vegetal hidrogenada	3 g
Leche desgrasada	4 g
Suspensión de levadura fresca al 2o/o	10 ml
Solución sal-azúcar (1, 5 y 4o/o, respectivamente)	10 ml
Agua hasta una consistencia adecuada	

1 Para la elaboración de los panes con los diferentes porcentajes se sustituyó la harina de trigo por harina de frejoles.

TABLA 2

CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LAS DIFERENTES MEZCLAS DE HARINA DE TRIGO-HARINA DE FREJOLES[1]

Harina de frejoles o/o	Absorción de agua o/o	Desarrollo min—seg	Decaimiento UB	Valor W
0	62.75 A	8 m. 30 s. C	40 A	77 A
2	63.40 B	9 m. 7 s. B	37 A	76.5 A
4	63.45 BC	9 m. 30 s. A	40 A	73 B
6	63.80 BC	7 m. 45 s. D	50 B	71 B
8	64.00 C	7 m. 30 s. D	50 B	70 C
10	67.00 D	7 m. 30 s. D	52 B	68.5 C

1 Las letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) según la prueba de rango múltiple de Duncan.

El porcentaje de absorción de agua de la harina de trigo (control) fue 62.75, cifra que se elevó progresivamente con la incorporación de niveles crecientes de harina de frejoles hasta alcanzar 67o/o ($P < 0.05$) en la mezcla que contenía 10o/o de harina de frejoles. Este resultado es interesante porque sugiere un aumento en el rendimiento industrial del pan.

El desarrollo de la masa arrojó un incremento significativo del tiempo de desarrollo en los tratamientos de 2 y 4o/o, y una disminución significativa en las dosis de 6, 8 y 10o/o de harina de frejoles ($P < 0.05$). Esto indica que la adición de estos niveles de harina de leguminosa disminuyó la tolerancia del tiempo de fermentación, requiriendo un trabajo industrial más rápido.

El decaimiento del tratamiento control dio un valor de 50 UB, el que no se modificó en forma significativa por la incorporación de 2 y 4o/o de harina de frejol (Tabla 2). En cambio, en las dosis de 6, 8 y 10o/o de sustitución por HF mostró un aumento significativo en este parámetro ($P < 0.05$), indicativo de un deterioro de las características físico-mecánicas de la masa, lo que crea problemas en el manejo de la misma.

El valor W no fue afectado por el reemplazo de 2o/o de harina de trigo, pero disminuyó significativamente ($P < 0.05$) a partir de la dosis de 4o/o, con cada incorporación de harina de frejoles. Este resultado señala una reducción de la calidad global de las características físicas de la masa.

Panificación Experimental

Los resultados se detallan en la Tabla 3, y según puede apreciarse, el porcentaje de absorción de agua no experimentó cambios en las dosis de 2, 4, y 6o/o. En cambio, en los niveles de 8 y 10o/o se observó un descenso significativo ($P < 0.05$) en este parámetro. Este resultado se contrapone con los valores obtenidos en el farinógrafo de Brabender para absorción de agua. Dicho comportamiento se explica porque fue necesario disminuir la incorporación de agua al formar la masa, a fin de evitar la característica de pegajosidad de ésta –que se presentó a partir de la dosis de 6o/o de harina de frejoles– y para permitir un mejor manejo de la masa.

TABLA 3

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PANIFICACION EXPERIMENTAL[1]

	o/o de harina de frejoles					
	0	2	4	6	8	10
Absorción de agua, o/o	61.75A	61.75A	61.75A	61.80A	61.0B	60.5C
Tiempo de mezcla, min/seg	2	2	2	2	1.50	1.50
Peso del pan, g	144.5A	145A	146AB	145.5BB	147B	147B
Volumen del pan, cm^3	714B	732A	718B	711B	680C	664D
Color de la miga	80A	79B	79B	78C	77.5D	77.5D
Textura de la miga	80A	79B	79B	78C	78.1C	77.5D

1 Las letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de rango múltiple de Duncan.
Los valores notificados son promedios de cuatro determinaciones.

El tiempo de mezcla se mantuvo estable en 2 min hasta el tratamiento de 6o/o, para luego descender a 1 min 50 seg en los niveles de 8 y 10o/o de sustitución.

El peso del pan testigo fue de 144.5 g, valor que aumentó significativamente ($P < 0.05$) a partir de la incorporación de 4o/o de HF, alcanzando 147 g en los tratamientos con 8 y 10o/o de harina de frejoles.

El volumen del pan aumentó significativamente ($P < 0.05$) al nivel de 2o/o de reemplazo. En cambio, los valores obtenidos con 4 y 6o/o de HF fueron similares al del testigo ($P > 0.05$), pero en las concentraciones de 8 y 10o/o se observó un descenso importante y significativo ($P < 0.05$) del volumen del pan.

El color de la miga se acentuó significativamente al incorporar la harina de frejol, disminuyendo el puntaje asignado para este parámetro. En los niveles de 8 y 10o/o de sustitución, la coloración adquirió una tonalidad manifiestamente más oscura.

La textura de la miga adquirió más aspereza en todos los niveles de reemplazo por HF ($P < 0.05$). Esta característica fue considerada leve en las dosis de 2 y 4o/o, ligeramente mayor en las dosis de 6 y 8o/o y más áspera al 10o/o.

En suma, los resultados obtenidos en el presente estudio permiten afirmar que el enriquecimiento del pan con harina de frejol *(Phaseulus vulgaris)* var. Tórtola se realiza sin mayores dificultades tecnológicas. Un factor positivo del proceso es la facilidad de molienda del frejol, lo que permite obtener una harina de mayor rendimiento que la harina de trigo, alcanzando un 88o/o de extracción.

Los resultados también demuestran que los cambios observados en los parámetros considerados son de escasa importancia en los niveles de sustitución de 2 y 4o/o; sin embargo, tienen un efecto depresor significativo en las características farinológicas de la harina de trigo y en los parámetros de calidad panadera en las dosis de 6, 8 y 10o/o de incorporación de frejoles. La dosis de 6o/o podría ser utilizada, siempre que la harina de trigo empleada sea de alta calidad industrial.

Estas observaciones no son inesperadas, por cuanto es sabido que el gluten de trigo es único entre las proteínas por su capacidad de extenderse y formar una estructura elástica. Ello permite retener las pequeñas burbujas de gas producidas durante la fermentación y el horneo, y a la vez que crezca la masa, dando un producto de buen volumen y con una miga de estructura fina (8). Es natural que los materiales proteínicos utilizados con fines de enriquecimiento, por carecer de gluten, afecten negativamente el volumen del pan cuando se usan en las concentraciones relativamente altas que deben emplearse para lograr los propósitos de fortificación. Esta información se ha generado principalmente en relación al enriquecimiento del pan con harina de soya, habiéndose establecido que el efecto adverso puede corregirse parcialmente usando agentes oxidantes en niveles más altos que los habituales (2). Tsen y Tang (9) han demostrado que es posible obtener resultados similares mediante el empleo de estearoíl-2-lactilato de sodio (SSL), la sal cálcica del estearoíl-2-lactilato y monoglicéridos etoxilados en masas a las que se había incorporado hasta 12o/o de harina de soya desgrasada, con lo que se anuló en gran parte el efecto depresor del volumen del pan causado por el concentrado proteínico. El más efectivo resultó ser el compuesto SSL.

En nuestro estudio no se emplearon estos compuestos, por lo que es posible pensar que su inclusión podría haber corregido, al menos parcialmente, los aspectos negativos producidos por los niveles más altos de sustitución sometidos a estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Srta. Viola Lyon, la excelente labor secretarial de este artículo.

SUMMARY

BREAD FORTIFICATION WITH BEAN *(Phaseolus vulgaris,* L.) FLOUR. I. FARINOLOGICAL AND PANIFICATION ASPECTS

This paper deals with the incorporation of bean flour *(Phaseolus vulgaris,* var. Tórtola) (BF) made at laboratory scale in bread enrichment, by substituting 2, 4, 6, 8 and 10% wheat flour by bean flour. First, wheat and bean flours blends were prepared to study the farinological properties of these combinations. Then, breads containing bean flour in the above-mentioned proportions were made. At the 6, 8 and 10% levels, a deterioration in farinological properties of the blends, such as water absorption, developing time, weakening and W value were evident. Baking tests showed that no significant changes occurred with respect to water absorption, mixing time, weight and volume of breads, and color and texture of crumb in BF levels of 2, 4 and 6%. However, overall qualities of the breads were significantly impaired at the 8 and 10% levels.

BIBLIOGRAFIA

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas.** 3a. ed. Roma, Italia, FAO, 1981.
2. Marnett, L. F., R. J. Tenney & V. D. Barry. Methods of producing soy-fortified breads. **Cereal Science Today, 18**(2): 38-50, 1973.
3. Estévez, A. M., F. Figuerola, M. Vásquez, E. Castillo & E. Yáñez. Suplemento de harina de trigo con harina de garbanzo *(Cicer arietinum).* II. Composición química y calidad biológica de panes elaborados con mezclas de las mismas. **Arch. Latinoamer. Nutr., 37**: 515-524, 1987.
4. Schmidt-Hebbel, H. & I. Pennacchioti. **Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos.** Santiago, Editorial Universitaria, 1985.
5. American Association of Cereal Chemists. **Approved Method of the AACC.** St. Paul, Minn., The Association, 1983.
6. Instituto Nacional de Normalización (Chile). Harina de trigo para panificación. N. Ch. 88. Of. 77, 1977.
7. Duncan, D. B. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics, 11**: 1, 1955.
8. Primo Yúfera, E. **Química Agrícola III. Alimentos. Cereales.** Madrid, Editorial Alhambra, S. A., 1979.
9. Tsen, C. C. & R. T. Tang. K-State process for making high-protein breads. 1. Soy flour bread. **Baker's Dig., 45**(5): 26, 1971.

FORTIFICACION DEL PAN CON HARINA DE FREJOLES (*Phaseolus vulgaris*, L.). II. VALOR NUTRITIVO DEL PAN FORTIFICADO[1]

Enrique Yáñez[2], *Héctor Wulf*[3], *Claudio Cafati*[3], *Gloria Acevedo*[4] y *Viviana Reveco*[4]

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile, y

Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile

RESUMEN

Se estudió el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frejoles (frijoles) (*Phaseulus vulgaris*, cv Tórtola) sobre el valor nutritivo del pan. Los niveles de sustitución sometidos a ensayo fueron 2, 4, 6, 8 y 10o/o. El contenido de proteína de la harina de trigo fue de 9.3o/o (N x 5.7) y el de la harina de frejoles, de 24.4o/o (N x 6.25). El contenido de este nutriente en el pan control fue de 11.6o/o, y éste ascendió gradualmente a 12.6o/o en el pan elaborado con 10o/o de harina de frejoles. La calidad biológica de la proteína de los panes se ensayó en la rata, usando los parámetros razón de eficiencia proteínica (PER), razón proteínica neta (NPR), y digestibilidad aparente y verdadera de la proteína. El índice PER dio un valor de 1.44 para el pan control, valor que aumentó ligeramente con la incorporación de HF, pero este incremento no llegó a ser significativo. El parámetro NPR fue de 2.78

Manuscrito modificado recibido: 2–2–89.

1 Esta investigación fue financiada por la Subvención No. 127/83 otorgada por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICyT), Santiago, Chile.

2 Instituto de Nutrición y Tecnología de los ALIMENTOS (INTA), Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago 11, Chile.

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina, Santiago, Chile.

4 Tesis de Grado, Escuela de Química y Farmacia, Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

para el pan control, y no acusó mejoría con la incorporación de HF. Tanto la digestibilidad aparente como la verdadera disminuyeron de manera significativa ($P < 0.05$) con cada incremento en la incorporación de HF.

En resumen, la sustitución de harina de trigo por harina de frejol no produjo, como se esperaba, una mejoría en el valor biológico del pan fortificado en las condiciones en que se realizó nuestro estudio.

INTRODUCCION

Los cereales y las leguminosas gozan de alto consumo en muchos países, aportando una fracción importante de las proteínas y energía que se consumen diariamente. En Chile, el trigo es el cereal de mayor consumo, especialmente en forma de pan, aun cuando las pastas y galletas también registran cifras importantes de consumo. El trigo tiene un bajo contenido de proteína y su perfil de aminoácidos esenciales revela serias deficiencias de lisina y treonina (1), lo que determina una baja calidad proteínica (1). Sin embargo, su contenido de aminoácidos azufrados –metinonina + cistina– es bastante satisfactorio.

Las leguminosas, en cambio, contienen aproximadamente dos a tres veces más proteína que el trigo, y esta última destaca por su mejor patrón de aminoácidos esenciales, particularmente lisina (1). Por otra parte, los aminoácidos azufrados –que son limitantes en las leguminosas– se encuentran en concentraciones adecuadas en el trigo (1), por lo que ambas proteínas son complementarias.

Muchos investigadores han tratado de mejorar el valor proteínico del pan basándose en la complementación de la proteína del trigo con proteínas de origen vegetal (2-4) y animal (5, 6). También se ha intentado suplementar directamente el pan con L-lisina (7). Estos estudios han demostrado fehacientemente que sí es posible mejorar el valor nutritivo de este alimento básico.

La combinación de trigo y frejoles, por ejemplo, debe producir una buena complementación aminoacídica, y, por ende, una mejorar calidad biológica de la proteína. En el presente trabajo se sometió a ensayo el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frejoles *(Phaseolus vulgaris)* en el pan, con el objeto de mejorar el valor proteínico de este alimento.

MATERIAL Y METODOS

Materiales

La harina de trigo usada en esta investigación era un producto de tipo estándar con 78% de extracción, adquirida de un molino local.

La harina de frejol *(Phaseolus vulgaris* var. Tórtola) provenía de granos de bajo calibre de un cultivo realizado en la temporada agrícola 1985-86 en la Estación Experimental La Platina, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en los alrededores de Santiago. El procedimiento de obtención ya fue descrito por Wulf, Cafati y Yáñez (8).

Métodos

Las harinas de trigo (HT) y de frejol (HF) fueron analizadas para determinar su composición química proximal: humedad, cenizas, proteína total, fibra cruda, lípidos, mediante los métodos de la AOAC (9). El análisis también se aplicó a los panes y a las dietas experimentales utilizadas en el ensayo con ratas. En el caso particular del pan se empleó el método de la hidrólisis ácida de la AOAC para productos horneados (9). El extracto no nitrogenado se calculó por diferencia.

El contenido energético de las dos harinas y de los panes se calculó aplicando los factores de Atwater de 4 kilocalorías por gramo para proteínas e hidratos de carbono, y 9 para los lípidos.

Se preparó pan tipo molde por el método de panificación directa de la AACC (10), que es, al mismo tiempo, el procedimiento oficial para Chile (N Ch 88 Of. 77). La fórmula base del pan de molde fue la siguiente: harina de trigo 100 g, manteca vegetal hidrogenada 3 g, leche en polvo desgrasada 4 g, suspensión de levadura fresca al 2% 10 ml, solución sal-azúcar (1.5 y 4% respectivamente) 10 ml y agua hasta alcanzar una consistencia adecuada. La incorporación de la harina de frejoles se hizo reemplazando 2, 4, 6, 8 y 10% de harina de trigo.

Los panes se cortaron en trozos pequeños y se secaron durante 48 horas en una estufa mantenida a 60°C. Luego se molieron en un Waring blender", y se guardaron a baja temperatura en bolsas de polietileno selladas, hasta la preparación de las dietas.

La calidad proteínica de los panes enriquecidos con harina de frejoles se evaluó en ratas recién destetadas de la cepa Wistar, provenientes de la colonia del INTA. Para el cumplimiento de este objetivo se prepararon dietas que contenían 80% de pan de cada tratamiento, 10% de aceite de maíz, 5% de celulosa no nutritiva, 4% de mezcla mineral y 1% de mezcla vitamínica (11). Como estándar se usó una dieta de caseína ANRC con 10% de proteína. Además de incluyó una dieta libre de proteína a fin de poder calcular la razón proteínica neta (NPR) de las dietas (12). Las ratas se distribuyeron en grupos formados por cuatro hembras y cuatro machos, de manera que los pesos promedio iniciales de los grupos diferían en menos de 1 g.

Los animales fueron alojados en jaulas individuales de malla de alambre, con piso levadizo perforado. Las dietas y el agua fueron ofrecidas *ad libitum*.

Para determinar la razón de eficiencia proteínica (PER), el estudio se prolongó por cuatro semanas, con balances periódicos cada siete días. A fin de medir la razón proteínica neta (NPR), a los 10 días de iniciado el estudio los animales se pesaron, y se calculó la proteína ingerida.

Para obtener los valores de digestibilidad de la proteína se recolectaron las heces de cada rata durante la tercera y cuarta semanas. Luego éstas se secaron, molieron y homogeneizaron, determinándose su contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl (9). El cálculo de las digestibilidades aparente y verdadera se hizo de acuerdo a fórmulas estándares (13).

El análisis estadístico de los resultados experimentales incluyó el

cálculo de la media aritmética, desviación estándar, análisis de varianza (ANDEVA) y test de Duncan (14).

RESULTADOS Y DISCUSION

El enriquecimiento del valor nutritivo del pan, es un objetivo valioso si se considera el gran consumo de que goza este alimento, particularmente en los estratos sociales medios y bajos. Aparte de la fortificación de la harina de trigo con vitaminas y algunos elementos minerales que es usual agregar en muchos países, también se ha intentado mejorar el contenido y la calidad proteínica mediante la incorporación al pan, de concentrados proteínicos como soya y otros, con buenos resultados desde el punto de vista nutricional.

La harina de frejoles empleada en el presente estudio contenía 24.4o/o de proteína; en cambio la harina de trigo alcanzó solamente 9.3o/o (Tabla 1). Los niveles de cenizas (3.8o/o) y de fibra cruda (1.6o/o) también fueron superiores en la harina de la leguminosa, mientras que el nivel de lípidos fue bajo en ambos materiales. Por el contrario, el extracto no nitrogenado fue 59o/o en la harina de frejoles, y 77o/o en la harina de trigo.

TABLA 1

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE HARINAS DE TRIGO Y FREJOL (g/100 g)

Humedad	Harina de frejoles	Harina de trigo
Humedad	9.5	11.1
Cenizas	3.8	0.7
Proteína	24.4[a]	9.3[b]
Extracto etéreo	1.7	1.5
Fibra cruda	1.6	0.5
ENN	59.0	77.0
Energía (kcal/100 g)	349.0	359.0

a N x 6.25.
b N x 5.7

La Tabla 2 muestra el análisis químico proximal del pan de molde. Según revelan los datos, el contenido de humedad del producto recién horneado fue de 31.5o/o en el pan elaborado a base de harina de trigo (pan control) y éste aumentó gradualmente al elevar el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de frejoles, hasta alcanzar 33.4o/o en el nivel mayor de sustitución. Esto demuestra que la incorporación de la harina de frejoles produce una mayor retención de agua por parte de la

TABLA 2

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON VARIOS PORCENTAJES DE HARINA DE FREJOLES

	o/o de harina de frejoles					
	0	2	4	6	8	10
Humedad (20°C, 18 hr)	31.5	31.9	32.2	32.4	33.0	33.4
Humedad (60°C, 49 hr)	6.6	6.8	6.9	7.1	7.1	7.3
	g/100 g materia seca					
Cenizas	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6
Proteína (N x 5.7)	11.6	11.7	12.1	12.4	12.6	12.6
Lípidos	2.1	2.2	2.4	2.8	2.8	3.0
Fibra cruda	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ENN	83.2	82.9	82.3	81.6	81.3	81.0
Energía (kcal/100 g)	398.0	398.0	399.0	401.0	401.0	401.0

masa, hecho que puede ser de interés para el industrial panadero. El contenido de humedad de los panes "secos" también mostró el mismo efecto en los diversos tratamientos.

Al expresar los resultados en base seca, se aprecia que el contenido de cenizas totales se mantuvo constante al igual que el de fibra cruda, mientras que en la concentración de lípidos se constató una ligera tendencia a aumentar. El porcentaje de proteína —que fue de 11.6 en el pan control— aumentó ligeramente con cada incremento en el nivel de sustitución, hasta llegar a 12.6 en los panes que contenían 8 y 10o/o de harina de frejoles. En forma inversa, el porcentaje de extracto no nitrogenado decreció ligeramente con la incorporación de la harina de leguminosa. En términos globales puede decirse que la variación del contenido de proteína y de otros nutrientes, revelado por el análisis químico proximal, fue modesta. No obstante, esa variación concuerda con los bajos niveles de sustitución utilizados en este estudio. Cabe destacar que la incorporación de mayores concentraciones del material extraño ocasionaría, sin duda alguna, problemas de calidad y de aceptabilidad el pan enriquecido.

La Tabla 3 muestra que en el ensayo de razón de eficiencia proteínica (PER) no se registraron diferencias significativas en la ingesta entre los distintos tratamientos, pero sí la hubo con relación a la ingesta de la dieta a base de caseína ($P < 0.001$). El incremento ponderal del grupo que consumió la dieta de pan sin harina de frejoles fue de 32.2 g en el término de cuatro semanas, en contraste con 108.4 g en el grupo que recibió la dieta de caseína ($P < 0.01$). Los grupos que consumieron las dietas que contenían 2, 4 y 6o/o de HF, acusaron incrementos de peso casi idénticos al grupo con cero HF. En otras palabras, la incorporación de la harina de frejoles no afectó este parámetro (NS). En las concentraciones de 8 y

TABLA 3

RAZON DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) DE PANES DE MOLDE ENRIQUECIDOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE FREJOLES*

Dietas	Peso inicial g	△Peso g	Dieta ingerida g	PER	PER Caseína = 100
Harina de frejoles o/o					
0	44.1 ± 3.3	32.2± 4.2[a]	231.9± 28.2	1.44 ± 0.08[a]	45
2	44.2 ± 3.2	32.0± 4.5[a]	237.2± 20.2	1.39 ± 0.11[a]	44
4	44.4 ± 3.3	33.1± 4.3[a]	223.4± 25.4	1.51 ± 0.10[a]	47
6	44.4 ± 3.3	32.9± 4.3[a]	224.1± 20.2	1.47 ± 0.10[a]	46
8	44.2 ± 3.2	39.8± 4.9[b]	238.5± 21.9	1.64 ± 0.12[a]	52
10	44.0 ± 3.1	42.2± 12.0[b]	243.4± 39.6	1.68 ± 0.19[a]	53
Caseína	44.2 ± 3.4	108.4± 15.1[c]	344.0± 26.0	3.18 ± 0.29[b]	100

* Los valores indicados representan la media ± desviación estándar. En las columnas, las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

10o/o de HF, sin embargo, hubo aumentos significativos de 39.8 y 42.2 g, respectivamente ($P < 0.05$).

La dieta de pan de trigo acusó un valor de PER de 1.44. La incorporación de 2o/o de harina de frejoles ocasionó un leve descenso, no significativo a 1.39 para el cual no tenemos explicación. Al 4o/o y 6o/o de sustitución de harina de trigo por HF se produjeron incrementos no significativos de la eficiencia proteínica; pero la incorporación de 8 y 10o/o de harina de frejoles indujo una tendencia más definida al mejoramiento de este parámetro, llegando a valores de 1.64 y 1.68, respectivamente. El valor obtenido para la dieta de caseína fue de 3.18 ($P < 0.05$).

La evolución de los resultados de crecimiento y de NPR siguen muy de cerca a aquéllos de la razón de eficiencia proteínica (Tabla 4). La NPR del pan sin agregado de harina de frejoles fue de 2.78. Al 2o/o de sustitución se produjo el mismo descenso observado en los valores de eficiencia proteínica, y la NPR del estándar de caseína fue de 4.90 ($P < 0.05$). Los panes con los otros niveles de incorporación de HF mostraron variaciones mínimas, y el elaborado con 10o/o de HF dio un valor de 2.80; en otras palabras, no hubo diferencias significativas entre ningún tratamiento. Expresados porcentualmente en relación a caseína, los valores no mostraron variaciones importantes.

La digestibilidad aparente y verdadera del pan de harina de trigo sin sustitución por harina de frejoles fue de 86.4 y 88.1o/o, respectivamente. La incorporación de cantidades crecientes de harina de frejoles ocasionó un descenso gradual de estos parámetros, como puede observarse en la Tabla 5. Los valores de caseína fueron 88.2 y 89.2, en ese orden. El descenso de la digestibilidad explica en parte la falta de efecto de la incorporación de harina de frejoles sobre la calidad biológica de la proteína, ya que dicho parámetro es uno de los que más afecta la disponibilidad de los aminoácidos de la proteína de la dieta. En un estudio efectuado en frejoles, se observó que la harina cruda tenía una digestibilidad proteínica verdadera de 67, mientras que el mismo material sometido al autoclave aumentaba su digestibilidad a 81.9 (15). Es posible especular que el agregado de un material como la harina de frejoles en concentraciones crecientes debe reducir gradualmente la digestibilidad de la proteína del pan y, efectivamente, eso fue lo que indicaron nuestros resultados.

Las semillas de leguminosas, entre ellas los frejoles, contienen proteínas capaces de inhibir a las enzimas proteolíticas *in vivo* y, por lo tanto, reducir la digestión y el valor nutritivo de las proteínas de la dieta. Entre éstos el más estudiado ha sido el factor antitríptico. Otros factores antinutricionales son las lectinas o fitohemaglutininas que se ligan a moléculas poliosídicas. Su consumo reduce el valor nutritivo de las proteínas vegetales, ya que formarían un complejo con poliósidos de membranas de los eritrocitos, afectando así la transferencia de los aminoácidos y la digestibilidad.

Afortunadamente, los factores antinutricionales mencionados son denaturados e inactivados por el calor. Al respecto, el pan es sometido en el horno a la temperatura de 250oC por 15 minutos, tiempo que parece suficiente para que estos compuestos antinutricionales sean inactivados. Sin embargo, la falta de respuesta observada en los parámetros de calidad biológica (PER y NPR) y el descenso de la digestibilidad de la proteína al sustituir parcialmente en el pan harina de trigo por harina de frejoles

TABLA 4

RAZON PROTEINICA NETA (NPR) DE PANES DE MOLDE ENRIQUECIDOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE FREJOLES*

	Peso inicial g	△Peso g	Dieta ingerida g	NPR	NPR Caseína = 100
Harina de frejoles o/o					
0	44.1 ± 3.3	9.1 ± 2.3[a]	71.4 ± 9.8	2.78 ± 0.30[a]	57
2	44.2 ± 3.2	8.2 ± 1.7[a]	70.9 ± 6.8	2.63 ± 0.28[a]	54
4	44.4 ± 3.3	8.5 ± 3.1[a]	67.8 ± 9.7	2.75 ± 0.29[a]	56
6	44.4 ± 3.3	7.8 ± 2.3[a]	65.9 ± 8.5	2.64 ± 0.23[a]	54
8	44.2 ± 3.2	8.6 ± 1.4[a]	67.3 ± 4.6	2.70 ± 0.26[a]	55
10	44.0 ± 3.2	8.9 ± 2.8[a]	65.2 ± 9.8	2.80 ± 0.29[a]	57
Caseína	44.2 ± 3.4	29.6 ± 3.4[b]	82.0 ± 8.0	4.90 ± 0.49[b]	100
Aproteínica	44.2 ± 3.4	-9.8 ± 1.2[c]	35.5 ± 3.3	—	

* Los valores representan la media ± desviación estándar. En las columnas, las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

TABLA 5

DIGESTIBILIDAD APARENTE (Dap) Y VERDADERA (Dv) DE LA PROTEINA DE PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HARINA DE FREJOLES*

Dietas	Dap	Dv
Harina de frejoles o/o	o/o	
0	86.4 ± 0.35[a]	88.1 ± 0.37[a]
2	84.7 ± 3.31[b]	86.5 ± 3.37[b]
4	81.8 ± 1.34[c]	83.5 ± 1.35[c]
6	80.4 ± 2.20[c]	82.1 ± 2.18[c]
8	80.8 ± 1.74[c]	82.3 ± 1.78[c]
10	78.8 ± 0.90[d]	80.1 ± 1.07[d]
Caseína	88.2 ± 1.09[e]	89.2 ± 1.03[a]

* Las cifras presentadas corresponden a la media ± desviación estándar.
Las letras diferentes en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

induce a pensar que la temperatura de cocción del pan y el tiempo del horneo no fueron suficientes para permitir que se evidenciara el mejoramiento de calidad biológica que era de esperar con las combinaciones estudiadas. Esta posibilidad la sustenta un estudio de Jaffé, quien ha señalado que las semillas de *Phaseolus vulgaris* requieren de un tratamiento mucho más drástico que otras leguminosas para la inactivación de estos factores (16). Los resultados de nuestra investigación señalan, pues, la necesidad de seguir estudiando este tema en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sra. Viola Lyon su excelente trabajo secretarial.

SUMMARY

BREAD FORTIFICATION WITH BEAN *(Phaseolus vulgaris,* L.) FLOUR
II. NUTRITIVE VALUE OF BREAD FORTIFIED WITH BEAN FLOUR

The protein value of breads containing bean flour (BF) *(Phaseolus vulgaris,* cv Tórtola) was tested in rats. BF replaced wheat flour by 2, 4, 6, 8 and 10 per cent. Protein content was 9.3 (N x 5.7) per cent and 24.4 (N x 6.25) per cent for wheat

flour and bean flour, respectively. The protein content in the control bread was 11.6%, and increased to 12.6% at the 10% level of substitution. Parameters measured were protein efficiency ratio (PER), net protein ratio (NPR), and apparent and true digestibility of the protein. PER, in the control bread, was 1.44; a slight, non-significant increase occurred up to the 10% level of substitution. The control bread showed a NPR value of 2.78, figure which also remained practically unchanged at the higher levels of replacement. Nevertheless, both apparent and true protein digestibility decreased significantly with increasing levels of substitution of WF by BF ($p < 0.05$). In conclusion, substitution of WF by BF in bread did not produce the expected increase in protein quality under our experimental conditions.

BIBLIOGRAFIA

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas.** Roma, FAO, 1970 (Colección Alimentación y Nutrición No. 21).
2. Fleming, S. E. & F. W. Sosulski. Nutritive value of bread fortified with concentrated plant proteins and lysine. **Cereal Chem., 54**: 1238-1248, 1977.
3. Yánez, E., D. Ballester, M. Aguayo & H. Wulf. Enriquecimiento de pan con harina de soya. **Arch. Latinoamer. Nutr., 32**: 418-428, 1982.
4. Yáñez, E., D. Ballester, H. Wulf, W. Orrego, V. Gattás & S. Estay. Potato flour as partial replacement of wheat flour in bread: Baking studies and nutritional value of bread containing graded levels of potato flour. **J. Fd Technol. (Engl.), 16**: 291-298, 1981.
5. Donoso, G., & E. Yáñez. Valor proteico del pan enriquecido con harina de pescado. **Bol. Ofic. Sanit. Panamer., 55**: 520-523, 1963.
6. Jansen, G. R., C. F. Hutchison & M. E. Zanetti. Supplementation of bread with fish flour and amino acids. A comparison of evaluation methods. **Food Technol., 20**: 323-326, 1966.
7. Rosenberg, H. R. & E. L. Rohdenburg. The fortification of bread with lysine. II. The nutritional value of fortified bread. **Arch. Biochem. Biophys., 37**: 461, 1952.
8. Wulf, H., C. Cafati & E. Yáñez. Fortificación del pan con harina de frejoles *(Phaseolus vulgaris,* L.). I. Aspectos farinológicos y de panificación. **Arch. Latinoamer. Nutr., 39**(4):613-619, 1989.
9. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 13th. ed. Washington, D. C., The Association, 1980.
10. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of the AACC.** St. Paul, Minn., The Association, 1983.
11. Chapman, D. G., R. Castillo & J. A. Campbell. Evaluation of protein in foods. 1. A method for the determination of protein efficiency ratios. **Can. J. Biochem. Physiol., 37**: 679-686, 1959.
12. Bender, A. E. & B. H. Doell. Biological evaluation of proteins: New aspect. **Br. J. Nutr., 11**: 140-148, 1957.
13. **Nutritional Evaluation of Protein Foods.** Peter L. Pellet and V. R. Young (Eds.). Tokyo, The United Nations University, 1980, p. 26. Food and Nutrition Bulletin Supplement 4. (United Nations University World Hunger Programme) (WHTR-3/UNUP-129).
14. Duncan, D. B. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics, 11**: 1, 1955.

15. Kaba, H. & J. C. Sanahuja. Evaluación nutricional de concentrados proteicos de porotos *(Phaseolus vulgaris)* y de lentejas *(Lens esculenta)*. **Arch. Latinoamer. Nutr., 28**: 169-183, 1978.

16. Jaffé, W. F. Factors affecting the nutritional value of beans. In: **Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding.** New York, N. Y., The United Nations, 1973, p. 45-58. (Protein Advisory Group of the United Nations System).

ACTIVIDAD DE GAMA GLUTAMIL TRANSPEPTIDASA Y CONTENIDO DE GLUTATION EN LA GLANDULA MAMARIA DURANTE EL PROGRESO DE LA PREÑEZ Y LA LACTANCIA EN RATAS CRONICAMENTE DESNUTRIDAS[1]

Julia Araya[2], *Gonzalo Ramos*[3], *Ana María Aguilera*[4], *Carmen Paz Aguilera*[5] y *Darío Villalonga*[3]

Facultad de Medicina de la Universidad de Chile
Santiago, Chile

RESUMEN

Se estudio, en la rata, el efecto de la restricción de la ingesta de una dieta balanceada durante la preñez y lactancia, sobre la actividad de gama glutamil transpeptidasa (GGTP) (E.C.2.3.2.2.) en la glándula mamaria. Los resultados informan que la desnutrición calórico-proteínica impuesta permanentemente a la rata hembra, disminuye significativamente el crecimiento, contenido de DNA, contenido de proteína y actividad de GGTP en la glándula mamaria, desde el día 16 post-gestación hasta el 5º día de lactancia, lo que equivale a la duración del experimento. El peso de las crías al nacer y la ganancia de peso al 5º día de vida postnatal se encontró significativamente disminuida en el grupo desnutrido. Se postula que la disminución de la actividad de GGTP afectó el transporte de algunos aminoácidos y péptidos, en la glándula mamaria, originando una menor disponibilidad intracelular de aminoácidos necesarios para la síntesis de la proteína de la leche y, por lo tanto, una disminución en la secreción láctea.

Manuscrito modificado recibido: 18–8–88.

1 El estudio aquí descrito contó con el apoyo financiero del Proyecto 2669-8712. D.I.B., Universidad de Chile.

2 Profesora Titular y Directora del Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Independencia 1027, 2º P, Santiago, Chile.

3 Tesistas de Pregrado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile.

4 Ayudante *ad honorem* del Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina de la misma Universidad.

5 Médico Pediatra, Consultorio Quinta Buin, Servicio Nacional de Salud, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

La alimentación al seno materno es el método de alimentación preferido para el lactante en todos los países del mundo. Esto es de particular importancia en muchos de los países en vías de desarrollo. No obstante, se desconoce la razón por la cual las madres desnutridas a menudo secretan menos leche que las madres bien nutridas.

A pesar de reconocer que la síntesis de leche tiene un alto costo metabólico para la madre (1), el efecto de la ingesta de energía y proteína durante la lactancia en la secreción láctea, ha recibido poca atención. Los estudios experimentales en ratas han demostrado que la proteína y la energía de la dieta influencian la secreción de leche, inferido esto por la ganancia de peso de las crías amamantadas (2). Sin embargo, la ganancia ponderal de la camada es un resultado combinado de la cantidad y calidad de la leche.

La glándula mamaria es muy eficiente en tomar aminoácidos de la circulación materna para la síntesis de la proteína de la leche (3).

Existen poderosas evidencias de que el ciclo gama glutamilo es un sistema transportador de aminoácidos en la glándula mamaria (4). El ciclo gama glutamilo fue originalmente propuesto por Meister (5), quien sugiere que sirve como un mecanismo para el transporte de algunos aminoácidos. La gama glutamil transpeptidasa (GGTP) (E.C.2.3.2.2.) es una enzima del ciclo gama glutamilo cuya principal función es catalizar la utilización inicial del glutatión (GSH) (6). La reacción entre el GSH y la GGTP involucra la transferencia de un segmento gama glutamilo a un aminoácido o péptido receptor (7). De acuerdo con ello, la GGTP cataliza la formación de gama glutamil aminoácidos, los que son transportados hacia dentro de la célula y liberados intracelularmente (6). Si el ciclo funciona como un transportador de aminoácidos, es posible que los factores que afectan al mecanismo de captura de aminoácidos por la glándula mamaria, afecte la actividad de la GGTP.

A partir de estos antecedentes, estudiamos el efecto de la desnutrición crónica materna en la actividad de GGTP en la glándula mamaria durante la preñez y al inicio de la lactancia y su relación con la ganancia de peso del recién nacido durante los primeros días de su vida postnatal.

MATERIAL Y METODOS

Animales

Se tomaron 140 ratas hembras recién destetadas de la cepa Wistar, y éstas se dividieron en dos grupos equivalentes. El grupo control (C) recibió *ad libitum* una dieta preparada con caseína al 25o/o y suplementada con 0.3o/o de DL metionina (Tabla 1), durante todo el experimento. Otro grupo de ratas se alimentaron con la misma dieta en forma restringida durante todo el estudio, entregándoles diariamente sólo el 50o/o de lo ingerido por el grupo C, y considerando los gramos consumidos por 100 gramos rata control, este grupo restringido se consideró como grupo desnutrido (D). Cuando ambos grupos alcanzaron pesos promedio de 150 ± 10 g el grupo control a los 50, y el desnutrido a los 80 días de edad, se

TABLA 1

COMPOSICION DE LA DIETA EXPERIMENTAL

Ingredientes	g/kg
Caseína[1]	250
DL-metionina	3
Maicena	247
Sacarosa	125
Chuño	75
Aceite de maíz	50
Aceite vegetal hidrogenado	100
Mezcla vitaminas liposolubles[2]	20
Mezcla vitaminas hidrosolubles[3]	30
Mezcla mineral[4]	50
Celulosa	50

1 Caseína libre de vitaminas, obtenida de Sigma Chemical Co. Aporta 86o/o de proteína.

2,3,4 Mezclas vitamínicas y minerales informadas en *Arch. Latinoamer. Nutr, 28:* 264-288, 1978.

cruzaron con machos control. Se consideró día 0 de la preñez el momento en que se detectaron espermatozoides en la vagina, ocasión en la que se aisló al macho.

Las ratas preñadas se ubicaron en jaulas individuales, se controló la ingesta de la dieta en el grupo control; al desnutrido se le ofreció sólo la mitad de esa misma dieta considerando los gramos de dieta consumidos por 100 gramos rata (g día/100 g). Se registró el peso diariamente, controlando además la temperatura (25oC), la humedad (75o/o) y la luz (12 hr luz/12 hr oscuridad) del vivero.

Todos los grupos tuvieron libre acceso al agua de bebida. Durante la lactancia e inmediatamente después del parto, las crías recién nacidas se pesaron y se ajustó la camada a ocho individuos por nodriza en ambos grupos, C y D. A los cinco días postnatales se pesaron las crías para obtener la ganancia de peso.

Obtención y Preparación de la Glándula Mamaria

A los 16, 18 ó 20 días por gestación, y al 5o día de lactancia, las ratas madres fueron sacrificadas, o por lo menos 15 ratas en cada oportunidad. Todos los grupos se sacrificaron a las 9 de la mañana, previo ayuno de 12 horas.

Se extirparon las glándulas mamarias en su totalidad, se pesaron y se procesaron para el estudio enzimático y para determinación de GSH y DNA.

Ensayo de la Gama Glutamil Transpeptidasa y Glutatión

La glándula mamaria fue homogeneizada en 5 volúmenes de buffer Tris/HCl pH 8.0 que contenía 8mM de $mgCl_2$ en frío (0°C). El homogeneizado se usó para determinar la actividad de GGTP. La actividad de GGTP fue medida espectrofotométricamente a 37°C observando la liberación de p-nitroanilida desde un donador gama glutamilo artificial, la gama glutamil paranitroanilida (8). Una unidad de enzima se define como un micromol de paranitroanilida liberada por minuto. La concentración de GSH se determinó por el método de Anderson y Meister (9). La DNA se determinó según Burton (10), y la proteína, de acuerdo con Lowry *et al.* (11). Los resultados fueron analizados estadísticamente, según la prueba "t" de Student.

RESULTADOS

La Tabla 2 informa la evolución del peso de las glándulas mamarias (abdominal e inguinal), en la preñez y lactancia y su contenido de DNA y proteína. Los resultados indican un aumento significativo en el peso de la glándula mamaria a partir del día 20 de preñez, duplicándose el valor al día 5° de lactancia en el grupo control. En el grupo desnutrido, aunque hubo un leve aumento del tamaño de la glándula mamaria durante el progreso de la gestación, éste fue casi impercetible; sólo al 5° día de lactancia aumentó al doble el valor del peso observado al día 16 post-concepción. Todos los pesos de glándula mamaria del grupo desnutrido —en cualquier etapa del estudio— fueron significativamente menores que los del grupo control. El contenido de DNA y de proteína siguieron la misma tendencia observada con el peso de glándula mamaria. El DNA y la proteína duplicaron el valor al día 5° de lactancia respecto al día 20 de preñez en ambos grupos, siendo este aumento significativamente inferior en el grupo desnutrido.

La actividad de la GGTP y el contenido de GSH durante el desarrollo de la glándula mamaria señalan un incremento progresivo de la actividad transpeptidásica durante la preñez, observándose un dramático aumento al 5° día, desde el inicio de la lactancia en el grupo control (Tabla 3). El grupo D exhibió una tendencia similar, pero con actividades significativamente menores, demostrando diferencias significativas a los días 16 y 20 post-gestación, y al día 5° de lactancia. El GSH, expresado por gramo de tejido mamario, fue similar en los dos grupos.

El contenido GSH de la glándula mamaria experimentó un aumento significativo en ambos grupos entre el día 16 y 18 post-gestación, seguido de una significativa disminución en el período comprendido entre los días 18 y 20 de la preñez ($P \ll 0.001$). Luego, al 5° día de lactancia se registraron concentraciones significativamente superiores a las encontradas en cualquiera de las etapas estudiadas durante la preñez.

El peso de las crías al nacer y su ganancia de peso al 5° día postnatal, alimentadas por sus propias madres pero ajustadas en ambos grupos a ocho crías por camada desde el momento de nacer, se informa en la Tabla 4. Además, se muestra la ganancia ponderal de las ratas madres al final de la preñez y al 5° día de lactancia respecto al peso postparto. Puede

TABLA 2

PESO Y CONTENIDO DE DNA Y PROTEINA DE LA GLANDULA MAMARIA A LOS 16, 18 Y 20 DIAS POST-CONCEPCION Y AL 5º DIA DE LACTANCIA EN RATAS CONTROL Y DESNUTRIDAS

Edad materna (días)	Edad (día) postconcepción y postparto	Estado fisiológico	Glándula mamaria de ratas control		
			Peso total (g)	DNA (mg/g)	Proteína (mg/g)
66	16	Preñez	$3.77^{a} \pm 1.47$	$6.82^{a} \pm 0.57$	$277^{a} \pm 32$
68	18	Preñez	$4.56^{a} \pm 1.93$	$9.51^{a} \pm 0.73$	$380^{a} \pm 29$
80	20	Preñez	$6.72^{a} \pm 2.45$	$23.32^{a} \pm 2.18$	$609^{a} \pm 43$
85	5	Lactancia	$11.12^{a} \pm 3.17$	$53.60^{a} \pm 4.93$	$1370^{a} \pm 127$
			Glándula mamaria en ratas desnutridas		
96	16	Preñez	$2.27^{a} \pm 1.15$	$5.24^{b} \pm 0.48$	$174^{b} \pm 23$
98	18	Preñez	$2.94^{b} \pm 1.43$	$7.85^{b} \pm 0.93$	$268^{b} \pm 29$
100	20	Preñez	$3.69^{b} \pm 1.52$	$15.09^{b} \pm 1.07$	$371^{b} \pm 36$
105	5	Lactancia	$5.14^{b} \pm 1.86$	$31.82^{b} \pm 4.15$	$716^{b} \pm 82$

Los valores son promedios ± una desviación estándar de 15 determinaciones diferentes. Los promedios no significativamente diferentes, tienen la misma letra sobreescrita en sentido vertical. Al comparar el grupo control con el desnutrido, el nivel de significancia considera valores menores de $P < 0.01$.

advertirse que las madres del grupo desnutrido ganaron el 57o/o del peso logrado por el grupo control durante la preñez, pero durante la lactancia mantuvieron el peso post-parto; en cambio las nodrizas control ganaron peso durante dicho período. El peso de las crías de madres desnutridas, al nacer y al 5º día de vida postnatal fue significativamente menor que el de las crías del grupo control.

TABLA 3

CONTENIDO DE GLUTATION Y ACTIVIDAD DE GAMA GLUTAMIL TRANSPEPTIDASA EN GLANDULA MAMARIA A DIFERENTES ESTADOS DE LA PREÑEZ Y LACTANCIA EN RATAS CONTROL Y DESNUTRIDAS

Estado fisiológico	Ratas control	
	GSH (mg/g tejido)	GGTP* (µg/g tejido)
Preñez 16 días	a 0.87± 0.06	a 1.40 ±0.11
Preñez 18 días	a 0.95 ±0.09	a 2.28 ±0.19
Preñez 20 días	a 0.60 ±0.07	a 4.91 ±0.15
Lactancia (5º día)	a 1.46 ±0.23	a 8.74 ±0.65
	Ratas desnutridas	
Preñez 16 días	a 0.74 ±0.06	a 1.27 ±0.08
Preñez 18 días	b 0.90 ±0.07	b 2.18 ±0.17
Preñez 20 días	b 0.57 ±0.08	b 3.86 ±0.18
Lactancia (5º día)	b 1.39 ±0.18	b 7.47 ±0.33

Los valores son promedios ± una desviación estándar de 15 determinaciones diferentes. Al comparar las ratas control con las desnutridas de la misma edad gestacional o postparto, los datos no significativos estadísticamente ($P < 0.05$) tienen la misma letra sobreescrita.

* µg = Micromoles de sustrato transformado. * (< gama glutamil p-nitroanilida) por minuto a 37ºC en el homogeneizado de glándula mamaria en buffer Tris 0.1 M en una relación 1:4 (peso/vol.).

DISCUSION

Los resultados de este estudio demostraron que la desnutrición calórico-proteínica impuesta a la madre desde temprana edad, disminuyó el crecimiento y desarrollo de la glándula mamaria, evidenciado por el menor tamaño, contenido de DNA y proteína. Estos hallazgos son consistentes

TABLA 4

GANANCIA DE PESO MATERNO DURANTE LA PREÑEZ Y LACTANCIA, PESO AL NACER, Y GANANCIA DE PESO DE LAS CRIAS A LOS 5 DIAS DE VIDA POSTNATAL, DE RATAS CONTROL Y DESNUTRIDAS

	Ratas	
	Control	Desnutridas
Ganancia de peso materno al final de la preñez (g)	a 106.7± 11.0	b 60.72± 9.35
Ganancia de peso materno a los 5 días de lactancia (g)	a 18.17± 5.92	a -0.33± 3.69
Peso al nacer una cría (g)	a 5.45± 0.49	b 4.71± 0.25
Peso al 5º día postnatal (g)	a 9.09± 0.77	b 7.41± 0.79
Ganancia de peso (g)	a 0.73± 0.05	b 0.54± 0.02

Valores promedio ± una desviación estándar de 15 determinaciones diferentes.
Ratas control (a) versus desnutridas (b), $P < 0.01$.

con los informados por Ravi y Ganguli (12). La desnutrición materna también afectó la actividad de la GGTP en la glándula mamaria, pero mantuvo la concentración de GSH por gramo de órgano.

El ciclo gama glutamil ha sido postulado como un mecanismo de transporte de algunos aminoácidos y peptidos en la glándula mamaria (8). La menor actividad de la transpeptidasa evidenciada en el grupo desnutrido, permitiría postular que el sistema de transporte de algunos aminoácidos estaría disminuido en las glándulas de ese grupo.

El notable aumento de la actividad de GGTP al 5º día de lactancia fue evidente en ambos grupos de ratas, siendo significativamente inferior en el grupo desnutrido. Este aumento de la actividad de la GGTP cuando se establece la lactancia, ya había sido comunicado por Puente *et al.* (13). Se ha documentado, además, que la actividad de esta enzima corre paralela con la captación de aminoácidos en el tejido mamario (14).

La secreción láctea de una nodriza generalmente se ha deducido de la ganancia de peso de las crías, al menos en ratas de laboratorio (15). Asimismo, se ha informado que el primer factor que reduciría el volumen de leche secretada sería la restricción de calorías y/o proteína (16). En una revisión sobre composición de la leche en nodrizas de comunidades pobres, no se detectaron diferencias entre el contenido de proteína y lactosa con el de la leche de nodrizas bien alimentadas (17).

Ya que según algunos investigadores la restricción calórico-proteínica no afecta la composición de la leche, el hallazgo en este estudio de una baja actividad de GGTP en la glándula mamaria, indicaría que uno de los sistemas involucrados en el transporte de aminoácidos estaría deprimido y, por lo tanto, la secreción láctea podría estar disminuida a causa de una menor síntesis de proteína de leche. Apoya esta hipótesis el menor crecimiento de las crías alimentadas por sus madres desnutridas durante los primeros cinco días de vida postnatal. Varias investigaciones han demostrado que la deficiencia de aminoácidos limita la producción de leche en animales de vivero (18).

En este estudio, es probable además, que la desnutrición limitara la disponibilidad de aminoácidos en la sangre materna para la síntesis proteínica en la glándula mamaria.

La restricción calórico-proteínica crónica de la madre durante la preñez y la lactancia provocó cambios dramáticos en la ganancia de peso materno y en el desarrollo de la glándula mamaria, así como en la actividad de una enzima mamaria a la cual se le atribuye un rol importante en el transporte de algunos aminoácidos.

Se ha comunicado recientemente (19) que el consumo de dietas restringidas, por la nodriza, durante siete días de lactancia, provoca cambios en las actividades específicas (ug/mg prot.) de por lo menos 15 enzimas de glándula mamaria, y estando simultáneamente disminuída la producción de leche. En cambio, la composición de la leche no fue diferente a la de las ratas control.

No se discute en el estudio objeto de esta comunicación, las influencias hormonales por efecto de la desnutrición calórico-proteínica en la disminución de la actividad de GGTP en glándula mamaria.

SUMMARY

GAMMA GLUTAMYL TRANSPEPTIDASE ACTIVITY AND GLUTATHIONE CONTENT IN THE MAMMARY GLAND OF CHRONICALLY MALNOURISHED RATS DURING PREGNANCY PROGRESS AND LACTATION

The influence of early and chronically dietary protein and energy restriction on gamma glutamyl transpeptidase (GGTP: E.C.2.3.2.2.) activity of the mammary gland of pregnant and lactating rats, was studied. Rats fed a restricted amount of a 25% casein diet throughtout gestation and lactation decreased mammary gland weight, DNA, and protein content. The GGTP activity in the mammary gland of the malnourished group was significantly decreased during all of the experimental trial period, and a decrease of offspring weight gain was also observed in that group. The inhibition of GGTP activity in the mammary gland caused by effects of maternal protein and energy undernutrition, could have depressed mammary uptake of amino acids, suggesting a reduced milk protein content and/or milk output.

BIBLIOGRAFIA

1. Society for Pediatric Research. Promotion of breast feeding: Recommendations of the Councils of the Society for Pediatric Research and American Pediatric Society, and of the American Academy of Pediatrics. **Pediatr. Res., 16**: 264-265, 1982.
2. Romero, J. J., R. Canas, R. L. Baldwin & L. J. Koong. Lactational efficiency complex of rats: Provisional model for interpretation of energy balance data. **J. Dairy Sci., 59**: 57-57, 1976.
3. Viña, J., I. R. Puertes, J. M. Estrela, J. R. Viña & J. L. Galbis. Involvement of gamma glutamyl-transferase in amino acid uptake by the lactating mammary gland of the rat. **Biochem. J., 194**: 99-102, 1981.
4. Viña, J. & J. R. Viña. Role of gamma glutamyl-transpeptidase in the regulation of amino acid uptake by mammary gland of the lactating rat. In: **Functions of Glutathione, Biochemical, Physiological, Toxicological and Chemical Aspects.** A. Larson, *et al.* (Eds.). New York, N. Y., Raven Press, 1983, p. 23-30.
5. Meister, A. On the enzymology of amino acid transport. **Science, 180**: 33-39, 1973.
6. Tate, S. C. & A. Meister. Gamma glutamyl-transpeptidase: Catalytic, structural and functional aspects. **Mol. and Cell. Biochem., 39**: 357-368, 1981.
7. Tate, S. S. & A. Meister. Interaction of gamma glutamyl-transpeptidase with amino acids dipeptides and derivatives and analogs of glutathione. **J. Biol. Chem., 249**: 7593-7602, 1974.
8. Allison, P. D. Evidence that transpeptidation is a significant function of gamma glutamyl-transpeptidase. **J. Biol. Chem., 256**: 2992, 1981.
9. Anderson, M. E. & A. Meister. Dynamic state of glutathione in blood plasma. **J. Biol. Chem., 255**: 9530-9533, 1980.
10. Burton, K. A study of the conditions and mechanism of diphenylamine reaction for the calorimetric estimation of deoxyribonucleic acid. **Biochem. J., 62**: 315-323, 1956.
11. Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr & R. J. Randall. Protein measurement with the folin phenol reagent. **J. Biol. Chem., 193**: 265-275, 1951.
12. Ravi, R. T. & N. C. Ganguli. Effect of dietary protein restriction on chromatin protein of rat mammary gland. **J. Nutr., 110**: 144-151, 1980.
13. Puente, J., M. S. Vargas, G. Beckaus & M. Sapag-Hagar. Gamma glutamyl-transpeptidase activity and cyclic AMP levels: In rat liver and mammary gland during lactogenic cycle and in oestradiol-progesterone pseudo-induced pregnancy. **FEBS Lett., 99**: 215-218, 1979.
14. Viña, J., I. R. Puertes, G. T. Sáez & R. Viña. Role of prolactin in amino acid uptake by the lactating mammary gland of the rats. **FEBS Lett., 126**: 250-252, 1981.
15. Sampson, D. A. & G. P. Jansen. Protein and energy nutrition during lactation. **Ann. Rev. Nutr., 4**: 43-67, 1984.
16. Jansen, G. R. & W. C. Monte. Amino acid fortification of bread fed at varying levels during gestation and lactation in rats. **J. Nutr., 107**: 300-309, 1977.
17. Jelliffe, D. B. & E. F. P. Jelliffe. The volume and composition of human milk in poorly-nourished communities. A review. **Am. J. Clin. Nutr., 31**: 492-515, 1978.
18. Shingoethe, D. J., E. C. Hageman & B. L. Larson. Essential amino acids for milk protein synthesis in the *in vitro* secretory cell and stimulation by elevated levels. **Biochem. Biophys. Acta, 148**: 469-674, 1967.

19. Murray, R. G., J. E. Allan, J. M. Carington, A. Curne, A. Geursen, D. Young, M. P. Thompson, E. B. Haynes & R. Coleman. Effect of dietary protein and food restriction on milk production and composition, maternal tissue and enzymes in lactating rats. **J. Nutr., 117** 1249-1258, 1987.

ESTUDIO TERATOGENICO DE *Spirulina* EN RATA

Germán Chamorro[1], *María Salazar*[2] *y Silvia Salazar*[2]

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional (IPN)
México D. F., México

RESUMEN

El alga *Spirulina* es considerada como un complemento proteínico para uso humano y animal.

Todas las proteínas unicelulares destinadas a este propósito deben someterse previamente a investigaciones toxicológicas detalladas, en animales de laboratorio u otros modelos experimentales. Como parte de esas investigaciones, el objetivo del presente estudio fue el de evaluar su potencial teratogénico en ratas.

El alga fue administrada en la dieta a concentraciones de 0, 10, 20 y 30 g/100 g durante los días 7-14, 1-14, y 1-21 de la gestación. Las hembras fueron sacrificadas antes de término, y los fetos examinados con el fin de detectar anormalidades externas, viscerales y esqueléticas. Según se determinó, los pesos maternal y fetal no se vieron afectados, y tampoco se produjo feto-toxicidad o teratogenicidad. Se considera importante llevar a cabo estos mismos estudios en otras especies animales.

INTRODUCCION

Las proteínas unicelulares obtenidas de bacterias, levaduras y algas se consideran, en algunos casos, como posibles suplementos proteínicos para consumo humano y animal.

El uso del alga *Spirulina* se conoce desde hace algunas centurias, ya que formaba parte de la alimentación de los Aztecas, quienes la consumían en forma de un queso llamado "Tecuitatl", palabra que en lengua

Manuscrito modificado recibido: 7–7–88.

1 Profesor Investigador, Cátedras de Toxicología de Alimentos y Toxicología Preclínica, Sección de Graduados de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (IPN), Apartado Postal 105-314, Código Postal 11581, México D. F., México.

2 Profesor Investigador del Laboratorio de Toxicología Preclínica, Depto. de Farmacia, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.

nahuatl significa "excremento de piedra" (1). Hoy se incluye en la dieta de los nativos que habitan en las orillas del lago Chad en Africa Central (2, 3). Desde el punto de vista nutricional, esta alga representa una fuente de alto contenido en proteínas (60-71 g/100 g), con una composición satisfactoria de aminoácidos (4).

Ante la eventualidad de los efectos indeseables en el hombre y en el animal que el consumo de proteínas no convencionales pueda tener, algunos organismos internacionales han recomendado una serie de estudios preclínicos de toxicología, independientemente de que tengan seguridad aparente (5, 6).

Como parte de ellos, los experimentos de toxicología analítica y toxicología biológica efectuados con *Spirulina* en animales de laboratorio, han demostrado ausencia de toxicidad (7-9). Recientemente, se informó, también que el tratamiento de tres generaciones sucesivas de ratas con esta alga, no produjo alteraciones en los índices de gestación, viabilidad y lactancia (10).

Con el fin de continuar los trabajos sobre toxicología de la reproducción, el propósito del presente estudio fue el de investigar el eventual efecto de la *Spirulina* sobre la descendencia, administrada a la madre en diferentes períodos de la gestación.

MATERIAL Y METODOS

La muestra de *Spirulina* utilizada en este estudio fue proporcionada por la Compañía Sosa Texcoco (México D. F., México) y consistió de alga seca en polvo, perteneciente a un mismo lote de producción.

Se utilizaron ratas Wistar primíparas cuyo peso era de 210 ± 20 g. Antes de iniciar el experimento y durante éste, los animales permanecieron en locales con ambiente controlado (temperatura de 22± 1ºC, ciclos de luz/obscuridad de 12 horas cada uno, y 60º/o de humedad relativa, proporcionándoles agua y alimento *ad libitum).* Luego de dos semanas de aclimatación, las hembras fueron apareadas de las 18:00 a las 9:00 horas del día siguiente, con machos de fertilidad comprobada. El acoplamiento fue verificado por la presencia de espermatozoides en el frotis vaginal, denominándose como día 1º de la gestación en caso positivo. Las hembras acopladas se repartieron aleatoriamente en cuatro lotes, los que recibieron dietas que contenían 0, 10, 20 y 30 g/100 g de *Spirulina,* principalmente por sustitución de la harina de soya, según se indica en la Tabla 1.

Las dietas fueron suministradas del 7-14, 1-14 y 1-21 días de la gestación (períodos A, B y C, respectivamente). Las hembras se pesaron los días 1, 7 y 14 y el día del sacrificio, que fue el 21. Después del sacrificio se practicó una cesárea para extraer los fetos, que se contaron, pesaron y anotaron si estaban vivos o muertos. Se sometieron a un examen minucioso con el fin de detectar malformaciones externas. Para observar las malformaciones internas se procedió según la técnica de cortes seriados de Wilson (11), que comprendió cabeza, tórax y abdomen. A este procedimiento se destinó aproximadamente dos tercios del número total de los fetos. Para el análisis del esqueleto se recurrió al método de coloración con alizarina, según Dawson, modificado por Staples (12), destinándose a

TABLA 1

COMPOSICION PORCENTUAL DE LA DIETA

Ingredientes	Dieta testigo	Dieta con *Spirulina*		
Alga *Spirulina*	—	10.0	20.0	30.0
Harina de pescado	8.0	8.0	8.0	8.0
Harina de soya	44.4	29.6	14.0	—
Trigo molido	33.5	35.8	37.8	39.1
Maíz amarillo molido	11.2	11.9	12.7	13.2
Harina de alfalfa	—	2.0	5.0	6.6
Aceite de maíz	1.6	1.6	1.6	1.6
Vitaminas y minerales	0.7	0.7	0.7	0.7
Lisina	0.6	0.4	0.2	—
Metionina	—	—	—	0.1
Fosfato monosódico	—	—	—	0.7

este examen el tercio restante. El recuento de implantaciones en el útero se hizo de acuerdo al procedimiento de Salewsky (13).

La significancia de las diferencias entre los animales tratados y testigos, se determino mediante prubas de X^2 o la prueba "t" de Student, dependiendo de la naturaleza de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aumento Ponderal

Los resultados del incremento ponderal de las madres que ingirieron *Spirulina* en los diferentes períodos de la gestación se muestran en la Tabla 2. Según se observa, la ingestión del alga durante el período de organogénesis, es decir, del 7-14 día, no alteró el peso, y su evolución continuó hasta el día del sacrifício en forma similar a los testigos. Cuando el alga se suministró a 20 g/100 g del 1-14, los animales pesaron significativamente más que los testigos los días 7 y 14, pero terminado el tratamiento desapareció la diferencia. Esto se volvió a observar con la administración durante todo el período de gestación. En este caso, la concentración de 30 g/100 g fue la que ocasionó la diferencia significativa hasta el día 7, efecto que no se presentó posteriormente. En experimentos llevados a cabo por Contreras (4) con concentraciones de 40 g/100 g, las ratas aumentaron de peso en forma ligeramente superior a los testigos cuya fuente de proteínas era la caseína. Aun cuando el estudio que nos ocupa trata de animales gestantes, es evidente el buen aprovechamiento de la proteína y la ausencia anticipada de toxicidad embrionaria.

TABLA 2

PORCENTAJE DE AUMENTO PONDERAL DE RATAS ALIMENTADAS CON *SPIRULINA* EN DIFERENTES PERIODOS DE LA GESTACION

Spirulina (g/100 g)	Períodos de tratamiento y dias de pesadas											
	A				B				C			
	Nº	7	14	21	Nº	7	14	21	Nº	7	14	21
Testigo	18	4.0	14.8	36.7	17	3.8	15.2	35.7	19	4.3	16.2	31.9
10	18	3.8	13.8	33.8	17	4.3	16.7	38.0	20	3.8	12.4	30.5
20	21	4.3	15.2	37.1	21	8.6[a]	18.6[b]	37.1	19	3.8	12.9	34.8
30	19	5.2	12.8	37.1	21	4.3	14.8	37.1	18	8.0	15.7	34.7

A = 7-14 días, B = 1-14 días, y C = 1-21 días.
Nº = Número de animales.
Diferencia significativa (prueba "t" de Student) en relación a los testigos: a = $P < 0.05$; b = $P < 0.01$.

Efecto sobre la Reproducción

La administración de la *Spirulina* del 7º al 14º día de la gestación no provocó alteración en los parámetros señalados en la Tabla 3. En efecto, no se encontró diferencia con los testigos en lo que respecta al número de camadas afectadas, ya sea porque hubiesen reabsorciones embrionarias, fetos anormales o simultaneamente reabsorciones y anormales. De la misma forma, interpretados los resultados en base al número de fetos afectados, ya fuese porque fueron reabsorbidos o porque eran anormales, tampoco se encontró diferencia con los testigos. En la Tabla 4 –que se refiere a la administración del alga durante los dos primeros tercios de la gestación– se nota que el promedio del peso fetal de madres tratadas con la dieta que contenía *Spirulina* (30 g/100 g) fue superior al peso de los testigos. Este dato, sin embargo, no coincidió con el aumento ponderal de las madres respectivas ni con un tamaño reducido de la camada, significando, por lo tanto, un efecto de la cianobacteria sobre el crecimiento fetal. Este incremento también se observó en los fetos de madres tratadas durante toda la gestación (Tabla 5), en donde las concentraciones de 10 y 30 g/100 g aumentaron el peso, efecto que no se logra con la concentración intermedia.

Cabe indicar que en todos los períodos de administración sujetos a experimentación, el número de madres afectadas fue elevado, al igual que el número de fetos. Esto se debe a que para la interpretación de los resultados se tuvieron en cuenta conjuntamente las reabsorciones y las anomalías de todo tipo, incluídos hematomas, falta de osificación, y desplazamiento de órganos, lo que –aun cuando no constituye precisamente una malformación– es conveniente considerarlas.

TABLA 3

EFECTO DE LA *SPIRULINA* SOBRE LA REPRODUCCION EN RATAS, ADMINISTRADAS DEL 7º AL 14º DIA DE LA GESTACION

Observaciones	*Spirulina* (g/100 g)			
	Testigo	10	20	30
Fecundadas:	19	20	22	21
— Con camada normal	15	15	16	16
— Con camada afectada	4	5	6	5
— Por reabsorciones[e]	1	2	1	2
— Por fetos anormales[e]	2	2	2	1
— Por reabsorciones y anormales[s]	1	1	1	2
Total de implantaciones	195	210	218	233
Implantaciones/madre	10.3 ± 2.2	10.5 ± 2.6	9.9 ± 2.4	10.6 ± 2.0
Total fetos	175	187	195	195
Fetos/madre	9.2 ± 2.5	9.3 ± 2.6	8.9 ± 2.5	9.3 ± 2.3
Fetos normales	169	180	190	190
Fetos afectados:	26	30	28	33
— Por anormalidades	6	7	5	5
— Por reabsorciones	20	23	23	28
Peso promedio fetal (g)	3.2 ± 0.3	3.2 ± 0.3	3.3 ± 0.4	3.3 ± 0.3

e = Exclusivamente.
s = Simultáneamente.

El tipo de malformaciones encontradas en los fetos se describe en la Tabla 6. Según se observa, muchas de ellas se encuentran indistintamente repartidas en lotes testigos y en los tratados con *Spirulina*. Este es el caso de los fetos con costillas deformes, edema y hematomas. Como malformaciones particulares no encontradas en el lote testigo, se tuvieron casos de celosomia, costillas extras, costillas reducidas, edema e hidronefrosis. No obstante, la incidencia de estas anormalidades fue muy baja y corresponde a los estándares espontáneos encontrados en rata, no pudiendo, por lo tanto, ser atribuibles a un efecto del alga.

TABLA 4

EFECTO DE LA *SPIRULINA* SOBRE LA REPRODUCCION EN RATAS, ADMINISTRADA DEL 1º AL 4º DIA DE LA GESTACION

Observaciones	*Spirulina* (g/100 g)			
	Testigo	10	20	30
Fecundadas:	25	20	24	22
— Con camada normal	16	15	17	16
— Con camada afectada:	9	5	7	6
— Por reabsorciones[e]	8	3	3	1
— Por fetos anormales[e]	1	1	4	5
— Por reabsorciones y fetos anormales[s]	0	1	0	0
Total de implantaciones	284	201	241	219
Implantaciones/madre	11.4± 2.6	10.0± 2.3	10.0± 1.9	9.9 ±2.0
Total de fetos	240	178	224	209
Fetos/madre	9.6± 1.9	8.9± 2.1	9.3± 1.8	9.5 ±2.2
Fetos normales	239	176	219	203
Fetos afectados	45	25	22	16
— Por anormalidades	1	2	5	6
— Por reabsorciones	44	23	17	10
Peso promedio fetal (g)	3.1 ± 0.4	3.2 ± 0.4	3.1 ± 0.3	3.3 ±0.3[a]

e = Exclusivamente.
s = Simultáneamente.
a = Diferencia significativa (prueba "t" de Student) con los testigos: $P < 0.05$.

Así, la *Spirulina*, ingerida por ratas en los tres períodos de gestación, no provocó efectos deletéreos en los fetos. Estos resultados y los notificados previamente, muestran una buena posibilidad en cuanto a la inocuidad del alga para consumo humano y animal durante la gestación. Es necesario, sin embargo, extender estos mismos estudios a otras especies animales.

TABLA 5

EFECTO DE LA *SPIRULINA* SOBRE LA REPRODUCCION DE RATAS, ADMINISTRADAS DEL 1º AL 21º DIA DE LA GESTACION

Observaciones	*Spirulina* (g/100 g)			
	Testigo	10	20	30
Fecundadas:	22	23	25	23
— Con camada normal	15	16	16	15
— Con camada afectada:	7	7	9	8
— Por reabsorciones[e]	3	3	6	5
— Por fetos anormales[e]	3	3	2	2
— Por reabsorciones y fetos anormales[s]	1	1	1	1
Total de implantaciones	230	211	240	217
Implantaciones/madre	10.4 ±2.0	9.1± 1.8	9.6 ±1.9	9.4 ±1.9
Total de fetos	193	180	182	177
Fetos/madre	8.7 ±1.8	7.8± 1.7	7.2 ±1.7	7.6 ±1.7
Fetos normales	189	176	179	175
Fetos afectados:	41	35	65	42
— Por anormalidades	4	4	3	2
— Por reabsorciones	37	31	62	40
Peso promedio fetal (g)	3.0 ±0.4	3.2 ± 0.3	2.9 ±0.3	3.2 ± 0.3[a]

e = Exclusivamente.

s = Simultáneamente.

a = Diferencia significativa (prueba "t" de Student) con los testigos: $P < 0.05$.

TABLA 6

DESCRIPCION E INCIDENCIA DE ANORMALIDADES EN FETOS PROVENIENTES DE RATAS TRATADAS CON *SPIRULINA* EN DIFERENTES PERIODOS DE LA GESTACION

Anormalidad	Período de tratamiento y concentración de *Spirulina* (g/100 g)											
	A				B				C			
	T	10	20	30	T	10	20	30	T	10	20	30
Celosomía						1				1	2	
Costillas deformes	2		1				1	2	1	1		
Costillas extras				2			2				1	
Costillas fusionadas					1			1				
Costillas reducidas			2						2			
Ectopia testicular	1											
Edema		1	1	1[m]				1[m]			1	1
Extremidades deformes										1		
Hematomas	2	2		1[m]		1	1					
Hidrocefalia		1[m]							1	1		
Hidronefrosis		1	1				1	2				1
Micrognatia								1[m]				
Osificación retardada	1	3		2								

T = Testigo. A = 7º - 14º días, B = 1º - 14º días, C = 1º - 21º días.
m = Mismo feto.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto "Planta Piloto Productora de Proteína de Alga *Spirulina* (10.387) y contó con el apoyo financiero de UNIDO y Compañía Sosa Texcoco. Asimismo, los autores agradecen al Dr. G. Fournier las facilidades brindadas para su ejecución.

SUMMARY

TERATOGENIC STUDY OF *SPIRULINA* IN RATS

The algae *Spirulina* has been considered for use as a supplementary protein to feed and food. Any form of single cell protein destined to this purpose should be previously subjected to detailed toxicological investigations in animals or another experimental models. The present study was therefore designed to determine the teratogenic potential of *Spirulina* in rats. The algae was administered in the diet at the levels of 0, 10, 20 and 30 g/100 g on days 7-14, 1-14 and 1-21 of gestation. The dams were sacrified prior to term, adn the fetuses examined for external, visceral and skeletal abnormalities.

Maternal and fetal weights were not affected. Neither fetotoxicity nor terato-

genicity was associated with the dietary ingestion of *Spirulina*. It is also considered important to extend these studies to other animal species.

BIBLIOGRAFIA

1. Bourges, H., A. Sotomayor, E. Mendoza & E. Chávez. Utilization of the algae *Spirulina* as a protein source. **Nutr. Reps. Internat., 4**: 31-34, 1971.
2. Santillán, C. Mass production of *Spirulina*. **Experientia, 38**: 40-43, 1982.
3. Becker, E. W., B. Jakober, D. Luft & R. M. Schmulling. Clinical and biochemical evaluations of the algae *Spirulina* with regard to its application in the treatment of obesity. A double-blind cross-over study. **Nutr. Reps. Internat., 33**: 665-574, 1986.
4. Contreras, A., D. C. Herbert, B. G. Grubbs & I. L. Cameron. Blue-green algae *Spirulina*, as the sole dietary source of protein in sexually-maturing rats. **Nutr. Reps. Internat., 16**: 749-763, 1979.
5. Protein-Calorie Advisory Group (PAG). PAG-Guideline No. 6 on preclinical testing of novel sources of protein. **PAG Bulletin No. 6**, 1974.
6. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Proposed guidelines for testing of single cell protein destined as a major protein source for animal feed. (Information Bulletin). **Technical Report No. 12.** Oxford, IUPAC Secretariat, 1974.
7. Krishnakumari, M. K., H. P. Ramesh & L. V. Venkataram. Food safety evaluation of acute oral and dermal effects of the algae *Scenedesmus acutus* and *Spirulina platensis* on albino rats. **J. Food Prot., 44**: 934-935, 1982.
8. Brune, H. Single cell algae *Spirulina maxima* and *Scenedesmus acutus* as alone protein source for broilers. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 48, 3**: 143-154, 1982.
9. Becker, E. W. & L. V. Venkataram. Production and utilization of the blue-green algae *Spirulina* in India. **Biomass, 4**: 105-125, 1984.
10. Chamorro, G., M. Salazar, E. Izquierdo, S. Salazar & V. Ulloa. Multigeneration study on reproduction and lactation in rats fed with *Spirulina*. **Arch. Hydro. Beih., 20**: 165-171, 1985.
11. Wilson, J. G. Embryological considerations in teratology. In: **Teratology: Principles and Techniques.** J. G. Wilson and J. Warkany (Eds.). Chicago, Ill., The University of Chicago Press, 1965, p. 251-261.
12. Staples, R. E. & V. L. Schnell. Refinements in rapid clearing technic in the KOH – alizarin red S method for fetal bone. **Stain. Technol., 39**: 61-63, 1964.
13. Salewsky, E. Farmethoden zum makroskopischen Nachweisvon implantationsstellen am Uterus der Ratte. **Arch. Exp. Pathol. Pharmacol., 247**: 367, 1964.

NUEVOS LIBROS

Lipids in Modern Nutrition – Edited by Marc Horisberger and Umberto Bracco. Nestlé Nutrition Workshop Series, Volume 133. New York, N. Y., Raven Press, 1987, 266 p. Pasta dura. (Inglés). ISBN 0-88167-294-7. Precio en dólares: US$ 33.85.

El estudio de grasas y aceites dietarios es hoy día punto crucial de las numerosas investigaciones que en la actualidad se desarrollan en materia de nutrición, cardiología y epidemiología del cáncer. Su significado nutricional constituye el verdadero fondo de numerosos debates suscitados al respecto entre científicos y consumidores, ya que los lípidos forman hasta el 42% de nuestra ingesta calórica diaria. Así, cada vez se hace más aparente que los lípidos desempeñan un papel muy importante, ya que ejercen primordial influencia en parámetros fisiológicos vitales para la salud humana.

Por este motivo, la Nestlé está empeñada en, y dedica gran tiempo y esfuerzo al estudio del significado nutricional de los lípidos en los alimentos, con énfasis particular en áreas tales como metodología, bioquímica, metabolismo y fisiología de los mismos. Con el propósito de examinar y discutir los avances más recientes en la investigación de lípidos, organizó el Symposium en que se basa este volumen. Participaron autoridades de reconocido prestigio en la ciencia de los lípidos procedentes de Europa continental, Gran Bretaña, Estados Unidos, Canadá y la URSS, por lo que el libro —que representa el volumen 13 de la Serie de Seminarios sobre Nutrición de la Nestlé— con un total de 20 contribuciones científicas de tales expertos, da a conocer el estado del arte en cuanto al papel de los lípidos en la nutrición humana.

El volumen —editado por los Dres. Horisberger y Bracco, Director de Investigaciones y Director de Ciencias de Alimentos del Centro de Investigaciones Nestlé en Lausana, Suiza, respectivamente— reúne los hallazgos más recientes en lo referente al papel que desempeñan los lípidos dietarios. Los autores contribuyentes ofrecen una visión equilibrada del significado nutricional de los lípidos, considerando sus funciones como fuentes de ácidos grasos esenciales y portadores de componentes liposolubles. Además, evalúan la naturaleza y extensión de sus implicaciones en el cáncer, enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes mellitus tipo II.

Expone así una compilación de estudios a fondo sobre la absorción y metabolismo de los lípidos, y examina las acciones de lípidos específicos, así como intensificadores de su transporte. La naturaleza esencial de los ácidos grasos se pone de relieve en las discusiones acerca de su importancia en el desarrollo cerebral y nutrición infantil, al igual que los efectos de la dieta en el metabolismo de acidos grasos esenciales en personas de avanzada edad. A causa de que los lípidos actúan como portadores

de componentes liposolubles que juegan un papel crucial a nivel de la membrana, el libro considera el significado de las vitaminas A y E lipofílicas y de la fosfofatidicolina como un precursor de la acetilcolina cerebral. Además, se ha demostrado que los lípidos complejos como constituyentes de membrana ejercen vital influencia en las actividades enzimáticas de la misma, sistemas de transporte y estado oxidativo.

Se examinan y comentan ampliamente los aspectos patofisiológicos de los lípidos —en el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes mellitus tipo II— en particular, con referencia a los países occidentales. También se dedica cuidadosa atención a las relaciones entre los ácidos grasos esenciales y los trastornos nutricionales. El libro concluye por evaluar las implicaciones nutricionales de tecnologías de uso actual para el procesamiento y almacenaje de grasas.

En resumen, el volumen ofrece nuevos discernimientos en cuanto a las funciones de los lípidos dietarios, y presenta puntos de vista objetivos en lo referente a sus implicaciones patofisiológicas. Se estima como una lectura esencial para un amplio rango de clínicos e investigadores interesados en el papel que las grasas y aceites juegan en la dieta humana.

High-Density Lipoproteins: Physiopathological Aspects and Clinical Significance. – (Atherosclerosis Reviews, Volume 16). Edited by Alberico L. Gatapano, Gianfranco Salvioli, and Carl Vergani. New York, N. Y., Raven Press, 1987, 230 p. Pasta dura (Inglés). ISBN 0-88167-290-4. Precio en dólares: US$ 71.00.

Según reza el prefacio de este interesante volumen —el 16º de una serie sobre aspectos fisiológicos y significado clínico de las proteínas de alta densidad— el metabolismo de estas lipoproteínas (HDL) constituye un paso clave en la regulación del balance de colesterol en el cuerpo humano. Los datos epidemiológicos y clínicos al respecto indican que las HDL están involucradas en el "transporte invertido de colesterol" (reverse cholesterol transport) un sistema por el cual el colesterol regresa al hígado y es eventualmente excretado por las heces.

El libro tema de esta reseña examina el estado de conocimientos existente en cuanto al metabolismo de las HDL y cómo éste se relaciona con el transporte de colesterol. También identifica áreas de investigación que podrían ser muy productivas (receptores de HDL y procesamiento enzimático de apoproteínas en el plasma).

El primer capítulo constituye una visión general del sistema de las HDL, con particular énfasis en su estructura y metabolismo (Donald M. Small). El segundo capítulo (Angelo Scano) explora el papel de las enzimas proteolíticas intra- y extracelulares en la biogénesis y catabolismo de HDL en el plasma— campo de investigación que abre nuevas rutas orientadas a la comprensión de su metabolismo. En el tercer capítulo, A. Capurso *et al.* investigan la formación de partículas semejantes a las HDL después de la lipólisis de quilomicrones. Sidoli *et al.* abordan en el cuarto capítulo, la codificación de la estructura de genes para las apolipoproteínas y las características comunes de los genes humanos de las mismas. En los dos siguientes capítulos (quinto y sexto), Phillips y Rothblat —quinto— y Salvioli, Lugli y Pradelli —sexto— discuten los mecanismos por cuyo medio las HDL captan el colesterol de

tejidos cargados, y los procesos fisicoquímicos que son la causa básica de este fenómeno. Le siguen los capítulos séptimo (Schmitz, *et al.)* y octavo (Catapano), en los que los autores abordan los sitios de enlace de HDL en células macrófagas y otras. Esta investigación demuestra que los sitios en cuestión existen en diferentes tejidos, y que su procesamiento puede que dependa de un ciclo dentro de la célula que permite el descargo preferencial de colesterol. Calandra *et al.*, en el noveno capítulo, se centran en el polimorfismo de apo A-I la principal apolipoproteína de HDL en el plasma de animales de experimentación, y el papel de los procesos no enzimáticos en su determinación.

El significado clínico de HDL es comentado por Avogaro *et al.* (décimo capítulo) como es la importancia de las mutaciones apo A-I, y la forma en que afectan los niveles de HDL y la aterosclerosis. Manzato y colaboradores discuten la distribución de las HDL durante la lipemia alimentaria, un fenómeno relevante para la comprensión de los mecanismos que cooperan en determinar los niveles de HDL. Vergani aborda la hipo-alfalipoproteinemia, un síndrome originalmente descrito en una familia con bajos niveles de colesterol HDL y una frecuencia aumentada de enfermedad coronaria, y demuestra una aplicación de la biología molecular para la detección de un polimorfismo presente en el gene apo A-I que segrega con esa condición clínica.

El capítulo final revisa los mecanismos por los que las drogas lipolipidémicas pueden interferir con el catabolismo de HDL y pueden elevar el colesterol de las HDL. Surge la interrogante de si esta reacción es benéfica en términos del riesgo de enfermedad cardiovascular —interrogante que aún está sujeta a investigación.

Consideramos que este volumen será de gran interés para investigadores y estudiantes, tanto en el campo bioquímico como en el clínico, que se aproximan al campo del metabolismo de la lipoproteína.

Hypoglycemia. — Edited by D. Andreani, V. Marks and P. J. Lefebvre (Serono Symposia Publications from Raven Press, Volume 38). New York, N. Y., Raven Press, 1987, 328 p. Pasta dura (Inglés). ISBN 0-88167-321-8. Precio en dólares: US$ 58.00.

Después de un intervalo de siete años, se celebró nuevamente, en Roma, el Tercer Simposio Internacional sobre Hipoglicemia, ya que se consideró necesario discutir aspectos relevantes y en desarrollo, tales como la inmunología, interrelaciones neurológicas y aspectos forenses de la hipoglicemia, no abordados en reuniones previas. En particular, se pensó que la "hipoglicemia funcional" debería ser un punto primordial de discusión, a fin de esclarecer tanto lo que el término significa como lo que son sus manifestaciones clínicas. Durante largo tiempo esto ha sido objeto de arduos debates pero, hasta donde sabemos, nunca ha sido extensamente discutido en un forum científico de investigadores activos en el campo del metabolismo de carbohidratos.

Como base para la discusión a fondo del tema, se estimó apropiado enviar un cuestionario a determinado número de investigadores que han estado o siguen interesados en el estudio de la hipoglicemia desde un punto de vista clínico-patológico, para

conocer su opinión sobre varios aspectos de la hipoglicemia "funcional" y hasta para sondear la posibilidad de que el término fuese eliminado del vocabulario clínico.

Este volumen contiene una reseña de las respuestas de 33 investigadores que respondieron al cuestionario, y sus opiniones proporcionan una oportunidad única para discusión. El examen de los datos recolectados hace fácil comprender cuan necesaria era la clarificación —y aún lo es— de este tópico que a menudo es tan controversial. Las discusiones revelaron los diferentes puntos de vista de los que asistieron a la Reunión, a cuyo término se acordó preparar una declaración. Esta fue suscrita en nombre de todos los delegados, por el Profesor Werner Creutzfedldt, quien gentilmente aceptó elaborar un sumario de la discusión. Esta declaración forma parte del volumen y, creemos, proporcionará una buena base para comunicaciones futuras sobre el tópico.

La mayoría de los presentes estuvieron de acuerdo en la necesidad de estimular futuras investigaciones sobre las posibles causas de factores intensificadores que, se cree, desempeñan un papel importante en el desarrollo de las características clínicas de la hipoglicemia "funcional". La discusión de otros temas, consistente con el alto nivel de los trabajos expuestos en el Simposio, estimularán, indudablemente, futuras investigaciones. El libro contiene seis partes divididas en capítulos. Así, la primera parte, titulada "Hipoglicemia Funcional" incluye nueve capítulos. La segunda, "Aspectos Inmunológicos de la Hipoglicemia" incluye cinco; la tercera, titulada "Aspectos Forenses de la Hipoglicemia", cuatro. Las comunicaciones libres abordan 7 capítulos, y la Sesión de Carteles, 15.

Se sugiere a los interesados en obtener éste o cualquiera de los libros antes comentados, solicitarlos de Raven Press, 1185 Avenue of the Americas, New York, N. Y. 10036, adjuntado el cheque respectivo.

DE INTERES PARA LOS LECTORES

LA XIV REUNION INTERNACIONAL DEL GRUPO CONSULTIVO DE VITAMINA A (IVACG) SE CELEBRARA EN ECUADOR EN JUNIO DE 1991. LAS PERSONAS INTERESADAS EN PRESENTAR INFORMES CORTOS DE INVESTIGACIONES PUEDEN DIRIGIRSE A LAURIE LINDSAY, R.D., SECRETARIA DE IVACG, THE NUTRITION FOUNDATION, INC., 1126, SIXTEENTH STREET, N. W., WASHINGTON, D. C., 200336. LA INFORMACION DEBE ENVIARSE ANTES DEL 15 DE NOVIEMBRE DE 1990.

IX CONGRESO LATINOAMERICANO DE NUTRICION

"CONRADO F. ASENJO"

PRIMER CONGRESO IBEROPANAMERICANO DE NUTRICION

San Juan, Puerto Rico, Septiembre 22-26 de 1991

Para mayor información sobre el particular, se sugiere a los interesados escribir a:

G.P.O. Box 2156. San Juan, Puerto Rico 00936
Teléfono (809) 758-2525 Ext. 1433 y 1460. FAX (809)759-6719

INDICE GENERAL DEL VOLUMEN XXXIX, 1989

Página

EDITORIAL 5, 125, 235, 549

PREFACIO 237

TRABAJOS DE INVESTIGACION

NUTRICION HUMANA

Body weight of Pakistani infants reared on different feeding habits. — *Saeed Ahmad Nagra* 9

Consumo de leguminosas en preescolares: Efecto de la densidad energética y tipo de preparación. — *Marcela Alviña, Gloria Vera y Héctor Araya* . . . 129

Evaluación de la confiabilidad de las mediciones antropométricas. — *Gilda Pareja, Juán Rivera, Jean-Pierre Habicht y Hilda Castro* 241

Estado nutricional de niños preescolares guatemaltecos hospitalizados por infecciones respiratorias agudas. — *José Ramiro Cruz, Ricardo Sibrián, Vinicio Osorio y Carlos Cossich* 251

Enfermedad diarreica aguda y persistente, y sus consecuencias nutricionales en infantes de Guatemala. — *José Ramiro Cruz, Gilda Pareja, Patricia Cáceres, Floridalma Cano y Francisco Chew* 263

La lactancia materna en la etiología de la diarrea. — *Elena Hurtado* 278

Interacción de la ingesta dietética y la enfermedad diarreica en el crecimiento de los niños. — *Juan Rivera, Reynaldo Martorell y Chessa K. Lutter* 292

Incremento de la actividad física mediante mejoría del estado nutricional. — *Benjamín Torún* 308

Estudio de caso: Funcionamiento de un programa de alimentación materno-infantil en El Salvador. — *María Teresa Menchú, Daisy de Marquez, Olga Tatiana Osegueda y Ricardo Sibrián* 327

Condiciones de distribución intra-hogareña en una comunidad periurbana de Guatemala: Lecciones para los programas de distribución de alimentos. — *Isabel Nieves y Patricia L. Engle* 339

NUTRICION Y ALIMENTACION

Maximización de rentabilidad económica, dietas óptimas de costo mínimo y diversificación de cultivos para los pequeños agricultores del altiplano de Guatemala. — *Jorge A. Alarcón, Maarten D.C. Immink y Luis F. Méndez* . 551

NUTRICION EXPERIMENTAL

Indice de calidad nutricional por volumen (ICNV): Un nuevo indicador para evaluar la calidad nutricional de preparaciones y dietas. — *Héctor Araya, Gloria Vera, Manuel Ruz y Nelly Pak* 17

Desarrollo y evaluación química y nutricional de un alimento infantil a base de lupino dulce, trigo y leche. — *Ricardo Catricheo, Fernando Sánchez, Marcela Aguayo, Digna Ballester y Enrique Yáñez* 141

BIOQUIMICA NUTRICIONAL

Actividad de gama glutamil-transpeptidasa y contenido de glutatión en la glándula mamaria durante el progreso de la preñez y la lactancia en ratas crónicamente desnutridas. — *Julia Araya, Gonzalo Ramos, Ana María Aguilera, Carmen Paz Aguilera y Darío Villalonga* 631

Estudio teratogénico de *Spirulina* en rata. — *German Chamorro, María Salazar y Silvia Salazar* 641

EDUCACION NUTRICIONAL

Políticas y estrategias del INCAP en la formación y capacitación de recursos humanos en alimentación y nutrición. — *Ernestina Ardón* 357

CIENCIAS DE ALIMENTOS

Comparative study of maize cultivars 30 days after pollination (30 DAP): Carbohydrates and protein. — *Félix G. R. Reyes, Antonio M. Iguti and Valdemiro C. Sgarbieri* 27

Comparative study of maize cultivars 30 days after pollination (30 DAP): Characterization of starch. — *Félix G. R. Reyes, Cecilia H. Goia and Valdemiro C. Sgarbieri* 36

Proteínas de lupino dulce (*Lupinus luteus*, var. Aurea/Weico, y *Lupinus albus*, var. Multolupa). I. Extracción y filtración por Sephadex. — *Magaly Vásquez, Enrique Knapp; Ernesto Guzmán e Isabel Zacarías* 150

Proteínas de lupino dulce (*Lupinus luteus*, var. Aurea/Weico, y *Lupinus albus*, var. Multolupa). II. Separación por electroforesis. — *Isabel Zacarías, Enrique Knapp, Ernesto Guzmán y Magaly Vásquez* 159

Aislamiento y caracterización parcial de la enzima fenoloxidasa de manzana (*Malus domestica*, var. Anna). — *Herlinda Soto-Valdéz y Augusto Trejo-González* 171

Contenido de fibra ácido-detergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. — *Ricardo Bressani, Mario Breuner y Miguel Angel Ortíz* 391

Ingestión de fibra dietética en los países del Istmo Centroamericano: Implicaciones nutricionales. — *Enrique Acevedo y Ricardo Bressani* 392

Efecto de la cáscara sobre el mecanismo de endurecimiento del frijol común *(Phaseolus vulgaris).* — *Leonardo F. de León, Ricardo Bressani y Luiz G. Elías* 405

Revisión sobre la calidad del grano de frijol. — *Ricardo Bressani* 419

A protein concentrate from distillery yeast, and its application to supplement corn tortillas. — *M.C. de Arriola, M. de Zepeda y C. Rolz* 565

Eliminación de compuestos tóxicos, evaluación biológica y caracterización parcial de la proteína de pasta de jojoba *(Simmondsia chinensis* **Link Schneider).** — *Luis Angel Medina Juárez y Augusto Trejo González.* 576

Estudio sobre la composición química y contenido de factores antifisiológicos de la pasta residual de jojoba *(Simmondsia chinensis).* — *F. Pérez-Gil, G.L. Sanginés, R.A. Torreblanca, M.L. Grande y J.M.E. Carranco* . . . 591

Efecto de la temperatura sobre la degradación aeróbica de vitamina C en jugos de frutas cítricas. — *Juan de Dios Alvarado y Nelly Palacios Viteri* 601

Fortificación del pan con harina de frejoles *(Phaseolus vulgaris* **L.). I. Aspectos farinológicos y de panificación.** — *Héctor Wulf, Claudio Cafati y Enrique Yáñez* 613

Fortificación del pan con harina de frejoles *(Phaseolus vulgaris* **L.). II. Valor nutritivo del pan fortificado.** — *Enrique Yáñez, Héctor Wulf, Claudio Cafati, Gloria Acevedo y Viviana Reveco* 620

NUTRICION ANIMAL

Efecto de diversos recursos energéticos sobre el proceso de fermentación del calostro bovino. — *Fernando Pérez-Gil Romo, Ma. Esther Ortega Cerrilla, Humberto Troncoso A. y Suzette Silveira F.* 57

Experiencias sobre destete precoz de terneros en Centro América. — *Roberto Jarquín* 443

BACTERIOLOGIA DE ALIMENTOS

Calidad microbiológica de los helados de crema elaborados en Caracas, Venezuela. — *Lola Szwarcbort de Tamsut y Carmen Elena García* 46

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Enlatado de "humitas" preparadas con maíz opaco-2 complementado con lupino dulce *(Lupino albus,* **var. Multolupa). Cambios nutricionales y de calidad.** — *Lavinia Camacho, Eduardo Bañados y Evelyn Fernández* . . 185

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Programa de alimentación escolar de Guatemala: Transferencia de tecnología a panificadores artesanales productores de la galleta nutricionalmente mejorada. — *Roberto Cuevas, Mirna Morfin, Jorge Morales, Jorge Rivera, Rubén de la Cruz y Jaime Mendoza*. 457

LATINFOODS — COMPOSICION DE ALIMENTOS

Application of high performance liquid chromatography to the analysis of some non-volatile coffee components. — *Luiz C. Trugo and Robert Macrae* 96

Composición química y calidad biológica de harina desgrasada de avellana. — *Mario Villarroel T. Edith Biolley H., Ricardo Schneeberger K., Digna Ballester C. y Sergio Santibáñez R.* 200

LATINFOODS — *Ricardo Bressani* 476

SISTEMAS DE INFORMACION

SIMAP: Una experiencia en el desarrollo de "software" apropiado para análisis y presentación de información. — *Leiser Silva* 501

Aumento de la disponibilidad de información científico-técnica sobre alimentación y nutrición. — *Magda Fischer y Verónika M. de Palma*. 510

Investigación de operaciones en programas de alimentación a grupos: Tecnicas para la identificación y análisis de problemas de gestión. — *J. Ramiro Montealegre, Fernando Fuentes, Alfonso Mata y Roberto Cuevas*. 522

NUEVOS LIBROS. 109, 213, 651

NOTAS. 113, 219, 655

INDICE GENERAL DEL VOLUMEN XXXIX, 1989 657

INDICE POR MATERIA 661

INDICE POR AUTORES 664

INFORMACION PARA LOS AUTORES. 115, 221, 543, 670

INDICE POR MATERIA

Página

A

Alimentación y nutrición. Aumento de la disponibilidad de información científico-técnica sobre. 510

Analysis of some non-volatile coffee components. Application of high-performance liquid chromatography to the. 96

Avellana, harina desgrasada de. Composición química y calidad biológica de. 200

B

Body weight of Pakistani infants reared on different feeding habits. 9

D

Desarrollo y evaluación química y nutricional de un alimento infantil a base de lupino dulce, trigo y leche. 141

Destete precoz de terneros en Centro América. Experriencias sobre 443

Dietas óptimas de costo mínimo y diversificación de cultivos para los pequeños agricultores del altiplano de Guatemala 551

Distillery yeast. A protein concentrate from, and its application to supplement corn tortillas. 565

E

Enfermedad diarreica, aguda y persistente, y sus consecuencias nutricionales en infantes de Guatemala 263

Enfermedad diarreica en el crecimiento de los niños, interacción de la ingesta dietética y la. 292

Enfermedad diarreica, lactancia materna en la etiología de la. 278

Enlatado de "humitas" preparadas con maíz opaco-2 y complementado con lupino dulce (Lupinus albus, var. Multolupa). Cambios nutricionales y de calidad 185

Estado nutricional de niños preescolares guatemaltecos hospitalizados por infecciones respiratorias agudas. 251

Estado nutricional, incremento de la actividad física mediante mejoría del. . . 308

F

Fibra dietética. Ingestión de, en los países del Istmo Centroamericano. Implicaciones nutricionales 392

Fortificación del pan con harina de frejoles (*Phaseolus vulgaris* L.) I. Aspectos farinológicos y de panificación 613

Fortificación del pan con harina de frejoles (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Valor nutritivo del pan fortificado 620

Frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Efecto de la cáscara sobre el mecanismo de endurecimiento del 405

Frijol. Revisión sobre la calidad del grano de 419

Frutas cítricas. Efecto de la temperatura sobre la degradación aeróbica de vitamina C en 601

G

Glándula mamaria, actividad de gama-glutamil transpeptidasa y contenido de glutatión en la, durante la preñez y la lactancia en ratas desnutridas 631

H

Helados de crema elaborados en Caracas, Venezuela. Calidad microbiológica de los 46

I

Indicador para evaluar la calidad nutricional de preparaciones y dietas. 17

Jojoba (*Simmondsia chinensis*). *Eliminación* de compuestos tóxicos, evaluación biológica y caracterización parcial de la proteína de pasta de. 576

Jojoba (*Simmondsia chinensis*). Estudio sobre la composición química y contenido de factores antifisiológicos de la pasta residual de 591

L

LATINFOODS 476

Leguminosas, consumo de, en preescolares: Efecto de la densidad energética y tipo de preparación 129

Lupino dulce (*Lupinus luteus*, var. Aurea/Weico y *Lupinus albus*, var. Multolupa). I. Extracción y filtración de proteínas por Sephadex 150

Lupino dulce (*Lupinus luteus*, var. Aurea/Weico y *Lupinus albus*, var. Multolupa). II. Separación de proteínas por electroforesis 159

M

Maíz y su tortilla. Contenido de fibra, ácido-detergente y de minerales menores en. 382

Maize. Comparative study of cultivars 30 days after pollination. Carbohydrates and protein 27

Maize. Comparative study of cultivats 30 days after pollination: Characterization of starch. 36

Manzana (*Malus doméstica*, var. Anna). Aislamiento y caracterización parcial de la enzima fenoloxidasa de 171

Mediciones antropométricas, evaluación y confiabilidad de 241

P

Proceso de fermentación del calostro bovino. Efecto de diversos recursos energéticos sobre el 57

Programa de alimentación escolar de Guatemala: Transferencia de tecnología a panificadores artesanales productores de la galleta nutricionalmente mejorada 457

Programas de alimentación a grupos: Técnicas para la identificación de y análisis de problemas de gestión. Investigación de operaciones en 522

Programa de alimentación maternoinfantil en El Salvador. Estudio de caso: Funcionamiento de un 327

Programas de distribución de alimentos. Condiciones de distribución intrahogareña de alimentos en una comunidad periurbana de Guatemala. Lecciones para 339

R

Recursos humanos en alimentación y nutrición. Políticas y estrategias del INCAP en la formación y capacitación de. 357

S

"Software" apropiado para análisis y presentación de información. SIMAP: Una experiencia en el desarrollo de 501

Spirulina en rata. Estudio teratogénico de 641

INDICE POR AUTORES

Página

—A—

Acevedo, Enrique. — Ingestión de fibra dietética en los países del Istmo Centroamericano: Implicaciones nutricionales. 392
Acevedo, Gloria (véase Yáñez, Enrique). 620
Aguayo, Marcela (véase Catricheo, Ricardo 141
Aguilera, Ana María (véase Araya, Julia) 631
Alarcón, Jorge A. — Maximización de rentabilidad económica, dietas óptimas de costo mínimo y diversificación de cultivos para los pequeños agricultores del altiplano de Guatemala. 551
Alvarado, Juan de Dios. — Efecto de la temperatura sobre la degradación aeróbica de vitamina C en jugos de frutas cítricas. 601
Alviña, Marcela. — Consumo de leguminosas en preescolares: Efecto de la densidad energética y tipo de preparación 129
Araya, Héctor. — Indice de calidad nutricional por volumen (ICNV): Un nuevo indicador para evaluar la calidad nutricional de preparaciones y dietas 17
(véase Alviña, Marcela). 129
Araya Julia. — Actividad de gama glutamil-transpeptidasa y contenido de glutatión en la glándula mamaria durante el progreso de la preñez y la lactancia en ratas crónicamente desnutridas 631
Ardón, Ernestina. — Políticas y estrategias del INCAP en la formación y capacitación de recursos humanos en alimentación y nutrición. 357
Arriola, M.C. de. — A protein concentrate from distillery yeast, and its application to supplement corn tortillas. 565

— B —

Ballester, Digna (véase Catricheo, Ricardo). 141
(véase Villarroel T., Mario) 200
Bañados, Eduardo (véase Camacho, Lavinia). 185
Biolley H., Edith (véase Villarroel T., Mario). 200
Bressani, Ricardo. — Contenido de fibra ácido-detergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. 382
Revisión de la calidad del grano de frijol 419
LATINFOODS 476
(véase Acevedo, Enrique) 392
(Véase de León, Leonardo F.) 405
Breuner, Mario (véase Bressani, Ricardo) 382

—C—

Cáceres, Patricia (véase Cruz, José Ramiro). 263
Cafati, Claudio (véase Wulf, Héctor. 613
(véase Yáñez, Enrique). 620

Camacho, Lavinia. — Enlatado de "humitas" preparadas con maíz opaco-2, complementado con lupino dulce *(Lupinus albus,* var. Multolupa). Cambios nutricionales y de calidad 185
Cano, Floridalma (véase Cruz, José Ramiro) 263
Carranco, J.M.E. (véase Pérez-Gil, F.) 591
Castro, Hilda (véase Pareja, Gilda) 241
Catricheo, Ricardo. — Desarrollo y evaluación química y nutricional de un alimento infantil a base de lupino dulce, trigo y leche. 141
Cossich, Carlos (véase Cruz, José Ramiro) 251
Cruz, José Ramiro. — Estado nutricional de niños preescolares guatemaltecos hospitalizados por infecciones respiratorias agudas. 251
Enfermedad diarreica aguda y persistente, y sus consecuencias nutricionales en infantes de Guatemala. 263
Cuevas, Roberto. — Programa de alimentación escolar de Guatemala: Transferencia de tecnología a panificadores artesanales productores de la galleta nutricionalmente mejorada 457
(véase Montealegre, J. Ramiro). 522

— CH —

Chamorro, German. — Estudio teratogénico de *Spirulina* en rata. 641
Chew, Francisco (véase Cruz, José Ramiro) 263

— D —

de la Cruz, Rubén (véase Cuevas, Roberto). 457
de León, Leonardo F. — Efecto de la cáscara sobre el mecanismo del endurecimiento del frijol común *(Phaseolus vulgaris)*. 405

— E —

Elías, Luiz G. (véase de León, Leonardo F.) 405
Engle, Patricia L. (véase Nieves, Isabel) 339

— F —

Fernández, Evelyn (véase Camacho, Lavinia) 185
Fischer, Magda. — Aumento de la disponibilidad de información científico-técnica sobre alimentación y nutrición. 510
Fuentes, Fernando (véase Montealegre, J. Ramiro). 522

— G —

García, Carmen Elena (véase Tamsut, Lola Szwarcbort de) 46
Goia, Cecilia H. (véase Reyes, Félix G. R.) 36
Grande, M. L. (véase Pérez-Gil, F.) 57
Guzmán, Ernesto (véase Vásquez, Magaly) 150
(véase Zacarías, Isabel) 159

— H —

Habicht, Jean-Pierre (véase Pareja, Gilda) 241
Hurtado, Elena. — La lactancia materna en la etiología de la diarrea 278

— I —

Igutti, Antonio M. (véase Reyes, Félix G. R.) 27
Imminck, Maarten D. C. (véase Alarcón, Jorge A.) 551

— J —

Jarquín, Roberto. — Experiencias sobre destete precoz de terneros en Centro América 443

— K —

Knapp, Enrique (véase Vásquez, Magaly) 150
(véase Zacarías, Isabel) 159

— L —

Lutter, Chessa K. (véase Rivera, Juan) 292

— M —

Macrae, Robert (véase Trugo, Luiz C.) 96
Márquez, Daisy de (véase Menchú, María Teresa) 327
Martorell, Reynaldo (véase Rivera, Juan) 292
Mata, Alfonso (véase Montealegre, J. Ramiro) 522
Medina Juárez, Luis Angel. — Eliminación de compuestos tóxicos, evaluación biológica y caracterización parcial de la proteína de pasta de jojoba (*Simmondsia chinensis* Link Schneider) 576
Menchú, María Teresa. — Estudio de caso: Funcionamiento de un programa de alimentación maternoinfantil en El Salvador 327
Méndez, Luis F. (véase Alarcón, Jorge A.) 551
Mendoza, Jaime (véase Cuevas, Roberto) 457
Montealegre, J. Ramiro. — Investigación de operaciones en programas de alimentación a grupos: Técnicas para la identificación y análisis de problemas de gestión 522
Morales, Jorge (véase Cuevas, Roberto) 457
Morfin, Mirna (véase Cuevas, Roberto) 457

— N —

Nagra, Saeed Ahmad. — Body weight of Pakistani infants reared on different feeding habits 9
Nieves, Isabel. — Condiciones de distribución intra-hogareña de alimentos en una comunidad periurbana de Guatemala: Lecciones para los programas de distribución de alimentos 339

— O —

Ortega-Cerrilla, Ma. Esther (véase Pérez-Gil, Romo, Fernando) 57
Ortiz, Miguel Angel (véase Bressani, Ricardo) 382
Osegueda, Olga Tatiana (véase Menchú, María Teresa) 327
Osorio, Vinicio (véase Cruz, José Ramiro) 251

— P —

Palacios Viteri, Nelly (véase Alvarado, Juan de Dios) 601
Palma, Verónika M. de (véase Fischer, Magda) 510
Pak, Nelly (véase Araya, Héctor) 17
Pareja, Gilda. — Evaluación de la confiabilidad de las mediciones 241
(véase Cruz, José Ramiro) 263
Pérez-Gil Romo, Fernando. — Efecto de diversos recursos energéticos sobre el proceso de fermentación del calostro bovino 57
Estudio sobre la composición química y contenido de factores antifisiológicos de la pasta residual de jojoba *(Simmondsia chinensis)* 591
Paz, Carmen (véase Araya, Julia) 631

— R —

Ramos, Gonzalo (véase Araya, Julia) 631
Reveco, Viviana (véase Yáñez, Enrique) 620
Reyes, Félix G. R. — Comparative study of maize cultivars 30 days after pollination (30 DAP): Carbohydrates and protein 27
Comparative study of maize cultivars 30 days after pollination (30 DAP): Characterization of starch 36
Rivera, Juan. — Interacción de la ingesta dietética y la enfermedad diarreica en el crecimiento de los niños 292
(véase Pareja, Gilda) 241
Rivera, Jorge (véase Cuevas, Roberto) 457
Rolz, C. (véase Arriola, M.C.D.) 565
Ruz, Manuel (véase Araya, Héctor 17

— S —

Salazar, María (véase Chamorro, Germán) 641
Salazar, Silvia (véase Chamorro, Germán) 641
Sánchez, Fernando (véase Catricheo, Ricardo) 141
Sanginés, G. L. (véase Pérez-Gil, F.) 591
Santibáñez R., Sergio (véase Villarroel T., Mario) 200
Schneerberger, K., Ricardo (véase Villarroel T., Mario) 200
Sgarbieri, Valdemiro C. (véase Reyes, Félix G. R.) 27
(véase Reyes, Félix G. R.) 36
Sibrián, Ricardo (véase Cruz, José Ramiro) 251
(véase Menchú, María Teresa) 327

Silva, Leiser. — SIMAP: Una experiencia en el desarrollo de "software" apropiado para análisis y presentación de información 501
Silveira F., Suzette (véase Pérez-Gil Romo, Fernando) 57
Soto-Valdéz, Herlinda. — Aislamiento y caracterización parcial de la enzima fenoloxidasa de manzana (*Malus domestica*, var. Anna). 171

— T —

Tamsut, Lola Szwarcbort de. — Calidad microbiológica de los helados de crema elaborados en Caracas, Venezuela 46
Torreblanca, R. A. (véase Pérez-Gil, F.) 591
Torún, Benjamín. — Incremento de la actividad física mediante mejoría del estado nutricional 308
Trejo-González, Augusto (véase Soto-Valdez, Herlinda) 171
(véase Medina Juárez, Luis Angel). 576
Troncoso A., Humberto (véase Pérez-Gil Romo, Fernando) 57
Trugo, Luiz C. — Application of high-performance liquid chromatography to the analysis of non-volatile coffee components 96

— U —

— V —

Vásquez, Magaly. — Proteínas de lupino dulce (*Lupinus luteus*, var, Aurea/ Weico, y *Lupinus albus*, var. Multolupa). I. Extracción y filtración por Sephadex. 150
(véase Zacarías, Isabel) 159
Vera, Gloria (véase Araya, Héctor) 17
(véase Alviña, Marcela) 129
Villalonga, Darío (véase Araya, Julia) 631
Villarroel T., Mario. — Composición química y calidad biológica de harina desgrasada de avellana 200

— W —

Wulf, Héctor. — Fortificación del pan con harina de frejoles (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Aspectos farinológicos y de planificación 613
(véase Yáñez, Enrique) 620

— Y —

Yáñez, Enrique. — Fortificación del pan con harina de frejoles (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Valor nutritivo del pan fortificado 620
(véase Catricheo, Ricardo). 141
(véase Wulf, Héctor). 613

— Z —

Zacarías, Isabel. — Proteinas de lupino dulce (*Lupinus luteus*, var. Aurea/ Weico y *Lupinus albus*, var. Multolupa). II. Separación por electroforesis 159
Zacarías, Isabel (véase Vásquez, Magaly 150
Zepeda, M. D. (véase Arriola, M.C.D.) 565

INFORMACION PARA LOS AUTORES

A. CONTRIBUCIONES A LA REVISTA

La Revista publica Editoriales, Artículos Generales, Trabajos de Investigación y de Nutrición Aplicada, y Cartas al Editor. Para su aceptación, las diversas contribuciones deben tratar temas de nutrición humana o animal, ciencia y tecnología de alimentos, factores socioeconómicos, de orden antropológico o cultural, relacionados con la nutrición humana.

1. Los *Artículos Generales* son revisiones críticas sobre algún tema de interés en el campo de la nutrición y ciencias afines, o discusiones generales que contengan criterios propios o recomendaciones de aplicación práctica, debidamente respaldadas por argumentos válidos.

2. Los *Trabajos de Investigación* se refieren a los resultados de estudios de experimentación llevados a cabo hasta el punto que permite la deducción de conclusiones válidas.

3. Los trabajos de *Nutrición Aplicada* conciernen a la implementación de medidas basadas en la investigación, cuya finalidad es mejorar el estado nutricional de nuestras poblaciones.

4. Las *Cartas al Editor* son notas cortas, de un máximo de 3 páginas, sobre temas de interés general u observaciones o críticas sobre alguna contribución publicada en la Revista.

B. NORMAS PARA LA ELABORACION DE MANUSCRITOS

1. Las diversas contribuciones deben ser originales, a máquina, a doble espacio y en triplicado.

2. Los trabajos serán remitidos al Editor General de la Revista después de haber sido cuidadosamente revisados por el autor.

3. Los manuscritos pueden ser redactados en español, inglés, portugués y francés, según la preferencia del autor.

4. No se aceptarán trabajos que, a juicio del Editor General, ocupen desproporcionado espacio.

C. ORGANIZACION DEL MANUSCRITO

Se recomienda organizar cada manuscrito como sigue:

1. *Título*

La primera página del manuscrito debe contener el título completo del trabajo en

mayúsculas, nombre completo y apellido del autor, institución de origen con letras iniciales mayúsculas y el resto en minúscula. (En la página siguiente debe indicarse el cargo que cada autor desempeña, identificándolos debidamente).

2. *Resumen en el idioma original del artículo*

Este debe ser informativo, presentado en hoja separada del texto, y preparado en forma clara y concisa para el lector que no ha leído el texto del artículo. Debe especificar también el propósito, método, resultados importantes y principales conclusiones.

3. *Introducción*

Debe indicar claramente el objetivo o hipótesis de la investigación y sus relaciones con la nutrición y otros trabajos existentes, evitándose largas revisiones bibliográficas.

4. *Material y Métodos*

La descripción de los materiales debe hacerse en forma concisa. Cuando las técnicas o procedimientos utilizados hayan sido publicados, deberán mencionarse, e incluir sólo los detalles de técnica que representan modificaciones substanciales del procedimiento original. Cuando se utilicen términos locales o regionalismos, éstos deberán ser aclarados mediante su denominación científica o de uso general.

5. *Resultados*

Estos se presentarán en lo posible en *Tablas* y/o *Gráficas* que serán respaldadas por cálculos estadísticos, evitando la repetición de datos y seleccionando la forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de los resultados. Si hubiera subdivisiones ellas se encabezarán con un subtítulo.

a) Las gráficas e ilustraciones deberán ser presentadas en fotografías de papel brillante, no montadas, y llevar el nombre del autor y el número correspondiente en el dorso. Cuando sea necesario deberá señalarse la parte superior e inferior de la gráfica.

b) En caso de dibujos o esquemas, éstos serán realizados en tinta negra en papel de buena calidad. La ubicación de cada gráfica deberá indicarse, a lápiz, al margen del texto original. Los símbolos deberán especificarse en la propia gráfica.

c) Los ejes (coordenadas) de las ilustraciones deben tener una indicación clave del fenómeno que representan, así como de las unidades de medida.

d) Cada gráfica o ilustración deberá identificarse con la leyenda respectiva y contar con los datos imprescindibles para su interpretación.

e) Las tablas deben numerarse según su orden de presentación en el texto y se entregarán en hojas aparte.

f) Cada tabla debe contener un breve título que indique claramente su contenido. Las aclaraciones a las tablas deben hacerse mediante notas al pie, y se identificarán con letras minúsculas consecutivas colocadas como post-fijo superior en la cifra o valor correspondiente. Los encabezamientos de las columnas deben ser cortos o abreviados,

incluyéndose, en nota al pie, una aclaración en caso necesario. Las líneas horizontales deben reducirse al mínimo y nunca usar las verticales.

g) En cada columna se indicará claramente la medida usada, por ej., mg/g, etc. Para concentraciones no se debe usar la expresión o/o sino, por ej. g/100 g ó mg/100 ml. Se deben indicar con claridad todas las pruebas estadísticas usadas. Las tablas deben tener toda la información necesaria para su interpretación.

h) No debe presentarse simultáneamente el mismo material experimental en forma de tablas y gráficas.

6. *Discusión*

Debe ser breve y restringirse a los hechos significativos del trabajo. Es recomendable usar subtítulos en las diversas secciones del manuscrito, indicando las diferentes materias tratadas. En caso que, a juicio de los autores, la naturaleza del trabajo lo permita, puede hacerse una discusión de los resultados inmediatamente después de su expresión, bajo el título general de RESULTADOS Y DISCUSION. Lo expresado en los incisos a) a h) en la sección precedente, aplican igualmente a esta sección.

7. *Resumen en inglés*

Todo trabajo deberá acompañarse de un resumen en inglés, si el trabajo original fuese en español, francés o portugués. Si el trabajo es en inglés, este resumen debe presentarse en español. El título del trabajo también debe redactarse en inglés.

8. *Agradecimiento* (si lo hubiere)

9. *Citas bibliográficas y Bibliografía*

Las citas bibliográficas se indican con números arábigos en el texto, entre paréntesis y por orden de aparición, no por orden alfabético de autores.

Para la Sección *Bibliografía*, al final del trabajo, aplican las mismas normas y serán presentadas de acuerdo a los siguientes ejemplos:

a) De revistas:

Liendo Coll, P. & J. M. Bengoa. Necesidades calóricas de la población venezolana. *Arch. Venez. Nutr.*, *5*:39-50, 1954.

b) De libros:

Gómez, P., F. Silvio & R. Gámora. *Los Aminoácidos en Alimentos.* Caracas, Ed. Futura, 1972, p. 30.

c) De libros sin autor individual:

Associacion of Official Agriculturas Chemist. *Official Methods of Analysis of the AOAC.* 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975, p. 30

d) De un artículo o capítulo de un autor (es) consignado en un libro publicado por casa editora:

Hoskins, W. G. & M. Charles. Macaroni production. En: *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed.* S. A. Matz (Ed.). Westport, Conn., The Avi Publishing Co., 1959, p. 274-320.

e) De citas de compendios:

Krebs, H.A. & K. Henseleit. Urea formation in animal body. *Z. Physiol. Chem.*, *210:*33-66, 1932. (Original no consultado; compendiado en *Chem. Abst.*, *26:*5624, 1923).

10. *Notas al pie de la página*

Las notas al pie de la pagina deben ser reducidas al mínimo. Cuando su inclusión sea necesaria deberá indicarse su orden de aparición en el texto mediante números arábigos, consecutivos colocados como post-fijo superior. (Estas notas se redactan, debidamente identificadas, en la 2a. hoja del manuscrito, después de la identificación de los autores).

11. *Abreviaturas y siglas*

Se deben usar las abreviaturas aceptadas internacionalmente (American Chemical Society, Journal of Nutrition, British Journal of Nutrition). En caso de utilizarse siglas poco comunes, que se repitan frecuentemente en el manuscrito, deberán indicarse completas la primera vez que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. De preferencia, deberán usarse las siglas internacionales en vez de las del idioma original del artículo, por ej., DNA, RNA, PER, etc. Todas las abreviaciones y siglas se usan sin punto, g, b, m, etc.

12. *Nomenclaturas*

Deberá usarse la nomenclatura de la Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición (IUNS) para vitaminas y otros nutrientes. En las unidades de medición se empleará el Sistema Métrico Decimal. Para las unidades de energía se usarán caloría (Cal) o Joules (J) indiscriminadamente.

13. *Resultados numéricos*

Al consignar números se usará el punto (.) para indicar decimales, p. ej. 35.7; 389.9, y la coma (,) para indicar miles, millones etc.

D. SEPARATAS

El costo de las separatas o sobretiros de los trabajos es de US$3.00 por página de 50 separatas. El autor (es) deberá notificar a la Oficina Editorial el número de separatas deseado tan pronto se le informe que su trabajo ha sido aceptado.

E. CARGO POR PAGINA

La revista es un órgano de divulgación científica sin fines de lucro y es mantenida fundamentalmente con donaciones. Sin embargo, a los efectos de contribuir con los gastos de publicación, la Asamblea General de la SLAN ha creado un cargo de US $10.00 por página de trabajo publicado. La Oficina Editorial puede considerar una reducción por concepto de cargo por página previa solicitud expresa dirigida en ese sentido por el autor (es).