

**VOL. XL**

**SEPTIEMBRE - 1990**

**No. 3**

# **ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION**

**(Continuación de Archivos Venezolanos de Nutrición)**

**Organo Oficial de la  
Sociedad  
Latinoamericana  
de Nutrición**

**ISSN 004-0622**

*Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* es editado como órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), para la divulgación de conocimientos en el campo de la alimentación y de la nutrición, principalmente en el Hemisferio Americano. En sus páginas se acogen manuscritos en español, inglés, portugués y francés, tanto de miembros como de aquéllos que no sean miembros de la Sociedad, y de cualquiera de las siguientes categorías: 1. Trabajos generales (revisiones científicas críticas); 2. Trabajos de investigación (originales); 3. Trabajos de nutrición aplicada (resultados analíticos de programas de intervención y discusión de recomendaciones de aplicación práctica), y 4. Cartas al Editor (comentarios cortos de interés general o relacionados con resultados o conceptos científicos publicados previamente en *Archivos*).

*Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* is the official publication of the Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), for the dissemination of knowledge in the fields of food and nutrition, principally throughout the American Hemisphere. Articles in Spanish, English, Portuguese and French are accepted, both from the Society members and from nonmembers, in the following categories: 1. General articles (critical scientific reviews); 2. Research articles (originals); 3. Papers in applied nutrition (analytical results from intervention programs and discussion of recommendations of practical application), and 4. Letters to the Editor (short comments of general interest or about scientific facts and concepts previously published in *Archivos*).

**Dirección: Archivos Latinoamericanos de Nutrición**

**INCAP  
Apartado Postal 1188  
Guatemala, Guatemala, C. A.**

**Colabore con su Revista, divulgándola y enviando  
sus artículos para su publicación**

**Arch. Latinoamer. Nutr.**

**ALAN-VE ISSN 0004-0622**

Se autoriza la reproducción del material publicado en esta revista a condición de que se cite su procedencia y se envíen ejemplares de las publicaciones que contengan textos reproducidos a la Oficina Editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición.





# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XL

SEPTIEMBRE, 1990

No. 3

## CONTENIDO

	Página
EDITORIAL .....	319
TRABAJOS DE INVESTIGACION	
NUTRICION HUMANA	
Renda familiar e desnutrição infantil no litoral de Camaçari, Brasil. — <i>Lea Maria Costa Cedraz e Fernando Martins Carvalho</i> .....	323
Progress in the diagnosis of hypovitaminosis A: Clinical and biochemical correlations. — <i>J.E. Dutra de Oliveira, R.M. Duarte Favaro and I.D. Desai</i> .....	333
BIOQUIMICA NUTRICIONAL	
Utilización nutricional de una dieta baja en proteína, en ratas diabéticas por aloxana. — <i>Pilar Varela y Rocio Muñoz</i> .....	349
CIENCIAS DE ALIMENTOS	
Enriquecimiento de harina precocida de maíz blanco ( <i>Zea mays</i> ) con harina de semilla de amaranto ( <i>Amaranthus sp.</i> ). — <i>Emperatriz Pacheco de Delahaye y Mercedes Portillo</i> .....	360
Calor latente de vaporización en el amaranto ( <i>Amaranthus hybridus</i> ). — <i>Juan de Dios Alvarado, Esthela Toaza y Guadalupe Coloma</i> .....	369
Complementación proteínica de harina desgrasada de avellanas con harina de arveja. — <i>Mario Villarroel T., Edith Biolley H. y Digna Ballester C.</i> .....	379
Isotermas de desorción en harinas de amaranto. — <i>Juan de Dios Alvarado, Esthela Toaza y Guadalupe Coloma</i> .....	387
Elaboración y análisis de harinas codeshidratadas de vegetales y especies de pescado subutilizadas. I, Codeshidratados de cereal-	

<b>pescado.</b> — <i>Gonzalo Luna, José Luis Rey, Luz Manuela Castro, Numidia Corona, Elsa Ferreiros y Marisela Luzardo</i> .....	395
<b>Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir de pescado proveniente de especies subutilizadas.</b> — <i>M. Ottati, M. Gutiérrez y R. Bello</i> .....	408
<b>Ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. I. Elaboración y evaluación biológica.</b> — <i>Teresa Rodríguez, Juan José Montilla y Rafael Antonio Bello</i> .....	426
<b>LATINFOODS · COMPOSICION DE ALIMENTOS</b>	
<b>Contenido de fibra dietética y digestibilidad del nitrógeno de alimentos centroamericanos: Guatemala.</b> — <i>Enrique Acevedo y Ricardo Bressani</i> .....	439
<b>NUEVOS LIBROS</b> .....	453
<b>NOTAS</b> .....	457
<b>ENTIDADES PATROCINANTES</b> .....	460
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	461

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

---

---

VOL. XL

SEPTEMBER, 1990

No. 3

---

---

## CONTENTS

	Page
EDITORIAL .....	319
<b>RESEARCH PAPERS</b>	
<b>HUMAN NUTRITION</b>	
<b>Family income and malnutrition in the coast of Camaçari, Brazil. — <i>Lea Maria Costa Cedraz and Fernando Martins Carvalho</i> .....</b>	323
<b>Progress in the diagnosis of hypovitaminosis A: Clinical and biochemical correlations. — <i>J.E. Dutra de Oliveira, R.M. Duarte Favaro and I.D. Desai</i> .....</b>	333
<b>NUTRITIONAL BIOCHEMISTRY</b>	
<b>Nutritional utilization of a low protein diet in alloxan-diabetic rats. — <i>Pilar Varela and Rocío Muñoz</i> .....</b>	349
<b>FOOD SCIENCE</b>	
<b>Enrichment of white corn flour (<i>Zea mays</i>) with amaranth (<i>Amaranthus sp.</i>) seed flour. — <i>Emperatriz Pacheco de Delahaye and Mercedes Portillo</i> .....</b>	360
<b>Latent heat of vaporization in amaranth (<i>Amaranthus hybridus</i>). — <i>Juan de Dios Alvarado, Esthela Toaza and Guadalupe Coloma</i> .....</b>	369
<b>Protein complementation of defatted hazelnut flour with pea flour. — <i>Mario Villarroel T., Edith Biolley H. and Digna Ballester C.</i> .....</b>	379
<b>Desorption isotherms in amaranth flours — <i>Juan de Dios Alvarado, Esthela Toaza and Guadalupe Coloma</i> .....</b>	387
<b>Preparation and analysis of dehydrated mixtures of under-utilized fish/vegetable flours. I. Dehydrated mixtures of fish/cereal. —</b>	

	395
<i>Gonzalo Luna, José Luis Rey, Luz Manuela Castro, Numidia Corona, Elsa Ferreiros and Marisela Luzardo</i> .....	
<b>Study of microbial fish silage from under-utilized fish species. —</b>	408
<i>M. Ottati, M. Gutiérrez and R. Bello</i> .....	
<b>Fish silage prepared from species of the shrimp by-catch. I. Preparation and biological evaluation. —</b>	426
<i>Teresa Rodríguez, Juan José Montilla and Rafael Antonio Bello</i> .....	
<b>LATINFOODS - FOOD COMPOSITION</b>	
<b>Dietary fiber content and nitrogen digestibility in Central American foods: Guatemala. —</b>	439
<i>Enrique Acevedo and Ricardo Bressani</i> .....	
<b>NEW BOOKS</b> .....	453
<b>NOTES</b> .....	457
<b>SPONSORING AGENCIES</b> .....	460
<b>INSTRUCTIONS TO AUTHORS</b> .....	461

## EDITORIAL

### CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS CEREALES EN AMERICA LATINA

*Es un hecho más que de todos conocido que los cereales, tomados en conjunto, constituyen los productos de la agricultura de mayor producción y, en conjunto, son también los alimentos que suplen cantidades significativas de nutrientes a la población mundial. Por lo tanto, los cereales ocupan una posición primaria en la nutrición de las poblaciones de los países en desarrollo, aportando cantidades significativas de calorías, de proteína y otros nutrientes. En América Latina se consumen grandes cantidades de arroz, trigo y maíz, así como también otras especies como la avena y el sorgo. Debido, pues, al significado mundial que los cereales tienen en la alimentación y nutrición de las poblaciones, y considerando su gran importancia en diversas industrias tanto alimentarias como industriales, es que en los países desarrollados se han establecido instituciones que investigan los diferentes problemas de los cereales en los diferentes eslabones que conforman la cadena alimentaria. Así, se han desarrollado asociaciones científico-técnicas que promueven y mejoran la utilización de este importante grupo de alimentos para beneficio de la humanidad.*

*Como se indicara, en América Latina los cereales, principalmente el arroz, maíz y trigo, son muy importantes en la alimentación y nutrición de la población; sin embargo, no se cuenta con instituciones ni sociedades que los fomenten, como ocurre en las regiones del mundo desarrollado. En la mayor parte de los países de la Región Latinoamericana sí existen instituciones que se dedican a las actividades en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Cabe señalar, no obstante, que las actividades de estas instituciones asociadas a la utilización de los cereales, no ocupan el sitio que les corresponde, si se compara con la importancia que los cereales tienen en la alimentación y nutrición.*

*En un Editorial previo manifestamos que más del 50% de los artículos que ALAN publica regularmente pertenecen al área de Ciencia y Tecnología de Alimentos. De este 50%, solamente el 35% de ellos se refieren a diferentes aspectos de los cereales. Más aún, el enfoque que en dichos trabajos se hace de los cereales, es el de buscar sustitutos para el trigo, cereal que no se produce en la mayoría de los países latinoamericanos, pero que es uno de los que más se consume. Muy pocos de los trabajos publicados en este rubro enfocan los aspectos más básicos de la química y tecnología de los diferentes cereales que acostumbramos consumir. No obstante, los cereales son y continuarán siendo la base de la alimentación en muchos*

países, entre los cuales se cuentan los de América Latina.

*En base a los conceptos enunciados, se considera de mucha importancia reforzar en los Institutos de Ciencia y Tecnología de Alimentos de los países latinoamericanos, la enseñanza de la química, ciencia y tecnología de los cereales. Otra alternativa digna de tener en cuenta en vista de la importancia que tienen, sería la de crear dos o tres institutos especializados en la ciencia y tecnología de los cereales, enfatizando todos ellos, pero en particular el arroz, maíz, sorgo y trigo. En esos institutos especializados o en los centros actuales de Ciencia y Tecnología de Alimentos los estudiosos podrían también dedicarse a la investigación de los pseudocereales, la quinua y el amaranto, por ejemplo, granos éstos que prometen mucho y principian a ser considerados en diferentes aspectos como alimentos para la población. Se piensa que la química, ciencia y tecnología de los cereales puede ser algo muy especializado, pero de hecho no lo es, ya que trata de la composición, estructura y propiedades de los cereales y de las reacciones o transformaciones que reciben desde su producción hasta su consumo.*

*Los profesionales en la ciencia y tecnología de los cereales pueden desenvolverse en facetas de investigación básica, en los componentes bioquímicos tales como carbohidratos, proteínas, lípidos, enzimas, fibra, minerales y otros. Todos estos estudios, desde luego, requieren el uso de técnicas analíticas especializadas, e instrumentación. Por otro lado, pueden trabajar en la industria alimentaria de cereales, la molienda y el beneficiado, el procesamiento, la cervecería, fermentaciones, producción de pastas y otros aspectos más, para citar unos cuantos. En el desarrollo de productos puede señalarse también el control de calidad que, evidentemente, es otro rubro interesante.*

*Se considera que todos estos aspectos son algo que deben recibir mucha atención, básicamente por la enorme importancia que los cereales tienen en la alimentación y nutrición de la población latinoamericana en particular, y del mundo en general.*

**Ricardo Bressani**  
**Editor General**

***TRABAJOS DE  
INVESTIGACION***



# RENDA FAMILIAR E DESNUTRIÇÃO INFANTIL NO LITORAL DE CAMAÇARI, BRASIL<sup>1</sup>

*Lea Maria Costa Cedraz<sup>2</sup> e Fernando Martins Carvalho<sup>3</sup>*

Universidade Federal da Bahia  
Salvador, Bahia, Brasil

## RESUMO

Um estudo de prevalência sobre desnutrição foi realizado numa amostra de 388 crianças de 0 a 5 anos, residentes na zona litorânea do município de Camaçari, Bahia, Brasil. A prevalência de desnutrição, indicada por baixo peso por idade segundo os graus I, II e III do critério de Gómez foi de 62.1%. Aplicando-se o critério de Waterlow, a prevalência da desnutrição foi de 64.9%, sendo 26.5% de nanismo, 20.7% de emaciação e 17.7% de nanismo mais emaciação.

A relação entre renda e desnutrição tornou-se estatisticamente significativa apenas quando o indicador renda familiar *per capita* foi utilizado, em lugar do indicador renda familiar total.

Quanto à natureza da desnutrição, observou-se que apenas o nanismo estava significativamente associado, de modo inversamente proporcional, com a renda. As prevalências de emaciação ou emaciação mais nanismo não estavam significativamente associadas com a renda familiar total ou renda familiar *per capita*.

---

Manuscrito modificado recebido: 23-6-89.

- 1 O presente trabalho, na fase de apuração dos dados, contou com a participação de estudantes de nutrição cursando Epidemiologia, 1986-2.
- 2 Prof. Adjunto, Departamento das Ciências da Nutrição da Universidade Federal de Bahia, Av. Araújo Pinho 32, Canela, Salvador, Bahia, CEP 40140.
- 3 Prof. Adjunto, Departamento de Medicina Preventiva da Universidade Federal da Bahia, Rua Padre Feijo, 31, Canela, Salvador, Bahia, Brasil, CEP 40140

## INTRODUÇÃO

Estudos populacionais têm demonstrado uma relação entre a renda familiar total ou renda média *per capita* e o estudo nutricional da criança (1-3).

O presente estudo objetivou determinar a intensidade da associação entre renda e desnutrição energético-proteica, numa população infantil do Recôncavo baiano.

## MATERIAL E METODOS

O estudo desenvolveu-se nos Distritos de Abrantes e Monte Gordo, situados na área litorânea do município de Camaçari, Bahia, de maio a julho de 1986.

Um censo revelou a existência de 6,769 famílias no litoral do município com 10,153 crianças menores de 5 anos (estimativa). Foram selecionadas aquelas famílias com pelo menos uma criança menor de 5 anos. Uma amostragem aleatória identificou 201 famílias com 388 crianças (fração amostral:  $388 / 10,153 = 3.8\%$ ).

Num questionário padronizado, aplicado às donas-de-casa, reuniu-se informações sobre a renda familiar e dados gerais sobre a criança. Foi considerado como família o agrupamento de indivíduos unidos por parentesco e que residiam num mesmo domicílio.

A renda foi determinada para cada indivíduo de família a partir de informações referentes ao período dos últimos 30 dias, fornecidas, na maioria das vezes, pela dona-de-casa entrevistada. A maior parte da renda de cada família foi composta a partir de trabalho assalariado. Uma menor parcela da renda proveio de atividades autônomas e extrativas, como a pesca. A renda familiar *per capita* foi obtida dividindo-se a renda familiar, pelo número de indivíduos da respectiva família.

Parâmetros antropométricos foram utilizados como base para avaliar o estado nutricional. Para a tomada do peso utilizou-se, para crianças até 18 meses, a balança pediátrica com cerca de 100 gramas. As crianças maiores de 18 meses foram pesadas em balanças portáteis com escala de 500 gramas. Todas as crianças da amostra foram pesadas com roupas leves.

Para a tomada da altura utilizou-se infantômetro para crianças até 24 meses (medição com a criança deitada) e fita métrica, ambos com escala em milímetro (medição com criança descalça, em pé). Todas as crianças foram pesadas e medidas três vezes e utilizadas a média aritmética das informações registradas. Os valores das medidas foram arredondados para 100g mais próximos, no caso de peso, e, 0,5 cm no caso da altura.

Os dados de peso, altura e idade de cada criança foram utilizados na construção dos indicadores de peso/idade (P/I), peso/altura (P/A) e altura/idade (A/I) para classificação do estado nutricional de acordo com os critérios de Gómez *et al.* (4) e Waterlow e

Rutishauser (5).

O sistema de classificação de Gómez, na determinação do estado nutricional, baseado no indicador de P/I é mais comumente utilizado nos estudos realizados na América Latina e no Brasil. A classificação de Gómez não distingue entre desnutrição crônica (deficit proteico-calórico de longo tempo) e desnutrição aguda (5, 6) e não deve ser tomado como indicador único na determinação da prevalência do estado nutricional de uma população.

Outro sistema de classificação do estado nutricional adotado é aquele que se baseia no cruzamento dos indicadores P/A e A/I, utilizado por Waterlow e Rutishauser (5) recomendados como indicadores primários do estado de nutrição de crianças (7). Este sistema de classificação identifica três tipos de desnutrição: aguda (emaciação), crônica (nanismo) e combinada aguda e crônica (emaciação + nanismo), além da graduação da severidade da desnutrição (grau I, II, III) com a variação dos pontos de corte para cada indicador.

Os indicadores antropométricos utilizados no estudo foram expressos como porcentagem da mediana da população de referência do National Center for Health Statistics (NCHS) (8).

Os testes de qui-quadrado foram realizados segundo Armitage (9).

## RESULTADOS

### *Prevalência, Natureza e Severidade de DEP*

A prevalência global do baixo peso por idade (Gómez, graus I, II e III) apresentada na Tabela 1, foi 62.1%. O grupo etário menor de 1 ano foi relativamente menos afetado.

A Tabela 2 mostra a distribuição das crianças pelos indicadores de peso por altura e altura por idade, designando a prevalência, severidade e natureza da desnutrição. A prevalência de desnutrição, com base na combinação dos indicadores, totaliza 64.9% sendo 26.5% de nanismo, 20.7% de emaciação e 17.7% de nanismo mais emaciação (grau I-III). Os casos de desnutrição moderada mais os de desnutrição severa (pontos de corte 80% para P/A e 90% para A/I somaram 38.4%, sendo 18.8% de nanismo, 17.4% de emaciação e 2.2% de nanismo mais emaciação.

Partindo-se da prevalência da desnutrição de 65%, aproximadamente, pode-se inferir, dentro de um nível de confiança de 95% de probabilidade e com um erro de 4.8%, que a prevalência da DEP nesta população esteja compreendida entre 60.8 e 70.4%.

### *Relação entre Renda e Desnutrição*

O valor da renda familiar na amostra variou de menos de um salário-mínimo, que era de Cz\$ 804.00 na época, até dez salários-mínimos. A Tabela 3 mostra que, proporcionalmente ao aumento

TABELA 1

ESTADO NUTRICIONAL (peso/idade, criterio de Gómez) SEGUNDO IDADE DA CRIANÇA, CAMAÇARI, 1986

Idade (anos)	Estado nutricional										Total Nº
	Nº	Normal Prev. %	Nº	Desnutrido Prev. %	Nº	DI Prev. %	Nº	DII Prev. %	Nº	DIII Prev. %	
< 1	28	43.8	36	56.2	15	23.4	19	29.7	2	3.1	64
1	22	35.5	40	64.5	20	32.2	17	27.4	3	4.8	62
2	31	36.5	54	63.5	31	36.5	19	22.3	4	4.7	85
3	35	37.6	58	62.4	34	36.6	21	22.6	3	3.2	93
4	31	36.9	53	63.1	31	36.9	19	22.6	3	3.6	84
<b>Total</b>	<b>147</b>	<b>37.9</b>	<b>241</b>	<b>62.1</b>	<b>131</b>	<b>33.7</b>	<b>95</b>	<b>24.5</b>	<b>15</b>	<b>3.9</b>	<b>388</b>

TABELA 2

## ESTADO NUTRICIONAL DE 388 CRIANÇAS DE CAMAÇARI, 1986

% da Mediana da altura/idade	% da Mediana do peso/altura				Total
	90	90-80	80-70	< 70	
< 95	35.1	7.5	7.5	5.7	55.8
95-90	13.1	5.9	2.1	2.1	23.2
90-85	9.3	3.9	1.0	1.0	15.2
< 85	4.1	1.5	0.0	0.2	5.8
<b>Total</b>	<b>61.6</b>	<b>18.8</b>	<b>10.6</b>	<b>9.0</b>	<b>100.0</b>

\* Critério de classificação de Waterlow e Rutishauser (5). Os números apresentados no corpo da Tabela são valores percentuais onde 388 = 100%.

da renda familiar, ocorreu uma diminuição na prevalência da desnutrição. Um teste do qui-quadrado com dois graus de liberdade, não mostrou associação estatisticamente significativa ( $X^2_2 = 4.70$ ;  $P > 0.05$ ) entre as taxas de nanismo (normal x nanismo) e as três faixas de renda familiar, ao nível de 5% de probabilidade.

Entretanto, observou-se uma associação estatisticamente significativa ( $X^2_1 = 4.52$ ;  $P > 0.05$ ) entre o estado nutricional (normal ou desnutrido) e a renda familiar *per capita* ( $< 0.5$  ou  $\geq 0.5$  salário-mínimo) (Tabela 4).

Quanto à natureza da desnutrição, observou-se uma relação significativa entre a renda média *per capita* e nanismo ( $X^2_1 = 4.09$ ;  $P < 0.05$ ), o mesmo não ocorrendo com a emaciação ( $X^2_1 = 0.66$ ;  $P > 0.05$ ) e nanismo mais emaciação ( $X^2_1 = 2.88$ ;  $P > 0.05$ ) (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

A desnutrição energético-proteica tem alta prevalência na área litorânea de Camaçari, afetando mais de 60% das crianças menores de 5 anos de idade.

A prevalência de desnutrição nas formas moderada e severa, de acordo com o sistema de Waterlow, foi mais elevada do que pelo de Gómez: 38.4% e 27.4% respectivamente. Isto devido a que muitas crianças que apresentavam nanismo moderado, pelo sistema de Waterlow, apresentavam-se normais ou com desnutrição do 1º grau, segundo o indicador peso por idade, pelo sistema de Gómez.

O tipo de desnutrição mais frequente foi o crônico ou nanismo nutricional, que afetava 26.5% da população estudada.

Um ponto original do presente estudo foi o de haver demonstrado a existência de uma associação estatisticamente significativa,

TABELA 3

## ESTADO NUTRICIONAL\* DE CRIANÇAS SEGUNDO A RENDA FAMILIAR, CAMAÇARI, 1986

Estado nutricional	Renda familiar (Salário-mínimo)									
	< 2		2 - 4		> 4		Ignorado		Total	
	Nº	Prev. %	Nº	Prev. %	Nº	Prev. %	Nº	Prev. %	Nº	Prev. %
Normal	88	35.2	32	38.1	13	46.4	3	11.5	136	35.1
Desnutrido	162	64.8	52	61.9	15	53.6	23	88.5	252	64.9
• emaciação	44	17.6	22	26.2	7	25.0	7	26.9	80	20.6
• nanismo	78	31.2	18	21.4	4	14.3	3	11.5	103	26.5
• emaciação + nanismo	40	16.0	12	14.3	4	14.3	13	50.0	69	17.8
Total	250	100.0	84	100.0	28	100.0	26	100.0	388	100.0

\* Graus I, II, III, na classificação de Waterlow e Rutishauser (5).

**TABELA 4**

**PREVALENCIA DE DESNUTRIÇÃO\* EM CRIANÇAS SEGUNDO RENDA FAMILIAR *per capita*, CAMAÇARI, 1986**

Estado nutricional	Renda familiar <i>per capita</i> (Salário-mínimo)						Total	
	< 0.05		≥ 0.05		Ignorado		Nº	Prev. %
	Nº	Prev. %	Nº	Prev. %	Nº	Prev. %		
Normal	105	34.4	28	49.1	3	11.5	136	35.1
Desnutrido	200	65.6	29	50.9	23	88.5	252	64.9
• emaciação	61	20.0	12	21.1	7	26.9	80	20.6
• nanismo	89	29.2	11	19.3	3	11.5	103	26.5
• emaciação + nanismo	50	16.4	6	10.5	13	50.0	69	17.8
<b>Total</b>	<b>305</b>	<b>100.0</b>	<b>57</b>	<b>100.0</b>	<b>26</b>	<b>100.0</b>	<b>388</b>	<b>100.0</b>

\* Graus I, II, III na classificação de Waterlow (5).

inversamente proporcional, entre as taxas de prevalência de nanismo e as duas faixas de renda familiar *per capita* consideradas. O nanismo se relacionava de forma inversamente proporcional com a renda, mesmo quando se utilizou o indicador renda familiar total. Estas associações não foram observadas para as categorias de desnutrição dos tipos "emaciação" ou "emaciação + nanismo". Estes achados merecem ser confirmados em outros estudos e explicações adequadas para eles devem ser procuradas.

Marques *et al.* (10) estudaram a relação entre renda média familiar mensal *per capita* (tomada como indicativo da classe social) e estado nutricional de 9,258 crianças de zero a 12 anos de idade da região do ABC paulista. Em verdade, os índices antropométricos observados nestas crianças são comumente conhecidos como os "padrões de Marcondes" (11). Os indicadores de peso por idade e altura por idade, apresentados para quatro diferentes níveis de renda familiar *per capita*, "aumentam a medida em que se eleva a classe social da família, mostrando uma correlação positiva".

No Nordeste urbano, em 1974/1975, a prevalência de desnutrição energético-proteica entre menores de 5 anos foi estimada em 61.3% (12), sendo mais elevada entre as crianças de família com renda *per capita* inferior a 0.5 salário-mínimo. Foram consideradas em "risco de desnutrição" as crianças de famílias com renda mensal inferior a dois salários-mínimos. Pondo-se estes dados em perspectiva, considere-se que 77.8% da população baiana auferia, em 1980, menos que dois salários-mínimos por mês, enquanto que 54.1% ganhava de 0 a 1 salário-mínimo (13).

Em São Paulo, Monteiro (14) encontrou que 49.5% de uma população de menores de 5 anos apresentaram algum grau de desnutrição, de acordo com o critério de Gómez e que, a maior frequência de DEP ocorria em famílias de menor poder aquisitivo.

Um outro estudo transversal (15) realizado em São Paulo em 1973/1974, observou que famílias com, renda mensal inferior a 0.5 salário-mínimo *per capita* tinham 46% de crianças desnutridas, enquanto que para famílias com 1 a 15 salários-mínimos, esta taxa reduzia-se a 21%. No presente estudo a relação entre renda e desnutrição teve uma expressão efetiva a nível estatístico apenas quando o indicador renda familiar *per capita* foi usado, em lugar de renda familiar total. Recomenda-se que o indicador renda familiar *per capita* seja preferencialmente adotado em estudos com pequenas populações rurais, empobrecidas, semelhantes a da presente investigação.

## SUMMARY

### FAMILY INCOME AND MALNUTRITION IN THE COAST OF CAMAÇARI, BRAZIL

A study on malnutrition prevalence was carried out in a sample of 388 children, aged 0 to 5 years, living in the coast of Camaçari County, State

of Bahia, Brazil. Prevalence of malnutrition indicated by low weight-for-age, degrees I, II and III —according to Gómez' criteria— was 62.1%. According to the criteria proposed by Waterlow, prevalence of malnutrition was 64.9%, 26.5% of stunted children, 20.7% of wasted, and 17.7% of stunted plus wasted children.

The relationship between income and malnutrition became statistically significant when the *per capita* family income index was used, instead of the total family income index.

Concerning the nature of malnutrition, it was observed that only stunting —in an inversely proportional fashion— was significantly associated with income. Prevalence rates of wasting or wasting plus stunting were not significantly associated with the *per capita* or with the total family income.

### BIBLIOGRAFIA

1. Arroyave, G., M.A. Guzmán & M. Flores. El nivel socioeconómico de la familia y la nutrición en el área rural de Centro América y Panamá. Arch. Latinoamer. Nutr., 26(1): 45-73, 1976.
2. Lustosa, T.Q.O. Avaliação antropométrica. In: Perfil Estatístico de Crianças e Mães no Brasil. Aspectos Nutricionais, 1974-1975. Rio de Janeiro, IBGE/UNICEF, 1982, p. 83-100.
3. Pan American Health Organization. The National Food and Nutrition Survey of Guyana. Washington, D.C., PAHO, 1976 (Scientific Publication No. 323).
4. Gómez, F., R. Ramos Galván, S. Frenk, R. Cravioto, R. Chávez & J. Vásquez. Mortality in second and third degree malnutrition. J. Trop. Pediat., 2: 77, 1956.
5. Waterlow, J.C. & I.H.E. Rutishauser. Malnutrition in man. In: Early Malnutrition and Mental Development. Symposium of the Swedish Nutrition Foundation XII, Sweden, 1974.
6. Sloane, N. & M. Latham. Nutritional anthropometry in the identification of malnutrition. Childhood J. Trop. Pediat. Environ. Child Hlth, 19: 162-164, 1977.
7. World Health Organization. Methodology of Nutritional Surveillance. Geneva, WHO, 1976. (Technical Report Series No. 593).
8. National Center for Health Statistics (NCHS). Growth Curves for Children, Birth-18 Years, United States. Washington, D.C., DHEW Publication No. (PHS) 78, 1977, 1650 p. (Vital Health Stat., Series No. 165).
9. Armitage, P. Statistical Methods in Medical Research. 4a. ed. Oxford, Blackwell Sci. Publications, 1977.
10. Marques, R.M., E. Berquó, J. Yunes & E. Marcondes. Crecimiento de Niños Brasileños: Peso y Altura en Relación con la Edad y el Sexo y la Influencia de Factores Socio-económicos. OPAS Publicación Científica No. 309, 1975.
11. Marcondes, E., J.E. Berquó, J. Yunes, J. Loungo, J.S. Martins, M.A. Zacchi, M.S. Levy & R. Hegg. Estudo antropométrico de crianças brasileiras de zero a doze anos de idade. Anais Nestlé, No. 84, 1971.
12. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estudo Nacional de Despesas Familiar (ENDEF). Aspectos Nutricionais, 1974/5. Rio de Janeiro, 1982.
13. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tabulações Avançadas do Censo Demográfico de 1980 para a Bahia. Rio de Janeiro, 1983.

14. Monteiro, C.A. Os determinantes da desnutrição infantil no Vale da Ribeira, São Paulo. **Cadernos de Pesquisa** 29, 1979.
15. Yunes, M., D.M. Sigulem, & A.C.C. Campino. **O Estado Nutricional de Crianças de 06 a 60 Meses no Município de São Paulo**. Grupo IMEP/IPE. Escola Paulista de Medicina. São Paulo, 1976. (Mimeog.).

# PROGRESS IN THE DIAGNOSIS OF HYPOVITAMINOSIS A: CLINICAL AND BIOCHEMICAL CORRELATIONS

*J.E. Dutra de Oliveira<sup>1</sup>, R.M. Duarte Favaro<sup>2</sup>,  
and I.D. Desai<sup>3</sup>*

**University of São Paulo Medical School  
Ribeirão, Preto, S.P., Brazil**

## SUMMARY

Hypovitaminosis A is a widespread problem, especially among pre-school children in many parts of the world.

According to the World Health Organization (WHO) estimates, about 100,000 children become blind every year, and many are dying due to vitamin A deficiency while millions of others are suffering from other consequences of vitamin A deficiency such as growth retardation and increased susceptibility to infection. It is, therefore, very important that not only the severe cases of hypovitaminosis A be diagnosed for immediate treatment, but also the marginal cases of vitamin A deficiency in vulnerable populations be diagnosed as early as possible so that appropriate preventive measures be implemented. Available methods for the diagnosis of vitamin A deficiency can be classified into four categories: clinical, biochemical, functional, and dietary. Clinical diagnosis is based on examining ocular and extraocular signs of hypovitaminosis A, and is only useful for the detection of severe cases. Biochemical methods are based on the plasma concentrations of retinol and retinol-binding protein (RBP), and liver reserve of vitamin A whenever possible. Two other commonly used

---

Manuscrito modificado recibido: 22-12-89.

- 1 Professor and Head, Nutrition Division, Department of Clinical Medicine, University of São Paulo Medical School, Ribeirão Preto, S.P., Brazil. Request for reprints should be addressed to Dr. de Oliveira at the following address: Faculdade de Medicina U.S.P., Avenida Bandeirantes, 3900, 14049 Ribeirão Preto, SP, Brazil.
- 2 Research Associate, Nutrition Division, Department of Clinical Medicine of the above-mentioned University.
- 3 Professor, Division of Human Nutrition, University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada, and Visiting Professor, Department of Clinical Medicine, University of São Paulo Medical School, Ribeirão Preto, S.P., Brazil.

diagnostic tests are: functional testing for nightblindness using dark adaptation time, and pathological testing for ocular signs of conjunctival xerosis, with or without the use of Rose Bengal or lissamine green dye. Dietary method for the diagnosis of vitamin A deficiency is based on the estimation of dietary intake of vitamin A and carotenoids. In addition, there are newer methods such as isotope dilution and relative dose response (RDR) techniques which have been recently proposed for the diagnosis of vitamin A deficiency. RDR appears to be a reliable and sensitive indicator of marginal vitamin A. However, the most desirable approach to diagnosis may be one based on multiple indicators for the accurate assessment of vitamin A status in the community.

The purpose of this paper is to draw attention to the problems of diagnosis, to recent advances and to our Brazilian experience in this important area of vitamin A research with significant global implications.

## INTRODUCTION

Hypovitaminosis A is a clinical condition resulting from inadequate intake or utilization of vitamin A. Vitamin A deficiency is usually primary from prolonged dietary deprivation. The underprivileged, the preschool and school age children are especially vulnerable. High nutrient requirement, early weaning, parental ignorance of correct post-weaning nutrition and hygiene, and poverty combine to make the first years of life the most susceptible period for hypovitaminosis A.

Less commonly, vitamin A deficiency is secondary to interference with absorption, metabolism, storage and excretion of vitamin A. Interference with absorption or storage is likely to occur in parasitic infestation, celiac disease, sprue, gastrointestinal operations and liver diseases. In protein-energy malnutrition (marasmus and kwashiorkor) vitamin A deficiency is common, not only because the diet is deficient but also because vitamin A storage and transport are defective. Retinol decreases or disappears from the blood during infections such as pneumonia or scarlet fever. In deficiency, liver stores are depleted before plasma levels begin to fall, followed later by retinol dysfunction and finally by the structural changes in the epithelial cells.

Hypovitaminosis A results whenever the dietary intake of this vitamin is inadequate and/or the supply of this vitamin from the body store is inadequate for the normal functioning of the tissues. When the intake is inadequate we have a primary or dietary vitamin A deficiency. This deficiency may also result from various bodily states that interfere with absorption or utilization of vitamin A or from factors that increase its requirement, such as lactation, pregnancy or fast growth. This type of deficiency is known as secondary or conditioned deficiency.

Between the occurrence of a vitamin A inadequacy, primary or secondary, and the onset of the clinical signs of the deficiency, time elapses. The time may be short or long, depending on the previous

amount of retinol reserves and the degree of nutritional imbalance. But when the primary or secondary factor persists, tissue depletion occurs. Tissue depletion is followed in succession by biochemical "lesions", functional changes and finally, anatomical lesions. No step in this chain of events is necessarily complete before the next one begins (Figure 1).

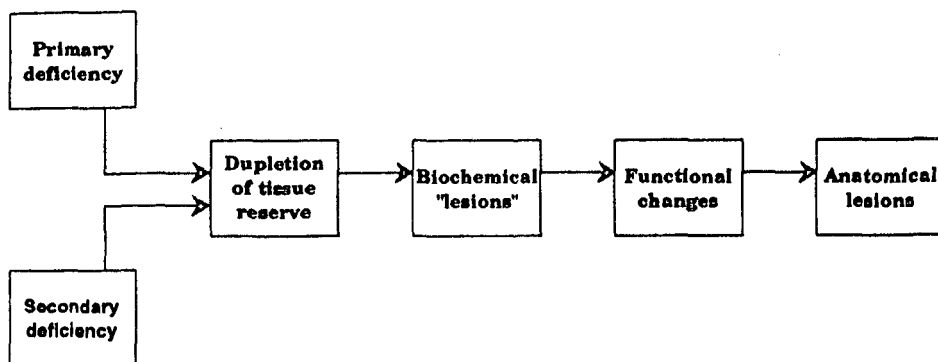


FIGURE 1

#### Pathogenesis of hypovitaminosis A

The presence of anatomical lesions is characteristic of the clinical stage of vitamin A deficiency. Before its appearance we have a short or longer period of protection according to the previous vitamin A reserve. During this period tissue depletion, biochemical disturbances and functional changes occur, but no physical signs are detected. This is the preclinical stage of vitamin A deficiency.

The knowledge and understanding of this pathogenesis is important because it explains the simultaneous presence of clinical and laboratory signs in advanced stages of vitamin A deficiency, and only biochemical and functional impairments in the marginal or preclinical phase of the hypovitaminosis A.

#### DIAGNOSIS

Various classical methods are available and some newer methods have recently been proposed for the diagnosis of vitamin A deficiency. Each of these methods will be briefly described, and their usefulness and limitations will also be discussed with special reference to studies carried out in Brazil.

### A. *Clinical Aspects*

Several clinical criteria related to the deficiency of vitamin A in humans have been used. The ocular lesions that are quite specific to vitamin A deficiency are xerophthalmia and keratomalacia.

#### 1. *Diagnosis of ocular signs*

The most widely used clinical diagnosis of vitamin A deficiency is based on WHO classification (1), as shown in Table 1. The lesions are descriptive rather than diagnostic. This classification is useful for the diagnosis of severe cases in clinical and field surveys. Nevertheless, some signs are nonspecific and difficult to measure or standardize. Information regarding clinical ocular signs of vitamin A deficiency in Brazil is inadequate. It appears, from the limited data available that severe cases of xerophthalmia and vitamin A deficiency do not exist in most regions of Brazil except in the Northeastern State of Paraiba (2) and in Jequitinhonha valley of Minas Gerais (3). There may exist, however, many undetected subclinical cases of vitamin A deficiency with overt possibility of developing ocular lesions, since low dietary intake of vitamin A and carotenoids, and low plasma retinol levels have been found to be a common public health problem in various regions of Brazil (2-9).

#### 2. *Diagnosis of early ocular signs using vital stains*

Conjunctival xerosis is one of the earliest ocular signs of vitamin A deficiency and xerophthalmia, but is not easy to detect. It was proposed that the use of vital stains such as Rose Bengal and

TABLE 1

CLINICAL OCULAR DIAGNOSIS OF VITAMIN A DEFICIENCY\*

Clinical signs	Classification
Night blindness	XN
Conjunctival xerosis	X1A
Bitot's spot	X1B
Corneal xerosis	X2
Corneal ulceration/keratomalacia < 1/3 surface corneal	X3A
Corneal ulceration/keratomalacia ≥ 1/3 surface corneal	X3B
Corneal scars	XS
Xerophthalmia fundus	XF

\* According to WHO Report (1).

lissamine green be used to detect early signs of conjunctival xerosis as an indicator of vitamin A status of vulnerable populations (10). It is claimed to be a simple, reliable and objective test for field surveys and it has been used in Africa and Asia, with reasonable success. A main drawback of this procedure is that it gives certain percentage of false positive and false negative results which may be due to factors other than true vitamin A deficiency. Another problem is that the method is not yet properly standardized to obtain uniform and comparable results. It requires instilling one drop of 1% solution of either Rose Bengal or lissamine green stain and looking for a positive or negative staining of conjunctival tissue from a distance of one meter. The difficulty lies in defining a positive or a negative response, which is quite subjective and liable to investigator's bias. In Brazil some investigators have used Rose Bengal staining tests as a useful criteria for the detection of early signs of conjunctival xerosis in Southern Brazil (11, 12). Vital staining with Rose Bengal dye as 1% solution or as strips impregnated with 10 or 15% solution was found to be equally effective in the early detection of conjunctival xerosis, which is around 14.8% in the state of Rio Grande do Sul (11).

### 3. *Diagnosis of extra ocular signs*

Although the extra ocular manifestations of vitamin A deficiency are well understood, they are not yet well explored for the diagnosis of hypovitaminosis A in human. Many extra ocular symptoms of vitamin A deficiency have been observed in experimental animals. A few of these are also observed in humans but not all are easy to measure for the purpose of objective diagnosis of hypovitaminosis A. Loss of appetite, growth failure and lowered resistance to infection are few of these extra ocular signs which may be explored in the future for the early diagnosis of hypovitaminosis A.

### B. *Biochemical Aspects*

Biochemical diagnosis of hypovitaminosis A has special importance since biochemical changes precede the clinical changes and, therefore, are more useful for the detection of early subclinical signs of vitamin A deficiency. Two most commonly used biochemical tests are plasma and liver indicators of vitamin A status.

#### 1. *Plasma retinol and carotenoid levels*

Vitamin A in plasma exists as preformed vitamin A, mainly retinol and as provitamin A, mainly beta-carotene. Although plasma concentrations of vitamin A and carotenoids have been extensively used for the assessment of vitamin A status, it is not a true indicator for two reasons. Firstly, it changes significantly only when the liver stores are severely depleted; and secondly, many exogenous and

endogenous factors influence plasma retinol level and thereby complicate the interpretation of plasma retinol and carotenoid values. Figure 2 illustrates various exogenous and endogenous factors, directly or indirectly related to the true vitamin A status of the individual. In spite of these limitations, plasma vitamin A index is commonly used in surveys for the assessment of vitamin A status, since it is easy to measure and may give useful information along with clinical and dietary data for the diagnosis of hypovitaminosis A. The commonly used criteria for the interpretation of plasma retinol value are those of ICNND (13), and are shown in Table 2. The deficient level ( $< 10 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ) tends to be associated with both low liver reserves of vitamin A and an increased prevalence of clinical signs of deficiency. The low level ( $10 - 20 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ) is one commonly found in populations with marginal deficiency of vitamin A, and may not necessarily indicate low liver reserves. Plasma carotene level is not a very useful index in the diagnosis of hypovitaminosis A but reflects only the recent intake of dietary carotenoids.

## 2. Liver vitamin A level

Liver has long been known as the major storage organ for vitamin A in mammals, and can be a useful tissue to detect hypovi-

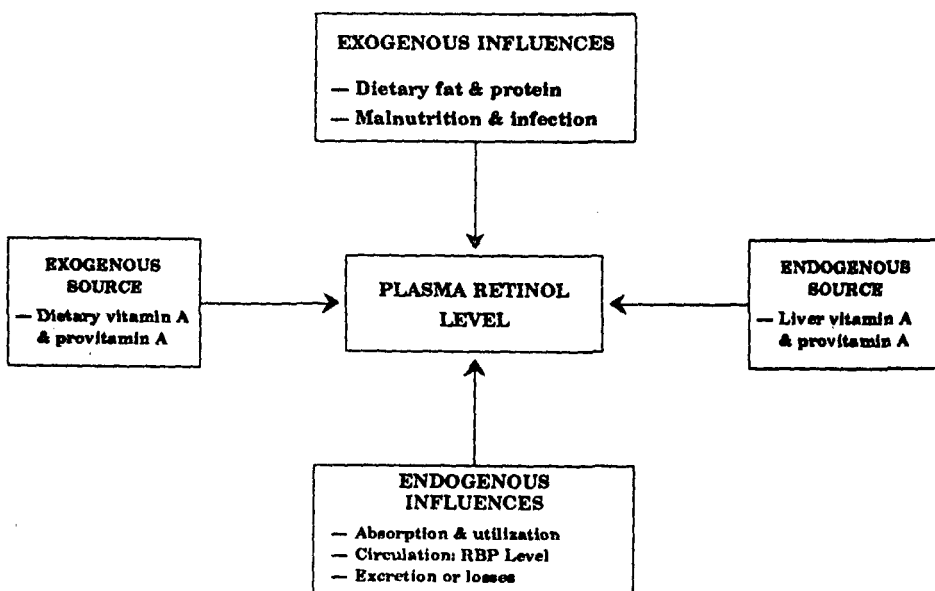


FIGURE 2

Factors influencing plasma retinol level

**TABLE 2**  
**BIOCHEMICAL DIAGNOSIS OF VITAMIN A DEFICIENCY\***

Vitamin A status	Plasma retinol level ( $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ )
High	Over 50
Normal	20 - 50
Low	10 - 20
Deficient	Below 10

\* According to ICNND Report (13).

taminosis A in human populations. Liver biopsy specimens, however, are difficult to get and impractical for routine use in population surveys. This method, therefore, requires access to autopsy samples which should be representative of the population to be diagnosed for hypovitaminosis A. Most of the recent information regarding inadequate body reserves of vitamin A in Canada and the United States have been derived from liver autopsy samples analyzed for vitamin A concentration. It is a more direct indicator of body reserves of vitamin A than the plasma retinol concentration. A tentative guideline has been proposed for the evaluation of liver vitamin A value (14) as shown in Table 3. A liver store of 20  $\mu\text{g}/\text{g}$  vitamin A is considered as acceptable level and is expected to provide protection for a period over 100 days; values between

**TABLE 3**  
**LIVER STORAGE CRITERIA FOR THE DIAGNOSIS OF**  
**HYPOVITAMINOSIS A AS A PUBLIC HEALTH PROBLEM**  
**IN CHILDREN\***

Vitamin A status	Liver vitamin A concentration ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )
Acceptable	> 20
Marginal	10 - 20
Poor	5 - 10
Very poor	< 5

\* According to Olson (14).

10-20  $\mu\text{g/g}$ , as poor, and values below 5  $\mu\text{g/g}$ , as very poor. In Brazil, the incidence of hypovitaminosis A in Salvador, Recife and Brasilia were estimated using autopsy samples of neonates, preschool children and adults for the determination of liver vitamin A reserves (15-17).

### *C. New Approaches*

In recent years several new approaches have been initiated towards better diagnosis of hypovitaminosis A. First of these is a dark adaptation test which is being developed as a rapid functional test for the diagnosis of nightblindness in field surveys. The second new approach has been to develop objective diagnosis of liver reserve and body pool of vitamin A, using the relative dose response test and isotope dilution technique. The third of these new approaches uses conjunctival impression cytology for the detection of early xerophthalmia.

#### *1. Rapid dark adaptation test*

The classical test for dark adaptation is a useful test for the diagnosis of nightblindness as an early indicator of the functional deficiency of vitamin A. This classical test is nonetheless little used in field studies, due to the fragility and high cost of the equipment. In 1977, a rapid method for dark adaptation was proposed (18). Subsequently, this method was suggested for the field assessment of hypovitaminosis A in the community (19). It has been shown that the method is applicable to children studies (20, 21). The basis for the rapid test is the measurement of time of occurrence of the so called Purkinje shift, a phenomenon whereby the peak wave length sensitivity of the retina shifts from the red toward the blue end of the visual spectrum during the transition from photopic or cone-mediated day vision to scotopic or rod-mediated night vision. This test has the advantages of being carried out in a relative short period of time with simple and inexpensive equipment.

#### *2. Relative dose response test*

Relative dose response test is a newer approach to the diagnosis of hypovitaminosis A. It was originally developed in rats and is now being applied to humans for the assessment of liver reserves in individual patients (22, 23) and in population surveys (24) using only plasma samples for the analysis of retinol. Relative dose response (RDR) is defined as the percentage increase in plasma retinol level relative to the plasma retinol level five hours after the oral administration of a standard dose of 450 retinol equivalents. The formula can be expressed as follows:

$$\text{RDR (\%)} = \frac{A_5 - A_0}{A_5} \times 100$$

In principle, the short-term response of plasma retinol levels to a dose of vitamin A could provide a measurement of the amount by which plasma retinol levels are below normal levels due to inadequate hepatic store. Comparison of dose response could also provide a means for distinguishing between individuals whose pre-dose plasma vitamin A levels are low because of vitamin A deficiency, and those whose plasma vitamin A levels are low for other reason. This dose response relative to the normal plasma level of the individual under conditions of vitamin A sufficiency, could serve as an indicator of poor vitamin A status and depleted hepatic reserves. Mild or moderate protein energy malnutrition do not seem to invalidate the use of the RDR test to assess inadequate reserves. Tentatively, < 20% RDR is proposed as a negative response, and > 20% RDR as a positive response, indicating inadequate liver vitamin A reserve (23). In a field study carried out with marginally malnourished Brazilian children in Recife, Pernambuco, the RDR test was found to be a more reliable indicator of inadequate vitamin A status, especially when the serum retinol values were above 20 µg/dl, than the serum value alone (24). It appears from the limited data available that RDR is a reliable and sensitive indicator of marginal vitamin A status in populations with no obvious clinical signs of hypovitaminosis A, as is the case in Brazil and in many other parts of the world.

### 3. *Isotope dilution technique*

Another alternative approach of interest is the application of isotope dilution technique for the indirect estimation of hepatic vitamin A store. A method developed for studies in rats (25) is based on the principle of isotope dilution, whereby a dose of labelled vitamin A is administered and allowed to equilibrate with body stores, and the size of the body pool is calculated from the following equation:

$$\text{Body pool } (\mu\text{g}) = \frac{\text{Total liver radioactivity (cpm)}}{\text{Specific activity of plasma vitamin A (cpm}/\mu\text{g)}}$$

Excellent correlations were obtained between analyzed and calculated values for liver vitamin A in rats with low hepatic reserves of the vitamin (25). Same method was assessed over a wide range of values for liver vitamin A, and showed significant correlations between analyzed and calculated values at low and high levels but not at intermediate levels (26). Results of these studies suggest that the variability of incorporation of the label into the liver is a factor that might limit the usefulness of the isotope dilution method, especially if it is to be applied to human beings on different diets and under varying physiological conditions. Further research is needed in this new approach to the diagnosis of hypovitaminosis A.

#### 4. *Conjunctival impression cytology*

Conjunctival impression cytology is a technique which involves collection of conjunctival surface cells by touching a 5 x 5 mm piece of cellulose acetate filter paper to the conjunctiva, pressing it gently and then peeling back the paper (27). The adherent epithelial cells on filter paper are fixed in a solution containing 70% ethyl alcohol, 37% formaldehyde, and glacial acetic in the proportion of 20:1:1 by volume. Specimens fix in ten minutes but could be left in for several days for storage and transport to the laboratory. The cell samples are then stained with periodic acid-Schiff and hematoxylin or periodic acid-Schiff and modified Papanicolaou's staining process (27, 28). The stained specimens are then examined microscopically for the loss of goblet cells and the appearance of enlarged, partially keratinized epithelial cells.

The technique of conjunctival impression cytology is a simple, noninvasive and objective method for the early diagnosis of sub-clinical signs of vitamin A deficiency and xerophthalmia in developing countries. A recent field trial in Guatemala found the method to be of use because a large number of children could be sampled without the need for phlebotomizing, and specimens could be easily transported and processed. Conjunctival impression cytology can be done quickly and inexpensively as compared to measuring serum levels of vitamin A using biochemical methods such as high performance liquid chromatography (HPLC). After appropriate standardization of interpretation criteria, this method would be a promising field test for the early diagnosis of vitamin A deficiency in developing countries. Limited field trials have recently been carried out to test the validity and usefulness of this method in India, Indonesia and Guatemala (27, 29). To our knowledge, this method has not yet been tested in Brazil and other countries of South America.

### CLINICAL AND BIOCHEMICAL CORRELATIONS

In general there seems to be a good correlation between the clinical and biochemical parameters of vitamin A deficiency. Biochemical observations are useful to confirm the specificity of clinical observations which otherwise may have been influenced by factors other than vitamin A deficiency.

In experimentally-induced vitamin A deficiency in volunteer subjects, it has been shown that clinical and biochemical changes are usually associated with decreased body pools of vitamin A, reduced utilization rates, and lowered plasma levels of the vitamin (30). WHO (1) has used the established correlations between clinical and biochemical criteria to diagnose the public health significance of vitamin A deficiency in vulnerable populations around the world. For example, vitamin A deficiency in a group of at-risk children six months to six years of age, is of serious public health

significance if the minimum prevalence rate of clinical and biochemical indicators is: Bitot's spots > 0.50%, corneal xerosis/corneal ulceration/keratomalacia > 0.01%, corneal scar > 0.05% and plasma vitamin A level below 10 µg/dl > 5.00%. Whether such clinical/biochemical correlation exists between the early signs of vitamin A deficiency and plasma vitamin A levels remains to be established.

## DISCUSSION

### A. *General*

It seems obvious that no one approach, whether it is clinical, biochemical, physiopathological or dietary, is adequate for the accurate assessment of hypovitaminosis A, especially in preschool children considered to be the most vulnerable group for vitamin A deficiency. The marginal vitamin A deficiency is even more difficult to assess than the clear-cut cases of hypovitaminosis A. It is, therefore, recommended by the International Vitamin A Consultative Group (IVACG) that emphasis be placed on the use of multiple indicators including dietary, biochemical (liver and plasma levels) and clinical signs to assess the vitamin A status of a given population, when determining the risk of hypovitaminosis A (31). A summary of the suggested guidelines of IVACG (31) for the assessment of relative levels of vitamin A nutrition in young children is presented in Table 4. Emphasis should be given to the assessment of overall nutritional status rather than just the biochemical and/or clinical assessments. Dietary, anthropometric (especially growth measurements) and other public health informations provide supportive evidences to biochemical and clinical observations for the accurate diagnosis of the problems of vitamin A deficiency in a given community.

### B. *Experience in Southern Brazil*

We have recently carried out a comprehensive study to assess the vitamin A status of marginally malnourished preschool children of socioeconomically deprived families living in the periurban communities of Ribeirão Preto, a typical agricultural town in the sugar cane and coffee region of the State of São Paulo in Southern Brazil (9). The intake of vitamin A and carotenoids from the rice and bean-based diet of these children was found to be low, and appears to influence blood concentrations and liver reserves of this vitamin. With respect to plasma vitamin A, 1.8% of the children had deficient levels (< 10 µg%), whereas 47.2% of the children had low levels (< 20 µg%). Most of the children with low-plasma vitamin A responded positively to a massive dose of 200,000 IU, suggesting thereby that they may be at risk of having low liver stores of the vitamin. Rose Bengal staining test and rapid dark

TABLE 4

**SUGGESTED GUIDELINES FOR ASSESSMENT OF RELATIVE LEVELS  
OF VITAMIN NUTRITION IN YOUNG CHILDREN\***

Vitamin A status	Dietary intake (retinol equivalent $\mu\text{g}/\text{day}$ )	Biochemical indicators		Clinical signs
		Liver ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	Plasma ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	
Adequate	> 400	> 20	> 20	None
Marginal	200-400	10 - 20	10 - 20	Decreased growth Decreased appetite Decreased resistance to infection
Critical	< 200	< 20	< 10	Xerophthalmia
Clinical deficiency				Night blindness Conjunctival xerosis Corneal xerosis Corneal ulceration Keratomalacia

\* According to IVACG Report (31).

adaptation time did not indicate definite signs of conjunctival xerosis and night blindness. Not a single case of xerophthalmia was observed among them. The results of our study clearly indicate that although there are no severe cases of hypovitaminosis A in this population, vitamin A deficiency could be a public health problem among young children in this region of Southern Brazil.

With respect to the application of presently available methods for the rapid field diagnosis of hypovitaminosis A in marginally malnourished preschool children of socioeconomically deprived families in Southern Brazil, we have evaluated Rose Bengal staining test and rapid dark adaptation test (20). The results of our study indicate that neither the Rose Bengal staining test nor the rapid dark adaptation test were found more useful than the known conventional methods based on the estimation of dietary intake of vitamin A equivalent, and plasma levels of retinol. These tests were difficult to interpret, since no significant correlations were obtained between the results of these tests and either the dietary intake of retinol equivalent or plasma levels of retinol (Figure 3). Rose Bengal staining test gave 6 to 7% of the false positive and equal

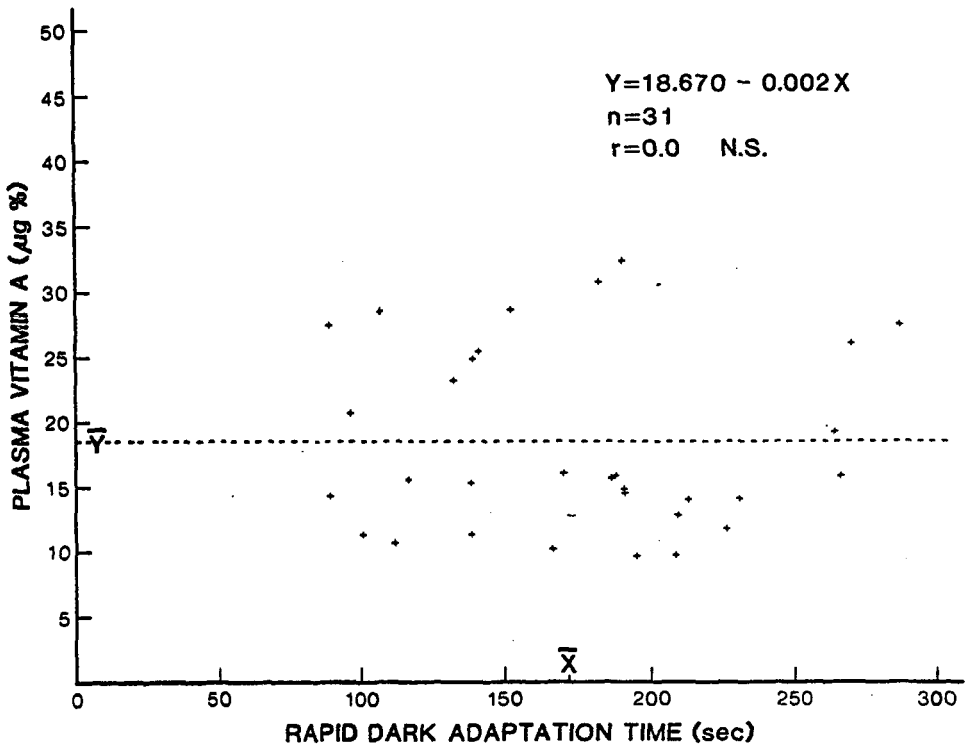


FIGURE 3

Relationship between plasma vitamin A and dark adaptation test of preschool children in Ribeirao Preto, Brazil

number of false negative results. It appears to us that further research is needed to make these tests more reliable and useful for the early detection of vitamin A deficiency. At present we are conducting trials to test the usefulness of the relative dose response test (RDR), and future trials are in planning to test the conjunctival impression cytology as a field method for the early diagnosis of vitamin A deficiency in marginally malnourished preschool children of Southern Brazil.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The authors gratefully acknowledge the Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição of Brazil (INAN), the International Scientific Exchange Program of the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) of Canada, and the Conselho Nacional

**de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) of Brazil, for their continuing support of our on-going collaborative research.**

## RESUMEN

La hipovitaminosis A es un problema que se presenta en gran escala en el mundo entero, especialmente entre los niños de edad preescolar.

De acuerdo a predicciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 100,000 niños pierden la vista anualmente mientras que un número considerable muere debido a deficiencia de vitamina A, y millones sufren serias consecuencias relacionadas con la deficiencia de vitamina A, tales como retardo en crecimiento y creciente susceptibilidad a las infecciones. Consecuentemente, no sólo es importante que los casos de deficiencia severa de vitamina A sean diagnosticados, sino también los casos marginales. Sobre todo, es crítico que la población susceptible sea diagnosticada lo antes posible, a fin de aplicar las medidas de prevención del caso. Los métodos disponibles para diagnosticar la deficiencia de vitamina A pueden ser clasificados en cuatro categorías: clínico, bioquímico, funcional y dietético. El diagnóstico clínico se basa en el examen ocular y extraocular para determinar los síntomas de hipovitaminosis A, pero sólo se utiliza para detectar casos severos. Otras dos pruebas de diagnóstico usadas comúnmente son: el test funcional de ceguera nocturna, y las pruebas patológicas, utilizando o no "Rosa de Bengala" o "dissamine green dye".

Los métodos dietéticos para diagnosticar la deficiencia de vitamina A están fundados en la estimación de absorbancia de vitamina A y carotenoides. Además, existen otros métodos tales como dilución isotópica y reacción a dosis relativa (RDR), técnicas éstas que han sido recientemente propuestas para diagnosticar la deficiencia de dicha vitamina. La RDR parece ser un indicador sensitivo de vitamina A entre grupos sin signos clínicos de hipovitaminosis A. No obstante, el mejor enfoque puede ser el basado en indicadores múltiples para el asesoramiento acertado de la función de vitamina A en la comunidad.

El objetivo del trabajo que nos ocupa es llamar la atención a los problemas de diagnóstico, a los recientes adelantos, y a nuestra experiencia en Brasil en este importante campo de investigación de la vitamina A, investigación de implicaciones globales significativas.

## BIBLIOGRAPHY

1. WHO. Serie de Rapports Techniques N° 672, Geneve, 1982.
2. Santos, L.M.P., J.M. Dricot, L.S. Ascitti, M.J.C.N. Benigna, & C. Dricot d'Ans. Estudo de Paraíba. *Rev. Bras. Med.*, 40: 419-425, 1983.
3. Araujo, R.L., M. Beatriz, D.G. Araujo, R.O. Sleino, R.D.P. Machado & B.V. Leite. Diagnostico da situação da hipovitaminose A e da anemia nutricional na população do vale de Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 36: 643-653, 1986.
4. Araujo, R.L., E.L. Borges, A.M. Santos, D.J.B. Silva & L.M. Oliveira. Situação nu-

- tricional da população da cidade de Belo Horizonte. *Cien. Cul.*, 29 (Suppl. 7): 768, 1977.
5. Rocada, M.J., D. Wilson, A.L. Netto, O.B. Netto, A.C. Kalil, M.F. Nunes & E.T. Okani. Hipovitaminose A em filhos de migrantes de São Paulo, Brasil. Estudo clinico-bioquimico. *Rev. Saude-publ. São Paulo*, 12: 345-350, 1978.
  6. Rocada, M.J., D. Wilson, R.N. Mazzilli & Y.R. Gandra. Hipovitaminose A em comunidades do estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Saude-publ. São Paulo*, 15: 338-349, 1981.
  7. Rocada, M.J. Hypovitaminosis A: A public health problem. *Internat. J. Vitamin. Nutr. Res.*, (Suppl. 24): 17-22, 1983.
  8. Rocada, M.J., D. Wilson, E.T. Okani, & S. Amino. Prevalencia de hipovitaminose A em pre-escolares de municipio da area metropolitana de São Paulo, Brasil. *Rev. Saude-publ. São Paulo*, 18: 218-224, 1984.
  9. Favaro, R.M.D., N.V. Souza, S.A.M. Batista, M.G.C. Ferriani, I.D. Desai & J.E. Dutra de Oliveira. Vitamin A status of young children in Southern Brazil. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43: 852-858, 1986.
  10. IVAGG Report: *The Symptoms and Signs of Vitamin A Deficiency and Their Relationship to Applied Nutrition*. New York, N.Y., The Nutrition Foundation, 1981.
  11. Wilson, D. & M.E. Silva Nery. Hypovitaminosis A in Rio Grande do Sul, Brazil. Preliminary study. *Internat. J. Vitamin Nutr. Res.*, (Suppl. 24): 35-43, 1983.
  12. Wilson, D., M.J. Rocada, R.N. Mazzilli, M.L.F. Cavalvanti & D.B.G. Pattoli. Nutritional status of children, inmates of a small institution for homeless children in the capital of the State of São Paulo, Brazil. *Rev. Saude-publ. São Paulo*, 14: 300-309, 1980.
  13. ICNND Report. *Manual for Nutrition Surveys*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1983.
  14. Olson, J.A. Evaluation of vitamin A status in children. *Wld. Rev. Nutr. Diet*, 31: 130-134, 1978.
  15. Olson, J.A. Liver vitamin A reserves of neonates, preschool children and adults dying of various causes in Salvador, Brazil. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 29: 521-545, 1979.
  16. Flores, H., C.R.C. Araujo, F.A.C.S. Campos & B.A. Underwood. Importance of the early diagnosis of vitamin A deficiency at the epidemiological level. *Int. J. Vitamin. Nutr. Res.*, (Suppl. 24): 23-24, 1983.
  17. Dorea, J.G., J.A. Souza, M.O. Galvao & M.A.F. Iunes. Concentration of vitamin A in the liver of foetuses and infants dying of various causes in Brasilia, Brazil. *Internat. J. Vitamin. Nutr. Res.*, 54: 119-123, 1984.
  18. Thornton, S.P. A rapid test for dark adaptation. *Ann. Ophthalmol.*, 9: 731-735, 1977.
  19. Vinton, N.E. & R.M. Russell. Evaluation of a rapid test of dark adaptation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34: 1961-1966, 1981.
  20. Favaro, R.M.D., N.V. Souza, H. Vannucchi, I.D. Desai & J.E. Dutra de Oliveira. Evaluation of rose bengal staining test and rapid dark adaptation test for the field assessment of vitamin A status of preschool children-in Southern Brazil. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43: 940-945, 1986.
  21. Solomons, N.W., R.M. Russell, E. Vinton, A.M. Guerrero & L. Mejía. Application of a rapid dark-adaptation test in children. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 1, 571-574, 1982.
  22. Mobarhan, S., R.M. Russell, B. Underwood, J. Wallingford, R.D. Mathieson & H. Al-Midani. Evaluation of the relative dose response test for vitamin A nutriture in

- cirrhotics. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34: 2264-2270, 1981.
23. Amedee-Manesme, O., D. Anderson & J.A. Olvon. Relation of the relative dose response to liver concentrations of vitamin A in generally well-nourished surgical patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39: 898-902, 1984.
  24. Flores, H., F. Campos, C.R.C. Araujo & B.A. Underwood. Assessment of marginal vitamin A deficiency in Brazilian children using the relative dose response procedure. *Am. J. Clin. Nutr.*, 40: 1281-1289, 1984.
  25. Rietz, P., O. Wiss & F. Weber. Metabolism of vitamin A and the determination of vitamin A status. *Vitamins Horm.*, 32: 237, 1974.
  26. Huque, T. Assessment of vitamin A status by an isotope dilution method. *Internat. J. Vit. Nutr. Res.*, 51: 119-123, 1981.
  27. Whittpen, J.R., M.D. Scheffer, C.G. Tseng, & A. Sommer. Detection of early xerophthalmia by impression cytology. *Arch. Ophthalmol.*, 104: 237-239, 1986.
  28. Tseng, S.C. Staging of conjunctival squamous metaplasia by impression cytology. *Ophthalmology*, 92: 728-733, 1985.
  29. Kjolhede, C.L., A.M. Gadowski, J. Whittpen, J. Bulux, A. Rosas, N.W. Solomons, K.H. Brown & M.R. Forman. Conjunctival impression cytology: Feasibility of a field trial to detect subclinical vitamin A deficiency. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49: 490-494, 1989.
  30. Sauberlich, H.E., R.E. Hodges, D.L. Wallace, H. Kolder, J.R. Canham, J. Hood, N. Raica & L.K. Lowry. Vitamin A metabolism and requirements in the human studied with the use of labeled retinol. *Vitamins Horm.*, 32: 251-275, 1974.
  31. IVACG Report. *Recent Advances in the Metabolism and Function of Vitamin A and Their Relationship to Applied Nutrition*. New York, N.Y., The Nutrition Foundation, 1979.

# UTILIZACION NUTRICIONAL DE UNA DIETA BAJA EN PROTEINA, EN RATAS DIABETICAS POR ALOXANA

*Pilar Varela<sup>1</sup> y Rocío Muñoz<sup>2</sup>*

Universidad Complutense  
Madrid, España

## RESUMEN

Considerando la influencia que el control de la dieta ejerce en el curso de la diabetes, se estudió en ratas diabéticas por aloxana, las variaciones que en la utilización nutricional de la proteína tiene el aporte de dos niveles de este sustrato en la dieta [12% (lote 1) y 4% (lote 2)]. Cada lote se dividió a su vez en dos grupos: A) testigo y B) diabético.

Se determinaron parámetros ponderales, ingesta, coeficientes de eficiencia alimentaria (CEA), de eficiencia digestiva (CED), y de utilización metabólica (CUM) así como la razón N retenido/N ingerido y glucemia al principio y final del experimento.

Se observó una disminución en el peso, CEA, CED, y CUM en las ratas testigo del lote 2, frente a las del lote 1. La diabetes experimental produjo una elevación en el CEA en los animales del lote 1. Asimismo, en el lote 2 el peso y el CEA disminuyeron mientras aparecía un incremento en la ingesta y el CED, frente a los animales testigo del lote 2. La glucemia se agudizó en las ratas diabéticas, en contraste con las testigo, y en las ratas tratadas que ingerían la dieta baja en proteína, en relación a las alimentadas con la dieta control.

Los datos sugieren una modulación, tanto de la utilización nutricional como del estado diabetógeno, por efecto de la cantidad de proteína ingerida en nuestras condiciones experimentales.

---

Manuscrito modificado recibido: 1-6-90.

1 Profesor ayudante del Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, 28040, Madrid, España.

2 Profesor titular de Fisiología, Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

## INTRODUCCION

La elección de dieta en la terapia de la diabetes ha sido de gran dificultad desde que la enfermedad fue descrita por primera vez (1).

En este sentido, recientemente han surgido numerosos estudios, sobre todo en relación con los carbohidratos, señalando la importancia de este macronutriente en el control de la respuesta de glucosa a la dieta en enfermos diabéticos (2).

En efecto, se ha indicado que los polisacáridos causan una mayor alza de azúcar en la sangre que los monosacáridos, que son absorbidos más rápidamente (3).

De igual modo se ha prestado atención a la fibra dietética, ya que su alto consumo produce un efecto reductor de los lípidos en el suero, así como favorecedor sobre el metabolismo de carbohidratos. Este hecho parece ser consecuencia de la modificación que la fibra tiene sobre la absorción gastrointestinal (4-6).

En lo que a la proteína se refiere, es sabido desde hace años que la ingestión oral o la administración intravenosa de aminoácidos estimula la secreción de insulina, modelando la hiperglucemia postprandial en individuos sanos y diabéticos (7).

Así, Day *et al.* (8) administrando una carga constante de carbohidratos mezclados con diferentes dosis de proteína (3.6-75g) detectaron diferencias en la respuesta a glucosa a los 60 y 90 minutos entre las dosis alta y baja, así como entre la dosis más alta de proteínas y las demás dosis a los 60 minutos.

Más recientemente, Nuttall *et al.* (9) encontraron un efecto de la dosis de proteína sobre la respuesta de insulina al administrar 0-50 g de proteína con la solución de 50 g de glucosa. Sin embargo, no hallaron diferencias en la respuesta con dosis proteínicas intermedias.

Se debe señalar, no obstante, que a pesar de los numerosos estudios realizados existen pocos datos que cuantifiquen, por un lado las necesidades en energía y nutrientes de enfermos diabéticos, y por el otro, cómo se utiliza dicha energía y nutrientes.

En vista de lo expuesto, el propósito de este trabajo fue estudiar la actuación de dos dietas con distinto contenido proteínico (12%, control; 4%, deficiente en proteína), matizando a la posible incidencia de la diabetes experimental por aloxana, en tres puntos clave de la utilización nutricional: ingesta, digestión y metabolismo.

Además, se pretendía determinar si el nivel de proteína en la dieta afecta el proceso diabetógeno.

Para ello se estudió en ratas adultas: 1) El efecto de una dieta baja en proteína (4%) sobre el peso, ingesta, eficiencia nutricional, digestibilidad, eficiencia metabólica y glucemia en ratas testigo, y

2) El efecto de la administración de aloxana en los parámetros anteriormente citados, con las dos dietas utilizadas.

## MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 80 (40 ♂ y 40 ♀) ratas Wistar adultas con un peso inicial de  $195 \pm 10$  g ( $\bar{x} \pm EE$ ) divididas en dos lotes: 1) control (alimentado con una dieta de 12% de proteína (caseína + DL metionina) (Tabla 1), y 2) deficiente en proteína sometido a una dieta baja en proteína (4%) (10). Las dos dietas utilizadas eran isocalóricas entre sí. Cada lote se dividió en dos grupos: A) testigo, al que se le inyectó vía intraperitoneal, solución salina fisiológica estéril y B) diabético, inyectado i.p. con una solución acuosa de aloxana al 5% en dosis única, de 200 mg/kg de peso (11).

Los animales se adaptaron previamente a las dietas experimentales durante cuatro días. Posteriormente se inyectaron con solución salina o solución de aloxana y transcurridos tres días se determinó glucemia en todos los casos, para confirmar el estado diabético de los animales, y asegurar que al comienzo del período experimental la destrucción de las células B pancreáticas era irreversible.

La duración del experimento fue de 10 días, durante los cuales los animales se alojaron en células individuales de metabolismo,

TABLA 1

COMPOSICION TEORICA DE LAS DIETAS UTILIZADAS  
(Expresada en g/100 g dieta)

Ingredientes	Control	Deficiente en proteína
Caseína	11.80	3.8
DL-Metionina	0.20	0.2
Azúcar	37.02	41.02
Almidón	37.02	41.02
Celulosa	5.00	5.00
Aceite de oliva	5.00	5.00
Aceite de girasol	0.50	0.50
Corrector mineral <sup>1</sup> (10)	3.34	3.34
Corrector vitamínico <sup>2</sup> (10)	0.12	0.12

1 El corrector mineral contiene (mg/100 g dieta): yoduro potásico, 0.029; sulfato de cobre,  $5H_2O$  2.472; fluoruro sódico, 0.2431; sulfato de manganeso,  $H_2O$ , 16.92; sulfato ferroso,  $7H_2O$  19.904; carbonato magnésico, 76.978; sulfato magnésico,  $7H_2O$  225.0, fosfato bicálcico, 1,476.03; fosfato dipotásico, 359.92; carbonato cálcico, 412.40; carbonato de zinc, 2,556; bicarbonato potásico, 610,343; óxido de cromo, 0.048; seleniato de sodio, 0.024, y cloruro sódico, 141.10.

2 El corrector vitamínico contiene (mg/1000 g dieta): colina, 1,111; ácido fólico, 1.11; niacina, 22.22; pantotenato cálcico, 8.88; riboflavina, 3.33; tiamina, 4.44; piridoxina, 6.60; cianocobalamina, 0.55; vitamina A, 4,444.44 U.I.; vitamina D, 1,111.11 U.I.; vitamina E, 33.33 U.I., y menadiona, 0.055.

ubicadas en una habitación iluminada de 08.00 a 20.00 horas, mantenida a la temperatura de 23°C y humedad constantes. El agua y la dieta se suministraron *ad libitum*.

Se controló el peso, ingesta y glucemia al principio y final del experimento. Cada día se recogieron las excretas para su análisis posterior.

El contenido de nitrógeno en la dieta, heces y orina se analizó por el método de Kjeldahl. Con los datos analíticos obtenidos de las dietas, orina y heces, se calcularon los siguientes parámetros: coeficiente de eficiencia alimentaria (incremento de peso rata/día/materia seca ingerida por rata/día), N absorbido (N ingerido (I) - N eliminado en heces (F)), N retenido (I - (F + N eliminado en orina (U)), coeficiente de eficiencia digestiva (CED) [(I-F)/I], y coeficiente de utilización metabólica (CUM) [(I-(F+U))/I-F].

La glucosa en sangre se determinó por el método de Bondar y Head (12), utilizando un sistema automatizado.

Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente mediante la prueba "t" de Student (13). Las diferencias se consideran significativas cuando  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Efecto de la dieta deficiente en proteína sobre parámetros ponderales, ingesta, eficiencia nutricional, digestibilidad, eficiencia metabólica y glucemia, en ratas testigo

Los cuatro días de adaptación previa a las dietas utilizadas condicionaron el peso al inicio del experimento, que fue un 4% más bajo en los animales que ingirieron la dieta deficiente en proteína, que en los controles (Tabla 2). Esta disminución se reflejó más ampliamente en el peso final, donde el descenso ponderal llegó a ser de 11%. Sin embargo, los animales alimentados con la dieta baja de proteína fueron capaces de mantener un crecimiento positivo de 3% sobre su peso inicial.

De acuerdo con Mc Lean y Graliam (14), estos resultados indican que las dietas bajas en proteína originan una pérdida de estructuras por carencia de este sustrato en la dieta, impidiendo así la función plástica de las proteínas.

Dicha pérdida de peso ocurre sin modificaciones en la ingesta, —expresada como gramos de sustancia seca—, hecho ya observado en trabajos previos en ratas jóvenes alimentadas con 4% de proteína, al compararlas con las que ingerían un 10% de este sustrato (15).

No obstante, la cantidad de N ingerido sufrió una disminución significativa de importancia en relación con los animales testigo (66%), debido al menor porcentaje de proteína en la dieta.

En cuanto a la eficiencia alimentaria, es factible deducir la existencia de una variación similar a la encontrada en el caso de la ganancia ponderal. En otras palabras, a menor proteína in-

**TABLA 2**

**EFFECTO DE LA DIETA DEFICIENTE EN PROTEINA Y DE LA DIABETES ALOXANICA SOBRE PARAMETROS PONDERALES, INGESTA Y CEA EN RATAS ADULTAS**

	Control, 12%		Deficiente en proteína, 4%	
	Grupo testigo	Grupo diabético	Grupo testigo	Grupo diabético
Peso inicial (g)	208.65 ± 4.30	176.15 ± 4.83*	199.86 ± 3.70	188.11 ± 3.29**
Peso final (g)	232.35 ± 6.07	214.05 ± 4.25	206.06 ± 3.10*	179.57 ± 2.40**
Ganancia peso rata/día (g)	3.38 ± 0.20	4.05 ± 0.30	0.88 ± 0.27*	-1.22 ± 0.16**
Ingesta (g sustancia seca/rata/día)	16.15 ± 0.40	15.48 ± 0.43	16.70 ± 0.36	19.33 ± 0.45**
N ingerido (mg/día)	353.48 ± 17.25	289.58 ± 8.32*	120.27 ± 2.64*	129.72 ± 3.03**
CEA	0.20 ± 0.01	0.25 ± 0.01*	0.07 ± 0.01*	0.01 ± 0.001**

Valores medios de 20 animales, ± EE.

\* Indica diferencias significativas entre el grupo diabético y el grupo testigo del control (efecto de la aloxana con la dieta control) y entre los grupos testigo de ambos lotes (efecto de la dieta deficiente en proteína). (P ≤ 0.05).

\*\* Indica diferencias entre el grupo diabético y el testigo del lote deficiente en proteína (efecto de la aloxana con la dieta baja en proteína). (P ≤ 0.05).

gerida, menor CEA.

Al parecer, este descenso es consecuencia de la limitación de la proteína ingerida. A ello se une la posible utilización, por parte del animal, de sus propios sustratos, impidiéndoles así alcanzar los niveles del testigo.

La digestibilidad aparece disminuida (22%) en las ratas sometidas a la dieta deficiente en proteína en relación a las que ingirieron la dieta control (Tabla 3). Sin embargo, la excreción fecal de nitrógeno no se modificó significativamente.

En este sentido, Tremolières (16) ya indicó en 1957 que el aumento de la ingesta, particularmente de los prótidos, no eleva la excreción fecal de nitrógeno; al contrario, parece disminuir, y el balance es positivo.

No obstante, la absorción de nitrógeno se elevó de forma importante (280%), y como consecuencia de la mayor ingesta, ya señalada.

Por otro lado, la utilización metabólica disminuyó en 20% por efecto de la dieta baja en proteína, hecho que se debe fundamentalmente al descenso encontrado tanto en el nitrógeno ingerido como en el eliminado en orina, lo que da lugar a una menor retención, como cabría esperar.

De acuerdo con ello, Howarth (17) en ratas al destete, alimentadas durante 14 días con dietas deficientes en proteína (0, 6, 12 ó 18% de caseína) o con un nivel proteínico normal (24%), observó que al aumentar la ingesta de proteína de 12 a 18%, el contenido en proteínas y DNA del músculo aumentaba. El nivel del 6% permite cierta acumulación proteínica pero inhibe totalmente la síntesis de DNA, y la dieta aprotéinica produce pérdidas de proteína muscular.

La utilización digestiva y metabólica conjunta —indicada por la razón N retenido/N ingerido—, también disminuyó 38% en las ratas testigo deficientes en proteína, como consecuencia de la menor utilización tanto digestiva como metabólica, según se indicó.

Por último y como cabría esperar, la glucemia final no se modificó significativamente por efecto del nivel de proteína en la dieta en las ratas testigo.

En resumen, es factible señalar que la dieta baja en proteínas conduce a los animales a un estado de malnutrición por carencia de sustrato proteínico, afectando la eficiencia alimentaria, digestibilidad y utilización nutricional de la dieta.

## 2. *Efecto de la administración de aloxana sobre parámetros ponderales, ingesta, eficiencia nutricional, digestibilidad, eficiencia metabólica y glucemia, con las dos dietas utilizadas*

En lo que a la variación ponderal se refiere (Tabla 2), los animales diabéticos que ingirieron la dieta control no presentaron modificaciones significativas ni en el peso final, ni en la ganancia de peso diaria.

Este hecho ha sido observado también por Turner (18) en ratas

TABLA 3

EFFECTO DE LA DIETA DEFICIENTE EN PROTEINA Y DE LA DIABETES ALOXANICA SOBRE LA UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DE LA PROTEINA, ASI COMO SOBRE LA GLUCEMIA EN RATAS ADULTAS

	Control, 12%		Deficiente en proteina, 4%	
	Grupo testigo	Grupo diabético	Grupo testigo	Grupo diabético
N urinario (mg/día)	191.16 ± 10.11	142.20 ± 5.35*	55.53 ± 2.25*	61.66 ± 2.29**
N fecal (mg/día)	44.57 ± 3.20	36.16 ± 2.11*	38.36 ± 1.80	34.02 ± 1.30**
N absorbido (mg/día)	308.87 ± 17.20	253.36 ± 7.80*	80.26 ± 3.05*	95.52 ± 2.20**
N retenido (mg/día)	124.09 ± 14.20	111.15 ± 6.73	26.79 ± 3.01*	31.50 ± 3.20
CED	0.86 ± 0.01	0.87 ± 0.01	0.67 ± 0.01*	0.72 ± 0.01**
CUM	0.39 ± 0.03	0.42 ± 0.20	0.31 ± 0.01*	0.34 ± 0.01
N retenido/N ingerido	0.34 ± 0.03	0.37 ± 0.02	0.21 ± 0.01*	0.24 ± 0.01
Glucemia inicial (mg/100 ml)	64.25 ± 1.83	254.16 ± 28.35*	62.71 ± 0.61	262.95 ± 39.59**
Glucemia final (mg/100 ml)	63.75 ± 1.25	103.70 ± 6.75*	60.33 ± 0.50	134.66 ± 6.93**

Valores medios de 20 animales ± EE.

- \* Indica diferencias significativas entre el grupo diabético y el grupo testigo del control (efecto de la aloxana con la dieta control) y entre los grupos testigo de ambos lotes (efecto de la dieta deficiente en proteína) ( $P \leq 0.05$ ).
- \*\* Indica diferencias entre el grupo diabético y el testigo del lote deficiente en proteína (efecto de la aloxana con la dieta baja en proteína) ( $P \leq 0.05$ ).

jóvenes diabéticas por aloxana, sometidas a una dieta de 10% de proteína.

De igual modo, Rossini, Arcangeli y Cahill (19) en un estudio sobre la toxicidad de la aloxana en ratas, no observaron diferencias significativas sobre el incremento de peso corporal en los animales tratados, en comparación con los testigo.

Esta invariabilidad en el peso corresponde con lo encontrado en la ingesta, expresada como gramos de sustancia seca. Sin embargo, cuando dicha ingesta se expresa como miligramos de N, se observa una disminución significativa de 18%.

En los animales tratados con aloxana y sometidos a la dieta control, el CEA se incrementó, gracias al efecto acumulativo de la ligera alza ponderal y la ligera disminución en la ingesta. Sorprendentemente, se observó un mejor aprovechamiento alimentario en los animales diabéticos que en los controles en las condiciones experimentales en que se llevó a cabo el estudio.

Por otra parte, la administración de aloxana a los animales que ingirieron la dieta baja en proteínas condujo a una disminución de 13% en el peso final, el cual se reflejó en una ganancia de peso por día negativo, en relación a los testigo.

Un efecto semejante ha sido previamente observado en un estudio sobre absorción de dipéptidos en ratas diabéticas por estreptozotocin (20).

La ingesta aumentó significativamente (16%), lo que originó un alza en el N ingerido.

De igual modo, Schell, Wenger y Adibi (21) en ratas tratadas con estreptozotocin y Jervis y Levin (22) también en ratas pero tratadas con aloxana, observaron una elevación de la ingesta en los animales diabéticos frente a controles.

Las modificaciones encontradas tanto en el peso como en la ingesta, ocasionaron una disminución altamente significativa (85%) en el CEA de los animales tratados con aloxana.

Por otra parte, y en relación con la digestibilidad de la proteína (Tabla 3), se observó que con la dieta control no se modificaba el CED en ratas diabéticas, comparadas con las testigo. Cabe considerar que para el cálculo del CED, manejamos dos parámetros, el N ingerido y el N absorbido; la disminución encontrada en ambos, condicionó la invariabilidad en el CED de la proteína en estos animales.

Sin embargo, la dieta deficiente en proteína, sí modificó la utilización digestiva, ya que la diabetes aloxánica hace que este parámetro se eleve significativamente (7%).

Ya se ha señalado que la mayor ingesta en N, unida a la gran absorción de este elemento, —consecuencia de una menor excreción fecal—, indica que el mayor CED encontrado se debe, además de a una mayor ingesta de dieta, a una mejor absorción de ésta.

Es sabido que la diabetes experimental ejerce acciones profundas sobre el transporte a través de la mucosa en ratas. En este sentido, en estudios de absorción llevados a cabo por sistemas de transporte de aminoácidos neutros y básicos, se observó que dicha

absorción se incrementaba en animales diabéticos tanto *in vivo* (20) como *in vitro* (21).

Por otra parte, en los animales tratados con aloxana no se modificó la utilización metabólica con ninguna de las dos dietas utilizadas.

Sin considerar los factores nutricionales, Pain y Garlick (23) observaron en ratas diabéticas por estreptozotocin que la síntesis proteínica en el hígado es mayor en animales controles que en los diabéticos, aun cuando la masa proteínica se mantiene igual en ambos grupos. En riñón y mucosa yeyunal de animales diabéticos, encontraron un incremento en la proteína y, sin embargo, no evidenciaron diferencias significativas en la síntesis proteínica de los órganos estudiados.

La utilización digestiva y metabólica conjunta expresada por la razón N retenido/N ingerido, tampoco se modificó en los animales diabéticos en relación a los testigo, con ninguna de las dos dietas experimentales.

Estos resultados estarían de acuerdo con los obtenidos por Turner (17) quien no encontró variaciones significativas en la utilización neta de la proteína en ratas jóvenes sometidas a diabetes aloxánica.

Por último, se debe señalar que, como cabría esperar, la glucemia final fue mayor en los animales diabéticos que en los testigo. Además, este parámetro apareció más elevado en las ratas tratadas que ingirieron la dieta deficiente en proteína, en contraste con las alimentadas con la dieta control. Ello podría haberse debido al efecto estimulador de los alimentos proteínicos sobre la liberación de insulina, lo que originaría un descenso en los valores sanguíneos de glucosa (7).

Estos datos, por lo tanto, parecen señalar la existencia de una relación entre el nivel dietario de la proteína ingerida y el estado diabetógeno, produciéndose un efecto modulador de la dieta sobre la utilización nutritiva de la proteína en ratas diabéticas por aloxana.

## SUMMARY

### NUTRITIONAL UTILIZATION OF A LOW PROTEIN DIET IN ALLOXAN-DIABETIC RATS

Dietary control is known to influence diabetic processes. Therefore, the purpose of this work was to determine possible effects brought about by two different dietary protein levels on the nutritional diet utilization in alloxan-diabetic rats. Rats were divided in two groups: 1) One fed on 12% and 2) one a 4% protein diet. Each group was then divided into two subgroups: A) non diabetic and B) diabetic.

Weight parameters, food intake, food efficiency (FE), digestive efficiency (DE), metabolic utilization (MU), retained N/ingested N ratio as well as initial and final glycemia were evaluated at the beginning and at the

end of the experiment.

A decrease in body weight, FE, DE and MU was observed in the control rats of group 2A, in comparison with the group 1A. Experimental diabetes led to increased FE in 1B group in relation to those of group 1A. Also decreased body weight and FE as well as increased food intake and DE were found in the control animals of 2B group. Glycemia increased in diabetic rats as compared with non-diabetic rats, in both groups, 1 and 2.

The data suggest that under the experimental conditions cited, both the nutritional utilization of the diet and the diabetogenic status might be modulated by the dietary protein ingested level.

### BIBLIOGRAFIA

1. Bierman, E.L. Nutritional management of adult and juvenile diabetics. In: *Nutritional Management of Genetic Disorders*. M. Winick (Ed.). New York, N.Y., Wiley & Sons, 1979, p. 107-117.
2. Crapo, P.A. Simple versus complex carbohydrate use in the diabetic diet. *Ann. Rev. Nutr.*, 5: 95-114, 1985.
3. Committee of the American Diabetes Association on Food and Nutrition Special Report. Principles of nutrition and dietary recommendations for individuals with diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 2: 520-523, 1979.
4. Simpson, H.C.R., R.W. Simpson & S.Y. Loosley. A high carbohydrate leguminous fibre diet improves all aspects of diabetic control. *Lancet*, 1: 1-5, 1981.
5. Rivellese, A., G. Riccardi & A. Giacco. Effect of dietary fibre on glucose control and serum lipoproteins in diabetic patients. *Lancet*, 2: 447-450, 1980.
6. Kinmouth, A.L., R.M. Angus, P.A. Jenkins, M.A. Smith & J.D. Baum. Whole foods and increased dietary fibre improve blood glucose control in diabetic children. *Arch. Dis. Child.*, 57: 187-194, 1982.
7. Floyd, J.C., S.S. Fajans, J.W. Conn, R.F. Knopf & J. Rull. Insulin secretion in response to protein ingestion. *J. Clin. Invest.*, 45: 1476-1486, 1966.
8. Day, J.L., K. Johansen, O.P. Granda, J.S. Soeldner, R. Gleason & W. Midgley. Factors governing insulin and glucagon responses during normal meals. *Clin. Endocrinol.*, 9: 443-454, 1978.
9. Nuttal F.Q., A.D. Mooradian, M.C Gannon, C Billington & P. Krezowski. Effect of protein ingestion on the glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. *Diabetes Care*, 7: 465-470, 1984.
10. National Research Council. *Nutrition Requirements of Laboratory Animals*. 3rd ed. Washington, D.C. National Academy of Sciences, 1978, p. 7-37.
11. Lazarow, A & S.L. Palay. The production and course of alloxan diabetes in the rat. *J. Lab. Clin. Med.*, 31: 1004-1015, 1946.
12. Bondar, R.J.L. & D.C. Mead. Evaluation of glucose-6-phosphate dehydrogenase from *leuconostoc mesenteroides* in the hexokinase method for determining glucose in serum. *Clin. Chem.*, 20: 586-590, 1974.
13. Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. Estimación y test de hipótesis. En: *Biometría. Los Principios y la Práctica de la Estadística en la Investigación Biológica*. H. Blume (Ed.) Madrid. Héroes, 1979, p. 145-194
14. Mc. Lean, W.L. & G.C. Graham. The effect of level of protein intake in isoenergetic diets on energy utilization. *Am. J. Clin. Nutr.* 32: 381-387, 1979
15. Marcos A. P. Varela, M.T. Unzaga, E. Muñoz Martínez, B. Jiménez-Cancedo & C.

- Varela. Nivel proteínico dietario durante la gestación. Su influencia sobre el reparto materno-fetal de sustratos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 36: 443-455, 1986.
16. Tremolières, T., B. Servilles & B. Jacquet. Les Proteines. En: *Manuel Elementaire D'Alimentation Humaine*. Baillièrè (Ed.). Tomo I. París, Les Editions Sociales Françaises, 1957, p. 90-109.
  17. Howarth, R.E. Influence of dietary protein on rats skeletal muscle growth. *J. Nutr.*, 102: 37-44, 1972.
  18. Turner, M.R. The effect of alloxan diabetes in the rat on net protein utilization. *Nutr. Repts. Internat.*, 3: 117-122, 1971.
  19. Rossini, A.A., M.A. Arcangeli & G.F. Cahill. Alloxana toxicity in the beta cells. *Diabetes*, 24: 516-522, 1975.
  20. Dheeraj, L. & H. Shedi. Intestinal adaptation in diabetes: Amino acid absorption. *Am. J. Physiol.*, 227: 827-831, 1974.
  21. Schell, P.H., J. Wenger & S. Adibi. Diglycine absorption in streptozotocin diabetic rat. *Am. J. Physiol.*, 235: E 457-E 460, 1978.
  22. Jervis, E.L. & R.J. Levin. Anatomic adaptation of the alimentary tract of the rat to the hyperphagia of chronic alloxan-diabetes. *Nature*, 210: 391-393, 1966.
  23. Pain, V.M. & P.J. Garlick. Effect of streptozotocin diabetes and insuline treatment on the rate of protein synthesis in tissues of the rat *in vivo*. *J. Biol. Chem.*, 243: 4510-4514, 1974.

**ENRIQUECIMIENTO DE HARINA PRECOCIDA  
DE MAIZ BLANCO (*Zea mays*) CON HARINA  
DE SEMILLA DE AMARANTO (*Amaranthus* sp.)**

*Emperatriz Pacheco de Delahaye<sup>1</sup> y Mercedes Portillo<sup>2</sup>*

**Universidad Central de Venezuela  
e  
Instituto Nacional de Nutrición  
Caracas, Venezuela**

**RESUMEN**

Se elaboraron tres mezclas de harina precocida de maíz blanco con harina procesada de amaranto granífero a los niveles de sustitución del 10, 20 y 30%. Los índices de sedimentación y consistencia de las mezclas variaron respecto a los de la harina de maíz blanco, pero sin alterar la capacidad de formación de masa para elaboración de las arepas. Las tres mezclas acusaron aumentos graduales de contenido de fibra, grasa y cenizas en relación a la harina precocida de maíz blanco. Las propiedades funcionales de absorción de agua y aceite se incrementaron en un 20% y 10%, respectivamente. Durante tres meses de almacenamiento, el contenido de proteína y grasa no se vio alterado. Se llevaron a cabo pruebas de aceptabilidad de las arepas, encontrándose que las mezclas con los niveles de 10% y 20% de sustitución son aceptables desde el punto de vista sensorial. La calidad proteínica fue analizada en términos de eficiencia proteínica (PER) y resultó ser superior a la de la harina de maíz blanco comercial (PER 1.93) y la digestibilidad "aparente" fue de 92%. En cuanto al ~~contenido de lisina en las arepas~~ provenientes de las mezclas con sustitución del 10% (1.8 g lisina/100 g de proteína) y 20% (2.0 g lisina/100 g de proteína) también resultaron ser superiores al de las arepas elaboradas con harina de maíz blanco comercial (0.7 g lisina/100 g de proteína).

---

Manuscrito modificado recibido: 6-11-90.

- 1 Profesora Agregada y Jefe de la Cátedra Análisis de Productos Agrícolas II, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Apartado 5081, Maracay, Aragua, Venezuela.
- 2 Miembro del personal de Investigación del Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela, Caracas, Venezuela.

En base a las consideraciones precedentes, se recomienda el enriquecimiento de la harina de maíz blanco comercial con harina de amaranto granífero para la posterior elaboración de arepas, producto de consumo masivo en la dieta del venezolano.

## INTRODUCCION

El enriquecimiento de harina de maíz con amaranto tiene varios aspectos prometedores, ya que el uso generalizado de las harinas precocidas asegura un amplio consumo por parte de la población más necesitada e inclusive de los niños, siempre que se logre eficazmente sustituir la harina normal por la enriquecida para tal fin. De esta manera se evita la compleja tarea de distribución directa de los alimentos suplementarios por canales oficiales. El reemplazo de las proteínas convencionales depende de la disponibilidad de las proteínas no convencionales, con propiedades funcionales adecuadas, las cuales facilitan su incorporación en la industria de alimentos (1). Las propiedades funcionales de harinas de amaranto cruda y precocida fueron estudiadas por Pacheco (2) y resultaron ser comparables a la harina de soya, por lo que es posible utilizarla en productos de panadería y como extensor de carnes. En Venezuela, la arepa (pan de maíz) se considera un producto de consumo tradicional, y el 95% se elabora a partir de harina precocida de maíz blanco, producto con un bajo contenido de lisina (3). Estudios informados por Sánchez y Maya (4) señalan que las mezclas de harina integral y fracciones de la molienda de semillas crudas de amaranto con harina comercial de maíz amarillo en las proporciones 80:10; 80:20 y 50:50 son las adecuadas para la confección de tortillas, y las de 80:20 y 50:50, para la elaboración de arepas. Por otra parte, las harinas de semilla de amaranto presentan un contenido de lisina tres veces mayor que la del maíz, por lo que se complementa bien con maíz, arroz y trigo, cereales que son deficientes en lisina (5).

En la presente investigación se estudió el efecto del agregado de la harina de semilla de amaranto a la harina comercial de maíz blanco en niveles de 10%, 20% y 30% de sustitución, efectuándose pruebas físicas y químicas. Se evaluó el valor nutritivo de las arepas mediante el índice de eficiencia proteínica (PER), digestibilidad aparente (DA) y contenido de lisina disponible. Además se realizaron pruebas sensoriales.

## MATERIAL Y METODOS

Se prepararon harinas de semilla integral de amaranto (*A. cruentus*) a partir de semillas de un maíz híbrido mexicano-africano (K112) cosechado en los campos experimentales de FUSAGRI, Instituto ubicado en la región central de Venezuela. Las semillas sin el agregado de agua fueron sometidas a autoclave a 120°C por 10

minutos, a 16 lb de presión; luego fueron molidas y cernidas a través de un tamiz de 40 mallas. La harina precocida de maíz blanco utilizada en esta investigación fue adquirida en comercios locales. Para la elaboración de arepas se prepararon mezclas de harinas de maíz blanco y harina de semilla de amaranto en proporciones variables de 90:10; 80:20 y 70:30%. La composición química de las harinas y las arepas se determinó según las técnicas descritas por la AOAC (6). Seguidamente se analizó el contenido de almidón (7) en las harinas; en las mezclas de harinas de maíz blanco-amaranto se determinó el índice de sedimentación por el método 5660-5661 y el índice de consistencia empleando el consistómetro de Adams según la American Association of Cereal Chemists (8). Los cambios en las propiedades funcionales de las harinas fueron evaluados, específicamente, absorción de agua (9) y absorción de aceite (10).

### *Obtención de Arepas*

La cantidad de agua en las mezclas utilizadas se estableció de acuerdo a los índices de sedimentación (IS). El tiempo de amasado fue de 20 minutos, y el tiempo de reposo de la masa, tres minutos. Se toman aproximadamente 120 g de masa, se le da forma redondeada y se procede a su cocción en plancha durante cinco minutos cada lado, y posteriormente se colocan en el horno a 250°C por 20 minutos.

### *Evaluación Nutricional*

El valor biológico se determinó midiendo el índice de eficiencia proteínica (PER) conforme Yañez *et al.* (11) y la digestibilidad aparente (12). Se utilizaron ratas de la colonia del Bioterio del Instituto Nacional de Nutrición, recién destetadas, de 45 gramos de peso. Las dietas fueron preparadas al 10% de proteínas y se suministraron *ad libitum* al igual que el agua, por el término de 21 días. La lisina disponible se analizó siguiendo la metodología empleada por Kakade (13).

En el Instituto Nacional de Nutrición se efectuaron dos pruebas de evaluación sensorial de las arepas, utilizando cada vez un panel no entrenado de 12 personas, y aplicando a los datos análisis de varianza de una vía.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Composición Química*

En la Tabla 1 se compara la composición proximal de la harina precocida de maíz blanco (HPMB), de la harina procesada de semilla de amaranto (HSA) y de las mezclas 90% HPMB + 10% HSA; 80% HPMB + 20% HSA y 70% HPMB + 30% HSA. La composición química tanto de la harina precocida de maíz blanco como de la

**TABLA 1**

**COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LA HARINA DE MAIZ COMERCIAL, DE AMARANTO  
Y HARINAS COMPUESTAS DE MAIZ Y AMARANTO**

Muestra 5	g/100 g muestra					Fracción libre de nitrógeno*
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	
Harina de maiz comercial	9.8	7.8	1.4	0.4	0.3	30.3
Harina de amaranto	7.2	16.9	10.5	3.7	3.5	58.2
Harina de maiz-amaranto 90:10	9.6	9.7	2.6	0.6	0.5	77.0
Harina de maiz-amaranto 80:20	9.7	10.1	3.1	0.8	0.8	75.2
Harina de maiz-amaranto 70:30	9.6	11.3	3.8	1.1	1.2	73.0

\* Calculado por diferencia.

harina de semilla de amaranto, es muy similar a las informadas en la literatura (14-16).

Se observó un aumento gradual del contenido proteínico de 7.8% en la HPMB hasta 11.3% en la mezcla de 70% HPMB + 30% HSA, 20% de sustitución; el incremento fue de 32%, y en la mezcla 90% HPMB + 10% HSA el aumento fue de 26%. El contenido de grasa, fibra y cenizas ascendió gradualmente a medida que se incrementaba el porcentaje de sustitución de HPMB por HSA. En cambio, la Tabla 2 indica que el contenido de almidón disminuye cuando el contenido de amaranto en la mezcla aumenta.

**TABLA 2**

**CONTENIDO DE ALMIDON DE LA HARINA PRECOCIDA DE MAIZ BLANCO (HPMB) Y LAS MEZCLAS DE HPMB Y HARINA DE SEMILLA AMARANTO (HSA)**

Muestra	HPMB	90% HPMB + 10% HSA	80% HPMB + 20% HSA	70% HPMB + 30% HSA	HSA
Almidón %	80	78	75	71	55

El incremento de grasa en las mezclas motivó el estudio de la variación de humedad, proteína (N x 6.25) y grasa durante tres meses de almacenamiento a temperatura ambiente, empleando el mismo empaque comercial de harina precocida de maíz blanco, que es de celofán.

Se puede apreciar, en la Tabla 3, que no hubo cambios en el contenido de proteína, humedad ni grasa durante el período de almacenamiento, y tampoco se produjeron sabores ni olores extraños, por lo que se deduce que el incremento de grasa en las mezclas de harina maíz blanco-amaranto no ocasiona problemas de rancidez.

*Propiedades Funcionales*

Los índices de sedimentación y consistencia de las mezclas variaron respecto a los de la harina precocida de maíz blanco, pero sin inducir cambios apreciables en la capacidad de formación de masa para la preparación de arepas (Tabla 4).

La absorción de agua se incrementó gradualmente a medida que se aumentaba el porcentaje de amaranto, mientras que la absorción de aceite sólo aumentó en un 10% en todas las mezclas. Cabe mencionar que en Venezuela las arepas se consumen horneadas o fritas, por lo que es importante estudiar la variación del contenido de retención de agua y aceite de las harinas de maíz blanco, al incorporar la harina de semilla de amaranto.

TABLA 3

VARIACION DE LAS PROTEINAS, GRASA Y HUMEDAD  
DE LAS HARINAS MAIZ-AMARANTO DURANTE  
EL ALMACENAMIENTO (g%)

Análisis	Maíz-amaranto 90:10	Maíz-amaranto 80:20	Maíz-amaranto 70:30	
Proteína:	0 mes	9.7	10.1	11.3
	1 mes	9.6	10.1	11.2
	2 meses	9.7	10.0	11.3
	3 meses	9.6	10.1	11.3
Grasa:	0 mes	2.6	3.1	3.8
	1 mes	2.5	3.0	3.8
	2 meses	2.6	3.0	3.7
	3 meses	2.6	3.0	3.8
Humedad:	0 mes	9.8	9.8	9.8
	1 mes	9.7	9.6	9.6
	2 meses	9.5	9.6	9.6
	3 meses	9.6	9.5	9.6

TABLA 4

INDICE DE SEDIMENTACION (IS), INDICE DE CONSISTENCIA (IC)  
ABSORCION DE AGUA (AA) Y ABSORCION DE ACEITE  
DE MAIZ-AMARANTO

Harina	IS	IC	Absorción de agua %	Absorción de aceite %
Maíz-amaranto 90:10	43	8.0	290	140
Maíz-amaranto 80:20	42	8.9	300	140
Maíz-amaranto 70:30	41	10.9	300	140
Maíz comercial	50	7.2	260	130
Amaranto—	—	380	180	

Cualquier alimento nuevo o modificado debe contar con buena aceptación gustativa para que su efectividad sea garantizada. En este sentido, se efectuaron dos pruebas de aceptabilidad entre el personal del Instituto Nacional de Nutrición (INN). Para el caso, se utilizó un panel no entrenado de 12 personas y se aplicó a los datos el método de análisis de varianza de una vía. El resultado fue una preferencia por parte de los panelistas por las arepas elaboradas

con la mezcla 80% HPMB + 20% HSA, y un rechazo de las arepas elaboradas con 30% de harina de amaranto, por presentar éstas un color oscuro y sabor parecido al afrecho. Así, pues, las arepas con 30% de sustitución no fueron sometidas al análisis nutricional en este estudio.

### *Evaluación Nutricional*

El índice de eficiencia proteínica fue evaluado en las arepas obtenidas a partir de harinas precocidas de maíz blanco (HPMB), y las elaboradas con la mezcla 80% HPMB + 20% HSA (Tabla 5). La adición de harina de semilla de amaranto a las arepas produjo un aumento gradual en el peso de los animales, lo que indujo como consecuencia, un incremento significativo de este índice desde 1.2 a 1.9 que representa un aumento porcentual del 42% en el PER. La digestibilidad aparente (92.1% de las arepas con 20% de amaranto), resultó muy buena, indicando que no se formó lisinoalanina o racenización de aminoácidos, ya que estos compuestos originan una disminución de la digestibilidad, según las investigaciones de Friedman (17).

**TABLA 5**

**INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) Y LA DIGESTIBILIDAD  
"APARENTE" DE LA HARINA DE MAIZ-AMARANTO 80:20**

Muestra	PER	Digestibilidad (%)
Harina de maíz	1.2 ± 0.2	
Harina de maíz-amaranto 80:20	1.9 ± 0.2	92.1%
Caseína	3.0 ± 0.2	

### *Lisina Disponible*

En la Tabla 6 se aprecian las determinaciones de lisina disponible en las harinas y en las arepas con 10% y 20% de amaranto en las cuales se duplicó el contenido de lisina respecto a la harina y arepas de maíz blanco. Los datos obtenidos revelaron que el horneado disminuye en 17% el contenido de este aminoácido esencial.

A partir de los resultados de este estudio, es evidente que la calidad nutricional de las arepas de harina precocida de maíz blanco, el alimento de base de la dieta del venezolano, puede suplementarse con harina precocida de semilla de amaranto hasta un nivel de sustitución del 20%.

**TABLA 6**  
**LISINA DISPONIBLE EN LAS HARINAS Y AREPAS**  
**DE MAIZ-AMARANTO**

Harinas de:	Lisina g/100 g de proteína
Maíz	0.87 ± 0.2
Maíz-amaranto 90:10	1.78 ± 0.2
Maíz-amaranto 80:20	2.27 ± 0.2
Arepas de:	Lisina g/100 g de proteína
Maíz	0.73 ± 0.2
Maíz-amaranto 90:10	1.62 ± 0.2
Maíz-amaranto 80:20	2.04 ± 0.2

### SUMMARY

#### ENRICHMENT OF WHITE CORN FLOUR (*Zea mays*) WITH AMARANTH (*Amaranthus* sp.) SEED FLOUR

Three mixtures of precooked white corn flour with 10, 20 and 30% amaranth flour were prepared. The sedimentation and consistence of the mixtures differed from those of the white corn flour, but without altering the capacity of dough formation to prepare arepas. The protein, fiber, and ash contents were higher than those of the precooked white corn flour. The functional properties of water and oil absorption increased in 20 and 10%, respectively.

During the three-month storage, the protein and fat contents were not altered. Acceptability tests of the arepas were carried out and results indicated that those mixtures prepared with 10% and 20% substitution levels were acceptable from the sensory point of view. The protein quality was analyzed in terms of protein efficiency ratio (PER), which proved to be higher than that of the commercial white corn flour (PER 1.93), and the apparent digestibility was 92%. As far as lysine is concerned, results showed that arepas prepared with the mixture containing 10% amaranth (1.6 g lysine/100 g protein) and 20% (2.0 g lysine/100 g protein) also proved to be higher than the commercial white corn flour arepas (0.7 g lysine/100 g protein).

Based on the above findings, enrichment of commercial white corn flour with grain amaranth flour, prior to the preparation of arepas, a product of high consumption in Venezuela as part of the habitual diet, is recommended.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kinsella, Y.F. Functional properties of soy proteins. *JAACS*, **56**: 242-249, 1979.
2. Pacheco de Delahaye E. Estudio de las propiedades funcionales de la harina de semilla de amaranto. Presentado en: Convención Nacional de la ASOVAC, *Acta Científica Venezolana*, XXXV: 219, 1985.
3. Seminario "Enriquecimiento de Harina de Maíz con Soya". CONICIT, 19 de enero de 1976.
4. A. Sánchez Marroquín & B. Maya. Industrial corn flour enrichment with whole amaranth flour and milling fractions in corn-based products. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **35**(3): 518-535, 1985.
5. Becker, % R.M. Saunder. *Amaranthus*: A potencial food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, **6**, Cap. 6, 1983.
6. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th. ed. Washington, D.C., The Association, 1975.
7. Mc. Creaty, R.M., Y. Guggolz, V. Silveira & H.W. Owens. Determination of starch and amylase in vegetables. *Anal. Chem.*, **22**: 1156-1161, 1950.
8. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC*. St. Paul Minn., The Association, 1983.
9. Wang, J.C. & J.F. Kinsella. Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **286**: 289, 1976.
10. Lin, M.J.Y., E.S. Humbert & F.W. Sosulski. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.*, **39**: 368-370, 1974.
11. Yañez, E., D. Ballester, H. Wuth, 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. Food Tech.*, **16**(3): 291-298, 1981.
12. Allison J.B. Biological evaluation of protein. *Physiol. Rev.*, **35**: 664-669, 1965.
13. Kakade, M.L. & I.E. Liener. Determination of available lysine in proteins. *Anal. Biochem.*, **27**: 273-280, 1969.
14. Bressani, R. Calidad proteínica de la semilla de amaranto cruda y procesada. *El Amaranto y su Potencial*, Boletín N° 3, 1983.
15. Odtojan, R.C. El Amaranto: una cosecha promisoría descuidada. *El Amaranto y su Potencial*. Boletín N° 4, 1983.
16. Sánchez, A. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: El amaranto y la quina. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **32**(1): 11-33, 1983.
17. Friedman, M., J.C. Zahnoley & P.M. Masters. Relationship between *in vitro* digestibility of casein and its content of lisinoalnine and D-amino acids. *J. Food Sci.*, **46**: 127-134, 1981.

**CALOR LATENTE DE VAPORIZACION EN EL  
AMARANTO**  
(*Amaranthus hybridus*)

*Juan de Dios Alvarado<sup>1</sup>, Esthela Toaza<sup>2</sup>  
y Guadalupe Coloma<sup>2</sup>*

**Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador**

**RESUMEN**

Se determinó en dos muestras de semillas molidas de "ataco" o "sangoracha" (*Amaranthus hybridus*), por el método manométrico, la presión de vapor a cuatro temperaturas y 10 humedades, en un rango de 26.8 y 3.6 g/100 g de materia seca.

La relación entre la presión de vapor de la harina y la presión de vapor del agua a las diferentes temperaturas, para cada humedad, se describe en forma satisfactoria por ecuaciones geométricas. Estas se presentan, y fueron utilizadas para determinar el calor latente de vaporización del producto a partir de la pendiente, según la ley de Othmer.

Se establece y discute una ecuación exponencial que relaciona la razón de calores latentes con la humedad, expresada en base seca, que permite calcular con suficiente exactitud los valores del calor latente de vaporización de amaranto, en especial a bajos contenidos de agua.

Los datos que se exponen, son útiles para cálculos en operaciones como secado y extrusión, procedimientos ampliamente aplicados en cereales.

---

Manuscrito modificado recibido: 17-3-89.

- 1 Ingeniero en Alimentos, M. Sc. en Tecnología de Alimentos, Profesor Principal de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Casilla 916, Ambato, Ecuador.
- 2 Ingenieras en Alimentos, Auxiliares de Investigación, FCIAL-UTA, Casilla 334, Ambato, Ecuador.

## INTRODUCCION

El calor latente de vaporización en granos de cereales lo definen Brooker, Bakker-Arkema y Hall (1) como la energía requerida para vaporizar la humedad desde el producto. Hoy día se expresa en J/kg, y es una propiedad utilizada en cálculos relacionados con procesos como el secado y la evaporación.

Según Hall (2), en muchas aplicaciones de secado el calor latente se determina considerando la evaporación del agua libre según lo indicado en las tablas de vapor. Sin embargo, el uso de estos datos, sobre todo en el caso de cultivos que acusan un bajo contenido de agua, provoca un error considerable.

De acuerdo con Gonzáles y Bressani (3), los granos de amaranto se cosechan con una humedad de 52 g/100 g y deben ser secados hasta 16 a 14 g/100 g antes de almacenarlos. Varios investigadores han notificado valores más bajos de humedad para varias especies, entre ellos, Teutónico y Knorr (4), y Sánchez Marroquín *et al.* (5).

Heldman y Singh (6) por su parte, destacan la importancia de la termodinámica para entender y evaluar los parámetros que describen el cambio de fase. Señalan que el calor latente de vaporización de compuestos puros, como el agua, puede ser descrito como una función de la presión, mediante la ecuación de Clausius-Clapeyron, la que permite llegar a la expresión:

$$\ln(p) = - (L/RT_A) + C$$

donde  $p$  es la presión,  $L$  es el calor latente de vaporización,  $R$  es la constante de los gases,  $T_A$  es la temperatura absoluta, y  $C$  una constante.

En el caso de productos alimenticios que contienen sólidos y otros componentes que influyen sobre el calor latente de vaporización, es posible elaborar una ecuación similar en la forma siguiente:

$$\ln(p') = (L'/RT_A) + C$$

Por combinación de las dos ecuaciones anteriores a temperaturas absolutas iguales ( $T_A$ ), es posible obtener la ecuación siguiente:

$$\ln(p') = (L'/L)\ln(p) + C'$$

según la cual, un gráfico del logaritmo de la presión de vapor del producto alimenticio ( $p'$ ) y el logaritmo de la presión del agua pura ( $P$ ) a varias temperaturas, debe ser una línea recta; la pendiente es la razón entre el calor latente de vaporización del alimento ( $L'$ ) y del agua pura ( $L$ ); y  $C'$  es una constante.

La ecuación corresponde a la correlación presentada por Othmer (7) y se aplica frecuentemente para determinar los valores del calor latente de vaporización de alimentos, pues los datos para el agua son conocidos.

Además, Hall (2) informa datos de variación de la razón de calores latentes como función de la humedad en maíz, alfalfa y trigo. La ecuación exponencial correspondiente al trigo permite establecer que para un contenido de 10 g de agua por 100 g de materia seca, el valor del calor latente de vaporización es 42% mayor que el del agua; Brooker, Bakker-Arkema y Hall (1) informan valores comprendidos entre 25 y 35%, mayores que los del agua para trigo, maíz y sorgo (1).

El propósito del trabajo que nos ocupa fue determinar y presentar los valores del calor latente de vaporización en semillas de una variedad de amaranto, considerando la necesidad de disponer de la información para su aplicación en el diseño de sistemas de almacenamiento o secado al que es sometido el grano.

### MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron dos muestras de semillas de amaranto, de color negro y brillante que, según Peralta (8), corresponden a *Amaranthus hybridus*, conocido como "ataco o sangoracha". Estas fueron deshidratadas en estufa a 30°C y molidas; a intervalos regulares de tiempo se obtuvieron submuestras para medir la presión de vapor del agua en el alimento; inmediatamente después se determinó la humedad por triplicado en balanza Brabender a 110°C por dos horas o más, hasta obtener peso constante.

El método manométrico utilizado para medir la presión de vapor corresponde al indicado por Toledo (9). Este consiste en evacuar las llaves del equipo, evacuar la sección manométrica, evacuar la sección del recipiente que contiene la muestra, esperar que se alcance el equilibrio térmico del sistema; cerrar la llave que conecta con la bomba de vacío, y proceder a la lectura manométrica en el momento que se estabiliza el nivel; las lecturas manométricas fueron repetidas cuatro veces con miras a confirmarlas. Se trabajó a 15°, 20°, 25° y 30°C, temperaturas registradas en el alimento, y los valores de diferencia de nivel registrados en el aceite, expresados en Pascales, fueron corregidos según indican Lewicki *et al* (10), para considerar las diferencias de temperaturas respecto a la sección manométrica. En la Figura 1 se muestra el esquema del equipo.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de presión de vapor, en Pascales, registrados en dos muestras de semillas de amaranto molidas, a cuatro temperaturas y en un rango de humedad comprendido entre 3.6 y 26.8 g/100 g de materia seca —que comprende las condiciones comunes para el almacenamiento del grano— se exponen en la Tabla 1. En ésta se incluyen los valores correspondientes al vapor saturado del agua, calculados de los datos de ASME y notificados por Toledo (9), pues es la sustancia de referencia. Según se aprecia, la presión dismi-

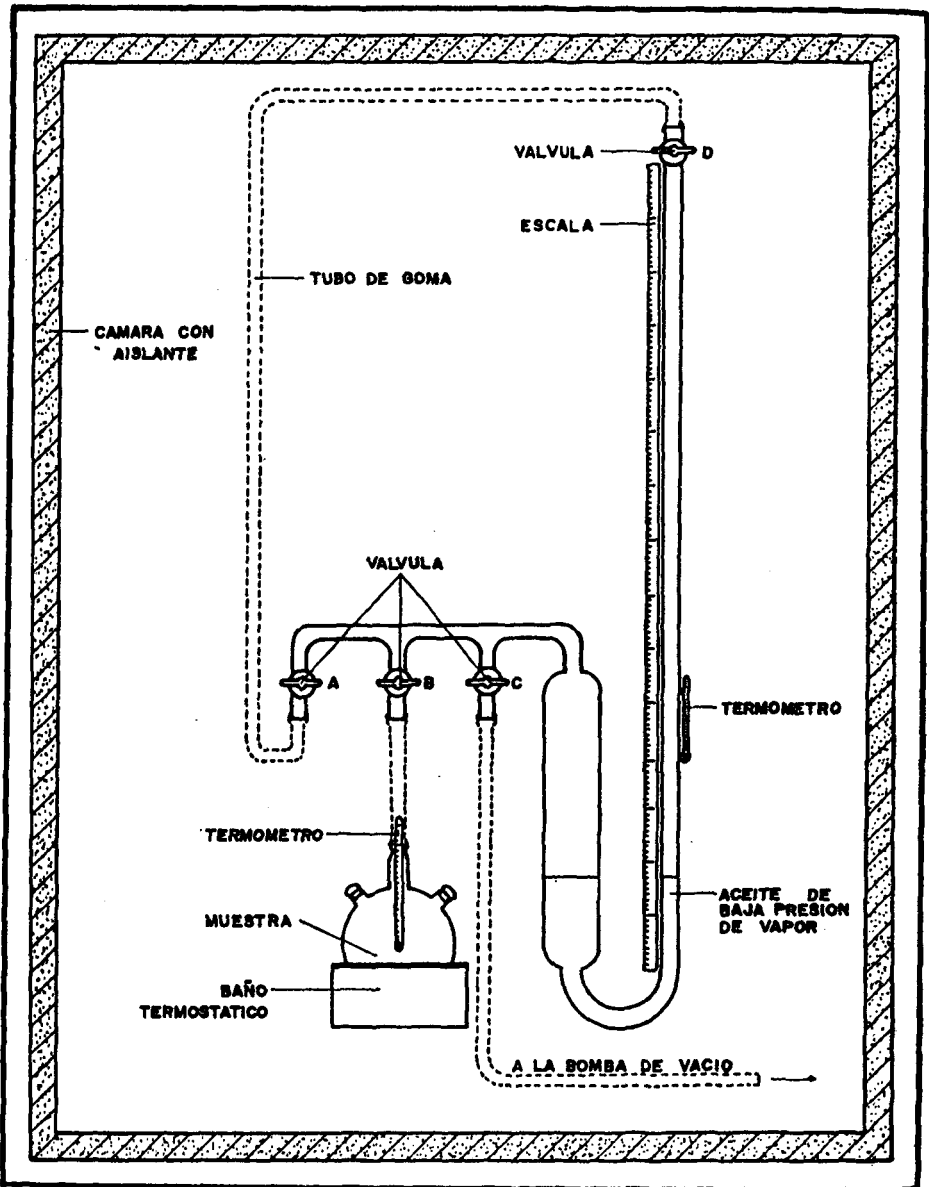


FIGURA 1

Manómetro para medir la presión de vapor del agua en alimentos

TABLA 1

**VALORES DE PRESION DE VAPOR (Pascuales) REGISTRADOS  
EN HARINAS DE SEMILLAS DE AMARANTO, A  
DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS**

Humedad (g/100 g seco)	Temperatura (°C)			
	15	20	25	30
26.8	1,189	1,703	2,268	3,299
16.3	867	1,314	1,718	2,628
12.5	714	1,108	1,636	2,271
12.3	467	822	1,064	1,653
3.6	195	406	634	1,018
21.2	1,020	1,512	2,075	2,816
16.6	815	1,262	1,617	2,86
13.2	671	1,063	1,415	2,056
10.3	504	830	1,245	1,717
3.8	213	436	615	911
Agua*	1,705	2,337	3,160	4,242

\* Según Toledo, R.T. (9).

nuye a menores contenidos de agua, y aumenta a temperaturas mayores.

Como se observa en la Figura 2, el graficar en escalas logarítmicas los valores de presión de vapor registrados en una de las muestras de amaranto contra los del agua a las mismas temperaturas, para cada humedad se obtiene una línea recta. Lo anterior permite comprobar que se cumple el principio de Othmer (7), quien estableció que las presiones de vapor de líquidos, de sólidos, de soluciones con un constituyente no volátil, de soluciones que contienen dos o más constituyentes volátiles, de hidratos que pierden agua por eflorescencia, y de otros materiales bajo descomposición, dan líneas rectas cuando se grafican en papel logarítmico contra los valores de presiones de vapor de una sustancia de referencia a las temperaturas correspondientes. De acuerdo con su ecuación, la pendiente de la línea es igual a la razón entre el calor latente necesario para producir la vaporización del agua en el alimento, y el calor latente del agua pura.

En la Tabla 2 se presentan los términos de la ecuación de Othmer correspondientes a las 10 humedades, obtenidos por análisis de regresión lineal. Los valores de los coeficientes de correlación, próximos o superiores a 0.99, permiten establecer el alto grado de asociación entre los valores considerados en todos los casos. Los valores de la pendiente aumentan conforme la humedad disminuye; por el contrario, los valores del intercepto disminuyen. Las ecuaciones pueden ser utilizadas para calcular el calor latente

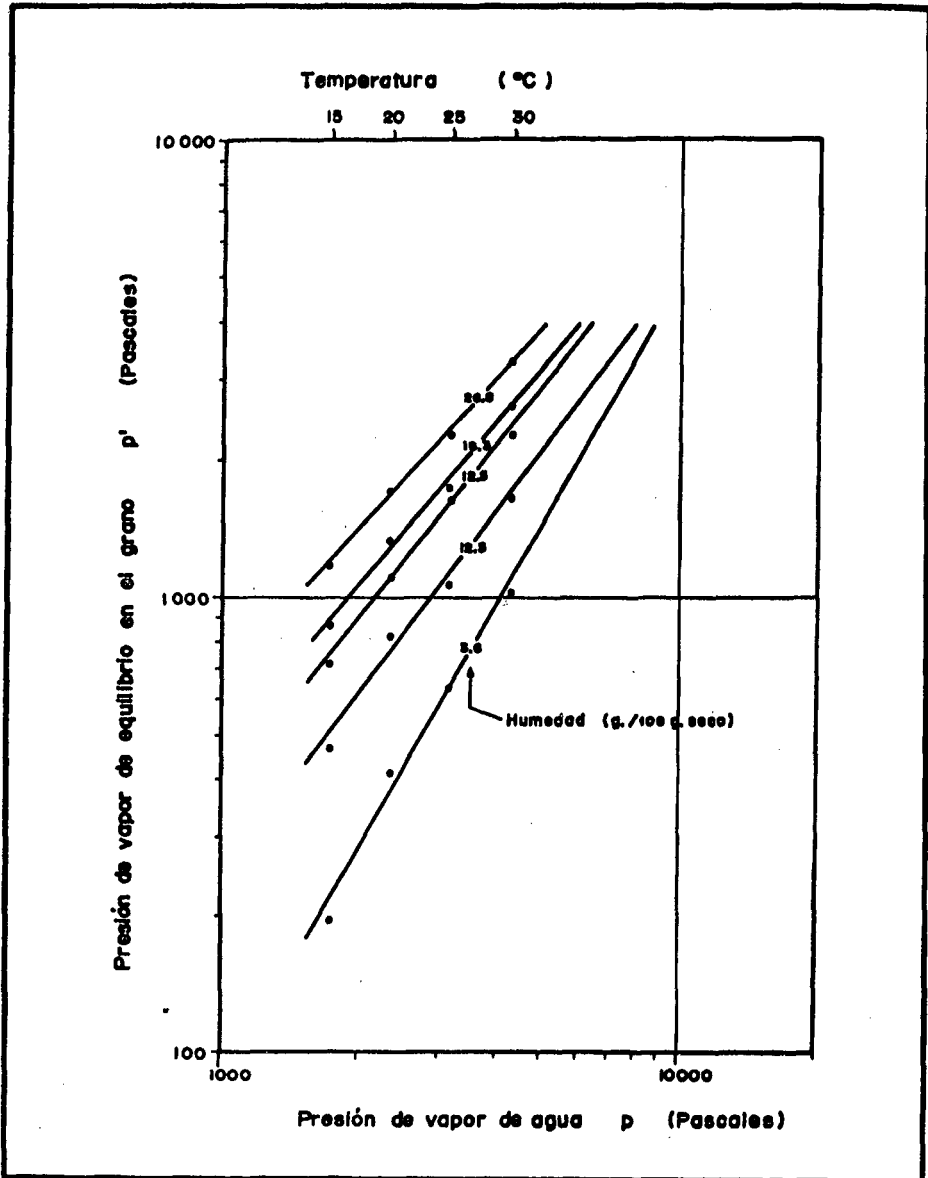


FIGURA 2

Gráfico de Othmer para determinar calores latentes de vaporización en harinas de semillas de amaranto con diferente humedad (g/100 g seco)

TABLA 2

**TERMINOS DE LA ECUACION DE OTHMER PARA  
LA DETERMINACION DEL CALOR LATENTE DE  
VAPORIZACION EN AMARANTO**

Humedad (g/100 g seco)	$\ln p' = (L'/L) \ln p + C'$		
	(L'/L)	C'	Coefficiente de correlación
26.8	1.10239	-1.12415	0.997
21.2	1.10846	-1.30197	0.998
16.6	1.14354	-1.78424	0.991
16.3	1.18387	-2.03804	0.993
13.2	1.20151	-2.40437	0.994
12.5	1.27263	-2.87938	0.998
12.3	1.33540	-3.74316	0.983
10.3	1.34640	-3.75981	0.993
3.8	1.55283	-6.10210	0.974
3.6	1.78245	-7.92118	0.989

o bien el valor de la actividad del agua. Alvarado, Toaza y Coloma (11), señalan que a 20°C, la humedad a la que se espera que los granos molidos de amaranto alcancen su mayor estabilidad, es de 10.6 g/100 g de materia seca; según la ecuación más próxima, para 10.3 g/100 g seco el valor de (L'/L) es 1.34640, y como el calor latente del agua pura a 20°C  $L = 2.4544$  MJ/kg, el valor del calor latente para vaporizar la humedad en amaranto con estas condiciones será:  $L' = 1.34640 * 2.4544 = 3.3046$  MJ/kg. Además, es posible calcular la actividad del agua, pues la presión de vapor del agua pura a 20°C, es 2337 Pa su logaritmo natural 7.7566, aplicando la ecuación  $\ln p' = 1.34640 * 7.7566 - 3.7598 = 6.6837$  y  $p' = 799$  Pa, el valor de actividad del agua corresponde a  $(799/2337) = 0.34$  que compara con 0.32 informado. Se pueden hacer cálculos similares para las otras humedades en el rango de temperaturas considerado.

La relación entre la razón de calores latentes y la humedad expresada como porcentaje de materia seca, es descrita en forma satisfactoria ( $r^2 = 0.913$ ) por una curva de ajuste exponencial (Figura 3). La ecuación establecida considerando las 10 observaciones es:

$$(L'/L) = 1 + 0.84 e^{-0.09(x)}$$

siendo  $\bar{x}$  la humedad como porcentaje en base seca. Si se considera una humedad de 10 g/100 g de materia seca, la aplicación de la ecuación permite establecer que  $(L'/L) = 1.3415$ ; en consecuencia, el calor latente de vaporización en el grano será un 34% mayor que el

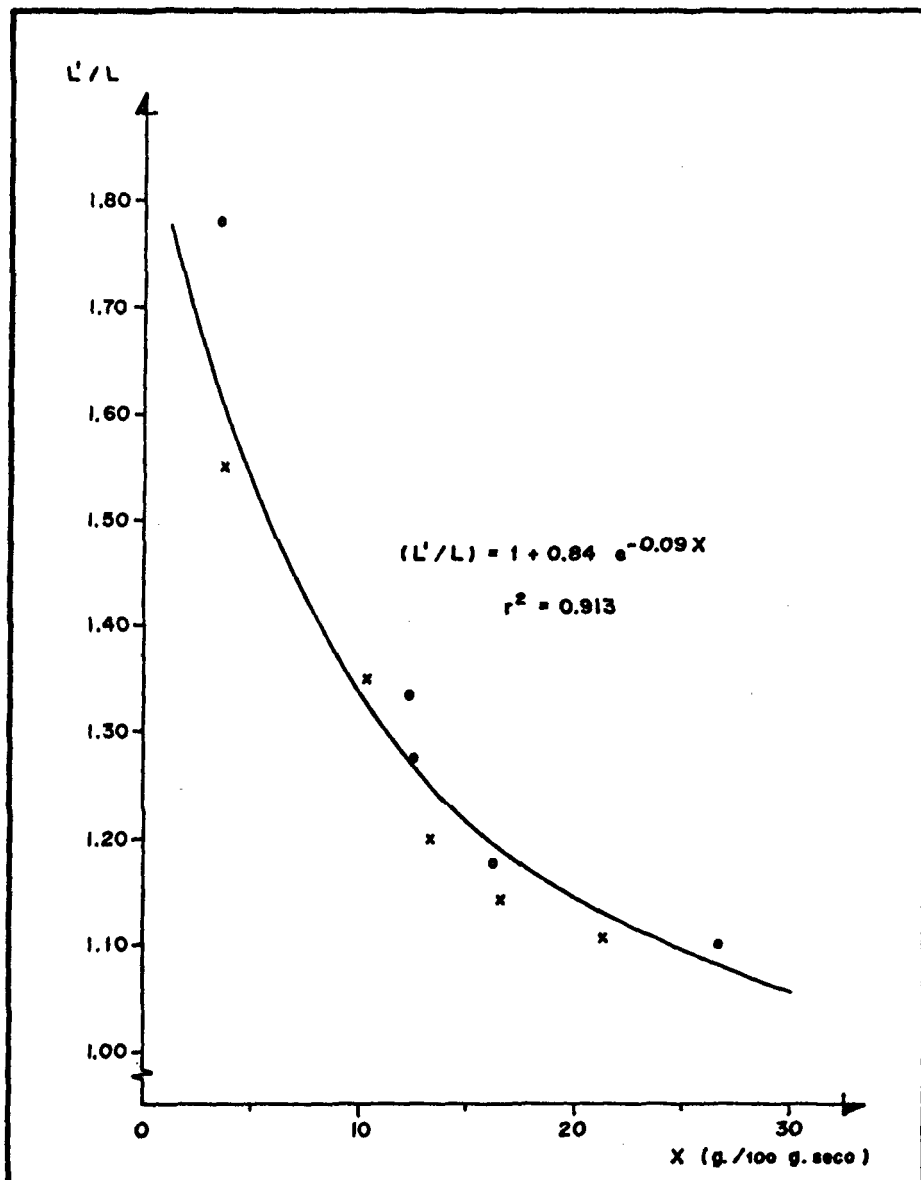


FIGURA 3

Humedad contra razón de calores latentes de harina de semillas de amaranto y agua

del agua pura; el valor se encuentra dentro del rango establecido en otros cereales y es similar, en especial, al del maíz desgranado (1,2). La ecuación se puede utilizar en un rango amplio de humedad y a diferentes temperaturas para calcular los valores del calor latente de vaporización en amaranto, pues según Othmer, su relación también se cumple a temperaturas mayores. Considerando un grano recién cosechado con un contenido de agua de 60g/100 g seco, la aplicación de la ecuación conduce a  $(L'/L) = 1.0038$ , a 60°C para agua pura  $L = 2.3586$  y  $L' = 2.3676$  MJ/kg, prácticamente igual al del agua pura. Por otro lado, si se considera un grano con una humedad de 16g/100 g seco  $(L'/L) = 1.1990$ , calculado a 60C  $L' = 2.8280$  MJ/kg, se requerirá un 20% más de energía para vaporizar a igual masa de agua, en la etapa final de secado previo al almacenamiento.

En conclusión, las ecuaciones que se han presentado en este trabajo pueden ser aplicadas para realizar cálculos en operaciones en las que se requiere conocer el calor latente de vaporización del amaranto con mayor exactitud, tales como transferencia de calor, secado y extrusión, que se utilizan en la tecnología de cereales.

## SUMMARY

### LATENT HEAT OF VAPORIZATION IN AMARANTH

*(Amaranthus hybridus)*

The vapor pressure at four temperatures and 10 moisture contents in a range between 26.8 and 3.6 g/100 dry matter, were determined by the manometric method in two samples of milled amaranth seeds, known as "ataco" or "sangoracha".

For each humidity, the relationship between vapor pressure of the flour and vapor pressure of water at different temperatures is satisfactorily described by power equations, which are herein presented. The slope was used in the determination of latent heat of vaporization, according to Othmer's law.

An exponential equation describing the relationship between the rate of latent heat and moisture content on a dry basis are established and discussed. This allows calculation with sufficient exactitude of the latent heat of vaporization values in amaranth, particularly at low moisture contents.

The data are useful in calculations for drying or extrusion operations, largely applied in cereals.

## BIBLIOGRAFIA

1. Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema & C.W. Hall. *Drying Cereal Grains*. Westport Conn., The AVI Publishing Co. Inc., 1981, p. 83-85.
2. Hall, C.W. *Drying and Storage of Agricultural Crops*. Westport, Conn., The AVI Publishing Co. Inc., 1980, p. 16-38.
3. Gonzáles, J.M. & R. Bressani. Una guía para el cultivo de amaranto de grano.

- Resumen de experiencias en la finca experimental del INCAP El Amaranito y su Potencial, Boletín N° 2: 5-7, 1987
4. Teutónico, Rita A. & R. Knorr. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop. *Food Technol.*, 39(4): 49-60, 1985.
  5. Sánchez-Marroquín, A., A. Feria-Morales, S. Maya & V. Ramos-Moreno. Processing, nutritional quality and sensory evaluation of amaranth enriched corn tortilla. *J. Food Sci.*, 52: 1611-1614, 1987.
  6. Heldman, D.R. & R.P. Sigh. *Food Process Engineering*. 2nd. ed. Westport, Conn., the AVI Publishing Co. Inc., 1981, p. 217-218.
  7. Othmer, D.F. Correlating vapor pressure and latent heat data. A new plot. *Ind. Eng. Chem.*, 32: 841-856, 1940.
  8. Peralta, E. Situación del amaranito en el Ecuador. *El Amaranito y su Potencial*, Boletín N° 2: 3-4, 1985.
  9. Toledo, R.T. *Deshidratación de Alimentos. IV Curso Avanzado de Tecnología de Alimentos*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador, 1985.
  10. Lewicki, P.P., G.C. Busk, P.L. Peterson & T.P. Labuza. Determination of factors controlling measurement of  $a_w$  by the vapor pressure manometric technique. *J. Food Sci.*, 43: 244-246, 1978.
  11. Alvarado, J. de D., E. Toaza & G. Coloma. Isotermas de desorción en amaranito. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 40(3): 387-394, 1990.

# COMPLEMENTACION PROTEINICA DE HARINA DESGRASADA DE AVELLANAS CON HARINA DE ARVEJA<sup>1</sup>

*Mario Villarroel T.<sup>2</sup>, Edith Biolley H.<sup>3</sup>,  
y Digna Ballester C<sup>4</sup>*

**Universidad de La Frontera e Instituto de Nutrición  
y Tecnología de Alimentos (INTA),  
Universidad de Chile, Santiago, Chile**

## RESUMEN

Con el propósito de contribuir a mejorar la disponibilidad de proteínas a partir de fuentes naturales y productos secundarios de procesos de elaboración industrial, se han llevado a cabo numerosas investigaciones en este sentido. En Chile, como resultado de la explotación industrial de la avellana (*Gevuina avellana*) se obtiene como subproducto un residuo desgrasado sin utilización conocida que, eventualmente, podría ser aprovechado.

Para determinar la capacidad potencial complementaria de proteínas de harina desgrasada de avellana y harina de arveja, se llevó a cabo un estudio en ratas recién destetadas, cepa Wistar, como sigue. La valoración biológica consideró la formulación de dietas con mezclas de harina desgrasada de avellana y de arveja en las proporciones 30:70; 60:50; 50:50; 60:40 y 70:30, respectivamente. Los valores de NPR obtenidos en dicha valoración para las dietas de ensayos resultaron ser: 3.4; 3.5; 3.9; 4.1 y 4.1, en comparación con 3.7 para caseína. Porcentualmente, el valor de NPR 4.1, resultó ser 11% mayor que el obtenido para caseína. Se demuestra así, que las mezclas que presentan una complementación más favorable son las de 60:40 y 70:30, respectivamente. En relación a digestibilidad verdadera, la

---

Manuscrito modificado recibido: 1-6-89.

- 1 Este trabajo fue financiado por el Proyecto Nº 4072127-883-3, de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad de La Frontera.
- 2 Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería de la citada Universidad, Casilla 54-D, Temuco, Chile.
- 3 Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina de la misma Universidad.
- 4 Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago, Chile.

participación de la avellana en las mezclas analizadas en el rango estudiado, no modificó significativamente este indicador. Sin embargo, al compararlo con caseína, todas las mezclas resultaron ser estadísticamente menores que caseína.

Los resultados de este estudio muestran que la harina desgrasada de avellana constituye una alternativa nutricional atractiva para la suplementación aminoacídica de cereales y leguminosas, estas últimas de consumo habitual por la población.

## INTRODUCCION

Se estima en la actualidad que grandes sectores poblacionales de países subdesarrollados enfrentan problemas de malnutrición, a causa de una dieta insuficiente en calorías y proteínas de buena calidad. Teniendo en cuenta estos antecedentes, el hombre ha tratado de resolver tal situación mediante el uso de proteínas de origen vegetal, tanto tradicionales como no tradicionales (1-8). En el caso chileno, es un hecho reconocido que las leguminosas desempeñan un papel importante en el aporte proteínico de la dieta habitual, no obstante caracterizarse este grupo por acusar deficiencias aminoacídicas, especialmente en lo referente a los azufrados y triptofano (9, 10). Estudios previos (11) han demostrado que la proteína de la harina desgrasada de avellanas (H.D.A.) es rica en estos componentes nitrogenados (Tabla 1). Así, se puede inferir que una suplementación adecuada de estos productos con leguminosas, se traduciría en un incremento de la calidad biológica de la proteína de la mezcla, de esta manera permitiendo ofrecer un nuevo producto que beneficiaría la disponibilidad de proteínas a nivel poblacional.

Considerando los antecedentes en cuestión, se llevó a cabo esta investigación con el propósito de determinar el nivel óptimo de complementación de harina de arveja (H.A.) y H.D.A., en base a experimentos en ratas.

## MATERIAL Y METODOS

El estudio de complementación proteínica consideró la formulación de diferentes mezclas, las que además de fuentes energéticas, incluían en su composición sales minerales y vitaminas (12) y diversas proporciones de H.D.A. y H.A., con la finalidad de poder verificar a nivel experimental, cuál o cuáles serían las combinaciones que podrían obtener el máximo rendimiento biológico (Tabla 2). Con este objeto se formularon siete dietas, las que fueron evaluadas a través del método NPR según especificaciones de Chapman, Castillo y Campbell (12); digestibilidad verdadera, de acuerdo a recomendaciones de Mucciarelli (13), y recuento aminoacídico, según el patrón internacional de referencia FAO/OMS 1981 (14).

Se trabajó con 56 ratas de la cepa Wistar, distribuidas en grupos

TABLA 1

COMPOSICION AMINOACIDICA DE HARINA DE ARVEJA Y  
 HARINA DESGRASADA DE AVELLANA  
 (g/16 g N)

Aminoácidos	HDA*	HA**	FAO/OMS (1981)
Lisina	4.5	8.6	5.5
Treonina	4.4	5.2	4.0
Metionina + cistina	3.5	0.6	3.5
Valina	4.9	6.8	4.0
Isoleucina	3.7	5.8	3.0
Leucina	7.8	7.8	6.5
Fenilalanina	4.6	5.7	5.0
Triptofano	6.5	0.7	1.0

\* Villarroel, *et al.* (10).

\*\* Schmidt-Hebbel, H. & I. Pennacchiotti (9).

de ocho ejemplares, las que fueron alimentadas con las dietas de prueba y testigo (caseína y apteínica).

Tanto el método NPR como la digestibilidad verdadera fueron ampliamente descritos en la primera etapa de este estudio (10). El puntaje aminoacídico para las cinco dietas experimentales se obtuvo a través de la comparación porcentual entre composición aminoacídica de las mezclas en estudio y la proteína patrón (FAO/OMS, 1981) (Tabla 9).

La interpretación estadística de los resultados se llevó a cabo mediante análisis de varianza, usando posteriormente el test discriminador de Duncan (15).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Al analizar la Tabla 1, referente a la composición aminoacídica de H.A. y H.D.A., se observa que el contenido de aminoácidos azufrados en esta última es 5.8 veces superior a la H.A. En lo que respecta a triptofano, el contenido de este aminoácido es nueve veces mayor que en la harina de arveja. No obstante, también es importante señalar que el contenido de lisina en la H.A. es 1.9 veces superior que en la harina desgrasada de avellana. Así pues, considerando la composición aminoacídica de estas materias primas, cabe esperar una complementación positiva al mezclar ambos productos.

En el presente estudio de valoración de la calidad biológica realizada con diferentes mezclas de H.D.A. Y H.A., cuya composición se indica en la Tabla 2, se puede apreciar que los resultados de ingesta total y de ganancia de peso encontrados, indican por un

**TABLA 2**  
**COMPOSICION DE LA DIETA BASAL**  
(g/100 g)

Ingredientes	HDA-arveja 30:70	HDA-arveja 40:60	HDA-arveja 50:50	HDA-Arveja 60:40	HDA-arveja 70:30	Caseína 100	Aproteínica 100
Caseína	—	—	—	—	—	11.7	—
HDA	16.9	21.8	27.5	33.3	39.6	—	—
HA	37.4	32.5	27.5	22.2	16.9	—	—
Sales minerales*	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Celulosa	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Maicena	26.5	25.7	25.0	24.5	23.5	68.3	80.0
Vitaminas**	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

\* Mezcla mineral USP XIV. General Biochemicals, Chagrin Falls, Cleveland, Ohio, EUA.

\*\* Chapman, D.G., R. Castillo y J.A. Campbell (12).

TABLA 3

## PUNTAJE AMINOACIDICO DE DIFERENTES DIETAS DE PRUEBA

Mezclas de ensayo Proporción	Puntaje aminoacídico* %
HDA:HA	
30:70	77
40:60	68
50:50	87
60:40	92
70:30	98

\* FAO/WHO, 1981 (14).

lado que el comportamiento de la ingesta total fue muy similar para las diferentes dietas de prueba, no apreciándose diferencias significativas entre ellas, pero sí con la caseína. Respecto a la ganancia ponderal, es interesante destacar cómo a medida que aumenta la cantidad de harina desgrasada de avellana en la mezcla, este parámetro asciende, alcanzando un valor máximo de 32.8 g para la mezcla de 70:30, comparado con 34.1 g obtenido para caseína (Tabla 4). Se observa también que los valores encontrados para todas las dietas, excepto para la mezcla 30:70, no difieren significativamente del valor alcanzado para caseína. Los datos de nuestra experiencia, aplicando el método de valoración NPR señalan que, efectivamente, se logra una complementación adecuada, como lo confirman los valores más altos correspondientes al puntaje aminoacídico (Tabla 3). Asimismo, se puede apreciar que cuando la proporción de H.D.A. en las mezclas era menor que la H.A., la cantidad de proteína resultante debido al menor aporte de aminoácidos azufrados y triptofano, disminuyó, según lo confirman los valores de NPR de 3.4 y 3.5 que acusaron las combinaciones 30:70 y 40:60, respectivamente.

Respecto a los valores informados para la digestibilidad verdadera, los datos para las diferentes mezclas sometidas a ensayo demuestran que la variación de las proporciones de estas materias primas no logran afectar esta variable, aunque se aprecia una leve tendencia a su disminución en el rango estudiado, pero en ningún caso significativa (Tabla 5).

Del estudio en discusión se concluye que la harina desgrasada de avellana mejora la disponibilidad aminoacídica de la harina de arveja, lográndose un nivel óptimo de complementación en la mezcla con una proporción 60:40, gracias al aporte de aminoácidos azufrados y al triptofano. Este recurso no tradicional podría, pues, ser usado como fuente proteínica no convencional en alimentos deficitarios en estos compuestos nitrogenados. Por otra parte, su

**TABLA 4**  
**INGESTA TOTAL, GANANCIA DE PESO E INGESTA PROTEINICA DE RATAS ALIMENTADAS**  
**CON DIFERENTES MEZCLAS DE HDA Y HA \***

Tipo de dieta	Ingesta total (g)	Ganancia de peso (g)	Ingesta proteínica (g)	Porcentaje proteínas
HDA:HA 30:70	90.6 <sup>B</sup> ± 9.6	23.8 <sup>B</sup> ± 4.4	10.2 <sup>B</sup> ± 1.1	11.2
HDA:HA 40:60	101.4 <sup>B</sup> ± 11.1	29.8 <sup>A</sup> ± 5.7	11.6 <sup>A</sup> ± 1.3	11.4
HDA:HA 50:50	101.4 <sup>B</sup> ± 14.9	33.8 <sup>A</sup> ± 8.0	11.6 <sup>A</sup> ± 1.7	11.5
HDA:HA 60:40	98.9 <sup>B</sup> ± 12.2	32.6 <sup>B</sup> ± 7.4	10.6 <sup>A</sup> ± 1.3	10.8
HDA:HA 70:30	98.9 <sup>B</sup> ± 10.4	32.8 <sup>B</sup> ± 3.8	10.8 <sup>A</sup> ± 1.1	10.9
Aproteínica	53.4 <sup>C</sup> ± 6.4	-11.3 <sup>C</sup> ± 1.7	1.9 <sup>C</sup> ± 0.5	0.4
Caseína	117.6 <sup>A</sup> ± 13.1	34.1 <sup>A</sup> ± 7.3	12.2 <sup>A</sup> ± 1.4	10.4

\* Valor promedio de 8 observaciones ± desviación estándar.

\*\* Las letras distintas en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ).

TABLA 5

## VALORES DE NPR Y DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE HDA Y HA\*

Tipo de dieta	NPR	Digestibilidad verdadera
HDA:HA 30:70	3.4 <sup>B</sup> ± 0.3	72.9 <sup>B</sup> ± 2.5
HDA:HA 40:60	3.5 <sup>B</sup> ± 0.2	72.4 <sup>B</sup> ± 0.7
HDA:HA 50:50	3.9 <sup>A</sup> ± 0.4	71.3 <sup>B</sup> ± 2.9
HDA:HA 60:40	4.1 <sup>A</sup> ± 0.5	69.4 <sup>B</sup> ± 1.9
HDA:HA 70:30	4.1 <sup>A</sup> ± 0.3	68.9 <sup>B</sup> ± 2.8
Caseína	3.7 <sup>A</sup> ± 0.4	87.9 <sup>A</sup> ± 1.8

\* Valor promedio de 8 observaciones ± desviación estándar.

\*\* Las letras distintas en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ).

potencial de explotación en escala industrial, permitiría ofrecer una nueva alternativa de desarrollo rural.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento a la Srita. Cynthia Avilés Martínez por la valiosa cooperación prestada en la realización del trabajo dactilográfico.

## SUMMARY

## PROTEIN COMPLEMENTATION OF DEFATTED HAZELNUT FLOUR WITH PEA FLOUR

A great deal of research has been carried out to increase the availability of naturally-occurring proteins, or obtained from secondary products derived through industrial processes. As a result of the industrial exploitation of the native hazelnut (*Gevuina avellana*) in Chile, a defatted residue is obtained which eventually could be utilized as a human food.

To determine the complementary potential capacity of the defatted hazelnut flour and pea flour, a study was carried out in weaning rats of the Wistar strain, as follows. The biological evaluation considered diet formulation with defatted hazelnut flour and pea flour in the 30:70, 50:50, 60:40 and 70:30 proportions, respectively. The NPR values obtained in this evaluation of the assay diets were: 3.4, 3.5, 3.9, 4.1 and 4.1, in comparison with 3.7 for casein. In percentage terms, the 4.1 NPR value was 11% higher

than that obtained for casein. The maximum protein quality was observed when the two protein sources were mixed in the 60:40 and 70:30 (w/w) ratios. In regard to true digestibility, there were no significant differences among the experimental diets, but were lower than casein.

The results of this study demonstrate that the defatted hazelnut flour constitutes an attractive nutritional alternative for the amino acid supplementation of cereal and legumes, the latter being of habitual consumption by the Chilean population.

## BIBLIOGRAFIA

1. Monckeberg, B.F. Estudio sobre nuevas fuentes de proteína para consumo humano. *Rev. Chil. Peg.*, 38: 205-213, 1983.
2. Garrido, R.J. *Agroindustrias y Desarrollo*. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile. Santiago, Edit. Universitaria, 1975.
3. Pack, D.N. *Proteínas de Oleaginosas para Consumo Humano*. III. Seminario Oleaginosas. Estación Exp. Carillanca, Temuco, Chile. 1977, p. 173-195.
4. Sánchez, A. & S. Manachin. Industrial corn flour enrichment with amaranth flower and milling fractions in corn-based products. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 35 (3): 518-535, 1985.
5. Figuerola, F.E., A.M. Estévez & E. Castillo. Suplementación de harina de trigo con harina de garbanzos. I. Elaboración de harinas y sus propiedades para panificación. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 37:(2): 378-387, 1987.
6. Bolorforwoshan, M. & P. Markakis. Protein supplementation of Navy beans with sesame. *J. Food Sci.*, 44(2); 390-391, 1979.
7. Bookwalter, G.H., K. Warner, R.A. Anderson & E.D. Bagley. Corn meal/peanut flour blends and their characteristics. *J. Food Sci.*, 43(4): 1106-1116, 1978.
8. Nielsen, B., P. Hevia & O. Brito. Study of the complementation of two proteins of low quality. Black bean (*Phaseolus vulgaris*) and sesame (*Sesamun indicum L.*). *J. Food Sci.*, 48(6): 184-186, 1983.
9. Schmidt-Hebbel, H. & I. Pennacchiotti. *Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos*. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Chile, Santiago, 1985.
10. Villarroel, T., M., E. Biolley H., R. Schneeberger K., D. Ballester & S. Santibáñez R. Composición química y calidad biológica de harina desgrasada de avellana. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 39(2): 200-211, 1989.
11. Villarroel, T.M., E. Biolley, R. Schneeberger, K.D. Ballester & S. Ramírez. Amino acid composition of Chilean hazelnut flour. *Food Chem.*, 25(2): 155-158, 1987.
12. Chapman, D.G., R. Castillo & J.A. Campbell. Evaluation of protein in foods. I. A method for determination of protein efficiency ratios. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 679-686, 1959.
13. Mucciarelli, S.I.L. de, Arellano, M.L. de, del Cid José A. & M.S. Giménez. Estudio de la composición química y calidad biológica de la proteína. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 31(2): 325-335, 1981.
14. FAO/WHO. *Energy and Protein Requirements*. Final draft. Rome, 1981.
15. Duncan D.R. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11(1): 1-42, 1985.

# ISOTERMAS DE DESORCION EN HARINAS DE AMARANTO

*Juan de Dios Alvarado<sup>1</sup>, Esthela Toaza<sup>2</sup>  
y Guadalupe Coloma<sup>2</sup>*

**Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador**

## RESUMEN

En muestras de semillas molidas de amaranto (*Amaranthus hybridus*), conocido localmente como "ataco" o "sangoracha", cosechadas en dos años consecutivos, se procedió a determinar la presión de vapor a cuatro temperaturas (15°, 20°, 25° y 30°C) y diferentes contenidos de humedad, obtenidos por secado en estufa durante varios tiempos en un rango desde 60 g agua/100 g de materia seca que corresponde a la semilla recién cosechada, hasta valores de 10 g agua/100 g de materia seca o menores, en equipo Brabender. En forma paralela, se determinó también la presión de vapor de agua destilada para el cálculo de la actividad del agua y humedad de la muestra.

Se presentan las isotermas correspondientes a cada temperatura. Considerando los valores experimentales, la aplicación del modelo G.A.B. (Guggenheim - Anderson - De Boer) permitió definir las humedades correspondientes a la mayor estabilidad en el rango de 9.9 a 7.6 g/100 g. Un mejor ajuste de los datos se estableció mediante ecuaciones polinómicas de tercer grado, las cuales se grafican para cada temperatura. Se indica que pueden ser utilizadas en un rango de 0.15 a 0.95 de actividad de agua para calcular los contenidos correspondientes de agua en equilibrio.

Las isotermas de desorción de agua en alimentos son importantes para determinar la relación de equilibrio entre la humedad y la actividad del agua, lo cual permite establecer los cambios físicos, químicos o biológicos que se espera ocurrirán con mayor frecuencia. Se considera que los resultados son de utilidad en varios campos de acción como: secado, molienda y almacenamiento de harina de amaranto.

---

Manuscrito modificado recibido: 15-5-90.

- 1 Ingeniero en Alimentos y M.Sc. en Tecnología de alimentos, Docente Principal, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL), Universidad Técnica de Ambato, Casilla 916, Ambato, Ecuador.
- 2 Ingenieras en Alimentos, miembros de la misma Facultad.

## INTRODUCCION

Chirife (1), indica que las isotermas de desorción de agua para alimentos muestran la interrelación de equilibrio entre la humedad de los alimentos y la actividad del agua ( $a_w$ ) a temperatura y presión constantes. En equilibrio, la actividad del agua está relacionada con la humedad relativa de la atmósfera circundante por la ecuación:

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\text{Humedad relativa (\%)}}{100}$$

Donde  $p$  es la presión de vapor del agua del material alimenticio, y  $P_0$  es la presión de vapor del agua pura a la temperatura de equilibrio del sistema.

Las isotermas de desorción de agua son generalmente un gráfico de la cantidad de agua presente en el alimento como una función de la actividad del agua, y en muchos casos las curvas presentan forma sigmoidea. La determinación de la actividad del agua es de importancia para caracterizar el estado del agua en un alimento y su disponibilidad para intervenir en los cambios biológicos, físicos y químicos que ocurren. Sin embargo, en publicaciones especializadas como la de Iglesias y Chirife (2) no se informan datos para amaranto.

Se han propuesto varias ecuaciones para describir las isotermas de desorción de agua en alimentos, entre ellas el modelo G.A.B. (Guggenheim, Anderson, De Boer) que según Bizot (3), permite representar los valores en un rango amplio de actividad del agua hasta 0.9 como mínimo. Asimismo, permite una mejor evaluación de la cantidad de agua ligada en los sitios de adsorción primarios, que correspondería al contenido de agua en que se alcanza la mayor estabilidad del producto. Se presenta de la siguiente forma:

$$\frac{a_w}{X} = c + b(a_w) + a(a_w)^2$$

$$a = \frac{k}{X_m} \left( \frac{1}{C} - 1 \right)$$

$$b = \frac{1}{X_m} \left( 1 - \frac{2}{C} \right)$$

$$c = \frac{1}{X_m C k}$$

Donde ( $a_w$ ) es la actividad del agua,  $X$  es la humedad expresada como porcentaje de materia seca,  $k$  es un factor de corrección de las propiedades de las moléculas en multicapas con respecto a la masa

líquida,  $X_m$  es el contenido de agua correspondiente a la saturación de todos los sitios de adsorción primarios por una molécula de agua, y  $C$  es la constante de Guggenheim. Los valores de las constantes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  pueden ser establecidos considerando los datos experimentales mediante la regresión cuadrática y  $X_m$  por solución del sistema de las tres ecuaciones indicadas, sin considerar la solución negativa de la ecuación de segundo grado, por su imposibilidad física.

Además, se han notificado ecuaciones polinómicas empíricas o semiempíricas para productos específicos, ya que permiten obtener un mejor ajuste de los datos, según lo indicado por Rossi y Roa (4), y por Brooker y colaboradores (5).

## MATERIAL Y METODOS

Se trabajó con semillas de amaranto, denominado ataco o sangoracha (*Amaranthus hybridus*), cosechadas luego de seis meses de la siembra a una altura de 2,540 metros sobre el nivel del mar. Las pruebas se realizaron con muestras recolectadas en: junio/1986, y febrero, mayo y junio, 1987. Se determinó la humedad por triplicado, en balanza Brabender a 110°C, por el término de tres horas.

Las semillas, primero enteras y luego trituradas, se colocaron en estufa a 30°C, de donde salieron las submuestras periódicamente. Estas fueron molidas y en el material molido o harina se determinó la presión de vapor del agua por duplicado, seguido de la determinación de la humedad por triplicado, hasta valores inferiores a 10 g/100 g en base húmeda.

Las medidas de las presiones de vapor se efectuaron a 15°, 20°, 25° y 30°C, en un manómetro con aceite de baja presión de vapor de densidad 879.9 kg/m<sup>3</sup>, a base del procedimiento indicado por Toledo (6). En el recipiente para la muestra se colocaron 50 g de la harina, y luego de evacuar el sistema y conseguir el equilibrio térmico con ayuda de un baño termostático de agua con una precisión de 0.2°C, se hicieron las lecturas manométricas correspondientes. Los valores fueron expresados en pascales, previa corrección por diferencia de las temperaturas registradas en la muestra y en la sección manométrica, según lo indicado por Lewichi y colaboradores (7). En forma paralela, se hicieron las lecturas con agua destilada.

Se calcularon los valores de actividad del agua de la relación entre la presión de vapor del agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura, para cada temperatura y humedad. Los análisis de regresión parabólica y cúbica se realizaron con los programas del paquete estadístico de una calculadora HP-41 C.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 1 a 4 se exponen las isotermas de desorción establecidas en harina de semillas de amaranto a 15°, 20°, 25° y 30°C, res-

pectivamente. Los datos experimentales de diferentes muestras recolectadas en dos años consecutivos permiten, en todos los casos, definir una curva sigmoidea de forma semejante a las determinadas por Saravacos e informadas por Charm (8), con tres puntos de inflexión. Para un valor de humedad, los valores de actividad del agua son mayores conforme se incrementa la temperatura.

Con el propósito de definir los contenidos de agua en los que sería de esperar que las semillas de amaranto acusasen la mayor estabilidad —que constituye un dato de interés práctico para su aplicación en el almacenamiento— se aplicó el modelo desarrollado por Guggenheim-Anderson-Deboer, conocido como modelo G.A.B. a los datos correspondientes a cada temperatura. Los valores de los términos de este modelo según los coeficientes de las ecuaciones indicadas en las Figuras, son:

Temperatura °C	C	k	$X_m$ (g/100 g seco)
15	5.077	0.936	11.0
20	3.944	0.912	10.6
25	5.645	0.782	8.9
30	5.588	0.716	8.2

Se establece que el contenido de agua de mayor estabilidad —que corresponde a la saturación de todos los sitios de adsorción primarios por una molécula de agua—, disminuye a medida que la temperatura aumenta. Expresado como porcentaje en base húmeda los valores correspondientes son: 15°C, 9.9; 20°C, 9.6; 25°C, 8.2; 30°C, 7.6

Se obtuvo un mejor ajuste de los datos con coeficientes de correlación más altos, al aplicar regresiones cúbicas a los valores correspondientes a cada temperatura; las ecuaciones y los coeficientes de determinación están incluidos en las Figuras. La representación gráfica de las ecuaciones se indica por una línea continua, observándose un ajuste de datos aceptable en todos los casos; esto permite pensar en su aplicación en un rango de 0.15 a 0.95 de actividad del agua para calcular el valor correspondiente de la humedad de equilibrio en semillas molidas de amaranto.

Por otro lado, Brooker *et al.* (5) presentan una recopilación de datos informados para cereales. A 25°C para un valor de 0.7 de actividad del agua corresponden los contenidos siguientes de humedad de equilibrio expresados como porcentaje en base seca: cebada 15.6, arroz en grano 16.4, arroz molido 14.7, maíz en grano 16.3, trigo 17.0; según el gráfico respectivo, en la harina de amaranto ese valor es de 18.0. Los valores citados permiten señalar que para el logro de una estabilidad equivalente a la de otros cereales, en el caso del

amaranto es posible realizar un secado más benigno.

Es necesario disponer de las isotermas para este cereal, pues se sabe que las curvas son diferentes para diversos alimentos y condiciones. En consecuencia, a humedades iguales ocurren fenómenos de deterioro distintos, según la disponibilidad del agua contenida en el alimento.

Los datos específicos de las isotermas son útiles para varias aplicaciones. En el secado los cálculos requieren el conocimiento de la humedad de equilibrio. Para la aplicación adecuada de tecnologías relacionadas con la conservación de alimentos, según Toledo (6), el disminuir la actividad del agua bajo 0.7 previene el daño microbiológico en una gran extensión, y son otras reacciones deteriorativas las que causan más daño, el empardeamiento no enzimático o la oxidación de lípidos, por ejemplo. Las isotermas expuestas en esta publicación permiten establecer los valores de actividad del agua en los que el crecimiento de microorganismos o estas reacciones serán mínimas en el caso particular de la harina de amaranto.

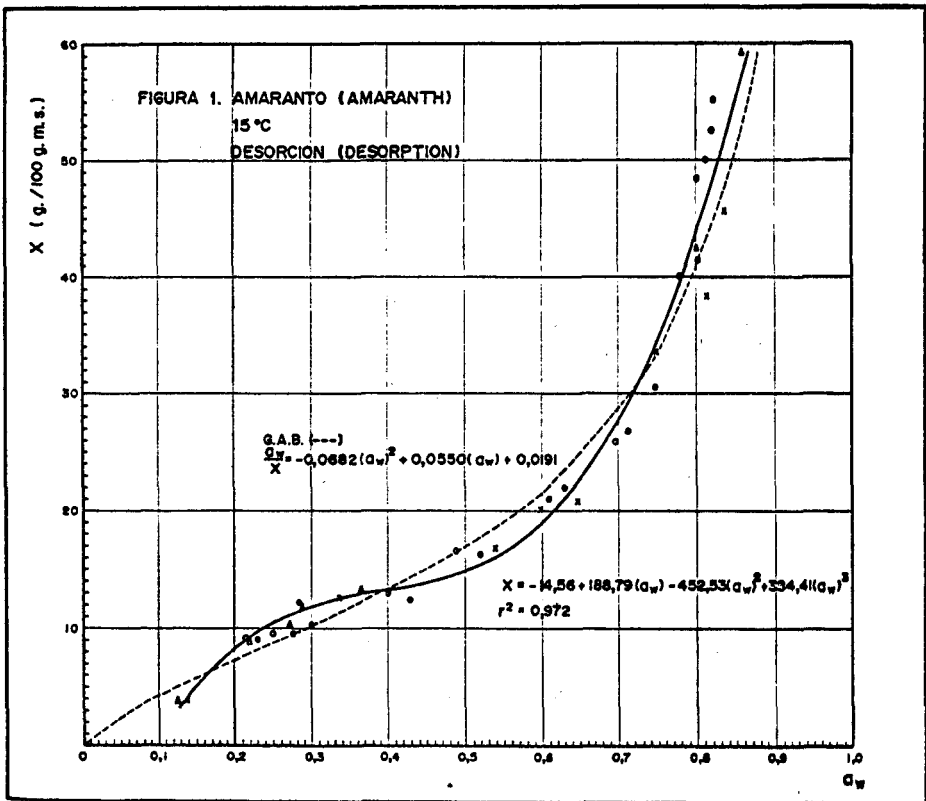


FIGURA 1

Isoterma de desorción de agua obtenida a 15°C en muestras de harina de amaranto

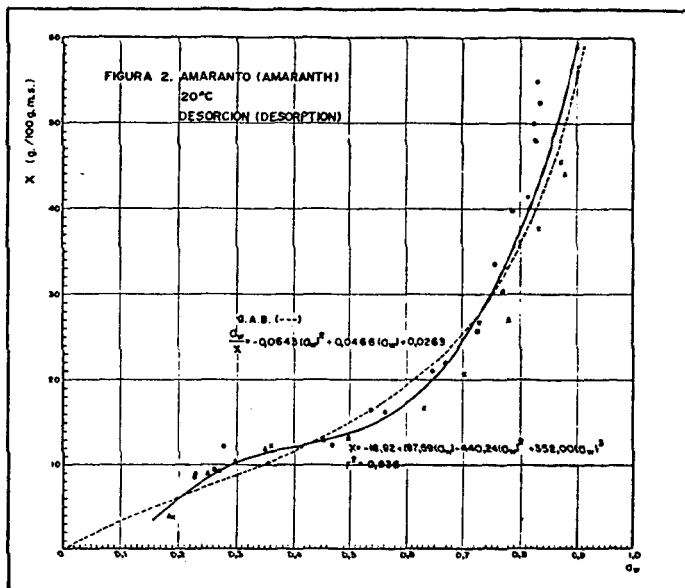


FIGURA 2

Isoterma de desorción de agua obtenida a 20°C en muestras de harina de amaranto

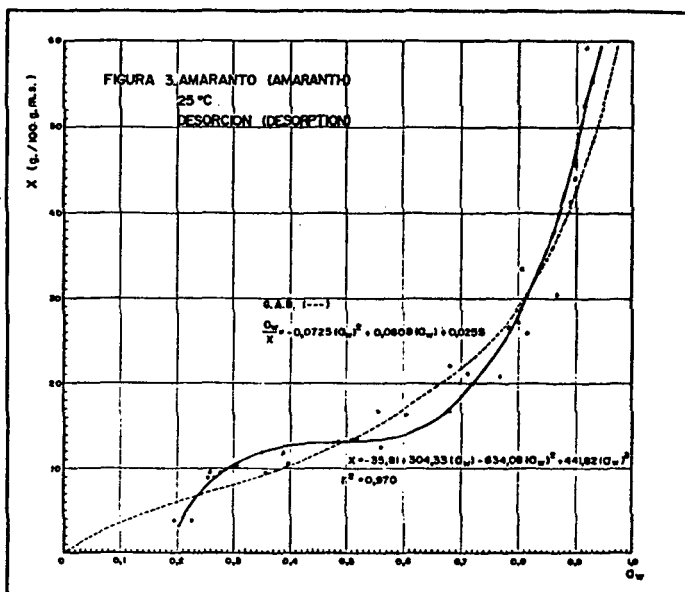


FIGURA 3

Isoterma de desorción de agua obtenida a 25°C en muestras de harina de amaranto

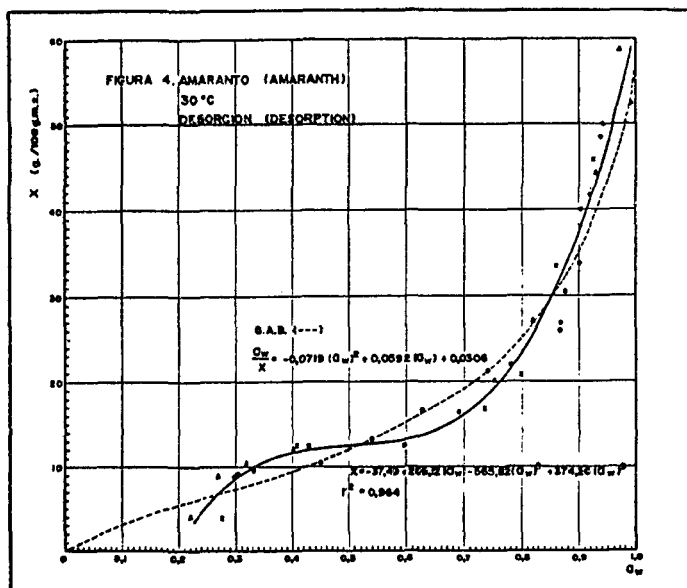


FIGURA 4

Isoterma de desorción de agua obtenida a 30°C en muestras de harina de amaranto

## SUMMARY

### DESORPTION ISOTHERMS IN AMARANTH FLOURS

In milled seeds amaranth (*Amaranthus hybridus*) samples locally known as "ataco or sangoracha" and harvested in two consecutive years, the vapor pressure at four temperatures (15°, 20°, 25°, 30°C) was determined in samples obtained for drying in oven at different times, within a range between 60 g water / 100 g dry matter for fresh seeds to 10 g water / 100 g dry matter or below, as measured in a Brabender equipment. Vapor pressure of distilled water was also determined for water activity calculation.

The isotherms for each temperature are presented. Application of the G.A.B. model (Guggenheim-Anderson-De Boer) allowed to establish the water content of greater stability within a range of 9.9 to 7.6 g/100 g. The third degree polynomial equations presented, adjust satisfactorily with the experimental data, and can be used to calculate equilibrium moisture content from 0.15 to 0.95 water activity values.

Water desorption isotherms of foods are important to determine the equilibrium relationship between the moisture content of foods and the water activity, information which permits to establish likely physical, chemical or biological changes. It is considered that the results obtained are useful in drying, milling or storing amaranth flour.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Chirife, J.A. Survey of existing sorption data. In: **Physical Properties of Foods**. R. Jowitt, F. Escher, B. Hallstrom, H. Meffert, W. Spiess & G. Vos (Eds.) Essex, England, Applied Science Pub. Ltd., 1983, p. 55-64.
2. Iglesias, H.A. & J. Chirife. **Handbook of Food Isotherms: Water Sorption Parameters for Food and Food Components**. New York. N.Y., Academic Press, 1982, 347 p.
3. Bizot, H. Using the G.A.B. model to construct sorption isotherms. In: **Physical Properties of Foods**. R. Jowitt *et al.* (Eds.) Essex, England, Applied Science Pub. Ltd., 1983, p. 43-54.
4. Rossi, S.J. & G. Roa. **Secagem e Armazenamento de Produtos Agro pecuários com Uso de Energia Solar e Ar Natural**. Sao Paulo, Brasil, ACIESP. 22, 1980, p. 42-74.
5. Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema & C.W. Hall. **Drying Cereal Grains**. Westport, Conn., The Avi. Pub. Co. Inc., 1981, p. 69-87.
6. Toledo, R.T. **Deshidratación de Alimentos, IV Curso Avanzado de Tecnología de Alimentos**. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador, 1983.
7. Lewichi, P.P., G.C. Busk, P.L. Peterson & T.P. Labuza. Determination of factors controlling accurate measurement of  $a_w$  by a vapor pressure manometric technique. *J. Food Sci.*, 43(7): 244-246, 1978.
8. Charm, S.E. **The Fundamentals of Food Engineering** 3rd. ed. Westport, Conn., The Avi Pub. Co. Inc. 1981, p. 630-639.

**ELABORACION Y ANALISIS DE HARINAS  
CODESHIDRATADAS DE VEGETALES Y ESPECIES  
DE PESCADO SUBUTILIZADAS  
I. CODESHIDRATADOS DE CEREAL-PESCADO**

*Gonzalo Luna<sup>1</sup>, José Luis Rey<sup>1</sup>, Luz Manuela Castro<sup>2</sup>,  
Numidia Corona<sup>2</sup>, Elsa Ferreiros<sup>2</sup> y Marisela Luzardo<sup>1</sup>*

**Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Facultad de Ciencias  
Universidad Central de Venezuela  
Caracas, Venezuela**

**RESUMEN**

Con la finalidad de aportar posibles soluciones a los problemas de desnutrición que afectan a aquellas poblaciones en las que los cereales y tubérculos constituyen parte importante de la ingesta habitual diaria, se desarrollaron productos a base de cereales, codeshidratándolos con pulpa de pescado de especies subutilizadas en la actualidad, pero que contienen proteína de alta calidad. Se seleccionaron dos cereales para los experimentos: arroz y maíz, y una especie marina subutilizada, curvinata de mar (*Macrodom ancyclodom*) para preparar harinas codeshidratadas con diferentes proporciones de pescado (0%, 5%, 10% y 15% en base seca). Luego se llevaron a cabo experimentos de alimentación en ratas Wistar, recién destetadas, y se evaluaron las características más importantes, obteniéndose un perfil de aminoácidos que refleja proteínas de alta calidad, evidenciado por los excelentes valores de PER, NPU, NPR y digestibilidad obtenidos.

Los codeshidratados preparados con 5% y hasta 10% de pescado en base seca no acusaron ningún olor; a partir del nivel de 15% sí se percibía el olor a pescado. Por lo tanto, se recomienda el uso de los codeshidratados hasta con 10% de pescado en la elaboración de alimentos, ya que éstos serían de gran ayuda en la solución del problema de la escasez de proteína de buena calidad, sobre todo en los países en proceso de desarrollo.

---

Manuscrito modificado recibido: 23-6-89.

- 1 Profesores del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, Apartado 47-97, Caracas 1041-A, Venezuela.
- 2 Miembros del citado Instituto.

## INTRODUCCION

La importancia de los cereales en la alimentación humana es un hecho ampliamente reconocido. El trigo y el arroz son fundamentales en la dieta de las dos terceras partes de la población actual. Además, el maíz ocupa un lugar preponderante en las zonas tropicales y subtropicales de Centro y Sur América. Juntamente con los cereales, los tubérculos constituyen una destacada fracción del consumo diario de calorías en el mundo. En los países subdesarrollados o no desarrollados las principales fuentes tanto de calorías como de proteínas, son los cereales y los tubérculos, los cuales forman más del 40% de la ingesta diaria *per capita*. En contraste, los pescados y los mariscos pueden aportar tan poco como el 2%, aun en países en los que —como Venezuela— existen grandes recursos pesqueros subutilizados o no utilizados (1).

Considerando que los cereales y los tubérculos son excelentes vehículos para hacer llegar hasta la mayoría de la población un mejor y mayor contenido de proteínas, se estudió el desarrollo de productos codeshidratados de vegetales y pescado, con la idea de poder usarlos en la elaboración de alimentos tradicionales mejorados, o en la obtención de nuevos productos. Estos codeshidratados se elaboran a través de un proceso no costoso, que permite su uso posterior a nivel industrial o casero.

Para ello se usaron dos cereales de amplio consumo y producción como son el maíz (*Zea mays*) y el arroz (*Oryza sativa*), al igual que los tubérculos: papa (*Solanum tuberosum*) y ocumo (*Xanthosoma sagitifolium*). Seleccionamos como fuente de proteínas de origen animal la curvinata de mar (*Macrodon ancyclodon*), especie de pescado subutilizada, de alta productividad y de bajo costo en Venezuela.

Después de establecer la forma de obtener los codeshidratados, éstos fueron evaluados en los que a su composición proximal y características nutricionales concierne, analizando su perfil de aminoácidos, así como algunos valores relacionados con su ingesta, en animales. Posteriormente se efectuaron las pruebas necesarias para asegurar su utilización en alimentos de consumo humano, sometiendo a prueba, con buenos resultados, el uso de los codeshidratados en la elaboración de pastas alimenticias y la combinación cereal-pescado en la obtención de productos extruidos, así como su posible uso en la fabricación de galletas, sopas y tortas.

## MATERIAL Y METODOS

### *Material*

La curvinata de mar (*Macrodon ancyclodon*) se obtuvo de barcos pesqueros en el puerto de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. Se transportó, en hielo, a los laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela, en Caracas, donde fue procesada como se indica en la Figura 1.

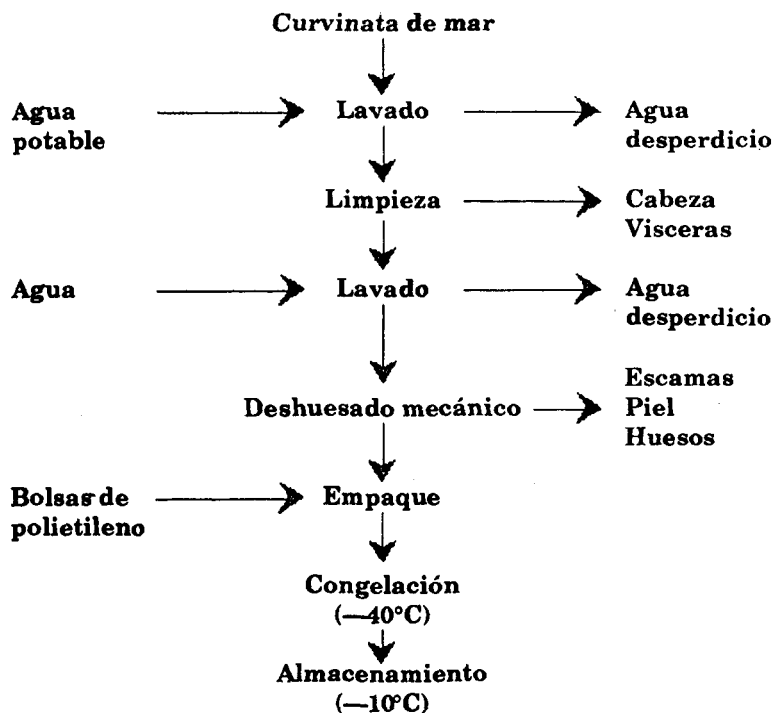


FIGURA 1

Procesamiento de la curvinata de mar (*Macrodon ancyclodon*)

Los cereales —arroz (*Oryza sativa*) y maíz (*Zea mays*)— se cocieron individualmente con vapor o agua.

#### *Preparación de las Harinas Codeshidratadas*

El pescado procesado y mantenido congelado hasta su utilización según se describe en la Figura 1, se mezcló y homogeneizó con un cereal, previamente cocido, en diferentes proporciones para obtener mezclas con 0%, 5%, 10%, 15% y 100% de pescado en base seca. Cada mezcla se deshidrató por tambor en un deshidratador marca GF Dryer Flaker DIV 23150, Modelo 20, a una temperatura de 115°C por 18 segundos, como tiempo de retención. Luego la mezcla deshidratada se molió y tamizó a 60 mesh, empacándose y almacenándose a temperatura ambiente. El esquema de esta preparación se muestra en la Figura 2.

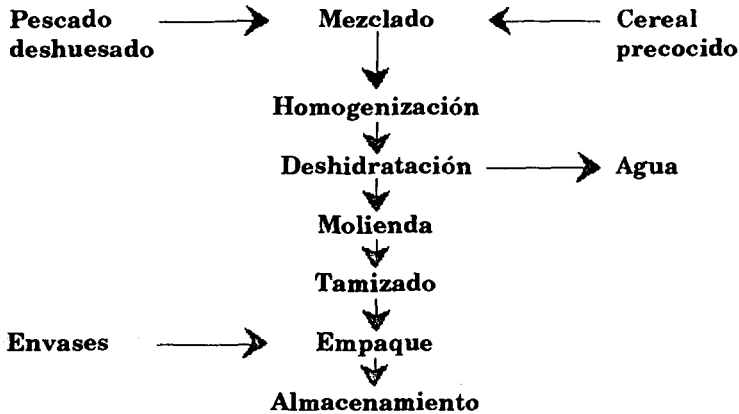


FIGURA 2

## Preparación de las harinas codeshidratadas

*Equipos*

En el proceso en cuestión se utilizaron los siguientes equipos:

**Deshuesadora mecánica:** Marca Paoli, Modelo 585-A-19 de 15 HP Stephen Paoli International, Rockfor Illinois, EUA.

**Congelador de placas de doble contacto:** Marca Dole Modelo Freeze-cell. Dole Refrigeration Company, Chicago, Ill.

**Homogeneizador:** Cowles Dissolver, Modelo I-VG. The Cowles Dissolver C.O. Inc., New York.

**Deshidratador de tambor:** Marca Sterling. Modelo 20. Sterling Power System Inc., EUA.

**Molino:** Fitz Mill Modelo D. The FitzPatrick Company, Chicago, Ill.

**Centrífuga:** Marca Christ, Modelo 546.

*Métodos*

Las determinaciones de humedad, cenizas, grasas, proteínas y fibra se hicieron según los métodos de la AOAC (2), mientras los carbohidratos se determinaron por diferencia (Tabla 1).

Los análisis de aminoácidos se llevaron a cabo por cromatografía líquida de alta presión, según la técnica de Spackman, Stein y Moore (3). El triptofano se determinó calorimétricamente siguiendo el método desarrollado por Rama Rao, Tara y Kutty (4).

El contenido de lisina disponible se estableció mediante el procedimiento de Kakade y Liener (5).

El método usado para la retención de agua fue el siguiente:

Se pesan 5 g de muestra, se le añaden 40 ml de agua y se mezcla

**TABLA 1**  
**ANALISIS PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS**

Composición (g/100 g)	Curvinata deshuesada	Cereal	
		Arroz	Maíz
Humedad	76.78	11.40	11.82
Cenizas	1.28	0.78	0.50
Grasa	3.67	1.24	2.00
Proteínas	19.38 <sup>a</sup>	6.86 <sup>b</sup>	8.95 <sup>a</sup>
Fibra	—	0.50	0.80
Carbohidratos	—	79.22	75.72
Proteínas en base seca	79.65	7.72	10.15

a N x 6.25.

b N x 5.95.

Los valores informados son el promedio del análisis de tres diferentes lotes, por duplicado.

bien para homogeneizar la pasta. Se centrifuga a 2,000 rpm por 10 minutos en una centrifuga marca Christ, Modelo 546. Luego se descarta el sobrenadante y se pesa el residuo. Por diferencia, se obtiene el resultado, que se informa en ml de agua por g de muestra.

#### *Evaluación Biológica*

Los codeshidratados cereal-pescado fueron evaluados biológicamente, preparando dietas especiales a partir de una dieta basal, en la que se utilizaba el producto obtenido en cantidad suficiente para obtener una dieta experimental con 10% de proteína. También se preparó una dieta control de caseína y una dieta apteica. Se utilizaron ratas blancas de la raza Wistar, de 20-23 días de edad y con un peso promedio de 51 g. El tiempo de ensayo fue de 21 días y cada dieta fue suministrada a tres ratas hembras y tres ratas machos escogidos al azar. Se llevó un registro del peso del alimento consumido, aumento de peso corporal, recolección de heces y observación general del comportamiento de los animales. Al final del ensayo, los animales se pesaron y luego fueron sacrificados; se desecaron en estufa a 110°C por 36 horas. Luego se pesaron nuevamente con el fin de establecer una relación entre la cantidad de agua y el contenido de nitrógeno corporales, siguiendo el método

de Miller y Bender (6) y el de Pellet (7) en la determinación de la utilización proteínica neta (NPU). Se les determinó el contenido de nitrógeno por Kjeldahl a las heces (secadas y homogeneizadas) de los animales que habían consumido las dietas experimentales, y a las de aquéllos que habían consumido la dieta aprotéica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las harinas obtenidas hasta con un contenido de pescado de 10% (en base seca), no presentan olor a pescado, lo que facilita su utilización en productos que tradicionalmente se elaboran con harinas de cereales. A partir del 15% de pescado sí es notorio dicho olor, por lo que fue el porcentaje máximo utilizado.

La codeshidratación presenta la ventaja de poder utilizar la deshidratación con tambores, de costo relativamente bajo y de amplia utilización en la industria de cereales precocidos, para obtener un producto donde pescado y vegetal se encuentran perfectamente mezclados.

En las Tablas 2 y 3 se puede observar cómo el contenido de proteína del cereal aumenta considerablemente a medida que se incrementa el porcentaje de pescado. En el caso del arroz (Tabla 2), desde aproximadamente 7% hasta 20%, mientras que en el maíz (Tabla 3), desde cerca de 9% hasta 21%. Este aumento no sólo se refleja en el valor del contenido proteínico sino también en la calidad de la misma, tal y como lo atestiguan las Tablas 4 y 5. En ellas se observa cómo mejora el perfil de aminoácidos de las harinas codeshidratadas con 10% de pescado, en comparación con el cereal puro. Este mejoramiento es especialmente notorio en el caso de la lisina, en ambos cereales, y la cistina y la metionina, en el arroz, que se encuentran en cantidades deficientes (Tabla 6).

TABLA 2

### ANALISIS PROXIMAL DE LAS HARINAS CODESHIDRATADAS DE ARROZ Y PESCADO

Composición (g/100 g)	% de pescado en base seca				
	0%	5%	10%	15%	100%
Humedad	11.39	11.08	10.80	11.20	10.00
Cenizas	0.70	1.11	1.18	1.26	6.72
Grasa	0.98	1.74	2.10	2.68	10.93
Proteínas (N x 6.25)	6.73	10.85	14.72	19.79	72.50
Fibra	0.62	0.53	0.50	0.46	—
Carbohidratos	79.50	75.80	73.20	65.10	—
Proteínas en base seca	7.60	12.20	16.50	22.29	80.56

**TABLA 3**  
**ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS HARINAS**  
**CODESHIDRATADAS DE MAÍZ Y PESCADO**

Composición (g/100 g)	% de pescado en base seca				
	0%	5%	10%	15%	100%
Humedad	11.76	9.86	8.29	9.54	9.50
Cenizas	0.59	1.01	1.20	1.69	7.12
Grasa	2.01	2.35	2.70	3.03	9.07
Proteínas (N x 6.25)	9.23	13.63	16.75	20.87	74.39
Fibra	0.73	0.80	0.72	0.65	—
Carbohidratos	76.31	72.42	70.33	64.87	—
<b>Proteínas en base seca</b>	<b>10.46</b>	<b>15.12</b>	<b>18.26</b>	<b>23.07</b>	<b>82.20</b>

**TABLA 4**  
**CONTENIDO DE AMINOACIDOS NO ESENCIALES**  
**DE LAS HARINAS CODESHIDRATADAS**

Aminoácido	Curvinata deshuesada	Harinas			
		Cereal puro		Cereal + 10% pescado	
		Arroz	Maíz	Arroz + pescado	Maíz + pescado
Asp	1,157	713	566	736	596
Ser	534	—	445	—	436
Glu	2,134	843	1,784	876	974
Pro	1,697	—	144	194	186
Gli	643	98	—	156	—
Ala	1,349	—	528	436	576
Arg	945	—	—	—	—

TABLA 5

**CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES  
DE LAS HARINAS CODESHIDRATADAS**

Aminoácido (mg/g N)	Curvinata deshuesada	Harinas				Patrón FAO/OMS
		Cereal		Cereal + 10% pescado		
		Arroz	Maíz pescado	Arroz + pescado	Maíz + 1973*	
His	633	—	390	—	—	—
IsoI	917	425	262	436	316	250
Leu	1,875	627	—	720	264	440
Lis	1,446	207	210	286	276	340
Cis + Met	748	150	223	224	246	220
Fen + Tir	1,844	522	549	606	640	380
Treo	591	—	238	228	246	256
Trip	590	46	55	108	107	60
Val	1,126	—	—	346	—	310

\* Véase ref. (8).

TABLA 6

**COMPUTO QUIMICO (SCORE) Y AMINOACIDO LIMITANTE  
DE LAS HARINAS DE CEREALES Y CARNE DE PESCADO**

	Arroz	Arroz + 10% pescado	Maíz	Maíz + 10% pescado	Carne de pescado
Cómputo químico	60	84	61	60	> 100
Aminoácido limitante	Lisina	Lisina	Lisina	Leucina	—

En la Tabla 7, que muestra el caso de la lisina, —aminoácido limitante en la mayoría de los cereales—, se observa que no sólo se mejora el contenido de lisina (lisina total) al mezclar el cereal con pescado, sino que la disponibilidad de este aminoácido también aumenta ostensiblemente en los codeshidratados.

Por otro lado, la calidad de estos codeshidratados queda expresamente demostrada al observar en las Tablas 8 y 9 los valores correspondientes a las evaluaciones como consecuencia de su

TABLA 7

**RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE LISINA TOTAL  
Y LISINA DISPONIBLE  
EN LAS HARINAS DE CEREALES Y CARNE DE PESCADO**

	Arroz	Arroz + 10% pescado	Maíz	Maíz + 10% pescado	Carne de pescado
Lisina total (mg/g N)	207	286	210	276	1,446
Lisina disponible (mg/g N)	133	208	123	213	781
Lisina disponible (%)	64.25	72.72	58.57	77.77	54.01

TABLA 8

**ENSAYOS BIOLÓGICOS DE LAS HARINAS  
CODESHIDRATADAS DE ARROZ Y PESCADO**

	% de pescado en base seca				Caseína
	5%	10%	15%	100%	
PER	3.33	3.05	3.07	3.37	3.17
Calidad de la proteína (%)	105.04	96.21	96.84	106.31	100.00
NPU	64.00	55.00	59.00	63.00	60.00
NPR	3.86	3.49	3.50	3.76	3.57
Digest. aparente	82.00	87.00	89.00	92.00	92.00
Digest. verdadera	91.00	94.00	96.00	98.00	98.00

TABLA 9

**ENSAYOS BIOLOGICOS DE LAS HARINAS  
CODESHIDRATADAS DE MAIZ Y PESCADO**

	% de pescado en base seca				Caseína
	5%	10%	15%	100%	
<b>PER</b>	<b>210</b>	<b>2.69</b>	<b>3.04</b>	<b>3.24</b>	<b>2.96</b>
<b>Calidad de la proteína (%)</b>	<b>70.95</b>	<b>91.00</b>	<b>103.00</b>	<b>109.00</b>	<b>100.00</b>
<b>NPU</b>	<b>60.00</b>	<b>63.00</b>	<b>62.00</b>	<b>65.00</b>	<b>58.00</b>
<b>NPR</b>	<b>2.35</b>	<b>2.98</b>	<b>3.42</b>	<b>3.61</b>	<b>3.38</b>
<b>Digest. aparente</b>	<b>84.00</b>	<b>84.00</b>	<b>85.00</b>	<b>92.00</b>	<b>92.00</b>
<b>Digest. verdadera</b>	<b>92.00</b>	<b>92.00</b>	<b>94.00</b>	<b>98.00</b>	<b>98.00</b>

ingestión, por parte de animales de experimentación. En dichas Tablas se aprecian excelentes valores de digestibilidad, PER, NPU y NPR, los cuales resultan, en algunos casos, superiores a los de la caseína. Esto pone en evidencia la excelente combinación obtenida de estos codeshidratados desde el punto de vista nutricional, así como la conservación de la calidad de las materias primas utilizadas.

La utilización del pescado como fuente proteínica para aumentar el valor nutricional de los cereales, no es nada nuevo. Marison y Myer (9), estudiaron la suplementación de dietas basadas en cereales, demostrando, con sus resultados, que la adición de cantidades graduales de concentrado proteínico de pescado al arroz (entre 0 y 2.3%) dio origen a valores de PER gradualmente mayores. Estos a su vez, resultaron ser más altos que los correspondientes a dietas a las cuales se les agregó leche en polvo descremada. Metta (10) notificó los resultados de sus estudios sobre el valor biológico de la proteína de pescado, el efecto sobre el crecimiento y eficiencia proteínica resultantes de añadir entre 1 y 3% de harina de pescado a dietas de la India, país en el que el arroz forma parte importante de las mismas. Sus hallazgos le permitieron concluir que la harina de pescado utilizada tenía un excelente valor biológico. A niveles de 10% en la dieta, su eficiencia proteínica fue de 3.24 en comparación con 3.57 para la proteína del huevo; a los niveles de 1 a 3% de

suplementación, el mejoramiento en el crecimiento fue de 13 a 76% y de 43 a 145%, respectivamente, por arriba de los controles. La eficiencia proteínica de la mayoría de las dietas de cereales mejoró también significativamente, indicando una mejor configuración en su composición de aminoácidos. En cuanto a aceptación, no se detectó ningún sabor a pescado a los niveles de 3% de suplementación.

También Marinus (11) estudió los resultados de suplementar con proteínas de pescado el arroz pulido, en los porcentajes de 1, 3 y 5%; el crecimiento en peso de los animales en estudio fue respectivamente de 111.1, 111.1 y de 100%, y 52.9 y de 65.7 y 49.4% en cuanto al PER, a niveles de 5.27 de proteína. La razón del descenso en los valores encontrados con sustituciones de 5%, la explicó dicho autor como consecuencia del desbalance en el cuadro de aminoácidos. Estos hallazgos indican que cantidades relativamente pequeñas de buena proteína de pescado pueden ser de gran valor en la suplementación de dietas que contienen cantidades inadecuadas de proteína de cereales.

Otros autores tales como Spinelli *et al.* (12) y Morais (13), utilizaron la deshidratación por tambores, pero en este caso, para obtener productos codeshidratados cereal-pescado con altos contenidos de proteína (30 a 60%) con olor y sabor a pescado.

En nuestro estudio, lo nuevo es la forma de suplementar esos cereales y de presentar el producto terminado (o semiterminado, si va a ser utilizado en la preparación de otros alimentos), así como demostrar que dicho proceso de elaboración no afecta la calidad biológica de la proteína de pescado.

Las modificaciones que se producen por efecto de la deshidratación tanto en los alimentos animales como en los vegetales, puede afectar en forma desigual e irreversible su capacidad de rehidratación, las características de adsorción, y su capacidad de retención de líquido. En el caso de nuestro producto, constituido por un alimento deshidratado en forma de harina, el cual debe necesariamente poder absorber y retener líquido y fundamentalmente agua para su utilización. Son de suma importancia los resultados obtenidos para su valor de retención de agua. Es así como las harinas de arroz y de maíz, así como las harinas codeshidratadas con 5, 10 y 15% de pescado, no acusaron valores significativamente diferentes, cercanos a 5.0 ml de agua por gramo de harina, mientras que el pescado en forma de harina, presentaba un valor de 3.0 expresado en las mismas unidades.

## SUMMARY

### PREPARATION AND ANALYSIS OF DEHYDRATED MIXTURES OF UNDER-UTILIZED FISH/VEGETABLE FLOURS. I. DEHYDRATED MIXTURES OF FISH/CEREAL

For the purpose of providing possible solutions to the malnutrition problems affecting those populations where cereals and tubers form an important portion of their daily intake, products were prepared from dehydrated mixtures of cereals and under-utilized fish, but which contain high-quality protein. Two cereals were selected for our experiments: rice and corn, and a marine under-utilized fish species (*Macrodon ancylodon*). The minced fish muscle recovered by mechanical deboning was mixed with the cereal, obtaining mixtures with 5%, 10% and 15% fish on a dry basis. Feeding experiments using Wistar weaning rats were then carried out to evaluate the most important characteristics. An amino acid profile which reflected high-quality protein was obtained, as evidenced by the excellent PER, NPU, NPR and digestibility values determined.

The dehydrated mixtures of fish/cereal flour prepared with 5% and up to 10% fish (dry basis), did not present any odour, but as of the 15% level, fish odour was perceived. Therefore, the use of dehydrated mixtures of fish/cereal flours with up to 10% fish in preparing food products, is recommended, since these would be of great help in solving the scarcity of good-quality protein, particularly in the developing countries.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bermúdez, H., C. Mirabal, M. González, B. Castillo & N. Barrios. Atlas para la Nutrición. Caracas, Venezuela, Instituto Nacional de Nutrición, 1974.
2. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC 13 ed. Washington D.C., The Association 1980, p. 132-134, 211, 223, 289.
3. Spackman, D.H., W. Stein & S. Moore. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino-acids. *Anal. Chem.*, 30: 1190, 1958.
4. Rama Dao, M.V., M. Tara & A. Kutty. Colorimetric determination of tryptophan. *J. Food. Sci. Technol.*, 2: 213, 1974.
5. Kakade, L.M. & L. Liener. Determination of available lysine in foods with Trinitrobenzene sulfonic acid. *Anal. Biochem.*, 23: 273, 1969.
6. Miller, D. & A. Bender. The determination of the net utilization of protein by a shortened method. *Brit. J. Nutr.*, 9: 382, 1955.
7. Pellet, P. The N:H<sub>2</sub>O ratio in the Sprague-Dawley rat and its variation with diet under the conditions of determination of Net Protein Utilization. *Brit. J. Nutr.*, 21: 609, 1967.
8. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/ Organización Mundial de la Salud. Necesidades de Energía y Proteínas. Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de Expertos en Roma. Roma FAO, 1973. (Reuniones sobre Nutrición N° 52, 1973). (Serie de Informes Técnicos N° 522).
9. Munro, I., A. Morrison & M. Myer. Fish protein concentrate as a supplement to cereal diets. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 54: 398-400, 1969

10. Metta, V. Nutritional value of fish flour supplements. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 37: 234-240, 1960.
11. Marinus, C. Nutritional improvement of rice. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 32: 647-650, 1956.
12. Spinelly, J., B. Koury, H. Graninges & R. Miller. Expanded uses for fish protein from underutilized species. *J. Food Technol.*, 21: 1234, 1976.
13. Morais, C. Utilization of fish waste from the filleting operation in obtaining corn / fish flour. *Bol. Inst. Tec. Alim. ITAL.*, 18: 177-199, 1981.

# ESTUDIO SOBRE LA ELABORACION DE ENSILADO MICROBIANO A PARTIR DE PESCADO PROVENIENTE DE ESPECIES SUBUTILIZADAS

*M. Ottati<sup>1</sup>, M. Gutiérrez<sup>1</sup> y R. Bello<sup>1</sup>*

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Facultad de Ciencias  
Universidad Central de Venezuela  
Caracas, Venezuela

## RESUMEN

Se elaboró un ensilado producido por vía microbiana a partir de una mezcla de pescados de diferentes especies, los cuales no se utilizan para consumo humano, proveniente de la fauna de acompañamiento del camarón. Estos fueron mezclados con una fuente de carbohidratos (melaza) en combinación con un cultivo "Starter" de la especie *Lactobacillus plantarum* 8014. La mezcla se dejó fermentar a la temperatura de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . Luego se efectuaron pruebas para determinar las proporciones mínimas de melaza e inóculo para la elaboración del ensilado, las que consistieron en una concentración de melaza (5, 10 y 15%) e inóculo (0.0; 0.5; 1.0; 2.5; 5.0 y 10.0%).

Los resultados indicaron que 1% de inóculo y 15% de melaza eran suficientes para producir un ensilado estable. El proceso de producción y la estabilidad del ensilado se siguió mediante los siguientes índices: humedad, proteína, grasa, ceniza, pH, acidez total, recuento de aerobios mesófilos y hongos, nitrógeno no proteínico, líquido exudado y consistencia. Los hallazgos de estos ensayos indicaron que en los primeros seis días de almacenamiento se producen cambios que están íntimamente involucrados con la producción de ácido, reducción de pH y control microbiano, mientras que posteriormente el proceso está más relacionado con la hidrólisis proteínica. Además, se llevaron a cabo pruebas sensoriales de color y olor.

Los resultados de este estudio sugieren la factibilidad de aprovechamiento de un recurso que se descarta al mar, mediante la aplicación de un esquema tecnológico sencillo, por el cual se obtiene un producto apto para la alimentación animal.

---

Manuscrito modificado recibido: 23-6-89.

1 Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apartado 47097 Caracas, 1041-A, Venezuela.

## INTRODUCCION

La pesca de arrastre utilizada para la captura del camarón, es un método poco selectivo que retiene una gran variedad de especies, tanto de pescado como de moluscos, crustáceos y equinodermos, los cuales por su bajo valor comercial y poca aceptabilidad por el consumidor, hasta hace pocos años eran considerados como "broza" o basura y eran desechados nuevamente al mar. Sin embargo, en los últimos años esta práctica ha ido declinando, en vista de que muchas de estas especies tienen un alto valor nutritivo, aunado al hecho de que se han llevado a cabo diversos estudios que han demostrado la factibilidad del uso de este recurso en la elaboración de productos, tanto para consumo humano como animal.

Aquellas porciones de la fauna de acompañamiento del camarón que presentan daños físicos como consecuencia de la captura, o que no han alcanzado aún su total madurez —lo cual las hace poco rentables para la extracción de la pulpa— no pueden ser aprovechadas en la obtención de productos para consumo humano, por lo que suelen destinarse a la elaboración de productos para alimentación animal. En este sentido, el ensilado de pescado parece ser una buena alternativa para el aprovechamiento de este recurso subutilizado. El ensilado de pescado obtenido por vía química es un producto líquido elaborado a partir de porciones o de la totalidad del pescado, en el que la licuefacción es producto de la acción de las enzimas proteolíticas presentes en las vísceras de los mismos, y se ve acelerada por la incorporación de ácidos (1, 2).

Un proceso alternativo lo constituye el ensilado microbiano, donde el proceso de obtención del producto es similar al del ensilado químico. La diferencia es que en vez de agregar directamente los ácidos sobre el pescado molido, se incorpora una fuente de carbono y un cultivo microbiano capaz de producir ácido. Este tiene por finalidad permitir una fermentación láctica, siendo el ácido producido durante el proceso el responsable de la preservación del producto (3). Cualquiera de los métodos que se utilice en la preparación del ensilado, el producto resultante es un líquido pastoso de color marrón amarillento, estable durante el almacenamiento (4).

El proceso para la obtención del ensilado es práctico, sencillo y económico, no requiriendo de procedimientos y equipos sofisticados y costosos, como sucede en el caso de la elaboración de la harina de pescado. Más aún, el ensilado obtenido por vía microbiana es mucho más económico que la harina de pescado y el ensilado químico, como suplemento proteínico en las raciones alimenticias de animales, ya que no requiere de altos procesos térmicos ni de la incorporación de ácidos orgánicos e inorgánicos, que resultan ser sumamente costosos. De ahí que el objetivo del presente trabajo haya sido el desarrollar ensilados de pescado por vía microbiana a partir de la fauna de acompañamiento del camarón, y estudiar la estabilidad del mismo bajo determinadas condiciones de almacenamiento.

## MATERIAL Y METODOS

### A. Materiales

1. *Pescado* — El pescado utilizado como materia prima fue la porción perteneciente a la fauna de acompañamiento del camarón que no puede ser empleada para consumo humano por su bajo valor comercial y los daños físicos que presenta, por lo que generalmente es descartada al mar por las embarcaciones que efectúan la pesca de arrastre del camarón en Pto. Cabello (Edo. Carabobo). Las 12 especies predominantes fueron: *Gerres cinereus* (Mojarra), *Selene setapinnis* (Lamparosa), *Upeneus parvus* (Salmonete de charco), *Synodus foetens* (Guaripete), *Sphyræna quachancho* (Picúa), *Syacium gunteri* (Lenguado), *Diplectrum radiale* (Bolo), *Sardinella anchovia* (Sardina), *Lepophidium profundorum* (Perlita), *Gymnothorax nigromarginatus* (Morena), *Prionotus roseus* (Gallina de mar) y *Trichuyirus lepturus* (Tajalí).

2. *Melaza* — Este subproducto de la refinación del azúcar se obtuvo de una Central Azucarera y fue utilizado como sustrato para los microorganismos fermentadores, inoculados en el producto.

3. *Microorganismos* — Se utilizó un cultivo de bacterias ácido-lácticas homofermentadoras capaces de producir ácido láctico a partir de la degradación de un sustrato (5). La cepa de ácido láctico empleada fue *Lactobacillus plantarum* 8014, la cual fue inoculada en caldo Man Rogosa Sharpe durante 48 hr previo a la elaboración del ensilado, e incubada por 24 hr a 30°C. Esto se hizo con el objeto de utilizar un cultivo joven e incrementar la población en  $1 \times 10^6$  cel./ml.

4. *Acido sórbico* — Este ácido es un agente químico que se incorporó al producto en una concentración de 0.25% como aditivo antimicrobiano.

### B. Métodos

1. *Métodos físicos y químicos* — Se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, grasa cruda, cenizas y carbohidratos, según recomendaciones de la AOAC (6). Asimismo se efectuaron las siguientes determinaciones: pH mediante el uso de un potenciómetro marca Corning, Modelo 5. Acidez total titulable, según el método N° 10.034 de la AOAC (6). Nitrógeno no-proteínico: mediante precipitación con ácido tricloroacético al 10% (7) seguido por digestión y destilación de acuerdo al método de Mikrokjeldahl N° 47.021 también de la AOAC (6). La consistencia se estableció utilizando el consistómetro de Bosjtwick.

El líquido exudado se determinó por centrifugación del material a 7,000 rpm por 10 min., midiendo el volumen sobrenadante, y por último, el perfil de ácidos grasos valiéndose de cromatografía de gas líquido.

2. *Métodos microbiológicos* — Estos se aplicaron para establecer la enumeración de aerobios mesófilos, lo que se hizo en Agar estándar, incubando por 48 hr a 30°C (8); enumeración de mohos y levaduras, en Agar extracto malta acidificado con ácido láctico, incubando por 5 días a 25°C (8); enumeración de coliformes totales, según técnica del

número más probable utilizando caldo Lauryl sulfato triptosa, e incubando a 32°C por 48 hr (8); enumeración de coliformes fecales, según la técnica del número más probable utilizando caldo de *Escherichia coli*, e incubando a 44.5°C por el término de 48 hr (8).

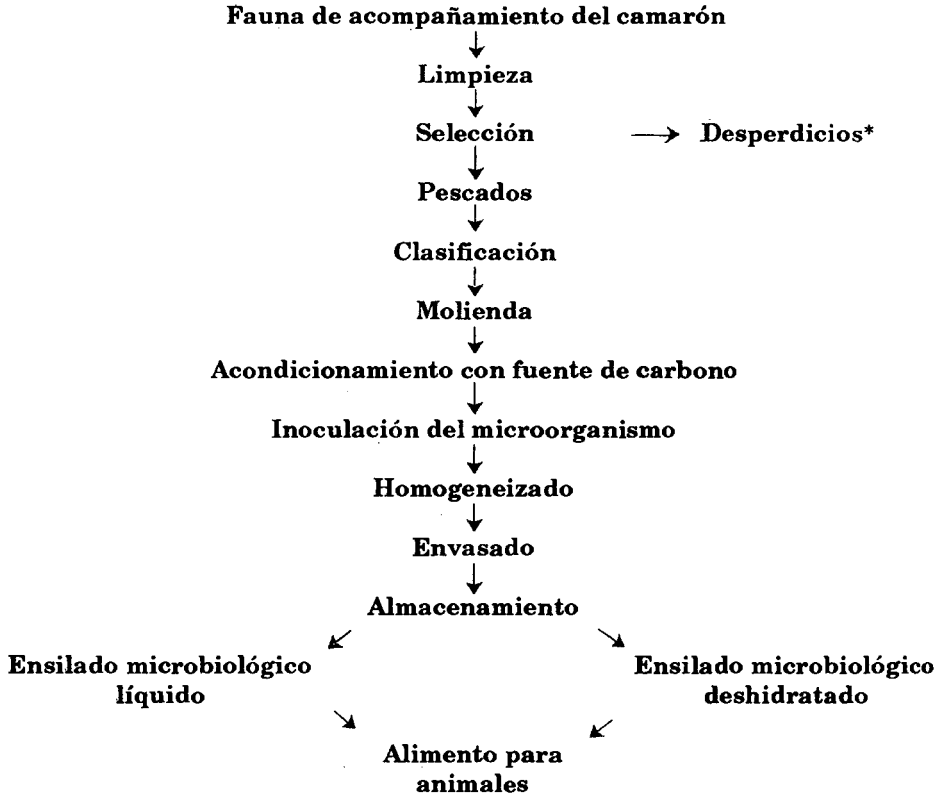
La enumeración de *Staphylococcus aureus*, se realizó en Agar Baird Parker, incubando por 48 hr a 37°C (8); la detección de *Salmonella* spp como sigue: se realizó un preenriquecimiento, luego un enriquecimiento, y por último un aislamiento en Agar Salmonella-Shigella y en Agar Verde Brillante (8); y la enumeración de *Bacillus cereus* se llevó a cabo en Agar Yema de Huevo Polimixina Rojo Fenol, incubando por 48 hr a 37°C (8).

3. *Métodos sensoriales* — Cada cinco días y durante todo el período de almacenamiento se hicieron simples observaciones visuales de color, aspecto y olor del producto, las cuales fueron utilizadas como índices del curso de la fermentación y del éxito del proceso de licuefacción.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Aquellas especies de pescado pertenecientes a la fauna de acompañamiento del camarón que no pueden ser utilizadas para consumo humano por acusar daños físicos, producto del proceso de captura, o por sus características morfológicas o reducido tamaño fueron en primera instancia seleccionadas, clasificadas y sometidas a limpieza. Luego, las especies de pescado seleccionadas se molieron enteras en un molino marca Boia H.D., Modelo 08122. El pescado molido se acondicionó con una fuente de carbono, se le incorporó un agente preservativo, y se inoculó con un cultivo de bacterias productoras de ácido. En seguida se homogeneizó en una mezcladora Hobart, Modelo HCM 300 por 6 min, y la mezcla se colocó en envases plásticos cerrados herméticamente, los cuales fueron almacenados en cuartos de incubación de 30 ± 2°C. Los envases fueron sometidos a agitación periódica con el objeto de acelerar el proceso, quedando elaborado el producto a partir de los 15 días de almacenamiento. La Figura 1 ilustra el esquema tecnológico seguido para la elaboración del ensilado microbiano de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón.

Se llevaron a cabo estudios preliminares en nuestro laboratorio, con miras a determinar las condiciones más apropiadas para obtener un ensilado estable. En tal sentido, se utilizaron diferentes fuentes de carbono (harinas de arroz, harinas de avena, harina de maíz, harina de yuca y melaza), microorganismos fermentadores productores de ácido (*Streptococcus lactis*, *Candida lipolytica* y *Lactobacillus plantarum*), temperaturas de almacenamiento (12°, 20°, 25° y 30°C), y agentes preservativos (sorbato y propionato), para establecer los parámetros más adecuados a aplicar en la elaboración del ensilado por vía microbiana. Con esta información preexistente como base, pudo establecerse que la melaza es un sustrato de fácil adquisición, y económico, que resulta ser efectivo como fuente de energía y mine-



\* Desperdicios: crustáceos, moluscos y equinodermos.

**FIGURA 1**

**Esquema tecnológico para la elaboración de ensilado de pescado por vía microbiana**

rales para el desarrollo de microorganismos fermentadores. Respecto al microorganismo utilizado se encontró que, *L. plantarum* presenta una mejor eficiencia fermentativa que los demás microorganismos cuando se inocula en el pescado mezclado con la melaza, debido a que produce grandes cantidades de ácido en un período de tiempo menor, lo que favorece un rápido descenso de los valores de pH. Se encontró, igualmente, que la temperatura de 28-30°C aproximadamente, favorece el proceso de hidrólisis proteínica acelerando la licuefacción del producto. La incorporación de ácido sórbico es fundamental en este tipo de productos, ya que se sabe que la contaminación del producto fermentado suele ser causada generalmente por levaduras que asimilan el ácido láctico (9).

Con base en lo anterior, se procedió a elaborar ensilado de pescado microbiano utilizando melaza como fuente de carbono, *L. plantarum* como microorganismo productor de ácido, y ácido sórbico como agente preservativo, siendo la temperatura de almacenamiento del producto de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . Se llevó a cabo una serie de ensayos a fin de optimizar el proceso, es decir, establecer las concentraciones mínimas tanto de melaza como de inóculo requeridas para obtener un producto estable y económico. Los parámetros utilizados en todas estas experiencias para evaluar la calidad y estabilidad del producto, fueron el pH y estimaciones de olor, color y aspecto. Los tres primeros ensayos fueron realizados bajo estrictas condiciones de asepsia, mientras que el cuarto se llevó a cabo en condiciones de escasa esterilidad.

En la Figura 2 se muestran los resultados de pH obtenidos para tres ensilados de pescado elaborados con 5% de melaza y diferentes

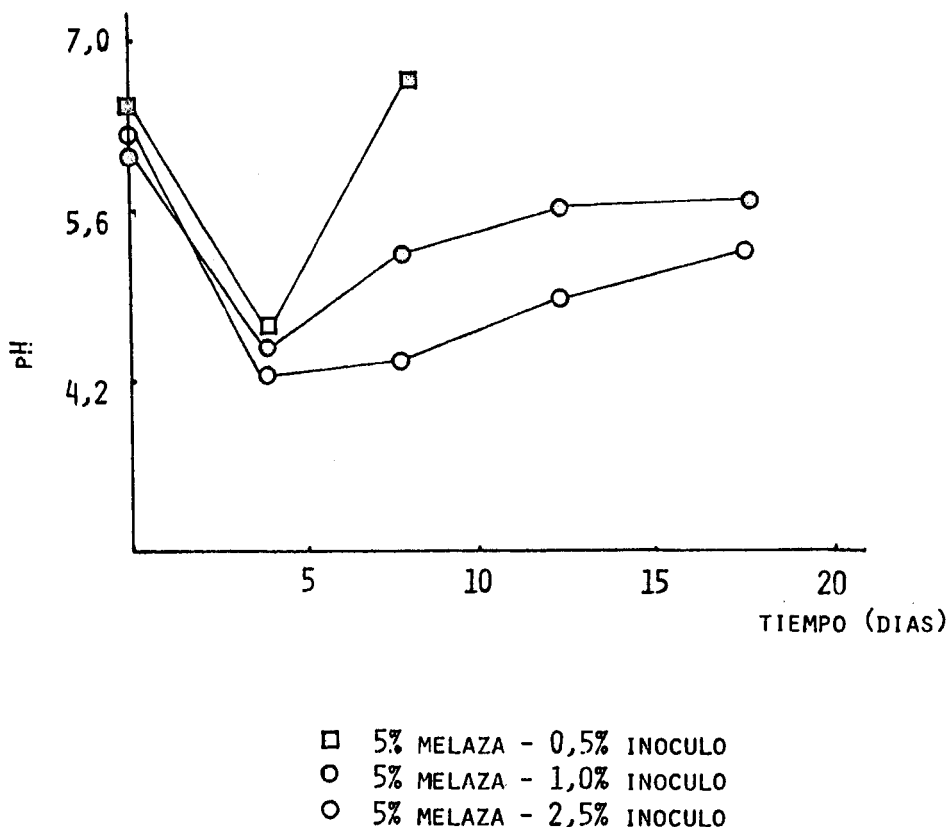


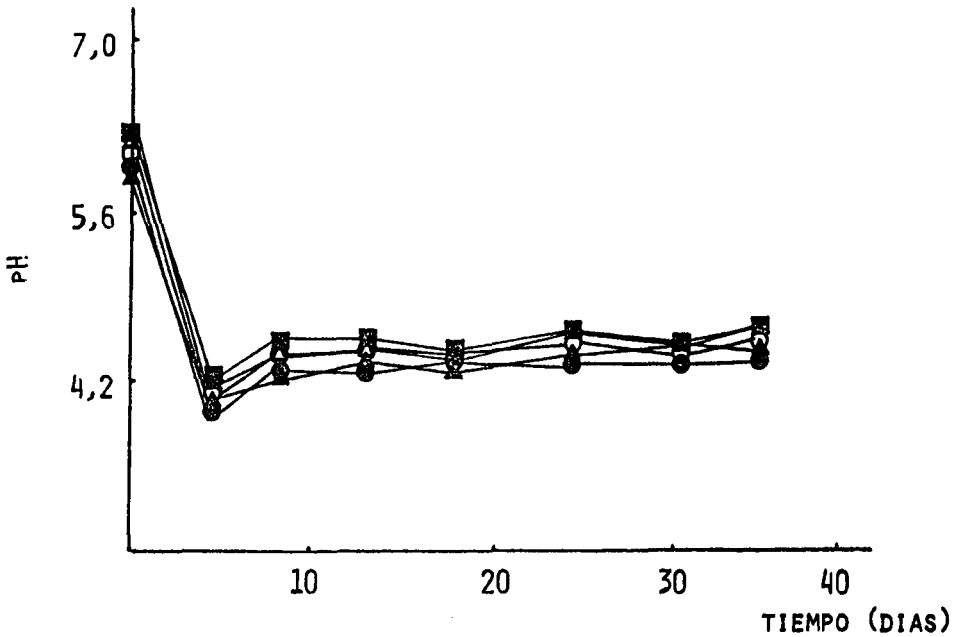
FIGURA 2

Cambios en los valores de pH de los ensilados de pescado elaborados con 5% de melaza y diferentes concentraciones de inóculo de *L. plantarum*, bajo condiciones de asepsia

concentraciones de inóculo de *L. plantarum* (0.5; 1.0 y 2.5%). Según se observa, a los cuatro días de almacenamiento ocurrió una disminución del pH; sin embargo, a los ocho días se aprecia que el ensilado con menor concentración de inóculo (0.5%) se encontraba deteriorado, observándose igualmente que tanto el ensilado con 1% de inóculo como el ensilado con 2.5%, comenzaron a sufrir un proceso de descomposición, alcanzándose en todos los casos, valores de pH entre 5 y 6 para los 12 días de almacenamiento. Otro hecho resaltante es que al inicio de la elaboración del producto, se observó un olor característico de pescado, es decir que la melaza no enmascara en ningún momento el olor del mismo. Este olor fuerte a pescado se mantuvo en todos los ensilados durante el tiempo de almacenamiento. Se llegó a la conclusión de que cualquiera que sea la concentración de inóculo de *L. plantarum* utilizada, la cantidad de 5% de melaza no es suficiente para conservar estable el producto. Lo confirma el hecho de que a los pocos días de almacenamiento, los ensilados elaborados mostraron indicios de descomposición, demostrando así que la concentración de sustrato utilizada fue el factor limitante del proceso, no satisfaciéndose las demandas de los microorganismos fermentadores presentes en el producto.

Se realizó otro ensayo incrementando la concentración de melaza a 10% y variando las concentraciones de inóculo de *L. plantarum* (0.5; 1.0; 2.5; 5.0 y 10.0%). En la Figura 3 puede observarse que los ensilados muestran un comportamiento similar, notándose que a los cuatro días de almacenamiento todos ellos tenían un pH cercano a 4, el cual se mantuvo en todos los casos durante los 35 días de almacenamiento. En primera instancia, puede establecerse que 10% de melaza, bajo condiciones estrictas de asepsia, constituye una concentración suficiente de sustrato como para permitir un desarrollo adecuado del proceso de fermentación. A diferencia de lo observado en el ensayo anterior, el olor a melaza que acusaron estos ensilados al principio de su elaboración era fácilmente detectable, lo que significa que en esta proporción, la melaza enmascara el olor a pescado. Posteriormente se observó que a los 12 días de almacenamiento todos los ensilados obtenidos acusaban olores característicos, tanto a melaza como a ácido. De este ensayo se concluye, además, que una concentración de 1% de inóculo satisface los requerimientos mínimos necesarios para obtener un producto estable y de buena calidad. Se seleccionó una concentración de 1% y no la mínima establecida en la prueba (0.5%) ya que a pesar de que el ensilado preparado con esta concentración mostró un comportamiento adecuado sin descomposición alguna, conviene establecer ciertos márgenes de seguridad.

Habiendo establecido ya, que la concentración mínima de inóculo de *L. plantarum* requerida era de 1%, se procedió a realizar un ensayo, utilizando la concentración de 15% de melaza. Esto se hizo con el objeto de incrementar aún más los márgenes de seguridad, correspondiendo en este caso a la disponibilidad de una fuente de carbono, y teniendo en consideración que el producto sería almacenado por un largo período de tiempo. Habiendo un pequeño exceso de melaza, se garantiza que haya suficiente sustrato como para que se produzca el



- ⊙ 10% MELAZA - 0,5% INOCULO
- ◻ 10% MELAZA - 1,0% INOCULO
- △ 10% MELAZA - 2,5% INOCULO
- 10% MELAZA - 5,0% INOCULO
- △ 10% MELAZA - 10,0% INOCULO

FIGURA 3

Cambios en los valores de pH de los ensilados de pescado elaborados con 10% de melaza y diferentes concentraciones de inóculo de *L. plantarum*, bajo condiciones de asepsia

ácido necesario, que permita tanto la disminución como el mantenimiento de bajos valores del pH. Por otro lado, considerando que el ensilado microbiano es más económico que el ensilado químico, en esta prueba se elaboró un ensilado al que no se le incorporó el cultivo de microorganismos fermentadores. El propósito fue determinar si era necesaria la incorporación del mismo para que el proceso de fermentación láctica ocurriera, permitiendo esto una reducción en el costo de dicho producto.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de dos ensilados elaborados con 15% de melaza, con y sin incorporación de *L. plantarum*. Bajo las condiciones particulares establecidas en el presente estudio, se observó que a los cuatro días de almacenamiento en ambos

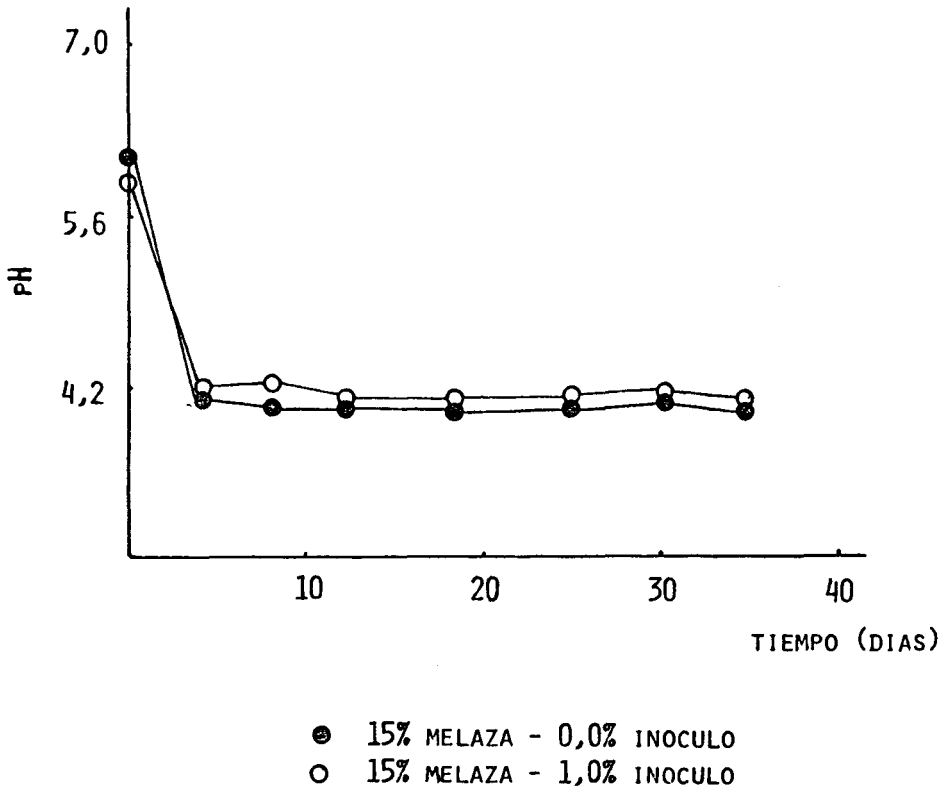


FIGURA 4

Cambios en los valores de pH de los ensilados de pescado elaborados con 15% de melaza y diferentes concentraciones de inóculo de *L. plantarum*, bajo condiciones de asepsia

casos hubo un descenso del pH a valores cercanos a 4. Se observó un comportamiento similar en cuanto al pH entre los dos ensilados durante todo el período de almacenamiento (35 días), lo cual hace pensar que, efectivamente, se puede elaborar ensilado sin necesidad de incorporar un cultivo de microorganismos productores de ácido. No obstante, si se consideran los resultados obtenidos de las estimaciones sensoriales, encontramos que en el caso del ensilado sin inóculo, a los 19 y 35 días de almacenamiento, éste presenta fuerte olor a pescado. Esto es de suma significancia, ya que olores tan marcados pueden restar palatabilidad al producto final suministrado a los animales. Asimismo, se observa una acelerada licuefacción en el ensilado al cual se le incorporó un cultivo iniciador, lo que era de

esperar debido a que este producto, además de contener la microflora propia de la melaza, incluye también un cultivo de bacterias ácido lácticas, favoreciendo así, la fermentación del producto y, por lo tanto, la hidrólisis proteínica. Se concluyó así que es conveniente la incorporación de cierta concentración de inóculo de microorganismos fermentadores al ensilado, tanto para evitar problemas posteriores de palatabilidad del producto como para acelerar el proceso de licuefacción del mismo.

Se llevó a cabo otra prueba con el propósito de simular las condiciones de preparación de grandes cantidades de producto, sabiendo que las condiciones de asepsia en el proceso se dificultan enormemente debido a que los equipos para moler y mezclar el pescado con los demás ingredientes se encuentran expuestos al medio ambiente, siendo así probable la contaminación del producto, aun cuando se trabaje bajo estrictas condiciones higiénicas. A tal efecto se elaboraron tres ensilados bajo escasas condiciones de asepsia o en condiciones denominadas en este estudio "ambientales", los cuales contenían 1% de inóculo y diferentes concentraciones de melaza (5, 10 y 15%). En la Figura 5 se observa que a los cuatro días de almacenamiento, los tres productos alcanzaron un pH de 4, pero a medida que transcurría el tiempo los ensilados con 5 y 10% de agregado de melaza, sufrían descomposición, a diferencia del ensilado con 15% de melaza, que permaneció estable durante todo el período de almacenamiento. Con la incorporación de 15% de melaza se aseguró un rápido aprovechamiento de la misma por parte de las bacterias ácido-lácticas, garantizándose además una cantidad suficiente de sustrato como para que ocurra una fermentación que produzca la suficiente cantidad de ácido láctico como para mantener un pH de 3.5 a 4.0. Además, al incorporar en el medio una mayor cantidad de ese carbohidrato, a la vez que se garantiza una cantidad de sustrato, se incrementa la población de bacterias, las cuales degradan más rápidamente el sustrato, con la consiguiente producción de ácido.

Establecidos los requerimientos mínimos necesarios (15% de melaza, 1% de inóculo de *L. plantarum* y 0.25 de sorbato) para obtener un ensilado microbiano estable y de buena calidad, se procedió a la obtención y caracterización del mismo.

Los resultados obtenidos del análisis químico del ensilado de pescado líquido, se muestran en la Tabla 1; los valores obtenidos en todas las determinaciones no difieren mucho de los obtenidos para la materia prima. Se constata, asimismo, que no existen marcadas diferencias en los resultados obtenidos para las diferentes determinaciones realizadas tanto al inicio como al final de la elaboración del producto, concluyéndose así que no existen diferencias inherentes a los procesos de fermentación y licuefacción.

En la Tabla 2 se aprecia la composición de ácidos grasos obtenida para el ensilado de pescado líquido. Según se observa, hay una mayor proporción de ácidos grasos insaturados (48.96%), siendo el ácido docosaheptaenoico (C22:6W3) el ácido graso insaturado dominante (22.61%). Los ácidos grasos saturados constituyen una menor propor-

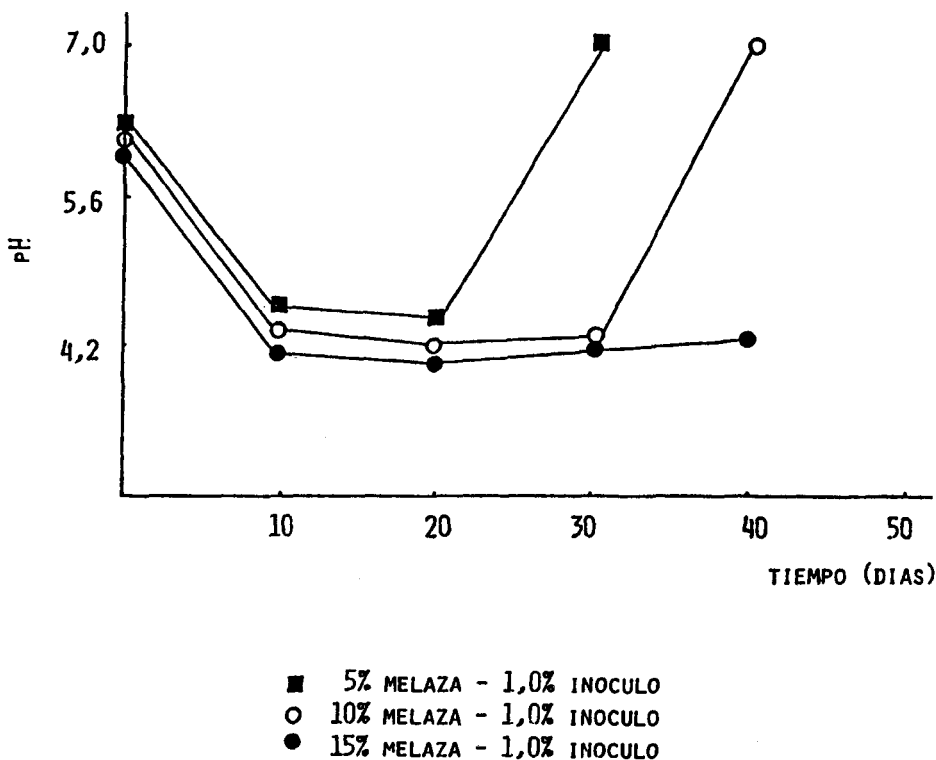


FIGURA 5

Cambios en los valores de pH de los ensilados de pescado elaborados con 1% de inóculo de *L. plantarum* y diferentes concentraciones de melaza, bajo "condiciones ambientales"

ción (39.89%) al igual que el grupo de los ácidos grasos no identificados (11.16%). Dentro del grupo de los saturados tenemos que el ácido hexadecanoico (C16:0) constituye el ácido graso de mayor proporción (23.79%).

Los resultados obtenidos en la caracterización microbiológica del ensilado de pescado líquido se exponen en la Tabla 3. En general, se observa un alto conteo de aerobios mesófilos lo que era de esperar, debido a que la cepa inoculada al producto (*L. plantarum*) se ubica dentro de este grupo. Tal como lo establecen Linden y Plejen (9), durante el almacenamiento del producto se aprecia solamente la presencia de bacterias ácido-lácticas, mientras que los microorganismos patógenos tales como Coliformes, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella*

TABLA 1

**ANALISIS FISICO-QUIMICO REALIZADO EN LA MATERIA PRIMA Y EN EL ENSILADO DE PESCADO LIQUIDO, TANTO AL INICIO COMO AL FINAL DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO**

Determinación (%)	Materia prima	Ensilado de pescado inicial (t=0 días)	Líquido final (t=150 días)
Sólidos totales	23.91	34.62	34.50
Humedad	76.09	65.38	65.60
Proteína cruda	17.02	16.42	15.76
Grasa cruda	2.16	1.57	1.65
Cenizas	4.66	5.56	6.28
Carbohidratos	—	11.07	10.71

TABLA 2

**COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DEL ENSILADO DE PESCADO LIQUIDO**

Descripción abreviada	Acidos grasos Nombre sistemático	Proporción %
<i>Saturados</i>		
C14:0	n-Tetradecanoico	3.039
C15:0	n-Pentadecanoico	0.930
C16:0	n-Hexadecanoico	23.792
C17:0	n-Heptadecanoico	1.990
C18:0	n-Octadecanoico	10.135
<b>Total ácidos grasos saturados</b>		<b>39.886</b>
<i>Monoinsaturados</i>		
C16:1	Hexadecaenoico	3.430
C18:1	Octadecaenoico	9.006
<b>Total ácidos grasos monoinsaturados</b>		<b>12.436</b>
<i>Polinsaturados</i>		
C18:2	Octadecadienoico	2.089
C20:4W6	Eicosatetraenoico	5.540
C20:5W3	Eicosapentaenoico	6.277
C22:6W3	Docosahexaenoico	22.613
<b>Total ácidos grasos polinsaturados</b>		<b>36.519</b>
<b>Total ácidos grasos insaturados</b>		<b>48.955</b>
<b>Total ácidos grasos no identificados</b>		<b>11.157</b>

TABLA 3

## ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL ENSILADO DE PESCADO LIQUIDO

Microorganismo	Ensilado de pescado líquido
Aerobios mesófilos (UFC/g)	> 3 x 10 <sup>5</sup>
Mohos (UFC/g)	< 10
Levaduras (UFC/g)	< 10
Coliformes totales (NMP/g)	< 3
Coliformes fecales (NMP/g)	< 3
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 100
<i>Salmonella spp.</i> (UFC/g)	No se encontró
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	< 100

spp., se encuentran restringidos. Ello se debe fundamentalmente al bajo pH del producto, a las condiciones de anaerobiosis en las cuales éste es almacenado, y a la presencia de ciertas sustancias antibacterianas producidas por las bacterias ácido-lácticas.

A partir de los comentarios precedentes, se concluye que el ensilado de pescado microbiano es un producto que muestra características adecuadas físico-químicas como microbiológicas. De ahí que pueda ser suministrado sin problemas como alimento para animales domésticos.

El proceso de fermentación así como el de licuefacción y la estabilidad del ensilado por 150 días se siguió mediante los siguientes índices: pH, acidez total, conteo de aerobios mesófilos, nitrógeno no-proteínico, líquido exudado, consistencia y recuento de mohos y levaduras.

En la Tabla 4 se dan a conocer los resultados obtenidos en las determinaciones de pH, notándose una disminución progresiva del

**TABLA 4**

**CAMBIO EN LOS VALORES DE pH, ACIDEZ, NITROGENO NO-PROTEINICO, LIQUIDO EXUDADO, CONSISTENCIA, CONTAJE DE AEROBIOS MESOFILOS Y HONGOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE ENSILADO DE PESCADO LIQUIDO**

<b>Tiempo (días)</b>	<b>pH</b>	<b>Acido láctico (%)</b>	<b>Nitrógeno No-Prot. (% N-total)</b>	<b>Líquido exudado (ml/20g)</b>	<b>Consistencia (cm/30seg)</b>	<b>Aerobios mesófilos (UFC/g)</b>	<b>Hongos (UFC/g)</b>
0	5.97	0.74	21.96	0.00	0.00	7.7·10 <sup>6</sup>	< 10
6	4.18	3.60	50.59	2.73	1.86		
15	4.05	4.42	60.39	5.26	8.89		
30	4.04	4.72	64.31	5.82	8.54	1.7·10 <sup>7</sup>	< 10
60	3.97	4.92	67.06	5.57	8.31	3.0·10 <sup>5</sup>	< 10
90	4.00	5.13	67.45	6.53	10.21		
120	3.95	5.05	71.37	6.95	11.83		
150	3.90	5.58	67.45	6.20	11.83		

mismo a medida que transcurría el tiempo. En los primeros cinco días de almacenamiento ocurrió un marcado descenso del pH a 4.2, alcanzando niveles más o menos constantes durante los 150 días de almacenamiento del ensilado. El pH constituye uno de los índices de mayor importancia, el cual debe controlarse durante el proceso de elaboración del ensilado, ya que los cambios en el mismo son indicativos de la calidad deteriorativa del producto (10).

En cuanto a los valores de acidez, en la misma Tabla 4 se observa que hubo un incremento en la producción de ácido láctico en el producto a medida que transcurría el tiempo. A su vez, se observa que al incrementarse el contenido de ácido láctico en el producto ocurrió una disminución progresiva del pH hasta alcanzar niveles más o menos estables. El hecho de que el pH y la acidez se mantengan constantes a partir de los 60 días de almacenamiento, se debe fundamentalmente al cese del proceso fermentativo, lo que es consecuencia de que los microorganismos tienden a disminuir ligeramente en número, debido a la alta concentración de ácido presente en el medio, el cual actúa inhibiendo la cepa y la disminución de la fuente de carbono incorporada inicialmente al medio. Lindgren y Pleje (9) encontraron que durante el almacenamiento hay un incremento sólo en la población de bacterias ácido-lácticas, lo que guarda correspondencia con los resultados obtenidos en este estudio. Los hallazgos en cuestión se informan en la Tabla 4, como recuento de aerobios mesófilos, notándose a los 60 días un descenso en la población de los mismos. En cuanto al crecimiento de mohos y levaduras, en la Tabla 4 ya citada, se observa, asimismo, la ausencia de los mismos durante todo el período de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en las determinaciones de nitrógeno no-proteínico se presentan en la misma Tabla 4, apreciándose un incremento progresivo del mismo con el transcurso del tiempo. Además, según se observa, al igual de lo que ocurre con el ensilado químico, a los 15 días de almacenamiento cerca de 60% del nitrógeno total se encuentra en forma de nitrógeno soluble, notándose posteriormente un incremento menos notorio del mismo.

Se observa también cierta relación entre el pH y el nitrógeno no-proteínico, puesto que a medida que disminuye el pH y la temperatura de almacenamiento se mantiene sobre la temperatura ambiente, se favorece la actividad proteolítica de ciertas enzimas, las cuales actúan sobre las proteínas del tejido muscular del pescado produciendo la consiguiente hidrólisis proteínica. Esta actividad autolítica que ocurre durante el almacenamiento del pescado fermentado incrementa el contenido de amonio, aminos, aminoácidos y péptidos, que no son más que sustancias solubles que afectan la capacidad amortiguadora del material, incrementando el pH; de ahí que las bacterias ácido lácticas se vean forzadas a producir más ácido (9).

Durante el almacenamiento del ensilado de pescado, tanto químico como microbiano, se observa una rápida licuefacción del producto (1, 11). Esto se evidencia con las determinaciones de consistencia y líquido exudado obtenidas en este estudio, cuyos valores se notifican en la Tabla 4. Ambos parámetros son utilizados para evaluar el grado

de licuefacción del producto. Respecto a los valores de líquido exudado, se observa un aumento progresivo de éstos, en el tiempo, consecuencia del proceso de hidrólisis que está desarrollándose en el producto. Como los datos lo revelan, el incremento de líquido es bajo a los seis días de almacenamiento, pero luego se incrementa un poco, manteniéndose estable durante los 150 días de almacenamiento. Por otro lado, a medida que el volumen de líquido exudado por los tejidos del pescado aumenta, se suscita una disminución en el grado de consistencia del ensilado, lo cual se traduce en un mayor espacio recorrido en un tiempo dado. Esto lo explica igualmente el proceso de hidrólisis que se está desarrollando en el producto; así se observa que en los primeros 15 días hay cambios marcados en los valores de consistencia, manteniéndose más o menos estable durante el resto del período de almacenamiento.

Las determinaciones de pH, acidez, recuento de aerobios mesófilos y hongos demuestran la poca alteración deteriorativa que sufre el ensilado durante su almacenamiento indicando esto que es un producto estable no perecedero. Los resultados obtenidos en las determinaciones de nitrógeno no-proteínico, líquido exudado y consistencia demuestran que al inicio del proceso hay un rápido proceso de licuefacción del producto como consecuencia de la rápida producción de ácido y consecuente caída del pH.

En la actualidad se están realizando estudios con miras a determinar la factibilidad de utilización del ensilado microbiano tanto líquido como deshidratado, como suplemento proteínico en raciones de animales monogástricos tales como aves y cerdos, así como en rumiantes.

## CONCLUSIONES

En síntesis, el estudio aquí expuesto nos llevó a las siguientes conclusiones. En primer término, demostró la factibilidad de elaborar ensilado de pescado por vía microbiana utilizando especies de pescado pertenecientes a la fauna de acompañamiento del camarón.

Bajo estrictas condiciones de asepsia, 10% y/o 15% de melaza, 1% de inóculo de *L. plantarum* y 0.25% de ácido sórbico, resultan ser satisfactorios, tanto desde el punto de vista físicoquímico como sensorial, en la elaboración de ensilado de pescado.

La elaboración de dicho ensilado bajo "condiciones ambientales" es satisfactoria cuando se mezclan 15% de melaza con 1% de inóculo de *L. plantarum* y 0.25% de ácido sórbico, mostrando este producto excelente calidad físicoquímica así como microbiológica.

En el proceso de obtención de ensilado microbiano se observa que en los primeros seis días hay cambios íntimamente involucrados con la producción de ácido, reducción de pH y control microbiano, estando posteriormente relacionados con la hidrólisis proteínica.

El ensilado de pescado microbiano elaborado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón es un producto estable, que puede ser almacenado por largos períodos de tiempo sin que acuse deterioro alguno.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), Proyecto SI-1308, y por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Fue presentado en el I Congreso Iberoamericano y del Caribe, Isla de Margarita, Venezuela, en mayo de 1988.

## SUMMARY

### STUDY OF MICROBIAL FISH SILAGE FROM UNDER-UTILIZED FISH SPECIES

Fish silage was produced by microbial means from a mixture of several fish species which are not used for human consumption, and form part of the shrimp by-catch. The fish was mixed with a carbohydrate source (molasses) and a starter culture of *Lactobacillus plantarum* 8014. The mixture was fermented at  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . Several tests were undertaken to determine the optimal conditions and concentration of molasses (5, 10 and 15%) and *Lactobacillus* (0.5, 1.0, 2.5, 5.0 and 10.0%).

Results indicated that 1% of microorganisms and 15% of molasses were the optimal proportions to produce a stable fish silage. The production process and stability study of fish silage were followed through chemical, physical and microbiological tests. As findings revealed, the first six days of the process are related to acid production, pH reduction and microbial control, while after this period the process is basically related to protein hydrolysis. In addition, sensory tests of flavor and color were performed.

The results of this study suggest the feasibility of utilizing this marine resource at present discarded, through a technological scheme, to produce fish silage for animal feed.

## BIBLIOGRAFIA

1. Tatterson, I. & M. Windsor. Fish silage. *J. Sci. Food Agric.*, 25: 369, 1974.
2. Raa, J. & A. Gildberg. Fish silage, a review. *C.R.C. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, April, 383, 1982.
3. Petersen, H. Acid preservation of fish and fish offal. *FAO Fish Bull*, 6(1-3), 1953.
4. Green, S., J. Wiseman & D. Cole. Fish silage in pig diets. *Pig News and Information*, 4(3): 269-273, 1983.
5. Buchanan, R. & N. Gibbons. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 3rd ed. Baltimore, Williams and Wilkins, 1974.
6. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 137h ed. Washington, D.C., The Association, 1980.
7. Stansby, M., R. Harrison, J. Dassow & M. Sater. Determining volatile bases in fish. Comparison of precision of certain methods. *Industrial & Eng. Chem.*, 16: 593, 1944.
8. The International Commission on Microbiological Specifications for Foods. *Microorganismos de los Alimentos*. Vol. 1. España, Editorial Acribia, 1978.

9. Lindgren, S.S. & M. Pleje. Silage fermentation of fish or fish waste products with lactic acid bacteria. **J. Sci. Food Agric.**, **34**: 1057-1067, 1983.
10. Jayawardena, K. & R. Poulter. Studies on the preparation of fish silage. Effect of quality of raw material and type of acids. In: **Proceedings of the IPFC Workshop Fish Silage**. Roma, FAO, 1980, p. 34-35. (FAO Fish Report No. 230).
11. Disney, G., I. Tatterson & J. Olley. Recent developments in fish silage. In: **Proceedings of the Conference on Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish**. London, Tropical Products Institute, 1977, p. 231-240.

**ENSILADO DE PESCADO A PARTIR DE LA FAUNA DE  
ACOMPANAMIENTO DEL CAMARON  
I. ELABORACION Y EVALUACION BIOLOGICA<sup>1</sup>**

*Teresa Rodríguez<sup>2</sup>, Juan José Montilla<sup>3</sup> y Rafael Antonio Bello<sup>2</sup>*

**Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Facultad de Ciencias  
Universidad Central de Venezuela  
Caracas, Venezuela**

**RESUMEN**

Se elaboró un ensilado de pescado con algunas de las especies que conforman la fauna de acompañamiento del camarón capturadas en Golfo Triste, Estado Carabobo. Las mismas se molieron en su totalidad hasta un tamaño de partícula tal que garantizara el proceso de licuefacción. El proceso fue acelerado mediante la incorporación de una mezcla de ácidos al 3.5% en peso, constituida por: ácido sulfúrico diluido (1:3) y ácido fórmico concentrado, ambos mezclados en la proporción de 1:4. El proceso transcurrió espontáneamente a temperatura ambiente por espacio de 17 días. Se realizaron análisis químicos, físicos y microbiológicos a fin de caracterizar la materia prima y el producto terminado. La materia prima utilizada acusó niveles adecuados de frescura, por lo que se consideró apta para su empleo y procesamiento, produciéndose de esta forma, un ensilado de pescado adecuado.

Se llevó a cabo una primera evaluación biológica en ratas, a fin de estimar la calidad proteínica del ensilado de pescado mediante los siguientes parámetros biológicos: razón de eficiencia proteínica (PER), razón proteínica neta (NPR) y porcentaje (%) de digestibilidad aparente de la proteína.

---

Manuscrito modificado recibido: 27-09-89.

- 1 Este trabajo fue financiado parcialmente por el CONICIT-Proyecto S1-1308, y por la FAO.
- 2 Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apartado Postal 47097 Caracas, 1041-A, Venezuela.
- 3 Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Venezuela, Maracay 2101, Edo. Aragua, Venezuela.

Los resultados del primer período experimental demostraron que la proteína del ensilado de pescado es de óptima calidad, en virtud de que el mismo tuvo una respuesta biológica en ratas, similar a la del grupo "control" de caseína.

## INTRODUCCION

La fauna de acompañamiento del camarón representa un porcentaje muy significativo de la captura mundial. Al momento de la pesca, éste se acompaña de una cantidad considerable de especies de diversas formas y tamaños sin valor comercial, por lo que usualmente son descartados al mar (1). A fin de aprovechar este potencial se han desarrollado una diversidad de productos para consumo humano (2, 3). Cuando el pescado como materia prima no puede ser utilizado en la alimentación humana, se suele transformar en harina para la que encuentra fácilmente una salida al mercado como alimento de gran calidad para animales. Es así como el renovado interés por el ensilado de pescado está relacionado con el deseo de hacer pleno uso de la broza y sobras del pescado, en situaciones en que las cantidades de costos y transporte que ello implica, son prohibitivos para su conversión en harina de pescado (4).

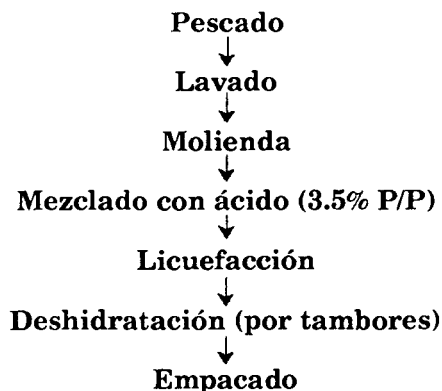
El ensilado de pescado se puede definir como un producto líquido estable y con olor a malta, elaborado a partir de la totalidad del pescado, en el que la licuefacción es causada por las enzimas proteolíticas presentes en el pescado mismo; dicho proceso es acelerado mediante la incorporación de ácidos (1). Este proceso de fabricación de ensilado de pescado no es nuevo; por el contrario, fue desarrollado en Finlandia en los años veinte. El método fue adoptado más tarde para preservar los desperdicios de pescado y desde entonces se han sucedido variantes en cuanto al uso de los ácidos empleados. Pero en su esencia, el proceso de fabricación del ensilado de pescado sigue siendo el mismo. El ensilado de pescado se puede obtener también por vía microbiológica, empleando para ello una fuente de carbohidratos fermentables y un inóculo de bacterias ácido-lácticas. Recientemente se han desarrollado ensilados a partir de la fauna de acompañamiento del camarón mediante la incorporación de microorganismos y melazas como fuente de carbohidratos (5), o bien por un método combinado de preservación química y fermentación microbial (6).

El ensilado de pescado se usa normalmente como materia prima en las raciones alimenticias destinadas al consumo animal. La inmensa mayoría de los bioensayos realizados hasta el momento con ensilado de pescado preservado con ácidos, han demostrado que el mismo es una excelente fuente de proteína animal y que, a su vez, su valor nutricional es comparable al de la harina de pescado (6).

La presente investigación fue orientada hacia el estudio de la utilización del ensilado de pescado en calidad de sustituto de la harina de pescado como fuente proteínica en la alimentación de pollos de engorde en edad de crecimiento.



**deshidratador de tambor marca Sterling, Modelo 20, según el esquema que sigue:**



## **2. Experimento con Ratas**

### *Animales de experimentación*

Se emplearon ratas de la cepa Sprague Dawley de la misma colonia, seleccionadas de 21 a 25 días de nacidas, con un peso comprendido entre 45 y 60 g y de ambos sexos. Los animales fueron divididos en grupos de seis ejemplares cada uno (6 por tratamiento). Las ratas de cada ensayo se alojaron en forma individual en jaulas de acero galvanizado, con piso de rejilla del mismo material; la dieta eliminada por las ratas se recolectó en una bandeja colocada en la parte inferior de la jaula. El salón de ensayos tenía una humedad de 50% y una temperatura de 23°C aproximadamente, con 12 hora luz y 12 horas de oscuridad.

### *Composición porcentual de la dieta basal*

Las dietas preparadas con el alimento a estudiar, así como la dieta control de caseína, contenían: 10% de proteína, 6% de aceite de maíz, 1% de celulosa, 1% de vitaminas, 3.5% de sales minerales y almidón en c.s.p. Tanto las sales minerales como las vitaminas añadidas se ajustaban a los requerimientos de las ratas. La fuente proteínica de cada una de las dietas fue como sigue:

**Dieta A:** Caseína (proteína control)

**Dieta B:** Ensilado de pescado (proteína a evaluar)

**Dieta C:** Harina de pescado (patrón de referencia)

**Dieta D:** Libre de proteínas.

### *Ejecución del ensayo*

Las dietas y el agua se suministraron *ad libitum*. El peso de los animales se hizo al inicio del ensayo y a intervalos regulares de cada dos días, siendo la última pesada el día 21. El alimento suministrado

se pesó al comienzo y luego cada dos días, cuidando siempre de mantener provisto el comedero. La dieta que caía en la bandeja inferior se pesó cada siete días. En los últimos tres días se procedió a recolectar las materias fecales; éstas fueron secadas en horno de aire forzado a 60°C durante 10 horas aproximadamente. Transcurrido este tiempo, las mismas se molieron en un molino de bolas, previo análisis de nitrógeno, según el método de Micro-Kjeldahl (7) para determinar la digestibilidad aparente de la proteína en términos de porcentaje.

#### *Cálculos y tabulación de los resultados*

Una vez finalizado el período de ensayo (21 días), se determinó la ganancia de peso corporal de cada animal y se calculó el promedio para el grupo. Asimismo, se determinó la cantidad de alimento consumido por cada animal y se calculó el promedio para el grupo (se totalizó lo suministrado y se le extrajo el valor del residuo en el comedero y lo derramado en la bandeja inferior). A partir del alimento consumido y del contenido de nitrógeno de cada dieta, establecido por análisis, se calculó la ingestión de proteína individualmente para todos los animales. Luego estos valores fueron utilizados para determinar el PER y la NPR; finalmente se calculó la digestibilidad de la proteína (%) en base seca.

### 3. *Métodos Analíticos*

#### *Análisis físico-químicos*

Estos consistieron en determinaciones de:

— Consistencia, pH, proteínas (Nitrógeno total x 6.25), humedad, cenizas y grasa cruda (7).

— Nitrógeno soluble, mediante la precipitación con ácido tricloroacético al 10% (7) y luego una digestión y destilación según el método de Micro-Kjeldahl (8).

#### *Métodos microbiológicos*

Se determinaron: Aerobios mesófilos totales, para lo cual se hicieron siembras en placas de PCA (Plate Count Agar) de diluciones sucesivas de la muestra (9). Con la adición de 0.5% de NaCl, según recomendaciones de la APHA (10). Se incubaron las placas de Petri a 35°C durante 48 horas; luego se hizo el respectivo conteo.

#### *Métodos estadísticos*

Los resultados fueron tratados estadísticamente mediante análisis de varianza. También se llevaron a cabo las pruebas de comparación múltiple de Duncan al encontrar diferencias significativas entre los tratamientos.

## RESULTADOS

Los valores presentados en la Tabla 2 corresponden a los análisis microbiológicos y físico-químicos del pescado molido utilizado en la fabricación del ensilado de pescado. Sobre las bases de los resultados obtenidos, puede decirse que la materia prima utilizada acusó niveles adecuados de frescura, por lo que se consideró apta para su empleo y procesamiento, produciéndose de esta forma, un ensilado de pescado adecuado.

**TABLA 2**

**ANALISIS MICROBIOLOGICO Y FISICO-QUIMICO DEL  
PESCADO MOLIDO UTILIZADO EN LA ELABORACION  
DEL ENSILADO DE PESCADO**

Determinación	$\bar{x} \pm DE$
Microorganismos mesófilos (UFC/g)	$(3.44 \pm 2.21) \times 10^6$
Humedad (%)	$75.30 \pm 0.57$
Proteínas (%)	$16.95 \pm 0.21$
Grasas (%)	$1.80 \pm 0.28$
Cenizas (%)	$4.70 \pm 0.14$
Sólidos totales (%)	$24.70 \pm 0.57$

$\bar{x} \pm DE$  = Promedio  $\pm$  desviación estándar.

La Tabla 3 contiene valores de pH del pescado molido, ensilado de pescado (líquido) durante el proceso de elaboración y del ensilado de pescado deshidratado. A partir de los resultados obtenidos, es factible decir que la materia prima utilizada en la fabricación del ensilado posee un grado de frescura óptimo; que el proceso de licuefacción transcurrió satisfactoriamente, lo que se traduciría en la obtención de un ensilado estable. Además, que el ensilado de pescado en forma deshidratada (producto final) puede ser incorporado directamente como ingrediente en las raciones alimenticias para animales (1, 4, 11).

Los valores de consistencia obtenidos durante el proceso de elaboración del ensilado de pescado y los cambios sufridos en el nitrógeno soluble presente en el pescado molido y durante el proceso de licuefacción se muestran en la Tabla 4. La relevancia de estas determinaciones es que permiten medir el tiempo y grado de licuefac-

TABLA 3

VALORES DE pH EN EL PESCADO MOLIDO, DURANTE  
EL PROCESO DE ELABORACION DEL ENSILADO Y  
DEL ENSILADO DE PESCADO DESHIDRATADO

Tiempo (días)	$\bar{x} \pm DE$
0 (pescado molido)	6.72 ± 0.35
0 (ensilado)	3.10 ± 0.14
2 “	3.60 ± 0.00
3 “	3.70 ± 0.00
4 “	3.70 ± 0.00
6 “	3.75 ± 0.07
7 “	3.75 ± 0.07
9 “	3.75 ± 0.07
11 “	3.80 ± 0.14
13 “	3.80 ± 0.14
15 “	3.80 ± 0.14
17 “	3.80 ± 0.14
Ensilado deshidratado	3.85 ± 0.07

$\bar{x} \pm DE$  = Promedio ± desviación estándar.

TABLA 4

VALORES DEL NITROGENO SOLUBLE Y CONSISTENCIA  
EN EL PESCADO MOLIDO DURANTE EL PROCESO DE  
ELABORACION DEL ENSILADO DE PESCADO

Tiempo (días).	(% N-total) $\bar{x} \pm DE$	Consistencia (cm/30 seg) $\bar{x} \pm DE$
0 (pescado molido)	19.05 ± 3.19	—
0 (ensilado)	21.32 ± 4.47	—
3 “	48.11 ± 3.91	5.5 ± 2.12
6 “	55.38 ± 4.91	—
9 “	61.79 ± 10.59	12.5 ± 2.12
12 “	65.87 ± 9.48	—
15 “	68.61 ± 7.59	—
17 “	71.93 ± 6.14	17.0 ± 4.24

$\bar{x} \pm DE$  = Promedio ± desviación estándar.

ción del pescado. Según revelan los datos, a medida que transcurre el tiempo (días), el producto se va tornando "más líquido", lo que está estrictamente relacionado con el proceso de solubilización de las proteínas y el proceso de licuefacción *per se*. Consecuentemente, a la par del proceso de licuefacción, el nitrógeno comienza a ser soluble. La autólisis ocurre rápidamente, encontrándose que al cabo de dos semanas de proceso el 70% del nitrógeno presente se ha solubilizado, hecho que está en concordancia con informes bibliográficos al respecto (1, 6, 11).

En la Tabla 5 se expone la composición centesimal del ensilado de pescado en forma deshidratada, el cual constituye un aspecto muy importante en la caracterización de un producto. Sobre la base de los resultados experimentales obtenidos en relación al análisis centesimal del ensilado de pescado deshidratado, podemos manifestar que el producto en estudio se ajusta a los requerimientos nutricionales y energéticos necesarios en la alimentación animal, al menos en aves y cerdos (1, 3, 6, 11, 12).

**TABLA 5**  
**ANÁLISIS PROXIMAL DEL ENSILADO DE PESCADO**  
**(DESHIDRATADO)**

Determinación %	$\bar{x} \pm DE$
Humedad	7.40 $\pm$ 0.42
Proteínas	59.42 $\pm$ 2.91
Grasas	11.40 $\pm$ 2.40
Cenizas	20.23 $\pm$ 0.18
Sólidos totales	92.60 $\pm$ 0.42

## DISCUSION

### *Evolución del Peso Corporal y la Dieta Consumida*

Los resultados experimentales obtenidos con las ratas alimentadas con dietas a base de caseína, harina de pescado y ensilado de pescado durante 21 días de ensayo se detallan en la Tabla 6. Tal como se aprecia, el grupo de ratas cuya dieta contenía harina de pescado obtuvo el mayor crecimiento, es decir, el valor promedio de ganancia ponderal más alto (75.67 g). En cambio, el grupo de ratas sometidas a la dieta a base de ensilado de pescado obtuvo el valor más bajo de aumento de peso. Las diferencias entre las ratas sometidas a la dieta de harina de pescado y el ensilado de pescado en cuanto a incremento ponderal fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). Puede ser que una de las razones por las cuales se obtuvo este resultado sea que se destruye parte de los aminoácidos azufrados en el proceso de obtención del ensilado.

TABLA 6

CRECIMIENTO (g), CONSUMO DE ALIMENTO (g), PROTEINA INGERIDA Y PESO FINAL DESARROLLADO POR LAS RATAS  
(Promedio  $\pm$  Desviación Estándar)

Tratamiento (g)	Crecimiento (g)	Consumo (g)	Proteína ingerida
Caseína	(A, B) 64.17 $\pm$ 6.91	(A) 137.83 $\pm$ 15.47	(A, B) 13.78 $\pm$ 1.55
Harina	(A) 75.67 $\pm$ 8.69	(A) 139.69 $\pm$ 41.27	(B) 15.37 $\pm$ 3.10
Ensilado	(B) 56.33 $\pm$ 8.62	(A) 130.02 $\pm$ 49.70	(A) 13.22 $\pm$ 5.05

Los valores dentro de las columnas con letras distintas, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), según prueba de Rangos Múltiples de Duncan. Duración del ensayo: 21 días.

El consumo promedio de alimento fue mayor en el caso de las ratas pertenecientes al tratamiento de harina de pescado y menor en el caso del ensilado de pescado; sin embargo, las diferencias registradas no fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). Este mayor consumo para el grupo de ratas alimentadas con la dieta a base de harina de pescado se relaciona satisfactoriamente con una ganancia ponderal más alta para este grupo, lo que obviamente se traduce en una mayor ingesta promedio de proteínas; sin embargo, las diferencias no alcanzaron significancia estadística ( $P < 0.05$ ). Tal y como era de esperar, el mayor peso final alcanzado por los grupos de ratas corresponde a las que fueron alimentadas con la dieta a base de harina de pescado, obteniéndose un valor de 134.50 g al cabo de 21 días de experimentación, y el menor valor correspondió al grupo de ratas alimentadas con ensilado de pescado (107.33 g). Las diferencias observadas entre el tratamiento harina de pescado y la caseína no fueron estadísticamente significativas, mientras que entre el ensilado de pescado y la caseína sí lo fueron ( $P < 0.05$ ).

#### *Evaluación de la Calidad Proteínica*

La Tabla 7 contiene información sobre la evaluación proteínica de las dietas experimentales. En general, se aprecia que el valor de PER más elevado corresponde al de la harina de pescado (4.92) y el menor valor corresponde al del ensilado de pescado (4.26). No obstante, las diferencias detectadas no fueron estadísticamente significativas. Un comportamiento similar se obtuvo para el PER corregido.

**TABLA 7**

**RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARAMETROS PER, PER CORREGIDO, NPR, % DIGESTIBILIDAD PROTEINICA APARENTE Y % DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA DIETA**  
**(Promedio ± Desviación Estándar)**

Tratamiento	PER	PER corregido	NPR	% digestibilidad proteínica aparente	% digestibilidad aparente de la dieta
Caseína	(A) 4.66 ± 0.31	2.50	(A) 5.46 ± 0.35	(A) 90.50 ± 2.11	(A) 96.04 ± 0.82
Harinas	(A) 4.92 ± 0.92	(A) 2.64 ± 0.49	(A) 5.64 ± 1.09	(B) 63.92 ± 13.59	(B) 83.29 ± 5.69
Ensilado	(A) 4.26 ± 2.13	(A) 2.29 ± 1.14	(A) 5.09 ± 2.49	(B) 84.89 ± 4.62	(C) 90.52 ± 2.32

Los valores dentro de las columnas con letras diferentes son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), según prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

En relación al valor obtenido para la NPR, en cada uno de los tratamientos se observa el mismo comportamiento antes descrito, es decir, un valor más alto para el grupo de ratas alimentadas con harina de pescado, y el menor valor el grupo que consumió el ensilado de pescado.

En relación a la digestibilidad aparente de la proteína (%), se aprecia que el valor más alto corresponde al de la caseína y el menor al tratamiento con harina de pescado. Las diferencias detectadas entre harina de pescado y el control de caseína, así como entre el ensilado de pescado y el control caseína fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). Asimismo, se observa que aun cuando existen diferencias significativas, el valor obtenido para el ensilado de pescado fue similar al del grupo control caseína. En cuanto a la digestibilidad de la dieta, el comportamiento obtenido fue similar al del parámetro anterior.

En base a los resultados obtenidos, la materia prima utilizada en la elaboración del ensilado de pescado presentó niveles adecuados de frescura, y con una mezcla (1:4) de ácido fórmico (concentrado) y ácido sulfúrico diluido (1:3) en una proporción de 3.5% en peso de pescado, resultó ser satisfactorio desde el punto de vista físico, químico y microbiológico.

Los hallazgos correspondientes al bioensayo con las ratas, hacen suponer que la proteína del ensilado de pescado tiene una calidad nutricional muy similar a la que acusó el grupo control, alimentado con caseína, la que es catalogada como una proteína de excelente calidad. Sin embargo, es muy resaltante el hecho de que el PER obtenido para la caseína fue un poco elevado en comparación con otros valores informados en la literatura; este resultado era de esperar, en virtud de que el PER o cualquier otro índice de calidad nutricional, rinde valores más altos mientras menor es el tiempo de experimentación.

En general, la digestibilidad de las proteínas puede constituir una medida de su calidad. No obstante, ésta ha resultado ser útil únicamente como sistema primario para distinguir la calidad proteínica de harinas elaboradas con diferentes materias primas de distintas digestibilidades iniciales. Por consiguiente, la digestibilidad no constituye un medio definitivo para la determinación de la calidad de una proteína, ya que se puede alimentar a los animales con un producto de contenido elevado de proteína de gran digestibilidad y, sin embargo, ellos no alcancen un nivel aceptable de crecimiento. La razón es que las diversas proteínas poseen diferente composición de aminoácidos y es precisamente la composición de estos elementos lo que determinará la calidad de la proteína.

En el presente estudio, la calidad de la proteína se determinó midiendo la velocidad de crecimiento de las ratas, y a partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que el ensilado de pescado muestra una respuesta biológica, en ratas, similar a la del grupo control alimentado con caseína.

## SUMMARY

### FISH SILAGE PREPARED FROM SPECIES OF THE SHRIMP BY-CATCH I. PREPARATION AND BIOLOGICAL EVALUATION

Fish silage was prepared from some fish species of the shrimp by-catch caught in Golfo Triste, Carabobo, Venezuela. Fish were ground until a particle size that would guarantee the liquefaction process was achieved. The process was accelerated by the incorporation of a 3.5% w/w acid mixture, formed by diluted sulfuric acid (1:3) and concentrated formic acid, in a proportion of 1:4. The silage process occurred spontaneously at room temperature during 17 days. Chemical, physical and microbiological tests were conducted in order to characterize both the raw material and the final product. The raw material used had adequate levels of freshness, so that it was suitable for use, thus producing a first-grade silage.

A first biological evaluation was carried out in rats in order to estimate the protein quality of the silage by means of certain biological parameters such as PER, NPR and apparent digestibility percentage of the protein.

The results of the first experimental period demonstrated that the fish silage protein was of optimal quality, since the biological response in rats was similar to that of the control group fed the casein diet.

## BIBLIOGRAFIA

1. Windsor, M. & S. Barlow. *Introducción a los Subproductos de Pesquería*. Zaragoza. Editorial Acribia, 1984, Cap. 5.
2. Bello, R.A. & G. Sierra Utilización de la carne deshuesada de pescado en la elaboración de productos secos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 34(3): 500-512, 1984.
3. Rodríguez, G. & R.A. Bello. Elaboración de bloques congelados de pulpa de pescado y su evaluación durante el almacenamiento. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 37(2): 351-363, 1987.
4. Moraes, C. Aproveitamento da fauna acompanhante na captura do camarão. *Bol. ITAL* 18(2): 129-144, 1981.
5. Ottati, M., M. Gutiérrez & R.A. Bello. Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir de pescado proveniente de especies subutilizadas. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 40 (3): 408-425, 1990.
6. Raa, J. & A. Gilberg. Fish silage; A Review CRC. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 383, 1982.
7. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 13th. ed. Washington, D.C., The Association, 1980.
8. Stansby, M., R. Harrison, J. Dassow & M. Satter. Determining volatile basis in fish. Comparison of precision of certain methods. *Industrial and Engineering Chemistry*, 16: 593, 1944.
9. Gillilands, S., F. Busta, J. Brinda & J. Campbell. *Aerobic Plate Count. Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods*. Marvin y Speck (Eds.), Washington, D.C., 1976.
10. APHA. *Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods*. Marvin y Speck, Eds.). Washington, D.C., 1976.

11. Córdoba, E. & R.A. Bello. **Elaboración de Ensilado de Pescado a partir de la Fauna de Acompañamiento del Camarón.** Tesis de *Magister Scientiæ*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 1984.
12. COVENIN. **Alimento completo para aves.** Norma COVENIN N° 1881-83. CDV. 636.084.598.2. Caracas, 1983.

# CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA Y DIGESTIBILIDAD DEL NITROGENO EN ALIMENTOS CENTROAMERICANOS: GUATEMALA<sup>1</sup>

*Enrique Acevedo<sup>2</sup> y Ricardo Bressani<sup>3</sup>*

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

## RESUMEN

El presente estudio informa sobre el contenido de fibra dietética en cuatro grupos de alimentos de la América Central: cereales y productos; frijol crudo y procesado; verduras crudas y procesadas y alimentos farináceos, como la papa, yuca y plátano. Además de proporcionar información sobre fibra soluble e insoluble, se dan a conocer datos sobre digestibilidad de la proteína *in vitro*. El contenido de fibra dietética total de los productos de harina de trigo varió de 1.62 a 2.83% en base fresca, con la excepción del pan integral que mostró un contenido de 7.57%. La tortilla de maíz acusó valores de 3.96 a 5.21% respecto a los frijoles, y los valores de frijol cocido y colorado fluctuaron entre 6.36 y 7.00% independientemente del color; sin embargo, el frijol refrito mostró valores de 15.28 a 17.58%. Las verduras contienen cantidades de fibra dietética total, de 1.51 a 4.34%, y los tubérculos, entre 1.31 y 2.86%.

---

Manuscrito modificado recibido: 22-10-90.

- 1 Este trabajo fue financiado por el Programa Bean/Cowpea Título XII (CRSP); ROCAP/AID; Chemical Center de Suecia, y General Foods.
- 2 Científico de la División de Ciencias Agrícolas del INCAP.
- 3 Coordinador de Investigación en Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, (INCAP). Apartado Postal 1118, Guatemala, Guatemala, C.A.

## INTRODUCCION

La fibra dietética se conoce como el material de los alimentos que es resistente a la hidrólisis enzimática en el sistema digestivo de los vertebrados (1, 2). La fibra dietética proviene de los alimentos de origen vegetal, y está formada principalmente de celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas y lignina (3). Estos compuestos, al ser ingeridos, inducen efectos químicos y fisiológicos tales como: reducción de la respuesta glicémica (4), reducción de los niveles de colesterol sanguíneo (5, 6), aumento del peso de la excreta fecal (5), y la fijación de iones metálicos (7). Estas cualidades de la fibra dietética han sido útiles en el tratamiento de algunas enfermedades como diabetes, trastornos cardiovasculares, constipación y diverticulitis, a través de una ingesta adecuada de ella (8-10). Por tales razones, cada vez se hace más necesario para los nutricionistas, dietistas y médicos conocer el contenido de fibra de los alimentos, dato que desafortunadamente no se encuentra disponible en las tablas de composición de alimentos utilizadas actualmente en América Latina. Asimismo, la industria de alimentos también ha demostrado interés en esta información para fines de formulación de productos y reclamos comerciales. Por otro lado, es un hecho bien conocido que las dietas habituales de las poblaciones en América Latina se basan en alimentos de origen vegetal, que son precisamente los vehículos de la fibra dietética.

Debido a que muchos alimentos de origen vegetal deben ser procesados para su consumo, es importante saber si se producen cambios en el contenido de los compuestos no digeribles en dichos alimentos, y si estos cambios pueden tener algún efecto sobre su valor nutritivo. Algunos investigadores han demostrado un incremento en el contenido de fibra dietética, cruda o cocida (11, 12).

Por consiguiente, los objetivos de este trabajo fueron: 1) Determinar el contenido de fibra dietética de los alimentos básicos del área centroamericana, crudos o procesados y 2) Evaluar el método enzimático utilizado para este propósito, con miras a determinar si puede ser aprovechado para obtener información acerca de la digestibilidad aparente del nitrógeno presente en los mismos.

## MATERIAL Y METODOS

El estudio aquí comentado se llevó a cabo en cuatro grupos de muestras: cereales, leguminosas, verduras y tubérculos.

### *Cereales*

Se recolectaron muestras procesadas de harina de trigo de diferentes productos de panadería, en un supermercado de la ciudad de Guatemala, que representa los alimentos de harina de trigo de mayor consumo. En cuanto al arroz, se usó arroz pulido, el cual se adquirió en supermercados. Una porción del mismo se sometió a cocción en agua y luego fue deshidratado con aire a 60°C y después molida. En

el caso del maíz, se procesaron cuatro muestras del grano para su consumo en forma de tortillas en el hogar de una familia del área rural de Guatemala. Las muestras de maíz crudo se sometieron a cocción en agua con hidróxido de calcio durante 55 a 60 minutos; se dejaron reposar por el término de 12 a 14 horas para luego lavarlas y convertir el maíz nixtamalizado en masa, utilizando un molino de discos. Parte de la masa se convirtió en tortillas y seguidamente, tanto la masa como la tortilla, fueron deshidratadas según se indicó antes.

#### *Leguminosas de Grano*

Se adquirieron en el mercado tres muestras de frijol color negro, rojo y blanco. Después de limpiar los granos, éstos se sometieron a cocción en autoclave a 16 lb de presión durante 20 minutos, usando una proporción agua:frijol de 3:1. Después de separar el total en tres porciones, una de ellas se licuó agregándole 25 ml de aceite vegetal/100 g de frijol crudo. Una vez bien homogeneizado el aceite en el frijol, éste se calentó en una sartén durante 15 minutos para obtener la preparación llamada frijoles colados; la tercera porción fue procesada igual que la segunda, pero se le agregó 50 ml de aceite/100 g de frijol y luego se calentó en la sartén durante 30 minutos para obtener los frijoles volteados o refritos. Una vez procesadas las muestras se deshidrataron y molieron. Las dos muestras con el agregado de aceite fueron desgrasadas con hexano antes del análisis por fibra dietética.

#### *Verduras*

Las muestras de verduras también se adquirieron en un mercado local, recolectándolas al azar de distintos proveedores. Dependiendo del estilo de venta, se obtuvieron por lo menos seis unidades o 0.5/kg de material fresco. Parte de las muestras crudas se cortó en trocitos de aproximadamente 0.5 cm<sup>2</sup>, los cuales fueron deshidratados durante 16 horas en un horno a 60°C y luego molidos a 60 mallas. El mismo procedimiento se aplicó para preparar las muestras cocidas, lo que se hizo por cocción en agua, siendo entonces procesadas para análisis como ya se indicó para las otras muestras.

#### *Alimentos Farináceos*

Tres productos fueron adquiridos en los mercados: patata, yuca y plátano. La patata se evaluó por su contenido de fibra dietética, con y sin cáscara, cruda y cocida. Respecto a la yuca, a ésta se le eliminó la cáscara y sólo se evaluó la parte comestible, tanto cruda como cocida en agua caliente. En el caso del plátano, luego de eliminar la cáscara, parte fue cocida, y la otra parte rodajada y frita en aceite. Una vez procesadas, todas las muestras se deshidrataron y molieron para analizar su contenido de humedad y fibra dietética.

Las determinaciones de fibra dietética soluble, insoluble y total se llevaron a cabo siguiendo el método de Asp *et al.* (13), utilizando

para las hidrólisis enzimáticas: Termamy 120L (Novo, Dinamarca), pepsina 10,000 N.F./mg (ICN, Cleveland, Ohio), y pancreatina 4xUSP (Sigma Co., St. Louis, MO), y un sistema Fibertec E (Hoganas, Suecia) para el filtrado de las fracciones de fibra. El contenido de nitrógeno de las muestras se determinó por el método de Kjeldahl, utilizando para el caso, el sistema Tecator 10-30 (Hoganas, Suecia). El cálculo de la digestibilidad *in vitro* de nitrógeno fue realizado comparando el nitrógeno de la muestra inicial con la suma del nitrógeno presente en las fracciones soluble e insoluble de la fibra dietética, y usando la siguiente fórmula: 
$$\left( \frac{N.F.S. + N.F.I.}{N \text{ muestra}} \right) \times 100 - 100$$
. Tanto el análisis de cenizas como el de humedad se llevaron a cabo siguiendo el método de la AOAC (14).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se exponen los contenidos de fibra dietética (FD) del trigo y del arroz y sus productos. En lo referente a los diferentes tipos de pan y galletas, se encontró que la mayoría posee valores similares de FD. Entre éstos el pan dulce y la galleta champurrada<sup>4</sup> son los alimentos de menor contenido en fibra dietética total. Como era de esperar, el pan integral acusó un valor aproximadamente tres veces más alto que el pan elaborado con harina refinada de trigo. Con excepción de la galleta champurrada, el contenido de fibra insoluble en todos los productos de panadería, fue mayor que el de la soluble. El arroz cocido, por el contrario, presentó valores de 0.5%, que son bastante menores que los del arroz crudo y que los valores en los productos de trigo. Los resultados en el caso del maíz y en sus productos de procesamiento alcalino (la masa y la tortilla), se dan a conocer en la Tabla 2. Los datos en base seca indican que la FDT disminuyó de maíz a masa, para luego aumentar en la tortilla, lo que confirma resultados obtenidos por otros investigadores (15, 16). Los valores más bajos en la masa posiblemente se deban en gran parte a la eliminación de la cáscara, causada por el hidróxido de calcio y por el lavado posterior con agua. Asimismo, el aumento de FDT de masa a tortilla se debe muy probablemente a las reacciones que pueden ocurrir entre la proteína y los carbohidratos al cocinar la masa en el comal. Se ha indicado que los resultados son similares en el proceso de horneado de la masa de harina de trigo, a pan (11, 12). En base natural, la tortilla contiene más FDT, por lo indicado anteriormente y por contener menor humedad que la masa.

En la Tabla 3 se dan a conocer los contenidos de fibra dietética de las distintas preparaciones de frijoles (*Phaseolus vulgaris*), más consumidas en Centroamérica. Tanto los frijoles negros como los blancos y los rojos, son los alimentos con el mayor contenido de FDT de todos los analizados en nuestro estudio. Llama la atención que a mayor

4 Galleta típica guatemalteca a base de trigo suave y manteca vegetal.

**TABLA 1**

**CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA Y DIGESTIBILIDAD DE NITROGENO DE  
CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES CONSUMIDOS EN CENTROAMERICA  
(Expresado en g/100 g)**

	Fibra insoluble	Fibra soluble	Fibra dietética total		Digestibilidad <i>in vitro</i> %
			base seca	base fresca	
<i>Productos de trigo</i>					
Pan pirujo*	2.13	1.29	3.42	2.36	80.4
Pan francés	2.21	0.77	2.98	2.41	77.6
Pan integral	7.16	2.38	9.54	7.57	76.9
Galletas champurradas	0.71	0.98	1.69	1.62	49.6
Pan dulce	1.26	1.10	2.36	2.00	66.7
Pan sandwich	2.65	1.33	3.98	2.83	78.4
<i>Arroz</i>					
Arroz crudo	2.71	0.83	3.54	3.10	65.9
Arroz cocido	1.97	0.24	2.21	0.50	67.6

\* Pan de trigo duro, similar al pan francés.

**TABLA 2**  
**FIBRA DIETETICA EN MAIZ CRUDO, MASA DE MAIZ Y TORTILLAS DE MAIZ**  
 (Expresada en g%)

Variedad		Fibra insoluble	Fibra soluble	Fibra dietética total		Digestibilidad <i>in vitro</i> %
				base natural	base seca	
Sta. Apolonia	crudo	13.03	0.89	12.31	13.92	50.1
	masa	5.12	1.80	2.36	6.92	55.7
	tortilla	7.72	2.30	5.21	10.02	74.2
Xetzac	crudo	14.65	1.20	13.87	15.85	49.4
	masa	6.28	2.17	2.88	8.45	53.6
	tortilla	5.25	2.11	4.19	7.36	65.6
Costeño	crudo	13.63	N.D.	11.95	13.63	44.2
	masa	9.17	N.D.	3.13	9.17	53.4
	tortilla	8.28	1.17	4.53	9.45	57.3
Azotea	crudo	10.91	0.89	10.60	11.80	45.8
	masa	4.72	1.29	2.05	6.01	53.6
	tortilla	6.23	1.39	3.96	7.62	55.9

N.D. = No detectado.

**TABLA 3**

**CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA Y DIGESTIBILIDAD DE NITROGENO DE FRIJOLES  
Y SUS PREPARACIONES CONSUMIDAS EN CENTROAMERICA  
(Expresado en g/100g)**

Muestra	% fibra insoluble	% fibra soluble	% fibra dietética total		Digestibilidad <i>in vitro</i> %
			base seca	base natural*	
Frijol blanco cocido	20.51	4.14	24.65	6.36	69.9
Frijol blanco colado	24.68	3.14	27.82	6.48	50.5
Frijol blanco refrito	24.72	2.57	27.29	15.28	37.8
Frijol rojo cocido	22.87	3.08	25.95	6.69	64.5
Frijol rojo colado	27.18	2.88	30.06	7.00	48.4
Frijol rojo refrito	28.12	3.27	31.39	17.58	36.1
Frijol negro cocido	22.64	4.13	26.77	6.91	64.9
Frijol negro colado	25.41	2.18	27.59	6.43	34.3
Frijol negro refrito	27.73	2.48	30.21	16.92	44.3

\* Como se consume.

**TABLA 4**  
**CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA Y DIGESTIBILIDAD DE NITROGENO DE ALIMENTOS**  
**CONSUMIDOS EN CENTROAMERICA**  
**(Expresado en g/100g)**

Muestra	Fibra insoluble	Fibra soluble	Fibra dietética total		Digestibilidad <i>in vitro</i> %
			base seca	base fresca	
<b>Rábano crudo</b> <i>(Raphanu sativus)</i>	<b>23.32</b>	<b>1.41</b>	<b>24.73</b>	<b>1.51</b>	<b>73.7</b>
<b>Rábano cocido</b>	<b>36.07</b>	<b>4.72</b>	<b>40.82</b>	<b>1.65</b>	<b>71.8</b>
<b>Zanahoria cruda</b> <i>(Daucus carota)</i>	<b>19.55</b>	<b>10.92</b>	<b>30.47</b>	<b>3.83</b>	<b>83.9</b>
<b>Zanahoria cocida</b>	<b>24.41</b>	<b>16.04</b>	<b>40.45</b>	<b>3.32</b>	<b>82.6</b>
<b>Repollo crudo</b> <i>(Brassica oleracea,</i> <i>var. Capitata)</i>	<b>23.61</b>	<b>1.81</b>	<b>24.82</b>	<b>2.61</b>	<b>95.9</b>
<b>Repollo cocido</b>	<b>40.97</b>	<b>12.16</b>	<b>53.13</b>	<b>2.16</b>	<b>84.8</b>
<b>Brócoli crudo</b> <i>(Brassica oleracea,</i> <i>var. Botritis)</i>	<b>26.52</b>	<b>2.24</b>	<b>28.76</b>	<b>3.31</b>	<b>80.6</b>
<b>Brócoli cocido</b>	<b>28.81</b>	<b>6.03</b>	<b>34.84</b>	<b>3.13</b>	<b>66.9</b>
<b>Apio crudo</b> <i>(Apium graveolens)</i>	<b>29.87</b>	<b>2.49</b>	<b>32.36</b>	<b>2.51</b>	<b>75.1</b>

<b>Espinaca cruda</b>					
<i>(Spinacea oleracea)</i>	<b>29.75</b>	<b>5.23</b>	<b>34.98</b>	<b>2.65</b>	<b>72.2</b>
<b>Espinaca cocida</b>	<b>37.99</b>	<b>4.25</b>	<b>42.24</b>	<b>2.98</b>	<b>58.7</b>
<b>Berro crudo</b>					
<i>(Nastiurtum officinale)</i>	<b>30.03</b>	<b>1.19</b>	<b>31.22</b>	<b>1.51</b>	<b>87.8</b>
<b>Berro cocido</b>	<b>43.18</b>	<b>3.04</b>	<b>46.22</b>	<b>1.95</b>	<b>76.5</b>
<b>Yerbamora cruda</b>					
<i>(Solanum nigrum)</i>	<b>28.52</b>	<b>1.49</b>	<b>30.01</b>	<b>4.34</b>	<b>80.7</b>
<b>Yerbamora cocida</b>	<b>30.46</b>	<b>4.16</b>	<b>34.62</b>	<b>2.74</b>	<b>58.4</b>
<b>Chipilín cocido</b>					
<i>(Crotalaria longirostrata)</i>	<b>32.61</b>	<b>2.44</b>	<b>35.05</b>	<b>3.24</b>	<b>71.2</b>
<b>Acelga cocida</b>					
<i>(Beta vulgaris,</i> <i>var. Cicla)</i>	<b>38.46</b>	<b>6.37</b>	<b>44.83</b>	<b>2.29</b>	<b>62.1</b>
<b>Arveja cruda</b>					
<i>(Pisum sativum)</i>	<b>19.92</b>	<b>2.29</b>	<b>22.21</b>	<b>5.49</b>	<b>90.2</b>
<b>Arveja cocida</b>	<b>29.58</b>	<b>3.33</b>	<b>32.91</b>	<b>5.38</b>	<b>71.6</b>
<b>Arveja china cruda</b>					
<i>(Pisum sativum)</i>	<b>15.47</b>	<b>0.67</b>	<b>16.14</b>	<b>1.98</b>	<b>91.9</b>
<b>Arveja china cocida</b>	<b>27.15</b>	<b>3.27</b>	<b>30.42</b>	<b>1.89</b>	<b>78.9</b>
<b>Ejote cocido</b>					
<i>(Phaseolus vulgaris)</i>	<b>37.59</b>	<b>7.29</b>	<b>44.88</b>	<b>2.07</b>	<b>61.8</b>

procesamiento, mayor es su contenido de fibra, por lo que los frijoles volteados (refritos) de los tres tipos de frijol, acusan los valores más altos. El incremento en FDT del frijol crudo a frijol frito es probable que ocurra en forma similar a lo ya indicado para el maíz a tortilla. Los contenidos de FDT en los frijoles, tal como se consumen, muestran valores más altos en los frijoles fritos que los cocidos y colados, debido, además de lo indicado, a la pérdida de humedad que ocurre en el proceso.

El contenido de FDT de los vegetales más consumidos en el área centroamericana por su parte, se expone en la Tabla 4. Los datos señalan que el contenido en FDT es muy similar entre ellos cuando se consideran en base fresca. De estos alimentos, únicamente las arvejas y la zanahoria son los que presentan los mayores contenidos de fibra dietética en base natural.

Los tubérculos analizados se detallan en la Tabla 5, notándose que la papa acusa los mayores contenidos de FDT y, como era de esperar, la papa cocida con su cáscara mostró un valor más alto de FDT que aquella sin cáscara.

En la mayoría de los casos en que se analizó la muestra cruda y cocida, se encontraron valores más elevados en la cocida que en la cruda. Esto se observa fácilmente comparando los valores calculados en base seca, pero dicho fenómeno no es tan evidente en base fresca, ya que los contenidos de agua difieren en los alimentos procesados. El aumento del contenido de compuestos no digeribles informados para las muestras procesadas, puede atribuirse ya sea a una pérdida de sólidos del alimento hacia el agua de cocción, o bien a la formación de nuevos compuestos no digeribles en el alimento, como resultado del procesamiento. Esta segunda posibilidad pareciera apoyarse en el hecho de que todos aquellos alimentos fritos, es decir, que fueron procesados con aceite y, por ende, a más altas temperaturas, acusan mayores contenidos de fibra dietética que los crudos y cocidos.

Los datos recabados para la digestibilidad *in vitro* de nitrógeno a través del método enzimático, son comparables a los notificados en la literatura, especialmente los correspondientes a los frijoles (17, 18). En general, los valores de digestibilidad *in vitro* obtenidos en este estudio, son menores que los que se obtienen con animales de experimentación, lo que podría deberse a que una parte de la fibra dietética es fermentada por la flora intestinal de los animales, permitiendo así una mayor absorción del nitrógeno *in vivo* que la observada en los experimentos *in vitro* (19). Respecto al maíz y sus productos de consumo, se nota un incremento en la digestibilidad *in vitro* de maíz crudo a tortilla, lo que es difícil de explicar. Ortega, Villegas y Vosal (20) encontraron en digestibilidades *in vitro* con pepsina valores de 88, 82, 91 y 79 para maíz crudo, nixtamal, masa y tortilla, respectivamente, los cuales son más elevados que los informados en este estudio. Por el contrario, Serna-Saldívar *et al.* (16) en estudios con pepsina, informaron una digestibilidad *in vitro* de 43.8% para el maíz crudo, 21.5% para el nixtamal y 24.0% para la tortilla. Los resultados *in vivo* con ratas fueron de 86.2, 29.3 y 81.5% para maíz crudo, nixtamal y tortilla, en ese orden. Estos datos indican la necesidad de refinar el

**TABLA 5**

**CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA Y DIGESTIBILIDAD DE NITROGENO DE ALIMENTOS  
CONSUMIDOS EN CENTROAMERICA  
(Expresado en g/100g)**

Muestra	Fibra insoluble	Fibra soluble	Fibra dietética total		Digestibilidad <i>in vitro</i> %
			base seca	base fresca	
Papa cruda con cáscara ( <i>Solanum tuberosum</i> )	6.52	1.22	7.74	1.63	70.6
Papa cruda sin cáscara	5.56	1.71	7.24	2.86	75.2
Papa cocida con cáscara	9.05	2.44	11.49	1.71	79.9
Papa cocida sin cáscara	7.13	2.29	9.42	2.07	82.5
Yuca cruda ( <i>Manihot esculenta</i> var. Crantz)	6.52	0.15	6.67	1.79	—
Yuca cocida	8.82	2.16	10.98	2.11	—
Plátano crudo (maduro) ( <i>Musa paradisiaca</i> )	6.11	1.89	8.00	1.74	—
Plátano cocido (maduro)	6.12	2.51	8.63	1.31	—
Plátano frito (maduro)	6.55	2.28	8.83	2.05	—

método enzimático con pepsina, ya que la técnica de múltiples enzimas utilizada por tales autores dio resultados similares a los obtenidos con las ratas. Por el contrario, en el frijol, los productos con mayor procesamiento mostraron las menores digestibilidades *in vitro*. Los resultados de digestibilidad de productos de frijol *in vivo*, con humanos, han demostrado este hallazgo (18). En cuanto a las verduras, la digestibilidad *in vitro* es relativamente alta, con ciertas excepciones, en particular en las verduras cocidas. Es interesante también considerar que el nitrógeno presente en el plátano, así como el contenido en la yuca, parecieron no ser utilizables, ya que en algunos casos hasta un 100% de nitrógeno inicial de la muestra se recuperó en las fracciones de la fibra dietética. A partir de los datos de digestibilidad *in vitro* sería factible concluir que el enfoque sugerido en este documento puede ser válido. Sin embargo, sería necesario llevar a cabo antes, algunos análisis de digestibilidad *in vivo* a fin de confirmar la validez del enfoque, lo que ya fue sugerido por Asp *et al.* (13). Por otro lado, se reconoce que la información aquí expuesta tiene varias limitaciones que podrán enmendarse al incrementar el número de análisis por muestra, en particular para las verduras y alimentos farináceos. En estos alimentos, el estado fisiológico y edad de la parte vegetativa constituyen un factor importante para establecer el contenido de fibra dietética.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la cooperación técnica del Sr. Hugo Paz, técnico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

### SUMMARY

#### DIETARY FIBER CONTENT AND NITROGEN DIGESTIBILITY IN CENTRAL AMERICAN FOODS: GUATEMALA

The study herein reported presents information on the dietary fiber content of four food groups consumed in Central America. These are: cereals, grains and products; raw and processed beans; raw and processed vegetables, and starchy foods such as potatoes, cassava and plantain. Besides data on soluble and insoluble fiber, data on *in vitro* protein digestibility are included. The total dietary fiber content of the wheat flour products varied from 1.62 to 2.83% on a fresh basis, with the exception of whole-wheat bread, which showed a 7.57% content. The maize tortilla presented values ranging from 3.96 to 5.21% in respect to beans, and the values for cooked and raw beans fluctuated between 6.36 and 7.00%, independent of the color; however, fried beans reported values from 15.28 to 17.58%. Vegetables contained total dietary fiber values of 1.51 to 4.34, and the tubers, from 1.31 to 2.86%.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Trowell, H. Definition of dietary fiber and hypothesis that it is a protective factor in certain diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**: 417-427, 1976.
2. Trowell, H., D.A.T. Southgate, T.M.S. Wolever, A.R. Leeds, M.A. Gassuill & D.J.A. Jenkins. Dietary fiber redefined. *Lancet*, **1**: 967, 1976.
3. Selvendran, R.R. The plant cell wall as a source of dietary fiber: Chemistry and structure. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**: 320-337, 1984.
4. Hales, C.N. & P.J. Randle. Effects of low-carbohydrate diet and diabetes mellitus on plasma concentrations of glucose, non-esterified fatty acid, and insulin, during oral glucose-tolerance tests. *Lancet*, **1**: 790-794, 1983.
5. Jenkins, D.J.A., D. Reynolds, A.R. Leeds, A.L. Waller & J.H. Cummings. Hypocholesterolemic action of dietary fiber unrelated to fecal bulking effect. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 2430-2435, 1979.
6. Jenkins, O.J.A., D. Reynolds, B. Slavin, A.R. Leeds, A.L. Jenkins & E.M. Jepson. Dietary fiber and blood lipids: Treatment of hypercholesterolemia with guar crisp bread. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**: 575-581, 1980.
7. Rendleman, J. & C.A. Grobe. Cereal complexes: Binding of zinc by bran and components of bran. *Cereal Chem.*, **59**: 310-317, 1982.
8. Heaton, K.W. Dietary fiber in perspective human nutrition. *Clinical Nutr.* **37C**: 151-170, 1983.
9. Trowell, H. Ischemic heart disease and dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **25**: 926-932, 1972.
10. Anderson, J.W. Fiber and health: An overview. *Am. J. Gastroenterol.*, **81**: 892, 1986.
11. Berry, C.S. Resistant starch: Formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with analytic enzymes during the determination of dietary fibre. *J. Cereal Sci.*, **4**: 301-314, 1986.
12. Ranhotra, G. & J. Gelroth. Soluble and total dietary fiber in white bread. *Cereal Chem.*, **65**: 155-156, 1988.
13. Asp, N.G., C-G Johansson, H. Hallmer & M. Siljestrom. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.*, **31**: 476-482, 1983.
14. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 14th ed. Washington, D.C., The Association, 1984.
15. Bressani, R., V. Benavides, E. Acevedo & M.A. Ortiz. Changes in selected nutrient content, protein and quality of normal and quality-protein maize during tortilla preparation. Accepted for publication in *Cereal Chemistry*, 1990.
16. Serna-Saldívar, S.O., D.A. Knabe, L.W. Rooney, T.D. Tanksley, Jr. & A.M. Sproule. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. *J. Cereal Sci.*, **7**: 83-94, 1988.
17. Braham, J.E. & R. Bressani. Effect of bean broth on the nutritive value and digestibility of beans. *J. Sci. Food Agr.*, **36**: 1028-1034, 1985.
18. Navarrete, D.A. & R. Bressani. Protein digestibility and protein quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*) fed alone and with maize, in adult humans using a short-term nitrogen balance assay. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 1893-1898, 1981.
19. Fleming, S.E., D. Marthinsen, & H. Kuhrelein. Colonic function and fermentation in men consuming high fiber diets. *J. Nutr.*, **113**: 2535-2544, 1983.
20. Ortega, E.I., E. Villegas & S.K. Vasal. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.*, **63**: 446-451, 1986.



## NUEVOS LIBROS

**Chemical Senses. — Volume 1. Receptor Events and Transduction in Taste and Olfaction. Edited by Joseph G. Brand, John H. Teeter, Robert H. Cagan and Morley R. Kare. New York, N.Y., Marcel Dekker, Inc., 1989, 560 p. Pasta dura (Inglés). ISBN 0-8247-8162-7. Precio en dólares: US\$162.00.**

En 1988, Monell Chemical Senses Center celebró su 25º aniversario. Fundado como organización multidisciplinaria dedicada a la investigación en todos los aspectos de los sentidos químicos, este Centro es hoy día la única institución de su género, y ha llegado a convertirse en el punto focal de la investigación químico-sensorial. Si bien siempre ha tenido sólidos programas de investigación en las áreas tradicionales de la ciencia químico-sensorial, también ha estimulado y ayudado a ampliar el radio de acción de enfoques un tanto menos tradicionales en el estudio de los sentidos químicos. Con este pensamiento en mente, el Centro conmemoró su 25º aniversario auspiciando cuatro importantes conferencias internacionales, las que versaron sobre tópicos especializados dentro del radio de acción de los sentidos químicos. Las Memorias de las cuatro conferencias han sido publicadas por Marcel Dekker, Inc., y el primer volumen, precisamente, es el objeto de esta reseña.

Si bien el libro se centra en los aspectos bioquímicos y biofísicos del gusto y del olfato, está dirigido a una audiencia más amplia: aquéllos que ya están familiarizados con los sentidos químicos y aquellos bioquímicos y neurobiólogos interesados en lograr una apreciación de esta disciplina, que parece cobrar cada vez más amplitud. Los sentidos químicos abarcan muchas disciplinas médicas de carácter académico, incluyendo química, biología, fisiología, nutrición, anatomía, medicina clínica y psicología. Se prevé, por lo tanto, que este volumen es de valor para aquéllos que se interesan en campos en los que desean obtener mayor comprensión de los mecanismos receptores del gusto y del olfato.

El presente volumen se basa en el "Simposio Internacional sobre Eventos Receptores y de Transducción en los sentidos del Gusto y del Olfato", que se celebró en la sede del Centro del 23 al 25 de marzo de 1988. Los capítulos individuales no constituyen solamente una transcripción de las presentaciones, ya que representan además una presentación mucho más extensa y profunda, así como la discusión de datos actuales recabados de los laboratorios de los autores. Las secciones de discusión que siguen a la compilación de cada tópico principal en el volumen, son una transcripción de las Memorias de las sesiones del debate que siguieron a las presentaciones durante la Reunión.

El contenido consta de cinco partes principales, como sigue: I. Eventos Bioquímicos en la Recepción y Transducción del Gusto. II. Mecanismos Iónicos de la Acción de

las Células del Gusto. III. Eventos Bioquímicos en la Recepción y Transducción del Olfato. IV.A. Mecanismos Iónicos de las Transducciones Olfatorias. IV.B. Mecanismos Iónicos de la Transducción Olfatoria, y V. Conclusión, que incluye una Recapitulación de la Conferencia.

Este libro puede adquirirse solicitándolo a la Casa Editora Marcel Dekker, Inc., 270 Madison Avenue, New York, NY 10016. Su solicitud deberá acompañarse del cheque correspondiente, por la suma indicada de US\$162.00.

**Elementos Menores y Oligoelementos en la Leche Materna. Informe de un estudio en colaboración OMS/OIEA. — Ginebra, Organización Mundial de la Salud, y Viena, Organismo Internacional de Energía Atómica 1989, 124 p. más 6 Anexos. ISBN 92 4 356 121 9. Precio Fr. s. 30.**

Este volumen completa una serie de publicaciones que describen un estudio multinacional sobre la lactancia natural que la OMS inició en 1973. En 1981 se publicaron los resultados de la primera fase, en un libro que se intituló *Modalidades de la lactancia natural en la actualidad*. En 1985 se publicó la segunda fase del estudio que concretamente se refirió al volumen y la composición de la leche materna. Además, contiene datos sobre la concentración de proteína, nitrógeno no proteínico, lactosa, grasa, lactalbúmina, lactoferrina, vitamina A, vitamina C y algunos plaguicidas.

El volumen que ahora nos ocupa es el tercero y último de dicha serie, e incluye los resultados de las determinaciones de 24 elementos menores y oligoelementos en muestras de leche tomadas de mujeres de Filipinas, Guatemala, Hungría, Nigeria, Suecia y el Zaire.

Para garantizar la fidelidad de los resultados se hizo uso de: a) unos procedimientos estándar para la recolección de las muestras, b) un solo laboratorio analítico de referencia para cada elemento, y c) materiales analíticos de referencia adecuados. Los datos obtenidos asentarán una base útil no sólo para establecer comparaciones entre la composición de la leche de mujeres en diferentes estados de nutrición y procedentes de lugares distintos, sino también para formular recomendaciones relativas a los oligoelementos en la dieta de los recién nacidos.

Los interesados pueden adquirir este libro dirigiéndose a las oficinas centrales de la OMS en Ginebra, Suiza, y adjuntando su cheque por la suma indicada.

## OTRAS PUBLICACIONES

**Vigilancia Alimentaria y Nutricional en Las Américas. Una Conferencia Internacional celebrada en México, 5-9 de septiembre de 1988. — Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud, 1989, 197 p. más 2 anexos. (Español). ISBN 92 75 3 1516 7.**

Esta publicación compila las Memorias de la Conferencia Internacional que tuvo lugar en México, en 1988, y que fue organizada y patrocinada por el Programa de Alimentación y Nutrición de la OPS/OMS y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Contó, asimismo, con la colaboración y el apoyo del Instituto Nacional de Nutrición "Salvador Zubirán" de México. Fue auspiciada también por la FAO, el Subcomité de Nutrición del Comité Administrativo de Coordinación de las

Naciones Unidas, el Comité de Acción de Apoyo al Desarrollo Económico y Social de Centroamérica (CADESCA) y la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos de América. En esta conferencia se dieron cita funcionarios gubernamentales y expertos internacionales, con la finalidad de analizar y compartir sus experiencias sobre el tema.

El Dr. Carlos Hernán Daza, Coordinador del Programa de Alimentación y Nutrición de la OPS, en Washington, D.C., delineó los objetivos de la Conferencia, que textualmente fueron:

1. "Ampliar los conocimientos y la comprensión de la importante función que desempeñan los sistemas de vigilancia alimentaria y nutricional en la planificación social y económica, especialmente en relación con los sectores pobres y más vulnerables."
2. "Proponer estrategias para ampliar la cobertura y lograr la máxima utilización de los sistemas de vigilancia en el proceso de adopción de decisiones a niveles nacional, sectorial y local."
3. "Identificar los recursos nacionales e internacionales disponibles para fortalecer los sistemas de vigilancia, incluyendo el adiestramiento, la cooperación técnica y la investigación operativa." y
4. "Asegurar que las actividades de vigilancia emprendidas en la Región contribuyan y se beneficien del Programa Interagencial de Vigilancia Alimentaria y Nutricional."

El Dr. Abraham Horwitz, Director Emérito de la Oficina Sanitaria Panamericana y Presidente del Subcomité de Nutrición de las Naciones Unidas, y el Dr. Fernando Monckeberg, Director del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de Chile, dictaron conferencia que sirvieron de base para que en los días siguientes las presentaciones nacionales y regionales, los trabajos de grupo, los paneles de discusión y las reuniones sociales e informales hicieran de la Conferencia un intercambio fructífero de experiencias y una fuente de inspiración para intensificar la lucha contra el hambre y la desnutrición en los países de la Región.

Los interesados, pueden solicitar este volumen dirigiéndose al Servicio Editorial de la OPS: 525 Twenty-Third Street, N.W., Washington, D.C. 20037, E.U.A.



## NOTAS

### DE INTERES PARA LOS LECTORES

LAXIV 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.

**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

**III CONGRESO MUNDIAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**Palacios de Congresos**  
**Barcelona, España, 20-23 de febrero de 1991**

Esta 3a. edición del Congreso viene precedida por dos convocatorias anteriores, celebradas en Buenos Aires la primera en 1985, y la segunda en Barcelona en 1987. Ambas se llevaron a cabo con gran éxito y con asistencia de numerosos participantes, consiguiéndose plenamente los objetivos que se trazó la Secretaría Permanente del Congreso Mundial.

Al igual que en las anteriores ocasiones, este III Congreso Mundial de Tecnología de Alimentos tiene como objetivo primordial la puesta al día de todos aquellos aspectos técnicos y científicos relacionados con la tecnología y el desarrollo, aplicado al mundo de la alimentación.

El evento pretende dar respuestas a cada uno de los sectores que configuran el mapa alimentario a través de las Áreas Científicas, mediante la presentación de ponencias, mesas redondas y comunicaciones libres, lográndose conjugar los intereses de los dos bloques de generación de conocimientos, la industria y la Universidad.

Para mayores detalles, se sugiere escribir directamente a la Secretaría Técnica e Información: INTER-CONGRES, Gran Vía de les Corts Catalanes 646, 08007 Barcelona. Fax (93) 301 63 32.

**I CONGRESO INTERNACIONAL DE ALIMENTACION,**  
**NUTRICION Y DIETETICA**  
**Hotel Breàtriz, Carretera de Avila, Km. 2,750**  
**Toledo, España, 25 a 27 de abril de 1991**

Este I Congreso Internacional de Alimentación, Nutrición y Dietética organizado por la Sociedad Española de Dietética, desea ofrecer a todos los profesionales de las Ciencias de la Alimentación un encuentro multidisciplinario en el que se expongan los últimos avances técnicos, y las investigaciones científicas más innovadoras en su ámbito.

Para ello, se contará con la participación de destacados expertos españoles y extranjeros en las diferentes secciones de que constará el Congreso. La traducción simultánea en Inglés permitirá la asistencia y participación activa de profesionales de toda Europa y América.

La decisiva aportación, mediante las correspondientes comunicaciones de los asistentes, completarán sin duda el éxito científico en el escenario que la ciudad de Toledo asegura como magnífico para el intercambio de experiencias, y de acercamiento entre los participantes.

Los profesionales interesados pueden recabar los detalles del caso dirigiéndose a la Secretaría del Congreso: Sociedad Española de Dietética, oficinas centrales: Fuencarral 138, 4a. dcha. 3, 28010 Madrid. Fax: 594 46 32.

Se agradece la valiosa ayuda que al mantenimiento de esta Revista prestan las siguientes instituciones y entidades comerciales:

### **ENTIDADES PATROCINANTES**

Fundación CAVENDES (Caracas, Venezuela)

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

KELLOGG'S AMERICA LATINA

PRODUCTOS ROCHE (GUATEMALA), S. A.

## 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 % 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 gráfica.

## 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:

Asociacion of Official Agriculturas Chemists. **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 cita 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 página 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. *Abreviatura 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\$12.00 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). Tan pronto como su factura sea cancelada, se les proporcionará 25 separatas libres de costo.



## **SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION (SLAN)**

La Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN) fue creada el 10 de noviembre de 1965 en ocasión de celebrarse el Primer Congreso de Nutrición del Hemisferio Occidental. La actual Junta Directiva de la SLAN está constituida por los siguientes miembros:

Dr. Jaime Ariza – Presidente  
Dr. Eleazar Lara Pantín – Vicepresidente  
Prof. Hilda Díaz – Secretaria  
Lic. María de los Angeles Díaz – Tesorera  
Dr. Sergio Valiente – Presidente saliente  
Lic. María Teresa Menchú – Vocal  
Dr. José Maria Bengoa – Vocal  
Dr. José Maguiña – Vocal  
Dr. Helio Vannucchi – Vocal  
Dra. Sara Josefina Closa – Presidente Capítulo Argentino  
(Consejo Directivo 1989–1991)

Dirección actual hasta el 31 de diciembre de 1991:

Facultad de Ciencias Biosociales y Escuela Graduada de Salud Pública  
Universidad de Puerto Rico  
Recinto de Ciencias Médicas  
G.P.O. Box 2156  
San Juan, Puerto Rico 00936

## **DIRECTORIO DE ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION**

Integrado por miembros de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición  
Editor General: Dr. Ricardo Bressani  
Jefe, Oficina Editorial y de Publicación: Sra. Amalia G. de Ramírez  
Encargada de Asuntos Administrativos: Srta. Carmen Noemi Castro

## **MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL – PERIODO 1989–1991**

Dr. Juan Alvarado	Dr. J.E. Dutra de Oliveira
Dr. Héctor Araya	Dr. Wener G. Jaffé
Dra. Julia Araya	Dr. Franco M. Lajolo
Lic. Adriana Blanco	Dr. Alfredo Lam-Sánchez
Dr. José Belizán	Dr. Reynaldo Martorell
Lic. Concha M. de Bosque	Dr. Luis A. Mejía
Dr. Héctor Bourges	Dra. Josefina Morales
Dr. Adolfo Chávez	Dra. Nelly Pak
Dr. José Félix Chávez	Dr. Nelson de Souza
Dr. Hernán Delgado	Dr. Emilio Vargas

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

## CONTENIDO

	Página
<b>EDITORIAL</b> .....	319
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION</b>	
<b>NUTRICION HUMANA</b>	
Renda familiar e desnutrição infantil no literal de Camaçari, Brasil. — <i>Lea Maria Costa Cedraz e Fernando Martins Carvalho</i> .....	323
Progress in the diagnosis of hypovitaminosis A: Clinical and biochemical correlations. — <i>J.E. Dutra de Oliveira, R.M. Duarte Favaro and I.D. Desai</i> .....	333
<b>BIOQUIMICA NUTRICIONAL</b>	
Utilización nutricional de una dieta baja en proteína, en ratas diabéticas por aloxana. — <i>Pilar Varela y Rocio Muñoz</i> .....	349
<b>CIENCIAS DE ALIMENTOS</b>	
Enriquecimiento de harina precocida de maíz blanco ( <i>Zea mays</i> ) con harina de semilla de amaranto ( <i>Amaranthus sp.</i> ). — <i>Emperatriz Pacheco de Delahaye y Mercedes Portillo</i> .....	360
Calor latente de vaporización en el amaranto ( <i>Amaranthus hybridus</i> ). — <i>Juan de Dios Alvarado, Esthela Toaza y Guadalupe Coloma</i> .....	369
Complementación proteínica de harina desgrasada de avellanas con harina de arveja. — <i>Mario Villarroel T., Edith Biolley H. y Digna Ballester C.</i> .....	379
Isotermas de desorción en harinas de amaranto. — <i>Juan de Dios Alvarado, Esthela Toaza y Guadalupe Coloma</i> .....	387
Elaboración y análisis de harinas codeshidratadas de vegetales y especies de pescado subutilizadas. I. Codeshidratados de cereal-pescado. — <i>Gonzalo Luna, José Luis Rey, Luz Manuela Castro, Numidia Corona, Elsa Ferreiros y Marisela Luzardo</i> .....	395
Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir de pescado proveniente de especies subutilizadas. — <i>M. Ottati, M. Gutiérrez y R. Bello</i> .....	408
Ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. I. Elaboración y evaluación biológica. — <i>Teresa Rodríguez, Juan José Montilla y Rafael Antonio Bello</i> .....	426
<b>LATINFOODS - COMPOSICION DE ALIMENTOS</b>	
Contenido de fibra dietética y digestibilidad del nitrógeno de alimentos centroamericanos: Guatemala. — <i>Enrique Acevedo y Ricardo Bressani</i> .....	439
<b>NUEVOS LIBROS</b> .....	453
<b>NOTAS</b> .....	457
<b>ENTIDADES PATROCINANTES</b> .....	460
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	461